

Jarkko Lukander

POISTOILMALÄMPÖPUMPPU ASUINKERROSTALON
LÄMMÖN TALTEENOTOSSA

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2013

Lukander, Jarkko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2013
Ohjaaja: Heinola, Reino
Sivumäärä: 27
Liitteitä: 0

Asiasanat: lämpöpumput, kerrostalot, energiankulutus, ilmanvaihtojärjestelmät

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia poistoilman lämmön hyödyntämistä asuinkerrostaloissa poistoilmalämpöpumpuilla. Työssä tarkastellaan poistoilmalämpöpumppujen ominaisuuksia ja toimintaa sekä asuinkerrostaloille ominaisia piirteitä, joissa poistoilmasta saatavaa lämpöä voidaan hyödyntää.

Työn aihe valittiin energian säästön tärkeyden korostumisen vuoksi nykypäivänä. Poistoilmalämpöpumput ovat teknologiana tässä yhteydessä hyvä esimerkki tavasta valjastaa jo olemassa olevaa lämpöenergiaa takaisin käyttöön, joka muutoin jäisi hyödyntämättä.

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimalla aiheeseen liittyvää aineistoa ja tekemällä esimerkkilaskelma olemassa olevaan asuinkerrostaloon, johon ei ole vielä poistoilmalämpöpumppua asennettu.

EXHAUST AIR HEAT PUMP IN APARTMENT BUILDING HEAT RECOVERY

Lukander, Jarkko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

November 2013

Supervisor: Heinola, Reino

Number of pages: 27

Appendices: 0

Keywords: heat pumps, apartment buildings, energy consumption, ventilation systems

The purpose of this bachelor's thesis was to study the use of exhaust air heat in apartment buildings with exhaust air heat pumps. This thesis reviews the properties and functions of exhaust air heat pumps, together with the features of apartment buildings that can utilize exhaust air heat.

The subject of this thesis was chosen for the present day emphasis of conserving energy. Exhaust air heat pumps as a technology in this regard are a good example of a way to harness existing thermal energy which would otherwise go unutilized.

This thesis was accomplished by examining the material regarding the subject and performing an example of calculation for an existing apartment building which did not yet have an installed exhaust air heat pump.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tutkimuksen tavoitteet	5
2	POISTOILMALÄMPÖPUMPPU.....	6
2.1	Toimintaperiaate	6
2.2	Kiertoprosessi	7
2.3	Lämpökerroin.....	7
2.4	Kylmäaine.....	8
2.5	Asennus ja sijoitus	9
3	POISTOILMAN LÄMMÖN TALTEENOTTO ASUINKERROSTALOSSA.....	12
3.1	Lähtötilanne	12
3.2	Perustelut poistoilman lämmön hyödyntämiseen	14
3.3	Käyttökohteet.....	15
3.3.1	Käyttöveden lämmitys	15
3.3.2	Lattialämmitys.....	17
4	SÄÄTÖ JA AUTOMATIikka.....	18
4.1	Energian kulutuksen optimointi verkostojen säädöllä.....	18
5	MITOITUS.....	19
5.1	Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve	19
5.2	Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve.....	22
6	ENERGIALASKELMAT	23
6.1	Lähtötiedot energialaskelmiin.....	23
6.2	Poistoilmasta talteenotettava energia ja teho	23
6.3	Esimerkkiarvio poistoilmalämpöpumpun hyödystä	24
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia poistoilman lämmön hyödyntämistä poistoilmalämpöpumpulla asuinkerrostalossa. Työssä tutkitaan poistoilmalämpöpumpun toimintaa, ominaisuuksia ja kannattavuutta sekä mahdollisia käyttökohteita sen hyödyntämiseksi.

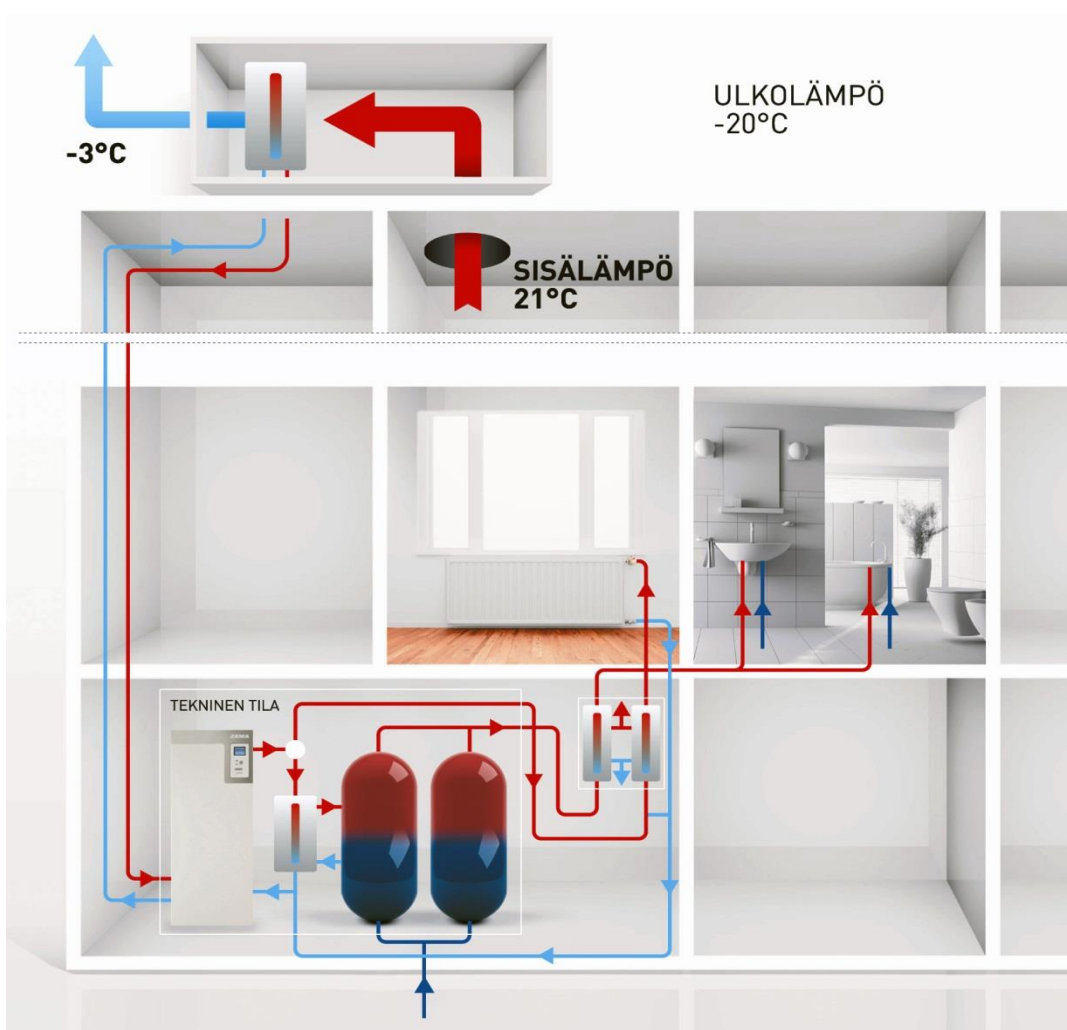
Työssä tutkitaan myös poistoilmalämpöpumpun mitoituksen periaatteita.

Lisäksi tavoitteena on tutkia poistoilman lämmön talteenoton energia-, käyttö ja huoltokustannuksia.

2 POISTOILMALÄMPÖPUMPPU

2.1 Toimintaperiaate

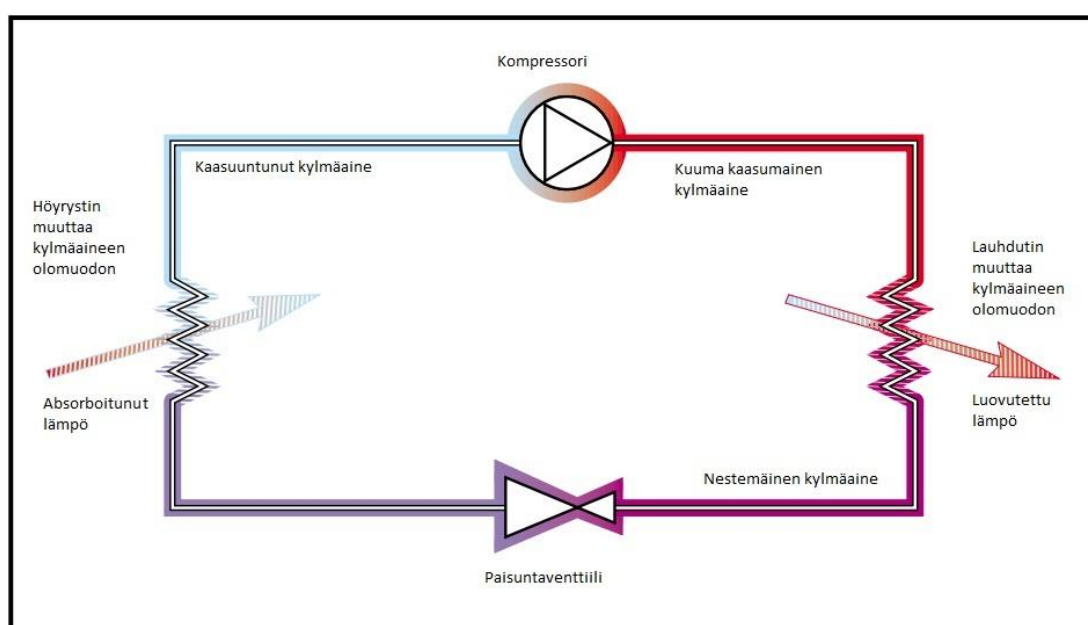
Poistoilmalämpöpumpun tarkoituksena on vähentää rakennuksen lämmitysenergian kulutusta ottamalla koneellisesti poistettavasta jäteilmasta lämpöä talteen. Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen höyrystymiseen kaasumaiseksi ja lauhtumiseen takaisin nestemäiseksi. Termodynamiikan sääntöjen mukaan lämpöenergia siirtyy korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Nostamalla kaasumaisen kylmäaineen painetta kompressorissa nousee samalla sen lämpötila korkeammaksi, jolloin se luovuttaa matalammassa lämpötilassa olevalle väliaineelle lämpöenergiaa lauhtuttimessa ja muuttuu nestemäiseksi.



KUVA 1. Poistoilman lämmöntalteenotto toimintaperiaate kytkettynä rakennuksen vanhaan lämmitysjärjestelmään.

2.2 Kiertoprosessi

Lämpöpumpun kiertoprosessi kulkee neljän pääkomponentin läpi. Lämpöpumpun putkistossa kiertävä kylmäaine höyrystyy kaasumaiseksi höyrystimessä ja sen lämpötilaa nostetaan puristamalla se kompressorissa korkeaan paineeseen. Kuumasta kaasumaisesta kylmäaineesta siirretään lämpöenergia lauhduttimessa lämmitysverkoston ilmaan tai veteen, jolloin se jäähtyy ja muuttuu nestemäiseksi. Nestemäisen jäähtyneen kylmäaineen painetta alennetaan paisuntaventtiilissä, jolloin sen lämpötila laskee edelleen ja kylmäaine palaa takaisin höyrystimeen. /1/



KUVA 2. Lämpöpumpun kiertoprosessi

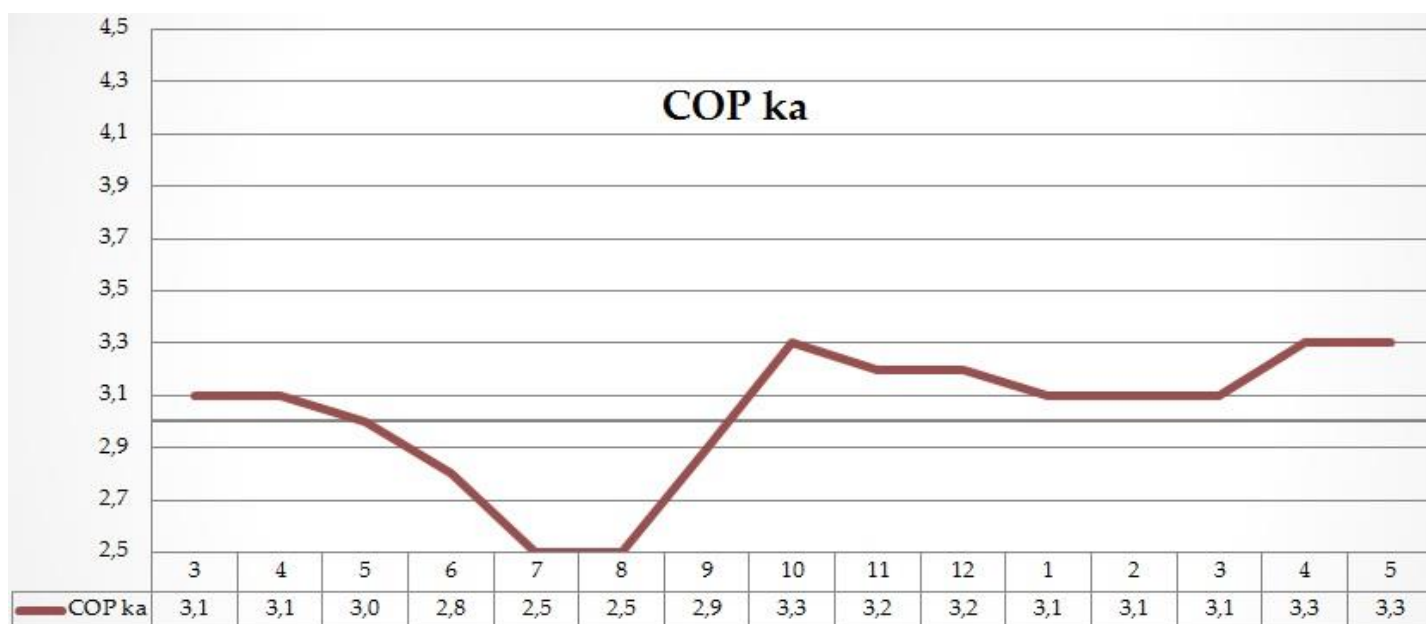
2.3 Lämpökerroin

Lämpöpumpun lämpökerroin kuvaa luovutettua lämpötehoa suhteessa laitteiston toimintaan kuluvaan sähkötehoon. Lämpökertoimesta käytetään termiä coefficient of performance, joka lyhennetään termiksi COP. On tärkeää huomioida ero kiertoprosessin COP-arvolla ja järjestelmän COP-arvolla. Kiertoprosessin lämpökerroin laskeaan jakamalla lauhduttimen luovuttama lämpöteho kompressorin ottamalla sähkötehoilla. Järjestelmän lämpökerroin huomioi kaikki sähköenergiaa käyttävät laitteet.

$$\text{Lämpökerroin} = \frac{\text{Lauhduttimen lämpöteho (kWh)}}{\text{Kompressorin sähköteho (kWh)}} \quad (1)$$

Kaavan (1) antama tulos on riippuvainen vallitsevista olosuhteista, joka täytyy huomioida lämpöpumppujen lämpökertoimia verratessa.

Käytössä olevan lämpöpumppujärjestelmän toimivuutta voidaan tarkastella seuraamalla meno- ja paluulämpötilojen eroa. Tällä tavoin saadaan käytännönmukaisempi tieto järjestelmän toiminnasta.



KUVA 3. Poistoilmalämpöpumpun lämpökertoimen vaihtelu kohteessa Emännänkatu 2, Kaarina

2.4 Kylmäaine

Lämpöpumpun toiminta perustuu järjestelmässä kiertävän kylmäaineen höyrystymisprosessiin. Laitteistoon sopivin kylmäaine valitaan järjestelmän käyntiolosuhteiden mukaan. Kylmäaineen termodynaamiset ominaisuudet määrittelee sen soveltuvuuden ja käyttäytymisen järjestelmässä. Oleellisia kylmäaineen termodynaamisia ominaisuuksia ovat massavirtaan vaikuttava höyrystymislämpö sekä lämmönsiirtopintojen koon tarpeeseen ja lämpötilaeroihin vaikuttavat lämmönjohtavuus ja viskositeetti. Yleisin kylmäaine poistoilmalämpöpumpuissa on R290 eli propaani.

Luonnonmukaiset aineet, kuten hiilivedyt ja hiilidioksidi tulee korvaamaan tulevaisuudessa nykyiset fluorihilivedyt lämpöpumppujen kylmäaineena. /6/

2.5 Asennus ja sijoitus

Poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän pääkomponentit ovat katolla huippuimuriin kytkettävä laitteisto, jossa on suodatin ja lämmönsiirrin sekä putkistot alas lämmönjakuhuoneeseen sijoitetuille lämpöpumpuille ja varaajille.



KUVA 4. Sisäyksikkö sijoitettuna polkupyörävarastoon.



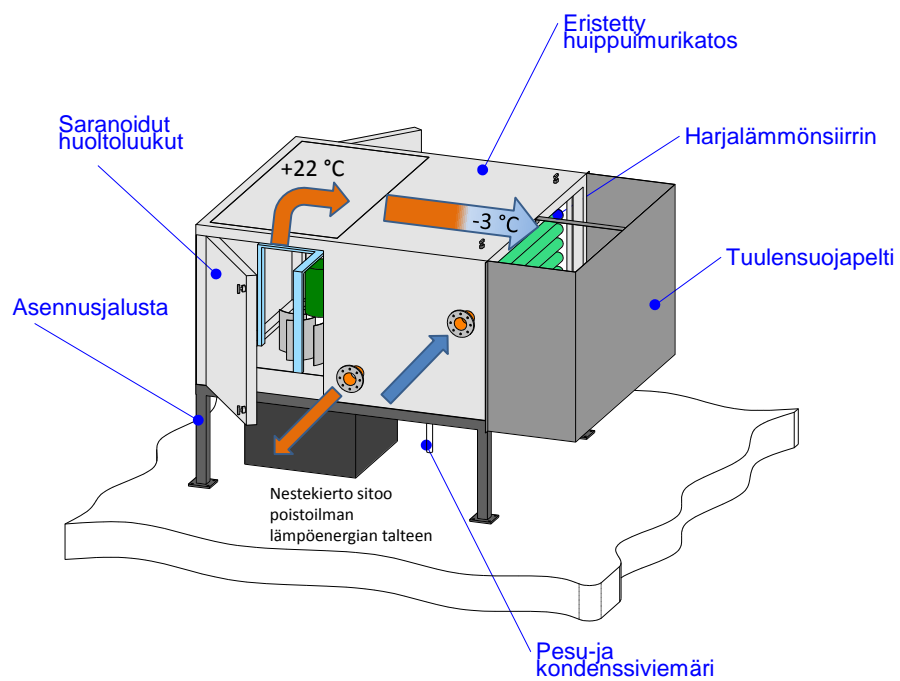
KUVA 5. Huoltotila sisäyksikön takana.



KUVA 6. Sisäyksikön kokonaisuus kolmella varaajalla.



KUVA 7. Kattoyksikkö, jossa harjalämmönsiirtimellä toteutettu patteri.

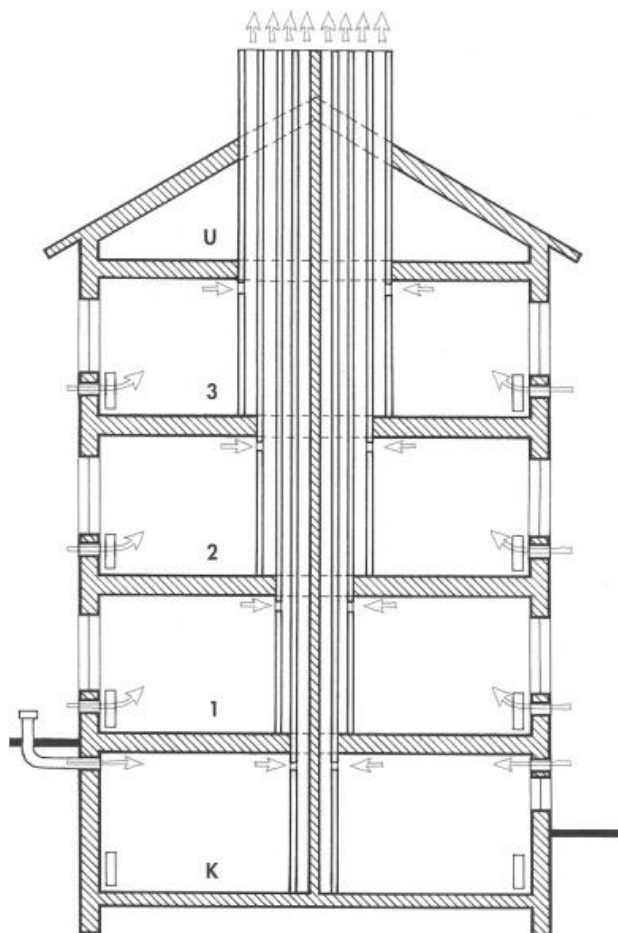


KUVA 8. Lämmöntalteenottoyksikkö./9/

3 POISTOILMAN LÄMMÖN TALTEENOTTO ASUINKERROSTALOSSA

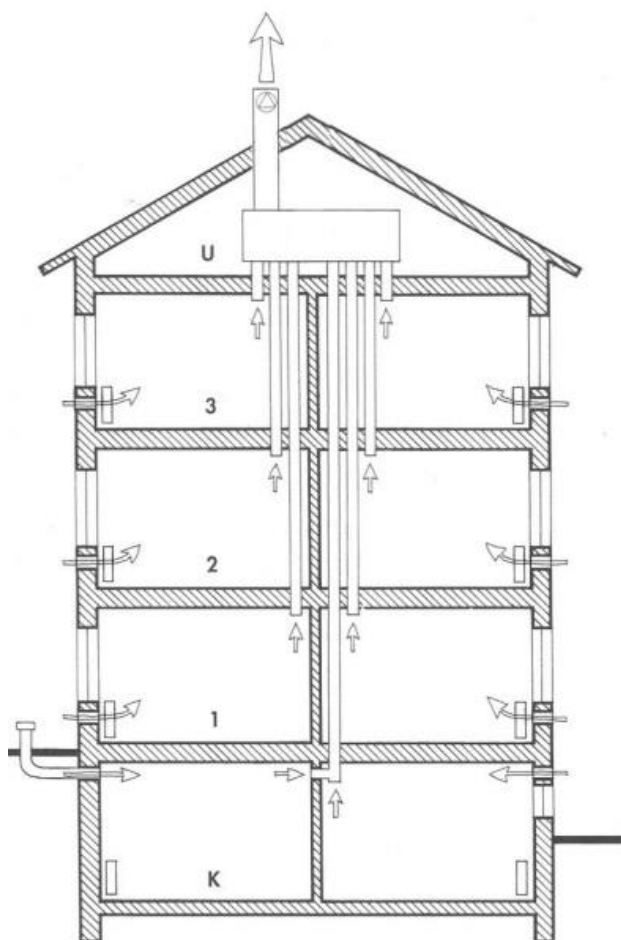
3.1 Lähtötilanne

Ennen 1970-lukua rakennetuissa asuinkerrostaloissa on yleensä painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu korkeus sekä ulko- ja sisälämpötilojen eroihin ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Poistoilma johdetaan keittiöstä ja märkätiloista erillisellä kanavalla vesikaton yläpuolelle. Korvausilma tulee rakenteiden ilmapuotoina ja ulkoilmaventtiilien kautta. Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä on mahdollista muuttaa koneelliseksi poistoilmanvaihtojärjestelmäksi kunnostamalla hormit ja kanavistot, yhdistämällä jäteilmakanavat ja asentamalla poistoilmapuhaltimet. Kanavia ja hormeja yhdistäessä täytyy huomioida paloturvallisuus Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 mukaisesti. /1/



KUVA 9. Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä. /1/

1970-luvun jälkeen ja ennen 1990-lukua rakennetuissa tyypillisissä asuinkerrostoissa on pelkästään koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, jossa poistoilma johdetaan alipaineisia kanavia pitkin vesikatolla tai ullakolla konehuoneessa olevilla yhdellä tai useammalla huippumurilla vesikaton yläpuolelle. Poistoilmaventtiilit on sijoitettu keittiöön, märkätiloihin, vaatehuoneisiin ja vastaaviin tiloihin. Korvausilma poistoilman tilalle otetaan ulkoilmaventtiilien kautta, jotka on sijoitettu huonetiloihin keittiötä lukuun ottamatta. (RT-Kortti 56-10831, 2004)



KUVA 10. Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. /1/

3.2 Perustelut poistoilman lämmön hyödyntämiseen

Rakennuksessa, jossa keskitettyä ilmanvaihtokonetta tulo- ja poistokanavistolla ei ole, jää poistoilmaan varastoitunut lämpöenergia käyttämättä. Poistoilmanvaihtojärjestelmä, johon ei ole asennettu lämmön talteenottoa puhaltaa 21 - 24 °C asteista jäteilmaa ulos taivaalle. Tuloilmakanaviston rakentaminen on kallista ja vaativaa, jos tarpeellisia tilavarauksia ei ole rakennuksen alkuperäisissä suunnitelmissa. Rakentaminen vaatii yleensä koko järjestelmän uusimista. Tuloilmakanaviston rakentamisella saavutettavat säästöt ja takaisinmaksuaika tekevät siitä usein kannattamattoman hankkeen. /6/

Poistoilmalämpöpumpulla ja lämmönsiirratkaisuilla voidaan ottaa asuinkerrostalojen suurista poistoilmamääristä hyödyntämättä jäävä lämpöenergia käyttöön. Pois-

toilmalämpöpumppu ei yksinään riitä kattamaan asuinkerrostalon koko lämmitysenergian tarvetta, vaan se tukee olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää.

Poistoilmalämpöpumppuratkaisua vaihtoehtona tutkittaessa hankesuunnitteluvaiheessa on syytä tarkistaa poistoilmakoneiden tilavuusvirrat ja tarvittaessa asentaa suurempitehoiset poistoilmakoneet, jolloin myös poistoilmalämpöpumpulle saatava ilmamäärä kasvaa.

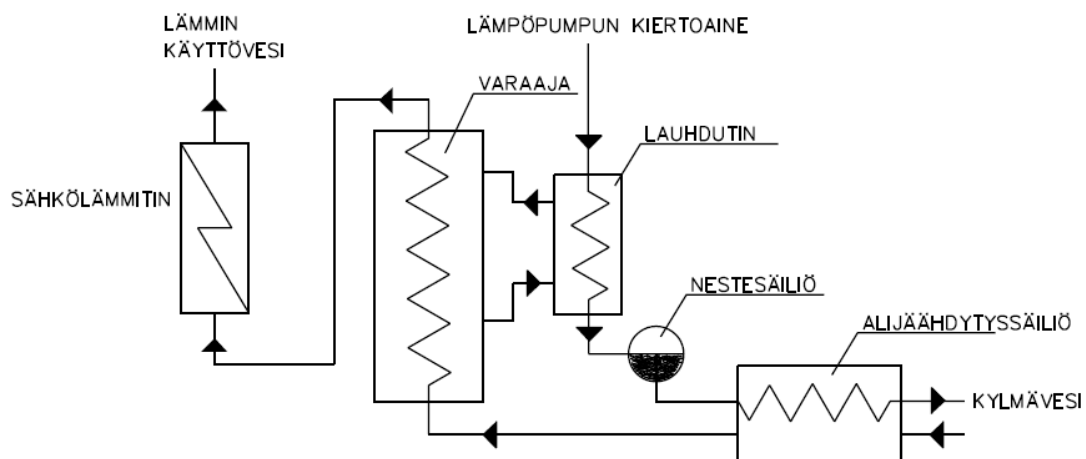
3.3 Käyttökohteet

Poistoilman lämmön talteenotosta saatava hyöty määräytyy poistoilman lämpötilan ja ilmamäärän mukaan. Poistoilmamäärän mukainen maksimikapasiteetti voidaan laskea kaavalla (2):

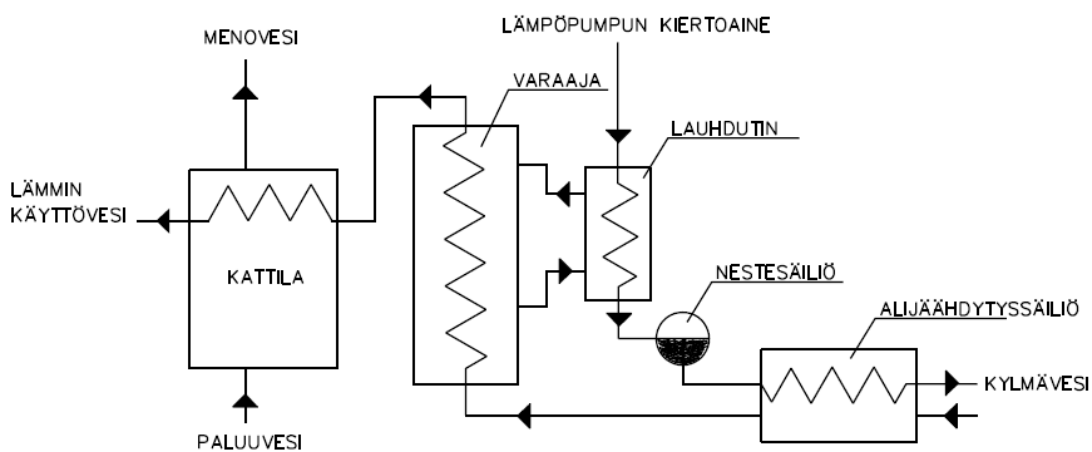
$$\text{Maksimikapasiteetti} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \text{Asuinpinta - ala (m}^2\text{)} * \text{Huonekorkeus (m)} * \text{Ilmanvaihto} \left(\frac{1}{\text{h}} \right) \quad (2)$$

3.3.1 Käyttöveden lämmitys

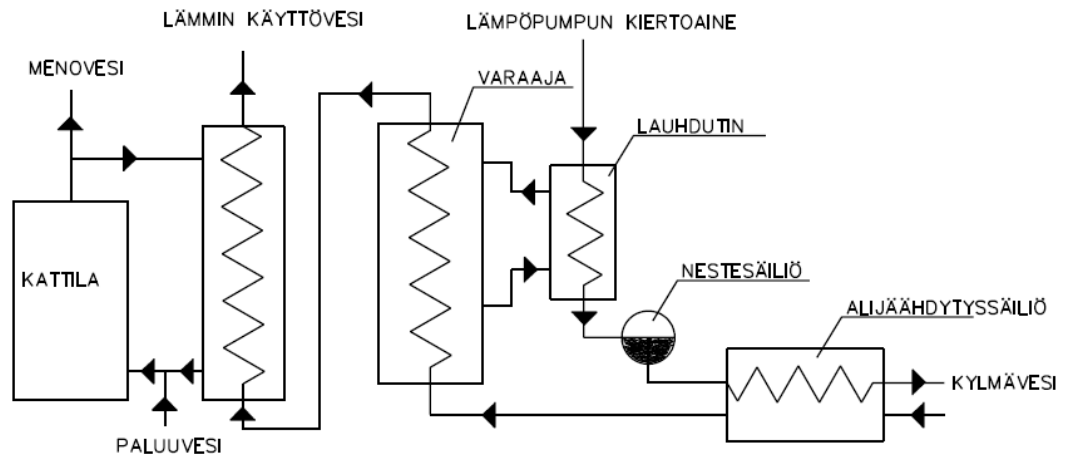
Käyttöveden lämmitystarpeen vaatima teho säilyy vuodenajasta riippumatta samalla tasolla. Jaksottaisesta kulutuksesta johtuen lämmin käyttövesi vaatii varaajan, jonka lämmittämiseen poistoilmalämpöpumppua voidaan hyödyntää. Suurissa asuinkerrostaloissa lämpimän veden tehon tarve voi olla suurempi kuin poistoilmalämpöpumpusta saatu teho, jolloin lämminvesivaraaja vaatii lisälämmitystä sähköllä (kuva 11), kattilaan sijoitetulla (kuva 12) tai erillisellä lämmönsiirtimellä (kuva 13). Käyttöveden lämmityksen lämpöenergian tarpeen laskemista tarkastellaan sivulla 19.



KUVA 11. Lisälämpö sähköllä



KUVA 12. Lisälämpö kattilaan sijoitetulla lämmön siirtimellä



KUVA 13. Lisälämpö erillisellä lämmönsiirtimellä.

3.3.2 Lattialämmitys

Lattialämmityspiirissä kiertävän veden lämpötila on matalampi kuin patteriverkostossa, jolloin lämpöpumpusta saatava hyötysuhde paranee. Mikäli rakennukseen ei ole asennettu lattialämmityspiiriä, voidaan se asentaa putkistosaneerauksen yhteydessä esimerkiksi kylpyhuoneisiin mukavuuden lisäämiseksi. Vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän putkien reititykseen voidaan hyödyntää vanhojen patterien nousulinjoja. Tavanomaisen asuinkerrostalon kylpyhuoneen lattialämmityksen teho on luokkaa 100-200 W/m².

4 SÄÄTÖ JA AUTOMATIikka

4.1 Energian kulutuksen optimointi verkostojen säädöllä

Lämmitys- ja käyttövesiverkoston oikeaoppinen säätö on oleellinen osa rakennuksen energiankulutuksen optimointia. Poistoilmalämpöpumppua asennettaessa asuinkerrostalon putkistosaneerauksessa, on suositeltavaa uusia samalla lämmityslaitteiston automatiikka ja tarvittaessa lämmönvaihdin. Käyttövesiverkoston vedenkulutusta voidaan vähentää tarkastamalla vesikalusteiden normivirtaamat ja säätämällä ne Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D1 mukaisiksi. Lisäksi käyttövesiverkoston virtaamaa voidaan tasata alentamalla verkoston painetta vakiopaineventtiilillä.

5 MITOITUS

5.1 Käyttöveden lämmityksen lämpötehon tarve

Käyttöveden lämmityksen vaatima tehon laskemiseksi tarvitaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaisesti määritelty lämpimän käyttöveden mitoitusvesivirtaama. Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (3):

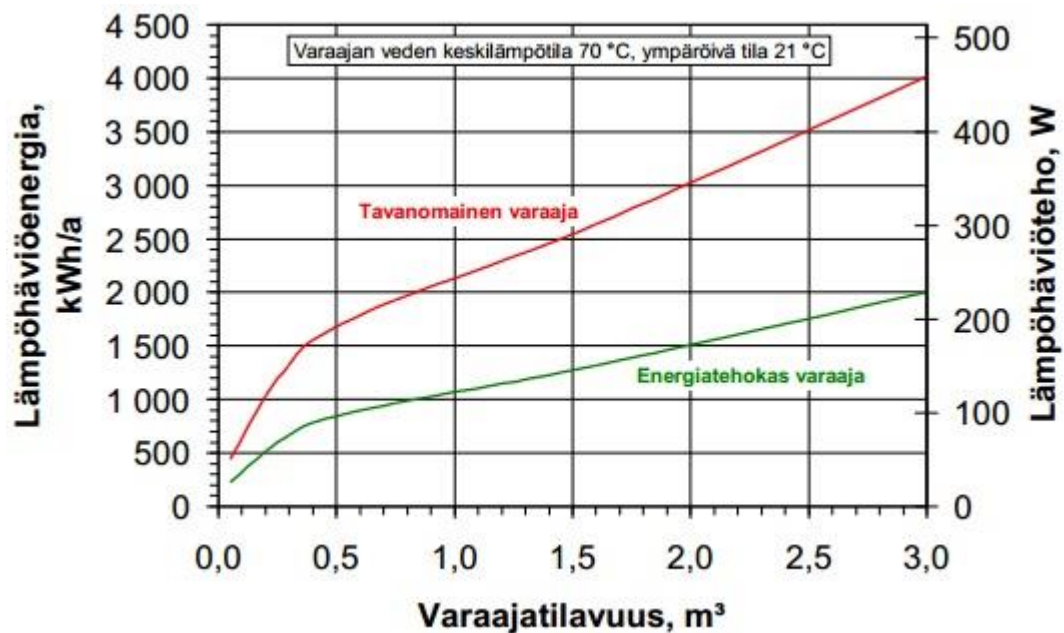
$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{\text{lkv, netto}}}{\eta_{\text{lkv, siirto}}} + Q_{\text{lkv, varastointi}} + Q_{\text{lkv, kierto}} - Q_{\text{aurinko, lkv}} - Q_{\text{muu, lkv}} \quad (3)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{\text{lkv, netto}}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh/a
$\eta_{\text{lkv, siirto}}$	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde
$Q_{\text{lkv, varastointi}}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö kWh/a
$Q_{\text{lkv, kierto}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviö, kWh/a
$Q_{\text{aurinko, lkv}}$	aurinkokeräimellä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh/a
$Q_{\text{muu, lkv}}$	muulla mahdollisella omavaraisenergian tuottojärjestelmällä tuotettu lämmin käyttövesi, kWh/a

Asuinkerrostalossa, jossa on lämpimän käyttöveden kiertojohto, voidaan lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteena käyttää arvoa 0,97. /4/

Lämpimän käyttöveden varastoinnin aiheuttama lämpöhäviö voidaan määrittää kuvasta 14.



KUVA 14. Lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö. /4/

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve lasketaan kaavalla (4):

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v * c_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 \quad (4)$$

jossa

\emptyset_{lkv}	Käyttöveden lämmityksen nettotehon tarve, kW
ρ_v	Veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	Veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ / kgK
V_{lkv}	Lämpimän käyttöveden mitoitusvesivirtaama, m
T_{lkv}	Lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	Kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Lämpimän ja kylmän käyttöveden lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) käytetään arvoa 50 °C, ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muuta arvoa.

Asuinrakennuksissa käytetään ensisijaisesti henkilömäärään perustuvaa käyttöveden kulutuksen laskentaa, joka voidaan suorittaa kaavalla (5):

$$V_{lkv} = n * V_{lkv,omin,henk} \Delta t / 1000 \quad (5)$$

jossa

V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
$V_{lkv,omin,henk}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ henkilöä kohti vuorokaudessa
n	henkilöiden lukumäärä
Δt	ajanjakson pituus, vuorokautta
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos, dm ³ /m ³

Lämpimän käyttöveden kulutuksena voidaan käyttää 40 % kokonaiskulutuksesta, mikäli tarkempaa tietoa ei ole saatavilla.

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö lasketaan kaavalla (6)

$$Q_{lkv,kierto} = (\phi_{lkv,kierto,omin} * L_{lkv} + \phi_{lkv,lämmitys,omin} n_{lämmityslaitte}) \frac{t_{lkv,pumppu} 365}{1000} \quad (6)$$

jossa

$Q_{lkv,kierto}$	kiertojohtoon lämpöhäviö
$\phi_{lkv,kierto,omin}$	kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho, ohjearvo 40 W/m
L_{lkv}	kiertojohtoon pituus, m
$\phi_{lkv,lämmitys,omin}$	kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho, W/kpl
$n_{lämmityslaitte}$	kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä, kpl
$t_{lkv,pumppu}$	pumpun käyttöaika, 24h/vrk

Kiertojohtoon pituutena voidaan asuinkerrostalossa käyttää arvoa 0,043 m/m², mikäli tarkempaa tietoa ei ole. /4/

5.2 Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve

Ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan kaavalla (7).

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t / 1000 \quad (7)$$

Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
$\Delta T_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

6 ENERGIALASKELMAT

6.1 Lähtötiedot energialaskelmiin

Aloitettaessa tarkastelemaan poistoilmalämpöpumpun soveltuvuutta sekä mahdollisia toiminta-arvoja ja säästöpotentiaalia asuinkerrostaloon, tarvitaan rakennuksesta tiettyjä lähtötietoja.

- Rakennuksen ilmatilavuus
- Rakennuksen lämmitetty nettoala
- Sähkön kulutus ja ostetun sähkön hinta
- Veden kulutus ja ostetun veden hinta
- Lämpöenergian kulutus ja ostetun lämmön hinta
- Poistoilmakoneiden tilavuusvirta

Lisäksi on huomioitava ostettujen energioiden hintojen nousu. Poistoilmalämpöpumpun käyttöönoton jälkeen on odotettavissa lämmön ja veden hankinnan kustannusten vähenemistä ja sähkön hankinnan kustannusten kasvua. Näillä tiedoilla voidaan arvioida investoinnin takaisinmaksuaika ja kannattavuus. On huomioitavaa, että energian hintojen nousun ennusteet ovat nimenomaan ennusteita, joten takaisinmaksuaika voi muuttua hintojen muutosten ja uusien energiatekniikan innovaatioiden myötä.

6.2 Poistoilmasta talteenotettava energia ja teho

Poistoilmalämpöpumpulla talteenotettava energia voidaan laskea kaavalla (8).

$$Q_{lto} = \sum \rho_i * c_{pi} q_{v,poisto} (t_{poisto} - t_{lto}) \Delta t / 1000 \quad (8)$$

jossa

Q_{lto} ilmanvaihdosta talteenotettu energia, kWh

ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK
$Q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
t_{poisto}	poistoilman lämpötila, C°
t_{lto}	lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, C°
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Poistoilmalämpöpumpulla talteenotettava teho voidaan laskea kaavalla (9).

$$\Phi_{lto} = \rho_i c_{pi} Q_{v,poisto} (T_{poisto} - T_{lto}) / 1000$$

jossa

Φ_{lto}	lämmöntalteenotolla talteenotettu teho, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK
$Q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
T_{poisto}	poistoilmanlämpötila, °C
T_{lto}	lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, °C
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

6.3 Esimerkkiarvio poistoilmalämpöpumpun hyödystä

Esimerkkinä tässä laskelmassa käytetään Porissa Katariinankatu 13 sijaitsevaa kerrostalokiinteistöä, johon asennetaan poistoilmalämpöpumppu lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Kohde on Pori Energian kaukolämpöverkossa. Laskelmassa verrataan kustannustehokkuutta poistoilmalämpöpumpun käyttöönoton jälkeen verrattuna nykytilanteeseen. Sähkön ja kaukolämmön hinnoissa käytetään Pori Energia Oy:n voimassa olevia arvonlisäverollisia hintoja. Poistoilmalämpöpumpun asennuksen kustannuksena käytetään 50 000 €. Kustannus perustuu vastaavanlaisiin kohteisiin toteutettujen asennusten kustannuksiin. Laskelmassa ei huomioida energianhintojen nousua. Laskenta toteutetaan käyttämällä apuna www.laskentapalvelut.fi, versio 1.2 energiaselvitysohjelmaa.

Asunto Oy Katariinankatu 13 tiedot:

Rakennuksen ilmatilavuus: 10000

Rakennuksen lämmitetty nettoala: 3 500 m²

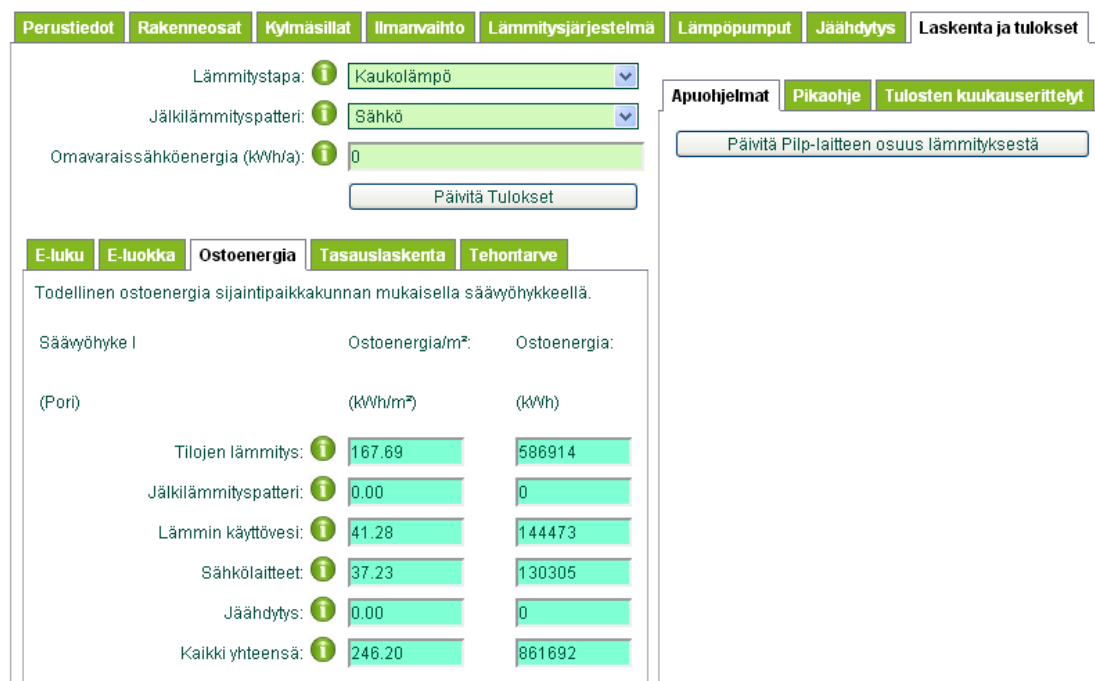
Sähkön kulutus ja ostetun sähkön hinta: 130 305 kWh, hinta 0,1018 € / kWh

Veden kulutus ja ostetun veden hinta: 6 227 m³

Lämmityksen kulutus ja ostetun lämmön hinta: Tilojen lämmitykseen 586 914 kWh, lämpimään käyttöveteen 144 473 kWh, hinta 72,11 € / MWh

Ilmanvaihdon tilavuusvirta: 1750 (dm³/s)

Poistoilmalämpöpumpun käyntiaika: 24 h/d



KUVA 15. Energian kulutus nykytilanteessa.

Näillä tiedoilla saadaan nykytilanteen energian kulutusten vuotuiseksi kustannukseksi:

	€/kwh	kWh	€/a
Tilojen lämmitys	0,07211	586914	42322
Lämmin käyttövesi	0,0562	144473	10418
Sähkö	0,1018	130305	13265

Projektinhallinta Aktiivisen laskelman tiedot ja laskenta Todistuksen lisätiedot

Perustiedot Rakenneosat Kylmäsiilat Ilmarvaihto Lämmitysjärjestelmä

Lämmitystapa:

Jälkilämmityspatteri:

Omavaraissähköenergia (kWh/a):

E-luku E-luokka Ostoenergia Tasauslaskenta Tehontarve

Säävyöhyke I	Tehontarve/m ²	Tehontarve:
(Pori)	(W/m ²)	(kW)
Tilojen lämmitys:	<input type="text" value="76"/>	<input type="text" value="265.49"/>
Jälkilämmityspatterit:	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0.00"/>
Lämmin käyttövesi:	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="42.00"/>
Rakennuksen lämmitystehontarve:	<input type="text" value="98"/>	<input type="text" value="341.66"/>

KUVA 16. Tehon tarve nykytilanteessa.

Käyttäen kaavaa (8) saadaan kohteen poistoilmalämpöpumpulla talteen saatavaksi energiaksi:

$$Q_{\text{ito}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/kgK} * 1,75 \text{ m}^3/\text{s} * (21^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) * 8760 \text{ h}/1000 = 441\,504 \text{ kWh}$$

Käyttäen kaavaa (9) saadaan kohteen poistoilmalämpöpumpulla talteenotettavaksi tehoksi:

$$\phi_{\text{ito}} = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/kgK} * 1,75 \text{ m}^3/\text{s} * (21^\circ\text{C} - (-3^\circ\text{C})) = 50,4 \text{ kW}$$

Voidaan siis todeta poistoilmasta saatavan lämpöenergian olevan riittävä käyttöveden lämmitykseen. Asentamalla poistoilmalämpöpumppu, jonka lämpökerroin on 3,

lämmittämään lämpimän käyttöveden osuus, saadaan vuotuiseksi kokonaissähkön kulutukseksi:

$$\text{Sähkön kulutus} = 130\,305 \text{ kWh} + (144\,473 \text{ kWh} / 3) = 178\,463 \text{ kWh}$$

josta lämpöpumpun sähkönkulutuksen osuus on 48 158 kWh

Sähkön vuotuinen kustannus on tällöin:

$$178\,463 \text{ kWh} * 0,1018 \text{ € / kWh} = 18\,168 \text{ €}$$

josta lämpöpumpun sähkön kulutuksen kustannus on 4 902 €

Lämpimään käyttöveteen kulutetun kaukolämmön osuuden jäädessä pois, saadaan vuotuisesti säästöksi:

$$10\,418 \text{ €} - 4\,902 \text{ €} = 5\,516 \text{ €}.$$

Hankintakustannuksen ollessa 50 000 €, saadaan takaisinmaksuajaksi:

$$50\,000 \text{ €} / 5\,516 \text{ €/vuosi} = 9 \text{ vuotta}$$

LÄHTEET

1. *Rakennustietosäätiö. RTS 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja parannus. Ohjetiedosto RT-56-10831*
2. *Suomen RakMk D5. 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Luonnos 27.lokakuuta.2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.*
3. *Wiksten, Rolf. 1985. Kerrostalojen poistoilmalämpöpumput. Espoo, VTT. 85 s. + liite. 1 s. Tutkimuksia / Valtion teknillinen tutkimuskeskus; 335*
4. *Ympäristöministeriö. Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskenta-
opas. 15.9.2011.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135656&lan=fi>*
5. *Hirofumi IDA. The development trend and future view of the CO2 refrigerant heat pump water heater. Reito, Syyskuu 2007, vol. 82, No. 959*
6. *Swedish Heat Pump Association. European Heat Pump Association. Heinäkuu 2005. Heat pumps technology and environmental impact*
7. *Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. 2001, 2. painos.*
8. *Suomen RakMk D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.*
9. *Hydrocell. Lämmöntalteenottoratkaisut. Esite. 04/2011*