

Jani Kokkila

## **OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN**

# **OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN**

Jani Kokkila  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä(t): Jani Kokkila

Opinnäytetyön nimi: Omakotitalon energiatehokkuuden parantaminen

Työn ohjaaja(t): Rauno Holopainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 43 + 2 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää parannusvaihtoehtoja omakotitalon energiantehokkuuteen ja täten pienentää rakennuksen energiakustannuksia mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena on kehittää kolme erilaista vaihtoehtoa Raahessa sijaitsevaan suureen omakotitaloon. Parannusvaihtoehtojen tulee olla helppokäyttöisiä, yksinkertaisia ja luotettavia, ja niiden takaisinmaksuaika tulee olla kohtuullinen. Aihe on hyvin ajankohtainen rakennusten energiantehokkuuden vaatimusten kasvaessa kiihtyvällä vauhdilla.

Työssä esiteltiin erilaisia ratkaisuja, joilla saadaan pienennettyä rakennuksen energiankulutusta. Parannusvaihtoehdot, joita on esitelty tässä työssä, perustuvat aiheeseen liittyviin julkaisuihin ja tutkimuksiin.

Suunniteltaessa energiatehokkaita parannusvaihtoehtoja omakotitaloon, lähtötietoina käytettiin edellisten vuosien energiakulutustietoja sekä mittauksia, joita suoritettiin työn aikana. Mittaukset olivat lämpökamerakuvaus, vesikalusteiden vesivirtaama, ilmanvaihdon mittaus sekä huoneilman laadun mittaus. Mittaus tulosten perusteella esitettiin parannusvaihtoehdot A, B ja C energiantehokkuuden parantamiseen. Vaihtoehto A käsittää uuden ilmanvaihtokoneen hankkimisen vanhan tilalle. Vaihtoehdolla B pyritään saamaan säästöjä älylämmityksen avulla, jolloin huoneiden lämpötilaan voidaan vaikuttaa tuntikohtaisesti asukkaiden kotona olon mukaan. Vaihtoehto C olisi patteriverkoston tasapainotus.

Jokainen parannusvaihtoehto on hyödyllinen ja vähentää talon energiankulutusta. Rakennukseen tullaan tekemään uudistuksia, joten tämä opinnäytetyö toimii alustuksena mahdollisille parannusvaihtoehdoille.

---

Asiasanat: energiatehokkuus, energiankulutus, omakotitalo

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUS	6
2.1 Energiasopimukset	6
2.2 Energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet korjausrakentamisessa	7
2.2.1 Käyttötottumusten muuttaminen	7
2.2.2 Ilmanvaihto	11
2.2.3 Vedensäästö	15
2.2.4 Lämmitysverkoston perussäätö	16
2.2.5 Aurinkolämpö	18
2.2.6 Ikkunoiden ja ovien vaihto energiatehokkaampiin	20
2.2.7 Ilmanpitävyyden parantaminen	22
2.2.8 Rakennuksen vaipan lisäeristäminen	23
3 KOHTEEN MITTAUKSET	25
3.1 Lämpökamerakuvaus	28
3.2 Ilmavirtojen mittaus	29
3.3 Vesikalusteiden vesivirtaamat	29
3.4 Rakennuksen sisäilma	30
4 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIANKULUTUS (E-LUKU)	32
5 VAIHTOEHDOT ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEEN	34
5.1 Vaihtoehto A	34
5.2 Vaihtoehto B	35
5.3 Vaihtoehto C	37
6 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39
Liite 1 Ilmanvaihdon mittauspöytäkirja	
Liite 2 E-lukulaskuri	

# 1 JOHDANTO

Energiatehokkuuden parantamisen tärkeimpänä tavoitteena on pienentää kasvi-huonepäästöjä kustannustehokkain ratkaisuin. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen lisäksi energian säästämällä on myös muita tärkeitä syitä kuten tuontienergia-tarpeen vähentäminen, energiansaatavuuden turvaaminen, resurssitehokkuus ja energiakustannusten alentaminen. Uusiutuvan energian osuus Suomessa vuonna 2020 tulee olla 38 % energian loppukulutuksesta, joten tämän osuutta voidaan kasvattaa energian säästämällä. (1.)

Kasvihuoneilmiön hillitsemiseksi Suomi on kehittänyt vapaaehtoisuuteen perus-tuvan energiatehokkuussopimusjärjestelmän sekä suunnitellut kustannustehok-kaita ratkaisuja. Näillä toimilla Suomi on monissa energiasäästötoimissa ja energiankäytön tehokkuudessa johtavia maita globaalisti. (1.)

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii eräs Oulun ammattikorkeakoulun opettaja. Työn tavoitteena on pienentää Raahessa sijaitsevan omakotitalon ko-konaisenergiankulutusta. Omakotitalo on rakennettu vuonna 1973, ja sen pinta-ala on 274 m<sup>2</sup>. Työn tavoitteena on selvittää talon lvi-järjestelmien energiate-hokkuus ja tutkia erilaisia parannusvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Talossa on tavoitteena lämmittää vain niitä huoneita, joissa oleskellaan paljon. Näin saa-daan minimoitua lämmitysenergia kustannukset. Ehdotettujen vaihtoehtojen tu-lee olla helppokäyttöisiä, yksinkertaisia sekä luotettavia.

## 2 OMAKOTITALON ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudella tarkoitetaan kasvihuonepäästöjen vähentämistä sekä energiankäyttöä kustannustehokkaalla tavalla. Energiatehokkuutta voidaan parantaa kaikilla elämän osa-alueilla, varsinkin asumisessa ja rakentamisessa, teollisessa tuotannossa, liikenteessä sekä ruoantuotannossa. (2.)

Erityisen suuri potentiaali energiatehokkuuden kannalta on rakentamisessa matala- ja nollaenergiarakentamisen yleistyessä. Rakennusten lämmitysenergiasta voidaan säästää puolet vuoteen 2050 mennessä. Yli 50 % säästöistä tulee vanhojen rakennusten korjauksella ja loput uudisrakentamisella. (2.)

Asuminen aiheuttaa noin 40 % energian kokonaiskulutuksesta aiheutuvista ilmastopäästöistä. Tämän takia rakennuksen lämmitysmuodon valinnalla on suuri vaikutus energiakulutukseen ja -kustannuksiin sekä ympäristöön. (3.)

### 2.1 Energiasopimukset

Suomessa on käynnistynyt vuosille 2017 - 2025 neljä uutta energiatehokkuussopimusta, jotka jatkavat vuonna 2016 päättyneitä energiatehokkuussopimusten kautta 2008 - 2016. Nämä neljä uutta energiatehokkuussopimusta kattavat kiinteistöalan, lämmityspolttonesteiden jakelun, kunta-alan sekä elinkeinoelämän. Suomelle on asetettu kansainväliset energiatehokkuusvelvoitteet, joiden täyttämiseen Suomen valtio ja toimialat ovat yhdessä kehittäneet vapaaehtoisuuteen perustuvat sopimukset ilman uusia lainsäädäntöjä tai muita pakotteita. Näillä energiatehokkuussopimuksilla katetaan yli 50 % energiatehokkuusdirektiivin 7 artiklan mukaisesta energiasäästötavoitteista kaudella 2014 - 2020. (4; 5.)

Suomi on ainoa Euroopan maa, joissa vapaaehtoiset sopimukset on saatu toimimaan käytännössä ja tuottamaan hyviä tuloksia. Vuosina 2008 - 2014 kunnat ja yritykset toteuttivat tehokkaasti energiatehokkuustoimia. Näiden toimien ansiosta vuonna 2015 energiaa säästyi vuositasolla yli 600 000 omakotitalon energiankäytön verran. Tämä tarkoittaa yli 3,5 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästövähenemää. (4.)

## **2.2 Energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet korjausrakentamisessa**

Korjausrakentamisen tullessa ajankohtaiseksi kiinteistön omistaja päättää, kuinka suuria parannustoimenpiteitä kiinteistö tarvitsee. Korjausrakentamisessa otetaan kuitenkin aina huomioon rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen, mikäli työ vaatii rakennus- tai toimenpidelupaa. Ympäristöministeriön asetuksella 4/13 säädetään rakennuksen energiantehokkuuden parantamista korjaus- ja muutostöissä. Kiinteistön omistaja voi valita kolmesta eri vaihtoehdosta sopivimman, kuinka rakennuksen energiatehokkuutta parannetaan. (6.)

- Asia voidaan hoitaa rakennusosakohtaisesti, joka tarkoittaa, että korjattujen tai uusien rakennusosien tulee olla remontin jälkeen nykyvaatimusten mukaisia.
- Pienennetään standardikäyttöön perustuvaa energiankäyttöä, jolloin rakennuksen vuosittaista normaalikäytön energiankulutusta tarkastellaan rakennuksen pinta-alaan suhteutettuna.
- Rakennuksen ominainen kokonaisenergiankulutus eli E-luku voidaan laskea, jolloin sitä pienennetään vaadittavalle tasolle.

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelussa voi olla erilaisia toimenpiteitä, joita ei kuitenkaan tarvitse suorittaa yhtäaikaisesti, vaan ne voidaan toteuttaa useamman eri korjaushankkeen yhteydessä. Tässä luvussa kerrotaan muutamista erilaisista vaihtoehdoista, joilla energiantehokkuutta saadaan parannettua kiinteistössä. (6.)

### **2.2.1 Käyttötottumuksien muuttaminen**

Energiankulutus on suuressa osassa jokapäiväistä toimintaa. Se on elämäntapa-asia, jossa henkilökohtaisilla mieltymyksillä, harrastuksilla, arkisilla käyttötottumuksilla sekä liikkumistarpeilla- ja tavoilla on merkitystä. Rakennuksen lämmittämiseen kuluu noin 70 % asumisen energiankäytöstä. Lopusta toinen puoli kuluu kotitalouslaitteisiin ja toisen puolen vie käyttöveden lämmitys. Pienetkin käyttötottumuksen muutokset sekä energiatehokkuuden huomioiminen uusien hankintojen valinnoissa vaikuttavat positiivisesti energiansäästöön. (7, s. 3.)

Huonelämpötilalla on suuri vaikutus asumisviihtyvyyteen ja energiakulutukseen. Huonelämpötilan ollessa 20 - 22 °C sisälämpötila on terveellinen ja suurinta osaa ihmisistä miellyttävä. Jokaista asunnon huonetta ei kuitenkaan kannata lämmittää samaan lämpötilaan, koska esimerkiksi makuuhuoneissa lämpötila voi olla hieman matalampi. Autotallissa sekä varastossa lämpötilaksi riittää 5 - 12 °C. (7, s.6.) Jo yhden asteen laskeminen huonelämpötilassa laskee 5 % lämmityskustannuksia. Asunnon lämpötilaa voi laskea 12 - 16 °C:seen ajaksi, jolloin rakennuksessa ei oleskella. On tärkeää olla peittämättä pattereita ja termostaattiteja huonekaluilla tai verhoilla, jotta lämpö pääsee siirtymään esteettömästi koko asuntoon ja termostaatti säätää asunnon huonelämpötilaa. Pattereiden sekä termostaattien kunto tulee tarkistaa säännöllisesti. (7, s. 4.)

Asunnon yllämpeneminen on estettävä passiivisilla keinoilla. Ikkunoiden kaihtimet ja verhot suojaavat auringon paisteelta. On myös tärkeää muistaa sammuttaa turhat lämpöä tuottavat sähkölaitteet ja valaistus viilennyksen aikana. Jos viilennyksen tarve on suuri ja koneellinen jäähdytys on pakollinen, sitä tulee käyttää ainoastaan lämpöhuippujen tasaamiseen. Lämpimällä säällä ei ole kannattavaa pyrkiä 21 °C:teen sisälämpötilaan. Muutaman asteen viilennys voi olla riittävä tällaisissa tilanteissa. (7, s. 6.)

Asuinnoissa suurimman osan vedenkulutuksesta aiheuttaa yleensä suihkussa käynti. Suihkussa käynnin vedenkulutus voi olla moninkertainen verrattuna muuhun vedenkulutukseen. Tämän takia suihkusta saatava energiasäästöpotentiaali on suuri, koska suihku voi aiheuttaa vuodessa tuhansien eurojen lisälaskun (kuva 1) (8). Ammekylpyjä tulisi välttää, koska ne kuluttavat vettä viisinkertaisesti verrattuna suihkussa käyntiin. (7, s.7)



Perhe vesipedot	Perhe säästeliäs
veden virtaus 18l/min	veden virtaus 18l/min
Neljä henkilöä aamuisin 5 min ja iltaisin 10 min suihku. Vuodessa vettä kuluu 394 200 litraa, kylmä vesi noin 1200 €. Suihkuveden lämmitys (38 °C) noin 15 000 kWh, veden lämmitys sähköllä 1950 €.  Vesipetojen perheen suihkunkäyttö maksaa 3150 € vuodessa.	Neljä henkilöä aamuisin 2 min ja iltaisin 4 min suihku. Vuodessa vettä kuluu 157 680 litraa, kylmä vesi noin 480 €. Suihkuveden lämmitys (38 °C) noin 6 000 kWh, veden lämmitys sähköllä noin 780 €.  Säästeliään perheen suihkunkäyttö maksaa 1260 € vuodessa
veden virtaus 12l/min	veden virtaus 12l/min
Neljä henkilöä aamuisin 5 min ja iltaisin 10 min suihku. Vuodessa vettä kuluu 262 800 litraa, kylmä vesi noin 480 €. Suihkuveden lämmitys (38 °C) noin 10 000 kWh, veden lämmitys sähköllä 1 300 €.  Vesipetojen perheen suihkunkäytön maksaa säädön jälkeen 2100 € vuodessa.	Neljä henkilöä aamuisin 2 min ja iltaisin 4 min suihku. Vuodessa vettä kuluu 105 120 litraa, kylmä vesi noin 320 €. Suihkuveden lämmitys (38 °C) noin 4 000 kWh, veden lämmitys sähköllä noin 520 €.  Säästeliään perheen suihkunkäytön kustannus virtaamasäädön jälkeen 840 € vuodessa.

*KUVA 1. Esimerkkilaskelma, kuinka suihkuveden virtaama ja suihkussa vietetty aika vaikuttaa lämpimänveden määrään ja energiakustannuksiin (8)*

Suomalainen perhe saunoo keskimäärin pari kertaa viikossa. Saunan esilämmittämiseen menee yli puolet kiukaan sähkökulutuksesta, joten energiankäytön kannalta on tärkeää, että perhe käy saunassa samalla lämmityskerralla. Energiataloudellisesti järkevä saunomislämpötila on 70 - 80 °C, koska lämpötilan nostaminen 100 °C:seen kasvattaa energiankulutusta 20 - 30 %. Tämä näkyy suoraan sähkölaskussa, koska lämmityskerrat, lämpötila ja saunomisen kesto vaikuttavat energiankulutukseen suuresti. Toimiva saunan ilmanvaihto auttaa pitämään lämpötilan tasaisena. Aina käyttövalmis kiuas voi kasvattaa keskivertosuomalaisen perheen sähkölaskua jopa 200 - 300€, koska kiukaan valmiustehon ylläpitäminen kuluttaa sähköä enemmän kuin normaalin kiukaan lämmittäminen huonelämpötilasta saunomislämpötilaan muutaman kerran viikossa. Mikäli saunomista harrastaa lähes päivittäin, hyvin eristetty aina käyttövalmis kiuas on energiataloudellisesti parempi valinta, koska kiukaan valmiustehon luovuttamaa lämpöä voidaan käyttää hyödyksi märkätilojen lämmityksessä. (7, s.7)

Astianpesun energiankulutus koostuu vedenlämmityksestä ja kulutuksesta sekä koneelliseen pesuun käytettävästä sähköstä. Konepesu on vedenkulutuksen kannalta taloudellisempaa kuin käsinpesu, koska nykyiset astianpesukoneet käyttävät vettä noin 9 - 10 litraa pesukertaa kohden. Pesemällä sama määrä astioita käsin vettä kuluu 35 - 140 litraa. Astianpesukoneen energiantehokkuuden ratkaisee kuitenkin sen käyttötapa. Paras tapa on pestä aina täysiä koneellisia sekä valita pesuohjelma astioiden likaisuuden perusteella. Astianpesukoneet kytketään valmistajan ohjeiden mukaan joko kylmään tai lämpimään veteen. Veden lämpötilalla ei kuitenkaan ole vaikutusta pesutulokseen. Koneen kytkeminen lämpimään veteen pienentää sähkönkulutusta 20 - 60 % ja pesuaika lyhenee laitteesta riippuen jopa 35 minuuttia. (7, s.11)

Viihde-elektroniiikan määrä on kasvanut vuosittain, mikä samalla näkyy myös kotitalouksien sähkönkulutuksessa. Yksittäisten laitteiden sähkönkulutus on pieni, mutta yhteen laskettaessa ne käyttävät saman verran sähköä kuin kodin kylmälaitteet. Tämän vuoksi hankintoja tehtäessä on tärkeää ottaa huomioon laitteiden energiatehokkuus. Lisäksi esimerkiksi televisio ja muut oheislaitteet kannattaa kytkeä kytkimellä varustettuun jatkojohtoon, jolloin virrankulutus saadaan kytkettyä helposti pois, kun laitteita ei käytetä. Tietokonetta ostaessa kannattaa suosia kannettavia tietokoneita, koska ne kuluttavat jopa 80 % vähemmän sähköä kuin pöytäkoneet. (7, s.14-15.)

Jopa viidennes kotitaloussähköstä kuluu valaistukseen, joten valitsemalla oikeanlaiset lamput kotitalouteen on mahdollista saada säästöjä sähkönkulutuksesta. On tärkeää muistaa, että valoja on turha kytkeä päälle, mikäli huoneen valaistus saadaan hoidettua luonnonvalolla. Alla oleva kuva 2 osoittaa erilaisten lamppumallien energiankulutuksen vuositasolla sekä niiden elinkaaren. (7, s.17.)



KUVA 2. Lamppujen energiankulutus ja kesto (7, s.17.)

## 2.2.2 Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tehtävä on luoda viihtyisä, turvallinen ja terveellinen sisäilmasto oleskeluvyöhykkeelle kaikissa tavanomaisissa sääolosuhteissa ja käyttötilanteissa. Asuinrakennuksen ilman tulee vaihtua kerran kahdessa tunnissa. Ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:n määräykset ja ohjeet. (9, s.5, s.25.)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilma tuodaan ja poistetaan rakennuksesta puhaltimien avulla. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa toiminta perustuu lämpötila- ja korkeuserojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin, jolloin lämmin sisäilma virtaa poistoilmakanavasta ulos rakennuksesta ja tilalle tulee raikasta ulkoilmaa rakenteiden ilmavuotoina sekä ulkoilmalaitteiden kautta. (9, s.4.) Käytännössä jokaiseen taloon rakennetaan nykyisin koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Lisäksi näissä on mukana lämmöntalteenotto. Mikäli tuloilmaa jäähdytetään tai kostutetaan, kutsutaan sitä ilmastoinniksi. (10.)

Painovoimainen ilmanvaihto toimii talvikuukausina jopa liiankin tehokkaasti, mikäli korvausilmaventtiilit ovat jääneet kesäasentoon. Tämä johtuu suurista lämpötilaeroista sisäilman ja ulkoilman välillä. Siksi on tärkeää muistaa säätää venttiilejä pienemmälle talven ajaksi. On kuitenkin tärkeää, ettei venttiilejä suljeta kokonaan kiinni, jotta rakennukseen saadaan raikasta korvausilmaa myös talvella. Ikkunoita tiivistettäessä tulee huomioida korvausilman siirtyminen myös tätä kautta. Vanhat punostiivisteet päästävät korvausilmaa rakennukseen mutta nykyiset eivät. Siksi on hyvä jättää pieni kaistale puitteen alareunaan ilman tiivistettä, jotta korvausilma pääsee kulkemaan tätäkin kautta. (10.)

Koneellisella ilmanvaihdolla voidaan säästää energiaa koneen tarpeenmukaisella käytöllä. Mikäli ilmanvaihtokoneessa on 4-portainen säätö, tulisi muistaa yksinkertaiset ohjeet, millä saadaan energiakulutusta pienennettyä vaivattomasti. (10.)

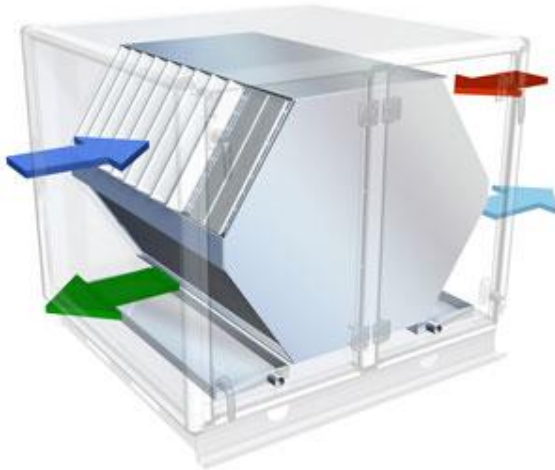
- Jos asunto on tyhjiillään, voidaan ilmanvaihtoa laittaa pienemmälle. Tätä asentoa kutsutaan yleensä poissaoloasetukseksi. Mikäli asunnossa on kuivuvaa pyykkiä, tämä asento ei ole riittävä.

- Pakkaskeleillä yleensä riittää normaalia alempi ilmanvaihto, joten ilmanvaihdon voi laittaa asentoon 2.
- Normaalissa asumisessa syntyvät epäpuhtaudet ja kosteuden saa poistettua asunnosta koneen ollessa tasolla 3. Tätä kutsutaan normaaliksi asennoksi ja tällä saadaan yleisesti ilmanvaihdon mitoitusilmamäärät.
- Ilmanvaihdon tehostusta tulee käyttää ainoastaan poikkeustilanteissa. Mikäli rakennuksessa on normaalia enemmän ihmisiä, ruoanlaitoista syntyviä käryjä tai rakennuksessa on kosteutta johtuen saunomisesta, tulee ilmanvaihtokoneen asennon olla tasolla 4. (10.)

Lämmöntalteenottolaitteella voidaan ottaa poistoilmasta huomattava osa lämpöenergiaa talteen lämmönsiirtimien avulla. Mitä suurempi lämpötilaero on lämpöä luovuttavan ja lämpöä vastaanottavan aineen välillä, sitä tehokkaampaa lämmönsiirto on. Yleisimmät lämmöntalteenottolaitteet ovat rekuperatiivinen- ja regeneratiivinen lämmönsiirrin. (11.)

Rekuperatiivisessa lämmönsiirtimessä poistoilman lämpö johtuu ilmavirtojen välissä olevan levy- tai putkirakenteen kautta tuloilmaan (kuva 3). Rekuperatiiviset lämmönsiirrimet voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin lämmönsiirtimiin. (11.)

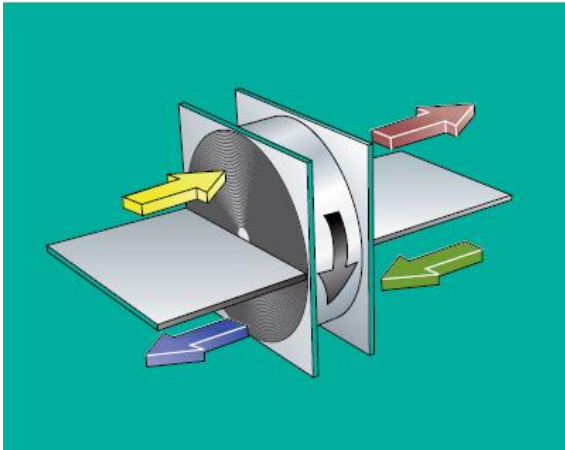
Suoriin lämmönsiirtimiin kuuluu vastavirta- sekä ristivirtalämmönsiirrin. Ristivirtalämmönsiirrin on yleisempi, koska sillä saavutetaan tehokkaampi lämmön siirtyminen (kuva 3). Lämmönsiirtimen tehon määrittelee suurelta osin sen lämmönsiirtopinta-ala. Tästä syystä lämmönsiirtopinta-alasta pyritään aina tekemään mahdollisimman suuri, mahdollisimman pieneen tilavuuteen. Lämmönsiirtoa on mahdollista parantaa rivoilla. Näin laitteen hyötysuhde saadaan korkeaksi, kun se on tavallisesti tällaisilla lämmönsiirtimillä 50 - 70 %. (11.)



*Kuva 3. Levylämmönsiirrin. (12)*

Epäsuorat lämmönsiirtimet voidaan jakaa nestekiertoisiin- ja lämpöputkipattereihin. Nestekiertoisessa järjestelmässä kiertää yleensä 30–40-prosenttinen vesietyleeniglykoliseos. Lämmönsiirtiminä toimii lamellipatterit. Hyötysuhteeltaan nestekiertoinen järjestelmä on 45 - 60 % riippuen patterin syvyydestä. Lämpöputkipatteri on ripaputkipatteri, jossa nesteputket korvataan lämpöputkilla. Väliaineena toimii vuorotellen lauhtuva ja höyrystyvä kylmäaine. Tyypillisesti lämpötilahyötysuhde on 50 - 80 %. (11.)

Lämpöä varastoivaa lämmönsiirrintä kutsutaan regeneratiiviseksi lämmöntalteenottolaitteeksi. Tällainen lämmönsiirrin on hyötysuhteeltaan hyvä, koska lämpö pääsee siirtymään tuloilmaan lämmönsiirtimen pinnalta kulkematta aineen läpi. Pyörivä kenno varaa lämpöä poistoilmasta puolen kierroksen verran. Pyörittämällä kennoa toisen puolikkaan kierroksen verran lämmennyt kenno luovuttaa lämmön ulkoilmavirralle (kuva 4). Lämmönsiirtoa voidaan säätää portaattomasti muuttamalla kennon pyörimisnopeutta. Lämmönsiirtimen lämmönsiirtopinta-ala sekä massa ovat suurempia verrattuna tavanomaisiin lämmönsiirtimiin. Suuremmalla massalla saadaan kerättyä enemmän lämpöä talteen ja parhaimmillaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voi olla tällaisissa laitteissa jopa 80 %. (11.)



*Kuva 4. Pyörivä lämmöntalteenotto. (13)*

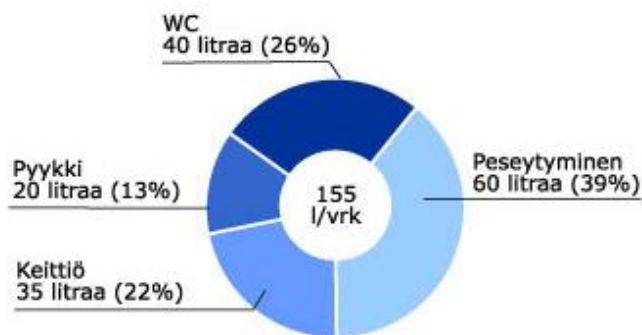
On tärkeää tietää, että lämmöntalteenotolla on sekä kesä- että talviasento. Kesällä tuloilmaa ei tarvitse lämmittää, joten se voidaan estää ohituspellillä tai ns. kesäkennolla. Kun kesäasento on kytketty, tulee muistaa pienentää myös tuloilman jälkilämmityksen asetus pienimpään mahdolliseen arvoon, jottei se kuluta energiaa aikana, jolloin siitä ei ole mitään hyötyä. (10.)

Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan asetuksen tulee myös olla oikea, jotta ilmanvaihdosta saadaan tehokas. Lämpötilan tulisi olla muutaman asteen alhaisempi kuin huonelämpötilan (noin 16 - 17 °C), jotta puhdas tuloilma sekoittuu huonetilan oleskeluvyöhykkeelle ja ilmasta tulee raikas. On kuitenkin muistettava, että sisäänpuhalluslämpötila ei saa olla liian matala, jottei asukas koe vedontunnetta liian kylmästä tuloilmasta. (10.)

Ilmanvaihtokonetta tulee myös huoltaa säännöllisesti. Suodattimet tulisi vaihtaa vähintään kerran vuodessa. Näin vältetään lämmöntalteenoton toiminnan heikkenemiseltä, koska likaantuneet suodattimet vähentävät tuloilman virtausmäärää lämmöntalteenoton läpi ja näin hyödyksi saatava lämpömäärä pienenee. Lisäksi lämmöntalteenotto tulisi puhdistaa muutaman vuoden välein, koska lämpö ei pääse johtumaan tehokkaasti likakerroksen läpi. Hyötysuhteen laskiessa lämmitysenergian kulutus kasvaa. (10.)

### 2.2.3 Vedensäästö

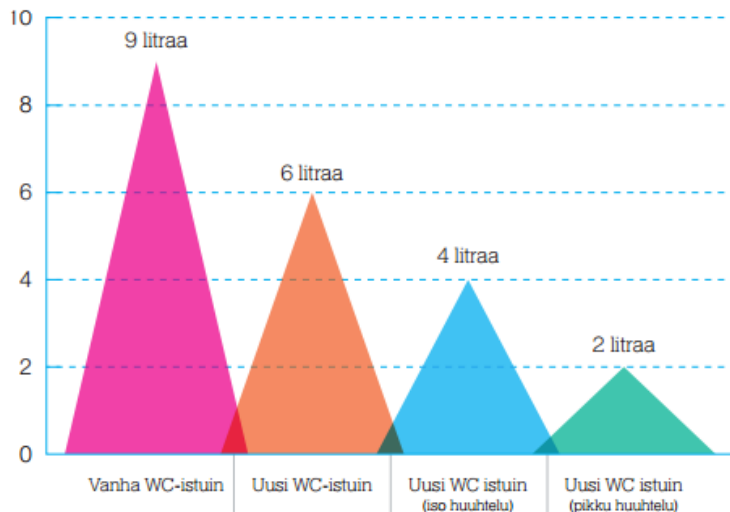
Käyttöveden lämmitykseen menee noin 30 % rakennuksen vuotuisesta lämmitysenergian kulutuksesta. Tyypillisen suomalaisen vedenkulutus vuorokaudessa on 90 - 270 l per asukas, keskimääräisesti kuitenkin 155 litraa vuorokaudessa (kuva 5). Lämpimän veden osuus on noin 40 - 50 litraa vuorokaudessa. Vedenkulutuksen tavoitetasoksi on asetettu 100 - 120 litraa vuorokaudessa asukasta kohden. Kotitalouksien käyttöveden lämmitykseen kuluu vuodessa 800 - 1200 kWh/asukas. (14; 15.)



KUVA 5. Vuorokauden vedenkulutuksen jakaantuminen/asukas (14)

Vesikalusteiden kunnolla on suuri merkitys vedenkulutukseen. Pieniltä ja harmittomilta vaikuttavat vuodot WC-istuimissa ja hanoissa tulevat kalliiksi, mikäli niitä ei korjata ajoissa. Tiheä tippavuoto hanassa (noin 3 l/h) maksaa noin 130 € vuodessa. Pieni vuoto WC-istuimessa (noin 30 l/h) maksaa vuodessa noin 900 €. Jos hanassa on jatkuvaa vuotoa (noin. 180 l/h), vuosikustannukset ovat noin 7500 €. (7, s. 7.)

Kalusteiden ominaisuuksilla on myös vaikutusta vedenkulutukseen, ja tämän takia uusimpaan tekniikkaan kannattaa investoida. Nykyaikaisilla yksitehohanoilla voidaan veden maksimivirtaama rajoittaa 4 l:aan/min. Uusimmat säästömalliset ja kaksoisnupilliset wc-istuimet kuluttavat isolla huuhtelulla 4 litraa ja pikku huuhtelulla 2 litraa vettä. Parhaimmillaan tällainen WC-istuin kuluttaa vettä vain neljänneksen vanhoihin WC-istuimiin verrattuna (kuva 6). (14; 16.)



KUVA 6. WC-istuinien huuhtelumäärä (16)

Käyttövesivaraajan oikealla käytöllä pystytään luomaan säästöjä rakennuksen energiankulutukseen. Muuttamalla lämpötila-asetuksia 80 °C:sta 60:seen varaajan lämpöhäviöt pienenevät jopa 85 %. Mikäli lämpimän veden määrä riittää, käyttövesivaraajan lämpötilaa kannattaa pienentää, koska lämminvesi on kolme kertaa kalliimpaa kuin kylmävesi. Varaajan termostaatin asetusarvoksi suositellaan asennettavan 55 - 60 °C. Lämpimän käyttöveden tulee kuitenkin olla yli 55 °C, jolla estetään haitallisten Legionella-bakteerien kasvaminen. Käyttövesivaraajan ollessa huonetilassa, kuten kodinhoitohuoneessa keskitalvella varaajan lämpötila-asetusarvoa voidaan nostaa, jolloin varaajan lämpöhäviöt hyödynnetään lämmitykseen. Varaajaa kannattaa käyttää päiväkäytöllä (jatkuva käyttö), mikäli sähkön yö- ja päivähinnan ero on pieni. Mikäli taas yö sähkö on huomattavasti halvempaa kuin päivä sähkö, kannattaa varaaja lämmitellä yöaikaan esim. kellokytkimen ohjauksella. (8; 17.)

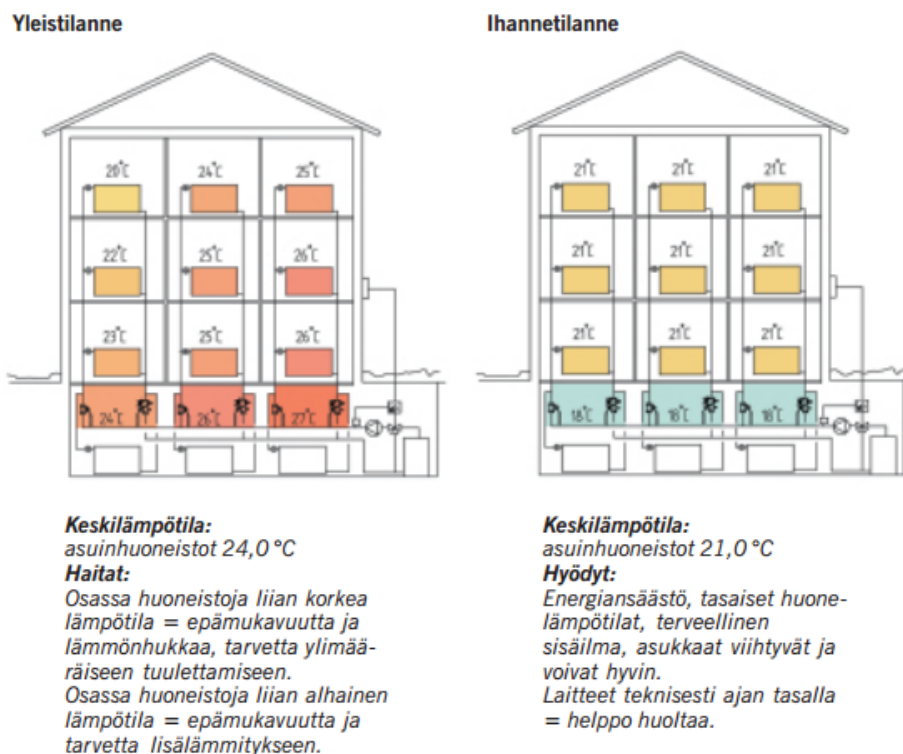
#### 2.2.4 Lämmitysverkoston perussäätö

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2015 asumisen energiakulutuksesta 66 % kului rakennuksen lämmitykseen, joten se on suurin kuluerä rakennuksissa (18). Tämän takia on tärkeää, että rakennuksen lämmitys on suunniteltu oikein.



Lämmitysverkoston epätasapaino ja suuret lämpötilaerot rakennuksen eri huoneissa aiheuttaa turhaa energiankulutusta. On arvioitu, että jopa 75 % Suomen asuinrakennuskannasta vaatisi lämmitysverkoston perussäätöä. (19.)

Rakennuksen lämmityksen perussäädöllä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä säädetään toimimaan suunnitelmien mukaisella tavalla. Näin varmistetaan, että vesi kiertää jokaisen lämmityspatterin kautta ja lämpö pääsee siirtymään tasaisesti rakennuksen jokaiseen huoneeseen kuvan 7 tavalla. (19.)



KUVA 7. Lämmitysverkoston yleis- ja ihannetilanne. (20, s.4.)

Huonelämpötilan ollessa 21 - 22 °C suurin osa ihmisistä kokee lämpötilan miellyttäväksi. Liian kylmät ja vetoiset tilat johtavat lämmitysverkoston lämpötilan nostoon, joka taas lisää lämmitysenergian kulutusta. Liian korkea huonelämpötila houkuttaa avaamaan tuuletusikkunat, jolloin kallis lämmitysenergia menee hukkaan. (19.)

Lämmitysverkoston perussäädöllä voidaan säästää jopa 10 - 15 % energiakulutuksesta. Kustannussäästöjen suuruus riippuu paljon myös rakennuksen lämmitysolosuhteiden lähtötilanteesta. Jo yhden asteen laskeminen huonelämpötilassa säästää noin 5 % lämmityskustannuksista. (19.) Perussäätö kannattaa suorittaa julkisivuremontin, peruskorjauksen tai talotekniikan uudistamisen yhteydessä (21, s.2).

### **2.2.5 Aurinkolämpö**

Aurinko on energianlähteenä ikuinen, ja sen takia auringon säteilyn hyödyntäminen lämmöntuotannossa on tärkeää. Auringosta saatavan energian avulla lämpöä saadaan tuotettua lähes ilman hiilidioksidipäästöjä ja samalla energian saanti on ilmaista. Aurinkoenergiaa käytetään rakennuksen lämmittämisessä jonkin toisen lämmitysmuodon rinnalla, koska Suomessa aurinkoenergian määrä ei riitä lämmittämään koko rakennusta johtuen maantieteellisestä sijainnista. Tällä tavoin rakennuksen lämmityskustannuksia saadaan pienemmiksi sekä päästöjä vähennettyä. (22, s.2.)

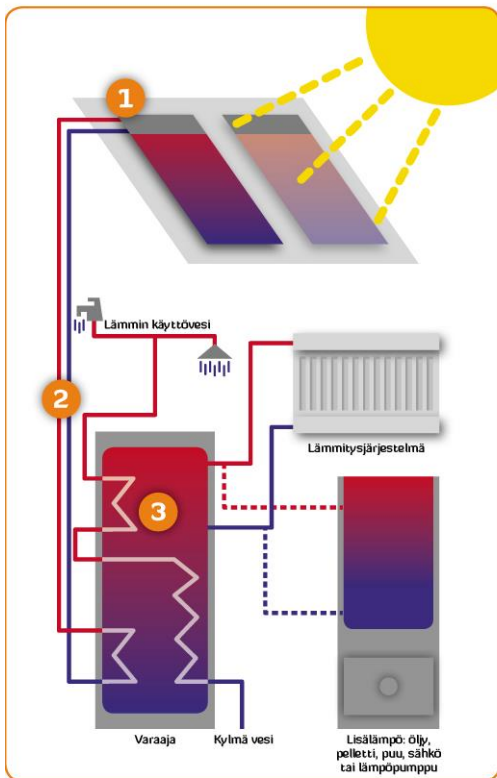
Päälämmönlähteenä voi toimia sähkö-, pelletti-, puu- tai öljylämmitys, kaukolämpö tai lämpöpumppuun perustuva lämmitys. Aurinkolämmitystä voi hyvin hyödyntää käyttöveden, huonetilojen tai uima-altaan lämmittämisessä. (22, s.6.)

Lämmöntuotantoon suunnitellut laitteistot ovat pitkäikäisiä, eivätkä ne tarvitse paljoakaan huoltoa. Ainoastaan siitepölykauden jälkeen aurinkokeräimet on hyvä huuhdella sekä talvella poistaa lumet niiden päältä, jotta auringonsäteily saadaan hyödynnettyä parhaimmalla mahdollisella tavalla. (22, s.2.)

Etelä-Suomessa aurinkokeräin vastaanottaa vaakatasossa laskettuna noin 1000 kWh/m<sup>2</sup> auringonsäteilyä vuotta kohden. Auringonsäteilyn määrä vaihtelee kuukausittain suuresti vuodenaikojen johdosta ja tästä syystä joului-tammikuussa auringonsäteilyä ei saada kerättyä juuri ollenkaan. Auringon säteilystä saatavaan lämpöenergian määrään voidaan vaikuttaa huolellisella mitoituksella sekä sijoittelulla. Parhaimman hyödyn saavuttaa, kun aurinkokeräin asennetaan mahdollisimman aurinkoiselle paikalle. Varjostukset tulee huomioida etsittäessä

oikeaa paikkaa. Lisäksi aurinkokeräinten kallistuksella voidaan vaikuttaa suu-  
resti lämmöntuotantoon. (22, s.3.)

Kun auringosta halutaan tuottaa lämpöä, kutsutaan siihen tarvittavaa järjestel-  
mää aurinkokeräimeksi tai aurinkolämpökeräimeksi. Järjestelmän sisällä kulkee  
ilmaa tai nestettä, joka sitoo lämpöä itseensä auringon säteilystä. Näin aurin-  
gosta saatava energia saadaan siirrettyä väliaineen avulla suoraan kulutukseen  
tai pystymalliseen varaajaan, joka on toimivampi ratkaisu hyödynnettäessä au-  
rinkolämpöä (kuva 8). Asennettaessa aurinkolämmitysjärjestelmää vanhaan ta-  
loon tulee huomioida, että lämminvesivaraajassa on tarpeeksi tilaa aurinkoke-  
räin- ja lämmönjakopiirin putkiliittimille tai lämmönsiirtimille. (22, s.6.)



KUVA 8. Aurinkolämpöjärjestelmä (23.)

## 2.2.6 Ikkunoiden ja ovien vaihto energiatehokkaampiin

Rakennuksen huonoiten lämpöä eristävä rakenneosana on yleensä ikkunat. Niiden lämmöneristävyys on 5 - 8 kertaa huonompi ulkoseinärakenteeseen verrattuna. Tästä syystä niiden energiatehokkuuteen tulee kiinnittää huomiota. Energiatehokkuuteen vaikuttaa ikkunan kyky hyödyntää auringon valoa ja lämpöä, ilmatiiviys sekä lämmöneristyskyky. Ikkunat eivät ole pelkästään lämpöä hukkaava rakenne, koska ikkunoiden kautta auringon lämpö sekä valo pääsevät lämmittämään ja valaisemaan huonetta ilman energiankulutusta. (24; 25.)

Ikkunoiden lämmöneristyskykyä arvioidaan U-arvolla ( $W/m^2K$ ) muiden rakenneosien tapaan. U-arvo ei kuitenkaan kerro kaikkea ikkunan energiatehokkuudesta, koska ikkunoilla on myös g-arvo. G-arvo on auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, jonka avulla saadaan selville, kuinka hyvin ikkuna pystyy hyödyntämään auringon säteilyenergiaa huonetilan lämmityksessä. Lisäksi ikkunarakenteen (lasi, karmit, puitteet) ilmatiiviydellä on suuri vaikutus ikkunan energiatehokkuuteen. Ikkunoiden energialuokitus on kehitetty helpottamaan vertailua ikkunoiden energiatehokkuudessa. Siinä lasketaan ikkunalle vertailuarvo E ( $kWh/m^2a$ ) käyttämällä U-arvoa, g-arvoa sekä ikkunan ilmanpitävyyttä. Esimerkiksi E-arvon ollessa  $100 kWh/m^2a$  yksi neliömetri ikkunaa kuluttaa energiaa  $100 kWh$  vuodessa. Energiatehokkuus ilmoitetaan A–G-asteikolla, joka on tuttu esim. kodinkoneista. (24; 26.)

Vanhoissa rakennuksissa käytettiin kaksi- tai kolmilasisia MSK-ikkunoita, joiden lasin U-arvo oli  $2,8 - 1,8 W/m^2K$ . Nykyisin uusilla ikkunoilla päästään helposti alle  $1,0 W/m^2K$ . Suomen rakentamismääräyskokoelman C3 mukaan koko ikkunan U-arvo tulee olla  $1,0 W/m^2K$  uudisrakennuksissa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että eristyslasin U-arvon tulee olla parempi. Tietyissä sääolosuhteissa hyvin lämpöä eristävien ikkunoiden ulkopintaan saattaa kuitenkin kondensoitua ulkoilmasta kosteutta. Kondensoituminen johtuu siitä, että ikkunan ulkopinnan pintalämpötila laskee alle ulkoilman kastepistelämpötilan, koska ikkunan ulkopinta säteilee lämpöä ympäristöön eikä pilvetön taivas ulkoilmaa kylmempänä säteile ikkunaan päin niin paljon lämpöä kuin ikkuna säteilee pois päin. Tästä syystä ikkunan ulkopinta jäähtyy alle ulkoilman lämpötilan. (27; 28; 29, s.1.)

Tätä ongelmaa ei kuitenkaan esiinny uusimmissa ikkuna malleissa, koska ne eristävät lämmönhukkaa tehokkaasti sisältä ulospäin (30).

Ulko-ovien määrä rakennuksessa ei ole yhtä suuri kuin ikkunoiden, joten heikkokuntoisten ovien vaihto ei välttämättä ole energiakorjauksessa paras vaihtoehto. Lämpöviihtyvyyteen ovien vaihto kuitenkin vaikuttaa suuresti, koska heikot tiivisteet ja huonon U-arvon omaava ovi päästää kylmää ilmaa sisätiloihin ja näin aiheuttaa vedon tunnetta lattianrajassa. Tämä taas johtaa pattereiden säätämiseen isommalle, jolloin energiakustannukset nousevat. (31.) Taulukko 1 osoittaa ovien energiankulutuksen ääripäinä 1950-luku ja nykyaikaiset ovet.

*TAULUKKO 1. Ulko-ovien ohjeidenmukaisia lämmöneristävyysarvoja eri vuosilta (32)*

Muutokset lämmöneristävyysarvoissa	Lämmöneristävyysarvot (U-arvot) [W/m <sup>2</sup> K]	Arvioitu energian kulutus oven kautta, rakennus 150 m <sup>2</sup> , ovipinta-ala 4,2 m <sup>2</sup> , kWh/vuosi
1950-lukuun asti	5,80	n. 4000 (ikkunallinen ovi)
1960-luku	3,49	n. 2500 (ikkunaa 50 %)
1970-luvun alku	3,14	n. 2100
1975 - energiakriisin jälkeen	2,10	n. 1400
2000-luku	1,40	n. 1000
2010	1,00	n. 700
Erittäin energiatehokas talo	0,40	n. 300

Ikkunoiden ja ovien ollessa hyväkuntoiset ja ehjät niiden energiatehokkuutta voidaan parantaa helposti ja edullisesti tiivistyksellä. Tiivistys vähentää ilmavuotoa ja näin vedon tunne vähenee, jolloin sisäilman lämpötilaa voidaan laskea viihtyvyyden kärsimättä. Tiivistämällä voidaan pienentää lämmitysenergiankulutusta jopa 15 %. (32.)

Tiivisteiden käyttöikä vaikuttaa tiivisteiden materiaali sekä sen tyyppi. Silikonitiivisteet ovat joustavia ja kestävätkin parhaimmillaan jopa 15 vuotta. EPDM-massakumi tiivisteet ovat myöskin hyvä vaihtoehto mutta käyttöikä on noin 7 - 8 vuotta.

TPE-tiivisteillä käyttöikä on parhaimmillaan 10 vuotta. Itsestään liimautuvat so-lumuovitiivisteet kestävät ainoastaan 1 - 2 vuotta. (32.)

### 2.2.7 Ilmanpitävyyden parantaminen

Rakennuksen hyvällä ilmanpitävyydellä voidaan parantaa huomattavasti raken-nuksen energiatehokkuutta. Hyvä ilmanpitävyys parantaa rakennuksen kosteus-tekniistä toimintaa paikoissa, joissa sisäilma pyrkii virtaamaan rakenteiden läpi tai rakennetta kylmentävä ulkoilma aiheuttaa kosteuden tiivistymisriskin. Ilman-tiiveys voidaan määritellä mittauksin ja lämpökamerakuvauksella saadaan sel-ville ilmanvuotokohdat ja kylmäsilat. (33, s.2; 34, s.1.)

Vuotoilman suuruudella on suuri merkitys rakennuksen lämmöntarpeeseen. Asukas kokee rakennuksessa vedon tunnetta, mikäli ilmanpitävyys on huono. Tämä lisää lämmityksen tarvetta. Rakennuksen tyypillisimmät vuotokohdat on esitelty kuvassa 9. Lämmön talteenottojärjestelmästäkin saadaan suurempi hyöty aikaan, kun ilmanpitävyys on hyvä. (33, s.2.)



*KUVA 9. Tyypilliset vuotokohdat talossa (34, s.1.)*

Ikkunoiden ja ovien tiivisteiden tarkastaminen ja vaihtaminen on helppo ja halpa ratkaisu tiiviyden parantamiseen. Yläpohjan ja ulkoseinän tiivistäminen on usein hankalaa, koska höyrösulun läpiviennit ja limitykset sekä putki-, hormi-, ja sähköliittymät on vaikea saada tiiviiksi. (34, s.2.)

## 2.2.8 Rakennuksen vaipan lisäeristäminen

Rakennuksen vaipan lämmöneristysvaatimukset ovat kiristyneet vuosikymmenien ajan. Julkisivun kautta lämpöenergiaa karkaa nykyisissä rakennuksissa huomattavasti vähemmän kuin vanhoissa. (taulukko 2). (35.)

*TAULUKKO 2. Pientalon ulkoseinän lämmöneristeen lisäystarve nykytason saavuttamiseksi. (35, s.2.)*

PIENTALON ULKOSEINÄN LÄMMÖNERISTEEN LISÄYSTARVE NYKYTASON SAAVUTTAMISEKSI		
	Lämmön- läpäisevyyssarvot (W/m <sup>2</sup> K)	Tyypillinen lisäläm- möneristeen pak- suus (mm) U-arvolle ≤ 0,17 (W/m <sup>2</sup> K) *
1940-luku	0,65	175
1950-luku	0,52	150
1962	0,47	150
1969	0,41	125
1974	0,41	125
1979	0,29	100
1985	0,28	100
2003	0,25	75
2008	0,24	75
2010	0,17	-
2010 (passiivitalo)	0,09	-

\* materiaalin λ-arvo (lämmönjohtavuus) 0,035 W/mK

Tämän takia vanhojen rakennusten vaipan lisäeristämistä on hyvä harkita, kun suunnitellaan ikkunoiden tai julkisivun uusimista. Yksistään ulkoseinän lisäeristäminen ei ole kannattavaa, vaan se kannattaa tehdä muiden suurten korjaustöiden yhteydessä. On tärkeää tietää, että lisälämmöneristeen asentaminen ulkoseinän ulkopuolelle on vähäriskisempi vaihtoehto kuin sisäpuolelle asennettava lisäeriste. Sisäpuolinen lämmöneriste laskee vanhan seinämateriaalin lämpötilaa, jolloin suhteellinen kosteus nousee seinän sisällä ja vaurioriski kasvaa. (35.)

Alapohjan lisäeristäminen ei yleisesti ottaen ole kannattavaa. Mikäli nykyisen lattiarakenteen korjaus on välttämätöntä, voidaan lattian lisäeristäminen tehdä korjauksen yhteydessä. (36, s.1.)

Yläpohjan lisäeristäminen on tehokas ja helppo tapa vähentää rakennuksen lämpöhäviöitä. Hyvin eristävä yläpohja estää ylös nousevan lämpimän ilman karkaamista tehokkaasti. Mikäli vanhat eristeet ovat hyväkuntoisia, voidaan lisäeristys tehdä näiden päälle. Lisälämmöneriste pystytään asentamaan vanhan eristeen ala- tai yläpuolelle. Vanha eriste voidaan myös vaihtaa kokonaan uuteen ja parempaan vaihtoehtoon. Eristysmateriaalin tulee kuitenkin olla sellainen, että vanhaan eristeeseen ei pääse syntymään kosteusvaurioriskiä. Tämän takia yläpuolelle asennettavan eristeen tulee olla harvempi kuin alkuperäisen eristeen. Tuuletustilan riittävyys tulee ottaa huomioon ennen lisäeristystyksen aloittamista. (37, s.1-2.) Taulukossa 3 osoitetaan, kuinka paljon tarvitaan lisälämmöneristettä yläpohjassa yleisesti, mikäli halutaan päästä vuoden 2012 vaatimuksien tasolle.

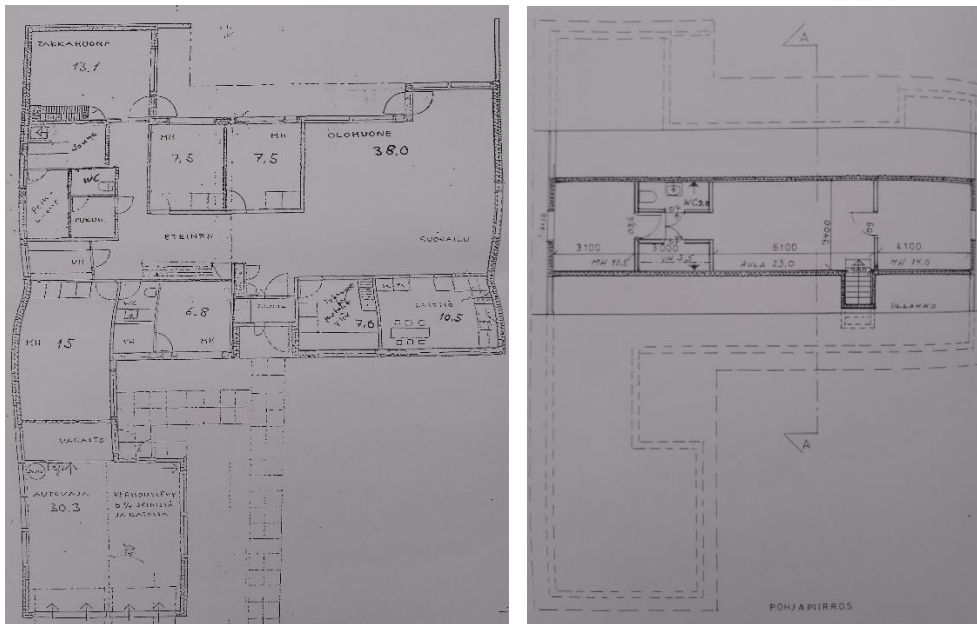
*TAULUKKO 3. Yläpohjan lisäeristämisen vaatimukset vuoden 2012 tasolle pääsemiseksi (36, s.9.)*

Vuosi tai vuosikymmen, jolloin talon yläpohja on eristetty.	Lämmönläpäisevyysarvo ( U-arvo) [W/m <sup>2</sup> K]	Tyypillinen lisälämmöneristeiden paksuus, jotta päästään U-arvoon 0,09 (W/m <sup>2</sup> K). Eristeen lämmönjohtavuus on 0,035 (W/mK) .[mm]
1940-luku	0,35	300
1950-luku	0,35	300
1962	0,41	300
1969	0,35	300
1974	0,35	300
1979	0,23	240
1985	0,22	240
2003	0,16	180
2008	0,15	160
2010	0,09	0
2012	0,09	0
2012 passiivitalo	0,06	



### 3 KOHTEEN MITTAUKSET

Vuonna 1973 rakennettu omakotitalo sijaitsee Raahessa. Rakennuksen pinta-ala on 215 m<sup>2</sup>, ja siinä on ollut tasakatto. Vuonna 1994 taloon on tehty peruskorjaus, jolloin tehtiin toinen asuinkerros ja katto muutettiin harjakatoksi. Rakennuksen pinta-ala on nykyisin 274 m<sup>2</sup>. Rakennuksessa on paljon ulkonurkista johtuvia kylmäsiltoja johtuen kohteen kulmikkaasta muodosta (kuva 10).



KUVA 10. Rakennuksen 1 - 2.kerros

Rakennuksen julkisivu on tiiltä sekä pystypaneloitua puuta (kuva 11). Talo on rakennettu granuloidun masuunikuonan päälle. Kohteessa ei ole salaojitusta vaan rakennuksessa on valesokkeli ja maa on laskulla talolta pois päin. Yläpohjaan on lisätty harjakaton rakennuksen aikana lisäeristystä useiden kymmenien senttien verran. Rakennukseen on vaihdettu osa ikkunoista vuonna 1993 ja 2004. Vaihdetun ikkunoiden tyyppi on 3-lasinen MSK. Ulko-ovet ovat alkupe räisiä-, pois lukien takapihan kaksi sivuovea, jotka on vaihdettu vuonna 2004. Rakennuksen sauna, WC-tilat sekä pesuhuone on remontoitu palvelemaan nykyisiä tarpeita.



*KUVA 11. Kohde etupihalta kuvattuna.*

Rakennuksen päälämmitysmuoto on vesikiertoinen patterilämmitys. Kohteeseen on asennettu 22 vesipatteria vuonna 2005 lämmitysmuodon vaihdon yhteydessä. Nykyisin lämmönlähteenä toimii kaukolämpö. Alun perin rakennus on ollut sähkölämmitteinen. Saman remontin yhteydessä on vaihdettu myös käyttövesiputket. Rakennuksen kaikki käyttövesi- ja patteriputket on asennettu pinnassa.

Talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Se on asennettu vuonna 1998. Ilmanvaihtokoneena on Vallox MUH Ilmava Digit 130, jossa on lämmöntalteenottokenno. Koneen maksimi poistoilmavirta on 130 l/s. Tulo- ja poistoilmavirta on 210 W. Jälkilämmityksenä toimii 1000 W:n sähköpatteri.

Rakennuksen vuosittainen kokonaislämpöenergian-, sähköenergian- sekä vedenkulutus on esitelty usean vuoden ajalta taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Rakennuksen lämpöenergiankulutus vuosittain

Vuosi	Lämpöenergiankulutus (MWh/vuosi)	Sähkönkulutus (kWh/vuosi)	Vedenkulutus (m <sup>3</sup> /vuosi)
2010	34,7	X	X
2011	33,8	X	X
2012	30,1	X	X
2013	33,1	7799	X
2014	34,5	7097	133
2015	31,9	6692	116
2016	X	6731	130

Talon lämpimän käyttöveden määrää ei ole mitattu erikseen, joten asuinrakennuksen ollessa kyseessä voidaan olettaa sen olevan 40 % veden kokonaiskulutuksesta. Kaavalla 1 saadaan laskettua lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä. (38.)

$$Q = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3600}$$

KAAVA 1

$Q$  = Veden lämmittämiseen kuluva energia (kWh)

$\rho$  = Veden tiheys (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  = Veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 Kj/kg°C)

$V$  = Vedenkulutus (m<sup>3</sup>)

$t_2$  = Lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C

$t_1$  = Lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5 - 10 °C

3600 = Yksikkömuunnoskerroin (kJ → kWh)

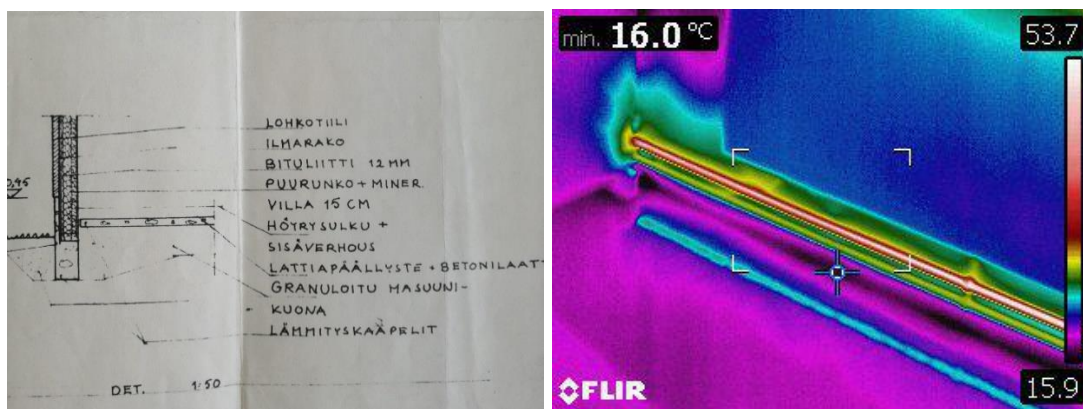
Talossa asuu tällä hetkellä 3 henkilöä mutta lähitulevaisuudessa 2 henkilöä. Toisinaan rakennuksessa on useita ihmisiä, ja toisinaan rakennus on kokonaan tyhjiään, joten LVI-järjestelmien tulisi olla hyvin säädettävissä.

### 3.1 Lämpökamerakuvaus

Rakennuksen ilmatiiviyys vaikuttaa energiatehokkuuteen, joten lämpökamerakuvausella saadaan arvio rakennuksen tiiviydestä. Kuvauksella pyrittiin löytämään rakenteista kylmiä alueita, joihin olisi tarvittaessa tehtävä parannusehdotuksia.

Ulkoseinien ja katon kuvaus tehtiin rakennuksen sisäpuolelta. Oli täysin selvää, että seinien, nurkkien ja lattian- ja katonrajan kautta lämpöhäviöiden osuus oli suuri, koska kohde on rakennettu 1970-luvulla. Koska yläpohjaan on tehty lisäeristämistä lisärakentamisen yhteydessä, lämpöhäviöiden osuus tätä kautta oli pieni.

Lämpökamerakuvausella havaittiin, että talon alapohjaan ulkoseinän sisäpuolelle oli asennettu lämpökaapelit, joista kohteen nykyinen omistaja ei ollut tietoinen. Kaapelit ovat piilokuluttaneet sähköä vuosien ajan (kuva 12). Syytä kaapeleiden asentamiseen ei ole tiedossa.



KUVA 12. Lämmityskaapelien sijainti alapohjassa

### 3.2 Ilmavirtojen mittaus

Ilmavirtojen mittauksella pyrittiin selvittämään, onko rakennuksen ilmanvaihto määräysten mukainen. Mitattuja ilmanvaihdon arvoja tuli verrata määräyksiin ja ohjeisiin, jotka olivat voimassa haettaessa rakennuslupaa talolle. Koska ilmanvaihto on rakennettu vuonna 1998, tulee mitattuja arvoja verrata vuoden 1987 Suomen rakentamismääräyskokoelmaan D2:een.

Ennen mittausten aloittamista ilmanvaihtokone asetettiin teholle, jolla kone toimii suurimman osan ajasta. Mittaus suoritettiin käyttämällä anemometritorvea. Vuoden 1987 Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan hyväksyttävä poikkeama mitoitusarvoissa saa olla huonekohtaisesti +/- 20 %.

Rakennuksen tulo- ja poistoilmavirrat poikkesivat D2:n mukaisista suunnitteluarvoista yli 20 % lähes jokaisessa huoneessa. Suurimman huomion mittauksissa aiheutti rakennuksen poistoilman määrä. Rakennuksen poistoilmavirrat tulisi olla 5 - 10 % tuloilmavirtoja suuremmat, jotta kostea sisäilma ei pääsisi virtaamaan ulos rakenteiden läpi ja näin aiheuttaen kosteusvaurio riskin. Mittausten mukaan rakennus oli suuresti ylipaineinen (liite 1). Poistoilmavirrat olivat hyvin pieniä, joten on mahdollista, että ilmanvaihtokoneen poistoilmapuhallin on rikki. Mittaustuloksia analysoitaessa tulee ottaa huomioon mittajaan vähäinen kokemus ilmavirtamittauksista.

### 3.3 Vesikalusteiden vesivirtaamat

Vesikalusteiden kunnolla ja niiden vesivirtaamilla voidaan vaikuttaa rakennuksen vedenkulutukseen. Suomalainen käyttää vettä keskimäärin 155 litraa vuorokaudessa, vaikka nykyinen tavoitearvo on asetettu 100 - 120 litraan päivässä. Tähän tavoitteeseen päästään, kun investoidaan uusiin vesikalusteisiin, joissa vesivirtaamat ovat huomattavasti pienempiä kuin vanhoissa vesikalusteissa. Ihmisten käyttötottumuksilla on myös suuri vaikutus vedenkulutukseen.

Vesivirtaamien mittaus suoritettiin Oraksen mittakupilla, jolla näkee helposti vedenvirtauksen määrän litraa minuutissa. Hanojen vesivirtaamat olivat oikeat, joten suurimpiin toimenpiteisiin ei ole tarvetta ryhtyä. Kohteessa oli kolme WC-is-

tuinta, joista alakerran istuimet olivat kaksivetoisia ja yläkerran istuin yksivetoinen. Mikäli yläkerran WC-istuimien olisi kaksivetoisten, vedenkulutusta saataisiin pienennettyä hieman. Yläkerran ollessa tulevaisuudessa suurimmaksi osaksi tyhjiä, tulee WC:n käyttö olemaan hyvin vähäistä, joten WC-istuimien vaihtamiselle ei ole taloudellisia perusteita.

### **3.4 Rakennuksen sisäilma**

Rakennuksen sisäilmaa mitattiin VelociCalc-mittarilla kolmen päivän ajan. Mittari asennettiin mittaamaan rakennuksen hiilidioksidipitoisuutta, kosteutta sekä lämpötilaa kymmenen minuutin välein vuorokauden ajan yhdessä huoneessa. Mittari asennettiin olohuoneeseen, yhden- ja kahden hengen makuuhuoneisiin, joissa tiedettiin ihmisten oleskelevan.

Hiilidioksidi mittauksilla saatiin selville, onko rakennuksen ilmanvaihto riittävää. Talon ilmanvaihto on rakennettu vuonna 1998, joten mittaustuloksia tulee verrata vuoden 1987 Suomen rakentamismääräyskokoelmaan D2:een. ”Hiilidioksidipitoisuuden tulee alittaa arvo 2500 ppm, josta ihmisperäisen hiilidioksidin osuus on enintään 1500 ppm.” (39). Kohteen hiilidioksidimäärä olohuoneessa oli maksimissaan 805 ppm, 1 hengen makuuhuoneessa 1445 ppm ja 2 hengen makuuhuoneessa 1505 ppm. Arvot alittavat edellä mainitut määräykset, koska saaduissa arvoissa on mukana myös ulkoilman hiilidioksidimäärä, joka on arvioltaan n. 400 ppm. Ilmanvaihdon määrä on näin ollen riittävä mutta ei täytä nykyisiä vaatimuksia. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus saa nykyisin olla enintään 1200 ppm.

Huonetilojen lämpötila mittauksilla selvitetiin, onko rakennuksen vesikiertoinen patterilämmitys tasapainossa sekä toimivatko patteritermostaatit oikein. Kun patteriverkosto on tasapainossa sekä patteritermostaatit toimivat oikein, jokaisen huoneen lämpötila tulisi olla sama.

Olohuone ja kahden hengen makuuhuone olivat tasapainossa keskenään keskilämpötilan ollessa 19,4 °C. Yhden hengen makuuhuoneessa keskilämpötila oli 21,3 °C. Kahden asteen eroavaisuus on mielestäni suuri, joten patteriverkoston

tasapainotukselle sekä termostaattien toiminnan tarkastukselle voisi olla perusteet. Eroavaisuuteen voi vaikuttaa patteritermostaattien erilaiset asetusarvot. Lämpötilaeroon voi toki vaikuttaa myös esim. kodinelektroniikan määrä makuuhuoneessa tai henkilöiden oleminen huoneessa. Mitattujen hiilidioksidimäärien mukaan huoneessa ei kuitenkaan ole ollut päivällä henkilökuormaa lämmittämässä huonetta, joten lämpötilaero ei voi johtua henkilöiden luomasta lämpökuormasta. Huoneen kodinelektroniikan määrästä ei ole tietoa, joten tämän vaikutukseen ei voi ottaa kantaa.

## 4 RAKENNUKSEN KOKONAISENERGIANKULUTUS (E-LUKU)

Energiatodistuksen avulla voidaan rakennuksen energiatehokkuutta verrata muihin vastaaviin rakennuksiin. Asukkaiden lukumäärällä tai käyttötottumuksilla ei ole vaikutusta kokonaisenergian kulutukseen eli E-luvun suuruuteen. E-luku kertoo rakennuksen energiankulutuksen standardikäytöllä lämmitetyn nettoalan suhteen. E-luvun laskennan tuloksena saadaan rakennuksen ostoenergian määrä energiamuodoittain. Jokaisella eri energiamuodolla on eri kerroin, jolla ostoenergian määrä painotetaan (kuva 13). (40, s.4.)

Sähkö	1,7
Fossiiliset (kaasu, öljy)	1,0
Kaukolämpö	0,7
Uusiutuvat (puu, pelletti)	0,5
Kaukojäähdytys	0,4

*KUVA 13. Energiamuotojen kertoimet (40, s.5)*

E-luvun laskennassa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman D3:n ja D:5:n ohjeita ja määräyksiä. Rakennuksen energiatodistusta koskevat useat lait sekä säädökset, jotka tulee ottaa huomioon laskennan aikana, kuten Finlexin asetukset 50/2013, 147/2015, 170/2013 ja 176/2013 (41).

Työn kohteeseen laskettiin E-luku saatujen lähtöarvojen perusteella (liite 2). Rakennuksen kaukolämmön- sekä sähkönkulutus on esitetty taulukossa 5. Laskettu E-luku vastaa energiatehokkuusluokkaa E.



TAULUKKO 5. Rakennuksen laskettu kokonaisenergiakulutus- ja ostoenergiankulutus.

Käytettävä energianmuoto	Laskettu ostoenergia		Energianmuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWhE/(m <sup>2</sup> a)
	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Sähkö	14157	52	1,7	88
Kaukolämpö	83398	304	0,7	213
Fossiiliset polttoaineet			1	
Uusiutuva polttoaine			0,5	
Kaukojäähdytys			0,4	
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				301

## 5 VAIHTOEHDOT ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEEN

Työn tavoitteena oli suunnitella kolme erilaista parannusvaihtoehtoa kohteeseen, millä voitaisiin pienentää kohteen energiakulutusta. Parannusvaihtoehdon suunnittelussa tulee ottaa huomioon tilaajan antama budjetti, joka on 3000 - 5000 €. Budjetti ei ole kovin suuri, joten suuria muutoksia ei ole mahdollista tehdä. Vaihtoehdoissa A, B ja C esitetyt kustannusarviot ovat karkeita arvioita työn hinnasta, joten kustannukset voivat vaihdella suuntaan taikka toiseen. Asunnon kunnossapitotöistä voi saada kotitalousvähennystä, mitä ei kannata jättää käyttämättä. Vaihtoehtojen tulee olla luotettavia ja yksinkertaisia, että järjestelmää pystyy hoitamaan perehtymätönkin henkilö.

### 5.1 Vaihtoehto A

Ensimmäisenä parannusvaihtoehtona on uuden ilmanvaihtokoneen hankkiminen kohteeseen. Ilmanvaihtokoneen tekninen käyttöikä riippuu koneen käyttöajasta. Asuinrakennuksessa ilmanvaihtokone käy jatkuvasti ja sen tekniseksi käyttöikäksi on arvioitu 10 - 15 vuotta. Nykyinen ilmanvaihtokone on hankittu vuonna 1998, joten koneen puhaltimien tekninen käyttöikä on jo ylittynyt. Lisäksi vanhan ilmanvaihtokoneen ominaisuudet eivät ole nykyisten koneiden tasoisia. Nykyaikaisten ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton hyötysuhde on huomattavasti parempi kuin vanhoissa ilmanvaihtokoneissa, jolloin poistoilmasta saadaan lämpöä tehokkaammin talteen.

Valloxin asiantuntija ehdotti uudeksi ilmanvaihtokoneeksi Vallox 145 MV:tä. Tässä koneessa on ristivastavirtalämmöntalteenotto ja vuosihyötysuhde 75 %. Maksimi poistoilmavirta on 155 l/s. Tulo- ja poistoilmapuhaltimien teho on 175 W. Jälkilämmitys toimii sähköllä, jonka teho 900 W. Kyseinen ilmanvaihtokone on tarkoitettu suuriin asuntoihin.

Kohteen omistajalla oli toive, että hankittaisiin uusi ilmanvaihtokone palvelemaan ainoastaan ensimmäistä kerrosta ja siirrettäisiin vanha ilmanvaihtokone palvelemaan toista kerrosta. Samalla muutettaisiin ilmanvaihtokanavistoa sen verran, että tällainen muutos saataisiin tehtyä. Tämä sen takia, että toinen ker-

ros tulee tulevaisuudessa olemaan suurimman osan ajasta tyhjillään. Näin ilmanvaihdon määrä saataisiin minimiin toisessa kerroksessa ja lämpötila voitaisiin asettaa matalalle. Nykyinen kone kuitenkin olisi toiminnassa tarvittaessa, jolloin ilmanvaihto olisi riittävä. Kun otetaan huomioon ilmanvaihtokoneen käyttöikä, muutostöiden kustannukset sekä hankaluuden, tällaista ratkaisua ei ole järkevää ja perusteltua tehdä.

Vaihtoehto A:n kokonaiskustannukset ovat hieman alle 4000 €. Hintaan sisältyy Vallox 145 MV -ilmanvaihtokone, jota Valloxin asiantuntija suositteli. Koneen hinta on noin 2500 €. Ilmanvaihtokoneita valmistavat myös muut yritykset, joiden koneet voi olla halvempia tai kalliimpia verrattuna kyseiseen koneeseen. Ilmanvaihtokoneen asennustyöt sekä siihen tarvittavat osat kustantavat noin 1000 €. Ilmamäärien suunnittelu sekä säätö maksavat noin 300 €.

Vuosittaiseksi sähköenergian säästöksi saatiin laskettua noin 183 €. Sähköenergian säästön määrä on saatu laskettua E-lukulaskurilla. E-lukulaskuri on tehty käyttämällä hyväksi ympäristöministeriön laatimaa omakotitalon energiatoistuksen laadintaesimerkkiä. Laaditulla laskurilla vuosittainen sähköenergian säästö on 4384 kWh. Energiansäästöön vaikuttaa uuden ilmanvaihtokoneen parempi lämmöntalteenotto-laite sekä pienempi SFP-luku. SFP-luku kertoo ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon. Tämän hetkiselällä ilmanvaihtokoneella E-luvuksi saatiin laskettua 301 (liite 2).

Takaisinmaksuajaksi saatiin laskettua hieman alle 22 vuotta. Takaisinmaksuajan arvoina käytettiin Oulun Energian sähkön myyntihintaa, joka oli 24 kuukauden määräaikaisessa sopimuksessa 4,17 snt/kWh. Todennäköisesti takaisinmaksuaika tulee olemaan pitempi johtuen sähköenergian hinnan noususta.

## **5.2 Vaihtoehto B**

Toinen parannusvaihtoehto kohteeseen olisi älylämmitys. Älykkäällä lämmityksenohjauksella voidaan saada oikea lämpötila jokaiseen huoneeseen omien aikataulujen perusteella. Näin lämmityksen energiankulutus saadaan minimoitua. Kohteen lämmitysmuotona on kaukolämpö vesikiertoisella patterilämmityksellä. Lämmityksenohjausjärjestelmä sopii vesikiertoiseen lämmitysmuotoon.

Tämän järjestelmän etuna on se, että lämmityksen energiakulutukseen voi vaikuttaa huomattavasti enemmän verrattuna nykyiseen ratkaisuun. Huonelämpötiloja voidaan laskea useilla asteilla ajankohdaksi, jolloin rakennuksessa ei ole kella. Järjestelmä palauttaa oikean lämpötilan rakennukseen haluttuna ajankohdaksi, joten asumisviihtyvyyteen lämpötilan lasku ei vaikuta. Huonelämpötiloja voi laskea loman, työpäivän tai yön ajaksi. Järjestelmä huomioi asukkaiden kotoaolon, ulkolämpötilan ja sääennusteen, jolloin järjestelmä osaa ennakoida muuttuvat sääolot.

Vanhojen huonekohtaisten termostaattien tilalle asennetaan langattomia lämmittimenohjaimia, joita järjestelmän keskusyksikkö ohjaa. Huoneisiin asennetaan langattomat lämpötila-anturit mittaamaan huoneen lämpötilaa. Kun huoneiden halutut lämpötilat on asetettu, lämmitys toimii täysin automaattisesti. Asetuksia voidaan muuttaa etänä millä tahansa äylaitteella. Järjestelmään voidaan myös laittaa hyvin tarkasti ajankohdat ja lämpötilat, mitä milloinkin tulee huoneessa olla. Tämä kaikki tapahtuu internetin kautta, johon järjestelmän keskusyksikkö on yhteydessä jatkuvasti.

Tällaisia ratkaisuja tarjoaa esimerkiksi Kotivo ja Danfoss. Kustannusarviokysely lähetettiin molempiin yrityksiin, mutta ainoastaan Danfossilta saatiin suuntaa antava kustannusarvio tällaisen järjestelmän asennukseen. Hinnaksi tulisi vajaa 2300 €.

Lämmitysenergian säästöä ja takaisinmaksuaikaa on hyvin vaikea arvioida, koska talon huonelämpötilat ovat mittauksien mukaan matalalla. Motivan koordinoiman hankkeen mukaan kyseisellä lämmityksenohjausjärjestelmällä on päästy noin 20 % lämmitysenergiankulutuksen säästöihin. Märkätilojen lattia-  
lämmityksessä päästään jopa 40 % säästöihin.

Ratkaisu olisi hyvä tähän kohteeseen, koska omakotitalo on suuri mutta siinä tulee asumaan suurimmaksi osaksi 2 henkilöä, joten tyhjien huoneiden lukumäärä on suuri. Näin ollen tyhjien huoneiden lämpötila voidaan asettaa normaalia matalammaksi. E-lukulaskurilla saatiin laskettua kyseiseen taloon energiansäästö, mikäli huonelämpötilaa lasketaan yhdellä asteella. Vuosittaiseksi lämmitysenergian säästöksi saatiin noin 6,0 %. Lisäksi talon asukkaat ovat paljon

pois, joten näin saataisiin laskettua helposti ja vaivattomasti rakennuksen lämpötilaa kyseisille ajanjaksoille.

### **5.3 Vaihtoehto C**

Kolmas parannusvaihtoehto olisi patteriverkoston tasapainotusta. Samalla tulee varmistaa patteritermostaattien toiminta ja huonelämpötilojen asetusarvot. Järjestelmään ei ole tehty muutoksia sen asentamisen jälkeen, joten rakennuksen lämmityksentehontarve ei välttämättä ole enää saman suuruinen kuin vuonna 2005.

Patteriverkoston tasapainotus tulee maksamaan noin 1000 €. Hintaan sisältyy patteriverkoston kartoitus paikan päällä sekä verkoston mallintaminen sähköisesti dwg-muotoon. Näiden osuus kustannuksista on noin 500 €. Verkoston patteri- ja linjansäätöventtiilien esisäätöarvojen suunnittelu maksaa noin 300 €. Termostaattien ollessa nykyaikaiset itse tasapainotustyö maksaa noin 200 €.

Patteriverkoston tasapainotuksella voi päästä 10 - 15 %:n säästöihin. Säästöjen suuruuteen vaikuttaa kuitenkin talon lämmitysolosuhteiden lähtötilanne. E-lukulaskurilla saatiin laskettua kyseiseen taloon energiansäästö, mikäli huonelämpötilaa lasketaan yhdellä asteella. Vuosittaiseksi lämmitysenergian säästöksi saatiin noin 6,0 %. Tässä kohteessa huonelämpötilat ovat mittauksien mukaan matalalla, joten patteriverkoston perussäädön takaisinmaksuaika tulee olemaan pitempi verrattuna kohteisiin, joissa huonelämpötilat ovat korkeammalla. Tämän takia patteriverkoston tasapainotuksen tarkkaa takaisinmaksuaikaa on vaikea arvioida.

## 6 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli parantaa Raahessa sijaitsevan omakotitalon energiatehokkuutta ja pienentää talon kokonaisenergiankulutusta. Opinnäytetyössä esitettiin vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseen yleisellä tasolla, mitä voidaan hyödyntää vastaavissa pientaloissa. Työssä laskettiin myös omakotitalon E-luku.

Energiatehokkuutta parantavia vaihtoehtoja suunniteltaessa tuli ottaa huomioon pieni budjetti, joten laajempia toimenpiteitä, jotka tuottavat paremman lopputuloksen, ei ollut mahdollisuus tehdä. Talon omistaja on tietoinen energiakustannuksista ja on omalla aktiivisella toiminnalla pyrkinyt vähentämään kohteen energiankulutusta. Työn aikana huomattiin, että jo pienillä ja kohtuullisen halvoilla ratkaisuilla voidaan pienentää talon energiakulutusta.

Talon energiatehokkuutta parantaviksi vaihtoehtoina esitettiin uuden ilmanvaihdon hankintaa, älylämmityksen asentamista vanhojen patteritermostaattien tilalle tai patteriverkoston tasapainotusta. Kaikki kolme vaihtoehtoa parantavat talon energiatehokkuutta. Investointien takaisinmaksuaikaa oli vaikea arvioida johtuen kohteen valmiiksi matalalla olevista huonelämpötiloista.

## LÄHTEET

1. Energiatehokkuus. Työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavissa: <http://tem.fi/energiatehokkuus>. Hakupäivä 21.4.2017.
2. Energiatehokkuus ja säästö. Suomen luonnonsuojeluliitto. Saatavissa: [http://www.sll.fi/mita-me-teemme/ilmasto/energiatehokkuus\\_ja\\_saasto](http://www.sll.fi/mita-me-teemme/ilmasto/energiatehokkuus_ja_saasto). Hakupäivä 31.1.2017.
3. Asumisen energiatehokkuus. Suomen luonnonsuojeluliitto. Saatavissa: [https://www.sll.fi/mita-me-teemme/ilmasto/energiatehokkuus\\_ja\\_saasto/asumisen\\_energiatehokkuus](https://www.sll.fi/mita-me-teemme/ilmasto/energiatehokkuus_ja_saasto/asumisen_energiatehokkuus). Hakupäivä 17.4.2017.
4. Otronen, Eero 2016. Vapaaehtoista energiatehokkuutta. Lämmöllä 3/2016. s.3.
5. Energiatehokkuussopimukset. Saatavissa: <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/energiatehokkuussopimukset/>. Hakupäivä 6.4.2017.
6. Olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuus. 2017.Ymparisto. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen\\_energia\\_ja\\_ekotehokkuus/Olemassa\\_olevan\\_rakennuksen\\_energiatehokkuus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiatehokkuus). Hakupäivä 31.3.2017.
7. Kodin energiaopas. Motiva. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/fi-les/10416/Kodin\\_Energia\\_Opas.pdf](http://www.motiva.fi/fi-les/10416/Kodin_Energia_Opas.pdf). Hakupäivä 20.3.2017.
8. Lämmin vesi. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/energiatehokas\\_sahkolammitys/lammin\\_vesi](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/energiatehokas_sahkolammitys/lammin_vesi). Hakupäivä 24.3.2017.
9. D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 21.4.2017.
10. Lämmitys ja ilmanvaihto luovat asumisviihtyvyyttä. eneuvonta. Saatavissa: <http://www.eneuvonta.fi/asu/lammitys-ja-ilmanvaihto-luovat-asumisviihtyvyytta#212>. Hakupäivä 30.3.2017.

11. Seppänen, Olli 2008. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Anjalankoski. Solver palvelut Oy.
12. Levylämmönsiirrin. eQ Plate. Saatavissa: <http://m.flaktwoods.fi/tuotteet/acs/ilmankasittelykoneet/eg/lammon-talteenotto/eq-plate>. Hakupäivä 27.4.2017.
13. Pyörivä lämmönsiirrin. Swegon. Saatavissa: <https://www.swegon.com/fi/Swegon-Home-Solutions/Tuotteet/Ilmanvaihtolaitteet/Pyorivakennoiset-R-sarja/CASA-R120-Premium/?p=1&selectedfolder=%2FGlobal%2FPDFs%2FHome+ventilation%2FGeneral%2F&sort=type&desc=0&doctype=&lang=finnish&cust=&q=>. Hakupäivä 27.4.2017.
14. Vedenkulutus. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus). Hakupäivä 24.3.2017.
15. Vedensäästö. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/nain\\_saastat\\_energiaa/vedensaasto](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/vedensaasto). Hakupäivä 24.3.2017.
16. Opas järkevään veden käyttöön. 2014. Verto. Saatavissa: [https://vercon.studio.crasman.fi/file/dl/i/m69DtA/lcpSOYL16\\_anGDU9N5rpEg/Vercon-Vedenkayttoopas-2014.pdf](https://vercon.studio.crasman.fi/file/dl/i/m69DtA/lcpSOYL16_anGDU9N5rpEg/Vercon-Vedenkayttoopas-2014.pdf). Hakupäivä 19.2.2017.
17. Pidä veden kulutus kurissa. 2014. Motiva. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=x-2ToDmOkVc>. Hakupäivä 19.2.2017.
18. Lämmin sää laski asumisen energiankulutusta vuonna 2015. 2016. Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/asen/2015/asen\\_2015\\_2016-11-18\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2015/asen_2015_2016-11-18_tie_001_fi.html). Hakupäivä 21.4.2017.
19. Patteriverkoston perussäätö. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston\\_perussaato](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato). Hakupäivä 24.3.2017.
20. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. 2002. Motiva. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>. Hakupäivä 20.2.2017.



21. Patteriverkosto kuntoon – ohjeita patteriverkoston perussäädön tilaajalle. Motiva. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/10718/Patteriverkosto\\_kuntoon\\_ohjeita\\_patteriverkoston\\_perussaadon\\_tilaajalle.pdf](http://www.motiva.fi/files/10718/Patteriverkosto_kuntoon_ohjeita_patteriverkoston_perussaadon_tilaajalle.pdf). Hakupäivä 20.2.2017.
22. Auringosta lämpöä ja sähköä. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_2016.pdf](https://www.motiva.fi/files/12322/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_2016.pdf). Hakupäivä 31.3.2017.
23. Miten aurinkojärjestelmä toimii. Sundial. Saatavissa: <http://www.sundial.fi/aurinko.php?page=aurinko3>. Hakupäivä 27.4.2017.
24. Ikkunoiden energiatehokkuus. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/vaikuta\\_hankinnoilla/ikkunoiden\\_energialuokitus/ikkunoiden\\_energiatehokkuus](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus). Hakupäivä 24.03.2017.
25. Ikkunoiden energiatehokkuus. 2016. Ymparisto. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Energiatehokkuus/Energiankulutus/Ikkunat>. Hakupäivä 18.2.2017.
26. Ikkunoiden energialuokitusmerkki. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/etusivu\\_2010/koti\\_ja\\_asuminen/vaikuta\\_hankinnoilla/ikkunoiden\\_energialuokitus/ikkunoiden\\_energialuokitusmerkki](https://www.motiva.fi/etusivu_2010/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energialuokitusmerkki). Hakupäivä 18.2.2017.
27. Pirttikoski, Jaakko 2014. Erilainen ikkunaremontti hyödyntää vanhaa. Suomalainen maaseutu. Saatavissa: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/erilainen-ikkunaremontti-hy%C3%B6dynt%C3%A4%C3%A4-vanhaa-1.57094>. Hakupäivä 18.2.2017.
28. C3 (2010). 2008. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c3\\_2010.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/c3_2010.pdf). Hakupäivä 18.2.2017.
29. Heimonen, Ismo 1997. Kondenssi ikkunoiden ulkopintaan. Lasirakentaja 1/97. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/96/kondenssi.pdf>. Hakupäivä 18.2.2017.

30. MSEA 0.82 Ekoenergia huurtumaton. Piklas ikkunat ja ovet. Saatavilla: <https://www.piklas.fi/ammattilaisille/ovet-ja-ikkunat/ikkunat/puualumiini-ikkunat/msea-ekoenergy-frostfree>. Hakupäivä 24.4.2017.
31. Ovikorjaus. Energiakorjaus. Tekninen kortti 5. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo\\_5\\_Ovikorjaus\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_5_Ovikorjaus_2013_02_01.pdf). Hakupäivä 18.02.2017.
32. Ikkunakorjaus. Energiakorjaus. Tekninen kortti 4. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo\\_4\\_Ikkunakorjaus\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_4_Ikkunakorjaus_2013_02_01.pdf). Hakupäivä 18.02.2017.
33. Marttila, M - Virta, J. Lausunto 29.8.2008. Suomen rakentamismääräyskokoelman osien C3, D2 ja D3 uusiminen. Suomen kiinteistöliitto. Saatavilla: <http://www.kiinteistoliitto.fi/attachements/2008-09-01T15-19-1769.doc>. Hakupäivä 20.4.2017.
34. Ilmatiiveys. Energiakorjaus. Kortti F. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/RVkortit\\_pientalot\\_F-ilmatiiveys.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/RVkortit_pientalot_F-ilmatiiveys.pdf). Hakupäivä 20.2.2017.
35. Ulkoseinän lisälämmöneristys. Energiakorjaus. Tekninen kortti. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo\\_6\\_Ulkoseina\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf). Hakupäivä 20.4.2017.
36. Alapohjan lisälämmöneristys. Energiakorjaus. Tekninen kortti 8. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo\\_8\\_Alapohja\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_8_Alapohja_2013_02_01.pdf). Hakupäivä 19.2.2017.
37. Yläpohjan lisälämmöneristys. Energiakorjaus. Tekninen kortti 7. 2013. Rakennusvalvonta Oulu. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo\\_7\\_Ylapohja\\_2013\\_02\\_01.pdf](http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_7_Ylapohja_2013_02_01.pdf). Hakupäivä 19.2.2017.
38. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2017. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energian kaytto/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi). Hakupäivä 15.4.2017.

39. D2 (1987). Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.energiakorjaus.info/pages/files/rakmk\\_old\\_fi/D2\\_1987\\_Rakennusten\\_sisailmasto\\_ja\\_ilmanvaihto\\_2.pdf](http://www.energiakorjaus.info/pages/files/rakmk_old_fi/D2_1987_Rakennusten_sisailmasto_ja_ilmanvaihto_2.pdf). Hakupäivä 14.4.2017.
40. Heikki Rantula. Mikä ihmeen E-luku. enevonta. Saatavissa: [http://www.kotka.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/kotka/embeds/kotkawwwstructure/22612\\_Rantula23092014\\_Mika\\_ihmeen\\_E-luku.pdf](http://www.kotka.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/kotka/embeds/kotkawwwstructure/22612_Rantula23092014_Mika_ihmeen_E-luku.pdf). Hakupäivä 28.4.2017.
41. Rakennuksen energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakennuksen\\_energiatehokkuutta\\_koskeva\\_lainsaadanto](http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto). Hakupäivä 28.4.2017.

<b>ILMANVAIHDON MITTAUSPÖYTÄKIRJA</b>
---------------------------------------

Rakennuskohde: Omakotitalo

Pvm: 24.2.2017

Mittaaja: Jani Kokkila

Tuloilma l/s			Poistoilma l/s		
	Ilmamäärä			Ilmamäärä	
Alakerta	Mitattu	Suunniteltu	Alakerta	Mitattu	Suunniteltu
Keittiö	8	Siirto	Keittiö	5	20
Olohuone/Ruokailu	14	19	Pesuhuone	5	15
Makuuhuone 1	6	4	WC 1	5	10
Makuuhuone 2	4	4	Sauna	5	6
Makuuhuone 3	6	4	Takkahuone	4	
Makuuhuone 4	10	8	Makuuhuone 4	4	
Takkahuone	5	7	WC 2	5	10
<b>Yläkerta</b>			<b>Yläkerta</b>		
Makuuhuone 5	9	4	Aula	3	Siirto
Makuuhuone 6	14	4	Vaatehuone	?	3
			WC 3	4	10
<b>Yhteensä</b>	<b>76</b>	<b>54</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>40</b>	<b>74</b>
<b>Rakennus on ylipaineinen</b>	<b>90 %</b>				
?		Ilmavirtaa ei voitu mitata mittalaitteen suuren koon vuoksi			
Suunniteluarvot on ohjearvoja huoneille vuoden 1987 Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:sta					

<b>LÄHTÖÄRVOT</b>		
	<b>A,m<sup>2</sup></b>	<b>U(W/m<sup>2</sup>K)</b>
Seinät	230	0,81
Ikkunat etelä	10,7	1,75
Ikkunat pohjoinen	4,7	2,48
Ikkunat länsi	9,3	2
Ikkunat itä	15	1,66
Yläpohja	182	0,47
Ovet	9,4	2,74
Alapohja	182	0,47
Yhteensä	643,1	
Lämmitetty nettoala	274	
Rakennuksen tilavuus	650	
<b>Kylmäsilat</b>	<b>l (m)</b>	<b>ψ (W/mK)</b>
ikkuna / ovi	176,5	0,04
seinä / yläpohja	84,7	0,05
seinä / alapohja	84,7	0,1
Nurkat	51,2	0,04
Lämpökapasiteetin ominaisarvo (Wh/m <sup>2</sup> K)		110
Sähköenergian ominaiskulutus (Wh/m <sup>2</sup> K)		2
SFP		2,5
Poistoilmavirta qv(m <sup>3</sup> /s)		0,0004
Tuloilmavirta qv(m <sup>3</sup> /s)		0,0004
Vuotoilmaluku m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )		6,0000000
Vuotoilmavirta		0,045
LTO:n vuosihyötysuhde		0,75

<b>Ostoenergian- ja kokonaisenergiankulutus</b>					
<b>Energiamuoto</b>	<b>Ostoenergiankulutus</b>		<b>Kerroin</b>	<b>Kokonaisenergiankulutus</b>	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWhE/a	kWhE/(m <sup>2</sup> a)
<b>Kaukolämpö</b>	<b>83398</b>	<b>304</b>	<b>0,7</b>	<b>58379</b>	<b>213</b>
Tilojen Lämmitys	78142	285	0,7	54699	200
Lämmin käyttövesi	5257	19	0,7	3680	13
<b>Sähkö</b>	<b>14157</b>	<b>52</b>	<b>1,7</b>	<b>24066</b>	<b>88</b>
Ilmanvaihtojärjestelmä	7916	29	1,7	13457	49
Kuluttajalaitteet ja valaistus	6241	23	1,7	10609	39
<b>Yhteensä</b>				<b>82445</b>	<b>301</b>