

Vesa Huttunen

RIVITALOYHTIÖN  
ENERGIATEHOKKUUDEN  
PARANTAMINEN  
As. Oy Säynätsalon Poronselkä

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Joulukuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  4.12.2013
<b>Tekijä(t)</b>  Vesa Huttunen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-tekniikka	
<b>Nimeke</b>  Rivitaloyhtiön energiatehokkuuden parantaminen		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää paritaloista koostuvalle vesikiertoisella lattialämmityksellä varustetulle kaukolämmitysverkkoon liitetulle rivitaloyhtiölle keino tai useita keinoja alentaa lämmityskustannuksia. Rajoittavana tekijänä oli se, ettei rakenteellisia muutoksia juurikaan tehtäisi ja remonttitoiden pitäisi pysyä mahdollisimman minimaalisina. Keinoista jätettiin siten suuri osa pois, muun muassa aurinkolämmön hyötykäyttö, joka vaikutti aluksi varteenotettavalta vaihtoehdolta.</p> <p>Säästökeinoiksi valittiin lopulta kolme tapaa, jotka hyvin toimisivat myös kaikki yhdessä. Valituista keinoista esimerkiksi jälkiasennetuista lämmön talteenottolaitteista löytyy esimerkkejä lähinnä yksitasoisiin rakennuksiin toteutettuna. Kaksitasoinen huoneisto, jossa on lämmitysjärjestelmänä lattialämmitys, ei reititysvaihtoehtoja lattialämmityspotkien välistä ole välttämättä ollenkaan. Luonnossuunnittelu tehtiin esimerkikohteeksi valittuun yhteen huoneistoon eli paritalon puolikkaaseen.</p> <p>Aikaa vieneen selvittelyn tuloksena rakennuksesta löytyi kaksi reittivaihtoehtoa, joista paremmalle laskettiin investointikustannukset. Talteenottolaitteita haarukoitiin kolme eri tyyppistä ja kaikille laitteille laskettiin takaisinmaksuajat. Herkkyysanalyysinä takaisinmaksuaikoja vertailtiin lämmöntalteenottolaitteistojen oletettuun keskimääräiseen käyttöikänsä. Laskelmien tulokset taulukoitiin ja tuloksista näki selvästi työn sekä laitekustannusten suuren vaikutuksen takaisinmaksuaikaan, kun huomioitiin eri laitteilla saatava vaihtelevankokoinen säästö. Nähtäväksi jää, miten osakkaat suhtautuvat investointisuunnitelmiin ja millä aikataululla ehdotukset toteutetaan. Koska työ on suuressa määrin räätälöity tilaajana toimivalle taloyhtiölle, työstä hyötyvien taloyhtiöiden määrä jäänee suppeaksi.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Energiatehokkuus, säästö, rivitalo, saneeraus, talteenotto, takaisinmaksuaika		
<b>Sivumäärä</b>  60 + 9	<b>Kieli</b>  Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Yliopettaja Marianna Luoma	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  As. Oy Säynätsalon Poronselkä	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  4.12.2013
<b>Author(s)</b>  Vesa Huttunen	<b>Degree programme and option</b> Building Services Heating, plumbing and ventilation engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Enhancement of energy efficiency in condominium of semi-detached rowhouses		
<b>Abstract</b>  <p>The main aim of the thesis was study possible and cost-effective ways to improve the energy efficiency.</p> <p>One half of one semi-detached houses was selected as an example case. Several ways were introduced for efficiency improvement. As a result three practices were selected as best suitable ways for investment calculations.</p> <p>The economical usefulness of the three proposals were evaluated by means of calculating the payback period in years for each proposal. The most expensive proposal got the longest payback period, which was quite close to the service life of the main part of the heat recovery system. The most expensive was even so the most efficient way to reduce energy costs of condominium. Investment decisions will become agreed later in the future.</p> <p>The ordering party of this study was the committee of a condominium of semi-detached rowhouses located in Jyväskylä.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Energy efficiency, Heat recovery, reconstruction, row house, semi-detach house, saving in energy		
<b>Pages</b> 60 + 9	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  lector, Dr. Marianna Luoma	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Condonimium of Poronselkä in Säynätsalo	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	RAKENNUKSESSA KULUVA ENERGIA.....	2
2.1	Lämpöenergian käyttö .....	3
2.1.1	Ilmanvaihdon lämpöhäviöt .....	5
2.1.2	Johtumislämpöhäviöt .....	5
2.1.3	Käyttöveden lämmitys .....	6
2.1.4	Vuotoilman lämpöhäviöt .....	7
2.2	Sähköenergian muutos lämpöenergiaksi .....	7
2.2.1	Sähköenergian käyttö talotekniikassa.....	8
3	LÄMMITYSKUSTANNUKSIEN KEHITTYMINEN .....	9
3.1	Kaukolämmön hinta.....	9
3.2	Sähkön hinta .....	10
4	ENERGIATEHOKKUUDEN MÄÄRITELMÄ.....	12
5	KÄYTETTÄVISSÄ OLEVIA KEINOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI.....	13
5.1	Kotitalouksien keinot.....	13
5.1.1	Huonelämpötilojen tarkistus .....	14
5.1.2	Saunominen.....	14
5.1.3	Ruoanlaitto ja viihde-elektroniikka.....	14
5.1.4	Valaistus.....	15
5.2	Asuinrakennuksen toiminnalliset toimenpiteet.....	15
5.2.1	Lämmitysverkoston perussäätö.....	15
5.2.2	Kiertoveden säätö.....	16
5.2.3	Lämmityskäyrän tarkistus ja lämpötilan säätö.....	16
5.3	Asuinrakennuksen investointeja vaativat säästökeinot.....	17
5.3.1	LTO.....	17
5.3.2	Yläpohjan lisäeristys.....	17
5.3.3	Alapohjan lisäeristys.....	18
5.3.4	Seinien lisäeristys.....	18
5.3.5	Tiivistäminen .....	18
5.3.6	Ikkunoiden vaihto .....	19
5.3.7	Ovien vaihto.....	19

5.3.8	Vedenkulutuksen alentaminen .....	20
5.3.9	Lisälämmönlähteet .....	20
5.3.10	Talotekniikan eristeet .....	21
6	ESIMERKKIKOHTTEEN KUVAUS .....	22
6.1	Käytössä olevat järjestelmät .....	22
6.1.1	Lattialämmitys .....	23
6.1.2	Käyttövesijärjestelmä.....	23
6.1.3	Ilmanvaihtojärjestelmä.....	23
6.2	Rakennuksen vaipan rakenteet .....	24
6.2.1	Seinät.....	24
6.2.2	Yläpohja.....	25
6.2.3	Alapohja.....	26
6.2.4	Välipohja.....	26
6.2.5	Ikkunat .....	26
6.2.6	Ovet.....	27
6.3	Havaitut ongelmat.....	28
6.4	Kulutustietoja.....	30
6.4.1	Lämmitysenergian kulutustaulukot.....	30
6.4.2	Käyttöveden kulutus .....	32
7	ESIMERKKIKOHTTEESEEN SOVELTUVAT KEINOT ENERGIA- TEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI.....	35
7.1	Lämmitysjärjestelmän tasapainotus ja sisälämpötilojen vakiointi .....	35
7.2	Lämmön talteenotto .....	35
7.3	Lisäeristäminen.....	41
8	TAKAISINMAKSUAJAT.....	43
8.1	Lämmitysjärjestelmän tasapainotus (perussäätö) .....	44
8.2	Lämmön talteenotto .....	45
8.2.1	LTO laskentaperusteita .....	48
8.3	Lisäeristäminen.....	53
9	POHDINTA .....	56
	LÄHTEET .....	58
	LIITEET 5 kpl	

## 1 JOHDANTO

Paljon puhuttu tehokkuusajattelu on siirtynyt entistä enemmän ihmisten ja tuotannon toiminnan tarkkailusta ja kehittämisestä myös passiiviseen puoleen, esimerkiksi asumiseen ja siinä asumiskäyttäytymisen ja -kustannuksien seurantaan. Uudisrakennukset pyritään tekemään vähäpäästöisiksi ja energiankulutukseltaan matalaenergiarakennuksiksi tai jopa passiivienergiaratkaisuuksi. Kaikki nämä ponnistelut perustuvat maapallon huolestuttavaan tilaan, jota pyritään muuttamaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. EU:n päästötavoitteet velvoittavat jäsenmaita toimimaan kansallisella tasolla asian eteenpäinviemiseksi. Uudiskohteissa toimenpiteet ja suositukset ovat jo käytössä, mutta kustannustehokas ja järkevä soveltaminen olemassa olevaan rakennuskantaan on haasteellista. Tavoitteeseen ei siis päästä ainoastaan uudisrakentamisen kautta vaan mukaan on otettu vanha rakennuskanta korjausrakentamisen yhteydessä, sillä rakennuskannan uusiutuminen on hidasta. Hallitus tarjoaa porkkanaa uudistustoimenpiteiden aloittamiseen. Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskus ARA myöntää taloyhtiöille energia-avustusta asuinrakennusten korjaus, energia- ja terveyshaitta-avustusasetuksessa mainituille toimenpiteille (Energiakatsastus 2013).

Opinnäytetyössä keskitytään saneerauskohteisiin soveltuviin energiatehokkuuden toimenpiteisiin olemassa olevan rivitaloyhtiön näkökulmasta katsottuna tilanteessa, jossa välittömiä rakenteellisia toimenpiteitä ei ole näköpiirissä, vaan tehtävät toimenpiteet keskittyvät energiansäästöön. Opinnäytetyön aihe syntyi siten asumiskustannuksien vähentämiseen liittyvän pohdiskelun tuloksena. Tavoitteena on etsiä realistisia ja mahdollisimman vähän rakenteellisia muutoksia aiheuttavia menetelmiä energiatehokkuuden parantamiseen ja kerätä niistä tietoa lähitulevaisuudessa edessä olevien energiaremonttipäätösten tueksi. Taloyhtiön investointihalukkuus ei ole ollut suurta, joten ainakin edullisimmat toteutukset, joista ei koidu suuria kustannuksia, kiinnostanevat asukkaista. Vaikka edullisin keino tai edullisimmat keinot eivät välttämättä tuo suuria säästöjä, vertailulaskelmien laatiminen erilaisten toimenpiteiden kesken helpottaa tilanteen ja kokonaisuuden hahmottamista peilaamalla saatuja tuloksia nykyisiin energiankulutustietoihin. Opinnäytetyön tilaajana oli Asunto-osakeyhtiö Säynätsalon Poronselän hallitus.

## 2 RAKENNUKSESSA KULUVA ENERGIA

Energianlähteitä on helppo luetella, varsinkin kun ajatellaan asumista. Energianlähteet mielletään silloin lämpöenergian lähteiksi. Energialajien suhteen katsottuna rakennukseen tuotava energia voidaan tavanomaisessa asuinrakennuksessa jakaa kahteen pääryhmään, lämpöenergiaan ja sähköenergiaan. Kun katsotaan lämpötaseen toista puolta, ryhmittely on sama, mutta energiamuotojen käyttökohteet ovat osittain päällekkäisiä.

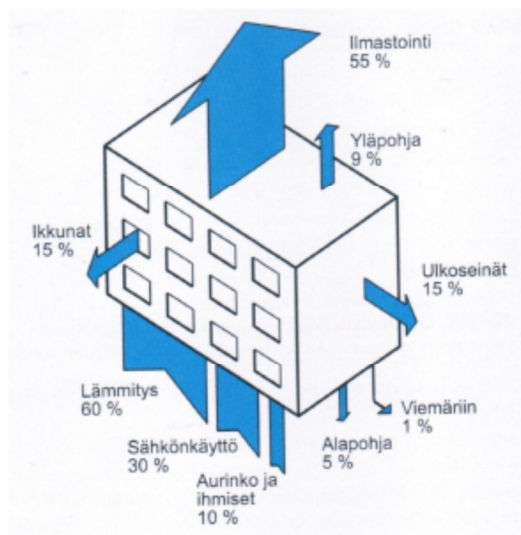
Lämpöenergiaa hyödynnetään pääasiassa erilaisten lämpöhäviöiden korvaamiseen, mutta sähköenergiaa voidaan käyttää hyödyllisemmin, sillä sen sovelluskohteet ovat monipuolisempia. Kumpikin energiamuoto vaatii välittäjäaineen ja reitin tai kanavan. Lämmönlähteellä se on yleisimmin vesi, joka kulkee putkessa tai ilma, joka kulkee hormissa. Sähköllä ei fyysisesti liikkuvaa välittäjäainetta ole, vaan ”välittäjäaineena” toimivat näkymättömät elektronit, jotka kulkevat eristeen sisällä olevassa kuparijohdossa.

Sähköenergian käyttö lämmityksessä on parhaimmillaan liikkuvana lämmönlähteenä, vai olisiko sähkön sijaan esimerkiksi lämpimään kiertoveteen letkuilla kytketty hius-tenkuivaaja tai silitysrauta kätevä? - Tuskin. Toisaalta sähkölaitteetkin palaavat osittain ajassa taaksepäin johdottomien laitteiden suosion myötä. Esimerkiksi johdotto- man silitysraudan edeltäjähän oli ennen vanhaan puuliedellä lämmitettävä painava silitysrauta, jonka varaaman lämpöenergian avulla saatiin silitystyö tehtyä. Kun tarkastellaan kiinteitä lämmittimiä, sähkö- ja lämpöenergia ovat yhtä hyviä energianlähteinä. Lämpöenergian eduksi voidaan laskea välttämättömän välittäjäaineen olemassaolon ansiosta varauskyky. Toisaalta pysähtyihän kiertovesipumppukin sähkökatkon aikana. Oleellista on se, kuinka suureen massaun lämpöenergia sitoutuu. Sähköenergiaan perustuvissa lämmittimissä on harvoin suuri massa, erityisesti jos laite on suunniteltu oletuksella, että sähkötehoa on jatkuvasti saatavilla. Lämmityslaitteen massa aiheuttaa myös säätöviiveen kun lämpötilaa halutaan nostaa tai laskea nopeasti.

## 2.1 Lämpöenergian käyttö

Energiaa kuluu suurimmaksi osaksi rakennuksen tilojen lämmitykseen. Tilastokeskuksen 2012 tekemien laskelmien mukaan 84% kohdistui asuinrakennusten lämmitykseen ja 16% kotitalouslaitteisiin, suhde lämmitysenergian ja kotitalouslaitteiden välillä on pysynyt suunnilleen samana tutkimuksen neljän edellisen vuoden aikana. Yleisin energianlähde oli kaukolämpö, puu ja sähkölämmitys olivat seuraavaksi suurin energianlähde. Fossiilisten polttoaineiden osuuden, eli tässä tapauksessa öljylämmityksen osuuden, voidaan päätellä olevan selkeästi pienemmässä roolissa lämmitysenergian tuotannossa, mikä on hyvä asia.

Asuinrakennuksen lämmitystarve koostuu suurimmaksi osaksi lämpöhäviöistä, jotka voidaan jakaa pääasiassa neljään osaan, ilmanvaihdon lämpöhäviöistä, johtumislämpöhäviöistä rakennuksen vaipan lävitse, käyttöveden lämmittämisestä ja vuotoilman lämpöhäviöistä. Neljäs luokiteltu osuus on pieni osa muista lämpöhäviöistä. Alan kirjallisuudesta on löydettävissä erilaisia lämpöenergian jaotteluita, mitkä vaihtelevat rakennustyyppin mukaan. Esimerkkeinä toimistorakennus kuva 1, pientalo kuva 2, kerrostalo kuva 3 ja rivitalo kuva 4.

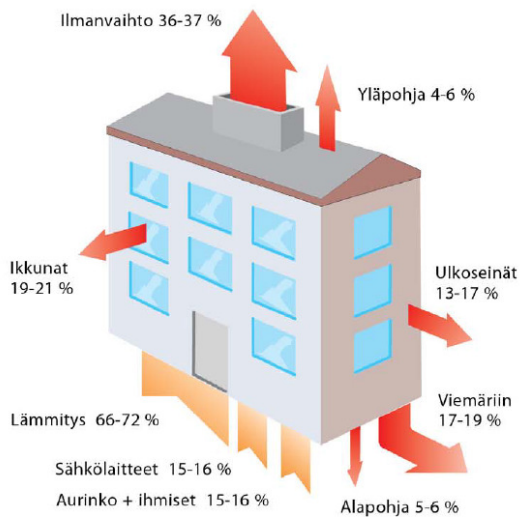


**KUVA 1. Toimistorakennus, lämpöhäviöiden jaottelu (Sisäilmayhdistys 2007).**

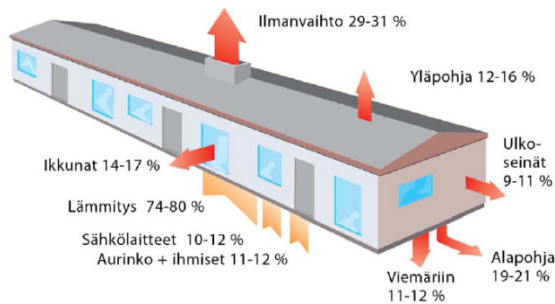




**KUVA 2. Pientalo, lämpöhäviöiden jaottelu (Valkeakosken Energia 2013).**



**KUVA 3. Kerrostalo, lämpöhäviöiden jaottelu (Kiinteistöliitto 2013).**



**KUVA 4. Rivitalo, lämpöhäviöiden jaottelu (Kiinteistöliitto 2013).**

### 2.1.1 Ilmanvaihdon lämpöhäviöt

Suurin osa rakennukseen tuodusta energiasta poistuu ilmanvaihdon kautta. Lämmön talteenotolla saadaan energiaa kerättyä poistoilmasta parhaimmillaan noin 80 % hyötysuhteella (Ympäristöministeriö Tasauslaskentaopas 2012, 28). Eristevalmistajat ja laitetuottajat keuhvat nykyisten lämmönvaihtimien vuosihyötysuhteiksi jopa 90 % (Paroc 2013). Pahin tilanne lämmön hukkaamisessa on rakennuksissa, joissa on koneellinen poistoilmanvaihto. Näissä kohteissa korvausilma tulee "raakana" suoraan ulkoilman lämpöisenä ja sisällä lämmennyt ilma kulkeutuu poistoilmakanaviston kautta vieden mukanaan huomattavan määrän energiaa. Hurjimmillaan talvella korvausilmaventtiilistä puhaltaa -32 °C lämpötilassa olevaa pakkasilmaa, ja kun sisälämpötilaa pidetään +21 °C:ssa, lämpötilaero on yli 50 °C. Korvausilma lämpenee sisätilassa ja sen lämpöhäviönä menetettävä energiamäärä [kWh] voidaan laskea uusimman SRakMk D5 2012 mukaan kaavalla 1 (Ympäristöministeriö 2012, 23).

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot q_{v,korvausilma} \cdot (T_s - T_u) \cdot \Delta t / 1000 \quad (1)$$

missä  $\rho_i$  [kg/m<sup>3</sup>],  $c_{pi}$  [J/kg·K],  $q_{v,korvausilma}$  [m<sup>3</sup>],  $\Delta T$  [°C] ja  $\Delta t$  [h]

### 2.1.2 Johtumislämpöhäviöt

Asuinrakennuksen seinät, katto ja lattia muodostavat rakennuksen vaipan. Rakennus pysyy kasassa kantavien rakenteiden avulla, jotka muodostavat ikään kuin rakennuksen kehikon. Vaippa on se eristävä elementti, jonka tehtävänä on pitää lämpö sisällä. Lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan pyrkien tasaamaan lämpötilaeroja (Seppänen 2007, 60) aiheuttaen lämpövirtausta lämpimästä kylmempään. Koska vaipan rakenteesta ei saada ideaalista, on sitä parempi, mitä suurempi lämpövastus rakenteella on. Suuren lämpövastuksen omaavan aineen läpi kulkee pieni lämpövirta ja vastaavasti pienen lämpövastuksen omaavan aineen läpi kulkee suuri lämpövirta. Ilma on tunnetusti hyvä eriste, joten kaikki aineet, joissa on ilmaa sisällä, ovat hyviä eristeitä. Esimerkkinä hyvästä eristeestä on yleisesti tunnettu styrox eli polystyreeni. Vastaavasti kiinteät aineet, kuten kupari, ovat tiiviinä aineina hyviä lämmönjohteita, mutta huonoja eristeitä. Rakenteen läpi siirtyvän lämpövirran suurus voidaan laskea, kun tiedetään rakenteen paksuus ja U-arvo. Johtumislämpöhäviöt muodostuvat

vaipan läpi kulkevista lämpövirroista. Energiämäärä [kWh] lasketaan esimerkiksi SRakMk D5:n mukaan kaavalla 2 (Ympäristöministeriö 2012, 16).

$$Q_{\text{joht}} = \sum U_i \cdot A_i \cdot (T_s - T_u) \cdot \Delta t / 1000 \quad (2)$$

missä  $U_i$  [W/m<sup>2</sup>·K],  $A_i$  [m<sup>2</sup>],  $\Delta T$  [°C] ja  $\Delta t$  [h]

### 2.1.3 Käyttöveden lämmitys

Merkittävä osuus rakennukseen tuodusta lämpöenergiasta kuluu käyttöveden lämmittämiseen. Tonttivesijohdon kautta saapuva raakavesi on ympäri vuoden noin 5 – asteista, ja se on lämmitettävä vähintään 55 °C lämpötilaan, jotta lämpimän käyttöveden laatu pysyy hyvänä ja mahdollinen verkostoon päässyt legionellabakteeri ei pääse leviämään (THL,2013). Raakavesi on ympäri vuoden noin +5 °C, joten lämpötilanmuutos on 50 °C. Lämmitykseen kuluva energia [kWh] lasketaan SRakMK D5:n mukaan kaavalla 3 (Ympäristöministeriö 2012, 24), kun jätevedestä ei oteta lämpöä talteen.

$$Q_{\text{lkv,nto}} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot V_{\text{lkv}} \cdot (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (3)$$

missä  $\rho_v$  [kg/m<sup>3</sup>],  $c_{pv}$  [kJ/kg·K],  $V_{\text{lkv}}$  [m<sup>3</sup>] ja  $\Delta T$  [°C]

Lämpimän käyttöveden lämmitykseen vaadittavan lämpöenergian likiarvo [kWh] voidaan laskea myös Motivan pikakaavan (kaava 4) avulla seuraavasti:

$$Q_{\text{lkv}} = V_{\text{lkv}} \cdot 58 \quad (4)$$

missä  $V_{\text{lkv}}$  ilmoitetaan kuutiometreinä.

Lämpimän käyttöveden tuottamiseen vaadittavan energian määrä on käytännössä riippuvainen vain kulutetusta litramäärästä eikä tuottamiseen tarvita tosipakkasillakaan sen enempää energiaa kuin muulloin.

### 2.1.4 Vuotoilman lämpöhäviöt

Lähtötietoina on oltava rakennuksen vaipan ilmanpitävyys. Sitä ilmaistaan  $q_{50}$ - tai  $n_{50}$ -arvolla. Jos rakennuksen vaipalle on tehty 50 Pa paine-erolla suoritettava tiiveysmittaus, saadaan  $q_{50}$  arvo [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ] mittaustuloksesta SRakMk D5:n kaavalla 5 (Ympäristöministeriö 2012, 19).

$$q_{50} = n_{50} \cdot V_{rak\ ilmatil} / A_{vaiippa} \quad (5)$$

missä  $n_{50}$  [1/h],  $V$  [ $\text{m}^3$ ] ja  $A$  [ $\text{m}^2$ ]

Mikäli ilmanpitävyyttä ei tiedetä eli mittausta ei ole tehty tai tehdastuotantona vakioidulle rakenteelle ei ole määritetty ilmanpitävyyttä,  $n_{50}$  -arvona voidaan pitää 4,0 1/h. Vuotoilmavirta [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] saadaan seuraavaksi SRakMK D5:ssä olevalla kaavalla 6 (Ympäristöministeriö 2012, 19).

$$q_{v,vuotoilma} = q_{50} \cdot A_{vaiippa} / 3600 \cdot x \quad (6)$$

missä  $q_{50}$  [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ],  $V$  [ $\text{m}^3$ ] ja  $A$  [ $\text{m}^2$ ],  $x$  on laaduton (esim.2-kerr. rak  $x=24$ )

Lopulta päästään laskemaan vuotoilman lämpenemiseen kuluvan energian suuruus [kWh], ja se lasketaan SRakMK D5:ssä olevalla kaavalla 7 (Ympäristöministeriö 2012, 19).

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot q_{v,vuotoilma} \cdot (T_s - T_u) \cdot \Delta t / 1000 \quad (7)$$

missä  $\rho_i$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $c_{pi}$  [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ],  $q_v$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  $\Delta T$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] ja  $\Delta t$  [h]

## 2.2 Sähköenergian muutos lämpöenergiaksi

Toinen tapa, jolla rakennukseen tuotua energiaa kulutetaan, on sähkönkäyttö. Kulutuksen voidaan nähdä jakautuvan kulutusryhmiin, joista suurinta osuutta edustaa valaistus. Seuraavaksi suurimmat yksittäiset ryhmät ovat saunominen (kiuas), ruoanlaitto ja kylmälaitteet. Lopun sähköenergiasta kuluttavat kodinelektroniikka, pesukoneet, viihde-elektroniikka ja luetteloinaton muu käyttö (Motiva 2013, 38).

Sähköenergia tekee työtä kuumentamalla lämmityspattereiden vastuselementtejä. Sähköenergia muuttuu lämmöksi myös esimerkiksi liedessä. Vastukset lämmittävät uunia ja liesilevyjä, ja energia vapautuu lämpönä lämpöhäviöiden korvaamiseen ikään kuin kaupantekijäisenä ruuanlaiton ansiosta. Myös valaisimet luovuttavat lämpöenergiaa asuinrakennukseen. Valaistuksen kautta tuotu lämpöenergia on nykyään jo lähes "katoavaa kansanperinnettä" uusimmista led -valoista puhuttaessa. Niissä sähköenergia muuttuu lähes kokonaan sähkömagneettiseksi säteilyksi, jota havaitaan valona. Hehkulamppujen aikaan valaisimien kuluttamasta sähkötehosta noin 90 % muuttui lämmöksi ja vain 5 - 10% sai aikaan näkyvää valoa (EkoValo 2011, 2).

### **2.2.1 Sähköenergian käyttö talotekniikassa**

Oma erillinen ryhmä on talotekniikka. Ilman tämän ryhmän laitteita lämpöenergia ei siirry rakennukseen. Poikkeuksena lämmön siirtymisestä on puulämmitys, jota tosin käytetään vain omakotitaloissa ja joissain rivitaloissa sekä paikoitellen vanhoissa kerrostaloissa. Uudisrakentamisessa puulämmityksen vaatimat hormit lisäkustannuksia aiheuttavina rajoittavat takkojen rakentamista kerrostaloihin. Puulämmitys toimii ilman apuenergiaa ja on hyvä lämmönlähde, jos sähköntulo lakkaa normaaleita sähkökatkoja pitemmiksi ajoiksi, etenkin talviaikaan.

Talotekniikan laitteista tärkein laite on lämmityksen kiertovesipumppu, jolla lämpöä jaetaan yleisimmin vesivirtauksen avulla lämmönluovuttajille. Toinen kiertovesipumppu on lämpimän käyttöveden pumppu, jolla varmistetaan lämpimän veden pysyminen lämpimänä.

Säätölaitteisto tarvitsee myös sähköä, tosin yksinkertaisimmat sekoitusventtiilit eli shunttiventtiilit ovat omavoimaisia. Säätölaitteautomatiikka saa lämpötilatietoja antureilta, joista tärkein on ulkolämpötila-anturi. Saadun tiedon perusteella säätölaitteisto ohjaa toimilaitteina toimivien säätöventtiilien avulla lämmitysverkostoon/verkostoihin menevää lämpövirtausta. Käyttövesiverkoston lämpötilaa säätää lähtevän lämpimän käyttöveden linjan alussa sijaitsevan lämpötila-anturin lämpötilatiedon perusteella.

Ilmanvaihto tarvitsee myös sähköä, olipa ilmanvaihto vain koneellisella poistoilmahuu- haltimella varustettu poistoilmakanavisto, joka on energiatehoton tai tulo- ja poistoilmakanavistoilla ja lämmön talteenotolla varustettu järjestelmä. Ilman puhaltimia ter-

veen talon kriteerien mukainen terve- ja puhdas sisäilmasto on vaikea toteuttaa. Ilman sähköä toimii vain painovoimainen ilmanvaihto, joka ei ole käytössä nykymääräysten mukaan rakennetuissa asuinrakennuksissa juuri mainituista syistä. Painovoimaista ilmanvaihtoa ei kuitenkaan ole kokonaan hylätty, ainakaan ulkomailla. Norjassa Vansen kouluun rakennettiin 1998 tuulen ja painovoimaisen ilmanvaihdon periaatteena olevan nousevan ilmavirtauksen aiheuttaman hormi-ilmiön avulla toimiva luonnollinen ilmanvaihto (Jaakkola 2013).

### 3 LÄMMITYSKUSTANNUKSIEN KEHITTYMINEN

Energian kuluttajahinnat nousevat tasaisella tahdilla riippumatta siitä, mikä on energialähde (taulukko 1). Ympäristöpoliittiset syyt pakottavat myös valtionhallintoa ohjailemaan lämmitysenergian käyttöä haluttuihin energiamuotoihin veroteknisillä keinoilla. Sähkön kulutusta pyritään hillitsemään niin yleiskäytössä kuin lämmityskäytössä. Paine voimaloiden lisärakentamiseen on olemassa ja toisessa vaakakupissa ydinvoimasta luopuminen.

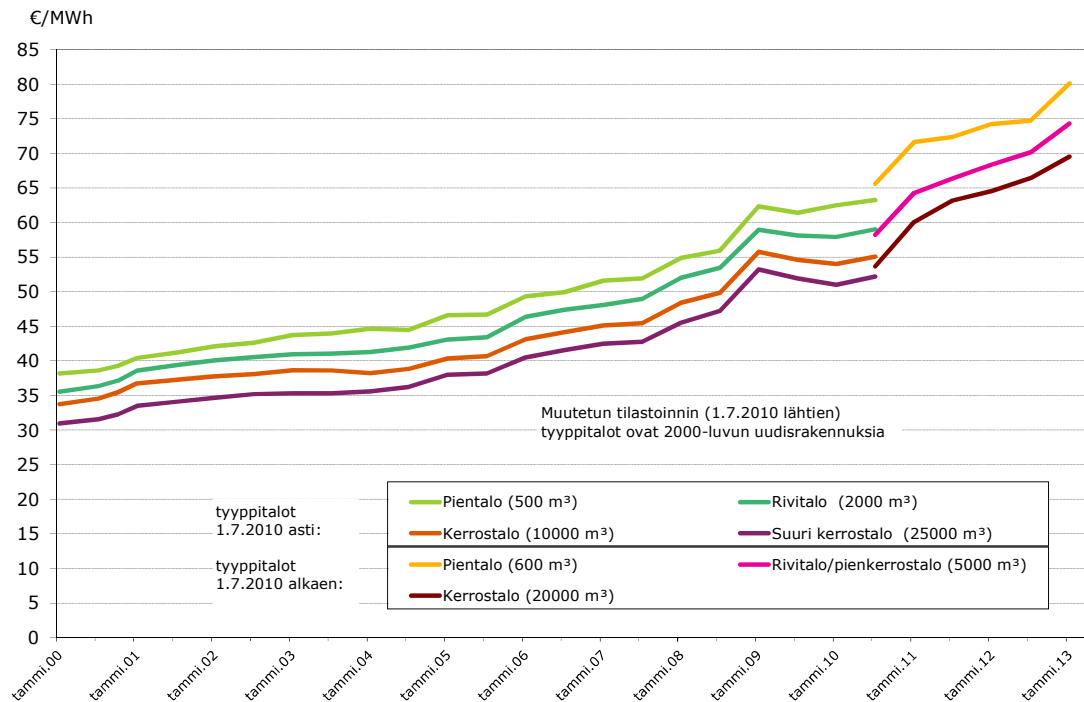
**TAULUKKO 1. Lämmitysenergian kuluttajahintoja kesäkuussa 2013 (Tilastokeskus 2013)**

Energia	<sup>1)</sup> Hinta €/MWh	Vuosimuutos -%
Kevyt polttoöljy (alv 24 %)	107,4	2,1
Kotitaloussähkö, K2 (alv 24 %)	152,4	1,7
Puupelletti (alv 24 %)	55,2	1,8
Kaukolämpö, rivitalo / pienkerrostalo (alv 24 %)	75,67	7,9

1) Puupelletin hinta elokuulta 2013.

#### 3.1 Kaukolämmön hinta

Kaukolämmön hinta on ollut noussut enemmän kuin muut energiamuodot, nousu oli taulukon 1 mukaan kesäkuussa 7,9 % ja maaliskuussa jopa 8,3 % , joten nousunopeus näyttäisi ainakin hetkellisesti rauhoittuvan. Pitkän aikavälin seurannassa tosin kaukolämmön hinta on vääjäämättömästi noussut korkeammaksi tasaiseen tahtiin, poikkeuksena esimerkiksi vuoden 2009 yllättävä hinnan pienentyminen, joka toisaalta palautti äkillisen, tavanomaista jyrkemmän hinnannousun tasaisen kasvun linjalle. Hinnankehitys kuvassa 5.



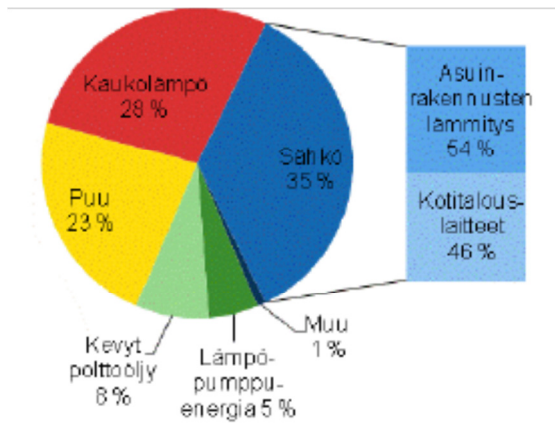
**KUVA 5. Kaukolämmön hinta (Energiateollisuus 2013)**

Hintapiikkiä selittänee yleinen lämmön tuotantoon käytettävien polttoaineiden hinnan nousu. Raskaan öljyn hinta alkoi nopeasti kivuta vuoden 2008 aikana vetäen muut hinnat perässään ylös. Tämä on hyvä esimerkki maailmanmarkkinahintojen vaikutuksesta myös kotimaisen lämmöntuotannon hintoihin. Riippuvuutta vähentää osaltaan paikallisten lämpövoimalaitosten valinnat pääpolttoaineistaan kotimaisten ja ulkomailta tuotavien välillä. Siksi on tärkeää, että kotimaiset lämmöntuottajat käyttäisivät mahdollisuuksien mukaan kotimaisia polttoaineita, kuten puuta, haketta ja turvetta.

### 3.2 Sähkön hinta

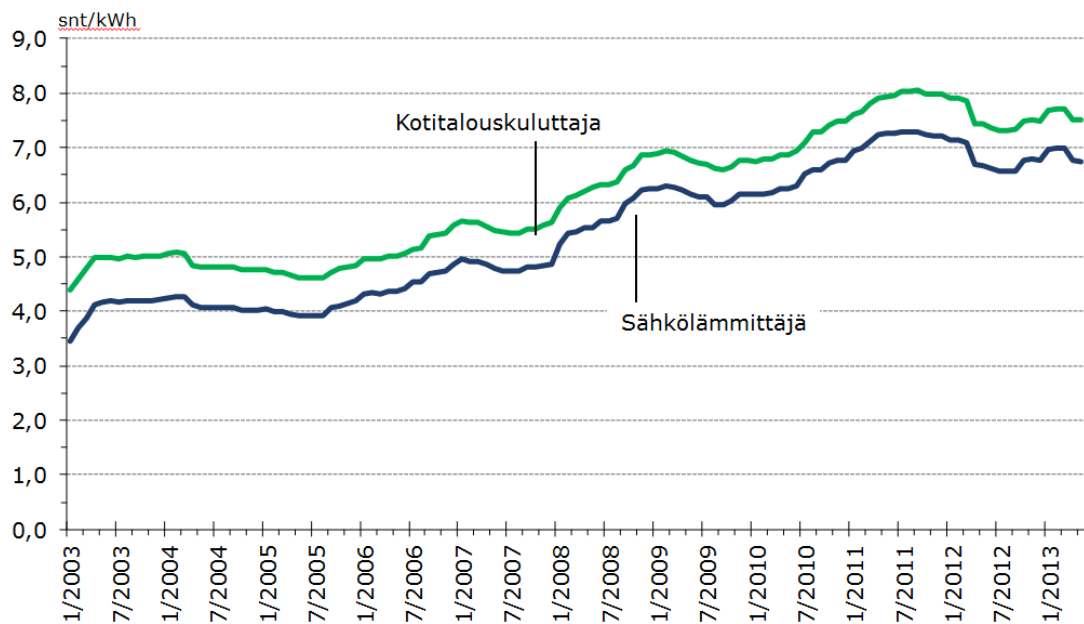
Lämmitykseen käytettävän sähkön hintakehitys on ollut maltillisempi kuin kaukolämmön. Tilastokeskuksen viimeisimpien tilastojen mukaan (Tilastokeskus 2013) kotitaloussähkön hinnan vuosimuutos on ollut 1,7 %, kun samalla tarkastelujaksolla edellisessä kappaleessa mainittu kaukolämmön hinnanmuutos on ollut 7,9 %.

Asumisen energiankulutuksesta sähkönkäyttö vastaa reilua kolmannesta ja käytetystä sähköstä yli puolet kuluu asuinrakennusten lämmittämiseen. Kuva 6.



**KUVA 6. Asumisen energiankulutus energialähteittäin (Tilastokeskus 2011)**

Vaikka sähkönkäyttö on lisääntynyt, näyttää siltä, että kulutusta ei ole veroteknisillä hinnankorotuksilla pyritty rajoittamaan, sillä pitkän aikavälin sähkönhinnan kehitys on ollut suhteellisen tasaista (Kuva 7). Sähkönkulutusta on lisännyt ilmalämpö- ja maalämpöpumppujen yleistymisen erityisesti öljylämmityskohteissa. Vastaavasti suorrasähkö –taloissa energiatehokkaampi ilmalämpöpumppu pienentää lämmityssähkön kulutusta.



**KUVA 7. Kotitalouskuluttajan ja sähkölämmittäjän sähköenergian verollisen keskihinnan kehitys (Energiamarkkinavirasto 2013)**



## 4 ENERGIATEHOKKUUDEN MÄÄRITELMÄ

Energiatehokkuudella tarkoitetaan yleisesti energiankäytön hyötysuhdetta. Hyötysuhdetta pyritään parantamaan erinäisillä teknisillä toimenpiteillä. Esimerkiksi rakennuksen lämmöntarve pyritään kattamaan nykyistä pienemmällä energiamäärällä. Tähän päästään vaikkapa vähentämällä rakenteiden läpi kulkevia lämpövirtoja. Energiamuotojen tehokkuutta tutkitaan eli sitä, millä tavoin esimerkiksi öljy, kaasu, puu ja pelletit sisältävät energiaa ja miten se saadaan valjastettua vaikka tässä työssä käsiteltävään rakennusten lämmitykseen. Kukin esimerkkiaine luovuttaa erilaisen määrän energiaa ja energiamääriä punnitaan hintojen ja energiamäärien suhteessa toisiinsa. Tätä energian saantia aineesta painon tai muun mitattavan suureen suhteen kutsutaan myös energiatehokkuudeksi.

Energiatehokkuutta voidaan mitata mittareilla tai indikaattoreilla, jotka riippuvat asiayhteydestä. Näitä energiatehokkuuden indikaattoreita voidaan ryhmitellä esimerkiksi termodynaamisiin, fyysis-termodynaamisiin, taloudellis-termodynaamisiin, taloudellisiin ja ympäristötekniisiin tekijöihin (Etelä-Suomen Prosessisysteemi 2013). Esimerkiksi öljy ei ole ympäristöteknisillä indikaattoreilla mitattuna hyvä energianlähde, vaikka sen sisältämä fyysis-termodynaaminen energiasisältö onkin hyvä tai aurinkoenergia on hyvä ympäristöteknisillä indikaattoreilla mitattuna, mutta taloudellisilla tai talous-termodynaamisilla indikaattoreilla mitattuna huono, sillä auringonvalon muuttaminen sähköksi tai lämmöksi on kallista, ennen kuin hyödyntämiseen tarvittava tekniikka on parantunut.

Pehmeillä keinoilla energiantuottajia veloitetaan parantamaan asiakkaidensa energiatehokkuutta. Näistä kotitalouksien energiatehokkuuden parantamiseen käytettävistä keinoista saadaan tietoa esimerkiksi tilastoinnin avulla. Pehmeitä keinoja ovat esimerkiksi energiayhtiöiden puhelinneuvonta ja energiamittarien vuokraus (Energiateollisuus 2013, 6). Motiva ja tilastokeskus laativat taulukoita rakennuskannan energiankulutuksesta, miten energiankulutus jakautuu erityyppisten rakennusten kesken ja esimerkiksi mitä energiamuotoa missäkin suositaan.

## **5 KÄYTETTÄVISSÄ OLEVIA KEINOJA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI**

Asumisen energiatehokkuutta voidaan parantaa monilla eri tavoilla: kotitalouskohtaisilla ja kiinteistöön kohdistuvilla toimenpiteillä. Työssä keskitytään tarkemmin keinoihin, jotka kohdistuvat asuinrakennukseen, sen rakenteisiin ja taloteknisiin laitteistoihin. Kotitalouksiin kohdistuvia ratkaisuja esitetään esimerkkiluonteisesti. Sellaiset säästötoimenpiteet ovat aivan yhtä tärkeitä kokonaisenergiatehokkuuden kannalta kuin rakenteelliset toimenpiteet, mutta koska ne eivät suoranaisesti vaikuta kiinteistön kustannuksiin, vaan talouden omaan sisäiseen taloudenpitoon. Ne rajataan pois taloyhtiön energiatehokkuutta tarkasteltaessa. Talouskohtaisia toimenpiteitä ei oteta laskelmissa huomioon myöskään sen takia, että ne eivät ole vakioita, vaan ne ovat muuttuvia ja riippuvaisia esimerkiksi talouden elämäntilanteesta, asukaslukumäärästä tai ikäkaumasta ja ovat siten vaikeasti ennustettavia. Talotekniikan osalta pois rajataan vedenkulutukseen liittyvät keinot, kuten yksittäisten vesikalusteiden ominaisuudet esim. ekonappi ja yksiotehana vs. kaksiotehana, joiden vaikutusta ei voida pitää vakiona, vaan toiminnallisuudesta syntyvä säästö näkyy kotitalouden osalla.

### **5.1 Kotitalouksien keinot**

Kotitalouksien energiansäästökeinoja on kerätty tähän vain esimerkin vuoksi, koska ne eivät suoranaisesti liity taloyhtiön energiatehokkuuden parantamiseen. Asia on otettu mukaan, sillä energiansäästön käyttäytymismalli on pystyttävä omaksumaan myös kotitalouksissa. Sähkönkulutuksen kasvu on Motivan laskelmien mukaan vuodesta 2006 vuoteen 2011 yli 2 TWh. Kasvun aiheuttaja on ollut lämmitykseen liittyvä sähkönkäyttö. Kulutuslaitteina ovat olleet lisä- ja tukilämmityksen laitteet, kuten lämpöpumput. Ilmalämpöpumppuja käytetään enenevässä määrin viilennystarkoitukseen. Näin toimimalla lämpöpumpun tekemä lämmitysenergian säästö kuluu viilentämisen energiakustannuksiin ja kokonaissähkönkulutus voi jopa kasvaa jos viilennystä käytetään enemmän. Siksi on tärkeää, että mikäli mukavuusviilennystä otetaan käyttöön, on säästöt tehtävä muilla keinoin, jotta sähkönkulutus pysyisi vähintään samana.

### **5.1.1 Huonelämpötilojen tarkistus**

Huonelämpötila kannattaa säätää matalammaksi. Jo 1 °C pienennys vähentää lämmityskustannuksia 5 % (Motiva 2013). Taloyhtiön päätöksellä voidaan sopia tietty sisälämpötila. Asunnon rakenteiden erot ja rakennustekniset virheet voivat aiheuttaa sen, että vastaavanlaiset huonetilat eivät lämpene samalla virtaamalla yhtä paljon, joten niissä kohteissa on yritettävä lisätä patterien tai lattialämmityksen vesivirtaa. Lämmöntarvetta vähentää myös verhojen pitäminen ikkunan edessä estäen lämpöä karkaamasta. Kesällä sälekaihtimet rajoittavat tehokkaasti sisälämpötilan kohoamista ja pienentävät tarvetta viilennykseen.

### **5.1.2 Saunominen**

Yleisissä energiansäästöohjeissa neuvotaan sammuttamaan kiuas heti saunomisen jälkeen. Vinkki on energiataloudellisesti hyvä ja vaikuttaa talouden sähkönkulutukseen positiivisesti. On kuitenkin otettava myös huomioon hieman saunomistapakulttuuria, sillä esimerkiksi pitkä saunomisaika tai etenkin runsas vedenkäyttö (roiskiminen) löylyhuoneessa sitouttaa kosteutta rakenteisiin. Tällöin on tärkeää, että kiuas pidetään päällä riittävän kauan saunomisen jälkeen jäännöskosteuden saamiseksi turvalliselle tasolle. Liiallinen kosteusrasitus ajan kuluessa lahottaa seinärakenteita lauteista puhumattakaan.

### **5.1.3 Ruuanlaitto ja viihde-elektroniikka**

Ruuanlaiton ja kylmälaitteiden kuluttaman sähköenergian suuruutta voidaan pienentää helposti muutamilla yksinkertaisilla tavoilla. Ruokaa valmistetaan kerralla suurempi määrä, kuin kerrallaan syötäisiin eli nautitaan samaa ruokaa useampana päivänä. Ruoan lämmitys ei vie energiaa niin paljoa, kuin ruoan valmistaminen alusta alkaen. Ruoanvalmistukseen käytetään oikean kokoisia astioita, eikä lämmitetä isolla levyllä pientä kattilaa. Pakastimen lämpötila säädetään minimissään -18 C:een pelkästään jo elintarvikkeiden säilyvyyden vuoksi (Evira 2013). Pakastimen kuluttama sähkömäärä kasvaa 5 %:lla jokaista lisäpakkasastetta kohden, eli lämpötilaa ei kannata säätää liian kylmäksi.

Viihde-elektroniikan, kuten televisioiden ja tietokoneiden sähkönkulutus on n. 7% kotitalouden sähkönkulutuksesta (Vattenfall 2013). Laitteiksi kannattaa valita sellaisia, jotka voidaan sammuttaa virtakytkimestä ilman, että laite hukkaa asetuksensa. Yhden laitteen valmiustila voi kuluttaa 10 W, joten jos taloudessa on useita laitteita, niiden yhteenlaskettu stand-by -kulutus voi olla jopa 100 W ja tämä teho kuluu siten 24h päivässä, 365 vrk vuodessa – eli merkittävä määrä. Vattenfallin Energianeuvonnan mukaan uusien laitteiden valmiustilakulutus rajataan 1 W:iin uuden ekotehokkuusasetuksen myötä.

#### **5.1.4 Valaistus**

Valaisimien lamput kannattaa vaihtaa energiatehokkaisiin led-lamppuihin tai energiansäästölamppuihin. Sama valoteho saadaan aikaan noin viidesosalla verrattuna siihen sähkötehoon, minkä vanhanaikaiset hehkulamput ottavat. Energiatehokkaisiin lamppeihin siirtymistä nopeuttaa EU:n alueella 2012 käyttöön otettu hehkulamppujen valmistus- ja maahantuontikielto. Lamppuja näkee tosin vielä epäilemättä pitkän aikaa kauppojen hyllyillä, sillä varastoja näyttää olevan vielä jäljellä. Motivan laatiman raportin mukaan energiansäästölamppuihin siirtyminen on ollut selvästi havaittavissa, sillä valaistuksen sähkönkäyttö on pudonnut noin puoleen vuosien 2006 - 2011 välisenä aikana (Motiva 2013, Kotitalouksien sähkönkäyttöraportti).

### **5.2 Asuinrakennuksen toiminnalliset toimenpiteet**

Nämä toimenpiteet esitellään esimerkkeinä, jotka eivät välttämättä vaadi laiteinvestointeja, vaan ne voidaan tehdä esimerkiksi muuttamalla säätimen parametreja.

#### **5.2.1 Lämmitysverkoston perussäätö**

Perussäädössä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä viritetään toimimaan suunnitelmien mukaisesti. Oikein tehdyllä perussäädöllä voidaan säästää jopa 10 – 15 %. (Motiva 2013, Lämmitysverkoston perussäätö).

### 5.2.2 Kiertoveden säätö

Liian suuri kiertoveden virtaus kuluttaa enemmän energiaa kuin on tarpeen, sillä suurempi virtausnopeus aiheuttaa suuremman virtausvastuksen, joten kiertoveden virtauksen ylläpitäminen vaatii enemmän voimaa. Jos olemassa olevalla pumpulla on oma säädin, pitää pumpun nopeus säätää niin, että kiertoveden lämpötila ei laske alle suositusten mukaisen 55 °C:een. Nykyisin suositaan taajuusmuuttajakäyttöisiä kiertovesipumppuja esimerkiksi Grundfors Alpha, joka on yleinen kiertovesipumppu varsinkin omakotikäytössä.

### 5.2.3 Lämmityskäyrän tarkistus ja lämpötilan säätö

Sisälämpötilan alentaminen vain yhdellä asteella vaikuttaa lämmityskustannuksiin alentavasti 5 %:lla (Energiateollisuus 2013). Jos ulkolämpötila laskee nopeasti, säädin päästää lämmitysjärjestelmään tilanteeseen nähden liian kuumaa vettä. Tästä aiheutuu suuria lämmönvaihteluita, jotka ovat haitallisia varsinkin lattialämmityskohteissa, joissa lattialämmityspotkistot on matalassa valussa kiinni ja lattiapinnoite on laattaa tai klinkkeriä. Suuret lämpötilanmuutokset voivat aiheuttaa laattojen irtoamista laastista, mikä havaitaan ns. kopolaattoina. Ilmiö on sinänsä vaaraton, mutta aiheuttaa yleensä huolta asukkaissa.

Liian loiva lämmityskäyrä puolestaan aiheuttaa helposti valituksia asukkailta, sillä säätöpiiri ei nosta menoveden lämpötilaa riittävästi, jolloin rakenteet eivät saa tarpeeksi nopeasti lisälämpöä. Eli lämmitysjärjestelmä ei reagoi riittävän nopeasti lämpötilan vaihteluihin. Loiva käyrä on turvallisempi vaihtoehto rakenteille, mutta valitettavasti epämiellyttävämpi asukkaille. Siten käyrän asennon valinnassa on tasapainoitettava asetusten välimaastossa.

Suuntaissiirto on tehtävä jos lämpötilan asetusarvoa halutaan muuttaa eli jos tasaisen lämpötilan olosuhteissa huoneistossa on liian viileää, nostetaan säätökäyrää suuntaissiirrolla ylöspäin. Vastaavasti jos sisälämpö on liian korkea, mitä asukkailta kysyttäessä kukaan ei ole halukas myöntämään, lasketaan säätökäyrää.

### **5.3 Asuinrakennuksen investointeja vaativat säästökeinot**

Seuraavissa kappaleissa esitetään lyhyesti erilaisia keinoja energiatehokkuuden parantamiseen. Kaikki keinot eivät sovellu joka kohteeseen, mutta tarkoituksena on antaa tukea esimerkkien muodossa energiatehokkuuden parantamisen suunnitteluun muissa taloyhtiöissä.

#### **5.3.1 LTO**

Ilmanvaihtokoneiden lisääntymisen myötä on lämmön talteenottoon ryhdytty kiinnittämään energiankulutusvaatimusten ansiosta enemmän huomiota. Poistoilmapuhaltimilla toteutettu ilmanvaihto oli suuri parannus keliolosuhteiden oikkujen varassa toimivasta painovoimaisesta ilmanvaihdosta. Ensimmäiset LTO-kennot olivat nelikulmaisia ristivirtakennoja, joissa ilmavirrat kulkevat poikittain toisiinsa nähden väliseinillä erotettuina. Uudemmat ja tehokkaammat LTO-kennot ovat vastavirtakennoja, joissa ilmavirrat kulkevat samansuuntaisesti pitemmän matkaa, jolloin lämmön siirtyminen on täydellisempää. Vastavirtakennon rakenne on lähinnä venytetty vinoneliö. Pyörivät lämmönsiirtimet ovat tehokkain vaihtoehto.

#### **5.3.2 Yläpohjan lisäeristys**

Yläpohjan lisäeristystä mainostetaan paljon tällä hetkellä ja se on suosituin lisäeristystoimenpide (Omakoti 2013). Suuri syy siinä lienee toteutuksen helppous, jos tarkastellaan eristysmateriaaleja. Helpoiten levitettävä eristemateriaali on puhallusvilla, joka nimensä mukaisesti levitetään letkutyypisellä joustavalla ilmanvaihtokanavalla ullakolle olemassa olevan, monesti ennestäänkin jo puhallusvillaa olevan, eristeen päälle puhaltamalla sitä maantasoon jätettävästä puhalluslaitteesta. Työvaihe on periaatteena yksinkertainen, avustaja purkaa villapaaleja laitteeseen ja toinen ohjaa villasuihkua ullakolla tasaiseksi kerrokseksi. Työ on nopeaa, kun villalevyypaaleja ei tarvitse kantaa ullakolle ja leikellä villalevyistä juuri oikeankokoisia paloja. Esivalmisteluina huolehditaan ”villakaukalolle” raamit, eli räystäiden reunoille asennetaan tuulenohjaimina toimivat suojalevyt. Levyt estävät villan leviämisen puhallusvaiheessa väärään paikkaan ja vähentävät normaalioloissa tuulen aiheuttamien, räystäiden alta ullakolle pääsevien pyörteiden vaikutusta villakerroksen epätasaisuutta lisäävinä tekijöinä. Toinen puhalluksen määrän arviointia helpottava toimenpide on merkittä lisäeristyspaksuu-

den ilmaisemiseksi selkeästi erottuvia tussiviivoja kattotuolien diagonaaleihin, vertikaaleihin ja nurjaldustukiin.

### **5.3.3 Alapohjan lisäeristys**

Lisäeristys on maanvaraisen alapohjarakenteen ollessa kyseessä erittäin työläs ja kallis toteuttaa. Ainoa ajateltavissa oleva rakenne, johon lisäeristystä voitaisiin harkita, on tuulettuva alapohja eli rossipohja. Tällöin on otettava huomioon riittävä rakenteen hengittävyys ja tuuletuksen varmistaminen alapohjassa, jotta kosteus pääsee poistumaan. Vajavaisesti toteutetuista alapohjan tuuletuksista on saatu lukea lehdistä home- ja kosteusvaurioiden yhteydessä. Näitä virheitä on havaittu jopa uusissa rakennuksissa. Osasyllisenä voi olla energiansäästö, sillä ajattelematon rakentaja sulkee tuulettuvassa alapohjarakenteessa olevia ryömintätilaan johtavia tuuletusaukkoja talvella liian tiiviisti tai liian monta kerrallaan.

### **5.3.4 Seinien lisäeristys**

Sisäpuolelle toteutettuna lisäeristys vähentää asumisneliöitä, ulkopuolelle asennettuna taasen kalliimpi. Rakennusoikeus saattaa estää lisäeristämisen. Maanrakennuslaki määrittelee rakennusoikeuden siten, että rakennusoikeuteen lasketaan kerrosneliöiden lisäksi ulkoseinän paksuus 250 mm. Käytännössä vain vanhimmissa taloissa ulkoseinän paksuus voi olla alle tuon mitan, jolloin jos rakennusoikeutta ei ole tai sitä on vain muutama neliometri jäljellä, lisäeritys kasvattaa helposti kerrosalan yli sallitun. Näin ollen ulkoseinien lisäeristäminen on sallittua rakennusoikeuden muuttumatta saneerauskohteissa, joissa vaipan paksuus on yli 250 mm. Kunnalliset määräykset voivat kuitenkin estää lisäeristämisen vain kaavamääräyksien puolesta eli ulkonäöllisin perustein. Lisäeristystä suunniteltaessa on erittäin tärkeää huolehtia rakenteen kosteusteknisestä toimivuudesta, ettei rakenteeseen jää ylimääräisiä höyrinsulkumuoveja tai muuta rakenneainesta, joka pahimmillaan muodostaisi kastepisteen seinärakenteen sisälle. Kosteuden on päästävä haihtumisen ja näin riski kosteusvaurioihin ei kasva.

### **5.3.5 Tiivistäminen**

Vuotoilmareitit on tilkittävä tukkoon. Koska rakennuksista pyritään tekemään hieman alipaineisia, on tärkeää, että tuloilma johdetaan hallitusti asuntoihin. Nykyiset raken-

nusmateriaalien on oltava M1-luokiteltuja eli niistä ei haihdu sisäilmaan haitallisia yhdisteitä. Vaikka rakennusmateriaaleista ei haitallisia yhdisteitä irtoaisi, vuotoilma-reittien kautta ulkoilman epäpuhtaudet pääsevät sisäilmaan. Apuna kylmäsiltojen ja esimerkiksi epäonnistuneiden vai vioittuneiden eristetäyttöjen havaitsemiseen voidaan käyttää lämpökuvausta. On ehdottoman tärkeää, että kuvaajalla on hyväksytty sertifiointi eli kuvaajan pitää olla pätevä suorittamaan kuvausta.

### **5.3.6 Ikkunoiden vaihto**

Vaihtamalla ikkunalasit uusiin, joiden U-arvo on parempi, lämpöhäviöt pienenevät ja samalla tiiveys paranee. Haittapuolena on matkapuhelimen kentänvoimakkuuden heikentyminen sisätiloissa selektiivilasien metallipinnoitteen vuoksi ja puhelut joko katkeavat tai eivät edes onnistu (Niemelä 2012). Tämä on myös turvallisuusseikka, mikä pitää ottaa huomioon erityisesti palveluasumisen turvapuhelinyhteyksien varmistamiseksi. Toisaalta pinnoite tekee sen, mihin se on suunniteltu eli jäädytystarpeen vähentämiseen. Pinnoite toimii tehokkaana aurinkosuojauksena estäen liiallisen lämpösäteilyn pääsyn sisälle.

Tuloilmaikkunarakente on vaihtoehtoinen tapa parantaa energiatehokkuutta. Kyseisiin ikkunoihin vaihtaminen ei tuo todellisuudessa samanlaisia säästöjä kuin lämmön talteenotto, vaan ainoastaan parantaa asumismukavuutta, sillä vedon tunne pienenee korvausilman lämpötilan noustessa. Ikkunarakenteen sisällä lämpenevä ilma ottaa lämpönsä asuntoon sitoutuneesta energiasta, lämpötekniisesti aivan kuin raaka korvausilma rakenteiden pinnoista ja ihmisistä. Lämmön talteenotolla tuloilma ottaa lämpöenergian poistuvasta ilmasta.

### **5.3.7 Ovien vaihto**

Ovet ovat perinteisesti toinen helposti energiaa tuhlaava vaipan osa. Ovien U-arvot vaihtelevat parhaimmista  $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$  arvoista huonompiin sallittuihin, yli  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  oleviin oviin. Esimerkiksi lasiaukko ovesa aina huonontaa oven kokonais-U-arvoa. Vaikka lämpöhäviöt ovat suuria ovien kohdalla vertailtaessa niitä seinärakenteen lämpöhäviöihin, ovet edustavat kuitenkin suhteellisen pientä osaa vaipasta, joten ovien vaihdon kanssa ei tarvitse olla ensimmäisenä kiirehtimässä.



Ovien kautta menetettäviä lämpöhäviöitä voi etenkin uudisrakentamisessa helposti pienentää arkkitehtonisilla ratkaisuilla suunnittelemalla huoneratkaisut siten, että pää-ovelle ei ole kulkua suoraan huonetilasta vaan pihalle mennään kahden oven kautta, esimerkiksi eteisen kautta. Parvekkeen ovet voivat olla myös tuplaovia. Ratkaisu on toki kalliimpi, mutta pitkän päälle halvempi ratkaisu energian säästymisen kautta.

### **5.3.8 Vedenkulutuksen alentaminen**

Huoneistokohtaiset vesimittarit ovat jo yleinen tapa energiatalouden seurantaan ja ainut tapa, jolla kustannukset saadaan jaettua oikeudenmukaisesti. Kun vedenkulutustottumukset on sisäistetty, on mahdollisuus vielä hienosäätää kulutusta pienemmäksi vaihtamalla vesikalusteita vähemmän vettä kuluttaviksi. Rikkinäiset on ehdottomasti joko korjattava tai vaihdettava vastaaviin uusiin, sillä vuotavan vesikalusteen kautta valuva vesimäärän hinta on vuodessa helposti enemmän kuin uuden vesikalusteen hinta.

### **5.3.9 Lisälämmönlähteet**

Aurinkokeräimet on varteenotettava keino lämmityskustannuksien alentamiseksi. Mikäli rivitaloyhtiö on yhtenäinen eli perinteinen rivitalo, jossa tekninen tila on talon päädyssä, keräinjärjestelmä on realistinen toteuttaa. Ongelman muodostavat keräimien kiertoputkistot. Kun keräimet saadaan sijoitettua yhtenäiselle vesikatolle, saadaan putkisto monessa tapauksessa vietyä ullakkotilassa tekniseen tilaan.

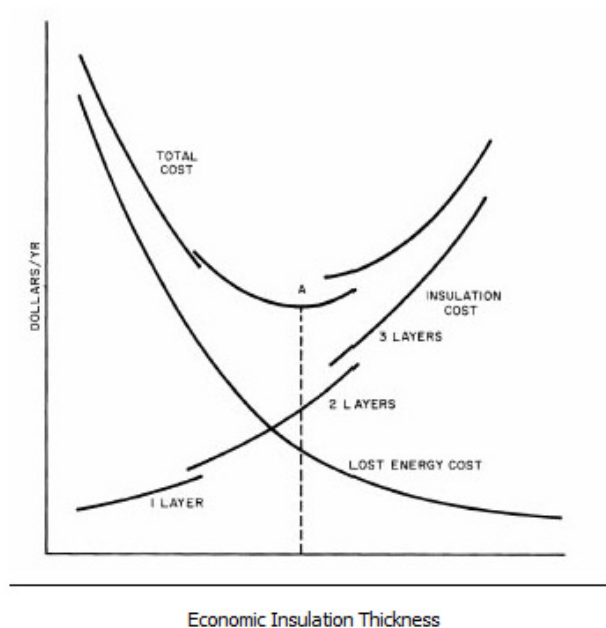
Mikäli kyseessä on paritaloista muodostuva taloyhtiö, kuten työn kohteena oleva taloyhtiö, on keruuputkistojen vieminen varaajalle mahdoton tai ainakin kallis toimenpide kaivutöineen ja pitkine putkivetoineen lämpöhäviöllinen.

Maalämpö nostaan suosiotaan koko ajan. Taloyhtiöllä on vain oltava mahdollisuus porauttaa lämpökaivo omalle tontille. Maalämmön lisäetuna on loistava mahdollisuus rakentaa viilennys asuinrakennuksiin. Katto- tai seinäkonvektorin asennus onnistuu saneerauskohteessakin ja liuospiirin nesteen kierrätyksellä asunnot viilenevät kesällä lähes ilmaiseksi.

### 5.3.10 Talotekniikan eristeet

Talotekniikan eristäminen on otettava myös huomioon. Eristämistä ei voi taloudellisesti katsoa lisäävän esimerkiksi lämpökeskuksen ja rakennuksen välille lämpökanaaliputkiin. Mikäli lämpökeskus on rakennuksen yhteydessä, voidaan ajatella lämpöhäviöiden koituvan rakennuksen hyödyksi, mutta koska talotekniikka lähes poikkeuksetta sijaitsee rakennuksen jotain ulkoseinää vasten, kaikki ulospäin johtuva liikalämpö on vältettävä asia. Näin ollen ainut paikka, jossa talotekniikan eristämistä on kannattavaa tehdä, on lämmönjakohuone.

Talotekniikan eristepaksuuksia ei käytännössä lasketa optimiarvoille, vaan käytetään ohjepaksuuksia, jotka vaihtelevat asennustavan ja asennuspaikan mukaan. Eristeistä löytyy tietoa esimerkiksi Rakennustietosäätiön ohjekortissa LVI 50-1034. Optimaalinen eli taloudellinen eristepaksuus lasketaan kokonaiskustannuksien suhteessa eristepaksuuden funktiona. Määrittelyä havainnollistaa kuvan 8 kaavio.



**KUVA 8. Taloudellinen eristepaksuus (Insulation.org 2013)**

Kuvasta nähdään, että eristepaksuuksien lisääminen vähentää lämpöhäviöiden määrää, mutta samalla tietyssä pisteessä kokonaiskustannukset alkavatkin kasvaa. Tätä pistettä on kuvattu katkoviivalla (piste A).

## 6 ESIMERKKIKOHTTEEN KUVAUS

Taloyhtiö käsittää 5 paritaloa, jotka on rakennettu vuosien 1995 - 2000 aikana. Kaksi ensimmäistä paritaloa A ja B ovat yksitasoisia 3h+k asuntoja ja loput C, D ja E ovat kaksikerroksisia 4h+k asuntoja. Talot ovat puurunkoisia, ja niissä on käyttöullakko, johon on käynti rakennusten päädyistä. Kaksikerroksisten talojen alakerta on betonielementeistä, ja välipohja on rakennettu teräsprofiilipellin päälle valetusta betonilaa- tasta. Laattaa tukevat alakerrassa väliseinien sisään sijoitetut teräspylväät. Vanhimmat talot ovat pohjaratkaisultaan samanlaisia, poikkeuksena A-talon ensimmäinen asunto, jossa on pieni erkkeri olohuoneessa. Kaksikerroksiset rakennukset ovat kaikki saman- laisia ja talon asunnot ovat peilikuvia toisiinsa nähden. Osassa kaksikerroksisista asunnoista yläkerran makuuhuoneen ja olohuoneen välistä seinää ei ole rakennettu, vaan yläkerta on yhtenäistä tilaa. Yhdessä asunnossa tosin seinä on rakennettu jälkikä- teen lisähuonetarpeen vuoksi. Rakennukset sijaitsevat rinteessä, asuntojen pääsisään- käynnit ovat rinteeseen yläpuolella kulkevan huoltotien varrella. Rakennukset on sijoitet- tu tontille kaarevaan muotoon muodostaen suojaisan alapihan (Kuva 9).



**KUVA 9. As Oy Säynätsalon Poronselkä (Jyväskylän kaupunki 2012)**

### 6.1 Käytössä olevat järjestelmät

Taloyhtiön lämmönjakohuone sijaitsee B-talon alla. Lämpöjohtoja lähtee kahteen suuntaan, itään päin suuntautuva lämpölinja kulkee vanhimpien talojen (A ja B- talot) alla keskellä. Uusimpien 2-kerroksisten rakennusten lämpöjohdot ja käyttövesijohdot kulkevat C-rakennuksen edustalla sijaitsevaan lämmönjakokaivoon, josta talojen C, D

ja E lämpölinjat ja käyttövesijohdot haarautuvat. Rakennuksien yhteiset johdot haarautuvat paritalojen 1. asunnon alakerran rappusten alla lattiaan upotetussa lämpökaivossa, joihin on sijoitettu myös 1. asunnon käyttövesijakotukki. Seinän takana olevan asunnon vastaavassa kaivossa on siten vain asunnon käyttövesijakotukki. Alakeran lattialämmityksen jakotukit sijaitsevat rappusten alla seinän viereen rakennetussa pintakotelossa. Jakotukkeja ei ole voitu upottaa seinän sisään jakotukkikaappiin, sillä asuntojen väliseinä on äänieriste ja paloalueen raja.

### **6.1.1 Lattialämmitys**

Kohteen lämmitysjärjestelmänä toimii kaukolämpöön liitetty vesikiertoinen lattialämmitys. Lattialämmitys on toteutettu Nereuksen lattialämmitysosilla. Lattialämmitysputkena on happidifфуusiosuojattu pex-putki. Yksikerroksisten paritalojen lattialämmityksen jakotukit sijaitsevat asuntojen keskellä vaatekaapissa. Kaksikerroksisten paritalojen lattialämmityksen jakotukit sijaitsevat alakerrassa rappusten alla ja yläkerrassa eteisessä WC:n vastaisella sisäseinällä.

### **6.1.2 Käyttövesijärjestelmä**

Käyttövesiputket ovat Pex -muoviputkea suojaputkessa. Käyttövesijakotukki sijaitsee alakerrassa rappusten alla. Vesikalusteita on yläkerrassa keittiössä ja WC:ssä, alakerrassa WC:ssä, kodinhoitohuoneessa ja pesuhuoneessa. Yksikerroksisten paritalojen jakotukit sijaitsevat lattialämmityksen jakotukkien kanssa samassa vaatekaapissa. Vesikalusteita on keittiössä, pesuhuoneessa ja wc:ssä.

### **6.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmä**

Asunnoissa on koneellinen poistoilmanvaihto, jota ohjataan liesituulettimesta. Säädinyksikkö käsittää vesikatolla sijaitsevan huippuimurin 4-portaisen ohjauksen ja liesikuvun ilmavirran ohjauspellin käsikäyttöisen mekanismin. Liesituulettimessa on valo ja rasvasuodatin. Korvausilma tuodaan makuuhuoneiden (1kpl/huone) ja olohuoneen (2 kpl) ulkoseinän katonrajassa sijaitsevan Fresh80 -korvausilmaventtiilin kautta. Korvausilmaventtiileitä on siten yläkerrassa 3 ja alakerrassa 2 kappaletta. Poistoilmareitteinä on alakerrassa WC, kodinhoitohuone, vaatehuone, pesuhuone ja sauna. Yläkerrassa poistoilmareittinä on WC, eteinen ja liesituuletin. Poistoilmapäätelaitteena on

entisen Lapinleimun eli nykyisen FläktWoodsin KSO-100. Vanhimmissa yksitasoisissa asunnoissa korvausilmaventtiileitä on yksi kappale makuuhuoneissa ja kaksi kappaletta olohuoneessa eli 4 kpl yhteensä.

Taloyhtiön asuntojen ilmanvaihtokanavistot puhdistettiin ensimmäisen kerran vasta vuonna 2012, eli 17 vuotta ensimmäisten rakennuksien valmistumisesta ja 12 vuotta uusimpien asuntojen valmistumisesta. Ilmavirrat tarkistettiin ja säädettiin puhdistuksen yhteydessä.

## 6.2 Rakennuksen vaipan rakenteet

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet on ilmoitettu taloyhtiön piirustuksissa vanhalla k-tunnuksella, jossa lämpötilayksikkönä käytettiin C-astetta SI-järjestelmän Kelvinin sijaan. Nykyisin em. kertoimena käytetään U-arvoa, jonka yksikkö on siten  $W/m^2 K$ .

### 6.2.1 Seinät

Taloyhtiön rakenteissa on kahdentyyppistä ulkoseinärakennetta, puurakenteista ja betonielementtirakenteella toteutettua. Kaksikerroksisten paritalojen alakerta on rakennettu betonielementeistä.

Puurakenteisen ulkoseinän rakenne ulkoa sisälle lueteltuna on pysty tai vaakapaneeli 20 mm, tuuletusväli 19 mm, tuulensuojalevy 9 mm, villa 200, muovi ja sisäverhouslevy 13 mm. Tälle ulkoseinärakenteelle on annettu U-arvoksi  $0,22 W/m^2 C$ .

Betonisen ulkoseinän lämmönläpäisykerrointa ei löytynyt taloyhtiön käytävissä olevista piirustuksista, joten se lasketaan itse. U-arvo voidaan laskea kaavalla (8).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (8)$$

jossa  $R_T$  on kokonaislämmönvastus tarkasteltavan rakenneosan sisä- ja ulkopinnan välillä.

Kokonaislämmönvastus lasketaan tässä tapauksessa kaavalla (9).

$$R_T = (R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_1 + d_3/\lambda_1 + R_u) \quad (9)$$

jossa  $R_{si}$  on sisäpuolen pintavastus ( $0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ ) ja  $R_u$  on ulkopuolen pintavastus ( $0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ ), osamäärät  $d_n/\lambda_n$  ovat rakennepaksuuksia jaettuna ko. rakenteen ainekerroksen lämmönjohtavuuksilla.

Betoniseinän rakenne, kuvattuna sisältä ulospäin, on seuraavanlainen. Betoni 150 mm, villa 140 mm ja ulkopinnan betoni 70 mm. Kyseinen rakenne tunnetaan yleisesti ns. sandwich –rakenteena. Rakentamismääräyskokoelman C4 taulukosta 1. nähdään, että lasi- ja kivivillan  $\lambda$  on  $0,050 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ja betonin arvo on  $1,2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ .

Sijoittamalla kokonaislämmönvastuksen kaavan (8) lämmönläpäisykertoimen kaavaan (9) Rakenteen U –arvo on siten

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{R_T} = \frac{1}{(R_{si} + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_1 + d_3/\lambda_1 + R_u)} \\ &= \frac{1}{\left(0,13 + 0,15/1,2 + 0,14/0,050 + 0,07/1,2 + 0,04\right) \text{ m}^2\text{K/W}} \\ &= 0,317 \approx 0,32 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

### 6.2.2 Yläpohja

Yläkerran katto muodostaa rakennuksen vaipan yläpohjan. Rakenne käsittää kattotuolien varaan naulatun koolaukseen ja siihen kiinnitetyn kipsilevyn. Koolauksen yläpinnan ja kattotuolien välissä on höyrynsulkumuovi. Eristeenä yläpohjassa on puhalusvillaa 300 mm, joka on rakenteessa päällimmäisenä. Koolaus on  $48 \times 48 \text{ mm}$  puuainesta normijaolla. Kipsilevyn paksuus on 13 mm ja alapinnassa on ruiskurappaus, joka on samalla katon pinnoite. Rakenteelle annetaan piirustuksissa U-arvoksi  $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ . Yläpohjassa ei ole havaittu lämpövuotokohtia, eli jääpuikkoja ei ole muodostunut räystäälle eikä katoille kertynyt lumi ole sulanut miltään katolta aiemmin verrattuna muihin taloyhtiön paritaloihin.

### 6.2.3 Alapohja

Alapohja muodostuu maavaraisen sorakerroksen päällä olevasta paikallavaletusta betonilaatasta, jonka eristeenä toimii 100 mm styrox levykerros. Betonilaatta on paksuudeltaan 60 mm betonilaatasta ja alapohjarakenteelle on annettu K-arvo  $0,21 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ . Tarve alapohjan lisäeritykselle olisi siten olemassa, sillä nykyinen uudisrakentamisen alapohjan U-arvo on  $0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Tyypillisesti styrox-kerroksia on tällöin 2 eli eristyspaksuus on 200 mm. Alapuolisen sorakerroksen rakenne ei ole tiedossa. Rakennusmääräyskokoelman B3 mukaan maapohjaisissa rakennekerroksissa olisi oltava kapillaarikatko, joka estää veden kapillaarisen siirtymisen vaakasuunnassa ja pystysuunnassa vähentäen kosteuskuormitusta rakenteisiin. Kapillaarikatko on muodostetaan valitsemalla alapohjan maatäyttökerrokseen sellaista soramateriaalia, jolla on riittävän pieni kapillaarisuus. Esimerkiksi kapillaarista veden nousemista mahdollistava hietatyypinen alapohjan maatäyttö, yhdistettynä rakennusvaiheessa jätettyihin tai jääneisiin betonivalujen laudankappaleisiin, suurella todennäköisyydellä imee kosteutta maaperästä ja laudankappaleet voivat toimia kasvualustana haitallisille mikrobikasvustoille.

### 6.2.4 Välipohja

Rakenne on poimupellin päälle paikallavalettu teräsbetonilaatta. Tällainen välipohja tunnetaan nimellä liittolaatta-välipohja. Rakenteelle ei ole ilmoitettu K-arvoa, koska ko. rakenteelle ei tarvitse laskea lämmönläpäisykerrointa, sillä rakenteen kummallakin puolella on teoriassa sama lämpötila, eikä näin ollen lämpövirtaa ja lämpöhäviötä ole määritettävissä rakenteelle.

### 6.2.5 Ikkunat

Rakennuksen valoaukot ovat 3-kertaisella lasilla olevia MSE-ikkunoita. Olohuoneen kaksiosaisissa ikkunoissa on poikittain alhaalla aukaistavat tuuletusikkunat, keittiössä tuuletusikkuna on valoaukon vasemmalla puolella ja yläkerran makuuhuoneessa tuuletus voidaan tehdä avaamalla vierekkäin nurkkaan sijoitettujen ikkunoiden tuuletusikkuna. Alakerran MH2:n ikkunajärjestys noudattaa yläpuolella olevan makuuhuoneen ratkaisua. Alakerran MH1:ssä ei ole erillistä tuuletusikkunaa, sillä huonetilasta avautuu piirustuksissa puutarhaoven nimellä esiintyvä lasiaukollinen ulko-ovi. Ikkunoille

on annettu U-arvoksi  $1,51 \text{ W/m}^2 \text{ C}$ . Ikkunoiden yläreunat on yleisen käytännön mukaan asennettu korkeuteen  $h = 2100 \text{ mm}$ . Ikkunoiden mitat on esitetty liitteessä 1.

### 6.2.6 Ovet

Oville ei ilmoitettu kokonais U-arvoa, joten se lasketaan lämpöhäviölaskelman helpottamiseksi valmiiksi käsin. U-arvoksi muodostuu pinta-alojen suhteessa painotettujen U-arvojen summa kaavalla (12). Lämpöhäviö lasketaan lämpöhäviöiden summasta kaavalla 10.

$$\Phi_{\text{TOT}} = (U_{\text{ovi}} \cdot A_{\text{ovi}} + U_{\text{ikk}} \cdot A_{\text{ikk}}) \cdot \Delta T \quad (10)$$

$$\text{Toisaalta } \Phi_{\text{TOT}} = U_{\text{TOT}} \cdot A_{\text{TOT}} \cdot \Delta T \quad (11)$$

Yhdistetään kaavat (10) ja (11)

$$U_{\text{TOT}} \cdot A_{\text{TOT}} \cdot \Delta T = (U_{\text{ovi}} \cdot A_{\text{ovi}} + U_{\text{ikk}} \cdot A_{\text{ikk}}) \cdot \Delta T$$

ja ratkaistaan yhtälöstä  $U_{\text{TOT}}$ , saadaan kaava (12)

$$U_{\text{TOT}} = (U_{\text{ovi}} \cdot A_{\text{ovi}} + U_{\text{ikk}} \cdot A_{\text{ikk}}) / A_{\text{TOT}} \quad (12)$$

Pääovi 100x210	0,69 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
- Oven ikkuna 600x750mm	1,90 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
➔ Kokonais-U-arvo	0,95 $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$
Puutarhaovi 90x210	0,56 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
- Oven ikkuna 600x1000mm	1,90 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
➔ Kokonais-U-arvo	0,99 $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$
Parvekkeen ovi 90x210	0,56 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
- Oven ikkuna 600x1400	1,90 $\text{W/m}^2 \cdot \text{C}$
➔ Kokonais-U-arvo	1,16 $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$



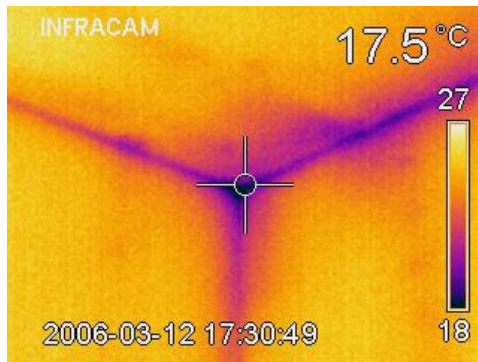
### 6.3 Havaitut ongelmat

Taloyhtiössä suoritettujen sisätilojen pintalämpötilamittausten perusteella on havaittu lämpötilojen epätasapainoa niin rakennustyyppien välillä, 1- vs. 2-kerroksiset, kuin samaa rakennustyyppiä edustavienkin välillä. Suurin ero on havaittu vanhimpien yksi-kerroksisten paritalojen lämpölinjan ensimmäisen ja viimeisen huoneiston välillä.

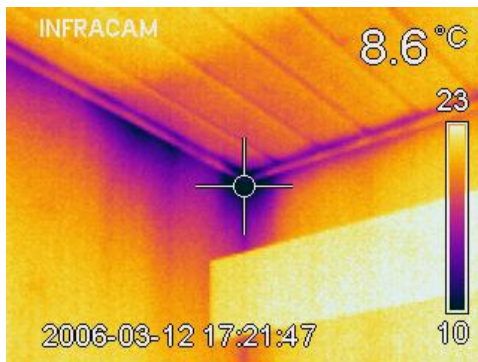
Todennäköisimpänä syynä eroihin lienee perussäätöasetuksien toimimattomuus eli lämmitysjärjestelmän tasapainotuksen virheelliset säätöarvot, sillä rakennuskanta on valmistunut viiden vuoden aikajänteellä, jolloin virtauksia on pitänyt säätää aina kun uusi paritalo on liitetty lämpöverkkoon. Inhimillinen tekijä on helposti voinut vaikuttaa asiaan esimerkiksi säätötoimenpiteen tekemättä jäämisen muodossa.

Sisälämpöolosuhteita on mitattu talvella olosuhteissa, joissa ulkoilman lämpötila on usean vuorokauden ajan ollut alle  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Mittaus on suoritettu infrapunalämpömittarilla pintalämpötilamittauksilla huonetilan keskeltä. Suunnitelmissa on tehdä vertailumittauksia lisää käyttämällä tarkempaa mittalaitetta ja kuumalankamittapäätä, jolla saadaan oleskeluvyöhykkeen ilman lämpötila selville. Nykyiset infrapunalämpömittarin lukemat ovat pintalämpötiloja, jotka vaihtelevat pintamateriaalin mukaan, sillä eri materiaali säteilee eri tavalla lämpöä. Näin ollen mittaustulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Mittauksia on tehty myös toisen kerran ensimmäisen mittauskierroksen kaltaisissa olosuhteissa talvella. Tällöin mittaus suoritettiin keskiarvomittauksena ottamalla lukema lattiasta ja katosta. Näidenkään lämpötilamittausten tulokset eivät olleet käytettävissä.

Kaksikerroksisissa paritaloissa on havaittu 2-kerroksen makuuhuoneen lämpötilojen olevan kaikissa asunnoissa huoneistojen viileimmät. Testimielessä on taloyhtiö mitannut vierekkäisten huoneistojen välisen seinän ja eteläisen alapihan seinän nurkkauksien lämpötiloja lämpökameralla ja kuvissa on havaittavissa selvä lämpötilaero. Asunnon C1 yläkerran makuuhuoneen ylänurkka kuvassa 10 ja asunnon C2 vastaava nurkka kuvassa 11.



**Kuva 10. C1 yläkerran makuuhuoneen ylänurkan lämpökuva**



**Kuva 11. C2 yläkerran makuuhuoneen ylänurkan lämpökuva**

Yleinen ko. tilan viileys verrattuna muihin huonetiloihin selittyy rakenteellisilla seikoilla, mahdollisilla kylmäsilloilla ja/tai puutteellisella eristyksellä sekä ilmavuoto-paikoista.

Tiiveysongelmista kertoo myös epätavalliset korvausilmareitit. Osassa ulkoseinän vastaisia pistorasioita on havaittavissa vetoa etenkin talvella, jolloin lämpötilaerot ovat suuria. Samanlaista vetoa esiintyy myös asuntojen välisellä seinällä olevissa pistorasi-oissa. Koska seinän takana on teoriassa saman lämpöinen tila, syynä mitä ilmeisimmin yläpohjan tiivistyksellä ja lisäeristyksellä poistuva vuotoilmiö.

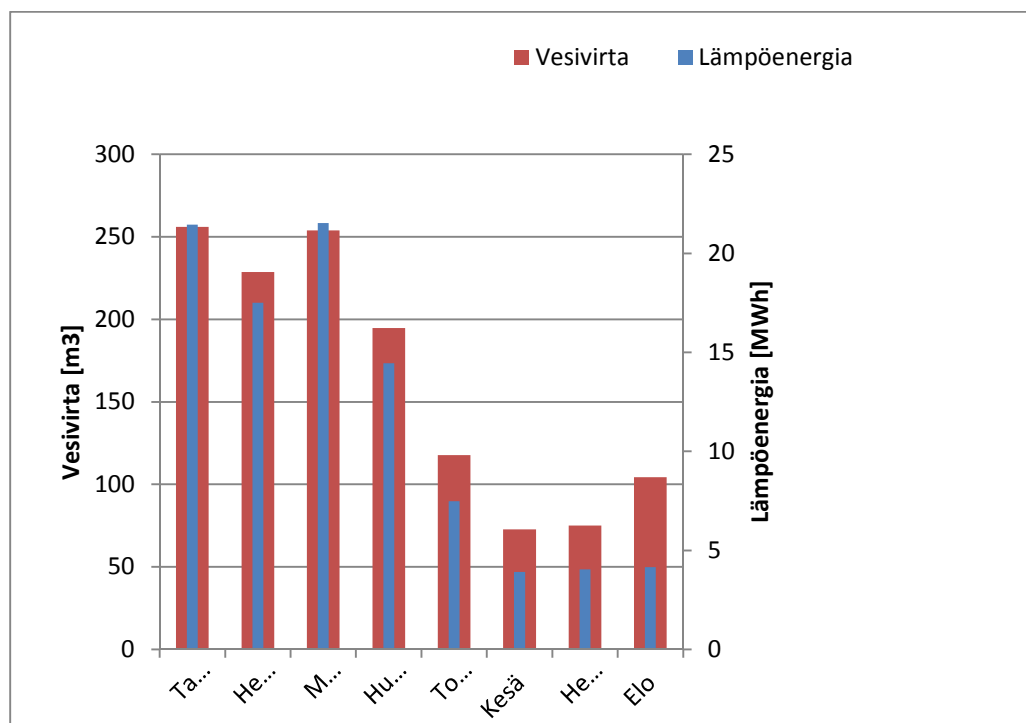
Oma vaikeasti korjattavissa oleva epäkohta on lattialämmityksen rakenne. Lattialäm-mityksen kiertoveden vakiolämpötilan käyttö on yleisesti tiedossa ja johtuu rakennus-kustannusten säästöistä. Mikäli lattialämmityksestä saataisiin paremmin toimiva, olisi märkätilojen kiertoveden lämpötilan oltava hieman muita tiloja korkeampi. Tällaista kahden lämpötilan kiertoa on hankala toteuttaa koska jakotukkien lukumäärää olisi lisättävä, mikä ei siten valmiiksi rakennetussa järjestelmässä useinkaan onnistu.

## 6.4 Kulutustietoja

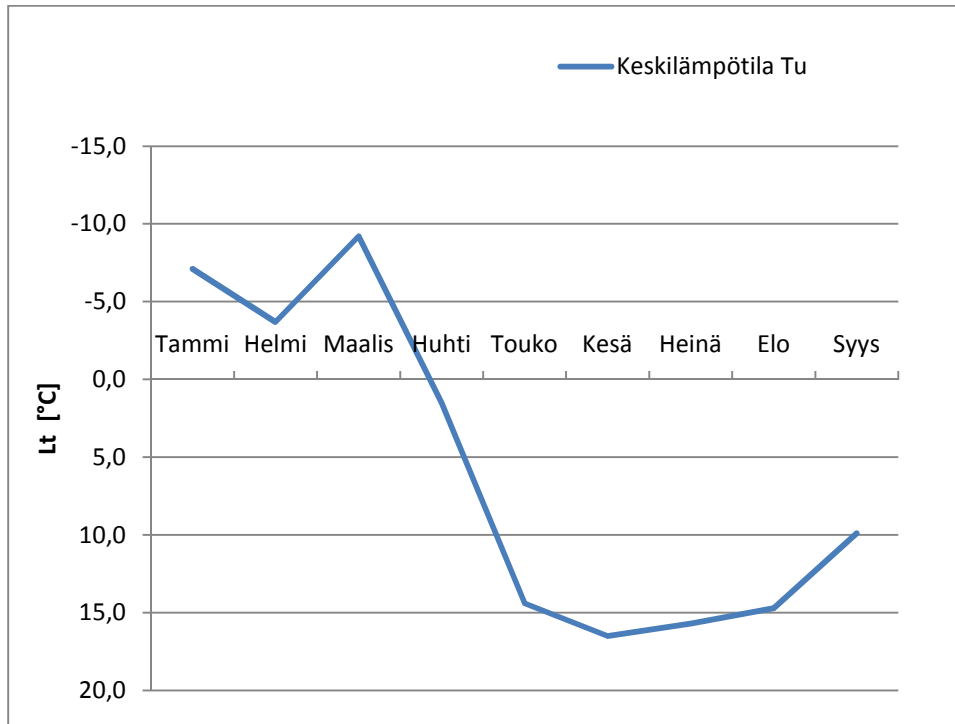
Kaukolämmön kulutuslukemat ilmoitettiin alkuaikoina kuukausittain postitse energia-laitokselle ja lukema katsottiin kuun vaihteessa. Seuraavassa vaiheessa lukemat ilmoitettiin internetissä www-sivujen kautta, ja nykyään mittaustulokset lähtevät etäluenta-na laskutukseen, jolloin energialaskujen veloitukset ovat tarkasti ajantasaisia. Vesimit-tarien lukemia on kerätty rakennuksen valmistumisesta lähtien vain vesimaksujen ku-lutuslukemien vuoksi. Varhaisimpia lukemia ei ole taulukoitu. Päävesimittari luetaan kerran vuodessa syksyllä, mutta lukemien synkronoinnin tarkkuuden parantamisen vuoksi lukema tullaan kirjaamaan taloyhtiön tietoon vuoden lopussa tapahtuvan asuk-kaiden vesimittarien lukemien keräyksen aikaan. Näin kulutuslukemien vertailu hel-pottuu ja energiankulutuksen jakautumista pystytään määrittämään tarkemmin.

### 6.4.1 Lämmitysenergian kulutustaulukot

Taloyhtiön rakennuskannan kaukolämmön kulutus on noudattanut odotetusti ilmasto-olosuhteita, eikä näin ollen epätavallisia poikkeamia ole ollut havaittavissa. Tämä osoittaa säätöjärjestelmän toimivan halutulla tavalla. Alla olevassa kuvaparissa (kuva 12 ja 13) näkyy selkeästi, kuinka talven kylmyyshiippu osuukin maaliskuulle helmi-kuun sijaan. Lisää taloyhtiön energiankulutuksen vuosikulutuskaavioita liitteessä 4.



KUVA 12. Energiankulutus 2013

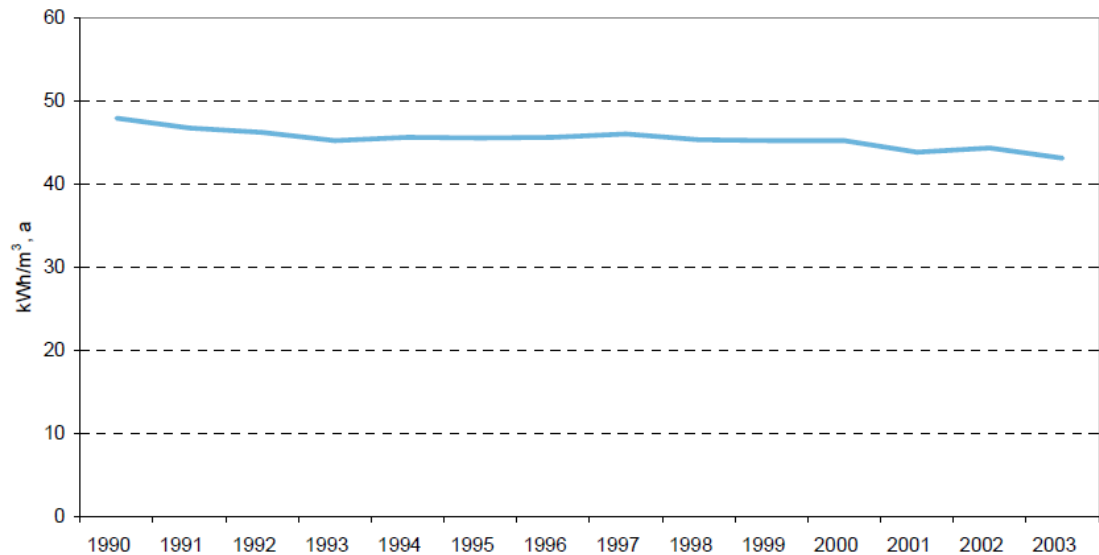


**KUVA 13. Sääolosuhteet 2013**

Taloyhtiön lämmitysenergian kulutusta voidaan verrata myös kaukolämmitettyjen rakennusten keskimääräiseen energiankulutukseen, joka on esimerkkikohteessa tavanomaista ominaiskulutusta suurempi. Se osoittaa selkeästi, että energiatehokkuustoimenpiteet olisivat hyödyllisiä. Työn kohteena olevan rivitaloyhtiön ominaiskulutukset on laskettu niiltä vuosilta, joilta energialukemat oli käytettävissä. Taloyhtiön ominaiskulutukset esitetään taulukossa 2. Taulukon normeeratut ominaiskulutukset on laskettu vain vuosille 2008 - 2012, joiden toteutuneet lämmitystarveluvut olivat saatavilla ilmaiseksi ilmatieteen laitokselta. Taulukosta puuttuu vuosi 2011, jonka energialukemat eivät olleet käytettävissä. Ominaiskulutuksien vertailua varten esitetään Motivan keräämän tilastoinnin tuloksena saatu grafiikka kuvassa 14. Siinä näkyy vuosittaisten ominaiskulutuksien muutos vuosina 1990 - 2003..

**TAULUKKO 2. Rivitaloyhtiön ominaiskulutus (Taloyhtiön kulutustiedot 2013)**

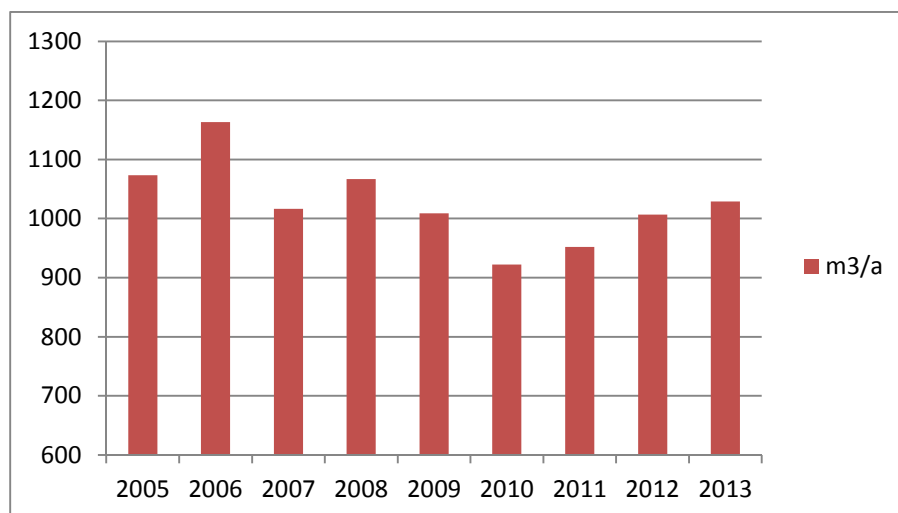
As Oy:n kaukolämmön energiankulutus suhteutettuna lämmitettävään tilavuuteen									
vuosi	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
ominaiskulutus	44,3	45,5	44,8	51,1	55,0	53,9	-	57,6	kWh/brm <sup>3</sup>
normeerattu lämmitysenergian ominaiskulutus	-	-	-	58,9	58,1	49,3		57,7	kWh/brm <sup>3</sup>



**KUVA 14. Kaukolämmitettyjen rakennusten ominaiskulutus tilavuutta kohden (Motiva 2013).**

#### 6.4.2 Käyttöveden kulutus

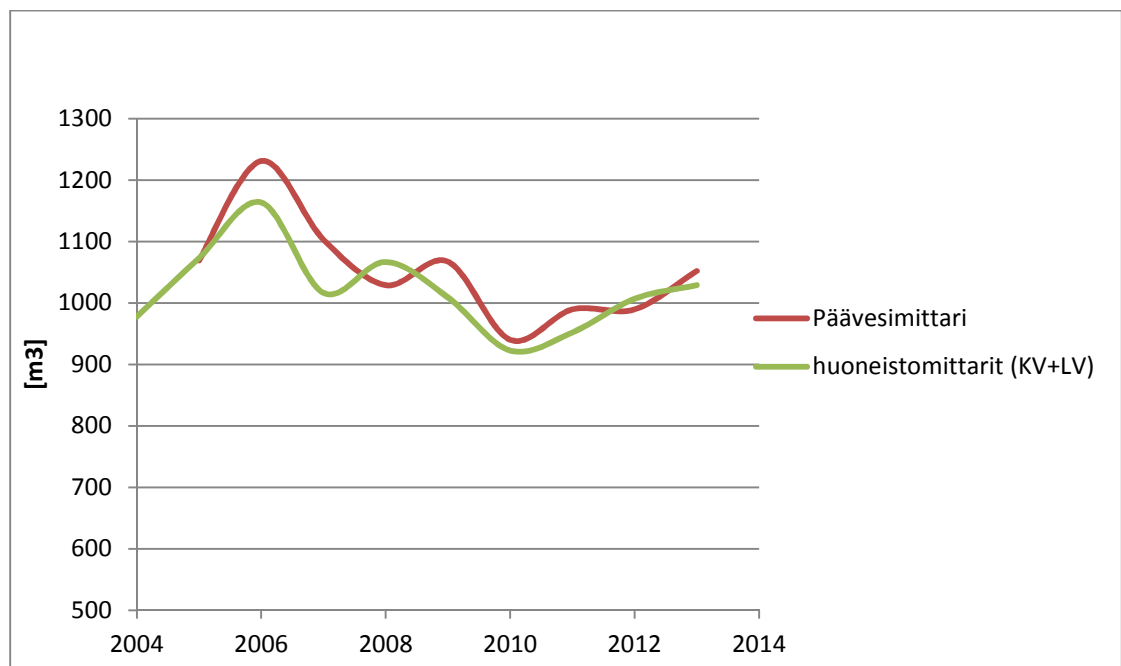
Kylmän veden kulutus on vaihdellut asukaslukumäärän vaihtelun ja käyttötottumuksiensa mukaan vuosien 2005 - 2013 aikana 940 m<sup>3</sup>:sta reiluun 1200 m<sup>3</sup>:iin vuodessa. Jos lasketaan lämpimän käyttöveden kulutus nyrkkisäännöllä (Motiva 2013), jonka mukaan 40 % kylmän veden kulutuksesta on lämmintä käyttövettä, saadaan vaihteluväliksi noin 370 m<sup>3</sup> – 480 m<sup>3</sup>. Kylmän veden kulutus on esitetty kuvan 15 pylväsdia-grammissa.



**KUVA 15. Esimerkkitaloyhtiön kylmän käyttöveden kulutus 2005 - 2013**

Vedenkulutuksen mittauksen oikeellisuutta tarkasteltaessa huoneistokohtaisten vesimittarien yhteislukeman pitäisi periaatteessa olla samansuuruinen päävesimittarin lukeman kanssa, mutta kuten kuvan 16 grafiikasta näkyy, kulutushuiput eivät täysin ole samoissa kohdissa. Eroa selittää se, että vesimittaukset eivät osu samalle päivälle vuodessa.

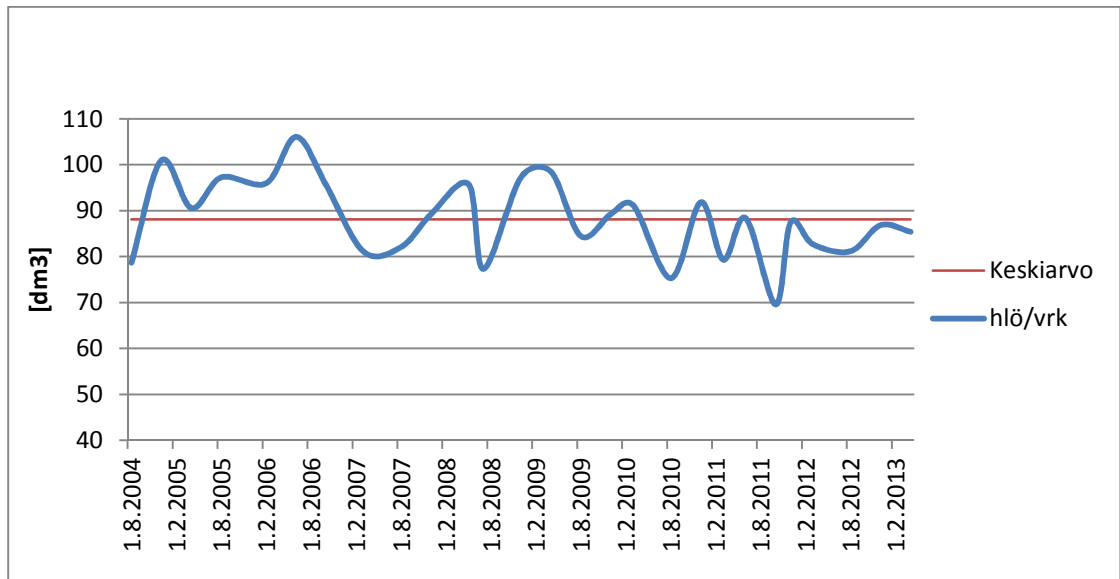
Vesimaksujen veloitusperusteita tarkistettiin vuosikymmenen vaihteen paikkeilla kohdistamalla lämpimän veden tuotantokustannukset paremmin oikeaan osoitteeseen, nimittäin taloyhtiöltä kulun aiheuttajille. Aiemmin lämpimälle käyttövedelle oli laskettu liian matala veloitus, ja hinnankorotus näkyi kulutuksessa selvänä pudotuksena (kuva 15). Toinen kulutuksen pudotus näkyy 2007 lukemissa, jolloin suoritettiin kaksi peräkkäistä päämittarin ja huoneistomittarien synkronointimittausta kohonneiden kulutuslukemien vuoksi. Syynä oli kaikesti vain kulutustottumusten höllentyminen ja tarkistusmittauksien suoritus havahdutti asukkaat tarkkailemaan vedenkäyttöään.



**KUVA 16. Mittaroinnin erot kylmän veden vuosikulutuksissa 2004 - 2013.**

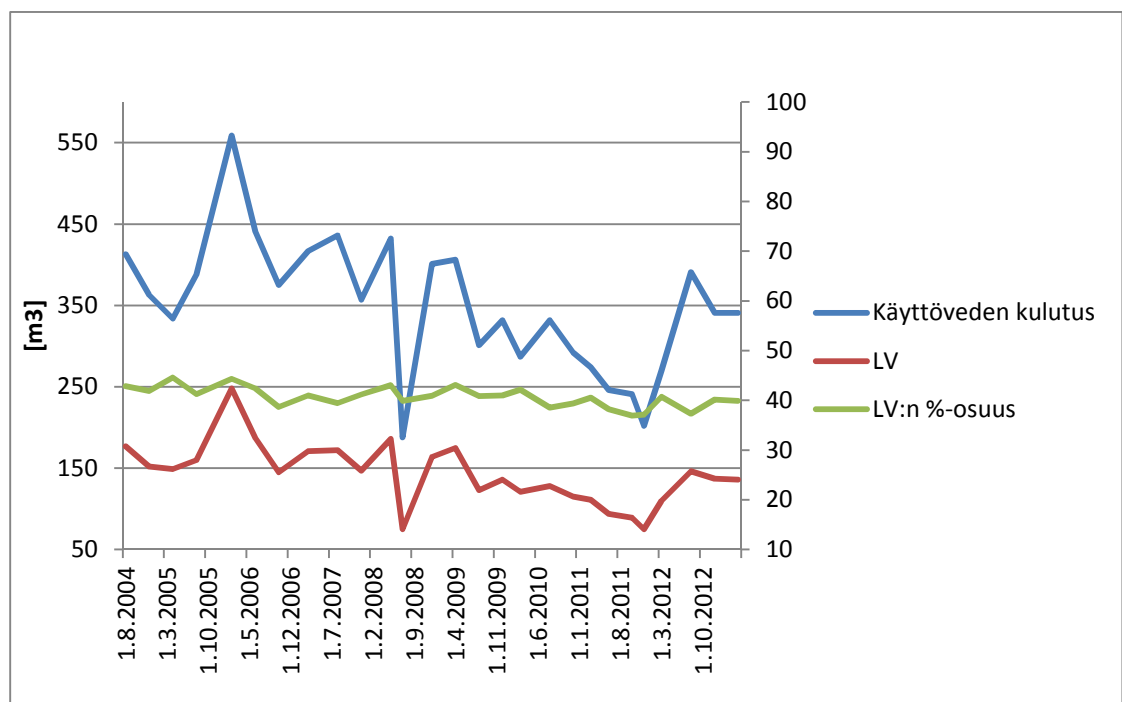
Taloyhtiön asukkaista on määritetty laskennallinen vuorokausikulutus. Lukema on saatu laskemalla ensin mittausjakson päivien lukumäärä ja vedenkulutus ko. ajanjaksoilla. Saadut lukemat on jaettu senhetkisellä taloyhtiön asukasluvulla. Asukasluvumäärä on vaihdellut 30 ja 35 henkilön välillä ollen suurimmillaan  $106 \text{ dm}^3/\text{hlö}/\text{vrk}$  ja pienimmillään  $70 \text{ dm}^3/\text{hlö}/\text{vrk}$ . Kyseiset lukemat ovat huomattavasti alle keskimääräisen vedenkulutuksen, jonka on laskettu olevan  $155 \text{ dm}^3/\text{hlö}/\text{vrk}$  ja vaihteluväli 90 -

270 dm<sup>3</sup>/hlö/vrk (Motiva 2013). Vedenkulutuksen vuorokausivaihtelu esitetään kuvassa 17.



**KUVA 17. Asukkaan vuorokautisen vedenkulutuksen vuosivaihtelut.**

Vedenkulutuksen lukemista laskettiin myös koemielessä tilastollinen testi, jossa näkyy toinen vedenkulutuksen nyrkkisääntö. Sen mukaan lämmintä käyttövettä kulutetaan noin 40 % kokonaiskulutuksesta. Alla olevaan kuvaan 18 on kerätty kylmän- ja lämpimän käyttöveden keskimääräinen kulutus mittausjaksoilla. Grafiikkaan on lisätty omaksi käyräkseen lämpimän- ja kylmän veden lukemien suhde, joka noudattaa hyvin tilastollisesti 40 % tasoa, ollen jopa alle.



**KUVA 18. Lämpimän ja kylmän veden kulutuksien suhde**

## **7 ESIMERKIKOHTEESEEN SOVELTUVAT KEINOT ENERGIA-TEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI**

### **7.1 Lämmitysjärjestelmän tasapainotus ja sisälämpötilojen vakiointi**

Lämmitysverkoston perussäätö on suositeltava toimenpide. Motivan julkaisun mukaan energiansäästö on 10 - 15 % (Motiva 2013). Järjestelmän virtaamat saattavat olla useita prosentteja sivussa asetusarvoistaan, siitä antaa viitteitä asunnoissa havaitut lämpötilaerot. Huonelämpötilat kannattaa ohjeistaa säätämään mahdollisuuksien mukaan matalammiksi, mutta suositusten hyväksyntä aiheuttanee vastustusta. Monelle tässä tapauksessa liian lämpimään sisäilmaan tottuneelle säätö tarkoittaisi muutosta huomompaan. Ajatus on vain saatava myytyä asukkaille niin, että muutoksen huomataan tuovan etua kaikille alentuneiden lämmityskustannuksien muodossa ja vastikkeen mahdollisen nostopaineen vähenemisenä. Lämmityksen jakotukkien linjasäätöventtiilien Kv-arvot olisi kirjattava, samoin kuin lattialämmityksen piirien säätöventtiilien aukeamat ja arvoja pitää verrata suunnitelmien lukemiin. On mahdollista, että venttiilien aukeamia on säädetty joko asukkaan toimesta tai rakennusvaiheessa ja toimenpide on jäänyt kirjaamatta.

### **7.2 Lämmön talteenotto**

Lämmön talteenoton rakentaminen on investointi, jota kannattaa harkita. Sen avulla saadaan lämpöenergiaa talteen vuositasolla laskettuna jopa 80 % (Ympäristöministeriö Tasauskalkentaopas 2012, 28). Kohteeseen olisi mahdollista asentaa ilmanvaihtokone ullakolle tai keittiöön lieden yläpuolelle. Ullakkoasennukseen sopiva laite on esimerkiksi Enervent Oy:n tuotevalikoimassa. LTR-3 on regeneratiivisella lämmöntalteenotolla eli pyörivällä lämmönvaihtimella varustettu vaaka-asentoon asennettava ilmanvaihtokone. Keittiöön asennettavia, saneerauskohteisiin sopivia koneita on esimerkiksi Vallox 90K MC ja Swegon R85, joista 90K MC on ristivirta lämmönsiirtimellä varustettu ja R85 pyörivällä LTolla. Kohteeseen laskettiin näiden kolmen eri valmistajan koneille tekniset laskelmat, joista käy ilmi mm. vuosihyötysuhde ja poistoilmasta talteenotetun energian määrä. Laskelmien yhteenveto esitetään kappaleessa 8 TAKAISINMAKSUAJAT.



Toteutusta pohdittiin käyttäen pääajatuksena saneeraustapaa, joka vaatisi mahdollisimman pieniä rakenteellisia muutoksia. Ilmanvaihtolaitteen asennus on huomattavasti yksinkertaisempaa kohteen yksitasoisissa paritaloissa, jossa ilmanvaihtokanavat voidaan reitittää kokonaan ullakolla. Kaksikerroksisissa kohteissa tilanteen tekee erityisen haastavaksi se, että kohteessa on lattialämmitys luonnollisesti jo putkitettuna, jolloin välipohjaan ei ole mahdollista juurikaan tehdä uusia reikiä osumatta johonkin lattialämmityspiiriin. Rakennusaikaisia valokuvia ja kohteesta laadittuja suunnitelmia tutkimalla sekä lattialämmitysjärjestelmää asentaneen henkilön kertomien tietojen perusteella alkoi hahmottua kaksi vaihtoehtoa LTO-sijainnille ja reitityksen toteutukselle.

Aluksi oli tutkittava ilmanvaihtokoneelle sopivia paikkoja huoneistossa. Normaalisti laite sijoitetaan tekniseen tilaan, mutta koska asunnossa ei ole sellaista tilaa, tämä vaihtoehto hylättiin automaattisesti. Tuulikaappi/eteinen ei tullut kyseeseen, sillä kaikissa asunnoissa on ko. tila kalustettu siten, ettei kone olisi mahtunut sinne. Toiseen kondenssiveden poiston viemärointi olisi ollut mahdoton toteuttaa ilman suuria remonttikuluja. Alakertaan ei ilmanvaihtokonetta voinut sijoittaa, sillä nousuhormien määrä olisi lisääntynyt jäteilmahormin vuoksi, jolloin nousuhormit eivät olisi mahtuneet toteuttamiskelpoisesti mihinkään paikkaan. Yläkerran WC ei ollut sopiva saman kondenssiveden viemäroinnin toteutusongelman vuoksi. Vaihtoehtoiksi jäi jäljelle ullakkoasennus keittiön yläpuolelle tai keittiön liedon yläpuolelle. Ratkaiseva tekijä oli viemäroinnin mahdollistava reititys allaskaapin vesilukkoon. Sekä ullakolta, että liedon päälle asennettavasta IV-koneesta on mahdollista johtaa kondenssivesi hallitusti viemäriin.

Ilmanvaihtokanavista poistoilmakanavisto pysyy ennallaan, uusia kanavia on rakennettava raitisilmalle ja tuloilmalle. Poikkeuksena on ullakolle asennettavissa oleva LTO-kone, johon ei voi kytkeä keittiön liesikuvun kanavaa toisin kuin sisälle keittiön kaapistoon asennettavissa. Valittaessa ullakkokone kohteen ilmanvaihtokoneeksi joudutaan jäteilmalle rakentamaan oma kanava ja läpivienti, jotka lisäävät kyseisen vaihtoehdon kokonaiskustannuksia. Suositusten mukaan keittiön likainen poistoilma johdetaan omalla kanavalla vesikatolle. Saneerauskohteiden lisääntyessä markkinoille on tullut malleja, joissa liesikuvun kanava kytkeytyy LTO-kennon jälkeen jäteilmakanavaan. Tällaisia malleja käytettäessä ei tarvitse tehdä vesikattoon uusia läpivientejä.

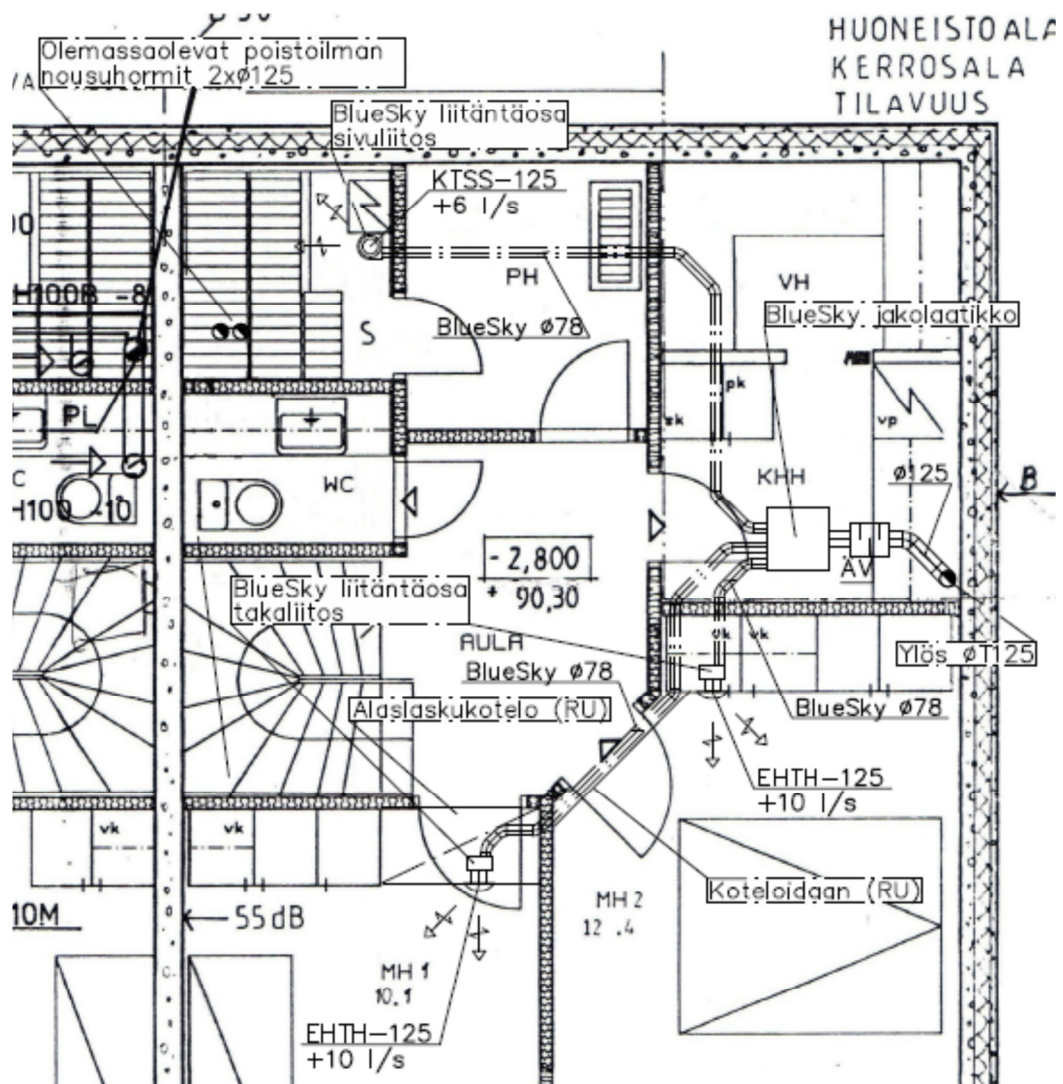
Keittiöasennusvaihtoehdon koneiksi on valikoitunut tätä konetyyppiä edustavat Swegon R85 ja Vallox 90K MC.

Raitisilma saadaan reititettyä pohjoisen puolen räystäään alta, kuten esimerkiksi Vallox:in esimerkissä kuva 19.



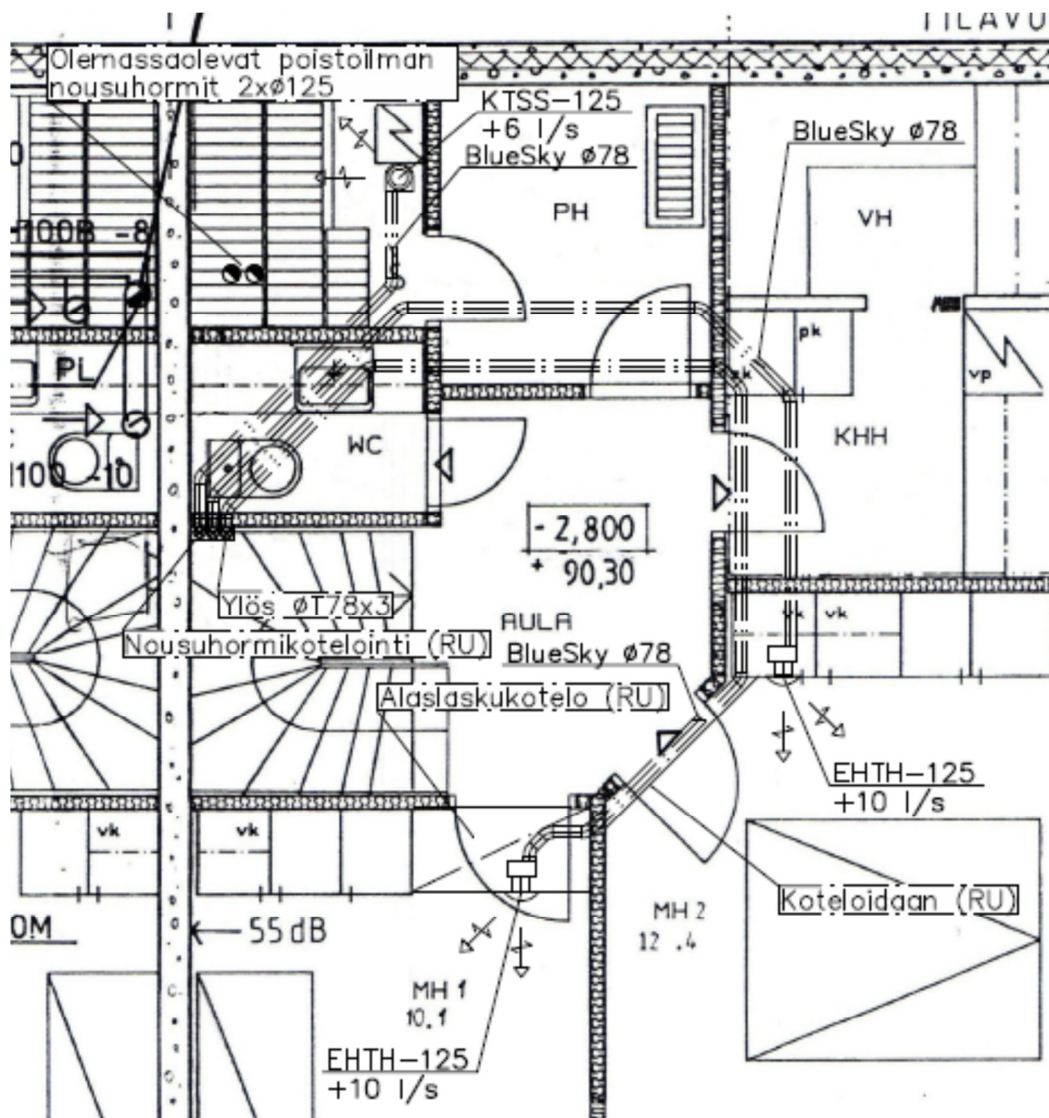
**KUVA 19. Raitisilmakanavan sisääntulo Vallox esimerkki (Omataloyhtiö 2013)**

Tuloilman johtaminen alakertaan on mahdollista kahta reittiä. Ensimmäinen vaihtoehto on reitittää Ø125mm hormi kierresaumakanavalla keittiön nurkassa sijaitsevan liekin takaa välipohjaan porattavan reiän kautta alla olevaan kodinhoituhuoneen alaslaske- ketun katon sisälle, johon sijoitetaan Vallox BlueSky -jakolaatikko. Laatikosta voidaan viedä kanavat alakerran makuuhuoneisiin ja saunaan käyttäen taipuisaa BlueSky -ilmastointiputkea. Saunan tuloilmakanava pystytään viemään kodinhoituhuoneesta vaatehuoneen ja pesuhuoneen alaslaskettujen kattojen sisällä saunaan kiukaan yläpuo- lelle ilman lisärakenteita. Makuuhuone 2 on kodinhoituhuoneen vieressä, joten sen kanava puhkaistaan seinän läpi ja pääte-elin sijoitetaan vaatekappirivin otsapintaan. Huoneen sisäänkäynti on ala-aulan ”viistetystä” nurkassa. Viereisen makuuhuone 1:n kanava viedään makuuhuone 2:n oven yläpuolelle rakennettavan koteloinnin kautta, jonne pääte-elin sijoitetaan huoneen yläpuolelle rakennettavaan kaapistojen etureu- naan ulottuvan alaslaskukoteloinnin otsapintaan. Ala-aulaan ei täten tule mitään näky- vää rakennetta. Reittiluonnos seuraavalla sivulla olevassa kuvassa 20 (Luonnos- suunnitelmat As.Oy Poronselkä pohjapiirustuksiin pohjautuen, VHu 2013).



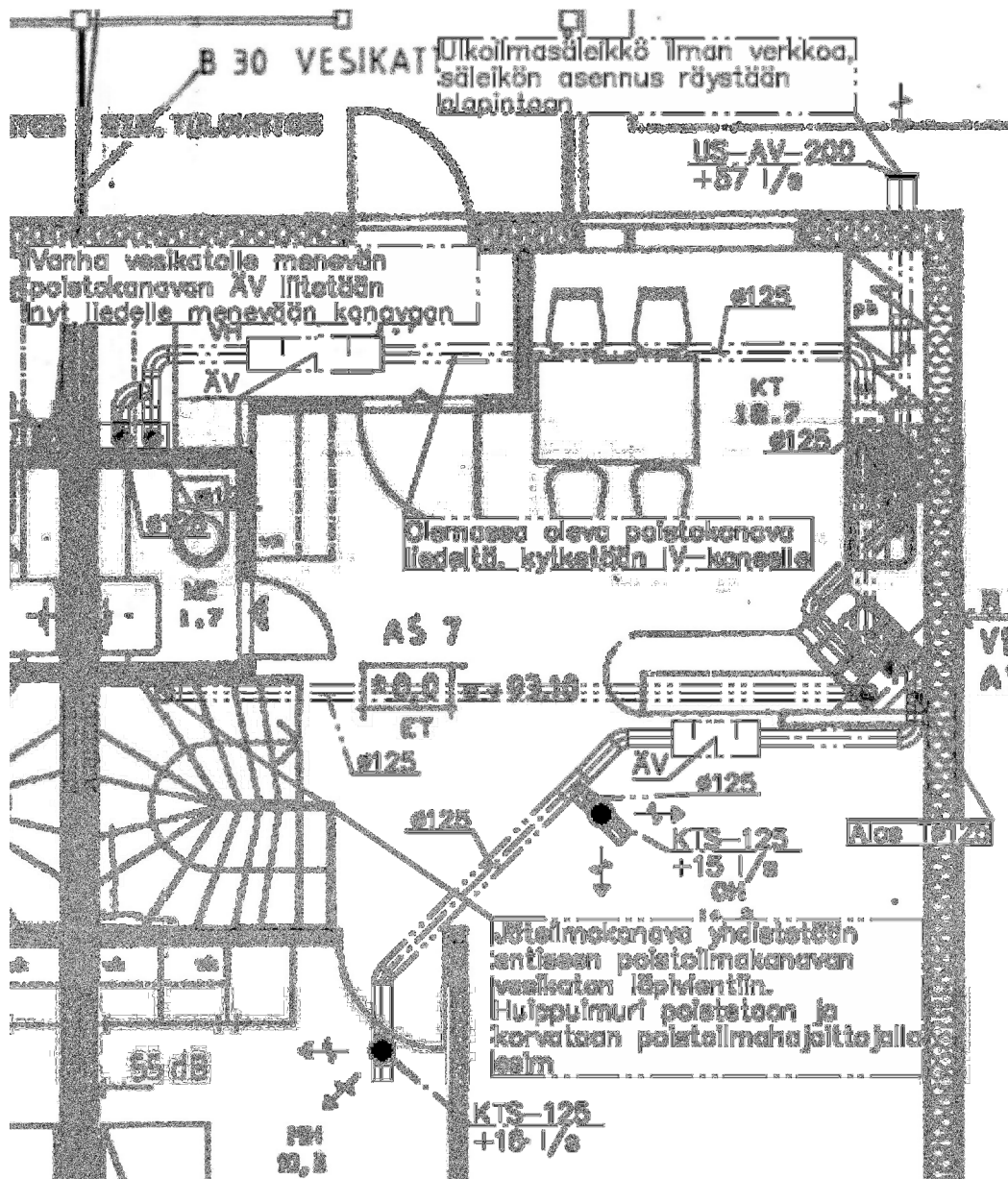
**KUVA 20. Alakerran tuloilmareititys 1**

Toinen mahdollisuus on sijoittaa alakertaa palveleva jakolaatikko porraskäytävän läheisyyteen ullakolle. Laatikosta vietäisiin matalassa saneerauksen yhteydessä rakennettavassa kotelossa 3 BlueSky-kanavaa alas porraskäytävän takanurkassa. Kanavat reititetään porraskäytävän seinän toisella puolella olevaan WC-tilan alaslaskuun, Sieltä kanavointi joko kuvan mukaan kiertämällä alaslaskujen kautta tai makuuhuoneiden kanavien reititys oikeisemalla ala-aulan keskeltä haluttaessa lyhyempää reittiä. Tällöin ala-aulan kattoa on madallettava n.100 mm. Reittiluonnos kuvassa 21 (Luonnossuunitelmat As.Oy Poronselkä pohjapiirustuksiin pohjautuen, VHu 2013).

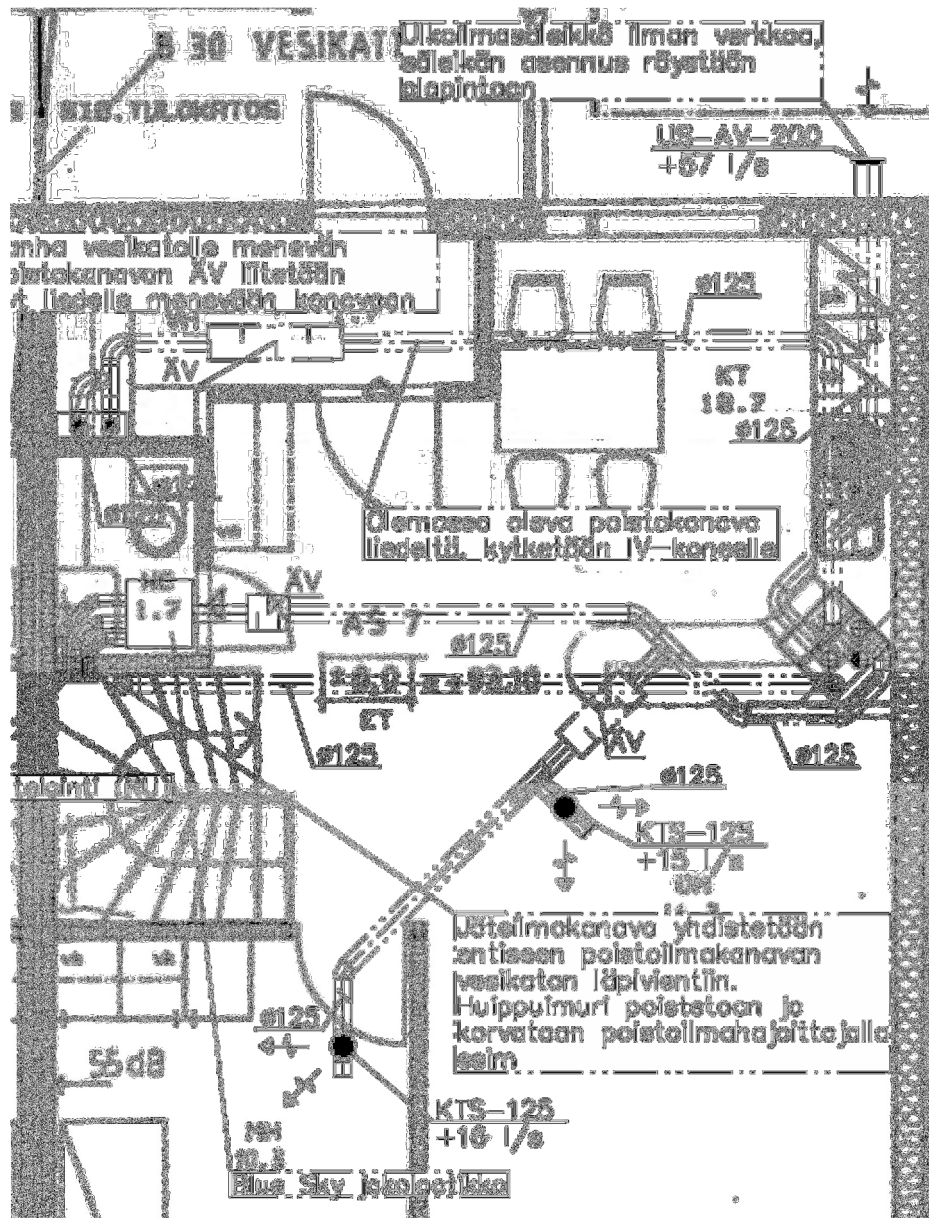


**KUVA 21. Alakerran tuloilmareititys 2**

Yläkerran tuloilmareititykset rakennetaan kaikki ”perinteisillä” osilla eli kierresaumakanavalla. Kanavat lämpöeristetään ullakolla. Yläkerran tuloilman päätelaitteet sijoitetaan makuuhuoneen ja olohuoneen kattoon. Tuloilmakanaviston äänenvaimennin sijoitetaan ullakolle tai vaihtoehto 1:n kohdalla äänenvaimennin korvataan kahdella lyhyemmällä, joista yläkerta palveleva jätetään ullakolle ja alakerta palveleva esimerkiksi jakolaatikon kanssa kodinhoituhuoneen alaslasketun katon sisälle. Vanhan poistoilmakanaviston vesikatolle menevä linja katkaistaan ja siihen liitetään jäteilmakanava. Katolla oleva huippuimuri poistetaan ja tilalle asennetaan poistoilmahajottaja. Olemassa oleva äänenvaimentaja käytetään liedelle menevään poistoilmakanavaan. Yläkerran reittivaihtoehtoja seuraavilla sivulla kuvassa 22 ja 23 (Luonnossuunitelmat As.Oy Poronselkä pohjapiirustuksiin pohjautuen, VHu 2013).



KUVA 22. Yläkerran tuloilmareititys 1

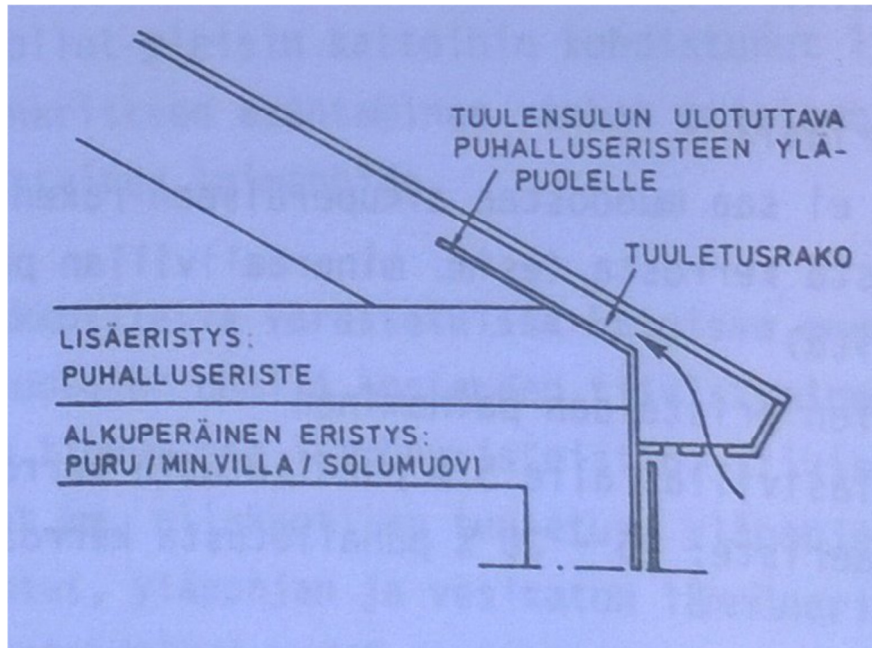


KUVA 23. Yläkerran tuloilmareititys 2

### 7.3 Lisäeristäminen

Ulkovaipan lisäeristäminen olisi järkevää, mutta tässä vaiheessa kannattamatonta. Ulkoverhouksen huoltomaalaus oli kiireellisyytensä vuoksi jo 5-vuotissuunnitelmassa ja tuli toteutettavaksi, ennen kuin energiategokkuuden selvitys valmistui. Maalaus toteutettiin kuluneen vuoden 2013 kesällä. Näin ollen ulkoverhouksen maalaukseen käytetty noin 20 000 € kustannus olisi hukkaan heitetty investointi, mikäli ulkovaipan lisäeristykseen ryhdyttäisiin lähitulevaisuudessa repimällä ulkoverhous pois ja rakentamalla taas uusi lisäeristykseen päälle.

Vaipan lisäeristäminen ei tosin ole ainoa parannuskeino, vaan yläpohjan lisäeristäminen olisi mahdollista toteuttaa hyvin pienillä rakennemuutoksilla. Yläpohjan reunoille tarvitaan esimerkiksi 13 mm tuulensulkuvillasta laidat, jotta lisäeriste ei leviä räystäälle eikä ulkoa puhaltava tuuli pääse pyörittämään uutta villakerrosta. Rakennesimerkki yläpohjan lisäeristyksen toteutuksesta VTT:n tutkimuksesta (kuva 24).



**KUVA 24. Tuulensulkulevyn käyttö lisäeristyksessä (Nieminen 1988, 62)**

Lisäeristämisen aikaansaama energiansäästö määritellään yläpohjan rakenteen lämmönläpäisykerroin, pinta-alan ja vallitsevan lämpötilan suhteen. Koska ulkolämpötila ei ole vakio, vaan noudattaa vuodenaikojen mukaista sykliä, eivätkä lämpöhäviötään ole koko vuoden samoja, siksi ulkolämpötilana ei pidetä laskelmissa mitoitustilaa. Ilmatieteenlaitos on määritellyt ulkolämpötilan pysyvyyskäyrän, jonka perusteella on laadittu astepäiväluku tai lämmöntarveluku. Tämä luku edustaa lämpötilaerojen ja niiden vaikutusajan tulojen summaa. Lämmöntarvelukuna käytetään yleisesti S17 lukua, joka kuvaa lämpötilaeroa ulkolämpötilan ja sisälämpötilan 17 °C välistä aikaviipaleita. Sisälämpötilaksi on valittu 17 °C, sillä sisäisten lämpöenergioiden katsotaan nostavan sisälämpötilan 21:een °C (Etelä-Suomen Prosessisysteemi Oy 2013).

Yläpohjan läpi johtuva lämpöhäviö lasketaan U-arvon, pinta-alan ja lämpötilaeron tulona. Koska lämmöntarveluvussa on jo mukana lämpötilaeron lisäksi aikayksikkö, saadaan energia laskettua [kWh] kaavalla 13 (Reinikainen, 1997).

$$Q_{\text{johtuminen}} = U_{YP} \cdot A_{YP} \cdot \text{lämmitystarveluku} \cdot 24/1000 \quad (13)$$

missä  $U_{YP}$  [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ],  $A_{YP}$  [ $\text{m}^2$ ], lämmitystarveluku [ $\text{K} \cdot \text{d}$ ] ja 24/1000 kerroin, jolla astepäiväluku muutetaan astetunneiksi ja kW:ksi.

## 8 TAKAISINMAKSUAJAT

Takaisinmaksuaika saadaan laskettua yksinkertaisimmillaan kaavalla, jossa investointi jaetaan saatavalla säästöllä. Tämä yksinkertainen kaava ei ota huomioon korkotasoa, ja sitä voidaan käyttää vain lyhyissä projekteissa.

Saatu säästö lasketaan kertomalla vuosittain kertyvä energiansäästön energiamäärä energian hinnalla. Investointiin lasketaan laitehankintojen lisäksi tiedossa olevat asennuskustannukset. Säästöjä pienentävät ylläpitokustannukset ja huollot.

Parempi tulos saadaan talousmatematiikan kaavalla 14 (Saaranen ym. 2010), jossa annetaan muuttujina myös korko, joka on laskelmissa yleensä markkinakorko. Markkinakorkona voidaan käyttää Suomen Pankin viitekorkoa.

$$n = \frac{\ln\left(\frac{k}{k-i \cdot B}\right)}{\ln(1+i)} \quad (14)$$

jossa  $k$  = nettotulovirta eli näissä laskelmissa vuotuinen säästö,

$i$  = korkokanta. Arvoksi voidaan valita esimerkiksi nykyhetken viitekorkoa suurempi luku 5 %, mikä antaa pelivaraa korkokannan mahdollisesti kasvaessa.

$B$  = investointikustannus

Laskelmissa oletetaan, että investoinnilla ei ole jäännösarvoa, eli tuloksia tarkastellaan laitteiston käyttöiän suhteen. Esimerkiksi ilmanvaihtokanaviston käyttöiäksi katsotaan 50 vuotta, mutta ilmanvaihtolaitteen käyttöikä on 20 - 25 vuotta (Reinikainen 2002). Näin ollen takaisinmaksuaika ei voi olla 50 vuotta vaan sen komponentin, jolla on lyhin käyttöikä. Siten takaisinmaksuajan on oltava alle 25. Näin laskien laitteisto maksaa itsensä käyttöiän puitteissa. Turvallisinta olisi pysyä 20 vuoden aikajänteessä, sillä kalusto alkaa käytännön kokemuksella yleensä vaatia enemmän huoltotoimenpiteitä käyttöiän loppuessa. Jotta laiteinvestoinnin tuomaa säästöä ei syöä investointikustan-



nusten peittämiseen, on takaisinmaksuajan oltava esimerkiksi puolet käyttöiästä. Tällöin laite vähentää loppuikänsä ajan lämmityskustannuksia.

Jaksollisen tulovirran mukaiseen takaisinmaksuajan laskentamalliin päädyttiin siitä syystä, että on monen muuttujan kaavaa ei helpota tulkintaa, vaan tekee takaisinmaksuajan oikeellisuuden arvioinnista vaikeampaa, sillä tulevaisuuden kustannustrendejä on vaikea ennakoida. Suuntaa-antavat laskelmat voidaan tehdä vakioimalla muuttujia mahdollisuuksien rajoissa. Esimerkiksi lämmitysenergian todennäköinen hinnan nousu tuo enemmän säästöjä energiatehokkuuden parannuttua. Lisääntynyt säästö hukkuu helposti kasvavan korkokannan kompensointiin, mikä lieventää tai estää takaisinmaksuajan pidentymisen.

### **8.1 Lämmitysjärjestelmän tasapainotus (perussäätö)**

Perussäätö on yksinkertainen suorittaa, jos suunnitelmat löytyvät. Tällöin lämmitysverkoston linjojen virtaamat tarkistetaan mittaamalla ja linjasäätöventtiileillä säädetään virtaamat suunnitelmien mukaisiksi. Laskelmissa ei oteta mahdollisia lämmitysjärjestelmän vikojen korjauksia huomioon, esimerkiksi jumittuneiden tai vioittuvien venttiileiden vaihtotyötä. Laskelmat koskevat tässä tapauksessa koko taloyhtiötä.

Työkustannukset voidaan laskea karkeasti seuraavasti. Oletuksena työn suorittava yritys toimii Jyväskylässä, jolloin matkakulut on otettava huomioon. Matka-aika Jkl-Säynätsalo 0,5 h ja edestakainen matkan pituus 32 km. Suunnittelijan/säätäjän työveloitukseksi arvioidaan 65 €/h. Mitattavia linjasäätöventtiileitä 2 kpl/ yksitasoiset rakennukset, 4 kpl/ kaksitasoiset rakennukset sekä ulkopuoliset linjasäätöventtiilit lämmönjakokeskuksessa 4 kpl ja lämpökaivoissa 4 kpl eli yhteensä 24 kpl. Jos arvioidaan yhden linjasäätöventtiilin mittaukseen ja säätöön kuluvan 15 min mittauspaikkojen välinen siirtymisaika mukaan laskettuna työhön kuluu aikaa 6 h. Kustannuslaskelma taulukossa 3.

**TAULUKKO 3. Perussäädön työkustannukset**

Kustannustekijä	veloituseruste	aika tai lkm	kustannus
matkakulut á 0,45 €/km	km	32	14,40 €
matkatunnit á 32,50 €/h	h	1	35,00 €
osapäiväraha á 17,00 €	kpl	1	17,00 €
työtunnit á 65,00 €/h	h	6	390,00 €
		yht:	456,40 €

Kun perussäädön tuomaksi säästökseen arvioidaan kappaleessa 7.1 mainitusta vaihteluvälistä 10 - 15%, maltillinen säästöarvio 10 % lämmityskustannuksista, saadaan energiamääräksi toteutuneen 2012 lämmitysenergia liitteestä 4(2) taulukko 2 lukeman 137,50 MWh perusteella 13,75 MWh säästö. Energiasäästö muutetaan euroiksi kertomalla energiamäärä energian hinnalla 68 €/MWh, josta saadaan tulokseksi 935 €. On helppo havaita, että perussäätö on kannattava tehdä, vaikka säästö olisi vain 5 % vuotuisista lämmityskustannuksista. Kaiken lisäksi toimenpide maksaisi itsensä alle vuodessa. Laskelma alla.

$$n = \frac{\text{investointi}}{\text{säästö}} = \frac{456,40 \text{ €}}{935 \text{ €/a}} \approx 0,49 \text{ a}$$

**8.2 Lämmön talteenotto**

Lämmön talteenottolaitteita valikoitui etsinnän perusteella kolme kappaletta ja laitteiden energiansäästö laskettiin valmistajien web-sivuilla olevilla laskentaohjelmilla.

Laskennalliset energiansäästöt muutamien oleellisten konetietoja kanssa esitetään taulukossa 4.

**TAULUKKO 4. Konekohtaiset energiansäästöt**

Valmistaja	Konemalli	Asennuspaikka	LTO-kenno	Vuosi-hyötysuhde	Energiansäästö/a
Enervent	LTR-3	ullakko	pyörivä	75,3 %	8790 kWh
Swegon	R85	keittiö	pyörivä	68,8 %	7573 kWh
Vallox	90K MC	keittiö	ristivirta	69,3 %	6855 kWh

Takaisinmaksuajan laskenta suoritettiin valitulle kolmelle LTO-koneelle kolmella eri muuttujalla ja tulokset esitetään kahdessa taulukossa käyttäen jakona tarvikehintoja. Taulukossa 5 ovat investointien takaisinmaksuajat laskettuna normaaleilla OVH-hinnoilla ja taulukossa 6 osahinnoista on vähennetty -15 %, jota alennusprosenttia voidaan pitää realistisena tilanteessa, jossa investointi tehtäisiin kaikkiin asuntoihin. Kumpikin taulukko käsittää kahden muuttujan taulukkoryhmän, jossa takaisinmaksuaika on laskettu kolmella eri korkotekijällä, 3 %:lla, 4 %:lla ja 5 %:lla. Toinen muuttuja on energian hinta, jonka mukaan taulukko jakautuu kolmeen ryhmään, energian hinta on nykyinen, energian hinta on 4 % korkeampi ja energian hinta on 8 % korkeampi. Näistä todennäköisin vaihtoehto tutkia takaisinmaksuaikoja on energian hinnan 8 % korkeampana –taulukon-osa, jolla kaukolämmön hinta on ollut kasvussa. Säästösommista on huoltokuluina vähennetty vain vuosittain vaihdettavien suodattimien hinta, joka markkeeraa kustannusta toimenpiteestä, joka varmasti on tehtävä vuosittain. Laskelmat muuttuvat helposti liian spekulatiivisiksi ja säästösumma kuihtuu tällöin olemattomiin.

#### TAULUKKO 5. Takaisinmaksuajat investoinnin OVH-hinnoilla

Tavarapotti OVH hinnoilla		Laskentakorkokanta		
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta pysyy samana	Enervent	21,7	25,4	31,9
	Swegon	33,2	45,7	>230 v
	Vallox	30,7	40,3	102,0
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta nousee 4 %	Enervent	20,4	23,6	28,8
	Swegon	30,9	40,8	124,5
	Vallox	28,6	36,5	62,1
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta nousee 8 %	Enervent	19,3	22,1	26,4
	Swegon	28,9	37,0	64,5
	Vallox	26,9	33,5	50,1

**TAULUKKO 6. Takaisinmaksuajat investoinnin määräalennuksin**

Tavarapotti ale (kone+as.tarv) -15 %		Laskentakorkokanta		
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta pysyy samana	Enervent	19,2	21,9	26,2
	Swegon	28,2	35,8	58,9
	Vallox	26,6	32,9	48,6
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta nousee 4 %	Enervent	18,1	20,5	24,0
	Swegon	26,4	32,7	47,9
	Vallox	24,9	30,3	41,6
		3 %	4 %	5 %
		takaisinmaksuaika [a]		
Energian hinta nousee 8 %	Enervent	17,1	19,2	22,2
	Swegon	24,8	30,1	41,2
	Vallox	23,5	28,0	36,8

Energian hinnan lähtötietona käytettiin Jyväskylän energian kaukolämpöhintaa 1.1.2013, joka oli 68,53€/MWh. Energian hinnaksi kWh tasolla saatiin siten pyöristämällä hinta tarkoitushakuisesti alakanttiin eli 0,068 €/kWh. Näin toimien säästösumma muodostuu mieluummin liian pieni kuin liian optimistinen summa. Säästösumma muodostui siten tulo energian hinta \* säästetty energia.

Investointikustannukset laskettiin luonnossuunnitelman perusteella tehdyn massoitte-  
lun mukaan, josta laskettiin pääkomponentit, LTO-laitteet, BlueSky-järjestelmän osat  
jakolaatikkoineen, erikoiskanavineen ja liitäntäosineen, perinteiset kanavisto-osat ku-  
ten kierresaumakanavat tuloilmasäleiköt, pääte-elimet ja eristeet. IV-urakasta saatiin  
suullinen kustannusarvio puhelinneuvottelun tuloksena. Urakoitsijalle toimitettiin  
luonnossuunnittelun kuvat ja puhelimesa annettiin tarkentavat tiedot. Rakennetyöt  
arvioitiin välipohjan timanttiporauksesta saadun hinta-arvion kanssa samaa suuruus-  
luokkaa oleviksi kuin IV-urakka. Näin saadut investointisummat on taulukossa 7.

**TAULUKKO 7. Investointisummat [€]**

	Enervent	Swegon	Wallox
Konepaketit	2575	3861	2703
Tarvikkeet (kaikille sama)	2232		
Työt (kaikille sama)	3555		
Kaikki yhteensä	8362	9647	8490
tarvike + kone hankintojen alennus -15 %	7641	8734	7750

### 8.2.1 LTO laskentaperusteita

Poistoilmasta talteenotettavan eli säästettävän energian määrän laskenta perustuu Ympäristöministeriön monisteeseen 122 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa vuodelta 2003. Seuraavat kaavat 15 - 21 ovat edellä mainitusta Ympäristöministeriön ohjeesta osittain muokattuna kohdissa, joissa kaavat esittävät useista LTO-laitteista koostuvaa järjestelmää. Esimerkkitapauksen laskenta noudattaa näiltä osin yksinkertaistettuja kaavoja. Vuotoilman lämpöhäviöitä ei laskettu esimerkiksihteeseen, koska tiivistämisen onnistumisen tason osoittaminen vaatii tiiveysmittauksen tekemisen ja sitä ei ole suunnitelmissa. Teoreettisella tasolla laskenta olisi voitu tehdä, mutta ajanpuutteen vuoksi osuus jätettiin pois. Näin ollen LTO-laskennassa keskityttiin poistoilmasta saataviin energiansäästöihin.

Jos lämmön talteenottoa ei ole, ulkoilman lämmittämiseen kuluva energia saadaan kaavalla 15.

$$Q_{iv} = c_p \cdot \rho_i \cdot q_{v,p} \cdot \sum(t_s - t_u) \cdot \Delta\tau \quad (15)$$

missä  $c_p$  on ilman ominaislämpökapasiteetti [J/kg·K]

$\rho_i$  on ilman tiheys [kg/m<sup>3</sup>]

$q_{v,p}$  on lämmöntalteenottovaatimusten piiriin kuuluva poistoilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

$t_s$  on sisälämpötila [°C]

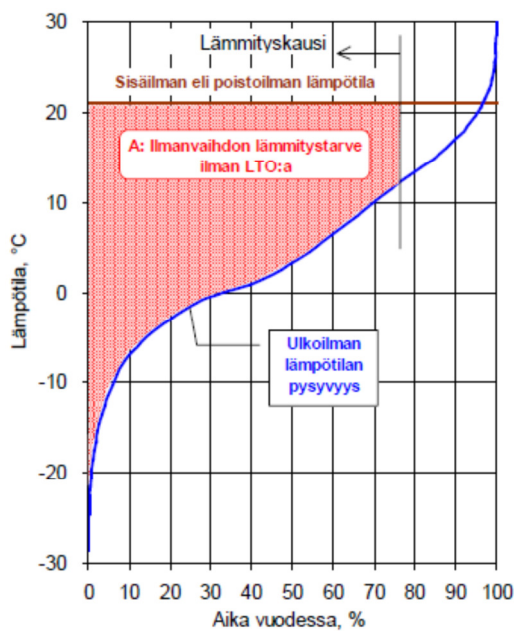
$t_u$  on ulkolämpötila [°C]

$\Delta\tau$  on aikajakso vuodesta jolloin lämpötilaero ( $t_s - t_u$ ) esiintyy [d]

Kaavan loppuosa eli lämpötilan pysyvyyskäyrän mukaan muuttuvan ulkolämpötilan ja sisälämpötilan välisiä aikaviipaleita kuvaa graafisessa esityksessä punaisella korostettu pinta-ala (A) kuvassa 19. Tätä pinta-alaa kuvaa myös lämmöntarveluku  $S_s$ , jolloin kaava voidaan esittää yksinkertaisessa muodossa kaavana 16.

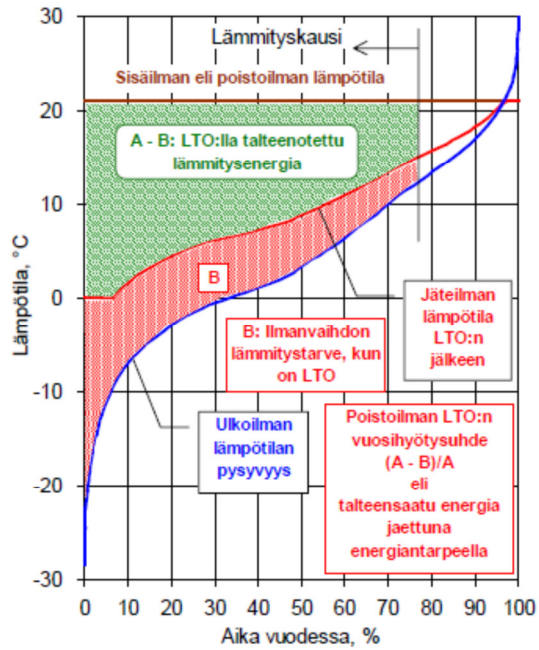
$$Q_{iv} = c_p \cdot \rho_i \cdot q_{v,p} \cdot S_s \quad (16)$$

missä  $S_s$  on sisäilman  $t_s$  ja ulkoilman  $t_u$  lämpötilojen välinen lämmöntarveluku [K-d], muut kaavan tekijät kuten kaavassa 13.



**KUVA 19. Ilmanvaihdon vuotuinen lämmöntarve ilman LTO:a. (Ympäristöministeriö 2003)**

Pinta-ala A rajoittuu lämmityskauden päättymislämpötilaan, ulkolämpötilan  $+12\text{ °C}$  esiintymislukuun. Kun kaavioon lisätään lämmön talteenoton jäteilman lämpötilan pysyvyyskäyrä, saadaan rajattua LTO:lla talteenotettua energiamäärää kuvaava pinta-ala A-B, eli kuvassa 20 vihreällä viivoitettu pinta-ala. Pinta-alaa kuvaa kaavan 14 mukaisesti nyt  $S_J$ .



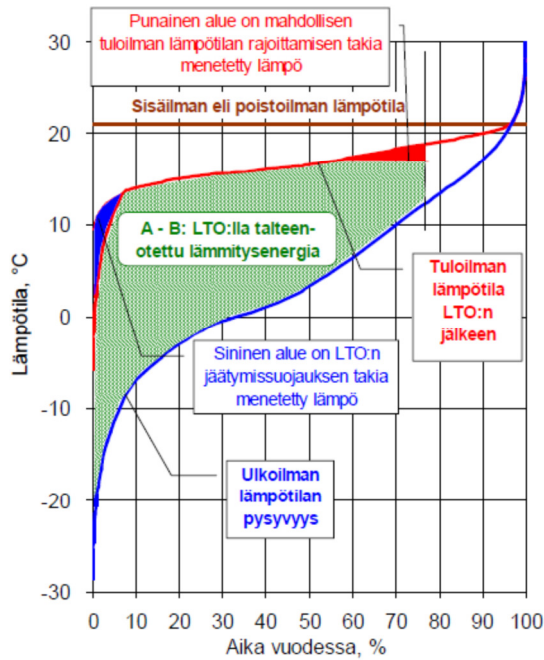
**KUVA 20. LTO:lla talteenotettu lämpöenergia. (Ympäristöministeriö 2003)**

Vihreällä viivoitettua pinta-alaa (A-B) vastaava, talteenotetun lämpöenergian määrä lasketaan kaavalla 17.

$$Q_{LTO} = c_p \cdot \rho_i \cdot q_{v,p} \cdot S_J \quad (17)$$

missä  $S_J$  on sisäilman  $t_s$  ja jäteilman  $t_j$  lämpötilojen välinen lämmöntarveluku [K·d], muut kaavan tekijät kuten kaavassa 15.

Lämpöenergian talteenoton määrä voidaan laskea myös tuloilmapuolen ilmavirroilla. Tämä tapa on yleisempi ilmastointialalla. Kun grafiikkaan vielä lisätään jäätymis-suojauksen rajoittama energian määrä ja tuloilman lämmityksen rajoitus +17 °C:ssa ja tuloilman lämpötilan pysyvyyskäyrä, talteenotettua energiamäärää kuvaa pienempi pinta-ala joka esitetään kuvassa 21. Ympäristöministeriön ohjeessa kuitenkin huomautetaan, että tuloilman lämmitystä ei ole syytä rajoittaa, mikäli rakennuksessa on edelleen lämmitystarvetta, eli katsotaan ettei sisäinen lämpökuorma pysty nostamaan sisälämpötilaa ohjeelliseen +21 °C:een.



**KUVA 21. Poistoilmanvaihdesta tuloilmaan talteenotettu vuotuinen lämpöenergia (A-B) (Ympäristöministeriö 2003)**

Tämä kuvan 21 mukainen talteenotettu vuotuinen lämpöenergia saadaan kaavalla 18.

$$Q_{LTO} = c_p \cdot \rho \cdot q_{tLTO} \cdot S_T \quad (18)$$

Yhtälössä  $S_T$  on LTO:lle sisääntulevan ulkoilman  $t_u$  ja LTO:n jälkeen lämmenneen tuloilman  $t_{LTO}$  välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella [K·d].  $q_{tLTO}$  on vastaavasti talteenoton läpi kulkeva tuloilmavirta [ $m^3/s$ ].

Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta kuvaa Ympäristöministeriön ohjeessa rakennuksen ilmanvaihdosta talteenotetun energian  $Q_{LTO}$  ja lämmöntalteenottovaatimusten piiriin kuuluvan poistoilmavirran mukana kulkevan energian  $Q_{IV}$  välinen suhde (kaava 19).

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{IV}} \quad (19)$$

Kun ilmavirtojen tiheydet ja ominaislämpökapasiteetit oletetaan tulo- ja poistoilmavirroissa yhtä suuriksi, kaava 19 voidaan esittää myös muodossa (kaava 20).

$$\eta_a = \frac{R_T \cdot S_T}{S_S} = \frac{R_P \cdot S_J}{S_S} \quad (20)$$



missä  $R_T$  on ilmanvaihtokoneen tuloilmavirran ja kaikkien lämmön talteenotto-  
vaatimusten piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen suhde

$R_P$  on poistoilmavirran ja kaikkien poistoilmavirtojen suhde

$S_T$  on tuloilman  $t_{LTO}$  ja ulkoilman  $t_u$  lämpötilojen välinen lämmöntarveluku

$S_J$  on jäteilman  $t_j$  ja ulkoilman  $t_u$  lämpötilojen välinen lämmöntarveluku

$S_S$  on sisäilman  $t_s$  ja ulkoilman  $t_u$  lämpötilojen välinen lämmöntarveluku

Laitevalmistajat käyttävät esimerkiksi standardin EN 308 mukaan mitattua varmennet-  
tua tuloilman vuosihyötysuhdetta laskelmissaan, sillä laskelmissa on mahdollisuus  
antaa rajoitettu tuloilman lämpötila.

Jos laitevalmistaja käyttäisi peruskaavaa, laskettaisiin poistoilman LTO:n vuosi-  
hyötysuhde  $\eta_a$  kertomalla yhtä suurilla ilmavirroilla määritetty tuloilman lämpötila-  
hyötysuhde 0,6:lla (kaava 21).

$$\eta_a = 0,6 \eta_t \quad (21)$$

Esimerkkinä laitevalmistajan laskentaohjelmista esitellään Enerventin ohjelman lähtö-  
tiedot. Käyttäjän on määritettävä lähtötietoina laskentaan tilakohtaisen ilmanvaihto-  
suunnitelman mukaiset tulo- ja poistoilmavirtauksien kokonaissummat. Seuraavaksi  
on valittava paikkakunta, joka on esimerkkikohteen tapauksessa Jyväskylä ja siten  
säävyöhyke III, jonka mitoituslämpötila on  $-32\text{ °C}$ . Lisäksi on valittava tulo- ja pois-  
toilman suodatustaso ja kanaviston painehäviöt, jotka vaikuttavat SFP-lukuun.

Ilmavirta-arvojen perustaksi kohteeseen laadittiin ilmanvaihtosuunnitelma mukailien  
vanhojen poistoilmaventtiilien virtaamia. Poistoilmavirran suuruudeksi saatiin  $-62\text{ l/s}$ ,  
mikä oli D2:n mukainen. Tuloilmavirraksi saatiin  $+57\text{ l/s}$ , jolloin kyseisillä virtausar-  
voilla kohteen ilmanvaihto on 9% alipaineinen eli suositusten mukainen, kun nyrkki-  
sääntönä pidetään noin 10 % alipaineisuutta. Esimerkkikohteen tilojen ilmamäärät  
esitetään liitteessä 2.

Ohjelman oletusarvoina on sisälämpötilan tavoitearvo  $18\text{ °C}$ , jäteilman rajoitus on  $-10\text{ °C}$   
 $\text{°C}$  ja poistoilman lämpötilaksi oletetaan suositeltavan sisälämpötilan arvo  $21\text{ °C}$ . Jos  
huonelämpötilat ovat suurempia, talteenotettu energiamääräkin on suurempi. Pyörivil-

lä LTO-kennoilla jäteilmän rajoitus on mahdollista jättää 0 °C:n sijaan -10 °C:een lämpötilaan, sillä ristivirtakennoille ominainen jäätymisvaara on pyörivillä LTO-kennoilla pienempi. Alhaisempi jäteilmän lämpötila merkitsee parempaa hyötysuhdetta, sillä energiaa voidaan ottaa talteen pitemmän aikaa, jolloin jäteilma ehtii jäähtyä kyseiseen lämpötilaan, jolloin tässäkin tapauksessa talteenotettu energiamääräkin on pyörivällä LTO-kennolla varustetuilla laitteilla suurempi.

Sisälämpötilan tavoitearvo voisi olla 17 °C, sillä yleisimmin käytetyn lämmitystarveluvun S17 määrittämisessä oletetaan, että lämmitys lopetetaan sisälämpötilaan 17 °C, jonka jälkeen sisäiset lämpökuormat nostavat lämpötilan 21 °C:een. Tässä tapauksessa tavoitelämpötilan jättäminen astetta alemmaksi vähentää luonnollisesti jälkilämmitystarvetta.

Jälkilämmityspatterin sähkönkulutuksen osuutta laskelmaan ei ole varmistettu, eli onko se huomioitu laskennan energiansäästösummaa vähentävänä tekijänä vai ei. Laitesähkö tulisi mittaroitavaksi huoneistomittareiden kautta, joten oletuksena sitä ei vähennetä investointien takaisinmaksuajan laskelmissa. Myöskään puhaltimien sähkönkulutusta ei oletusarvoisesti vähennetä säästösummasta, vaikka puhaltimien määrä esimerkkitilanteessa kasvaa LTO-laitteiston myötä yhdellä. Puhaltimien yhteenlasketun sähkönkulutuksen arvioidaan olevan samaa suuruusluokkaa vanhan poistoilmapuhaltimen sähkönkulutuksen kanssa, sillä uusissa puhaltimissa käytetään vähän virtaa kuluttavia tasavirtamoottoreita. Puhaltimien käyttöenergia on mennyt huoneiston sähkönkulutukseen, joten ilmanvaihdon sähkönkulutusta ei ole aiemminkaan voinut laskea todellisen kulutuksen mukaan.

### **8.3 Lisäeristäminen**

Puhallusvillan lisäyksellä saatava hyöty, esimerkiksi Isover SaintGobainin energiansäästölaskurilla (Isover 2013) tehdyn laskelman mukaan, kun yläpohjan U-arvo paranee 0,15:stä 0,09 säästää kohteen esimerkkinä olevan huoneiston lämmitysenergian kulutusta 419 kWh vuodessa. Laskelma on liitteessä 2. Samankaltainen laskenta on tehty vertailun vuoksi myös Parocin laskurilla (Paroc 2013) ja se osoittaa säästöksi jopa noin 588 kWh. Laskelmaan syötettävät lähtötiedot eivät ole täysin totuudenmukaisia, sillä yläpohjan pinta-alaa ei voi syöttää laskelmaan oikein, vaan se on hieman

liian iso, eikä olemassa oleva eristysrakennetta pystynyt valitsemaan oikein. Parocin laskelma on liitteessä 3.

Parocin internetsivuilla olevassa eristysartikkelissa ”Uskallattekko kurkistaa ullakolle” (Paroc 2013) on myös esimerkkilaskelma, joka osoittaa, että kun tehdään kaukolämpökohteessa olemassa olevan 300 mm puhallusvillakerroksen lisäeristys 200 mm puhallusvillalla, investoinnin kuoletusajaksi muodostuu 14 vuotta. Laskelmassa työ- ja materiaalikustannukset ovat n. 6 €/m<sup>2</sup>. Laskelma on tehty Jyväskylän säätiedoilla ja kaukolämmön hinnalla 0,05 €/kWh. Mukaan on laskettu kokonaishintaa pienentävä energia-avustus 1 €/m<sup>2</sup>. Energian hinta on artikkelissa hieman normaalia matalampi, energiateollisuuden laskema keskihinta oli 2012 6,3 senttiä/ kWh (Energiateollisuus 2013). Jyväskylän energian kaukolämpöhintana on tässä työssä käytetty 0,068 €/kWh.

Koska esimerkkinä olevan asunnon omaa energiankulutusta ei ollut saatavilla, tyydyttiin energiansäästö ensin laskemaan yläpohjarakenteen kautta tapahtuvien lämpöhäviöiden perusteella. Yläpohjan lämpöhäviöiden osuus lämmitysenergiasta on Kiinteistöliiton esimerkin mukaan 12 – 16 % (Virta 2011). Tällöin jos huoneiston energiankulutus suhteutetaan rakennustilavuuksien suhteessa (309 m<sup>3</sup>/2792 m<sup>3</sup>) taloyhtiön energiankulutukseen, saadaan kulutukseksi vuoden 2012 lämmitysenergielukeman 137,50 MWh (liite 4 taulukko 3) mukaan 15,22 MWh, josta 15 % on 2,28 MWh. U-arvon paraneminen olisi 33,8 %, joten säästöä tulisi tuosta parannuksesta 771,5 kWh. Säästösummaksi muodostuisi siten 0,068 €/kWh energiahinnalla noin 52 €/vuosi.

Vertailun vuoksi jos säästö lasketaan ominaislämpöhäviön ja astepäiväluvun avulla kappaleessa 7.3 esitetyllä kaavalla 13, saadaan säästöenergiamääräksi U-arvojen välisten lämpöhäviöiden erotukseksi vuoden 2012 lämmöntarveluvulla taulukossa 8 esitetyt määrät.

#### TAULUKKO 8. Lisäeristyksen säästö

Lämpöhäviö	U [W/m <sup>2</sup> K]	A [m <sup>2</sup> ]	astepäiväluku + kerroin	energiamäärä
Q <sub>vanhalla U-arvolla</sub>	0,15	58	4936 · 24 / 1000	1031 kWh
Q <sub>uudella U-arvolla</sub>	0,09	58	4936 · 24 / 1000	618 kWh
			Säästö	413 kWh

Säästö on siten todellisilla arvoilla laskettuna  $413 \text{ kWh} * 0,068 \text{ €/kWh} = 28 \text{ €}$  tai Isover laskurilla laskettuna saman 28 €. Lisäeristyksen säästönä voidaan siten pitää 28 €/vuosi. Kun lisäeristyksen työ- ja materiaalikustannukset on Parocin esimerkkilaskelmien mukaan n.  $6 \text{ €/m}^2$  ja yläpohjan pinta-ala on ulkoseiniä myöten mitattuna n.  $59 \text{ m}^2$ , eristyskustannukset tulisivat olemaan noin 350 €. Takaisinmaksuajaksi n saadaan 5 % korolla kaavalla 14 noin 20 v. Yhteenvedot taulukossa 9.

#### TAULUKKO 9. Yläpohjaeristyksen takaisinmaksuajat ilman synergiaetuja

Takaisinmaksuaika [a]			
Yläpohjan lisäeristys 350 €	Korko -%		
	3	4	5
Energian hinta ennallaan	15,8	17,6	20,0
Energian hinta nousee 4%	15,1	16,6	18,7
Energian hinta nousee 8%	14,4	15,8	17,6

Kun verrataan saatuja takaisinmaksuaikoja Parocin esimerkkilaskelman tuloksiin, valmistajan tulos poikkeaa ajaltaan optimistisempaan suuntaan, kuten mainostyyppisillä laskelmilla monesti pyrkii tapahtumaan.

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa on huomioitava myös, että kustannusarvio koskee pientalon eristyskustannuksia, joten koko taloyhtiön lisäeristyksessä saavutettaneen säästöjä synergiahyötyjen muodossa varovaisesti arvioiden hinnan laskiessa 6:sta 5:een €/m<sup>2</sup>, jolloin esimerkkikohteen eristyskustannukset olisivat n. 295 € ja takaisinmaksuaika olisi samalla kaavalla 14 laskettuna noin 15 v. Yhteenvedot taulukossa 10.

#### TAULUKKO 10. Yläpohjaeristyksen takaisinmaksuajat synergiaeduilla

Takaisinmaksuaika [a]			
Yläpohjan lisäeristys 295 €	Korko -%		
	3	4	5
Energian hinta ennallaan	12,8	13,9	15,3
Energian hinta nousee 4%	12,2	13,2	14,4
Energian hinta nousee 8%	11,7	12,6	13,7

## 9 POHDINTA

Energiatehokkuuden parantuminen taloyhtiössä tulee eittämättä aikaansaamaan monia positiivisia vaikutuksia. Ne voidaan jakaa taloudellisiin ja fyysisiin tekijöihin. Onnistunut energiaremontti jopa pienentää vastiketta ja nostaa asuntojen arvoa, sillä jos ostajalla on valittavanaan energiaa kuluttava tai energiaremontin läpikäynyt muutoin samankaltainen kohde, on selvää, että energiataloudellinen kohde vie voiton. Taloudellinen voiton maksimointi ei saa olla kuitenkaan se tärkein moottori. Jos asunnot olisivat hankittu vain myyntivoitto mielessä, uskoisin energiaremontin toteutuneen jo aiemmin.

Tärkeimmät tekijät ovat luonnollisesti henkilökohtaisesti vaikuttavia eli fyysisiä tekijöitä, joista voi mainita sisäilmaston paranemisen. Vedon aistiminen talvisaikaan poistuu toimivan ilmanvaihdon ansiosta. Sisäilman puhtaus myös paranee parempien suodattimien myötä, kunhan huoltosuosituksista pidetään kiinni. Tämä korostuu keväisin siitepölyaikaan allergikoilla parantuneena asumisviihtyvyytenä. Peruslämmön madaltaminen parantaa unen laatua.

Laskelmien perusteella suositeltavimmat toimenpiteet ovat lämmitysverkoston perussäätö ja yläpohjan eristys. Kumpikin edustaa toimenpiteitä, mitkä eivät vaadi suuria investointeja, joten ehdotetut parannukset saanevat hyväksynnän. Perussäätö maksaa itsensä alle vuodessa eli se on kustannustehokas keino. On kuitenkin huomattava, että toimenpide voidaan joutua uusimaan myöhemmin.

Lisäeristys ei samalla tavalla vanhene, kuin laitteistot, joten sille ei tarvitse määritellä käyttöaikaa. Todellinen säästö alkaa 15 v toteutuksen jälkeen, kun investointi on maksanut itsensä, jos esimerkkikohteen investointihinta saadaan synergiaetujen avulla laskemaan. Energian hinnan kohoaminen 8 % laskee takaisinmaksuaikaa yksittäishinnoittelulla saatua aikaa 20 vuodesta 17,6 vuoteen ja koko taloyhtiön laajuusena 15,3 vuodesta 13,7 vuoteen.

Kolmas vaihtoehto energiatehokkuuden parantamiseksi, eli LTO-laitteiston asennus, jäänee saneeraustoimenpiteitä aiheuttavana ja investoinnin pääomaa vaativana todennäköisimmin odottamaan tulevaisuutta. Laitteistovalinnan mukaan Enerventin LTO-laitteisto eniten säästävänä on noin 17 vuoden takaisinmaksuajan perusteella paras

vaihtoehto. Seuraaviin vaihtoehtoihin on selkeä noin 6 vuoden takaisinmaksuajan ero. Huonona puolena Enerventin laitteistolla on asennuspaikka ullakolle. Jos huoltoneuvoja noudatetaan, eli suodattimet puhdistetaan puolivuositain ja vaihdetaan kerran vuodessa, ullakolle on noustava keväisin ja syksyisin. Harkinnan arvoista olisi tutkia mahdollisuutta huoltoluukun rakentamiseen keittiön nurkkauksen yläpuolelle, jolloin huoltotoimiin voitaisiin ryhtyä lämpimän tilan puolelta. Tämä vaihtoehto huoltoluukun rakentamiseen syntyi lopputyön kirjoittamisen viimeisessä vaiheessa, eikä näin ollen ehtinyt investointikustannusten kartoitukseen.

Jos asukkaat painottavat enemmän sisätilojen kautta tapahtuvaa huoltoa ja asukkailta löytyy halukkuutta ja taitoa tehdä valmistelevia töitä ja viimeistelyä itse, on suhteellisen suuren osuuden muodostavaa työkustannuksien määrää helppo pienentää. Myös tarvikkeisuus tulee varmasti pienenemään koko taloyhtiötä koskevan hankinnan yhteydessä, joten sisälle asennettavat LTO-laitteetkin noussevat kannattavuuden piiriin. Täytyy kyllä huomata, että paras vaihtoehtokin tulee entistä paremmaksi.

Kun katsotaan investoinnin kokonaiskustannuksia, rivitaloyhtiön etuna pientalotyömaahan verrattuna on työn laajuus. Jos tarkastellaan pientalon LTO-laitteiston asennusta, kokonaiskustannukset ovat suurin piirtein samanlaiset verrattuna esimerkkihankintaan, joka koostuu yhdestä paritalon puolikkaasta, eli ollaan kannattavuuden rajoilla. Suurimmat synergiaedut tulevat siten olemaan suuressa määrin tavaramäärän paljousalennuksissa ja työkustannuksien pienenemisessä, sillä asennusväen on mahdollista jättää työkaluja ja tarvikkeita työkohteeseen, eikä työmaata tarvitse aina perustaa uudelleen. Urakoitsijat mieluummin ottavat pitempiä työmaita kuin pieniä pätkiä ja se näkyy taloyhtiölle päin kilpailukykyisenä urakkahinnoitteluna.

## LÄHTEET

EkoValo 2013 www-sivut.

<http://www.lightinglab.fi/ekovalo/News/lamppuopas.pdf>. Ei päivitystietoa

Energiakatsastus 2013. Energiatehokkuuspalvelut. Www-sivut.

<http://www.energiakatsastus.fi/palvelut/energiatehokkuuspalvelut/> Päivitetty 28.11.2013.

Energiateollisuus, 2013 www-sivut

<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/energiansaastotietoa/saastovinkkejakaukolampotalouksiin> Päivitetty 12.9.2013

[http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/energia-ja-ymparisto/pehmeat\\_energiatehokkuustoimet\\_2012\\_07\\_11\\_fi.pptx](http://energia.fi/sites/default/files/dokumentit/energia-ja-ymparisto/pehmeat_energiatehokkuustoimet_2012_07_11_fi.pptx) Päivitetty 8.9.2013

[http://energia.fi/sites/default/files/kl\\_kalvopakettitilastot\\_2012.ppt](http://energia.fi/sites/default/files/kl_kalvopakettitilastot_2012.ppt) Ei päivitystietoa  
www-sivut <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-hinta> Päivitetty 8.9.2013

Etelä-Suomen Prosessisysteemi Oy, www-sivut

<http://www.prssystem.fi/astepaivaluku-ja-lammitystarveluku/>. Päivitetty 4.12.2013

<http://www.prssystem.fi/energiatehokkuus-mita-se-on/>. Päivitetty 4.12.2013

Evira 2013, www-sivut <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa+elintarvikkeista/kasittely+ja+sailyttaminen/lampotila/> Luettu 30.11.2013 Päivitetty 30.11.2013

Insulation org, 2013 www-sivut

[http://www.insulation.org/articles/image.cfm?photoID=IO071202\\_01&ext=jpg&fig=1](http://www.insulation.org/articles/image.cfm?photoID=IO071202_01&ext=jpg&fig=1)  
Luettu 1.11.2013 Päivitetty 30.11.2013

Isover 2013 Isover Saint-Gobain www-sivut <http://www.isover.fi/energielaskuri>  
Päivitetty 6.11.2013

Jaakkola, Heikki. Kiinteistölehti verkkoversio <http://www.kiinteistolehti.fi/lehti/lehti/painovoimaisen-ilmanvaihdon-paluu>. Päivitetty 1.7.2013

Jyväskylän kaupunki 2012. Ilmakuva. Karttapalvelun www-sivut.

<http://kartta.jkl.fi/ims>. Julkaistu 12.5.2012. Luettu 27.11.2013.

Kiinteistöliitto, 2013 www-sivut <http://www.kiinteistoyhdistysoulu.fi/sivut/wp-content/uploads/jari-virta-313-2011.pdf>. Ei päivitystietoa

Motiva 2013, www-sivut [http://www.motiva.fi/files/7168/Kotitalouksien\\_sahkonkaytto\\_2011\\_raportti.pdf](http://www.motiva.fi/files/7168/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf). Ei päivitystietoa

Motiva 2013, www-sivut. [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston\\_perussaato](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston_perussaato). Päivitetty 4.12.2013

Motiva 2013, www-sivut. [www.motiva.fi/Etusivu](http://www.motiva.fi/Etusivu) > Julkinen sektori > Energiankäytön tehostaminen > Kiinteistöjen energianhallinta > Kulutuksen normitus > Laskukaa-  
vat: Lämmin käyttövesi. Päivitetty 4.6.2013

Niemelä, Asp, Sydrow 2012. Tampereen Teknillinen Yliopisto Tietoliikennetekniikan  
laitos. [http://www.isover.fi/Download/27074/niemela\\_radiosignaalin\\_vaimennusmittauksia.pdf](http://www.isover.fi/Download/27074/niemela_radiosignaalin_vaimennusmittauksia.pdf). Luettu 4.11.2013 Ei päivitystietoa

Nieminen, Jyri 1988 VTT Tutkimus, Yläpohjarakenteiden lisäeristäminen ja kuivatus  
Luettu 1.11.2013

Omakoti –lehti 2013. Pieni suuri puhallus 29.3.2013 www-sivut

<http://www.omakotilehdet.fi/lehti.php?sub=artikkeli&jid=148>. Päivitetty 4.12.2013

Omataloyhtiö 2013 www-sivut [http://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/10395/ilmanvaihdon\\_modernisointi\\_vallox.htm](http://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/10395/ilmanvaihdon_modernisointi_vallox.htm) Päivitetty 4.12.2013

Palokan LVI-palvelu puhelinurakkaneuvottelu 24.10.2013

Paroc, 2013 www-sivut <http://www.paroc.fi/knowhow/energiatehokkuus/rakennusten-suunnittelu/talotekniikka>. Päivitetty 4.12.2013

- Paroc, 2013 www-sivut [http://www.anpe.fi/Download/21737/uskallatko\\_ullakolle.ppt](http://www.anpe.fi/Download/21737/uskallatko_ullakolle.ppt)  
Luettu 1.9.2013 Ei päivytystietoa
- Paroc 2013, www-sivut [http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI\\_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html](http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html). Päivitetty 8.1.2013
- Reinikainen Kari Diplomityö 1997 Hallirakennusten vaipparakenteiden ja toteutuksen vaikutus energiankulutukseen.
- Saaranen, Koltola, Pösö Liike-elämän matematiikka. Edita 2010 Luettu 5.10.2013
- Seppänen Olli, 2008 Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto Luettu 14.8.2013
- Seppänen Olli, 2007 Rakennusten sisäilmasto ja lvi-tekniikka. Luettu 14.8.2013
- Suomen Rakennusmääräyskokoelma B3 Pohjarakenteet 2004 Luettu 9.9.2013
- Suomen Rakennusmääräyskokoelma D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto Luettu 2.7.2013
- Suomen Rakennusmääräyskokoelma D5 Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehon laskenta Luettu 15.8.2013
- THL, 2013 Terveyden ja hyvinvoinnin laitos [http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/vesi/legionellat/ymparistotekijat\\_ja\\_torjuntamahdollisuudet](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/vesi/legionellat/ymparistotekijat_ja_torjuntamahdollisuudet) Luettu 18.8.2013 Päivitetty 4.12.2013
- Tilastokeskus 2013 www-sivut [http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut\\_tiedotteet/2012/tilastokeskus\\_asumisen\\_energiankulutuksesta\\_yli\\_80\\_prosenttia\\_kului\\_lammitykseen\\_vuosina\\_2008-2011.5260.news](http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut_tiedotteet/2012/tilastokeskus_asumisen_energiankulutuksesta_yli_80_prosenttia_kului_lammitykseen_vuosina_2008-2011.5260.news) Päivitetty 4.12.2013 Luettu 8.8.2013
- Tilastokeskus 2013 www-sivut. [https://www.tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/02/ehi\\_2013\\_02\\_2013-09-18\\_tau\\_003\\_fi.html](https://www.tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/02/ehi_2013_02_2013-09-18_tau_003_fi.html). Päivitetty 18.9.2013 Luettu 29.9.2013
- Vattenfall Energianeuvonta 2013 www-sivut <http://www.vattenfall.fi/fi/kodinelektronikka.htm> Päivitetty 4.12.2013
- Ympäristöministeriön moniste 122. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa 2003. Luettu 15.9.2013
- Ympäristöministeriö 2011. Tasauslaskentaopas 2012. Luettu 1.8.2013
- Virta Jari Kiinteistöliitto 2011 www-sivut <http://www.kiinteistoyhdistysoulu.fi/sivut/wp-content/uploads/jari-virta-313-2011.pdf>. Ei päivytystietoa.



**LIITE 1.**  
**Ikkunatiedot**

As. Oy Säynätsalon Poronselkä  
Kaksikerroksisen paritalon ikkunatiedot

Ikkunoiden mitat alakerta

Huonetila	Leveys [mm]	Korkeus [mm]
Makuuhuone 1	800	1200
Makuuhuone 2	1100	1200
Makuuhuone 2 tuuletusikkuna	500	1200

Ikkunoiden mitat yläkerta

Huonetila	Leveys [mm]	Korkeus [mm]
Makuuhuone 3	1050	1200
Makuuhuone 3 tuuletusikkuna	500	1200
Olohuone	1700	1600
Keittiö	1700	1200

K-arvo 1,51 W/m<sup>2</sup>·C

## Ilmavirtaluettelo C1

Ilmavirtaluettelo	20.10.2013	klo	8:07																													
Kohde nimi :	C1														PH	-3/m2	(yht.tilat)				OKTPH 12(15)											
Kohteen osoite:	Säynätsalo														LH	-2/m2					KHH suus -12 jotta 30% tehos-											
Työn numero :															wc	-7/M2					tus olisi -15dm3											
<b>1. KERROS</b>	-----																															
1 :MH(vier)	10,0 l/s				TK1	1:Tuloilma				1 :MH1	16,0 l/s										TK1	1:Tuloilma										
2 :MH2	10,0 l/s				TK1	1:Tuloilma				2 :OH	15,0 l/s											TK1	1:Tuloilma									
3 :MH3	l/s				TK1	1:Tuloilma				3 :MH3	l/s											TK1	1:Tuloilma									
4 :TKH	l/s				TK1	1:Tuloilma				4 :KÄYTÄVÄ	l/s											TK1	1:Tuloilma									
5 :LÖLYLH					PK1	2:Poistoilma				5 :LÖLYLH												PK1	2:Poistoilma									
6 :LÖLYLH	6,0 l/s				PK1	1:Tuloilma				6 :LÖLYLH												PK2	2:Poistoilma									
7 :PESUH					TK1	2:Poistoilma				7 :LÖLYLH	l/s											TK1	1:Tuloilma									
8 :KHH					PK1	2:Poistoilma				8 :WC												PK1	2:Poistoilma									
9 :WC					PK1	2:Poistoilma				9 :WC												PK1	2:Poistoilma									
10 :VH					PK1	2:Poistoilma				10 :KHH												PK1	2:Poistoilma									
11 :OH	l/s				PK1	1:Tuloilma				11 :KEITTIÖ												PK1	2:Poistoilma									
12 :OH	l/s				TK1	1:Tuloilma				12 :AULA	l/s											TK1	1:Tuloilma									
13 :RUOK	l/s				TK1	1:Tuloilma				13 :ET												TK1	2:Poistoilma									
14 :TEKN	l/s				PK1	1:Tuloilma				14 :VH												PK1	2:Poistoilma									
15 :TEKN					TK1	2:Poistoilma				15 :TEKN	l/s											TK1	1:Tuloilma									
16 :KUISTI					PK1	2:Poistoilma				16 :TK	l/s											PK1	2:Poistoilma									
-----																																
Tuloilma yhteensä	26,0 l/s																															
Poistoilma yhteensä																																
										Tuloilma yht. :	31,0 l/s																					
										Poistoilma yhteensä :																						
										Poistoilma yhteensä :																						
										PK1 poistoilma yhteensä :	-62,0 l/s tai	-223,2 m3/h																				
										TK1 tuloilma yhteensä :	57,0 l/s tai	205,2 m3/h																				
										Ero	-9 %																					
										Tehostus 30%	PK1	-81 l/s tai	-290 m3/h																			
										TK1	74 l/s tai	267 m3/h																				

Lähde: [www.isover.fi/energiälaskuri](http://www.isover.fi/energiälaskuri)Laske säästösi osoitteessa <http://www.isover.fi/energiälaskuri>

## Energiansäästölaskuri

1. Valitse eristettävät rakenteet

2. Valitse ISOVER tuotteet  
lisäeristykseen

3. Katso säästösi!

### Yhteenveto energian säästöistä ISOVER tuotteilla

#### Yläpohjan eristäminen (59m<sup>2</sup>)

##### Vanha yläpohja

Ristikoyläpohja  
300mm, Puhallusvilla

##### Uusi yläpohja

Puhallusvillan lisäys: ISOVER Puhallusvilla 200mm

Rakenteen vanha u-arvo: 0,15

Rakenteen uusi u-arvo: **0,09**

#### Säävyöhyke



Jyväskylä

#### Energian hinta

0,068 Hinta (€ / kWh)

1 kWh vastaa noin 0,09 l kevyttä polttoöljyä.  
1 kWh vastaa noin 0,21 kg pellettä.

#### Säästösi

##### Seinät

Rakenteen vanha u-arvo:  
0,00Rakenteen uusi u-arvo:  
**0,00**

##### Yläpohja

Rakenteen vanha u-arvo:  
0,15Rakenteen uusi u-arvo:  
**0,09**

##### Kokonaissäästö:

**28 € / vuosi****419 kWh / vuosi**

Laskuri laskee säästöt U-arvojen erotuksen ja paikkakuntakohtaisen astepäiväluvun perusteella.

Säästöt ovat ainostaan suuntaa antavia, koska laskentatapa ei ota huomioon muiden tekijöiden vaikutusta kokonaisuuteen (esimerkiksi ikkunat, ilmanvaihto, tiivys, lämpökuormat, jne.).

Todelliset säästöt vaihtelevat kohteen ja vuoden sääolosuhteiden mukaan. Näistä syistä johtuen ISOVER ei voi ottaa vastuuta todellisista kustannussäästöistä verrattuna laskurin esittämiin säästöihin.

Kokonaissäästö: **28 € / vuosi** **419 kWh / vuosi**

##### Säästö seinärakenteen eristyksestä

0 € / vuosi

##### Säästö yläpohjan eristyksestä

28 € / vuosi

## Yläpohjan eristyslaskelmat

Lähde: [http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI\\_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html](http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/Lisaeristyslaskuri/lisaeristyslaskuri.html)

- 1 ✓ Rakenneosa
- 2 ✓ Nykyinen rakennetyyppi
- 3 ✓ Maantieteellinen sijainti
- 4 ✓ Lisäeristyksen paksuus
- 5 ✓ Lämmitysenergian hinta
- 6 ✓ Lisäeristettävän rakenneosan pinta-ala

### Syötä lisäeristettävän rakenneosan pinta-ala.

Syötä lisäeristettävän yläpohjan pinta-ala.

Pinta-ala (m<sup>2</sup>):

60



Voit muuttaa tekemiäsi valintoja klikkaamalla otsikkopalkkia.

#### Kooste

Rakenneosa: Yläpohja  
 Lämmönläpäisykerroin: 0.15 U  
 Lämmönkulutuskerroin: 151  
 Lisäeristyspaksuus: 200 mm  
 Lämmitysenergian hinta: 0.068 € / kWh  
 Rakenneosan pinta-ala: 60 m<sup>2</sup>

#### Säästösi energiakuluissa

Säästö / vuosi: 0.66 € / m<sup>2</sup>  
 U-arvo: 0.09 U  
 Kokonaissäästö / vuosi: 40 €

Tarkemmat ohjeet lisäeristyksen toteuttamiseen:

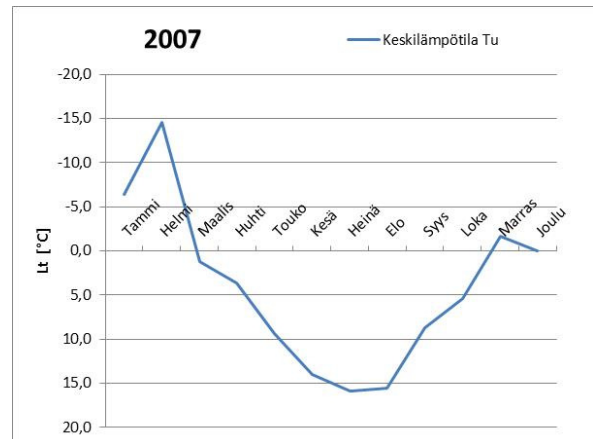
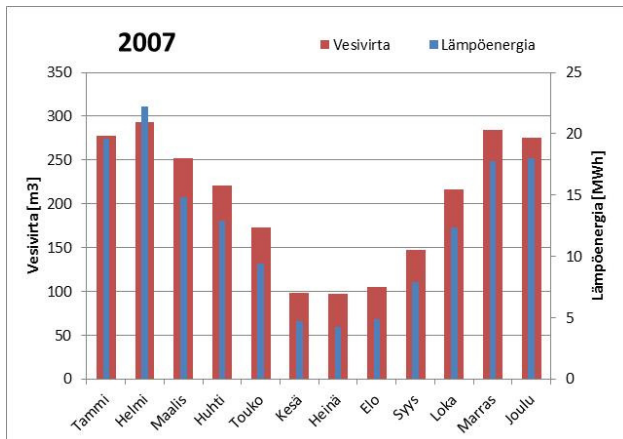
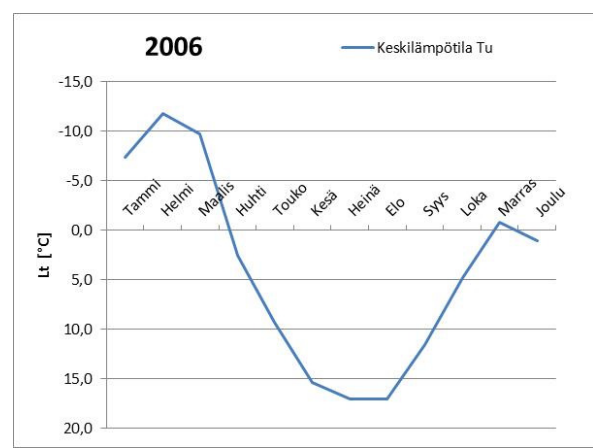
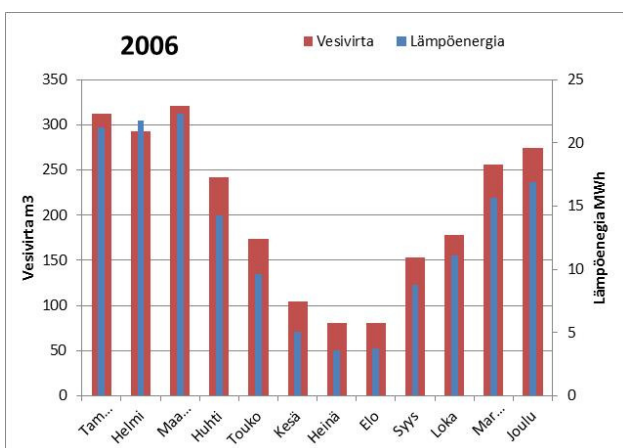
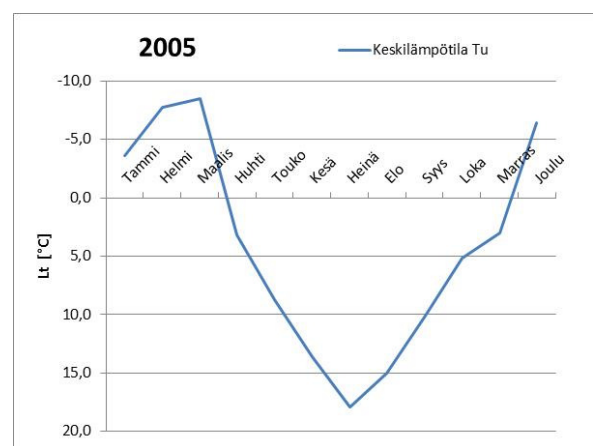
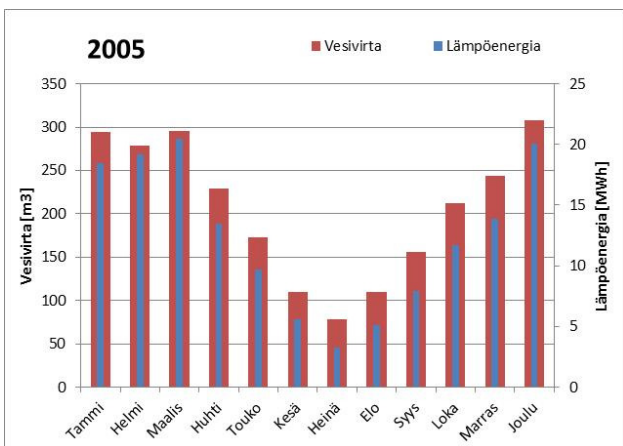
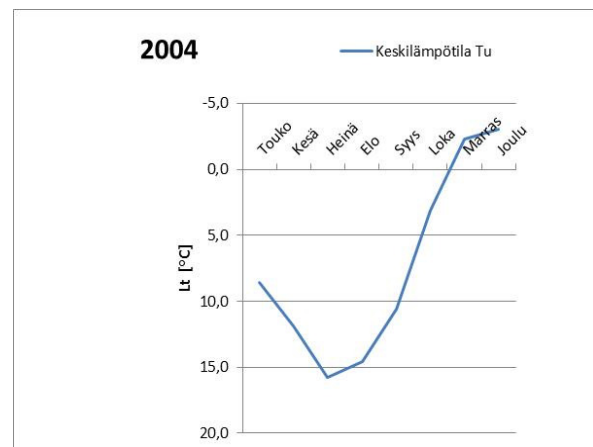
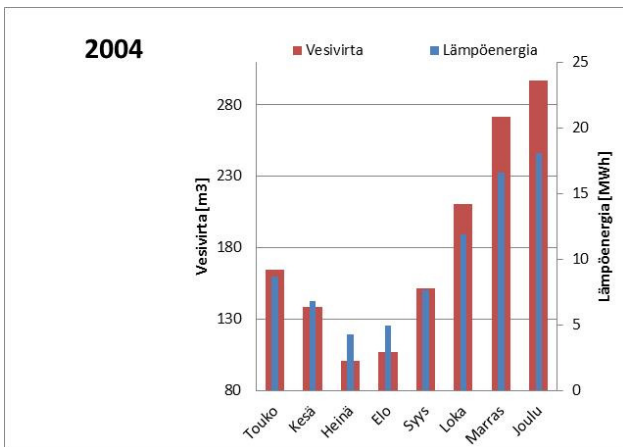
- » [Pientalon lisäeristysopas](#)
- » [Yläpohjan lisäeristäminen](#)
- » [Jälleenmyyjät](#)



Parasta säästöä on energia, jota ei käytetä!

1. Rakenneosa: Yläpohja
2. Nykyinen rakennetyyppi: Mineraalivilla U=0,15
3. Maantieteellinen sijainti: Säävyöhyke 3
4. Lisäeristyksen paksuus: 200 mm
5. Lämmitysenergian hinta: 0,068€/kWh

Lämpöenergian kulutustietoja



## Lämpöenergian kulutustietoja

TAULUKKO 1. Kaukolämmön kulutustietoja 2013

	Luenta pvm	Lämpö- määrä	Kulutus [MWh]	Vesi-määrä	Kulutus [m <sup>3</sup> ]
Tammi	31.1.	2040,003	21	32695,48	256
Helmi	28.2.	2057,510	18	32924,21	229
Maalis	31.3.	2079,034	22	33178,18	254
Huhti	30.4.	2093,490	14	33373,01	195
Touko	31.5.	2100,979	7	33490,79	118
Kesä	30.6.	2104,896	4	33563,48	73
Heinä	31.7.	2108,938	4	33638,54	75
Elo	31.8.	2113,083	4	33742,87	104
Syys	30.9.				
Loka	31.10.				
Marras	30.11.				
Joulu	31.12.				

TAULUKKO 2. Kaukolämmön kulutustietoja 2012

	Luenta pvm	Lämpö- määrä	Kulutus [MWh]	Vesi-määrä	Kulutus [m <sup>3</sup> ]
Tammi	31.1.	1879,391	22	30568,72	267
Helmi	29.2.	1900,953	22	30823,55	255
Maalis	31.3.	1917,991	17	31038,18	215
Huhti	30.4.	1932,872	15	31228,00	190
Touko	31.5.	1941,987	9	31371,06	143
Kesä	30.6.	1948,099	6	31469,60	99
Heinä	31.7.	1951,896	4	31543,66	74
Elo	31.8.	1957,070	5	31631,84	88
Syys	30.9.	1965,683	9	31759,70	128
Loka	31.10.	1979,043	13	31948,97	189
Marras	30.11.	1994,316	15	32156,36	207
Joulu	31.12.	2018,560	24	32439,46	283

yht: 161 MWh

TAULUKKO 3. Lämmitysenergian kulutus

Vuosi	KL kokonais energian	KV kylmä	LV osuus	QLKV	Lämmitys
	kulutus [MWh]	kulutus [m <sup>3</sup> ]	40% [m <sup>3</sup> ]	[MWh]	energia [MWh]
2005	148,67	1073	429	24,98	123,69
2006	154,08	1163	465	27,07	127,01
2007	148,79	1016	406	23,65	125,14
2008	142,74	1067	427	24,84	117,91
2009	153,47	1009	404	23,49	129,98
2010	150,44	922	369	21,46	128,98
2011	-	952	381	22,16	-
2012	160,94	1007	403	23,44	137,50

## Enervent LTR3 tekninen laskenta

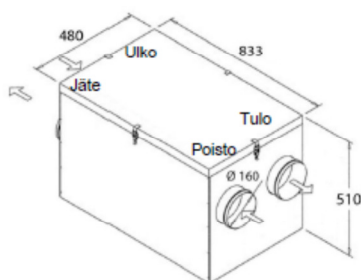


Saves Your Energy

## Energy Optimizer

Sivu 1  
24.10.2013Kohde: As.Oy S.salon Poronselkä  
Käsittelijä: VHu

## LTR-3 eco ECE



Laitetiedot: LTR-3 eco ECE	
Kanavälähdöt	Ø 160 mm
Leveys	833 mm
Korkeus	510 mm
Syvyys	480 mm
Paino	52 kg
Puhaltimen teho	119 W
Pyörivä lämmönsiirrin	
Sähköpatterin teho	500 W
Ei jäähdystystä	
Asennus kylmään tilaan mahdollinen (vaatii lisäeristyksen)	
Tuotenumero	P02 012 0002
LVI-numero	7935537
Sähkö tiedot: 230 V/50 Hz, 1-vaihe, sulake 10 A nopea	

Äänet:										
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB	dB(A)
Tila	59	51	53	44	37	32	29	25	60,4	47,1
Tila: 10 m2 absorptio LpA:	43,1									
Tulo	87	80	72	27	64	62	56	50	88,1	70,4
Poisto	69	71	59	54	52	42	34	26	73,0	58,4
Ulko	68	72	61	55	53	43	36	28	73,8	59,7
Jäte	86	78	71	67	63	60	53	47	86,8	70,1

Mitoitusarvot:	Tulo	Poisto
Ilmavirta:	57 l/s	62 l/s
Kanavapaine:	120 Pa	120 Pa
Suodatustaso:	F7	F5

Tulokset:	Tulo:	Poisto:
<i>Mitoituspisteessä:</i>		
Puhallinnopeus:	76 %	70 %
Ilmavirta:	57 l/s	62 l/s
Kanavapaine:	120 Pa	120 Pa
Ottoteho:	49 W	44 W
<b>SFP:</b>	<b>1,50 kW/(m3/s)</b>	

<i>Huipputeho:</i>		
Ilmavirta:	75 l/s	86 l/s
Kanavapaine:	206 Pa	233 Pa
Tehostusvara:	31 %	39 %

Pyörivä lämmönsiirrin:	
Hyötysuhde mitoituspisteessä:	82,2 %
Tuloilma jälkeen LTO:n:	11,5 °C
Jälkilämmitystarve mitoituspisteessä:	449 W

Patterit:	
Lämmityspatteri: 500 W Sähkö Ø125mm sisäinen	
Otsapintanopeus:	4,64 m/s

Vuosilaskenta: Jyväskylä, Suomi	
Poistoilmasta talteenotettu lämpöenergia:	8790 kWh
Vuotuinen jälkilämmitystarve:	583 kWh
Tuloilman tavoitelämpötila:	18 °C
Lämpökerroin:	1 kWh sähköä = 9,6 kWh lämpöä
<b>Vuosihyötysuhde: Moniste 122:n mukaisesti</b>	<b>75,3 %</b>

Yllä mainitut arvot koskevat ilmanvaihtolaitetta, ei ilmanvaihtojärjestelmää.

## Vallox 90K MC vuosihyötysuhteen laskenta

## Ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen laskenta:

Ominaislämpöhäviöiden laskemiseksi laajennettua tasauslaskentaa käyttäen  
(Ympäristöoppaan 106 lämpöhäviöiden tasauslaskelma)

Tämä on Vallox ilmanvaihtokoneiden poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdelaskurin tulosraportti.  
Vuosihyötysuhteen laskenta perustuu ympäristöministeriön monisteen 122 mukaiseen ohjeistukseen.

## Kohdetiedot:

Rakentaja:	Säynätsalon Poronselkä
Osoite:	Jurikantie 3
Postinumero ja postitoimipaikka:	40900 Säynätsalo
Laskelman tekijä:	VHu

## Laskentatiedot:

Paikkakunta, jonka lämpötilakertymäfunktiota käytetään:	Helsinki
Ilmanvaihtokone:	Vallox 90MC/SE
Poistoilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm <sup>3</sup> /s:	62,0 dm <sup>3</sup> /s
Tuloilmavirta ilmanvaihtokoneen kautta dm <sup>3</sup> /s:	57,0 dm <sup>3</sup> /s
Muu poistoilmavirta dm <sup>3</sup> /s (esim. erillinen poisto):	25,0 dm <sup>3</sup> /s
Muun poistoilmavirran käyttöaika h/d (tuntia/vuorokausi):	2,0 h/d
Sisäilman lämpötila C-asteina:	21 °C
Jäätymisenestön toiminta lämpötila:	1 °C
Tuloilman max lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen:	21 °C

## Tulokset:

Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde:	69,3 %
<b>Koko tilan ilmanvaihdon vuosihyötysuhde:</b>	<b>67,0 %</b>
Koko ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilman lämmöntalteenottoa:	10230 kWh/vuosi
Maapiiristä saadun ilmaisenergian määrä:	0 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä ilmaisenergia huomioituna:	10230 kWh/vuosi
Ilmanvaihtokoneella saavutettu energiansäästö:	6855 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon kokonaisenergiakulutus (sisältää myös mahd. muut poistot):	3375 kWh/vuosi
Ilmanvaihdon kokonaisvuosihyötysuhde, kun ilmaisenergia on huomioitu:	67,0 %

## Lähteet:

Ympäristöministeriön moniste 122, <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9298&lan=FI>  
Energiälaskennan säätiö - suomalainen testivuosi, Bengt Tammelin, Eero Erkiö, ISSN 0782-6079



## Swegon R85 vuosihyötysuhdelaskenta

**Huoneiston ilmanvaihdon vuosihyötysuhdelaskelma n<sub>a</sub>**

Nimi As. Oy Säynätsalon Poronselkä  
Osoite Jurikantie 3

Puhelin

Laskelman tekijä VHu

**kWh-VENT 10h**

Sivu 1 (2)

**Kohde tekniset tiedot:**

Huoneiston pinta-ala	100,0 m <sup>2</sup>
Huoneiston tilavuus	235,0 m <sup>3</sup>
Huoneiston k-a kattokorkeus	2,4 m
Säävyöhyke:	(III) Jyväskylä 1979
Mitoituslämpötila:	-32,0 c
Lämmitysraja (ulkoilma)	12,0 c

**Ilmavirrat ja lämpötilarajaukset**

Ilmanvaihtokone	ILTO R80-Premium EC
Poistoilmavirta	62,0 l/s
Tuloilmavirta	57,0 l/s
Sisälämpötila	21,0 c
Tuloilman maksimi lämpötilarajoitus (kesäohitus)	21,0 c
Jäteilman minimi lämpötilarajoitus (jäätymisenesto)	-5,2 c
LTO:n ohi tulevan erillispoiston ilmavirta	25,0 l/s
Erillispoiston käyttöaika vuorokaudessa	2,0 h/d

**Lämmitysenergia ja hyötysuhde**

Ilmanvaihdon lämmitysenergiatarve (koneen läpi)	11000,1 kWh
LTO:n ohittava erillispoiston lämmitysenergiatarve	369,6 kWh
Kokonais lämmitysenergiatarve ilman LTO:ta	11369,8 kWh
Lämmöntalteenoton energiasäästö	7572,9 kWh
Ilmanvaihdon lämmitysenergian tot.tarve LTO:lla	3796,9 kWh
Ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde n <sub>a</sub>	68,8 %
Huoneiston vuosihyötysuhde n <sub>a</sub> (sis. erillispoisto)	66,6 %

**Swegon ILTO**

EN308:1997 ja Ympäristöministeriön monisteen 122 mukaisesti.

Emme vastaa ohjelman mahdollisista virheistä ja niiden aiheuttamista välittömistä ja välillisistä virheistä