

Mika Isohookana

**1970-LUVUN PERUSELEMENTTIKERROSTALON  
ILMANVAIHDON KORJAUSKONSEPTIT JA NIIDEN  
KUSTANNUSVAIKUTUKSET**

**1970-LUVUN PERUSELEMENTTIKERROSTALON  
ILMANVAIHDON KORJAUSKONSEPTIT JA NIIDEN  
KUSTANNUSVAIKUTUKSET**

Mika Isohookana  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-suunnittelu

---

Tekijä: Mika Isohookana  
Opinnäytetyön nimi: 1970-luvun peruselementtikerrostalon ilmanvaihdon korjauskonseptit ja niiden kustannusvaikutukset  
Työn ohjaaja: Pirjo Kimari  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 56 + 8 liitettä

---

Työn tilaajana toimi VVO. Työn aiheena oli tehdä ilmanvaihdon kuntotutkimus nykyiseen poistoilmanvaihtojärjestelmään ja laatia sen perusteella korjausehdotuksia nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle. Nykyisen poistoilmanvaihdon korjausehdotuksen investointi- ja ylläpitokustannuksia vertailtiin muihin parantamisvaihtoehtojen investointi- ja ylläpitokustannuksiin. Muita parantamisvaihtoehtoja olivat poistoilmalämpöpumpun asentaminen nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään, huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden asentaminen sekä keskitetty tulo-/poistoilmanvaihto.

Esimerkkikohteena työssä oli VVO:n omistama kiinteistö Oulussa, Aleksanterinkatu 48. Ilmanvaihdon kuntotutkimuksen perusteella nykyiseen ilmanvaihtojärjestelmään laadittiin korjausehdotuksina ilmanvaihtokanavien nuohous ja ilmavirtojen säätö, liesikupujen asentaminen, päätelaitteiden uusiminen ja huippuimureiden uusiminen. Nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän korjauskustannuksiksi laskettiin 33 084 €, poistoilmalämpöpumpun asentamiselle noin 105 000 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille noin 106 000 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle noin 169 000 €. Vuosittaisiksi ylläpitokustannuksiksi laskettiin nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle 8675 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille 7158 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle 3795 €. Poistoilmalämpöpumpun vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi laskettiin 1500 € ja poistoilmalämpöpumpun vuosittaisiksi säästöiksi laskettiin 3628 €.

Laskelmien perusteella kahdenkymmenen vuoden elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto on nykyisen järjestelmän korjaaminen. Poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksu ajaksi laskettiin 23 vuotta, mikä selittyy investoinnin suuruuteen nähden vähäisistä vuosittaisista energiansäästöistä.

---

Asiasanat:  
Ilmanvaihto, kustannukset, vertailu, korjausrakentaminen, energiatehokkuus

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	1
SISÄLLYS	2
1 JOHDANTO	4
2 TUTKIMUSKOHDE	5
2.1 Kohteen yleiskuvaus	5
2.2 Ilmanvaihtojärjestelmä	7
2.2.1 Ilmavirrat ja päätelaitteet	8
2.2.2 Kanavat	11
2.2.3 Huippuimurit	12
2.2.4 Korvausilma	15
2.2.5 Ylläpito	16
3 ILMANVAIHDON PARANTAMISVAIHTOEHDOT	17
3.1 Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus	18
3.2 Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus ja poistoilmalämpöpumpun lisääminen	20
3.3 Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet	23
3.4 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä	25
4 PARANTAMISVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUKSET	28
4.1 Investointikustannukset	28
4.1.1 Nykyisen järjestelmän saneeraus	28
4.1.2 Nykyisen järjestelmän saneeraus ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen	31
4.1.3 Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone	33
4.1.4 Keskitetty ilmanvaihtokone ilmavirran ohjauksella	36
4.2 Käyttökustannukset	39
4.2.1 Huoltokustannukset	39
4.2.2 Energiakustannukset	40
4.3 Elinkaarikustannukset ja takaisinmaksuaika	45
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	47

6 YHTEENVETO	49
LÄHTEET	53
LIITTEET	56

# 1 JOHDANTO

Työn kohteena on tutkittavana tyypillinen 1970-luvun peruselementtikerrostalo Oulun Heinäpäässä, jossa on alkuperäinen koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä eikä ilmanvaihtojärjestelmää ole kartoitettu tarkemmin.

Työssä selvitetään nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän kunto (kanavistot, huippuimurit, päätelaitteet, ilmavirrat yms.), jonka perusteella laaditaan korjauskonsepteja nykyiseen järjestelmään mm. kanavien puhdistus, liesikupujen lisääminen, huippuimureiden saneeraus, ilmavirtojen säätö sekä korvausilmaventtiilit. Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän korjaus- ja ylläpitokustannuksia vertaillaan poistoilmalämpöpumpun asentamisen, huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden ja keskitetyn ilmanvaihdon investointi- ja ylläpitokustannuksiin.

Työn tavoitteena on selvittää ja vertailla eri ilmanvaihdon parantamiskonseptien investointikustannuksia ja käyttökustannuksia sekä laskea niiden elinkaarikustannukset. Työssä selvitetään myös eri järjestelmien vaikutusta sisäilmasto-oloihin. Koska valittuna kiinteistökohteena on hyvin tyypillinen elementtirakennus, ovat tulokset hyödynnettävissä laajalti suomalaisen kiinteistökannan kehittämisessä.

## **2 TUTKIMUSKOHDE**

Ilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimuksessa selvitettiin olemassa oleva ilmanvaihtojärjestelmä. Lisäksi tutkimuksessa mitattiin ilmavirtoja, selvitettiin päätelaitteiden tyyppejä, tutkittiin silmämääräisesti kanaviston materiaaleja ja kuntoa, selvitettiin huippuimureiden kuntoa ja tyyppejä sekä tutkittiin huoneistojen korvausilman toteutusta.

Kiinteistökerroksella kierrettiin 11 asuinhuoneistoa sekä yhteistilat. Suoritetut ilmavirtamittaukset mitattiin Velocicalc 9555-P -mittauslaitteella. Suurin osa ilmamäärästä mitattiin anemometritorvella. Isoimpien asuinhuoneistojen keittiöiden sekä irtainvarastotilojen päätelaitteista ilmavirta mitattiin paine-eroa mittaamalla. Kiinteistöllä tehty tutkimus suoritettiin 1.10.2015 ja huippuimureiden kunto tarkastettiin 30.10.2015 kohteen huoltomiehen kanssa. Huoneistoissa otettiin valokuvia päätelaitteista, kanavista sekä korvausilmaikkunoista. Kanaviston kunto ja puhtaus arvioitiin visuaalisesti havainnoiden.

### **2.1 Kohteen yleiskuvaus**

Työn kohteena on tyypillinen 1970-luvun peruselementtikerrostalo, jossa on alkuperäinen koneellinen poistoilmanvaihto. Yleistiedot kohteesta esitetään taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Yleistiedot

Nimi	VVO Aleksanterinkatu 48
Katuosoite	Aleksanterinkatu 48
Postinumero	90120
Postitoimipaikka	Oulu
Kiinteistötyyppi	Kerrostalo
Lämmitysmuoto	Kaukolämmitys
Tontit yhteensä	1
Rakennukset yhteensä	1
Asuinrakennukset yhteensä	1
Rakennustilavuus	7230
Lämmitetty tilavuus	7230
Asunnot yhteensä	33
Asuinhuoneistoala	1771,5
Kerrosala	2170
Yhteistilat yhteensä	5
Porraskäytävät	2
Rakennusvuosi	1977
Kerrokset	6

Tampuurin tietojen mukaisesti kohteeseen on tehty taulukon 2 mukaisia korjauksia ja tutkimuksia. Lisäksi käytössä on vuonna 2011 tehty nuohous- ja ilmavirtojänsäätöpöytäkirja ja vuonna 1993 tehty kiinteistön peruskuntoarvio, joita ei tampuurista löydy.



## TAULUKKO 2. Korjaushistoria

Nimi	Vuosi
kuntoarvio	2003
betonijulkisivun paikkakorjaus ja suojapinnoitus	2004
parvekkeiden paikkakorjaus ja suojapinnoitus	2004
elementtisaumojen osittainen uusiminen	2004
sokkelin kunnostus	2004
lvv-kuntotutkimus	2004
mittauskytkentä	2004
parvekkeiden paikkakorjaus ja suojapinnoitus	2004
lukkojen sarjoitus	2005
nuohous ja ilmavirtojen säätö	2005
porrashuoneen hiutalemaalaus	2006
digi-päivitys	2006
porrashuoneen ala-aulan kunnostus	2006
nurmikoiden uusiminen	2006
lv-suunnittelu	2006
leikkivälineiden uusiminen	2006
yhteistilojen maalaus	2006
vanhan huopakatteen purku ja uuden huopakatteen asennus	2006
saunaosaston kunnostus	2007
pesulan lisäys	2007
lämmönsiirtimien uusiminen	2009
lämmönsäätö, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen	2009
hissin modernisointi	2009
avustus / hissi	2009
ikkunoiden, parvekeovien sekä huoneisto-ovien uusiminen	2011
teräsovien uusiminen	2011
avustus / energia	2011
julkisivujen kuntoarvio	2013
lvv-kuntotutkimus	2015

### 2.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksessa on koneellinen yhteiskanavapoisto ja korvausilma on toteutettu korvausilmaikkunoilla, jotka on asennettu vuonna 2011. Poistoilmahormit ovat

rakenneaineisia ja hormeja on yhteensä 8 kappaletta. Ilmanvaihtohormien haaroitukset sekä yhdyskanavistot ovat sinkitystä pellistä. Huippuimureita on yhteensä viisi, joista kaikki ovat kaksinopeuksisia. Liesikupuja ei ollut mittaukseen valituissa huoneistoissa kuin kolmioissa; huoneistot 60 ja 71. Liesikupuja ei ole yhdistetty kanavistoon kiinteästi, vaan kupujen yläpuolella on päätelaitteet.

## **2.2.1 Ilmavirrat ja päätelaitteet**

Ilmavirtojen mittaamiseen käytettiin Velocicalc 9555-P -mittalaitetta. 9 huoneistoa mitattiin huippuimureiden käydessä puolella teholla ja 2 huoneistoa mitattiin huippuimureiden käydessä täydellä teholla. 1 huoneisto jätettiin mittaamatta huoneiston kunnon vuoksi. Mittaustulokset ja päätelaitteiden tarkemmat tyypit esitetään mittauspöytäkirjassa liitteessä 1. Suunnitellut ilmamäärät on suunniteltu huippuimureiden käydessä täydellä teholla.

Huippuimureiden käydessä täydellä teholla huoneistossa G 53 päästiin suunniteltuun ilmamäärään. H 82 huoneistossa mitattiin keittiöstä ja pesuhuoneesta 2 l/s alle suunnitellun ilmamäärän. Huippuimureiden käydessä puolella teholla mitattiin eri huoneistoissa toisistaan poikkeavia ilmamääriä ja joissakin huoneistoissa ilmamäärä oli lähellä suunniteltua ilmamäärää. Mittaustuloksia ja kanaviston kuntoa tarkastellessa voidaan todeta, että ilmanvaihto on säädön ja nuohouksen tarpeessa vaihtelevien ja alhaisten ilmavirtojen takia.

Päätelaitteet tunnistettiin visuaalisesti havainnoiden sekä vuoden 2011 nuohous- ja ilmavirtojensäätöpöytäkirjaa hyödyntäen. Päätelaitteet ovat tarkastuksella kierrettyissä huoneistoissa alkuperäisiä lukuunottamatta huoneistoja H 66 sekä H 71, joiden pesuhuoneissa on uudemmat päätelaitteet. Suurimmaksi osaksi päätelaitteisiin on kertynyt huomattava määrä pölyä ja likaa (kuvat 1, 2, 3 ja 4) ja venttiilien tiivisteet ovat pahoin kuluneet (kuva 2). Yhteistilojen päätelaitteet ovat puhtaita ja hyväkuntoisia. Saunaosaston ja pesulan päätelaitteet on uusittu korjausten yhteydessä vuonna 2007.



*KUVA 1. H 66 -huoneiston pesuhuoneen KS 100 -päätelaitte*



*KUVA 2. H 80 -huoneiston pesuhuoneen KS 100 -päätelaitte*



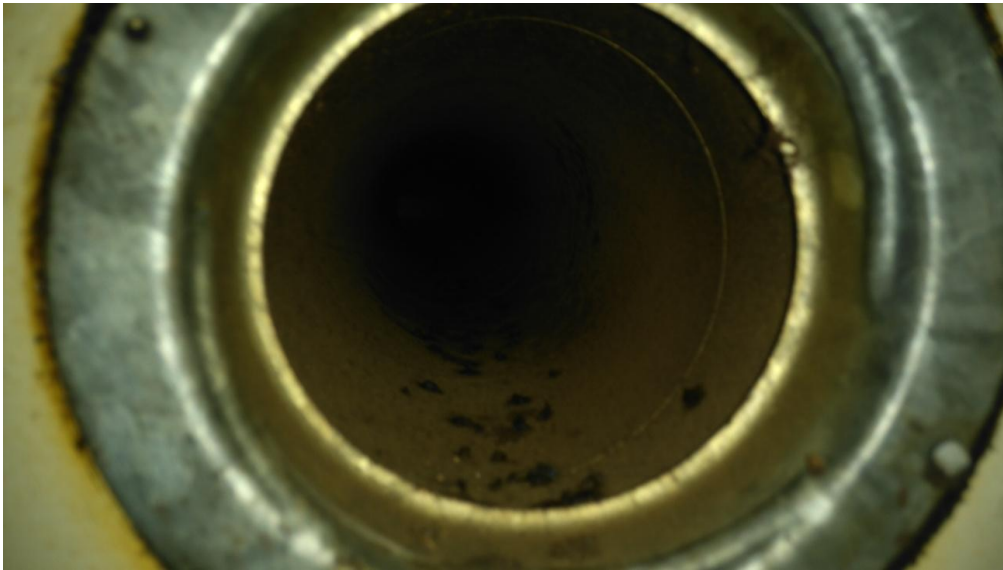
*KUVA 3. H 60 -huoneiston keittiön KK 150 -päätelaitte liesikuvun yläpuolella*



*KUVA 4. G 55 -huoneiston keittiön KS 100 -päätelaitte*

### 2.2.2 Kanavat

Paikalla tehtyjen havaintojen sekä 1993 tehdyn kuntoarvion mukaan poistoilmahormit on rakennettu betonista ja liitokset on tehty sinkitystä pellistä. Liitoksissa on havaittavissa irtoavaa pölyä sekä irtoamatonta pölykertymää. Lisäksi keittiön liitoksissa on havaittavissa rasvakertymää (kuvat 5 ja 6). Hormien puhtautta ei pääse arvioimaan selkeästi huoneistojen liitoksista, eikä hormien tiivyydestä ole tietoa.



*KUVA 5. G 55 -huoneiston keittiön liitos hormiin*



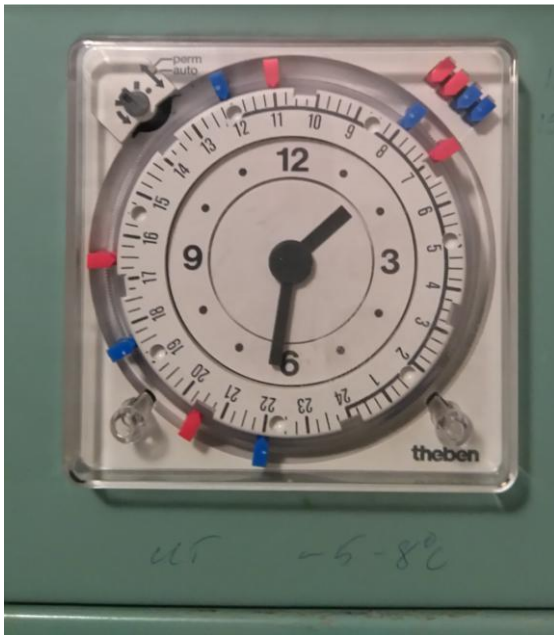
*KUVA 6. H 82 -huoneiston pesuhuoneeseen liitos hormiin*

### **2.2.3 Huippuimurit**

Huippuimureita on yhteensä viisi, joiden mallit, tehot ja palvelualueet esitetään taulukossa 3. Huippuimurit ovat kaksinopeuksisia, ja niitä ohjataan kello-ohjauksella (kuva 7). Puhaltimet käyvät täydellä teholla neljä kertaa päivässä klo 8–9, 11–12, 16.30–18.30 sekä 20.30–22. Muina aikoina puhaltimet käyvät puolella teholla.

TAULUKKO 3. Huippuimureiden mallit, tehot ja palvelualueet

	Malli/moottori			Palvelualueet
HI 1	Valmet	$q_v=0,25/0,125 \text{ m}^3/\text{s}$	200 Pa	Hormi 1
HI 2	ei tiedossa	$q_v = 0,28/0,14 \text{ m}^3/\text{s}$	250 Pa	Hormit 2 ja 3
HI 3	Kolmeks ONKV-102A 3/6	$q_v = 0,66/0,33 \text{ m}^3/\text{s}$	250 Pa	Hormit 4 ja 5 sekä yhteistilat
HI 4	Valmet MUH 31 - 3/6	$q_v = 0,28/0,14 \text{ m}^3/\text{s}$	250 Pa	Hormit 6 ja 7
HI 5	Elmo QS 80/SL-6-12	$q_v = 0,25/0,125 \text{ m}^3/\text{s}$	200 Pa	Hormi 8



KUVA 7. Huippuimureiden kello-ohjaus

Huippuimurit ovat rakenteellisesti kunnossa; siipipyörät ovat ehjiä sekä laakerointi ja aikaohjelmat toimivat, mutta kuten kuvista 8, 9 ja 10 näkyy, niin siipipyörät ovat likaiset. Tarkempaa korjaushistoriaa huippuimureista ei ole saatavilla ja moottoreiden alkuperistä ei ole tietoa.





*KUVA 8. HI 1 siipipyörä*



*KUVA 9. HI 5 siipipyörä*





*KUVA 10. HI 3*

#### **2.2.4 Korvausilma**

Korvausilma on toteutettu Pihlan Varma-ikkunoilla Air-In-tuloilmaventtiileillä (kuva 11). Makuuhuoneissa on Air-In 400 -tuloilmaventtiilit mitoitusilmavirralla 8 l/s ja olohuoneissa on Air-In 600 -tuloilmaventtiilit mitoitusilmavirralla 10 l/s.



*KUVA 11. H 80 huoneiston tuloilmaikkuna korvausilmaventtiilillä*

### **2.2.5 Ylläpito**

Huoltoyhtiö huoltaa kerran vuodessa huippuimurit sekä yhteistilojen poisto- ja korvausilmaventtiilit. Huippuimureista tarkastetaan aikaohjelmien toimivuus, puhaltimien laakereiden kunto sekä turvakytkimen toimivuus ja samalla puhdistetaan siipipyörät. Yhteistilojen venttiileistä tarkastetaan kunto ja puhtaus sekä säädettävyys/suljettavuus. Samalla korjataan mahdolliset viat ja puutteet.

Kohteen ilmanvaihdosta ei ole tullut vikailmoituksia asukkailta isännöitsijälle eikä huoltomiehelle, joten ylläpito on toiminut moitteettomasti.

### 3 ILMANVAIHDON PARANTAMISVAIHTOEHDOT

Ilmanvaihdon parantamisevaihtoehdoiksi tähän työhön on valittu nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus, nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen, huoneistokohtaiset tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet sekä keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto.

Poistoilmanvaihtojärjestelmän, asuntokohtaisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän sekä keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitoitettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 liitteen 1 mukaisesti.

Yhteistilojen poistoilmavirrat ovat jokaisessa järjestelmässä samat ja ne esitetään taulukossa 4. Kohteessa on 9 yksiötä, 9 kaksiota, 12 kolmiota sekä 3 neliötä, yhteensä 33 asuinhuoneistoa. Keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän yhteistilojen tuloilmavirrat ovat yhtä suuret kuin poistoilmavirrat.

*TAULUKKO 4. Yhteistilojen poistoilmavirrat*

Tila	poisto- ilmavirta (l/s)
H-rappu irtaimistovarasto	23
Siivous	3
Pesula	14
Pukuhuone	9
Pesuhuone	29
Sauna	19
G-rappu irtaimistovarasto	23
Kiint.varasto	3
SPK	3
Pyörävarasto	6
yhteensä	132

### 3.1 Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus

Suoritetun ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksen tulosten mukaisesti nykyinen järjestelmä vaatii minimissään kunnostuksen, joka sisältää kanavien ja venttiilien puhdistuksen sekä ilmavirtojen säädön (1, s. 16). Mikäli perussäätö ei onnistu esimerkiksi kanaviston alhaisen painetason vuoksi, on syytä tehdä kanaviston painekoe tai videokuvata kanavisto. Kanaviston tukokset avataan ja kunnostetaan esimerkiksi massausmenetelmällä tai sujutusmenetelmällä. Kanaviston kunnostus voi osoittautua suuritöiseksi ja taloudellisesti kannattamattomaksi, jolloin on syytä harkita ilmanvaihdon saneerausta muilla tavoin. (1, s. 17) Kanavistoa ei ole taloudellisesti järkevää saneerata pelkän ilmanvaihdon saneerauksen yhteydessä, vaan osana suurempaa remonttia kuten linjasaneerauksen yhteydessä. Tällöin kanavat on suositeltavaa uusia peltikanaviksi, jotta kanavistosta saadaan tiivis.

Tutkituissa huoneistoissa osa päätelaitteiden tiivisteistä olivat pahoin kuluneet, joten päätelaitteiden saneeraus uusiin tulee todennäköisesti halvemmaksi kuin nykyisten päätelaitteiden puhdistus ja tiivisteiden uusiminen. Päätelaitteet voidaan uusia esimerkiksi Fläkt Woods Oy:n ilmanvaihtoventtiileillä, joissa on CleanVent- ratkaisu likaa hylkivällä pinnoitteella. Pinnoitteen ansiosta lika tarttuu päätelaitteisiin huonommin, minkä ansiosta ilmavirrat ja painehäviöt pysyvät optimaalisina pitäen heittokuvion suunnitellulla tavalla (18).

Huoneistojen poistoilmavirrat säädetään vastamaan nykyistä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjearvoa vähintään 0,5 1/h. Uudet ilmavirrat ilmoitetaan taulukossa 5. Yhteistilojen ilmavirrat säädetään vastaamaan nykyistä Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 ohjetta noudattaen tilojen neliöiden mukaan. Yhteistilojen ilmavirrat on esitetty aiemmin taulukossa 4.

TAULUKKO 5. Koneellisen poistoilmanvaihdon uudet ilmavirrat huoneistoihin

Tila	1H+kk 30 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	2H+k 53,5 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	3H+k 64m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	4H+k 84 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)
k	-10 / -20	-12 / -25	-12 / -25	-12 / -25
ph/wc	-8/ -15	-8/ -15	-8/ -15	-8/ -15
ph/wc 2				-8/ -15
vh			-4 / -8	-4 / -8

Keittiön ilmanvaihtoa voidaan parantaa asentamalla liesikuvut, joilla saadaan osittain siepattua keittiössä syntyviä käryjä ja hajuja. Liesikuvut asennetaan nykyiseen järjestelmään siten, että nykyinen päätelaite poistetaan ja asennetaan liitoskanava, jonka päähän tulee uusi poistoventtiili. Uusi poistoventtiili tulee kuvun sisään ja säätelee ilmavirtaa, jolloin liesikuvuissa ei ole tehostusmahdollisuutta. (1, s. 31.) Liitoskanava koteloidaan ja piilotetaan esimerkiksi maustehyllyn taakse. Liesikuvuksi valitaan esimerkiksi Vallox KTX 500. Liesikupujen päätelaitteisiin asennetaan palonrajoittimet.

Ilmanvaihtojärjestelmän ohjaus säilytetään nykyisellä kello-ohjauksella, jotta saadaan riittävä ilmanvaihto keittiöihin sekä pesuhuoneisiin. Huippuimureiden saneeraus vakioilmavirralle ja ilmanvaihtuvuuden säätäminen 0,5 1/h ei mahdollista Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2:n mukaista riittävää poistoilmanvaihtoa keittiöihin ja pesuhuoneisiin. Huippuimureiden ohjauksen saneeraus esimerkiksi painesäätöiselle ohjaukselle vaatii nykyisen kanaviston saneerauksen uusiin peltikanaviin, koska nykyisten kanavien tiiveydestä ei ole varmuutta.

Huippuimurit voidaan saneerata kokonaan uusiin EC-moottoreilla varustettuihin huippuimureihin tai eri valmistajien saneerauspaketeilla, joihin sisältyy taajuusmuuttajat sekä ohjausyksiköt. Saneerauspaketteihin sopii yleensä jo olemassa oleva sähkökaapelointi, joten huippuimureiden uusiminen ei aiheuta uusien sähkökaapeleiden rakentamista. EC-moottoreilla varustettuihin

huippuimureihin myydään saneerausbokseja, jotka muuttavat kolmivaiheen yksivaiheiseksi ja mahdollistavat huippuimurin kytkennän vanhoihin sähkökaapeleihin. Uudet EC-moottoreilla varustetut huippuimurit ovat energiatehokkaampia kuin kohteessa olevat huippuimurit, vaikka tarkempaa eroa energiankulutukseen ei saada kuin nykyisten huippuimureiden sähkönkulutusta mittaamalla. Laskelmissa on otettu huomioon myös vaihtoehto, että nykyisten viiden huippuimurin tilalle asennetaan kolme huippuimuria ja rakennetaan yhdyskanavat välikatolle.

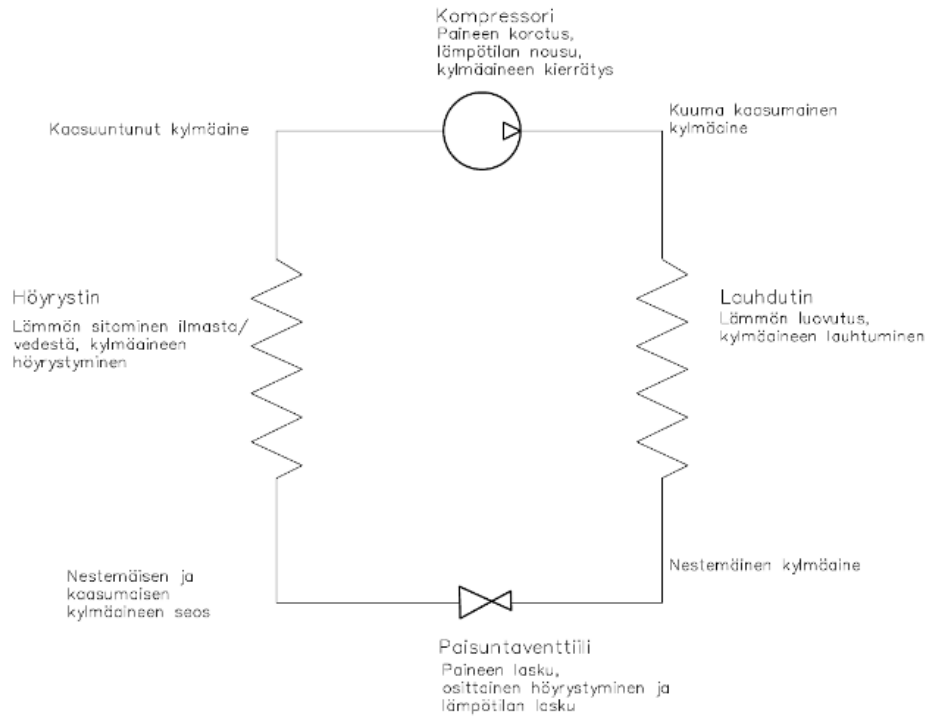
Korvausilma toteutetaan nykyisillä tuloilmaikkunoilla, ja kotikansioihin on syytä laittaa ohjeet korvausilmaventtiileiden käytöstä. Korvausilmaikkunoilla saadaan noin EU3-tasoinen suodatus (1, s. 28).

### **3.2 Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus ja poistoilmalämpöpumpun lisääminen**

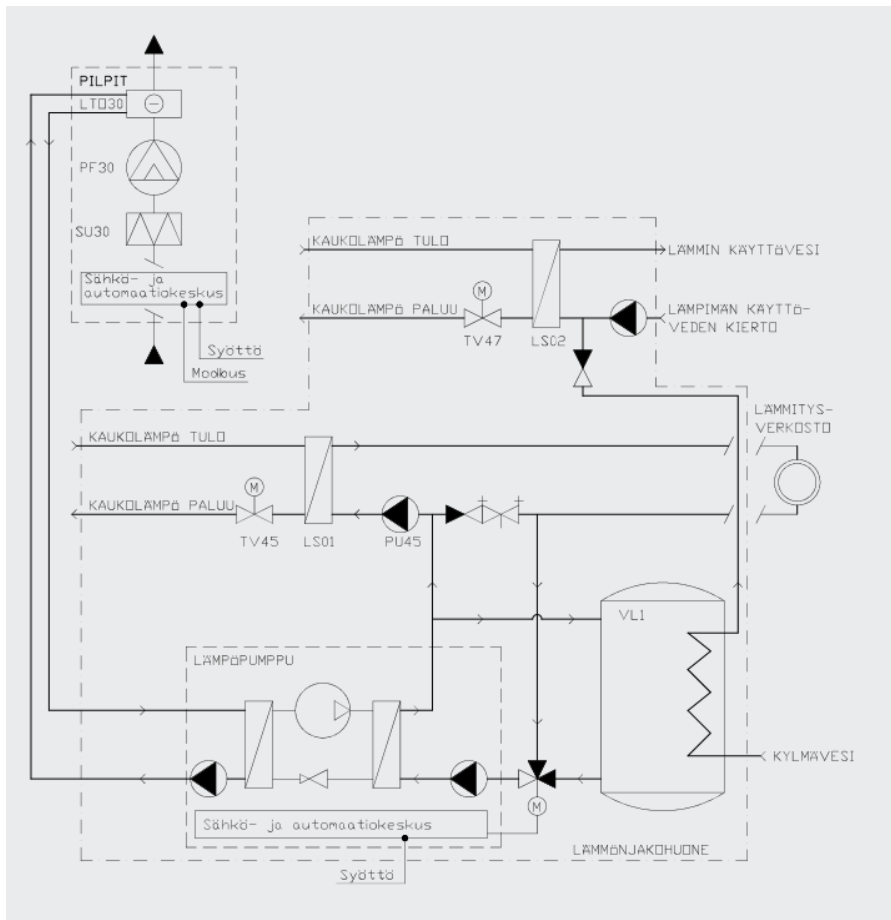
Nykyinen poistoilmanvaihtojärjestelmä saneerataan kohdan 3.1 mukaisesti ja järjestelmään asennetaan lisäksi poistoilmalämpöpumppu. Ilmavirrat mitoitetaan nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän mitoituksien mukaan. Kohteen ilmavirtojen perusteella taloudellisin ratkaisu lämmöntalteenoton kannalta on käyttää yhtä lämmöntalteenottokonetta ja yhdistää hormit yhteen yhdyskanavilla välikatolla.

Poistoilmalämpöpumppu soveltuu erityisesti rakennuksiin, joissa ei ole tuloilmajärjestelmää. Lämpöpumppujärjestelmään kuuluu kompressori, höyrystin, lauhdutin ja paisuntaventtiili (kuva 8). Lämpöpumpun avulla lämpötila saadaan nostetuksi lauhduttimessa yli 40 °C:n, jolloin poistoilmasta talteenotettua lämpöä voidaan käyttää lämmityksessä. Höyrystimet sijoitetaan poistoilmavirtaan ja lauhduttimesta lämpö voidaan siirtää suoraan lämmitys- tai käyttövesipiiriin, mutta yleensä kuitenkin erillisen kiertopiirin välityksellä. Järjestelmä mahdollistaa useamman höyrystimen käytön yhdellä kompressorilla. Rakennuksesta ja tarvittavien putkivetojen pituudesta riippuen kompressori ja lauhdutin voivat sijaita ullakolla tai lämmönjakohuoneessa. (6, s.

290) Kuvassa 9 nähdään PILPIT Oy:n kaukolämpökytkentäesimerkki poistoilmalämpöpumpulle.



*KUVA 8. Lämpöpumpun yksinkertaistettu toimintaperiaate (8, s.6)*



*KUVA 9. Poistoilmalämpöpumpun kaukolämpökytkentäesimerkki (20)*

Poistoilmalämpöpumpun lämpö voidaan käyttää joko käyttöveden tai lämmitysverkoston veden lämmittämiseen. Edullisin lämmönkäyttökohde on se, jonka lämpötila on alhaisin. Tämä riippuu verkoston mitoituksesta ja lämmitystehon tarpeesta (21, s.383).

Järjestelmä vaatii uusiin kierroslukuohjattuihin matalaenergiapuhaltimiin, huippuimureiden saneerauksen sekä lämmöntalteenottokennoston. Lämmöntalteenottokennosto siirtää poistoilmasta talteen otetun lämmön nesteeseen, joka johdetaan erillistä putkistoa pitkin lämpöpumpulle. Putkisto on mahdollista rakentaa useammalla eri tavalla kiinteistön rakenteisiin sopivaksi, esimerkiksi rakennuksen ulkopinnalla, porraskäytävää pitkin tai tuuletusparvekkeita pitkin. (7)



### 3.3 Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet

Asuntokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla saadaan vedoton, lämmitetty ja tehokkaasti suodatettu (EU7/8) vakioilmavirta huoneisiin (1, s. 36). Lisäksi nykyisissä ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenotto, jolla saadaan lämpöä talteen poistoilmasta energiaa säästään.

Ulkoilma otetaan huoneiston ulkoseinältä ja kanava eristetään. Huomioitavaa on se, että ilmanotto ei saa sijaita parvekkeella (3, s. 125). Ulkoilmalaitteet sijoitetaan mahdollisen parvekelasituksen ulkopuolelle (2, s. 12). Poistoilma johdetaan yleensä huoneistokohtaisesti erilliskanavilla vesikatolle, jolloin nousukanavat toimivat palonrajoitimina (ylin kerros erikseen). Alkuosastaan poistoilmakanavat paloeristetään (min. 2,5 m) ja loppuosastaan lämpöeristetään. Toinen vaihtoehto on käyttää yhteiskanavaa, jolloin täytyy huolehtia kanavan alipaineisuudesta ja mitoitukselta siten, ettei huoneistojen ilmavirtaa säädettäessä aiheudu muiden huoneistojen ilmavirtojen muuttumista. Erilliset nousukanavat ja yhteiskanava vaativat nykyisellään entisten ilmanvaihtohormien korjauksen peltikanaviksi tiiviiden takia. Joissakin kohteissa on kuitenkin mahdollista Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2:n ohjeista poiketen johtaa jäteilma seinäpuhalluksena (3, s.125). Jäteilman seinäpuhallus vaatii aina rakennusviranomaisen luvan. Tällöin on kuitenkin mahdollisuus talven kovimmilla pakkasilla, että kostean ilman ulospuhalluksen kosteus tiivistyy päätelaitteeseen tai seinään.

Tähän kohteeseen on otettu tarkasteluun ilmavirtojen, pohjaratkaisujen sekä Valloxin valintaohjelman perusteella Vallox 90K MC kiinteällä liesikuvulla sekä Vallox 096 MC erillisellä Vallox Slim-Line PTXPA-MC 500 -sädinkuvulla. Raitisilma tuodaan huoneiston ulkoseinästä ja jäteilma puhalletaan seinäpuhalluksena, mikä on halvempi toteuttaa ja vie vähemmän neliöitä erityisesti ylimpien kerroksien tiloista uusien nousukanavien myötä.

Vallox 90K MC -ilmanvaihtokone asennetaan liedon yläpuolelle keittiöön, johon on mahdollista asentaa keittiön kiintokalusteiden sävyinen peiteovi. Ilmavirtoja

ohjataan liesikuvusta tai erillisestä ohjauskytkimestä ja nopeuksia on 4. Vallox 90K MC -ilmanvaihtokone sopii erityisesti kohteen yksiöihin, joissa tilankäyttöä joutuu miettimään tarkkaan. Ilmavirroiltaan kyseinen ilmanvaihtokone riittää palvelemaan kohteen jokaista huoneistoa.

Vallox 096 MC -ilmanvaihtokone voidaan asentaa eteiseen, vaatehuoneeseen tai pesuhuoneeseen. Tässä kohteessa järkevin asennuspaikka on pesuhuone, jonne ilmanvaihtokoneen kondenssivesi on helppo viemäroidä. Ohjaus tapahtuu ohjauskytkimellä tai erillisellä liesikuvulla ja nopeuksia on 4.

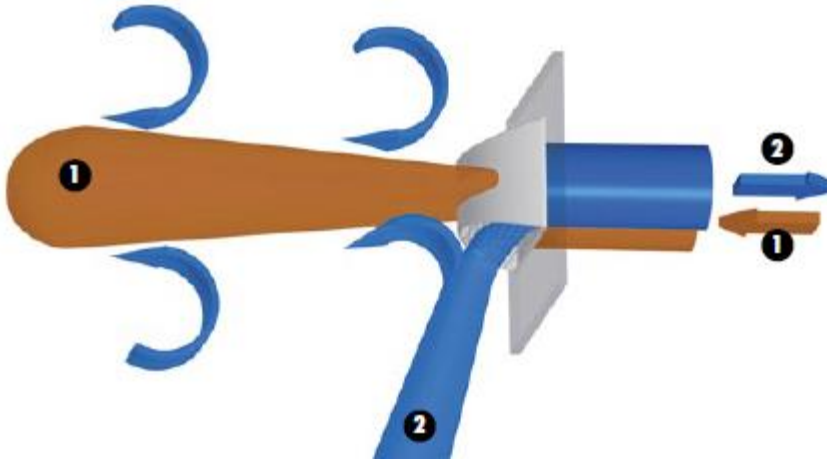
Huoneistojen ilmavirrat ilmoitetaan taulukossa 6. Ilmavirrat on mitoitettu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D2 liitteen 1 mukaisesti.

*TAULUKKO 6. Asuntokohtaisen ilmanvaihdon ilmavirrat*

Tila	1H+kk 30 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	2H+k 53,5 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	3H+k 64m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	4H+k 84 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)
OH	16	12	12	16
MH		6	6	6
MH 2			6	6
MH 3				10
KK	-8/-25	-10/-25	-10/-25	-10/-25
PH	-10	-10	-10	-12
PH 2				-12
VH			-5	-5
Keittiöihin tarpeen mukaan lainauspelti, jotta saadaan haluttu -25 l/s				

Raitisilma tuodaan huoneiston ulkoseinästä ja jäteilma poistetaan seinäpuhalluksella. Raitis- ja jäteilmakanavat viedään kaksioissa, kolmioissa sekä neliöissä ilmanvaihtokoneen tyyppin ja sijoituspaikan mukaan esimerkiksi koteloissa keittiön kautta koillispuolen julkisivulle tai olohuoneen kautta lounaspuolen julkisivulle yhdistettyyn seinäpuhallus- ja ilmanottolaitteeseen esim. Vallox Out/in (kuva 9). Yksiöiden raitis- ja jäteilmakanavat viedään

esimerkiksi keittiön kautta koteloissa lounaspuolen julkisivulle yhdistettyyn seinäpuhallus- ja ilmanottolaitteeseen.



KUVA 9. Vallox Out/in yhdistetty seinäpuhallus- ja ilmanottolaitte (3. s. 1)

Yksiöiden tulo- ja poistoilmakanavat viedään tiloihin pesuhuoneen alaslaskun kautta. Kaksiöiden, kolmiöiden sekä neliöiden tulo- ja poistoilmakanavat viedään tiloihin pesuhuoneen alaslaskun kautta ja tarvittaessa koteloitaan eteisen kautta tai rakennetaan eteiseen alaslasku. Päätelaitteina huoneistoissa käytetään seinälle asennettavia venttiilejä ja pesuhuoneissa kattomallin venttiilejä, esimerkiksi Fläkt Woods STQA-tuloilmaventtiili sekä KSO-poistoilmaventtiili.

Yhteistilojen poistoilma toteutetaan yhdellä huippuimurilla vakioilmavirralla nykyistä poistoilmanvaihtohormia käyttäen. Ilmavirta pienenee huippuimurille (nykyinen huippuimuri mitoitettu  $0,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ), joten vanhan huippuimurin tilalle asennetaan uusi pienempi huippuimuri (mitoitus ilmavirta  $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Korvausilma yhteistiloihin tuodaan nykyisiä korvausilmaventtiilejä käyttäen.

### 3.4 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä

Keskitetyllä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä saadaan vedoton, lämmitetty ja tehokkaasti suodatettu (EU7/8) vakioilmavirta huoneisiin (1, s. 36). Keskitetty

tulo- ja poistoilmavaihtojärjestelmä sopii hyvin kohteisiin, joissa tehdään laaja perusparannus. Laaja perusparannus mahdollistaa uusien ilmanvaihtokanavien rakentamisen tai vanhojen kanavien korjauksen yhteiskanavia varten sekä konehuoneen rakentamisen (1, s. 38).

Huoneistoihin asennetaan tulo- ja poistoilmapuolelle ilmavirtasäätimet, joita ohjataan erillisellä ohjauskytkimellä siten, että ruoanlaiton ja pesuhuoneen kosteuskuormituksen aikana ilmavirtaa on mahdollista tehostaa ja poissaoloaikana vähentää. Tulo- ja poistoilmakanavat voidaan johtaa erilliskanavina ilmastointikoneelle, jolloin nousukanava toimii palonrajoittimena. Erilliskanavina toteutettuna huoneistojen ilmavirtojen säätö ei vaikuta muiden huoneistojen ilmavirtoihin. Huoneistojen kanavat voidaan myös yhdistää yhteisiin nousukanaviin, jolloin on kiinnitettävä erityisesti huomiota kanavien mitoittamiseksi virtausteknisesti riittävän väljiksi. Erilliset nousukanavat ja yhteiset nousukanavat vaativat nykyisten ilmanvaihtohormien korjausta peltikanaviksi tiiviyden takia. (3, s.123.)

Konehuoneena voidaan käyttää valmiiksi tehtaalla kasattua konehuonetta esimerkiksi Fläkt Woods Ilmatar -konehuone, tai rakentaa erikseen konehuone katolle. Ilmatar-konehuone sisältää IV-koneen varustettuna halutulla lämmöntalteenottoratkaisulla ja toimitukseen kuuluu koneen edellyttämä sähköistys, säätölaitteisto, putkisto, pumput sekä kanavisto tarvittavassa laajuudessa. Konehuone on mahdollista tehdä katolle asennettavaksi, jolloin se on valmiiksi niin palo- kuin lämpöeristetty (4.). Ilmanvaihtokoneeksi voidaan valita ilmavirtojen ja Fläkt Woods Acon- mitoitusohjelman perusteella esimerkiksi Fläkt Woods eQ011 Recuterm -vastavirtalevylämmönsiirtimellä.

Tässä kohteessa uudet nousukanavat voidaan rakentaa nykyisten tilalle, mistä tulo- ja poistoilmakanavat viedään asuntojen tiloihin koteloissa tai vaihtoehtoisesti eteiseen rakennettavan alaslasketun katon tilassa. Uudet nousukanavat vaativat enemmän tilaa, mikä vähentää asuinhuoneneleitä erityisesti ylimmän kerroksen huoneistoissa. Asuntojen kanavahaarat on syytä varustaa äänenvaimentimilla ja säätöpelleillä, joilla päästään haluttuihin

ilmavirtoihin (1, s.38). Huoneistojen ilmavirrat keskitettyyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään ilmoitetaan taulukossa 7.

*TAULUKKO 7. Keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat*

Tila	1H+kk 30 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	2H+k 53,5 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	3H+k 64m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)	4H+k 84 m <sup>2</sup> Ilmavirta (l/s)
OH	16	12	12	16
MH		6	6	6
MH 2			6	6
MH 3				10
KK	-8/-25	-10/-25	-10/-25	-10/-25
PH	-10	-10	-10	-12
PH 2				-12
VH			-5	-5
Keittiöihin tarpeen mukaan lainauspelti, jotta saadaan haluttu -25 l/s				

Päätelaitteina huoneistoissa käytetään seinälle asennettavia venttiilejä ja pesuhuoneissa kattomallin venttiilejä, esimerkiksi Fläkt Woods STQA-tuloilmaventtiili sekä KSO-poistoilmaventtiili.

## 4 PARANTAMISVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUKSET

### 4.1 Investointikustannukset

Lasketut kustannukset ovat teoreettisia, lähinnä suuntaa antavia arvioita, mutta kuitenkin vertailukelpoisia keskenään. Todellisia kustannuksia on vaikea arvioida ilman tarkempia ilmanvaihtosuunnitelmia. Kaikki lasketut investointi- ja käyttökustannukset sisältävät arvonlisäveron 24%.

#### 4.1.1 Nykyisen järjestelmän saneeraus

Päätelaitteiden uusimisen ja liesikupujen asentamisen lasketut hinnat ovat uudishintoja, joihin on lisätty korjausaste 20 % (9, s. 97–98, 178–179).

Korjausasteella korjataan hintaa esimerkiksi pienistä purku- ja muutostöistä.

Ilmanvaihtokanavien nuohouksen ja ilmavirtojen säädön hinnaksi tulee 3250 €. Urakasta on pyydetty tarjous Suomen Ilmanvaihto Oy:ltä. Urakka sisältää kanaviston alipaineistuksen, poistokanavien mekaanisen harjapuhdistuksen, huippuimureiden puhdistuksen ja kuntokartoituksen, IV-venttiilien puhdistuksen, ilmamäärien mittauksen ja säädön sekä dokumentoinnin ja mittauspöytäkirjan.

Päätelaitteiden uusimisen hintana on käytetty Haahtelan yksikköhintaa yhteiskanavajärjestelmään 1,1 €/brm<sup>2</sup> (9, s. 285). Päätelaitteiden uusimisen hinnaksi tulee 2960 €.

Liesikuvuiksi on valittu Vallox KTX Slim-Line -kerrostalokuvut, ja kupujen hinnaksi tulee 16 038 € sisältäen kuvut, asennukset ja maustehyllyt.

Liesikupujen hinnat on saatu Valloxin vuoden 2015 tuotehinnastosta.

Asentamisen hintana on käytetty Are Oy:ltä pyydettyä arviota työn määrästä sekä työn hinnasta, jotka ovat työehtosopimuksen mukaisia. Maustehyllysten hintana on käytetty Tampereen keittiötukun hinnastoa.

Uusiksi huippuimureiksi on valittu 4 kappaletta Vallox 31P-EC:itä sekä 1 kappale Vallox 40P-EC, joiden hintaa on pyydetty Valloxilta. Viiden

huippuimurin hinnaksi tulee 10 836 € sisältäen asennuksen, asennuskehiksen sekä saneerausboxit huippuimureiden kytkentöjä varten. Kolmella huippuimurilla kustannus on 7898 €, mutta hinnassa ei ole huomioitu yhdyskanavien rakentamista ja eristystä. Asentamisen hintana on käytetty Are Oy:ltä pyydettyä arviota työn määrästä sekä työn hinnasta, jotka ovat TES:in mukaisia.

Suomen Ilmanvaihto Oy tarjosi huippuimureiden saneerausta 2920 €/huippuimuri, jolloin viiden huippuimurin hinnaksi tulee 14 600 €. Suomen Ilmanvaihdon tarjous huippuimureiden saneerauksesta sisältää EC-puhaltimet, muutostyömateriaalit, pientarvikkeet, asennustyöt, ilmamäärien mittauksen ja säädön sekä dokumentoinnin.

Nykyisen järjestelmän saneerauksen hinnaksi tulee viidellä Valloxin huippuimurilla 33 084 €, kolmella Valloxin huippuimurilla 30 146 € ja Suomen Ilmanvaihdon huippuimureilla 36 848 €. Tarkempi erittely investointikustannuksista on esitetty taulukossa 8, 9 ja 10.

#### TAULUKKO 8. Nykyisen järjestelmän saneerauksen investointikustannukset

			yksikköhinta € sis. ALV	yhteensä €
<b>Kanaviston puhdistus ja ilmavirtojen säätö</b>			3250	3250
<b>Päätelaitteiden uusiminen</b>	1,1/brm2	2170brm2		2960
<b>Liesikupujen asentaminen</b>		määrä	yksikköhinta € sis. ALV	
KTX Slim-Line 500		33	217	7161
Asennustyöt sis. Liitin + kytkentä		2,5 h / kupu		
- 33 kupua		82,5	62	5115
Maustehylly		33	33	1089
Korjausaste 20%				16038
<b>Huippuimurit 5kpl</b>		määrä	yksikköhinta € sis. ALV	
Vallox 31P-EC + asennuskehys		4	1469	5876
Vallox 40P-EC + asennuskehys		1	1860	1860
saneerauslaite kytkentöjä varten		5	496	2480
Asennustyöt		2 h / huippuimuri		
- 5 huippuimuria		10	62	620
Huippuimurit yhteensä				10836
		Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>		1003	19	33084

**TAULUKKO 9. Nykyisen järjestelmän saneerauksen investointikustannukset kolmella huippuimurilla**

			yksikköhinta € sis. ALV	yhteensä €
<b>Kanaviston puhdistus ja ilmavirtojen säätö</b>			3250	3250
<b>Päätelaitteiden uusiminen</b>	1,1/bm <sup>2</sup>	2170bm <sup>2</sup>		2960
<b>Liesikupujen asentaminen</b>			yksikköhinta € sis. ALV	
KTX Slim-Line 500		määrä 33	217	7161
Asennustyöt sis. Liitin + kytkentä		2,5 h / kupu		
- 33 kupua		82,5	62	5115
Maustehylly		33	33	1089
Korjausaste 20%				16038
<b>Huippuimurit 3kpl</b>			yksikköhinta € sis. ALV	
Vallox 31P-EC + asennuskehys		määrä 2	1469	2938
Vallox 40P-EC + asennuskehys		1	1860	1860
saneerauslaite kytkentöjä varten		5	496	2480
Asennustyöt		2 h / huippuimuri		
- 3 huippuimuria		10	62	620
Huippuimurit yhteensä				7898
		Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>		914	17	30146

**TAULUKKO 10. Nykyisen järjestelmän saneerauksen investointikustannukset Suomen Ilmanvaihdon tarjouksen mukaan**

			yksikköhinta € sis. ALV	yhteensä €
<b>Kanaviston puhdistus ja ilmavirtojen säätö</b>			3250	3250
<b>Päätelaitteiden uusiminen</b>	1,1/bm <sup>2</sup>	2170bm <sup>2</sup>		2960
<b>Liesikupujen asentaminen</b>			yksikköhinta € sis. ALV	
KTX Slim-Line 500		määrä 33	217	7161
Asennustyöt sis. Liitin + kytkentä		2,5 h / kupu		
- 33 kupua		82,5	62	5115
Maustehylly		33	33	1089
Korjausaste 20%				16038
		määrä	yksikköhinta € sis. ALV	Yht.
<b>Huippuimurit Suomen Ilmanvaihto</b>		5	2920	14600
		Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>		1117	21	36848



#### **4.1.2 Nykyisen järjestelmän saneeraus ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen**

Liesikupujen asentaminen, päätelaitteiden uusiminen ja ilmanvaihtokanavien nuohous sekä ilmavirtojen säätöjen hinnat ovat samat kuin kohdassa 4.1.1. Poistoilmalämpöpumppuun pyydettiin tarjous PILPIT Oy:ltä sekä Enermix Oy:ltä.

PILPIT Oy:n arvio urakasta on 75 000 € - 90 000 € sisältäen lämpöpumpun, EC-poistoilmapuhaltimen, putkivedot katolta lämmönjakohuoneeseen, lämmönjakohuoneen työt, varaajan, asennukset, automaatio- ja sähkötyöt sekä suunnittelun. Katolle asennetaan yksi poistoilmalämpöpumppu ja puhallin, johon rakennetaan yhdyskanavat ilmanvaihtohormeista. Yhdyskanavien hintaa ei ole huomioitu arviossa. Laskelmissa hintana on käytetty hinta-arvion keskiarvoa 82 500 €.

Enermix Oy:n arvio urakasta on 80 000 - 90 000 € sisältäen lämpöpumpun, EC-poistoilmapuhaltimen, putkivedot katolta lämmönjakohuoneeseen, lämmönjakohuoneen työt, varaajan, asennukset, automaatio- ja sähkötyöt sekä suunnittelun. Katolle asennetaan yksi poistoilmalämpöpumppu ja puhallin, johon rakennetaan yhdyskanavat ilmanvaihtohormeista. Yhdyskanavien hintaa ei ole huomioitu arviossa. Laskelmissa hintana on käytetty hinta-arvion keskiarvoa 85 000 €

Nykyisen järjestelmän saneerauksen ja poistoilmalämpöpumpun asentamisen investointikustannuksi saadaan PILPIT Oy:n hinta-arvion mukaan 104 748 € ja Enermix Oy:n hinta-arvion mukaan 107 248 €. Tarkempi erittely investointikustannuksista on esitetty taulukossa 11 ja 12.

*TAULUKKO 11. Nykyisen järjestelmän saneerauksen ja poistoilmalämpöpumpun asentamisen investointikustannukset PILPIT hinnaston mukaan*

			yksikköhinta € sis. ALV	yhteensä €
<b>Kanaviston puhdistus ja ilmavirtojen säätö</b>			3250	3250
<b>Päätelaitteiden uusiminen</b>	1,1/brm2	2170brm2		2960
<b>Liesikupujen asentaminen</b>			yksikköhinta € sis. ALV	
KTX Slim-Line 500		määrä 33	217	7161
Asennustyöt sis. Liitin + kytkentä		2,5 h / kupu		
- 33 kupua		82,5	62	5115
Maustehyllä		33	33	1089
Korjausaste 20%				16038
<b>Poistoilmalämpöpumppu PILPIT</b>			hinta sis. Alv 24%	82500
		Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>		3174	59	104748

*TAULUKKO 12. Nykyisen järjestelmän saneerauksen ja poistoilmalämpöpumpun asentamisen investointikustannukset Enermix hinnaston mukaan*

			yksikköhinta € sis. ALV	yhteensä €
<b>Kanaviston puhdistus ja ilmavirtojen säätö</b>			3250	3250
<b>Päätelaitteiden uusiminen</b>	1,1/brm2	2170brm2		2960
<b>Liesikupujen asentaminen</b>			yksikköhinta € sis. ALV	
KTX Slim-Line 500		määrä 33	217	7161
Asennustyöt sis. Liitin + kytkentä		2,5 h / kupu		
- 33 kupua		82,5	62	5115
Maustehyllä		33	33	1089
Korjausaste 20%				16038
<b>Poistoilmalämpöpumppu Enermix</b>			hinta sis. Alv 24%	85000
		Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>		3250	61	107248

### 4.1.3 Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneiden hinnat on pyydetty suoraan Valloxilta ja hinnat ovat 90K MC 1622 €/kone ja 096 MC erillisellä säädinkuvulla 1550 €/kone.

Ilmanvaihtokoneiden hinnoiksi muodostui 90K MC -koneella 53 526 € ja 096 MC -koneella 51 150 €.

Tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden hintana on käytetty keskiarvoa Haahtelan yksikköhinnoista (9, s. 279–288) ja Korjausrakentamisen kustannuksia -kirjasta (11, s. 130) sekä lisätty koneellisen iv:n tulo- ja poistoilmakanavien lisähinta vanhaan rakennukseen (9, s.284). Tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden hinnaksi muodostui 41 976 €. Tarkempi erittely tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden kustannuslaskelmista on esitetty taulukossa 13.

*TAULUKKO 13. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden kustannukset*

materiaali kustannus, Korjausrakentamisen kustannuksia	€/bm <sup>2</sup>	bm <sup>2</sup>	€
lv-kanavat, kerrostalo, hajautettu järjestelmä	10,9	2170	23653
lv-päätelaitteet, kerrostalo, hajautettu järjestelmä	5,9	2170	12803
<b>Yhteensä</b>			<b>36456</b>
<b>materiaali kustannus, HAAHTELA</b>			
materiaali kustannus, HAAHTELA	€/bm <sup>2</sup>	bm <sup>2</sup>	€
as.tuloilmakanavisto, huoneistokohtainen iv-kone	7,8	2170	16926
tuloilmapäätelaitteet, huoneistokohtainen iv-kone	1	2170	2170
as.poistoilmakanavisto, huoneistokohtainen iv-kone	5,2	2170	11284
poistoilmapäätelaitteet, huoneistokohtainen iv-kone	0,4	2170	868
<b>Yhteensä</b>			<b>31248</b>
<b>Keskiarvo materiaalikustannuksille</b>	<b>15,60</b>	<b>2170</b>	<b>33852</b>
<b>ALV 24%</b>			<b>41976</b>

Yhteistilojen poistoilma toteutetaan yhdellä huippuimurilla, johon on valittu Vallox 31P-EC. Huippuimurin hinta asennustöineen on 2089 €.

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen hinnaksi muodostui 90K MC -koneella 107 986 € ja 096 MC -koneella 105 610 €. Tarkemmat investointikustannuslaskelmat on ilmoitettu taulukossa 14 ja 15.

Asuntokohtaiseksi hinnaksi muodostui ~3250 €/as. ja asuinhuoneistoalan

hinnaksi muodostui 60 €/as-m<sup>2</sup>. Investointikustannuksia voidaan pitää hyvin suuntaa antava, sillä Janne Uusi-Illikainen on laskenut opinnäytetyössään uudiskohteen huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen hinnaksi 2867 €/as. ja 53 €/as-m<sup>2</sup> (12).

*TAULUKKO 14. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen investointikustannukset jäteilman seinäpuhalluksella Vallox 90K MC- ilmanvaihtokoneella*

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo</b>	15,6	2170	33852
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	
<b>Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta</b>			
-normaali	0,6	1771,5	1063
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä</b>			34915
<b>ALV 24 %</b>			43294
<b>Yhteistilojen huippuimuri</b>	määrä	hinta, sis ALV 24%	
Vallox 31-P EC + asennuskehys	1	1469	1469
saneerauslaite kytkentöjä varten	1	496	496
Asennustyöt	2h/huippuimuri	62€/h	124
<b>Yhteensä</b>			2089
<b>Yhteensä</b>			45383
<b>Korjausaste 20%</b>			54460
	KPL	€/KPL, sis ALV 24%	Yht.
<b>Vallox 90K MC+ kupu</b>	33	1622	53526
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>	3272	61	107986

*TAULUKKO 15. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen investointikustannukset jäteilman seinäpuhalluksella Vallox 096 MC- ilmanvaihtokoneella*

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo</b>	15,6	2170	33852
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	
<b>Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta</b>			
-normaali	0,6	1771,5	1063
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä</b>			34915
<b>ALV 24 %</b>			43294
<b>Yhteistilojen huippuimuri</b>	määrä	hinta, sis ALV 24%	
Vallox 31-P EC + asennuskehys	1	1469	1469
saneerauslaite kytkentöjä varten	1	496	496
Asennustyöt	2h/huippuimuri	62€/h	124
<b>Yhteensä</b>			2089
<b>Yhteensä</b>			45383
<b>Korjausaste 20%</b>			54460
	KPL	€/KPL, sis ALV 24%	Yht.
<b>Vallox 096 MC + kupu</b>	33	1550	51150
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>	3200	60	105610

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen hinnat on laskettu jäteilman seinäpuhalluksen mukaisesti. Korjausasteena on käytetty 20 % (9, s. 97–

98,178–179), mikä korjaa hintaa mm. läpivientien ja koteloiden rakennuksissa. Mikäli jäteilman puhaltaa katolle, materiaalien sekä asennustöiden hintaan tulee lisätä suurempi korjausaste. Korjausaste entisten ilmanvaihtohormien korjaamiseksi uusiin on noin 80 % (9, s. 97–98, 178–179). Korjausasteella 80 % huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen hinta on noin 132 000 €, 4000 €/as ja 74 €/as-m<sup>2</sup>.

*TAULUKKO 16. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen investointikustannukset jäteilman kattopuhalluksella Vallox 90K MC- ilmanvaihtokoneella*

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo</b>	15,6	2170	33852
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	
<b>Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta -normaali</b>	0,6	1771,5	1063
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä</b>			34915
<b>ALV 24 %</b>			43294
<b>Yhteistilojen huippumuri</b>	määrä	hinta, sis ALV 24%	
Vallox 31-P EC + asennuskehys	1	1469	1469
saneerauslaite kytkentöjä varten	1	496	496
Asennustyöt	2h/huippumuri	62€/h	124
<b>Yhteensä</b>			2089
<b>Yhteensä</b>			45383
<b>Korjausaste 80%</b>			81690
	KPL	€/KPL, sis ALV 24%	Yht.
<b>Vallox 90K MC+ kupu</b>	33	1622	53526
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>	4097	76	135216

*TAULUKKO 17. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen investointikustannukset jäteilman kattopuhalluksella Vallox 096 MC- ilmanvaihtokoneella*

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo</b>	15,6	2170	33852
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	
<b>Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta -normaali</b>	0,6	1771,5	1063
<b>Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä</b>			34915
<b>ALV 24 %</b>			43294
<b>Yhteistilojen huippumuri</b>	määrä	hinta, sis ALV 24%	
Vallox 31-P EC + asennuskehys	1	1469	1469
saneerauslaite kytkentöjä varten	1	496	496
Asennustyöt	2h/huippumuri	62€/h	124
<b>Yhteensä</b>			2089
<b>Yhteensä</b>			45383
<b>Korjausaste 80%</b>			81690
	KPL	€/KPL, sis ALV 24%	Yht.
<b>Vallox 096 MC + kupu</b>	33	1550	51150
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>Yhteensä</b>	4025	75	132840

#### 4.1.4 Keskitetty ilmanvaihtokone ilmavirran ohjauksella

Ilmanvaihtokoneiden hintaa on vaikea arvioida ilman tarkempia suunnitelmia. Koneen hinta riippuu mm. lämmöntalteenoton mallista sekä valituista esilämmitys- että jälkilämmityspattereiden valinnoista. Laskuissa esitetyt hinnat ovat arvioita ja suuntaa antavia koneen ollessa kokoa 011 ja lämmöntalteenottimen ollessa Recuterm-vastavirtalevylämmönsiirrin.

Ilmatar-konehuoneen ja ilmanvaihtokoneen hintaa on pyydetty suoraan Fläktwoodsilta. Hinta-arvio konehuoneelle on 90 000 € sis. ALV 24 % 15–20 % tarkkuudella. Hinta sisältää konehuoneen, ilmanvaihtokoneen, LVI- ja sähkötyöt konehuoneessa, VAK-keskuksen ja sähkökeskuksen. Nostotöitä, mahdollisia rakennekorjauksia konehuoneen painoa varten sekä konehuoneen ulkoisia LVI- ja sähkötyitä ei ole otettu huomioon hinnassa.

Erikseen rakennettavan konehuoneen kustannukseksi tulee 12 870 €. Konehuoneen hinta on laskettu Janne Uusi-Illickaisen opinnäytetyöstä laskemalla konehuoneen hinta (12, s. 14) asuinhuoneistoja kohti (390 €/as), mikä kerrotaan kohteen asuinhuoneistoalalla (33 asuntoa). Hinta sisältää ainoastaan rakennustyöt ja rakennusmateriaalit. Fläktwoods eQ011 ilmanvaihtokoneen hinta Recoterm-lämmönsiirtimellä on noin 25 000 € ALV 0 %, jonka hinta-arvio on saatu Fläktwoodsilta. Valvontajärjestelmän hinta on laskettu Haahtelan kappalehinnalla keskitetylle valvontajärjestelmälle (9, s.295). LVI-töitä koneellisen tuloilman lämmitykseen on laskettu Haahtelan hinnoilla (9, s. 265). Nostotöitä, mahdollisia rakennekorjauksia konehuoneen painoa varten, konehuoneen LVI-töitä ja ulkoilmasäleikköjä sekä konehuoneen ulkoisia LVI- ja sähkötyitä ei ole otettu huomioon hinnassa.

Tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden hintana on käytetty keskiarvoa Haahtelan yksikköhinnoista (9, s. 279–288) ja Korjausrakentamisen kustannuksia kirjasta (11, s. 130) sekä lisätty koneellisen iv:n tulo- ja poistoilmakanavien lisähinta vanhaan rakennukseen (9, s. 284). Tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden hinnaksi muodostui 44 452 €. Tarkempi

erittely tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden kustannuslaskelmista on esitetty taulukossa 18.

Mittaus- ja ilmavirtojen säätölaitteiden hintana on käytetty Fläkt Woods Oy:n hinnastoa (19) ja laskettu keskiarvohinta neljän eri koon mukaan, koska kanavakoko ei ole tiedossa.

*TAULUKKO 18. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakanavien sekä päätelaitteiden kustannukset*

materiaali kustannus, Korjausrakentamisen kustannuksia	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
lv-kanavat, kerrostalo, keskitetty järjestelmä	10,9	2170	23653
lv-päätelaitteet, kerrostalo, keskitetty järjestelmä	4,24	2170	9201
<b>Yhteensä</b>			<b>32854</b>
materiaali kustannus, HAAHTELA	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
as.tuloilmakanavisto, erillinen IV-konehuone	9,9	2170	21483
tuloilmapäätelaitteet, erillinen iv-konehuone	1	2170	2170
as.poistoilmakanavisto, erillinen iv-konehuone	6,6	2170	14322
poistoilmapäätelaitteet, erillinen iv-konehuone	0,4	2170	868
<b>Yhteensä</b>			<b>38843</b>
<b>Keskiarvo materiaalikustannuksille</b>	<b>16,52</b>	<b>2170</b>	<b>35848</b>
<b>ALV 24%</b>			<b>44452</b>

Keskitetyn ilmanvaihtokoneen investointikustannuksiksi Ilmatar-konehuoneella on laskettu 183 025 € ja erikseen rakennettavalla konehuoneella 154 729 €. Korjausasteena on käytetty 80 % (9, s. 97–98, 178–179), joka tulee vanhojen ilmanvaihtohormien korjaamisesta uusiin. Tarkemmat laskelmat on esitetty taulukossa 19 ja 20. Asuntokohtaiseksi hinnaksi saatiin Ilmatar-konehuoneella 5546 €/as ja erikseen rakennettavalla konehuoneella 4689 €/as.

Huoneistoalakohtaiseksi hinnaksi saatiin Ilmatar-konehuoneella 103 €/as-m<sup>2</sup> ja erikseen rakennettavalla konehuoneella 87 €/as-m<sup>2</sup>. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannuksia voidaan pitää hyvin suuntaa antavana, sillä Janne Uusi-Ilkainen on laskenut opinnäytetyössään uudiskohteen keskitetyn ilmanvaihtokoneen hinnaksi 5503 €/as. ja 103 €/as-m<sup>2</sup> (12).

TAULUKKO 19. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen investointikustannukset Ilmatar-konehuoneella

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo	16,52	2170	35848
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	€
Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta			
-normaali	0,6	1771,5	1063
Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä			36911
Korjausaste 80%, ilmanvaihtohormien uusiminen			66440
ALV 24 %			82386
	€/kpl, sis ALV	kpl	€
Liesikupu, Fläktwoods Ilox Basic, kerrostalokupu, valk.	223,2	33	7366
Mittaus- ja säätölaitteet, Fläktwoods HVSA	~80€/kpl * ALV 1,24	33	3274
Yhteensä			93025
Ilmatar-konehuone, iv-kone	<b>hinta sis. Alv 24 %</b>		90000
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>YHTEENSÄ</b>	5546	103	183025

TAULUKKO 20. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen investointikustannukset erikseen rakennettavalla konehuoneella

	€/brm <sup>2</sup>	brm <sup>2</sup>	€
Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, keskiarvo	16,52	2170	35848
	€/hum <sup>2</sup>	hum <sup>2</sup>	€
Koneellisen IV:n tulo- ja poistoilmakanavat vanhaan rak. lisähinta			
-normaali	0,6	1771,5	1063
Kanavat, kanavaosat ja päätelaitteet, yhteensä			36911
Korjausaste 80%, ilmanvaihtohormien uusiminen			66440
ALV 24 %			82386
	€/kpl, sis ALV	kpl	€
Liesikupu, Fläktwoods Ilox Basic, kerrostalokupu, valk.	223,2	33	7366
Mittaus- ja säätölaitteet, Fläktwoods HVSA	~80€/kpl * ALV 1,24	33	3274
Yhteensä			93025
Konehuone	390€/as	33 asuntoa	12870
Fläktwoods eQ018			20000
Keskitetty valvontajärjestelmä	50kpl	245 €/kpl	12250
Koneellisen tuloilmanvaihdon lämpöjohtotyö	1kpl	1820 €/kpl	1820
Sähkötyöt, asunnon koneellinen tuloilma	1,3 €/brm <sup>2</sup>	2110	2821
Yhteensä			49761
ALV 24			61704
	Asuntokoht.hinta €/as	Neliöhinta €/as-m <sup>2</sup>	Yht.
<b>YHTEENSÄ</b>	4689	87	154729



## 4.2 Käyttökustannukset

Ilmanvaihtojärjestelmien käyttökustannuksia tarkasteltiin ensimmäisen vuoden ajalta. Elinkaarikustannukset ja poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika on laskettu 0-korolla.

### 4.2.1 Huoltokustannukset

Ilmanvaihtojärjestelmien huoltokustannuksien laskennassa apuna on käytetty VVO:n huoltosopimuskirjaa, jossa määritetään ilmanvaihtojärjestelmille tehtävät vuosihuollot.

Poistoilmanvaihdon huoltokustannukset muodostuvat poistoilmanvaihtokoneiden vuosihuollosta sekä yhteistilojen ilmanvaihtotenttiilien hoitamisesta ja puhdistamisesta. Huippuimurit huolletaan kerran vuodessa, jolloin huoltomies tarkistaa moottorien toimivuudet, ohjausten ja aikaohjelmien toimivuuden sekä tarvittaessa puhallinkoneikkojen ja kammion puhdistus. Tuntihintana käytetään 45 €/a/h, joka on arvio huoltomiehen tuntiveloituksesta. Arvioiduksi hinnaksi saadaan  $1\text{ krt/v} * 45\text{€/h} * 3\text{h} = 135\text{ €}$  vuodessa.

Enermix tarjoaa poistoilmalämpöpumpulle elinkaarimallia, johon kuuluu vuosihuolto sekä valvomopalvelu. Hinta on Enermixin arvion mukaan 1200 - 1500 € vuodessa. Kompressori pitää vaihtaa 15 vuoden välein, minkä kustannus on noin 6000 €/kerta.

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen huoltokustannukset muodostuvat suodattimien vaihdosta. Suodattimet vaihdetaan 2 kertaa vuodessa, mikä on valmistajan suositus. Suodatinsarjan hinnaksi voidaan arvioida noin 20 €/kpl, mikä saadaan Suodatinmestarien ja Suodatinkeskuksen hinnoista. Suodatinsarja sisältää yhden F7-tason suodattimen ja kaksi G4-tason suodatinta. Suodattimien hinnaksi saadaan  $2\text{ x/v} * 33\text{ asuntoa} * 20\text{ €} = 1320\text{ €}$  ja huoltotyön hinnaksi saadaan  $45\text{ €/h} * 0,5\text{ h/asunto} * 2\text{ x/v} * 33\text{ asuntoa} = 1485\text{ €}$ . Yhteistilojen huippuimuri tarkistetaan kerran vuodessa, jolloin

tarkistetaan myös yhteistilojen poistoilmaventtiilit. Hinnaksi voidaan arvioida  $1 \text{ krt/v} * 45 \text{ €/h} * 2 \text{ h} = 90 \text{ €}$ . Vuosittaiseksi huoltokustannukseksi saadaan  $1320 \text{ €} + 1485 \text{ €} + 90 \text{ €} = 2895 \text{ €}$ .

Keskitetty ilmanvaihtokone huolletaan 2 kertaa vuodessa VVO:n huoltosopimuksen mukaan. Huolto sisältää mm. säleikköjen, kammioiden, pattereiden, puhaltimien ja lämmönsiirtimen tarkastuksen ja puhdistuksen tarvittaessa, tiiveyden ja mekanismien tarkastuksen, vivustojen ja laakereiden voitelut. Suodattimet vaihdetaan kerran vuodessa ja suodattimien yhteishinnaksi voidaan arvioida noin 250 € Suodatinmestarien ja Suodatinpisteen hintojen mukaan. Huoltokustannuksiksi voidaan arvioida koneen huolto  $2 \text{ krt/v} * 6 \text{ h} * 45 \text{ €/h} + \text{suodattimet } 250 \text{ €} = 790 \text{ €}$ .

Lasketuilla menetelmillä poistoilmavaihdon vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi on laskettu 135 €, poistoilmalämpöpumpulle 1500 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille 4848,6 € ja keskitetylle ilmanvaihdolle 790 €.

#### **4.2.2 Energiakustannukset**

Laskelmat ovat teoreettisia ja suuntaa antavia, sillä todelliset hyötysuhteet riippuvat todellisista ilmavirroista ja sääolosuhteista.

Lämmitysenergian hintana on käytetty Oulun Energia Oy:n kaukolämmön energiamaksua Oulun kantakaupunkialueella 47,08 €/MWh (13). Sähkönhintana on käytetty Oulun Energia Oy:n jatkuvan sopimuksen sähkönhintaa, joka koostuu sähkönsiirtomaksusta 3,05 snt/kWh (14) ja yleissähkö 1:n energiamaksusta 6,08 snt/kWh (15). Sähköenergian hinnaksi saadaan yhteensä 9,13 snt/kWh.

Energiakustannukset on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan kuukausitasolle vuoden ajalta. Ilmavirtoina laskuissa on käytetty  $0,5 \text{ (l/s)/m}^2$ , jotta ilmanvaihtojärjestelmistä saadaan vertailukelpoisia keskenään. Käyttöaikoina on käytetty 24h päivässä ja 7 päivää viikossa, eli keskimääräinen vuorokautinen ja viikottainen käyntiaikasuhde on 1. Ulkoilmanlämpötilana on

käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 taulukkoa L2.3, säätiedot kuukausittain vyöhykkeellä III (16, s. 31). Sisäänpuhalluslämpötilana on käytetty huoneistokohtaisissa ilmanvaihtokoneissa ja keskitetyssä ilmanvaihtokoneessa 18 °C, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään.

Poistoilmanvaihdolle laskettiin ilman lämpeämiseen kuluva energia sekä huippuimureiden kuluttama sähköteho. Huippuimureiden SFP-luvut on saatu koneraporteista (23). Ilman lämpeämiseen kuluva energia kuukausittain vuoden ajalle saadaan laskettua kaavalla 1 (17 s. 23). Tuloilmavirtana on käytetty poistoilmavirtaa.

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_v (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

$Q_{iv,tuloilma}$  = tilassa tapahtuvan tuloilman lämpeämisen lämpöenergiantarve, kWh

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_v$  = tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_s$  = sisälämpötila, °C

$T_{sp}$  = ulkolämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Puhaltimen sähkönkulutus saadaan laskettua kaavalla 2 (17, s. 52).

$$W_{ilmanvaihto} = \sum SFP q_v \Delta t \quad \text{KAAVA 2}$$

$W_{ilmanvaihto}$  = Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, kWh

SFP = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m<sup>3</sup>/s)

$q_v$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$\Delta t$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h

Poistoilmalämpöpumpulle laskettiin vuotuinen säästökustannus vähentäen saadusta energiasta poistoilmalämpöpumpun käyttämä sähköteho.  $T_{LTO}$  on saatu PILPIT Oy:n mitoitusohjelmasta ja poistoilman lämpötilana on käytetty 21 °C. Poistoilmasta saatavilla oleva teho saadaan laskettua kaavalla 3.

$$\dot{Q}_{IV} = \rho_i c_{pi} q_{vp} (T_p - T_{LTO}) \quad \text{KAAVA 3}$$

$\dot{Q}_{IV}$  = ilmanvaihdosta saatavissa oleva teho, kW

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_{vp}$  = poistoilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_p$  = poistoilmanlämpötila, °C

$T_{LTO}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

Lämpöpumpun antotehoksi on saatu PILPIT Oy:n mitoitusohjelmalla 30 kW.

Kaavalla 4 saadaan laskettua lämpöpumpun tuottama energia.

$$Q_{LP} = \dot{Q}_{LP} \cdot \Delta t \quad \text{KAAVA 4}$$

$Q_{LP}$  = ilmanvaihdosta saatavissa oleva energia, kWh

$\dot{Q}_{LP}$  = lämpöpumpun antoteho

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

Lämpöpumpun ottoteho saadaan jakamalla lämpöpumpun antoteho lämpöpumpun COP-kertoimella. Lämpöpumpun COP-kerroin 3,5 on saatu Niben 30 kW lämpöpumpun teknisestä esitteestä (22). Kaavalla 5 saadaan laskettua lämpöpumpun kuluttama sähköenergia.

$$Q_{LP, sähkö} = \dot{Q}_{LP} \cdot \Delta t$$

KAAVA 5

$Q_{LP, sähkö}$  = lämpöpumpun kuluttama sähköenergia, kWh

$\dot{Q}_{LP}$  = lämpöpumpun ottoteho

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

Huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille laskettiin sähköisen jälkilämmityspatterin energiankulutus kaavalla 6 (17, s. 21), ilman lämpiäminen asunnossa kaavalla 1, yhteistilojen huippuimurin vaikutus ilman lämpiämiseen yhteistiloissa kaavalla 1 sekä huippuimurin ja huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden kuluttama sähköenergia kaavalla 2. SFP-luvut huoneistokohtaiselle koneelle on saatu VTT:n tuotesertifikaatista (liite 2) ja huippuimurille koneraportista (22).

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_v (T_{sp} - T_{LTO}) \Delta t / 1000$$

KAAVA 6

$Q_{iv}$  = ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh

$t_d$  = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

$t_v$  = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

$\rho_i$  = ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)

$q_v$  = tuloilmavirta, m<sup>3</sup>/s

$T_{sp}$  = sisäänpuhallussisälämpötila, °C

$T_{LTO}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

$\Delta t$  = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila saadaan laskettua kaavalla 7(17, s. 21).

$$T_{LTO} = T_u + (\eta_{a,ivkone} * (T_s - T_u))$$

KAAVA 7

$T_{LTO}$  = lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila

$T_u$  = ulkoilman lämpötila, °C

$\eta_{a,ivkone}$  = ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

$T_s$  = sisäilman lämpötila, °C

$T_u$  = ulkoilman lämpötila, °C

Keskitetylle ilmanvaihdolle laskettiin ilman lämmitykseen tarvittava kaukolämpöenergia kaavalla 6, tuloilman lämpiäminen huoneistossa kaavalla 1, puhaltimen sähkönkulutus kaavalla 2 sekä sähköisen etulämmityspatterin vuotuinen sähkönkulutus. Etulämmityspatterin sähkönkulutus on saatu Acon-mitoitusohjelmalla (liite 3). SFP-luku 1,67 kW/(m<sup>3</sup>/s) ilmanvaihtokoneelle on saatu koneraportista (liite 4) ilmavirtojen ollessa mitoitettuna 0,5 (l/s)m<sup>2</sup>. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen vuosihyötysuhde on laskettu jakamalla lämmöntalteenotolla saatu energia poistoilman lämmittämiseen kuluvalle energialle. Lämmöntalteenotolla saatu energia ja poistoilman lämmittämiseen tarvittavat energiat on saatu Fläkt Woods Acon-valintaohjelmalla. Tällä menetelmällä laskettu poistoilman vuosihyötysuhde on teoreettinen. Poistoilman vuosihyötysuhteeseen vaikuttaa mm. huurteen poisto, joka aiheutuu ulkoilmanlämpötilasta sekä jäteilman lämpötilasta ja miten huurteenpoisto toteutetaan (sulatuspeltien määrä, joka vaikuttaa kuinka iso osa lämmönsiirtimestä on sulatushetkellä poissa käytöstä).

Lasketuilla menetelmillä poistoilmanvaihdon vuosittaisiksi energiakustannuksiksi on laskettu viidellä huippuimurilla 8540,24 € ja kolmella huippuimurilla 8412,28 €, asuntokohtaisille ilmanvaihtokoneille 4263,16 € ja keskitetylle ilmanvaihdolle 3005,40 €. Poistoilmalämpöpumpun vuosittaiseksi

säästöksi on laskettu 3682,43 €. Tarkemmat energialaskelmat esitetään liitteissä 5, 6, 7 ja 8.

### 4.3 Elinkaarikustannukset ja takaisinmaksuaika

Elinkaarikustannukset on laskettu kymmenen ja kahdenkymmenen vuoden ajalta. Elinkaarikustannukset muodostuvat investoinnista sekä käyttö- ja huoltokustannuksista, joiden summa jaetaan tarkasteltavan ajanjakson pituudella. Vuotuiset käyttökustannukset eri järjestelmille on esitetty taulukossa 21. Elinkaarikustannukset kymmenen vuoden ajalta esitetään taulukossa 22 ja kahdenkymmenen vuoden ajalta taulukossa 23. Poistoilmanvaihdon kustannuslaskelmissa on käytetty viiden huippuimurin energia- ja huoltokustannuksia. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen investointikustannuksena on käytetty jäteilman seinäpuhalluksella laskettu investointikustannus. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannuksena on käytetty Ilmatar-konehuoneen ja erikseen rakennettavan konehuoneen kustannuksien keskiarvoa.

*TAULUKKO 21. Vuotuiset käyttökustannukset*

	Nykyisen järjestelmän saneeraus	Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone	Keskitetty ilmanvaihto
Huoltokustannukset	135	2895	790
Energiakustannukset	8540	4263	3005
<b>Yhteensä</b>	<b>8 675</b>	<b>7158</b>	<b>3795</b>

*TAULUKKO 22. Elinkaarikustannukset kymmenen vuoden ajalta*

	Nykyisen järjestelmän saneeraus	Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone	Keskitetty ilmanvaihto
Investointikustannukset	33 084	105610	168877
Huoltokustannukset	1350	28950	7900
Energiakustannukset	85402	42632	30054
Yhteensä	119 836	177192	206831
<b>Elinkaarikustannus / a</b>	<b>11984</b>	<b>17719</b>	<b>20683</b>

TAULUKKO 23. Elinkaarikustannukset kahdenkymmenen vuoden ajalta

	Nykyisen järjestelmän saneeraus	Huoneistokohtainen ilmanvaihtokone	Keskitetty ilmanvaihto
Investointikustannukset	33 084	105610	168877
Huoltokustannukset	2700	57900	15800
Energiakustannukset	170805	85264	60108
Yhteensä	206 589	248774	244785
<b>Elinkaarikustannus / a</b>	<b>10329</b>	<b>12439</b>	<b>12239</b>

Poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika on laskettu 0-korolla ja investointisummana on käytetty 85 000€, mikä on keskimääräinen poistoilmalämpöpumpun hinta tarjousten perusteella. Takaisinmaksuaika saadaan laskettua jakamalla investointi vuotuisella säästöllä.

Poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksuajaksi on laskettu 23 vuotta ja takaisinmaksuaikalaskelma esitetään taulukossa 24.

TAULUKKO 24. Poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika

Investointikustannukset, €	85 000
Vuodessa säästöä, €	3628
Takaisinmaksuaika v, 0-korko	23



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä vertailtiin nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneerauksen, nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneerauksen ja poistoilmalämpöpumpun asennuksen, huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden sekä keskitetyn ilmanvaihdon investointi- ja käyttökustannuksia teoreettisesti laskemalla. Työn alussa tehtiin nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän kuntokartoitus, jonka perusteella laadittiin korjausehdotuksia nykyiseen järjestelmään.

Investointikustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi laskettiin nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän saneeraus ja kalleimmaksi keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden ja keskitetyn ilmavaihtojärjestelmän laskennassa on syytä ottaa huomioon työn esimerkkikohteen koko. Kohde on huoneistomäärältään pieni (33 asuntoa), kun vertaa nykyiseen rakennuskantaan. Suuremmassa kohteessa keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä voi olla pidemmällä tarkastelujaksolla edullisempi kuin huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet. Jos työssä käytetyn kiinteistön asuntojen määrä olisi esimerkiksi 50 asuntoa, huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän investointikustannus nousisi pelkästään ilmanvaihtokoneiden osalta noin 27 000 €, kun taas keskitetyn ilmanvaihtokoneen investointikustannus nousee konehuonekustannuksiltaan arviolta noin 10 % eli 18 000 €. Kun tähän lisätään vielä huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden suodattimien vaihtokustannukset, jotka nousisivat kahdenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla nykyisestä 57 900 €:sta noin 86 800 €:oon, keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä tulee noin 55 000 € halvemmaksi energiakustannukset suhteutettuna mukaan lukien. Toisaalta taas keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä vie enemmän roilotilaa ja hukkaa asuinneliöitä ja vuokratuloja erityisesti ylimmistä kerroksista raitis- ja jäteilmakanavien vuoksi. Huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä raitisilma tuodaan huoneistossa huoneiston ulkoseinästä. Tässä työssä on tarkasteltu jäteilman seinäpuhallusta, jolloin erillisiä nousukanavia jäteilmalle ei tarvita.

Ilmanvaihdon toimivuuden kannalta huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet ovat parempi ratkaisu, koska vikatilanteissa ilmanvaihto ei pysähdy joka tilassa, kuten keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän vikatilanteissa. Huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet ovat kuitenkin häiriöherkempiä talvella, jolloin lämmöntalteenottimet jäätyvät etulämmityksepatterin puuttuessa.

Nykyisten huippuimureiden saneeraus viiden sijasta kolmeen ei ole kannattavaa. Sähkökulutuksella saavutetut energiansäästöt ovat pienet ja investointikustannuksiltaan kolmen huippuimurin järjestelmä tulee todennäköisesti kalliimmaksi yhdyskanavien rakentamisen ja kanavien eristämisen vuoksi. Ilmanvaihdon toimivuuden kannalta viisi huippuimuria kolmen sijaan on parempi ratkaisu vikatilanteiden takia. Jos yksi huippuimuri lopettaa toiminnan, viidellä huippuimurilla jää vähemmän palvelualueita ilman poistoilmanvaihtoa.

Lasketuilla menetelmillä energiakustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi on saatu keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä ja kalleimmaksi nykyisen järjestelmän saneeraus. Nykyisessä poistoilmanvaihtojärjestelmässä ei ole lämmöntalteenottoa, mikä selittää tuloksen. Laskelmissa ei ole otettu huomioon huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen eikä keskitetyn ilmanvaihtokoneen sulatusjaksoja, joten koneiden todelliset hyötysuhteet poikkeavat laskelmissa käytetyistä hyötysuhteista. Tämän takia investointien jälkeen on syytä muistaa seurata miten koneet toimivat todellisessa käytössä. Myös energiakustannusten laskelmissa on otettava huomioon työssä käytetyn kohteen koko, sillä suuremmassa kohteessa poistoilmanvaihdolla ilman lämmöntalteenottoa energiakustannukset nousevat suhteessa enemmän kuin lämmöntalteenotolla varustetuissa ilmanvaihtojärjestelmissä.

Poistoilmalämpöpumppu on näin pienessä kohteessa Oulun Energian hinnoilla investointikustannuksiin nähden kannattamaton investointi. Isommassa kohteessa ja kalliimmalla lämmitysenergian hinnalla poistoilmalämpöpumppu voi olla kannattava ja siitä tulisi tehdä aina tarkempi kartoitus kohdekohtaisesti.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää VVO:lle Oulun Aleksanterinkatu 48:n nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kunto ja laatia sen perusteella korjausehdotuksia nykyiseen poistoilmanvaihtojärjestelmään. Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän korjaus- ja käyttökustannuksia verrattiin huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden, keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän sekä poistoilmalämpöpumpun lisäämisen investointi- ja käyttökustannuksiin.

Kiinteistölle tehtiin nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kuntotutkimus ja ilmavirtamittaukset lokakuussa 2015. Kuntotutkimuksen perusteella nykyiseen järjestelmään laadittiin korjausehdotuksia. Nykyinen poistoilmanvaihtojärjestelmä vaatii minimissään kanaviston nuohouksen ja ilmavirtojen säädön. Korjausehdotuksina nykyiseen järjestelmään laadittiin liesikupujen lisääminen, päätelaitteiden uusiminen sekä huippuimureiden uusiminen.

Ilmavirrat mitoitettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 mukaisesti. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden ja keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat mitoitettiin yhtä suuriksi. Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän neliöiden ilmavirrat poikkeavat hieman keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän ja huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden ilmavirroista tasapainotuksen vuoksi.

Investointikustannukset kanaviston rakentamiseen ja päätelaitteiden uusimiseen laskettiin Haahtelan Talonrakennus kustannustieto -kirjan ja Rakennustiedon Rakennusosien kustannuksia- sekä Korjausrakentamisen kustannuksia -kirjoilla. Kanaviston nuohoukselle ja ilmavirtojen säädölle pyydettiin tarjous Suomen Ilmanvaihto Oy:ltä. Arvioita asennustöiden hinnoille pyydettiin Are Oy:ltä ja ilmanvaihtokoneiden kustannusarvioita Fläkt Woods Oy:ltä sekä Vallox Oy:ltä. Poistoilmalämpöpumpun hinta-arvioita pyydettiin PILPIT Oy:ltä sekä Enermix Oy:ltä. Investointikustannuksiksi laskettiin nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän korjaukselle noin 33 000 €, poistoilmalämpöpumpun lisäämiselle nykyiseen järjestelmään noin 105 000 €,

huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille jäteilman seinäpuhalluksella noin 106 000 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle noin 170 000 €.

Poistoilmalämpöpumpun korkeaan hintaan vaikutti eniten poistoilmalämpöpumppujärjestelmän korkea hinta. Suurin ero huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden ja keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän hinnassa syntyi uusien pystykanavien rakentamisesta.

Ylläpitokustannukset laskettiin huoltokustannusten ja energiakustannusten perusteella. Huoltokustannukset laskettiin VVO:n huoltotyösopimusta hyödyntäen. Huoltomiehen hinnaksi arvioitiin 45 €/h ja suodattimien hinnat on arvioitu Suodatinmestarien ja Suodatinpisteen hintojen perusteella. Poistoilmalämpöpumpun huoltokustannukset saatiin Enermix Oy:n vuosihuoltosopimuksen hinta-arviosta. Vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi laskettiin nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle 135 €, poistoilmalämpöpumpulle 1500 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille 2895 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle 790 €. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden suurta huoltokustannusta selittää suodattimien vaihto.

Energiakustannukset laskettiin kuukausitasolla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaisesti. Ilmavirtana energialaskuissa käytettiin  $0,5 \text{ (l/s)/m}^2$ , jotta ilmavirrat ovat täysin samat eri ilmanvaihtojärjestelmien vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi. Kaukolämmön -ja sähkönhintana käytettiin Oulun Energian hintoja. Nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle laskettiin ilman lämpiäminen huoneistossa ja puhaltimien sähkönkulutus. Huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille laskettiin ilman lämpiäminen huoneistossa, sähköisen jälkilämmityspatterin sähkönkulutus ja ilman lämpiäminen huoneistossa. Keskitetylle ilmanvaihtokoneelle laskettiin puhaltimen sähkönkulutus, kaukolämpöenergian kulutus ilman lämmittämiseen lämmöntalteenoton jälkeen ja puhaltimen sähkönkulutus. Poistoilmalämpöpumpulle laskettiin teoreettinen poistoilmasta saatavilla oleva energia. Vuosittaisiksi energiakustannuksiksi laskettiin nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle 8540 €, huoneistokohtaisille

ilmanvaihtokoneille 4263 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle 3005 €. Nykyisen poistoilmanvaihtojärjestelmän suurta energiakustannusta selittää lämmöntalteenoton puuttuminen. Poistoilmalämpöpumpulle laskettiin vuosittaisiksi energiansäästökustannuksiksi 3628 €.

Elinkaarikustannukset laskettiin 0-korolla summaamalla investointikustannukset ja ylläpitokustannukset. Kymmenen vuoden elinkaarikustannuksiksi laskettiin nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle noin 120 000 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille noin 177 000 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle noin 207 000 €. Kahdenkymmenen vuoden elinkaarikustannuksiksi laskettiin nykyiselle poistoilmanvaihtojärjestelmälle noin 207 000 €, huoneistokohtaisille ilmanvaihtokoneille noin 249 000 € ja keskitetylle ilmanvaihtojärjestelmälle noin 245 000 €. Suurin ero elinkaarikustannuksissa ensimmäisen kymmenen vuoden ajalta johtui investointikustannuksista. Kahdenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla on nähtävissä lämmöntalteenoton vaikutus elinkaarikustannuksissa. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän elinkaarikustannusten eron kahdenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään selittyy suodattimien vaihdoista aiheutuvista kustannuksista.

Poistoilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika laskettiin 0-korolla jakamalla investointikustannus vuotuisella energiansäästökustannuksella. Takaisinmaksuajaksi laskettiin 23 vuotta, eikä takaisinmaksuajassa huomioitu huoltokustannuksia. Poistoilmalämpöpumppu laskettiin kannattamattomaksi investoinniksi työssä olevaan esimerkkikohteeseen. Jos otetaan huomioon vielä huoltokustannukset ja kompressorin vaihto viidentoistavuoden välein, säästöt jäävät vähäisiksi.

Laskelmien perusteella edullisimmaksi vaihtoehdoksi kahdenkymmenen vuoden elinkaarikustannuksiltaan laskettiin nykyisen järjestelmän korjaaminen. Investointikustannukset laskettiin pelkän ilmanvaihdon saneerauksen osalta, mikä ei ole yleensä kannattava remontti yksinään. Ilmanvaihdon saneerauksessa tulee miettiä kiinteistöstrategiaa ja niputtaa suuremmat

remontit samaan aikaan, kuten ilmanvaihdon saneeraus linjasaneerauksen yhteydessä. Tällöin esimerkiksi uudet ilmanvaihdon pystykanavat tulevat edullisemmiksi rakentaa mm. työkustannusten ja valvonnan osalta.

## LÄHTEET

1. Jokiranta, Kai – Kurnitski, Jarek – Palonen, Jari – Seppänen, Olli 2001. Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit. Vantaa: Tummavuoren Kirjapaino Oy.
2. D2 (2012). 2012. 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 22.11.2015.
3. Sandberg, Esa, 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Ilmastointitekniikka osa 1. Tampere: Tammerprint Oy.
4. Out/in yhdistetty seinäpuhallus- ja ilmanotto-laite. Vallox Oy. Saatavissa: [http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Ohjeistot\\_International/TEK\\_N\\_OUTIN\\_INT-101014-PRINT.pdf](http://www.vallox.com/tiedostot/4/documents/Ohjeistot_International/TEK_N_OUTIN_INT-101014-PRINT.pdf). Hakupäivä 22.11.2015.
5. Tehdasvalmiit Ilmatar-konehuoneet. Fläktwoods Oy. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi/a451156b-dcef-42ec-94c0-a55c8079d285>. Hakupäivä 22.11.2015.
6. Seppänen, Olli 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: LVI-kustannus Oy.
7. Enermix LTO-järjestelmä kerrostalon poistoilman lämmön talteenotto. Enermix Oy. Saatavissa: <http://www.enermix.fi/taloyhtio-lto>. Hakupäivä 27.11.2015.
8. Mujunen Jarno. 2014. Poistoilmalämpöpumppu vanhassa kerrostalossa. Insinööriyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74838/Poistoilmalampopu>

- [mppu%20vanhassa%20kerrostalossa.pdf?sequence=1](#). Hakupäivä 27.11.2015.
9. Haahtela, Yrjänä – Kiiras, Juhani 2015. Talonrakennuksen kustannustieto. Tampere: Tammer-Paino Oy.
  10. Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy 2014. Tampere: Tammerprint Oy.
  11. Korjausrakentamisen kustannuksia. Rakennustieto Oy 2015. Tampere: Tammerprint Oy.
  12. Uusi-Illikainen Janne. 2013. Asuinkerrostalon asuntokohtaisen ja keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän vertailu. Opinnäytetyö. Oulun Ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60039/Uusi-Illikainen\\_Janne.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60039/Uusi-Illikainen_Janne.pdf?sequence=1). Hakupäivä 12.1.2015.
  13. Kaukolämmön energiamaksu. 2016. Oulun Energia Oy. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/lampoa-kotiin/kaukolampohinnasto> . Hakupäivä 3.2.2016.
  14. Sähkönsiirtohintaa. 2016. Oulun Energia Oy. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoverkkopalvelut/verkkopalveluhinnasto/sahkon-siirtohinnoista/yleissahkon> . Hakupäivä 3.2.2016.
  15. Yleissähkön hinta. 2016. Oulun Energia Oy. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoa-kotiin/sahkon-hinta> . Hakupäivä 3.2.2016.
  16. D3 (2012). 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa:



- [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 3.2.2016.
17. D5 (2012). 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468](http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468). Hakupäivä 3.2.2016.
18. Fläkt Woods CleanVent päätelaitteet. Fläkt Woods Oy. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi/tietoa-meista/media/uutisia/cleanvent-likaa-hylkiva-pinnoite/>. Hakupäivä 15.2.2016.
19. Fläkt Woods Tuotehinnasto. Fläkt Woods Oy. Saatavissa: [http://www.flaktwoods.fi/globalassets/finland/hinnastot-ja-ehdot/price\\_list\\_2013\\_06\\_fin.pdf](http://www.flaktwoods.fi/globalassets/finland/hinnastot-ja-ehdot/price_list_2013_06_fin.pdf). Hakupäivä 15.2.2016.
20. PILPIT Oy Tekninen esite. PILPIT Oy. Saatavissa: <http://www.pilpit.fi/images/valintaohjelma/PILPIT-20/perus/Pilpit%20tekninenesite.pdf>. Hakupäivä 15.2.2016.
21. Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten Lämmitys. Suomen LVI-liitto ry. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä 2001.
22. NIBE F1345 Opas. 2016. Nibe. Saatavissa: <http://www.nibe.fi/upload/haato/Ohjeet/F1345%20opas%201243-2.PDF>. Hakupäivä 24.2.2016.
23. Vallox EC-huippuimurit. 2016. Vallox. Saatavissa: [http://www.vallox.com/files/763/TEKNHUIP\\_sf-051214.pdf](http://www.vallox.com/files/763/TEKNHUIP_sf-051214.pdf). Hakupäivä 24.2.2016.

## **LIITTEET**

Liite 1 Mittauspöytäkirja

Liite 2 Vallox 096 MC -ilmanvaihtokoneen VTT:n tuotesertifikaatti

Liite 3 Fläkt Woods eQ 011 -ilmanvaihtokoneen etulämmityspatterin  
sähkönkulutus

Liite 4 Fläkt Woods eQ 011 -ilmanvaihtokoneen koneraportti

Liite 5 Poistoilmanvaihtojärjestelmien energialaskelma

Liite 6 Huoneistokohtaisen ilmanvaihtojärjestelmän energialaskelma

Liite 7 Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän energialaskelma

Liite 8 Poistoilmalämpöpumpun energiansäästö-laskelma

Kohde	VVO									
Osioite	ALEKSANTERINKATU 48									
Mittaja	MIKA ISOHOONANA									
Käytetyt mitalaitteet	VELOCICALC 9555-P									
Päiväys	1.10.2015									
Sää	12 °C, aurinkoinen, puuskitusta tuulia 7m/s	korjaukseroin	avauksen	mitattu paine-ero	mitattu nopeus	mitattu/laskettu ilmamäärä	suunniteltu ilmamäärä, alkuperäinen	suunniteltu ilmamäärä, RakkD2	huomautuksia	
huoneisto	venttiilityyppi	korjaukseroin	avauksen	mitattu paine-ero	mitattu nopeus	mitattu/laskettu ilmamäärä	suunniteltu ilmamäärä, alkuperäinen	suunniteltu ilmamäärä, RakkD2	huomautuksia	
		k	mm	Pa	m/s	l/s	l/s	l/s		
G 53	2rhk 53.5m2	k	6,3	12	4,2	1,29	13	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph					9	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		k	6,3	12	16,2	2,81	25	23	8/25 huippumäärin teho 1/1	
		ph					20	17	10/15 huippumäärin teho 1/1	
G 55	1rhk 30m2	k				1,12	8	17	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				1,35	9	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
G 58	1rhk 30m2	k				0,6	4	17	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				0,85	6	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
G 60	3rhk 60m2	k	3,6	-6	19	1,6	16	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph					11	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh							ei mitattu	
G 63	4rhk 84m2	k	2,5	-11	53,7	0,35	18	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				1,57	2	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh				0,25	2	5	3 huippumäärin teho 1/2	
G 65	4rhk 84m2	k	2,5	-11	60	0,39	19	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				1,86	3	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh					13	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh							ei mitattu	
H 66	2rhk 53.5m2	k	2,3	-12	65,7	1,54	19	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph					11	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
H 71	3rhk 64m2	k	3,6	-6	22	1,03	17	23	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				0,26	7	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh					2	5	3 huippumäärin teho 1/2	
H 73	1rhk 30 m2	k				0,72	5	17	8/25 huippumäärin teho 1/2	
		ph				1,4	10	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
H 76	1rhk 30m2	k							ei mitattu	
		ph							ei mitattu	
H 80	3rhk 64m2	k							ei mitattu	
		ph				0,79	6	17	10/15 huippumäärin teho 1/2	
		vh				0,57	4	5	3 huippumäärin teho 1/2	
H 82	1rhk 30m2	k				2,15	15	17	8/25 huippumäärin teho 1/1	
		ph					15	17	10/15 huippumäärin teho 1/1	
Kellari	H-rappu irralmistovarasto	KS 150	2,3	-8	32	1,16	13		huippumäärin teho 1/2	
	Sivous	KS 100				0,81	8	10	huippumäärin teho 1/2	
	Pesula	KS 160				0,74	13	20	huippumäärin teho 1/2	
	Pukuhuone	KS 160				1	12	18	huippumäärin teho 1/2	
	Pesuhuone	KS 160				0,86	16	25	huippumäärin teho 1/2	
	Sauna	KSOS 100				1,76	13	10	huippumäärin teho 1/2	
		KSOS 100				1,35	8	10	huippumäärin teho 1/2	
	G-rappu irralmistovarasto	KS 160	4,4	5	18	1,71	19	15	huippumäärin teho 1/2	
	Pöytävarasto	KS 100					12		huippumäärin teho 1/2	



# TUOTESERTIFIKAATTI

Sertifikaatti Nro VTT-C-10047-13  
1 (2)

## Vallox Oy

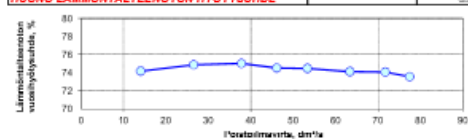
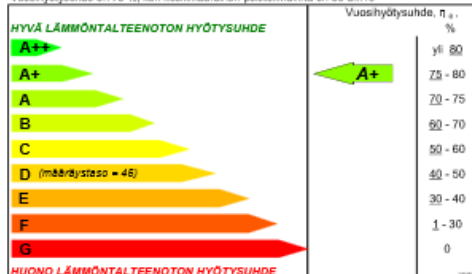
valmistaa

### ilmanvaihtokoneita Vallox 96 MC

Vallox 96 MC on tarkoitettu käytettäväksi asunnon ilmanvaihtokoneena ja sen lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ominais sähköteho sekä lämpö-, virtaus- ja äänitekniset ominaisuudet on määritetty sertifiointiperusteiden VTT SERT R018-04: *Asunnon ilmanvaihtokone* mukaisesti. Yhteenveto ilmanvaihtokoneen lasketusta energiatehokkuudesta Etelä-Suomen sääoloissa on esitetty seuraavassa:

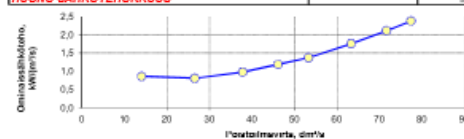
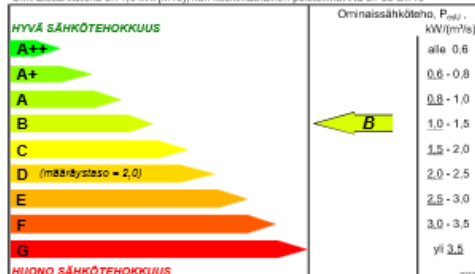
#### POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTON VUOSIHYÖTY SUHDE, $\eta_{s,v}$

Vuoshiötysuhde on 75 %, kun keskimääräinen poistoilmavirta on 38 dm<sup>3</sup>/s



#### ILMANVAIHTOKONEEN OMINAIS SÄHKÖTEHO, $P_{e,adj}$

Ominais sähköteho on 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), kun keskimääräinen poistoilmavirta on 38 dm<sup>3</sup>/s



Ilmanvaihtokone täyttää sivulla 2 esitetyt vaatimukset. Ilmanvaihtokoneen tuotetiedot, energiatehokkuuden laskennan lähtötiedot ja tulokset on esitetty sertifikaatin liitteessä.

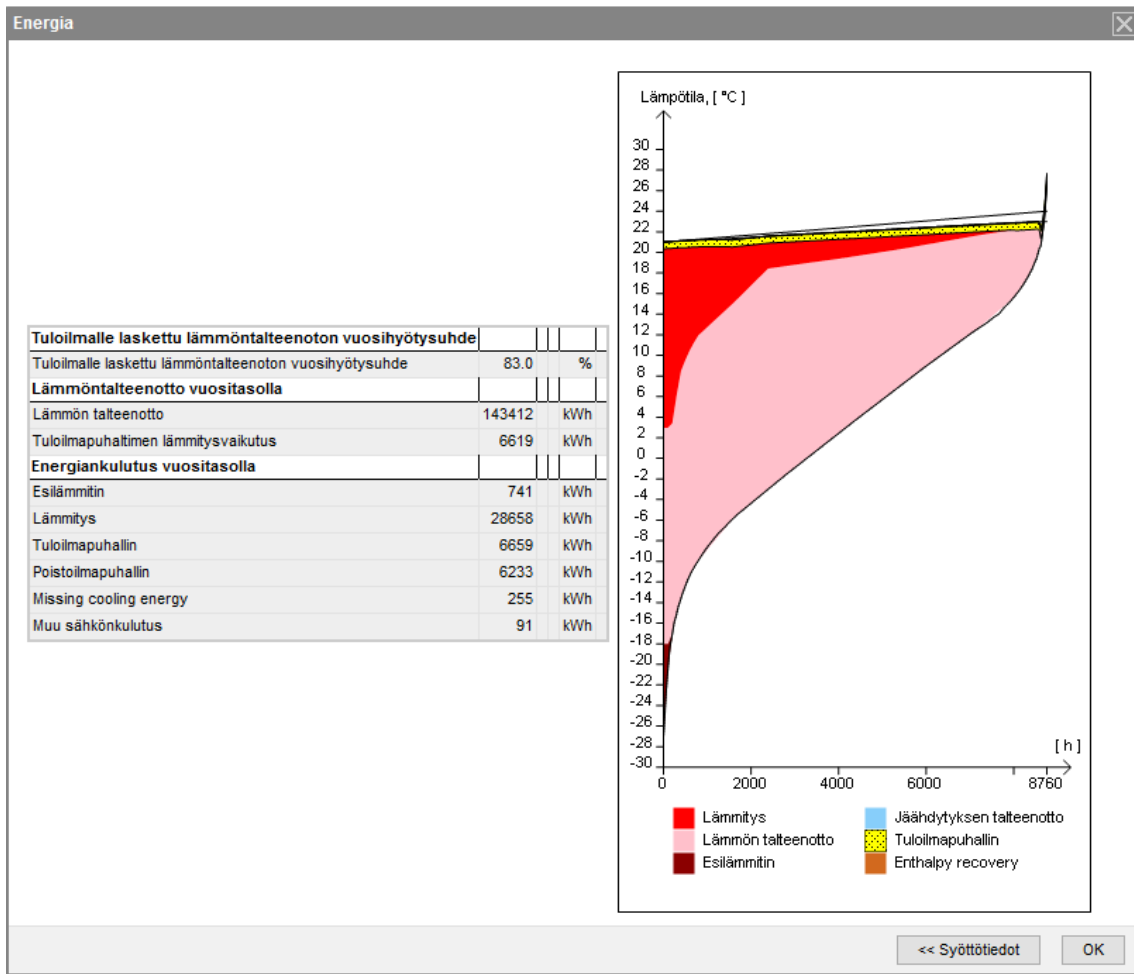
Tämä sertifikaatti on voimassa 26.6.2018 saakka sillä edellytyksellä, että tuotteessa ei tapahdu oleellisia muutoksia ja että valmistajalla on voimassa oleva laadunvalvontasopimus VTT Expert Services Oy:n kanssa. Sertifikaatin voimassaolon voi tarkistaa VTT Expert Services Oy:stä tai Internet-osoitteesta <http://www.vttexpertservices.fi/certifications/>. Muut ehdot on esitetty sertifikaatin lopussa.

Espoo 27.6.2013

Liisa Rautiainen  
Arviointipäällikkö

Mikko Saari  
Arvioija

VTT EXPERT SERVICES OY  
PL 1001, 02044 VTT  
Puh. 020 722 111, Faksi 020 722 7003





## ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	1018 (oppari) / oppari	Acon 2.14.160226.1
AOC	ACON-01803376	
Kone	6 () / tk1	2016-02-26
Konekoko	011	Sivu 1/1
Asiakas		
Asiakkaan viite		
Oma viite	Mika Isohookana	
Tuloilmavirta	1.02 m <sup>3</sup> /s	Poistoilmavirta 1.02 m <sup>3</sup> /s
Ulkoinen painehäviö	250 Pa	Ulkoinen painehäviö 250 Pa
Jännite	3 x 400V + N, 50 Hz	Paino 1214 kg
Ominais sähköteho SFP	1.67 kW/(m <sup>3</sup> /s)	Designed for wet conditions
Ilman tiheys	1.2 kg/m <sup>3</sup>	Korkeus mpy 0 m

## YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP* (Pa)
<b>Tuloilma:</b>					
Ulkoilmakanava					50
Peltiosa/liitäntäosa	3.2				5
Suodatin	2.1				104
Rakenneosa					0
Ilmanlämmitin	1.8		-32 / -18		2
Lämmönsiirrin	1.6	83.9	-18 / 3.3		143
Ilmanlämmitin	2.1		3.3 / 19.3		29
Rakenneosa					0
Kammiopuhallin		55.3	19.3 / 20	24 / 24.8	553
Liitäntähäviö					20
Tuloilmakanava					200
<b>Poistoilma:</b>					
Poistoilmakanava					200
Peltiosa/liitäntäosa	3.3				5
Suodatin	2.1				105
Lämmönsiirrin	1.5		22 / 2.2		144
Kammiopuhallin		55.6			524
Liitäntähäviö					20
Jäteilma					50

\*Koskee puhaltimen mitoittavaa toimintapistettä

## ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitäntä	55	55	59	52	56	53	45	43	60
Tuloilmaliitäntä	59	64	71	70	74	72	69	64	78
Poistoilmaliitäntä	56	56	61	54	58	56	50	49	62
Jäteilmaliitäntä	59	64	71	70	74	72	69	64	78
Koneen vaipan läpi	56	57	57	43	43	48	40	30	53

## TOLERANSSI

Standardin EN 13053 mukaan kokonaistason LwA toleranssi on 4dB. Oktaavikaistojen toleranssit on annettu taulukossa

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
TOLERANSSI	8	6	6	6	6	4	4	7	4

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

Käyntiaika [h/vrk]	$T_s$ [°C]	$q_v$ [m <sup>3</sup> /s]	$\rho_i$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$c_{pi}$ [J/(kg K)]	kWh kerroin
24	21	1,01875	1,2	1000	1000
Kuukausi	$T_u$ [°C]	$T_s - T_u$ [°C]	$\Delta t$ [h/kk]	$Q_{iv}$ tuloilma, [kWh]	
Tammikuu	-8,00	29,00	744	26376,66	
Helmikuu	-7,10	28,10	672	23084,71	
Maaliskuu	-3,53	24,53	744	22311,02	
Huhtikuu	2,42	18,58	720	16354,12	
Toukokuu	8,84	12,16	744	11060,01	
Kesäkuu	13,39	7,61	720	0,00	
Heinäkuu	15,76	5,24	744	0,00	
Elokuu	13,76	7,24	744	0,00	
Syyskuu	9,18	11,82	720	10403,96	
Lokakuu	4,07	16,93	744	15398,51	
Marraskuu	-1,76	22,76	720	20033,35	
Joulukuu	-5,92	26,92	744	24484,82	
<b>Yhteensä</b>				<b>169507,16</b>	
	SFP [kW/(m <sup>3</sup> q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s])]	$\Delta t$ [h]	$W$ ilmanvaihto [kWh/vrk]		
<b>HI 1</b>	0,68	0,177	24	2,88	
<b>HI 2</b>	0,68	0,177	24	2,88	
<b>HI 3</b>	0,71	0,310	24	5,28	
<b>HI 4</b>	0,68	0,177	24	2,88	
<b>HI 5</b>	0,68	0,177	24	2,88	
Yhteensä				16,8	
<b>Yhteensä kWh/a</b>					6132
	SFP [kW/(m <sup>3</sup> q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s])]	$\Delta t$ [h]	$W$ ilmanvaihto [kWh/vrk]		
<b>HI 1</b>	0,54	0,295	24	3,84	
<b>HI 2</b>	0,51	0,428	24	5,28	
<b>HI 3</b>	0,54	0,295	24	3,84	
Yhteensä				12,96	
<b>Yhteensä kWh/a</b>					4730,4
<b>5 Huippumuria</b>					
Energiamaksu Oulun kantakaupunki, Oulunsalo, Haukipudas				47,08€/MWh	
Sähkönsiirtomaksu				3,05snt/kWh	
Energiamaksu				6,08snt/kWh	
				9,13snt/kWh	
		Kulutus	hinta	Yht	
<b>Kaukolämpö</b>		169,507 MWh/a	47,08€/MWh	7980,39 €/a	
<b>Sähkö</b>		6132 kWh/a	9,13snt/kWh	559,85 €/a	
<b>Yhteensä</b>				<b>8540,24 €/a</b>	
<b>3 Huippumuria</b>					
Energiamaksu Oulun kantakaupunki, Oulunsalo, Haukipudas				47,08€/MWh	
Sähkönsiirtomaksu				3,05snt/kWh	
Energiamaksu				6,08snt/kWh	
				9,13snt/kWh	
		Kulutus	hinta	Yht	
<b>Kaukolämpö</b>		169,507 MWh/a	47,08€/MWh	7980,39 €/a	
<b>Sähkö</b>		4730,4 kWh/a	9,13snt/kWh	431,89 €/a	
<b>Yhteensä</b>				<b>8412,28 €/a</b>	

HUONEISTOKOHTAISEN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄN ENERGIALASKELMA LIITE 6

PILP																																																																																																																																															
Käyntiaika [vrk/7vrk]	Käyntiaika [h/24h]	T <sub>LTO</sub> [°C]	T <sub>poisto</sub> [°C]	q <sub>vp</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ρ <sub>i</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	c <sub>pi</sub> [J/(kg K)]	kWh kerroin																																																																																																																																								
7	24	2	21	1,01875	1,2	1000	1000																																																																																																																																								
Saatavissa oleva teho	23,23	kW																																																																																																																																													
antoteho	30	kW																																																																																																																																													
cop	3,50																																																																																																																																														
höyrynteho	21,43	kW																																																																																																																																													
ottoteho	8,57																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Q<sub>läm+lkv</sub></th> <th colspan="2">Q<sub>pilp</sub></th> <th colspan="2">W<sub>pilp</sub></th> <th colspan="2">Säästö</th> </tr> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>€</th> <th>MWh</th> <th>€</th> <th>kWh</th> <th>€</th> <th colspan="2">€</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tammikuu</td> <td>41,1</td> <td>1934,99</td> <td>22,3</td> <td>1050,83</td> <td>6377,14</td> <td>582,23</td> <td colspan="2">468,59</td> </tr> <tr> <td>Helmikuu</td> <td>32,2</td> <td>1515,98</td> <td>15,6</td> <td>734,87</td> <td>4459,68</td> <td>407,17</td> <td colspan="2">327,70</td> </tr> <tr> <td>Maaliskuu</td> <td>31,9</td> <td>1501,85</td> <td>17,3</td> <td>813,60</td> <td>4937,50</td> <td>450,79</td> <td colspan="2">362,81</td> </tr> <tr> <td>Huhtikuu</td> <td>25,1</td> <td>1181,71</td> <td>16,7</td> <td>787,36</td> <td>4778,23</td> <td>436,25</td> <td colspan="2">351,10</td> </tr> <tr> <td>Toukokuu</td> <td>18</td> <td>847,44</td> <td>17,3</td> <td>813,60</td> <td>4937,50</td> <td>450,79</td> <td colspan="2">362,81</td> </tr> <tr> <td>Kesäkuu</td> <td>11,1</td> <td>522,59</td> <td>11,1</td> <td>522,59</td> <td>3171,43</td> <td>289,55</td> <td colspan="2">233,04</td> </tr> <tr> <td>Heinäkuu</td> <td>6,7</td> <td>315,44</td> <td>6,7</td> <td>315,44</td> <td>1914,29</td> <td>174,77</td> <td colspan="2">140,66</td> </tr> <tr> <td>Elokuu</td> <td>6,7</td> <td>315,44</td> <td>6,7</td> <td>315,44</td> <td>1914,29</td> <td>174,77</td> <td colspan="2">140,66</td> </tr> <tr> <td>Syyskuu</td> <td>10,4</td> <td>489,63</td> <td>10,4</td> <td>489,63</td> <td>2971,43</td> <td>271,29</td> <td colspan="2">218,34</td> </tr> <tr> <td>Lokakuu</td> <td>23,2</td> <td>1092,26</td> <td>17,3</td> <td>813,60</td> <td>4937,50</td> <td>450,79</td> <td colspan="2">362,81</td> </tr> <tr> <td>Marraskuu</td> <td>27,1</td> <td>1275,87</td> <td>16,7</td> <td>787,36</td> <td>4778,23</td> <td>436,25</td> <td colspan="2">351,10</td> </tr> <tr> <td>Joulukuu</td> <td>34,1</td> <td>1605,43</td> <td>17,3</td> <td>813,60</td> <td>4937,50</td> <td>450,79</td> <td colspan="2">362,81</td> </tr> <tr> <td></td> <td>267,6</td> <td>12598,61</td> <td>175,402</td> <td>8257,90</td> <td>50114,72</td> <td>4575,47</td> <td colspan="2">3682,43</td> </tr> </tbody> </table>										Q <sub>läm+lkv</sub>		Q <sub>pilp</sub>		W <sub>pilp</sub>		Säästö			MWh	€	MWh	€	kWh	€	€		Tammikuu	41,1	1934,99	22,3	1050,83	6377,14	582,23	468,59		Helmikuu	32,2	1515,98	15,6	734,87	4459,68	407,17	327,70		Maaliskuu	31,9	1501,85	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81		Huhtikuu	25,1	1181,71	16,7	787,36	4778,23	436,25	351,10		Toukokuu	18	847,44	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81		Kesäkuu	11,1	522,59	11,1	522,59	3171,43	289,55	233,04		Heinäkuu	6,7	315,44	6,7	315,44	1914,29	174,77	140,66		Elokuu	6,7	315,44	6,7	315,44	1914,29	174,77	140,66		Syyskuu	10,4	489,63	10,4	489,63	2971,43	271,29	218,34		Lokakuu	23,2	1092,26	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81		Marraskuu	27,1	1275,87	16,7	787,36	4778,23	436,25	351,10		Joulukuu	34,1	1605,43	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81			267,6	12598,61	175,402	8257,90	50114,72	4575,47	3682,43	
	Q <sub>läm+lkv</sub>		Q <sub>pilp</sub>		W <sub>pilp</sub>		Säästö																																																																																																																																								
	MWh	€	MWh	€	kWh	€	€																																																																																																																																								
Tammikuu	41,1	1934,99	22,3	1050,83	6377,14	582,23	468,59																																																																																																																																								
Helmikuu	32,2	1515,98	15,6	734,87	4459,68	407,17	327,70																																																																																																																																								
Maaliskuu	31,9	1501,85	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81																																																																																																																																								
Huhtikuu	25,1	1181,71	16,7	787,36	4778,23	436,25	351,10																																																																																																																																								
Toukokuu	18	847,44	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81																																																																																																																																								
Kesäkuu	11,1	522,59	11,1	522,59	3171,43	289,55	233,04																																																																																																																																								
Heinäkuu	6,7	315,44	6,7	315,44	1914,29	174,77	140,66																																																																																																																																								
Elokuu	6,7	315,44	6,7	315,44	1914,29	174,77	140,66																																																																																																																																								
Syyskuu	10,4	489,63	10,4	489,63	2971,43	271,29	218,34																																																																																																																																								
Lokakuu	23,2	1092,26	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81																																																																																																																																								
Marraskuu	27,1	1275,87	16,7	787,36	4778,23	436,25	351,10																																																																																																																																								
Joulukuu	34,1	1605,43	17,3	813,60	4937,50	450,79	362,81																																																																																																																																								
	267,6	12598,61	175,402	8257,90	50114,72	4575,47	3682,43																																																																																																																																								
Energiamaksu Oulun kantakaupunki, Oulunsalo, Haukipudas				47,08€/MWh																																																																																																																																											
Sähkösiiromaksu				3,05snt/kWh																																																																																																																																											
Energiamaksu				6,08snt/kWh																																																																																																																																											
				9,13snt/kWh																																																																																																																																											



Huoneistokoht.kone	Käyntiaika [h/vrk]	T <sub>s</sub> [°C]	q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s]	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>a, kkkone</sub>	i [kg/m <sup>3</sup> ]	c <sub>pi</sub> [J/(kg K)]	kWh kerroin
	24	21	0,886	18	0,74	1,2	1000	1000
Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> - T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>LTO</sub> [°C]	Q <sub>w, JLP</sub> [kWh]	Q <sub>w, tuolima</sub> [kWh]		
Tammikuu	-8,00	29,00	744	13,5	3590,22	2372,39		
Helmikuu	-7,10	28,10	672	13,7	3075,64	2142,81		
Maaliskuu	-3,53	24,53	744	14,6	2671,16	2372,39		
Huhtikuu	2,42	18,58	720	16,2	1401,09	2295,86		
Toukokuu	8,84	12,16	744	17,8	127,79	2372,39		
Kesäkuu	13,39	7,61	720	19,0	0,00	0,00		
Heinäkuu	15,76	5,24	744	19,6	0,00	0,00		
Elokuu	13,76	7,24	744	19,1	0,00	0,00		
Syyskuu	9,18	11,82	720	17,9	56,02	2295,86		
Lokakuu	4,07	16,93	744	16,6	1108,54	2372,39		
Marraskuu	-1,76	22,76	720	15,1	2232,80	2295,86		
Joulukuu	-5,92	26,92	744	14,0	3162,56	2372,39		
<b>Yhteensä</b>					17425,82	20892,36		
Yhteistilat	Käyntiaika [h/vrk]	T <sub>s</sub> [°C]	q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s]	i [kg/m <sup>3</sup> ]	c <sub>pi</sub> [J/(kg K)]	kWh kerroin		
<b>Vallox 31P-EC</b>	24	21	0,133	1,2	1000	1000		
Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> - T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	Q <sub>w</sub> [kWh]				
Tammikuu	-8,00	29,00	744	3443,53				
Helmikuu	-7,10	28,10	672	3013,76				
Maaliskuu	-3,53	24,53	744	2912,75				
Huhtikuu	2,42	18,58	720	2135,06				
Toukokuu	8,84	12,16	744	1443,91				
Kesäkuu	13,39	7,61	720	0,00				
Heinäkuu	15,76	5,24	744	0,00				
Elokuu	13,76	7,24	744	0,00				
Syyskuu	9,18	11,82	720	1358,26				
Lokakuu	4,07	16,93	744	2010,31				
Marraskuu	-1,76	22,76	720	2615,40				
Joulukuu	-5,92	26,92	744	3196,55				
<b>Yhteensä</b>				22129,52				

	Käyntiaika [h/vrk]	q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	W [kWh/vrk]	W [kWh/a]
<b>Huoneistokoht.kone</b>	24	0,886	0,8	17,006	
<b>Yht tilat. (31P-EC)</b>	24	0,133	0,75	2,400	
<b>Yhteensä</b>				19,406	
<b>Yhteensä vuodessa</b>					<b>7083,34</b>
Energiamaksu Oulun kantakaupunki, Oulunsalo, Haukipudas				47,08€/MWh	
Sähkönsiirtomaksu				3,05snt/kWh	
Energiamaksu				6,08snt/kWh	
				9,13snt/kWh	
				Yht	
<b>Yhteistilat</b>	22,13	MWh/a	47,08€/MWh	1041,86	€/a
<b>Sähköinen JLP</b>	17425,82	kWh/a	9,13snt/kWh	1590,98	€/a
<b>Ilman lämpeäminen asunnossa</b>	20,89	MWh/a	47,08€/MWh	983,61	€/a
<b>Sähkö</b>	7083,34	kWh/a	9,13snt/kWh	646,71	€/a
<b>Yhteensä</b>				4263,16	€/a

Käyntiaika [vrk/7vrk]	Käyntiaika [h/vrk]	T <sub>s</sub> [°C]	q <sub>vt</sub> [m <sup>3</sup> /s]	T <sub>sp</sub> [°C]	η <sub>la, ivkone</sub>	ρ <sub>i</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	c <sub>pi</sub> [J/(kg K)]	kWh kerroin
7	24	21	1,019	18	0,81	1,2	1000	1000
Kuukausi	T <sub>u</sub> [°C]	T <sub>s</sub> - T <sub>u</sub> [°C]	Δt [h/kk]	T <sub>LTO</sub> [°C]	Q <sub>iv</sub> [kWh]	Q <sub>iv tuloilma</sub> [kWh]		
Tammikuu	-8,00	29,00	744	15,5	2282,95	2728,62		
Helmikuu	-7,10	28,10	672	15,7	1921,54	2464,56		
Maaliskuu	-3,53	24,53	744	16,3	1510,47	2728,62		
Huhtikuu	2,42	18,58	720	17,5	466,68	2640,60		
Toukokuu	8,84	12,16	744	18,7	0,00	2728,62		
Kesäkuu	13,39	7,61	720	19,6	0,00	0,00		
Heinäkuu	15,76	5,24	744	20,0	0,00	0,00		
Elokuu	13,76	7,24	744	19,6	0,00	0,00		
Syyskuu	9,18	11,82	720	18,8	0,00	2640,60		
Lokakuu	4,07	16,93	744	17,8	197,10	2728,62		
Marraskuu	-1,76	22,76	720	16,7	1165,74	2640,60		
Joulukuu	-5,92	26,92	744	15,9	1923,50	2728,62		
Yhteensä					9467,97	24029,46		
W=SFP*q*t	Käyntiaika [h/vrk]	q <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> /s]	SFP [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	W [kWh/vrk]	W [kWh/a]			
	24	1,019	1,67	40,83	14903,50			
Energiamaksu Oulun kantakaupunki, Oulunsalo, Haukipudas				47,08€/MWh				
Sähkösiirtomaksu				3,05snt/kWh				
Energiamaksu				6,08snt/kWh				
				9,13snt/kWh				
Q <sub>iv</sub>	9,47	MWh/a	47,08€/MWh	445,75	€/a			
Q tuloilman lämpeäminen	24,03	MWh/a	47,08€/MWh	1131,31	€/a			
W <sub>iv</sub>	14903,50	kWh/a	9,13snt/kWh	1360,69	€/a			
Etlämmityspatteri	741,00	kWh/a	9,13snt/kWh	67,65				
Yhteensä				3005,40	€/a			