

Petri Pohjola

AS OY NAHKURINKULMAN
ILMANVAIHDON PERUSKORJAUS


Opinnäytetyö
Talotekniikan koulutusohjelma

Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 25.04.2011
Tekijä(t) Petri Pohjola	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma talotekniikka/ LVI-insinööri (AMK)	
Nimeke As Oy Nahkurinkulman ilmanvaihdon peruskorjaus		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää edullisin ja tarkoituksenmukaisin ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmä Kemissä sijaitsevaan Asunto Oy Nahkurinkulmaan. Tehtävä toteutettiin ottamalla vertailuun yhden laitetoimittajan, Fläktwoods Oy:n, kolme eri lämmöntalteenottojärjestelmää eli Econet-, Ecoterm- ja Recuterm -järjestelmät. Vertailu tehtiin laitetoimittajan mitoitushjelmalla laskemalla käyttökustannukset eli lämpö- ja sähköenergian kulutukset sekä ympäristökuormitukset. Tämän lisäksi selvitettiin rakentamiskustannukset sekä tehtiin laitteiden elinkaarilaskelmat. Teoriaosassa selvitetään ilmanvaihdon tavoitteita ja merkitystä asuinrakennuksessa. Sen lisäksi käydään läpi viranomais määräyksiä, jotka vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmien rakentamiseen. Teoriaosassa kerrotaan myös kolmen eri ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän toimintaperiaatteista. Selvitystyön pohjalta päädytään suosittelemaan Econet -lämmön talteenottojärjestelmää. Ratkaisu ei ole yksiselitteinen, koska laskelmien esiin tuomat erot ovat pieniä. Econet on kuitenkin kokonaisuudessaan edullisin ratkaisu juuri Asunto Oy Nahkurinkulmaan, koska kyseessä on saneerauskohte. Tehtyjen laskelmien pohjalta voidaan todeta, että sekä Econet-, Ecoterm- että Recuterm -järjestelmillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Lisäksi todetaan, että eri lämmönsiirrinjärjestelmät ovat vain pieni osa LVI-puolen tekniikkaa, joten aiheita tulevien opiskelijoiden opinnäytetöihin varmasti riittää.		
Asiasanat (avainsanat) Ilmanvaihto, lämmön talteenotto, talotekniikka, LVI-tekniikka		
Sivumäärä 29+16	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Mika Kuusela	Opinnäytetyön toimeksiantaja LVI- Suunnittelu Pohjola Oy	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 25.04.2011	
Author(s) Petri Pohjola		Degree programme and option Building services engineering, HVAC	
Name of the bachelor's thesis Asunto Oy Nahkurinkulma ventilation renovation			
Abstract The aim of this Bachelor's thesis was to find the cheapest and the most appropriate heat transfer system for the ventilation for Asunto Oy Nahkurinkulma, which is situated in Kemi. The task was done by comparing one supplier's, Fläktwood Oy, three different heat transfer systems, which are Econet, Ecoterm and Recuterm -systems. The comparison was done by the supplier's dimension program by calculating energy and electricity consumption and environmental loading of the devices. In addition to this building costs and operating costs of heat transfer systems were considered. In the theory part, the goals and the importance of ventilation were discussed. On top of that the thesis discussed the requirements of the authorities, which affect the building of the heat transfer systems. In theory part the operating principles of each system is studied. Based on the research Econet heat transfer system is recommended. The decision is not straight forward because the differences brought up by calculations are small. Econet is the cheapest solution for Asunto Oy Nahkurinkulma because it is a renovated building. In conclusion based on calculations it can be said that Econet, Ecoterm and Recuterm each have their own strengths and weaknesses. It must also be remembered that heat transfer systems are only a small part of HVAC-technology.			
Subject headings, (keywords)			
Pages 29+16	Language finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Mika Kuusela		Bachelor's thesis assigned by LVI- Suunnittelu Pohjola Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUSTYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	1
3	TUTKIMUSKOHDDE JA TYÖN TILAAJA	2
3.1	Tutkimuskohde As Oy Nahkurinkulma.....	2
3.2	Tilaaaja LVI-SUUNNITTELU POHJOLA OY	2
4	ILMANVAIHTO ASUINRAKENNUKSISSA.....	3
4.1	Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	3
4.2	Regeneratiiviset lämmönsiirtimet.....	4
4.3	Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet.....	5
4.3.1	Epäsuorat lämmönsiirtimet	5
4.3.2	FläktwoodsOy:n sovellutus nestekiertoisesta lämmönsiirrinjärjestelmästä.....	6
4.3.3	Suorat lämmönsiirtimet.....	7
4.4	Määräykset ja ohjeet lämmönsiirtimien käytöstä asuinkerrostalossa.....	8
5	TULOKSET	9
5.1	Lähtötietojen selvitys ja perusteet	9
5.2	Peruslähtötiedot	9
5.2.1	Lämmönsiirrinjärjestelmä ECONET esimerkkikohteessa.....	10
5.2.2	Lämmönsiirrinjärjestelmä ECOTERM esimerkkikohteessa.....	13
5.2.3	Levylämmönsiirrin RECUTERM esimerkkikohteessa	18
5.3	Ilmanvaihtokoneiden rakentamiskustannukset.....	21
5.3.1	Lämmönsiirrinjärjestelmä ECONET	21
5.3.2	Lämmönsiirrinjärjestelmä ECOTERM.....	21
5.3.3	Levylämmönsiirrin RECUTERM.....	22
5.3.4	Ilmanvaihtokoneiden rakentamiskustannukset yhteenveto.....	22
5.4	Energia ja CO ₂ -laskelmat	23
5.4.1	Kaukolämmön perusmaksut.....	23
5.4.2	Vertailu eri järjestelmien vuosikulutuksista.....	24
5.4.3	Vertailu eri järjestelmien CO ₂ -päästöistä.....	24
5.4.4	Vertailu eri järjestelmien käyttökustannuksista	25
5.5	Elinkaarilaskenta.....	26
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	27

7	POHDINTAA	28
	LÄHTEET	29

LIITTEET

- 1 Econet-koneajon yhteenveto
- 2 Ecoterm-koneajon yhteenveto
- 3 Ecoterm-kiertovesipumpun PU3:n mitoitus
- 4 Recuterm-koneajon yhteenveto
- 5 Tuloksien yhteenveto

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää edullisin ja tarkoituksenmukaisin ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmä Kemissä sijaitsevaan Asunto Oy Nahkurinkulmaan. Opinnäytetyön tilaajana on LVI- suunnittelu Pohjola Oy, jonka toimipaikka on Torniossa.

Opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena on myös antaa työkaluja LVI-suunnittelijalle ja taloyhtiön hallitukselle tehtäessä tärkeitä investointipäätöksiä. Yleisesti ottaen taloyhtiöiden hallitusten jäsenet kaipaavat vertailevaa tietoa eri LVI-järjestelmistä ja niiden kustannuksista, kun taloyhtiössä aletaan suunnitella LVI-saneerausta. LVI-järjestelmien valinta vaikuttaa pitkälle tulevaisuuteen niin asuinmukavuuteen, käyttökustannuksiin kuin ympäristön kuormitukseenkin, mihin vaikuttaa lähinnä energiankulutus ja CO₂-päästöt.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmiä vertaillaan laskemalla järjestelmien rakentamis- ja käyttökustannukset sekä ympäristökuormitukset. Lisäksi tehdään järjestelmien elinkaarilaskelmat. Tehdyn vertailun pohjalta päädytään suosittelemaan Asunto Oy Nahkurinkulmalle tarkoituksenmukaisinta ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmää.

2 TUTKIMUSTYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

As Oy Nahkurinkulmassa on tällä hetkellä luonnollinen ilmanvaihtojärjestelmä, joka on toteutettu rakenneaineisilla erillishormeilla. Ongelmana on ollut asukkaiden mukaan huono sisäilman laatu. LVI-suunnittelu Pohjola Oy sai toimeksiannon taloyhtiöltä suunnitella putki- sekä ilmanvaihtosaneeraus ja näiden kahden eri saneerauksen toteuttamisen samanaikaisesti tai vaiheittain. Suunnittelutyössä olen selvittänyt, miten saneeraus olisi mahdollista toteuttaa.

Ilmanvaihtojärjestelmän valinnassa päädyttiin keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään yhteiskanavilla, koska nykyiset rakenneaineiset hormit puretaan viemäreiden uusimisen yhteydessä ja näin ollen uudet ilmanvaihtokanavat voidaan asentaa rakenneaineisten hormien tilalle. Myös huoltojen keskittäminen yhteen tilaan on ollut perusteena keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään päättymisessä.

Lopputyöni varsinaisena tutkimuskohteena on selvittää yhden laitetoimittajan Fläktwoods Oy:n, kolmen eri lämmönsiirrinjärjestelmän rakentamis- ja käyttökustannuksia tässä esimerkkikohteessa. Lopputyö hyödyntää jatkossa eri lämmönsiirrinjärjestelmien valintaa suunnittelukohteissa ja antaa myös luotettavaa kustannustietoutta järjestelmien valintaan suunnittelijalle ja tilaajalle.

Tutkimuskohteeksi valittiin kolme rekuperatiivista lämmönsiirrinjärjestelmää. Yksiristivirtalevyllämmönsiirrin Fläktwoods Oy:n kauppanimike kyseiselle laitteistolle on Recuterm ja kaksi nestekiertoista lämmönsiirrinjärjestelmää Fläktwoods Oy:n kauppanimike kyseisille järjestelmille ovat Ecoterm ja Econet.

3 TUTKIMUSKOHDE JA TYÖN TILAAJA

3.1 Tutkimuskohde As Oy Nahkurinkulma

As Oy Nahkurinkulma on Kemissä sijaitseva asuinkerrostalo. Talossa on kolme asuinkerrosta, kellari ja ullakko. Kohde on rakennettu vuonna 1962. Kerrostalossa on 15 huoneistoa ja huoneistoalaa 1068 m². Olemassa oleva ilmanvaihto perustuu luonnolliseen ilmanvaihtojärjestelmään. Ilmanvaihto on toteutettu rakenneaineisilla erillishormeilla. Osaan keittiöistä on hankittu liesituuletin, joka on kytketty keittiön ilmanvaihtohormiin. Korvausilma huoneisiin on johdettu ikkunoiden korvausilmaventtiilien kautta. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmää kohteessa ei ole.

3.2 Tilaaja LVI-SUUNNITTELU POHJOLA OY

LVI-suunnittelu Pohjola Oy on LVI-suunnittelutoimisto, joka on perustettu vuonna 1988. Yhtiön toimipaikka sijaitsee Torniossa. Toiminta-alueena on koko Suomi, jonka lisäksi toimeksiantoja on ollut Ruotsissa, Saksassa sekä Venäjällä. Yrityksen palveluksessa on kolme työntekijää. Liikevaihto vuonna 2010 oli noin 300 000 €. Toimiston toimeksiantajina ovat kunnat, yleishyödylliset rakennuttajat ja asunto-osaakeyhtiöt.

LVI – suunnittelu Pohjola on osallistunut usean asuinkerrostalon peruskorjauksen suunnitteluun. Asuinkerrostalojen ilmanvaihdon osalta toimisto on suunnitellut hajautettuja sekä keskitettyjä ilmanvaihtojärjestelmiä.

4 ILMANVAIHTO ASUINRAKENNUKSISSA

Ilmanvaihdon tavoitteena on ylläpitää hyvää ilmanlaatua kaikissa huoneissa koko rakennuksen käyttöajan. Tilapäisiä kuormitushuippuja voidaan hoitaa tehostamalla ilmanvaihtoa. Tässä kohteessa se toteutetaan keittiön liesikuvun poistoilmavirtaa suurentamalla. Ilmanvaihdon kuormitushuippuja voidaan myös hoitaa avaamalla ikkunoiden tuuletusluukkuja. /3, s. 207./

Tutkimuskohteen nykyinen ilmanvaihto perustuu painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu lämpötilaeroista syntyneisiin ilman tiheyseroihin ulko- ja sisäilman välillä sekä tuulen vaikutukseen. Ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan. Painovoimaisen ilmanvaihdon suurin ongelma on kesäaikaan, jolloin ulko- ja sisäilman välinen lämpötilaero on pieni ja ilmanvaihtuvuus huono. Tästä aiheutuu kosteuden nousua, joka voi aiheuttaa rakenteiden ja sisustusmateriaalien homehtumista ja lahoamista. /3, s. 210./

Koneellisella poisto- ja tuloilmajärjestelmän rakentamisella pyritään ylläpitämään hyvää sisäilmalaatua sääolosuhteista riippumatta. Tärkeää ilmanvaihdon toiminnan kannalta on tiivis rakennuksen ulkovaippa. Tällöin jokaiseen huoneeseen saadaan haluttu ilmavirta ja ilmanvaihto. Vaipan tiiveys parantaa myös rakennuksen energiataloutta. Koneellinen poisto- ja tuloilmajärjestelmä koostuu ilmanvaihtoventtiileistä, joita sijoitetaan huoneisiin siten, että poistoilmaventtiilit sijoitetaan niin sanottuihin likaisiin tiloihin, kuten wc- ja pesutiloihin. Tuloilmaventtiileitä sijoitetaan niin sanottuihin puhtaisiin tiloihin, kuten esimerkiksi makuuhuoneisiin. Venttiilit yhdistetään tuloilmatai poistoilmakanavilla ilmanvaihtokoneeseen. Ilmanvaihtokone sisältää tuloilma- ja poistoilmapuhaltimen, ilmansuodattimet, ilmanlämmityspatterin sekä lämmöntalteenottolaitteiston, jota tässä tutkimustyössä käsitellään.

4.1 Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentaminen parantaa rakennuksen energiatahokkuutta ilman, että sisäilman laatua heikennettäisiin. On tutkittu, että Suomessa tuloilman lämmittämiseen kuluva energia on tyypillisesti 30...50 % koko rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta. Lämmöntalteenotolla voidaan kattaa tästä energiatarpees-

ta 50..80 % /1, s. 1/. Uusissa rakennushankkeissa Suomen RakMK D2 edellyttää ilmanvaihtojärjestelmältä energiatehokkuutta, jossa poistoilmasta on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä.

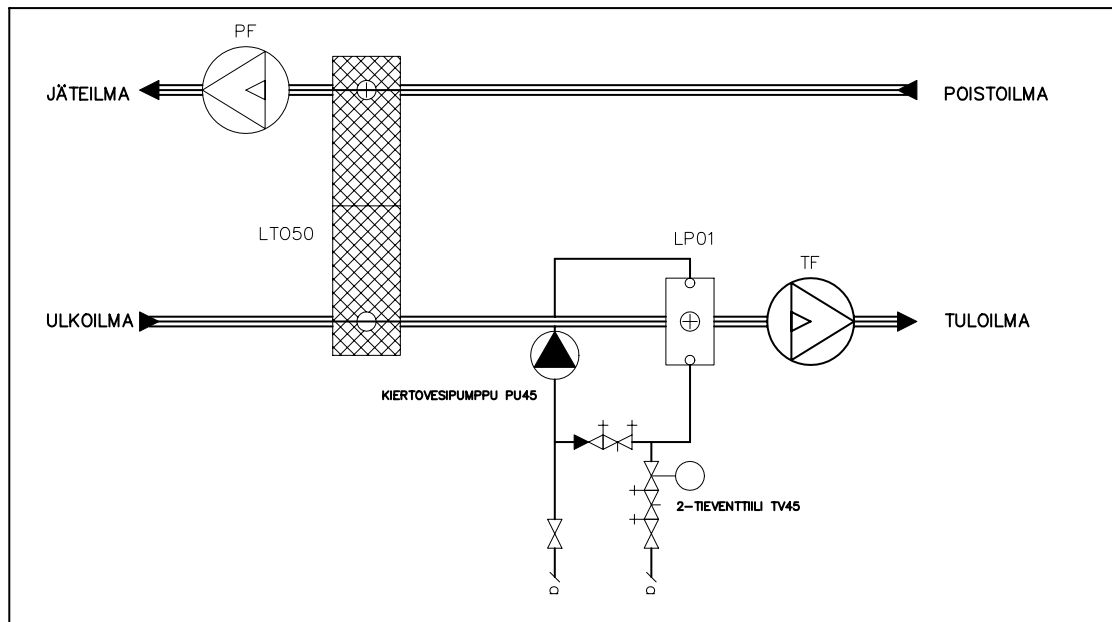
Lämmöntalteenotto ilmanvaihdossa perustuu lämmönsiirtymiseen poistoilmavirrasta tuloilmavirtaan siten, että poistoilmavirta jäähtyy ja tuloilmavirta lämpenee. Poistoilmavirrasta saatava lämpöteho on yhtä suuri kuin tuloilmavirran vastaanottama lämpöteho. /2, s. 95-96./

Lämmöntalteenotto poistoilmavirrasta voidaan toteuttaa lämmönsiirtimillä. Lämmönsiirtimien tyypit luokitellaan kahteen eri ryhmään: regeneratiivisiin eli lämpöä varastoiviin lämmönsiirtimiin ja rekuperatiivisiin eli epäsuoriin- ja suoriin lämmönsiirtimiin. /3, s. 285./

4.2 Regeneratiiviset lämmönsiirtimet

Regeneratiiviset lämpöä varastoivat lämmönsiirtimet, joihin kuuluvat liikkuvamassaiset siirtimet eli pyörivät kiekot sekä kiinteämassaiset siirtimet, joissa lämmönsiirtyminen tapahtuu virtauksien vaihdolla. Pyörivässä lämmönsiirtimessä kiekon massa jäähtyy ulkoilmavirrassa ja lämpenee poistoilmavirrassa. Pyörivä kiekko eroaa esimerkiksi levylämmönsiirtimestä siten, että kiekko voi myös siirtää kosteutta ja muita aineita ilmavirrasta toiseen. /3, s. 288-299./

Kuvassa 1 on esitetty järjestelmä, joka koostuu pyörivästä lämmönsiirrinkiekosta (tunnus LTO50), tulo- ja poistoilmapuhaltimista tunnuksella PF ja TF, jälkilämmityspatterista LP01, kiertovesipumpusta PU45 ja 2-tieventtiili TV45:stä. Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhdetta ja huurtumista säädetään lämmönsiirtimen pyörimisnopeutta muuttamalla. Tuloilman vaatima lisäenergia välitetään jälkilämmityspatterilla LP01:llä. Järjestelmän lämpötilahyötysuhde on yleensä 60-80 %.



KUVA 1. Periaatekaavio ilmanvaihtokoneesta, joka on varustettu pyörivällä lämmönsiirtimellä

4.3 Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet

Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet jaetaan epäsuoriin lämmönsiirtimiin ja suoriin lämmönsiirtimiin /3, s. 285/.

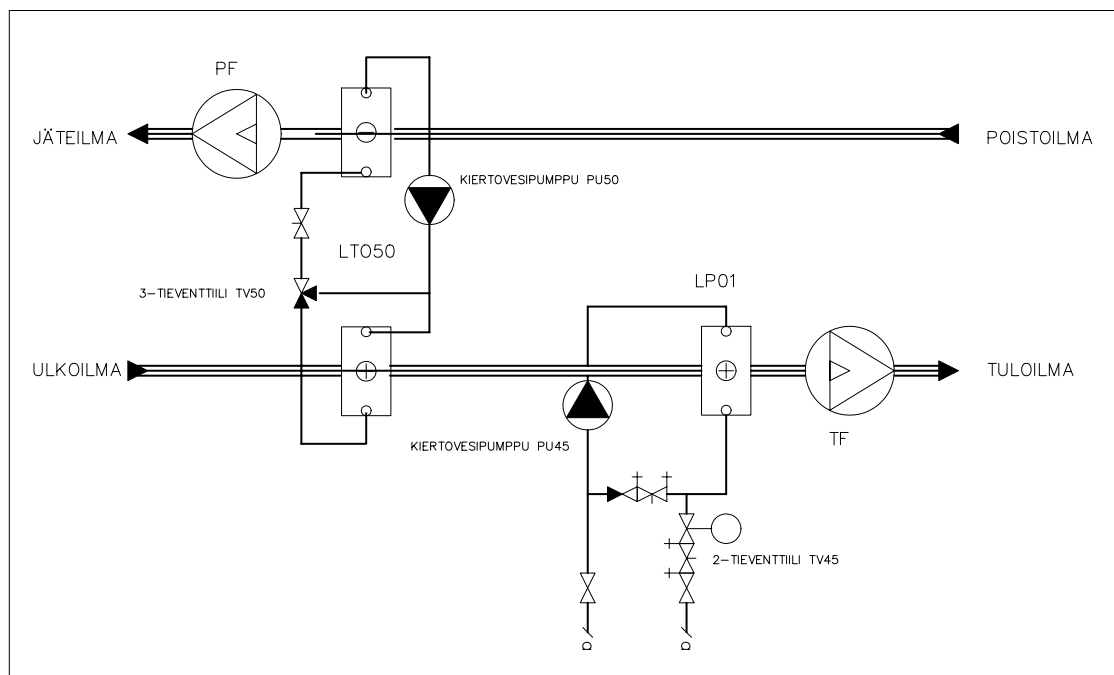
4.3.1 Epäsuorat lämmönsiirtimet

Epäsuorat lämmönsiirtimet perustuvat nesteen virtaukseen. Nesteenä käytetään yleensä 30-40 % vesi-etyleeniglykoliseosta ja lämmönsiirtiminä käytetään lamellipattereita. Kyseisessä järjestelmässä ei tapahdu faasimuutosta eli nesteen olomuoto ei muutu.

/3, s. 285./

Kuvassa 2 on esitetty nestekiertoinen lämmönsiirrinjärjestelmä, joka koostuu erillisistä lamellipatterista (tunnus LTO50), säätöventtiilistä TV50 ja kiertovesipumpusta PU50. Kuvassa 2 lamellipatterit ovat asennettu päällekkäin. Lamellipatterit voidaan asentaa myös erilleen.

Järjestelmän lämpötilahyötysuhdetta ja huurtumista säädetään vesivirtaa muuttamalla 3-tieventtiili TV50:llä. Kiertovesipumppu PU50 käy järjestelmässä vakionopeutta. Tuloilman vaatima lisäenergia välitetään jälkilämmityspatterilla LP01:llä. Järjestelmän lämpötilahyötysuhde on yleensä 40-60 %.

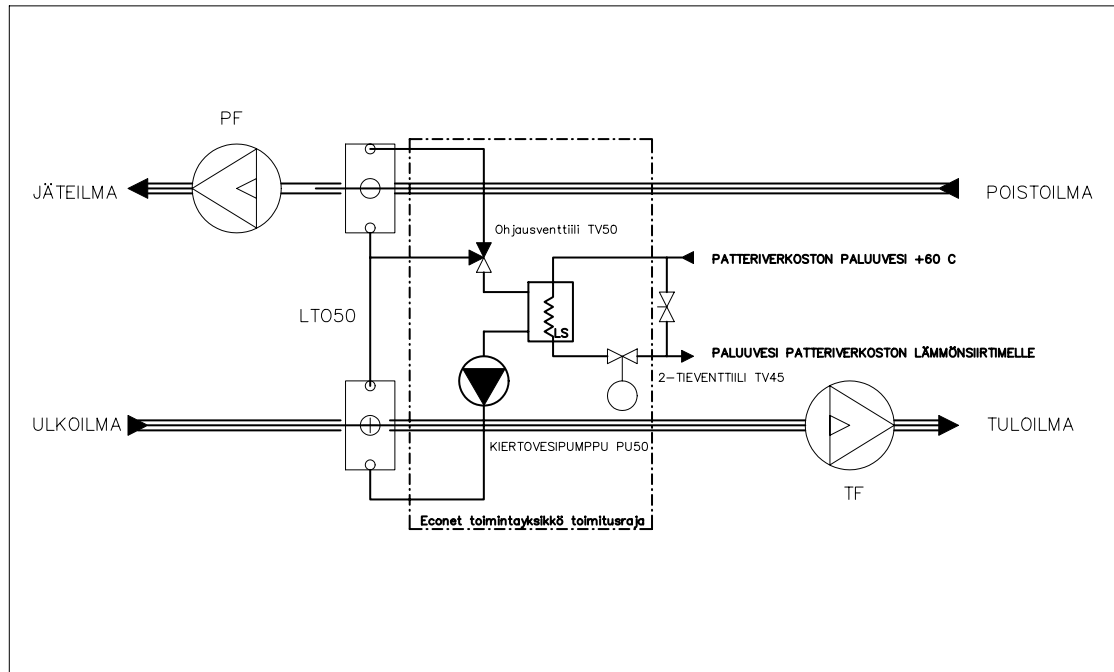


KUVA 2. Periaatekaavio ilmanvaihtokoneesta, joka on varustettu nestekiertoisella lämmönsiirtimellä

4.3.2 Fläktwoods Oy:n sovellutus nestekiertoisesta lämmönsiirrinjärjestelmästä.

Sovelluksessa Econet-järjestelmä optimoi nestevirtaamaa tulo- ja poistoilmapatterissa, jotta paras mahdollinen hyötysuhde saavutetaan eri käyttöolosuhteissa. Nestevirtaamaa säädetään pumpun taajuusmuuttajan avulla jatkuvana toimintana. /4./

Kuvassa 3 on esitetty tehdasvalmis toimintayksikkö, joka sisältää kierrossäätetyn pumpun (tunnus PU50), ohjauventtiilin TV50, automatiikan sekä lisälämmön välittämiseen lämmönsiirtimen ja 2-tieventtiilin TV45. Erona muihin järjestelmiin on, ettei Econet tarvitse erillistä jälkilämmityspatteria. Järjestelmän lämpötilahyötysuhde on yleensä 40-60 %.

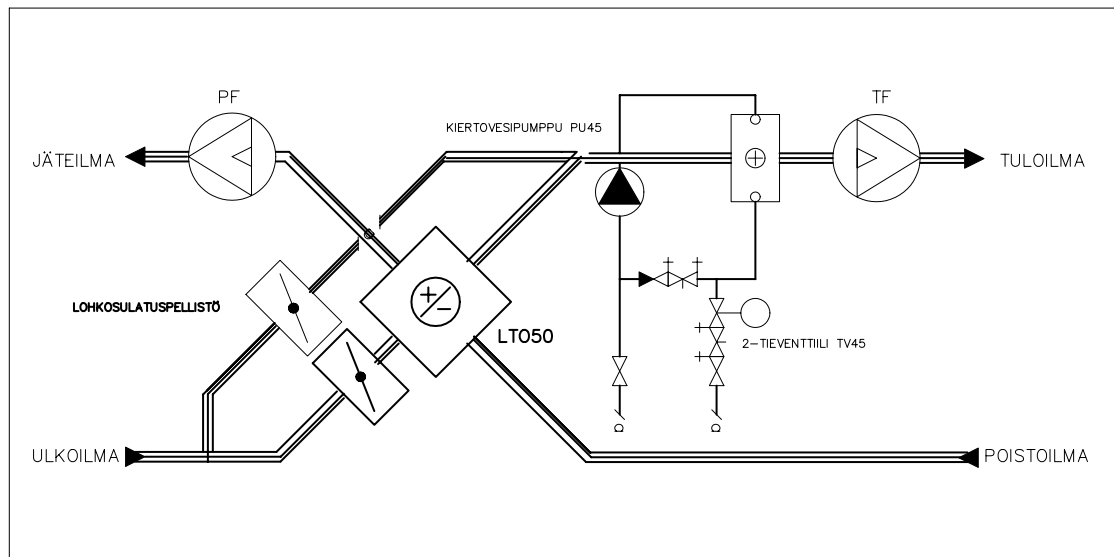


KUVA 3. Periaatekaavio Fläktwoods Oy:n Econet sovellutuksesta

4.3.3 Suorat lämmönsiirtimet

Suorat lämmönsiirtimet voidaan luokitella kolmeen eri ryhmään virtausgeometrian, lämmönsiirtopinnan ja lämmönsiirtomateriaalin mukaan. Levylämmönsiirtimessä ilmavirrat eivät sekoitu keskenään, vaan virtaavat erillään levylämmönsiirtimen virtauskanavissa. Lämmönsiirtopinnan ala määrittelee suurimmalta osin lämmönsiirtimen tehon ja näin ollen pyritään samaan mahdollisimman suuri lämmönsiirtopinta pieneen tilavuuteen. /3, s. 286./

Kuvassa 4 on esitetty virtausgeometrialtaan ristivirtaussiirrin. Muita virtausgeometrioita ovat myötä- ja vastavirtaus. Levylämmönsiirrin järjestelmä koostuu erillisistä levylämmönsiirtimestä (tunnus LTO50) ja lohkosulatuspellistöstä. Järjestelmän lämpötilahyötysuhdetta ja huurtumista ohjataan muuttamalla ulkoilmavirran kulkua levylämmönsiirtimen läpi. Huurtumistilanteessa ulkoilmavirta ohittaa levylämmönsiirtimen. Tuloilman vaatima lisäenergia välitetään jälkilämmityspatterilla LP01:llä. Järjestelmän lämpötilahyötysuhde on yleensä 50-70 %.



KUVA 4. Periaatekaavio ilmanvaihtokoneesta, joka on varustettu levylämmönsiirtimellä

4.4 Määräykset ja ohjeet lämmönsiirtimien käytöstä asuinkerrostalossa

Asuinkerrostaloissa eri lämmönsiirrinjärjestelmien käyttöä on rajoitettu Suomen RakMK D2:n ohjeen mukaan seuraavasti: Otettaessa lämpöä talteen luokan kolme poistoilmasta eli asuinrakennuksessa tämä tarkoittaa WC-, pesutilojen, saunojen ja keittiöiden poistoilmaa. Regeneratiivista lämmönsiirrintä käytettäessä ei poistoilmassa saa olla kuin viisi prosenttia edellä mainitun luokan kolme poistoilmavirtaa. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi pyörivää kiekkolämmönsiirrintä ei voida käyttää keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän lämmönsiirrinjärjestelmänä. Lähtökohtana ohjeelle on varmasti ollut huoli likaisen poistoilmavirran sekoittumisesta puhtaaseen tuloilmavirtaan lämmönsiirtimessä, joka heikentäisi ilmanlaatua huonetiloissa. Regeneratiivista lämmönsiirrintä voidaan käyttää ainoastaan niissä tapauksissa, joissa poistoilmavirta sisältää luokan yksi ja kaksi poistoilmaa. Regeneratiivista lämmönsiirrintä käytetään yleisesti toimisto- ja liikerakennuksissa. Toimisto- ja liikerakennuksien luokan kolme ja

neljä poistoilma johdetaan joko suoraan ulos ilman, että kyseisestä poistoilmasta siirrettäisiin lämpöä talteen tai kyseinen poistoilma johdetaan rekuperatiiviseen lämmönsiirtimeen. /5./

Asuinkerrostalossa lämmönsiirrinjärjestelminä käytetään rekuperatiivisia järjestelmiä, koska asuinrakennuksen poistoilmavirta koostuu pääasiallisesti luokan kolme tiloista. Asuinkerrostalon lämmönsiirrinjärjestelminä käytetään yleisimmin nestepatteri- ja levylämmönsiirtimiä.

5 TULOKSET

5.1 Lähtötietojen selvitys ja perusteet

Lähtötietojen saamiseksi tutkimukseen olen käyttänyt suunnittelutyökaluina Cads Hepac 15-suunnitteluohjelmistoa. Ilmanvaihtokoneiden valinnassa ja energiakulutuksen laskennassa olen puolestaan käyttänyt valmistajan mitoitusohjelmaa Aconia./4/. Kiertovesipumppujen valinnassa ja energiakulutuskaskennassa olen käyttänyt Grundfoss Oy:n WepCAPS mitoitusohjelmaa. /6/. Esimerkki kiertovesipumpun mitoituksesta on liitteessä 3.

Lähtötiedot perustuvat RakMK D2: 2010 liitteen 1, taulukko 1. asuinrakennukset mukaisesti ilmamääriin siten, että määräysten mukainen ilmanvaihtuvuus 0.5 1/h toteutuu. Kanavisto on yhteneväinen ja kanaviston painehäviöt ovat samat kaikilla kolmella eri vertailtavalla lämmönsiirrinjärjestelmällä.

5.2 Peruslähtötiedot

Tehostetut ilmamäärät ovat seuraavat:

Tuloilmavirraksi muodostuu 0,75 m³/s ja poistoilmavirraksi 0,83 m³/s.

Kanavapainehäviöksi tuloilman osalta muodostuu 208 Pa. Tämä sisältää ulkosäleikön, ulkoilmakanavan ja tuloilmakanaviston laitteineen. Poistoilman osalta painehäviöksi muodostuu 208 Pa. Tämä sisältää ulospuhallushajottimen, jäteilmakanavan ja poistoilmakanaviston laitteineen.

TAULUKKO 1. Lähtötiedot ilmanvaihtokoneiden mitoitukseen, talvitilanne

Ulkolämpötila (°C)	-38
Ulkoilman kosteus (%RH)	90
Haluttu tuloilma lämpötila (°C)	+20
Poistoilma lämpötila (°C)	+21
Poistoilma kosteus (%RH)	40
Veden lämpötila sisään (°C)	+60
Veden lämpötila ulos (°C)	+40
Jäätymissuoja-aine, lämmitin (%), etyleeniglykoli	40
Jäätymissuoja-aine, lto (%), etyleeniglykoli	30
Talteenotto / lämmitys limitys (°C)	5

Energialaskennassa on käytetty käyttöajan tilanteen mukaisia ilmamääriä, jotka ovat 30 % pienempiä kuin tehostetun ilmanvaihdon ilmamäärät. /5. s. 5./

Huomioitavaa on, ettei ilmanvaihtokoneen toimittajan mitoitusohjelma Acon ota huomioon nestelämmönsiirrinjärjestelmissä ja jälkilämmityksessä käytettävien kiertovesipumppujen energiankulutusta. Kyseiset kulutukset olen huomionnut laskemalla eri verkostojen painehäviöt ja valinnut järjestelmiin sopivat kiertovesipumput.

Kiertovesipumppujen käyntiajan pituus on määritelty ulkoilman lämpötilojen pysyvyysarvoina säävyöhykkeellä III. Jyväskylä, 1979 talvi 6552 h/vuodessa.

5.2.1 Lämmönsiirrinjärjestelmä ECONET esimerkikohteessa

Econet-järjestelmän suunnittelu kohteeseen antaa suunnittelijalle monia eri mahdollisuuksia laitteiden sijoitukseen. Fyysiset mitat ilmanvaihtokoneella ovat seuraavat: pituus 3950 mm, leveys 800 mm ja korkeus 1700 mm. Ilmanvaihtokonehuoneen kooksi vaaditaan 12 m² tila. Suurin lohkokoko on 2650 mm * 800 mm*800 mm eli erillisiä kuljetusaukkoja rakenteisiin ei tarvitse tehdä. Asennuksessa on huomioitavaa, että lämmöntalteenoton toimintayksikkö on tehdasvalmis. Toimintayksikkö liitetään ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilmapatteriin, sekä toimintayksikön lämmönvaihdiin liitetään patteriverkoston paluuputkistoon. Toimintayksikkö liitetään sähkö- ja

kiinteistövalvontajärjestelmään toimintayksikön ohjauskeskuksen välityksellä. Toimintayksikön sähkö- ja automaatiolaitteet ovat tehdasvalmiit.

Järjestelmän lisälämmitystarve toteutetaan patteriverkoston paluuveden korkeaa lämpötilaa (+60°C) hyödyntäen. Tämä myös mahdollistaa kaukolämmön tilausvesivirran alentamisen, koska parannetaan toisioverkoston jäähtyvyyttä ja tätä kautta saadaan kaukolämmön perusmaksua alennettua. Tämä lisälämmitystavan käyttäminen ei tarvitse läsiirtimiä talon lämmitysjärjestelmään ja alentaa näin rakentamiskustannuksia sekä käyttökustannuksia.

Acon-mitoitusohjelmalla lasketut tehot lämmön talteenotosta ja lisälämmitystarpeesta perustuvat lämmön talteenoton lämpötilahyötysuhteeseen 0°C ulkolämpötilassa. Järjestelmän lämpötilahyötysuhteeksi saadaan laskelmissa 62.1 %. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmöntalteenotolla saadaan tuloilmavirtaan siirrettyä 26,2 kW lämpötehoa poistoilmavirrasta. Tuloilmavirran lämmittämiseksi mitoitusulkolämpötilasta -38°C sisäänpuhalluslämpötilaan +20 °C tarvitsee lämmitystehoa yhteensä 51,8 kW. Tarvittava kokonaislämmitysteho saadaan lämmöntalteenotosta saatavalla 26,2 kW lämmitysteholla sekä lisäenergian lisäyksellä patteriverkoston paluuvetestä saatavalla 25,6 kW. Tämän lisäksi tuloilmapuhaltimessa tapahtuu tuloilmavirrassa 0,8 °C lämpötilan nousu, koska osa puhaltimen ottamasta sähkötehosta muuttuu lämmöksi moottorissa.

Lisäenergian lisäyksessä on otettu huomioon 5°C limitys huurtumiseneston ollessa toiminnassa. Limitys tarkoittaa sitä, että huurtumiseneston ollessa toiminnassa nestevirtaa pienennetään poistoilmapattereissa, etteivät poistoilmapatterin lamellit tukkeutuisi huurteesta ja estäisi näin poistoilmanvirtausta. Nesteen virtausta pienennettäessä pienennetään samalla lämmöntalteenotosta saatavaa lämmitystehoa ja tällöin tuloilmavirran lämpötila ei nouse riittävästi lämmön talteenoton jälkeen. Limitys huomioi tämän asian ja mitoittaa lisäenergian tarpeen suuremmaksi, jolloin sisäänpuhalluslämpötila pysyy asetusarvossaan huurtumiseneston ollessa toiminnassa.

TAULUKKO 2. Mitoitustiedot

Tuloilma patterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	120
Poistoilma patterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	104
Lämmönsiirtimen (Econet piiri) painehäviö, (kPa)	15,8
Putkisto painehäviö (arvioitu), (kPa)	2
Nestevirtaama, (dm ³ /s)	0,4
Ohjausventtiilin painehäviö TV50 (valmistajan mukaan mitätön)	
Teho lämmöntalteenotosta, (kW)	26,2
Lisä lämmitysteho, (kW)	25,6
Kiertovesipumpun PU50 sähkön ottoteho, (kW)	0,55

Kaukolämmitysverkoston tilausvesivirran tarkastelu:

TAULUKKO 3. Nykyisen lämmönsiirtimen mitoitusarvot

	Toisio	Ensiö
Menovesi	+80 °C	+115 °C
Paluuvesi	+60 °C	+65 °C
Vesivirta	1,07 dm ³ /s	0,43 dm ³ /s
Teho	90 kW	90 kW

Toisioverkoston jäähtymän laskenta

$$\Delta T = Q \div (C_p \times q_v), (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

ΔT = meno- ja paluueden lämpötilaero (°C)

Q = Lämpöteho (kW)

C_p = Veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/(kg °C))

q_v = vesivirta (dm³/s)

Kaavalla 1 on laskettu toisioverkoston uudeksi jäähtymäksi 25,7 °C, eli paluueden lämpötilaksi saadaan 54,3 °C. Kaukolämmön ensiöverkoston paluueden lämpötila alenee samaverran eli uudeksi ensiöverkoston paluueden lämpötilaksi saadaan 59,3 °C. Tämä mahdollistaa ensiöverkoston vesivirran pienentämisen 0,05 dm³/s, eli uudeksi ensiöverkoston vesivirraksi saadaan 0,38 dm³/s.

TAULUKKO 4. Nykyisen lämmönsiirtimen uusi vesivirta

Menoveden lämpötila	+115 °C
Paluuv veden lämpötila	+59,3 °C
Teho	90 kW
Vesivirta	0,38 dm ³ /s

Tämänhetkinen tilausvesivirta on 2,1 m³/h eli uusi tilausvesivirta on 1,92 m³/h
Tilauusvesivirran vaikutusta arvioidaan myöhemmin käyttökustannuksissa.

5.2.2 Lämmönsiirrinjärjestelmä ECOTERM esimerkkikohteessa

Ecoterm-järjestelmän suunnittelu kohteeseen antaa eri mahdollisuuksia laitteiden sijoitukseen kiinteistössä, kuten Econet-järjestelmäkin. Ilmanvaihtokoneen fyysiset mitat ovat pituus 4450 mm, leveys 800 mm ja korkeus 1700mm. Pituuden kasvu verrattuna Econet-järjestelmään johtuu lämmöntalteenottopatterin jälkeisen rakenneosan ja jälkilämmityspatterin lisäyksestä ilmanvaihtokoneeseen. Ilmanvaihtokonehuoneen kooksi tarvitaan 13 m².

Asennuksessa erillisiä kuljetusaukkoja rakenteisiin ei tarvita. Suurimman lohkon mitat ovat 2200 mm * 800 mm* 800 mm. Asennuksessa on huomioitava lämmöntalteenoton tulo- ja poistoilmapattereiden kytkennät ja säätöventtiilin, pumpun sekä mittauspisteiden asennus, jotka toteutetaan asennuspaikalla. Lisäksi tulee lisälämmityspatterin kytkentä säätöventtiilien ja pumpun sekä mittauspisteiden rakentaminen asennuspaikalla.

Tämän lisäksi tarvitaan vielä kaukolämmitysverkostoon ilmanvaihtosiirtimen rakentaminen. Sähkö- ja automaatiotyöt tehdään asennuspaikalla rakentamalla pumppujen, säätöventtiilien sekä mittauspisteiden johdotukset ja kytkennät.

Lisälämpö toteutetaan rakentamalla kohteen kaukolämmitysjärjestelmään ilmanvaihtoa palveleva lämmönsiirrin laitteineen. Tämä aiheuttaa myös kaukolämmityksen tilausvesivirran suurenemisen.

Acon-mitoitusohjelmalla lasketut tehot lämmön talteenotosta ja lisälämmitystarpeesta perustuvat lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteeseen $-17,1\text{ °C}$ ulkolämpötilassa. Järjestelmän lämpötilahyötysuhteeksi saadaan laskelmissa 35,4 %.

Tämä tarkoittaa sitä, että lämmöntalteenotolla saadaan tuloilmavirtaan siirrettyä noin 14,4 kW lämpötehoa poistoilmavirrasta. Tuloilmavirran lämmittämiseksi mitoitusulkolämpötilasta -38 °C sisäänpuhalluslämpötilaan $+20\text{ °C}$ tarvitsee lämmitystehoa yhteensä 51,8 kW. Tarvittava kokonaislämmitysteho saadaan lämmöntalteenotosta saatavalla 14,4 kW lämmitysteholla sekä lisäenergian lisäyksellä jälkilämmityspatterilla lämmitystehoa 37,4 kW.

Tämän lisäksi tuloilmapuhaltimessa tapahtuu tuloilmavirrassa $0,8\text{ °C}$ lämpötilan nousu, koska osa puhaltimen ottamasta sähkötehosta muuttuu lämmöksi moottorissa. Lisäenergian lisäyksessä on otettu huomioon 5 °C limitys huurtumiseneston ollessa toiminnassa. Limitys tarkoittaa sitä, että huurtumiseneston ollessa toiminnassa, nestevirtaa pienennetään poistoilmapattereissa, etteivät poistoilmapatterin lamellit tukkeutuisi huurteesta ja estäisi näin poistoilmavirtausta. Nesteen virtausta pienennettäessä pienennetään samalla lämmöntalteenotosta saatavaa lämmitystehoa, jolloin tuloilmavirran lämpötila ei nouse riittävästi lämmön talteenoton jälkeen. Limitys ottaa huomioon tämän asian ja mitoittaa lisäenergian tarpeen suuremmaksi, jolloin sisäänpuhalluslämpötila pysyy asetusarvossaan huurtumiseneston ollessa toiminnassa.

TAULUKKO 5. Lämmönsiirtimen mitoitus tiedot

Tuloilma patterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	102,7
Poistoilma patterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	102,7
Putkisto painehäviö (arvioitu), (kPa)	2
Nestevirtaama, (dm^3/s)	0.3
Teho lämmöntalteenotosta, (kW)	14,4

3-Tieventtiili TV50 mitoitus

$$\beta = \Delta p_{TV} \div (\Delta p_{TV} + \Delta p) \quad (2)$$

$\beta =$ venttiilin vaikutusaste

$\Delta p_{TV} =$ venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (kPa)

$\Delta p =$ säätöventtiilin virtauspiirin muut painehäviöt (kPa)

$$k_v = 36 \times q_v \div \sqrt{\Delta p_{TV}}, (\text{m}^3/\text{h}) \quad (3)$$

$k_v =$ kapasiteettikerroin (m^3/h)

$q_v =$ venttiilin vesivirta (dm^3/s)

$\Delta p_{TV} =$ venttiilin painehäviö (kPa)

$$\Delta p_{TV} = (q_v \div k_{vs})^2, (\text{kPa}) \quad (4)$$

$\Delta p_{TV} =$ venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (bar)

$q_v =$ venttiilin vesivirta (m^3/h)

$k_{vs} =$ valmistajan ilmoittama venttiilin kapasiteettikerroin (m^3/h)

Käytettävän säätöventtiilin Δp_{TV} mitoitusarvoksi saadaan 45,5 kPa, k_{vs} arvo on 1.6 m^3/h ja venttiilin vaikutusasteen β on 0.36

Kiertovesipumpun PU50 valinta

$$h = \Delta p_{patterit} + \Delta p_{ver} + \Delta p_{TV} (\text{kPa}) \quad (5)$$

$h =$ pumpun nostokorkeus, (kPa)

$\Delta p_{patterit} =$ pattereiden painehäviöt, (kPa)

$\Delta p_{ver} =$ verkoston muut painehäviöt, (kPa)

$\Delta p_{TV} =$ venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla, (kPa)

Käytettävän kiertovesipumpun virtaama-arvo on 0,30 dm^3/s ja nostokorkeus on 252,9 kPa, 25,29 mH_2O .

TAULUKKO 6. Jälkilämmityspatterin mitoitus tiedot

Lämmityspatterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	34,3
Putkisto painehäviö sekoituspiiri (arvioitu), (kPa)	1
Putkisto, painehäviö sekoituspiiri → kaukolämpösiirrin LS3	7
Nestevirtaama, (dm ³ /s)	0.49
Lämmitysteho, (kW)	37,4

2-tieventtiili TV45 mitoitus

$$\beta = \Delta p_{TV} \div (\Delta p_{TV} + \Delta p) \quad (2)$$

β = venttiilin vaikutusaste

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (kPa)

Δp = säätöventtiilin virtauspiirin muut painehäviöt (kPa)

$$k_v = 36 \times q_v \div \sqrt{\Delta p_{TV}}, \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (3)$$

k_v = kapasiteettikerroin (m³/h)

q_v = venttiilin vesivirta (dm³/s)

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö (kPa)

$$\Delta p_{TV} = (q_v \div k_{vs})^2, \text{ (kPa)} \quad (4)$$

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (bar)

q_v = venttiilin vesivirta (m³/h)

k_{vs} = valmistajan ilmoittama venttiilin kapasiteettikerroin (m³/h)

Käytettävän säätöventtiilin Δp_{TV} mitoitusarvoksi saadaan 18,9 kPa, k_{vs} arvo on 4 m³/h ja venttiilin vaikutusasteen β on 0.65

Kiertovesipumpun PU45 mitoitus

$$h = \Delta p_{patteri} + \Delta p_{ver} + \Delta p_{po} \text{ (kPa)} \quad (6)$$

- $h =$ pumpun nostokorkeus, (kPa)
 $\Delta p_{\text{patterit}} =$ pattereiden painehäviöt, (kPa)
 $\Delta p_{\text{ver}} =$ verkoston muut painehäviöt, (kPa)
 $\Delta p_{\text{po}} =$ sekoitusjohdon painehäviö, (kPa)

Käytettävän kiertovesipumpun virtaama-arvo on 0,49 dm³/s ja nostokorkeus on 42,3 kPa, 4,23 mH₂O

TAULUKKO 7. Uuden lämmönsiirtimen LS3:n mitoitus

	Toisio	Ensiö
Menovesi	+60 °C	+115 °C
Paluuvesi	+40 °C	+45 °C
Vesivirta	0,49 dm ³ /s	0.13 dm ³ /s
Teho	37 kW	37 kW
Painehäviö	5 kPa	1 kPa
Putkisto, painehäviö sekoituspiiri → kauko- lämpösiirrin LS3	2 kPa	

Kiertovesipumppu LS3PU3:n mitoitus

$$h = \Delta p_{\text{ver}} + \Delta p_{\text{TV}} \text{ (kPa)} \quad (7)$$

- $h =$ pumpun nostokorkeus, (kPa)
 $\Delta p_{\text{ver}} =$ verkoston muut painehäviöt, (kPa)
 $\Delta p_{\text{TV}} =$ venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla, (kPa)

Käytettävän kiertovesipumpun virtaama-arvo on 0,49 dm³/s ja nostokorkeus on 26,9 kPa, 2,69 mH₂O

Kaukolämmön tilausvesivirtaa joudutaan nostamaan 0,13 dm³/s, (0,47 m³/h).
 Tämänhetkinen tilausvesivirta on 2.1 m³/h eli uusi tilausvesivirta on 2.57 m³/h
 Tilausvesivirran vaikutusta arvioidaan myöhemmin käyttökustannuksissa.

5.2.3 Levylämmönsiirrin RECUTERM esimerkikohteessa

Järjestelmän suunnittelu kohteeseen ei anna useita sijoittelumahdollisuuksia, kuten edellämäinittu järjestelmät, koska tulo- ja poistokone eivät voi fyysisesti sijaita erillään toisistaan. Ilmanvaihtokoneen fyysiset mitat ovat pituus 5600 mm * leveys 800 mm * korkeus 1700 mm. Pituuden kasvaminen johtuu suuresta levylämmönsiirtimestä, joka on suurin lohko. Ilmanvaihtokonehuoneen kooksi tarvitaan 15.2 m².

Asennuksessa erillisiä kuljetusaukkoja ei tarvita, koska suurin lohkokoko on 1500 mm * 800 mm * 1500 mm. Asennuksessa on huomioitava lisälämmityspatterin kytkentä säätöventtiilien ja pumpun sekä mittauspisteiden rakentaminen asennuspaikalla. Tämän lisäksi tarvitaan vielä kaukolämmitysverkostoon ilmanvaihtosiirtimen rakentaminen. Sähkö- ja automaatiotyöt tehdään asennuspaikalla rakentamalla pumppujen, säätöventtiilien sekä mittauspisteiden johdotukset ja kytkennät. Lisälämpö toteutetaan rakentamalla kohteen kaukolämmitysjärjestelmään ilmanvaihtoa palveleva lämmönsiirrin laitteineen. Tämä aiheuttaa kaukolämmityksen tilausvesivirran suurenemisen.

Acon-mitoitusohjelmalla lasketut tehot lämmöntalteenotosta ja lisälämmitystarpeesta perustuvat lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhteeseen -5,8 °C ulkolämpötilassa. Järjestelmän lämpötilahyötysuhteeksi saadaan laskelmissa 54,6 %. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmöntalteenotolla saadaan tuloilmavirtaan siirrettyä noin 29,0 kW lämpötehoa poistoilmavirrasta. Tuloilmavirran lämmittämiseksi mitoitusulkolämpötilasta -38°C sisäänpuhalluslämpötilaan +20 °C tarvitsee lämmitystehoa yhteensä 56,2 kW. Tarvittava kokonaislämmitysteho saadaan lämmöntalteenotosta saatavalla 29,0 kW lämmitysteholle sekä lisäenergian lisäyksellä jälkilämmityspatterilla lämmitystehoa 27,2 kW.

Tämän lisäksi tuloilmapuhaltimessa tapahtuu tuloilmavirrassa 0,8 °C lämpötilan nousu, koska osa puhaltimen ottamasta sähkötehosta muuttuu lämmöksi moottorissa. Lisäenergian lisäyksessä on otettu huomioon 5°C limitys huurtumiseneston ollessa toiminnassa. Limitys tarkoittaa sitä, että huurtumiseneston ollessa toiminnassa, osa tuloilmavirrasta ohjataan levylämmönsiirtimen ohi. Tässä tapauksessa ¼ osa kerrallaan levysiirtimestä on huurtumistilanteessa sulatuksessa, eli tuloilmavirrasta ¼ osa ohjataan ohi levylämmönsiirtimen. Tämä aiheuttaa sen, että tulovirran lämpötila ei nouse riittävästi lämmöntalteenoton jälkeen. Limitys ottaa huomioon tämän asian ja mitoit-

taa lisäenergian tarpeen suuremmaksi, jolloin sisäpuhalluslämpötila pysyy asetusarvossaan huurtumiseston ollessa toiminnassa.

TAULUKKO 8. Jälkilämmityspatterin mitoitus tiedot

Lämmityspatterin nestepuolen painehäviö, (kPa)	6,5
Putkisto painehäviö sekoituspiiri (arvioitu), (kPa)	1
Putkisto, painehäviö sekoituspiiri → kaukolämpösiirrin LS3	7
Nestevirtaama, (dm ³ /s)	0,36
Lämmitysteho, (kW)	27,2

2-tieventtiili TV45:n mitoitus

$$\beta = \Delta p_{TV} \div (\Delta p_{TV} + \Delta p) \quad (2)$$

β = venttiilin vaikutusaste

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (kPa)

Δp = säätöventtiilin virtauspiirin muut painehäviöt (kPa)

$$k_v = 36 \times q_v \div \sqrt{\Delta p_{TV}}, \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (3)$$

k_v = kapasiteettikerroin (m³/h)

q_v = venttiilin vesivirta (dm³/s)

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö (kPa)

$$\Delta p_{TV} = (q_v \div k_{vs})^2, \text{ (kPa)} \quad (4)$$

Δp_{TV} = venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla (bar)

q_v = venttiilin vesivirta (m³/h)

k_{vs} = valmistajan ilmoittama venttiilin kapasiteettikerroin (m³/h)

Käytettävän säätöventtiilin Δp_{TV} mitoitusarvoksi saadaan 10,5 kPa, k_{vs} arvo on 4 m³/h ja venttiilin vaikutusasteen β on 0.52

Kiertovesipumpun PU45 mitoitus

$$h = \Delta p_{\text{patteri}} + \Delta p_{\text{ver}} + \Delta p_{\text{po}} \text{ (kPa)} \quad (6)$$

$h =$ pumpun nostokorkeus, (kPa)

$\Delta p_{\text{patteri}} =$ pattereiden painehäviöt, (kPa)

$\Delta p_{\text{ver}} =$ verkoston muut painehäviöt, (kPa)

$\Delta p_{\text{po}} =$ sekoitusjohdon painehäviö, (kPa)

Käytettävän kiertovesipumpun virtaama-arvo on $0,36 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja nostokorkeus on $15,5 \text{ kPa}$, $1,55 \text{ mH}_2\text{O}$

TAULUKKO 9. uuden lämmönsiirtimen LS3:n mitoitus

	Toisio	Ensiö
Menovesi	+60 °C	+115 °C
Paluuvesi	+40 °C	+45 °C
Vesivirta	$0,36 \text{ dm}^3/\text{s}$	$0,10 \text{ dm}^3/\text{s}$
Teho	27 kW	27 kW
painehäviö	5 kPa	1 kPa

Kiertovesipumppu LS3PU3:n mitoitus

$$h = \Delta p_{\text{ver}} + \Delta p_{\text{TV}} \text{ (kPa)} \quad (7)$$

$h =$ pumpun nostokorkeus, (kPa)

$\Delta p_{\text{ver}} =$ verkoston muut painehäviöt, (kPa)

$\Delta p_{\text{TV}} =$ venttiilin painehäviö maksimivirtaamalla, (kPa)

Käytettävän kiertovesipumpun virtaama-arvo on $0,36 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja nostokorkeus on $17,5 \text{ kPa}$, $1,75 \text{ mH}_2\text{O}$

Kaukolämmön tilausvesivirtaa joudutaan nostamaan $0,10 \text{ dm}^3/\text{s}$, ($0,36 \text{ m}^3/\text{h}$).

Tämänhetkinen tilausvesivirta on $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$ eli uusi tilausvesivirta on $2,46 \text{ m}^3/\text{h}$

Tilausvesivirran vaikutusta arvioidaan myöhemmin käyttökustannuksissa.

5.3 Ilmanvaihtokoneiden rakentamiskustannukset

Koneiden hankintakustannukset on selvitetty valmistajalta tekemiäni laitevalintojen perusteella. Hankintakustannukset ovat arvonlisäverollisia, ja ne ovat niin sanottuja suunnittelijalle annettuja kustannusarviohintoja. Ilmanvaihtokoneiden asennus ja putkiasennustyöt on arvioinut LVI-Vanhatalo Oy:stä projektipäällikkö Kimmo Vanhatalo. Automaatiotöiden osalta kustannukset on arvioinut Stenforstekniikka Oy:n projektipäällikkö Velu Parkkinen. Sähkötöiden osalta kustannukset on arvioinut Upnet Engineer Oy:stä sähköinsinööri Seppo Penttinen. Ilmanvaihtokonehuoneen rakentamiskustannukset on arvioinut Rakennustoimisto Arvo K. Keränen, jonka mukaan ilmanvaihtokonehuoneen rakentamiskustannukset ovat 1230 €/m².

5.3.1 Lämmönsiirrinjärjestelmä ECONET

Ilmanvaihtokoneen hankinta kustannus	24353 €
Ilmanvaihtokoneen asennuskustannus	4920 €
Putkiasennusten ja hankintojen kustannusarvio	3075 €
Sähkötöiden kustannus	9840 €
Automaatiotöiden kustannus	5535 €
<u>Ilmanvaihtokonehuoneen rakentamiskustannus</u>	<u>14760€</u>
Yhteensä	62483 €

5.3.2 Lämmönsiirrinjärjestelmä ECOTERM

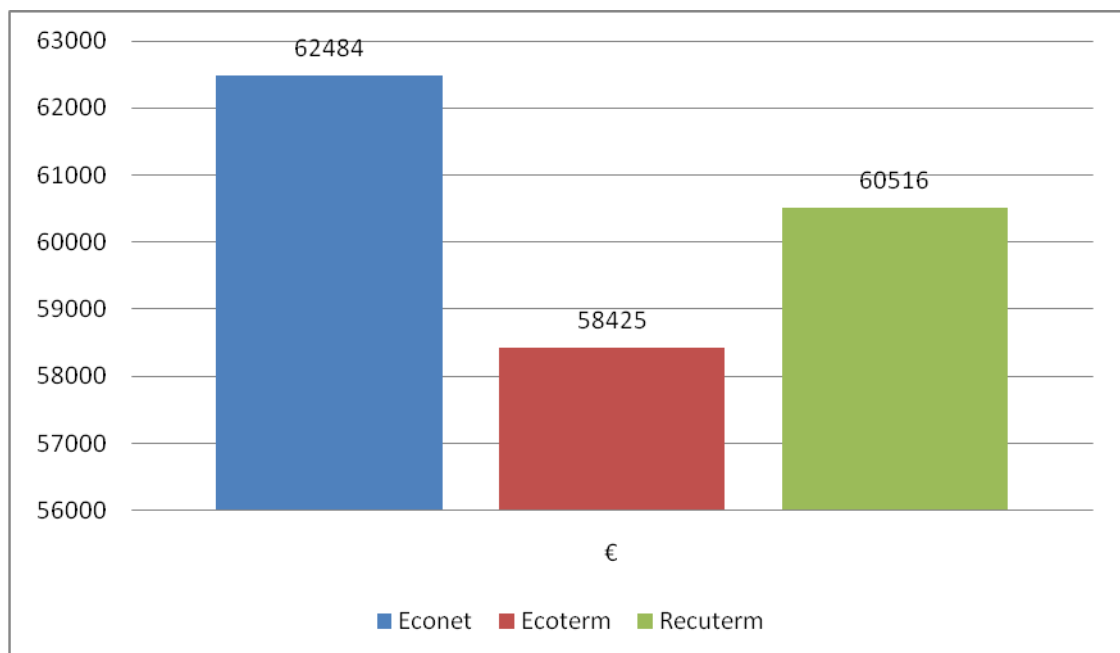
Ilmanvaihtokoneen hankinta kustannus	12300 €
Ilmanvaihtokoneen asennuskustannus	4920 €
Putkiasennusten asennuskustannus	9840 €
Sähkötöiden kustannus	9840 €
Automaatiotöiden kustannus	5535 €
<u>Ilmanvaihtokonehuoneen rakentamiskustannus</u>	<u>15990€</u>
Yhteensä	58425 €

5.3.3 Levylämmönsiirrin RECUTERM

Ilmanvaihtokoneen hankinta kustannus	12915 €
Ilmanvaihtokoneen asennuskustannus	5535 €
Putkiasennusten asennuskustannus	8610 €
Sähkötöiden kustannus	9225 €
Automaatiotöiden kustannus	5535 €
<u>Ilmanvaihtokonehuoneen rakentamiskustannus</u>	<u>18696€</u>
Yhteensä	60516 €

5.3.4 Ilmanvaihtokoneiden rakentamiskustannukset yhteenveto

Rakentamiskustannuksiin on huomioitu ilmanvaihtokoneen hankinta- ja asennuskustannukset sekä putki-, sähkö-, automaatio- ja ilmavaihtokonehuoneen rakentamiskustannukset. Rakentamiskustannukset perustuvat Kemi- Tornion alueen yleiseen hintatasoon.



KUVA 5. Rakentamiskustannusarviot eri lämmönsiirrinjärjestelmillä

Kuvasta 5 voidaan päätellä Ecotermin olevan rakentamiskustannuksiltaan halvin. Recuterm on 3.5 % ja Econet 6.5 % kalliimpi kuin halvin Ecoterm-järjestelmä.

5.4 Energia ja CO₂-laskelmat

Energia- ja LCC laskelmat on tehty valmistajien mitoitusohjelmilla. Mitoituspaikkakunta on Jyväskylä. /4./ Mitoituspaikkakunnan Jyväskylän vaikutus Kemissä sijaitsevaan rakennukseen on lämpöenergiankulutuskemien alhaisuus verrattuna Kemiin, koska sääolosuhteet Kemissä ovat kylmemmät.

Kaukolämpö- ja sähköenergian hinnat, CO₂ ja perusmaksut pohjautuvat Kemin energian tietoihin. /7/. Sähköenergian hinta on 0,13 €/kWh ja kaukolämpöenergian hinta on 0,06 €/kWh. CO₂ päästöt ovat seuraavan suuruiset, sähköntuotanto 172 g/kWh ja kaukolämpötuotanto 220 g/kWh.

5.4.1 Kaukolämmön perusmaksut

Taulukossa 10 on esitetty Kemin energian perusmaksun laskentaperusteet.

TAULUKKO 10 Kemin energian perusmaksun laskenta

Tilausvesivirta, V (m ³ /h)	Perusmaksu €/vuosi
0-2,0	$k * (200 + V * 2900) + \text{alv}$
2,0-8,0	$k * (3000 + V * 1500) + \text{alv}$

kerroin $k = 0,55$

Tilausvesivirta pyöristetään ylöspäin Kemin energian ohjeen mukaisesti siten, että tilausvesivirta on jaollinen 0,2:lla.

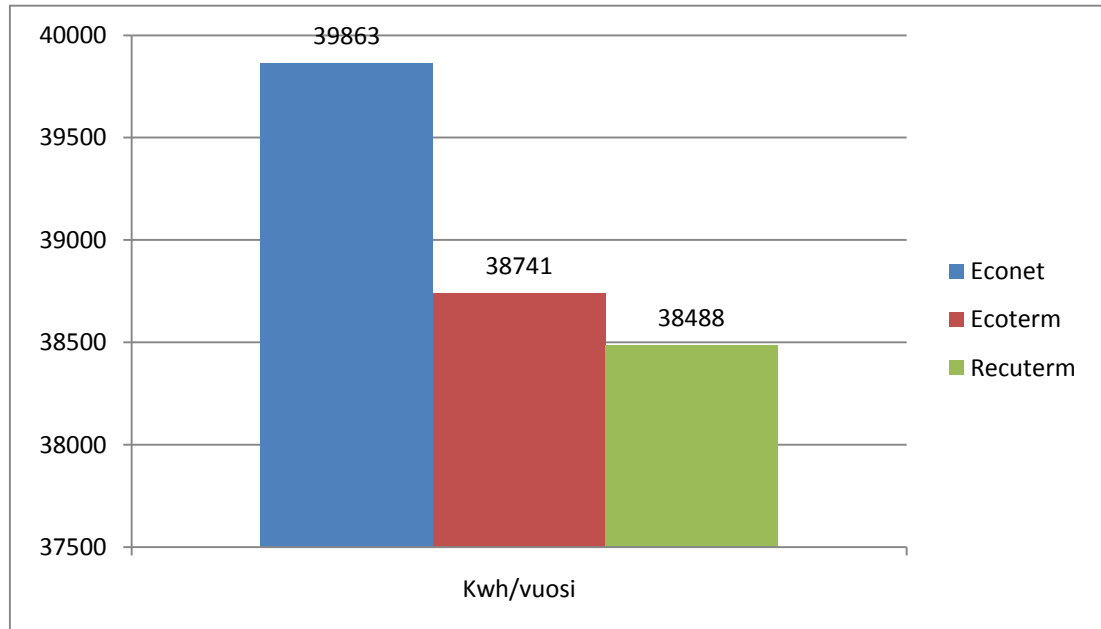
Econet tilausvesivirta on 2,0 m³/h

Ecoterm tilausvesivirta on 2,6 m³/h

Recuterm tilausvesivirta on 2,6 m³/h

5.4.2 Vertailu eri järjestelmien vuosikulutuksista

Kulutuksiin on huomioitu lämmitysenergian, puhallinsähkön ja pumppaussähkön kulutus yhden vuoden aikajaksolla.

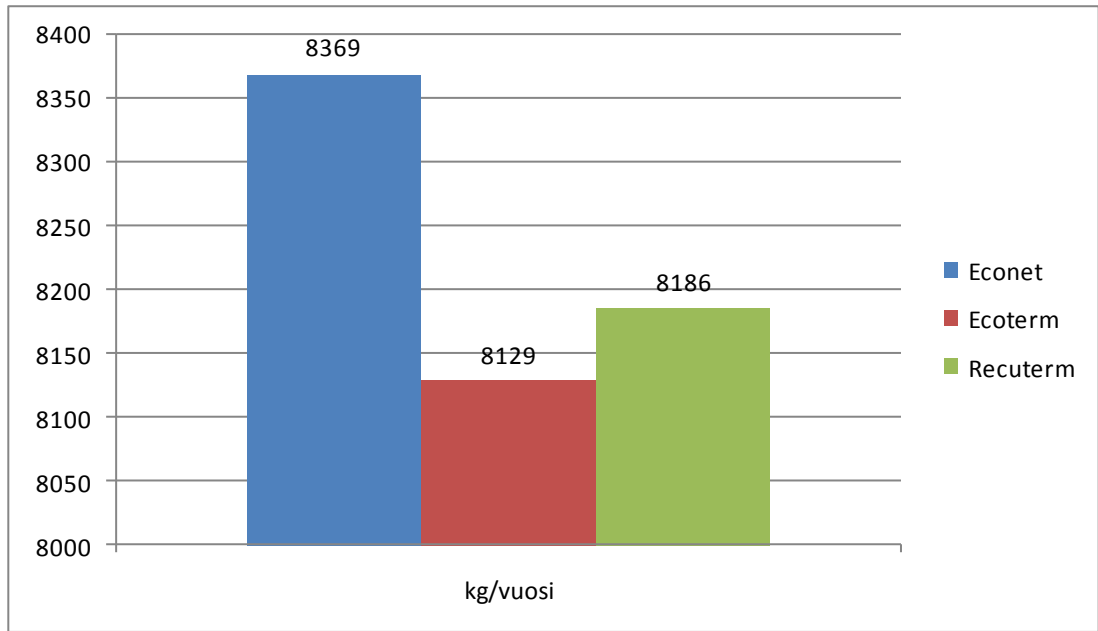


KUVA 6. Vuosikulutusten vertailu eri lämmönsiirrinjärjestelmillä

Recuterm ja Ecotermillä ovat pienimmät vuosikulutukset. Econetin vuosikulutus on 3.5 % suurempi kuin alhaisemman vuosikulutuksen omaavalla Recutermillä.

5.4.3 Vertailu eri järjestelmien CO₂-päästöistä

Päästöihin on huomioitu tarvittavan lämmitys- ja sähköenergian tuotannosta syntyvä CO₂ päästöt vuositasona.

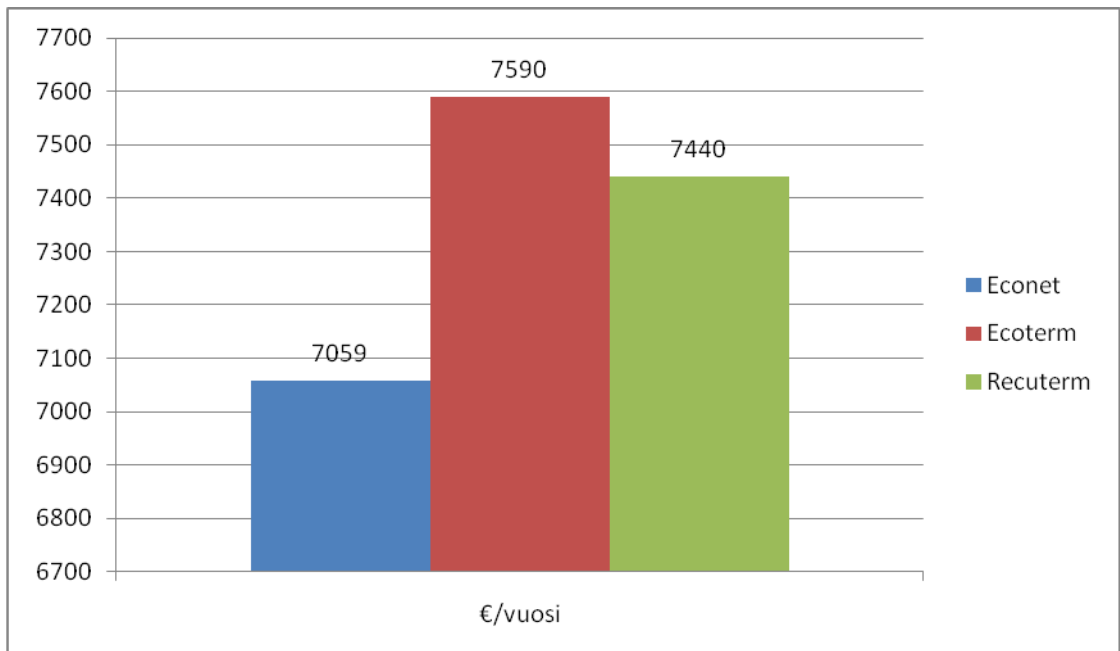


KUVA 7. CO₂-päästöjen vertailu eri lämmönsiirrinjärjestelmillä

Recutermiin ja Ecotermiin päästöt ovat vuositasolla suuruiset. Econetin päästöt ovat suurimmat johtuen suuremmasta energiankulutuksesta kuten kuvasta 7 ilmenee.

5.4.4 Vertailu eri järjestelmien käyttökustannuksista

Käyttökustannuksiin on huomioitu lämpö- ja sähköenergian hankintakustannus ja lisäksi kaukolämmön perusmaksu.



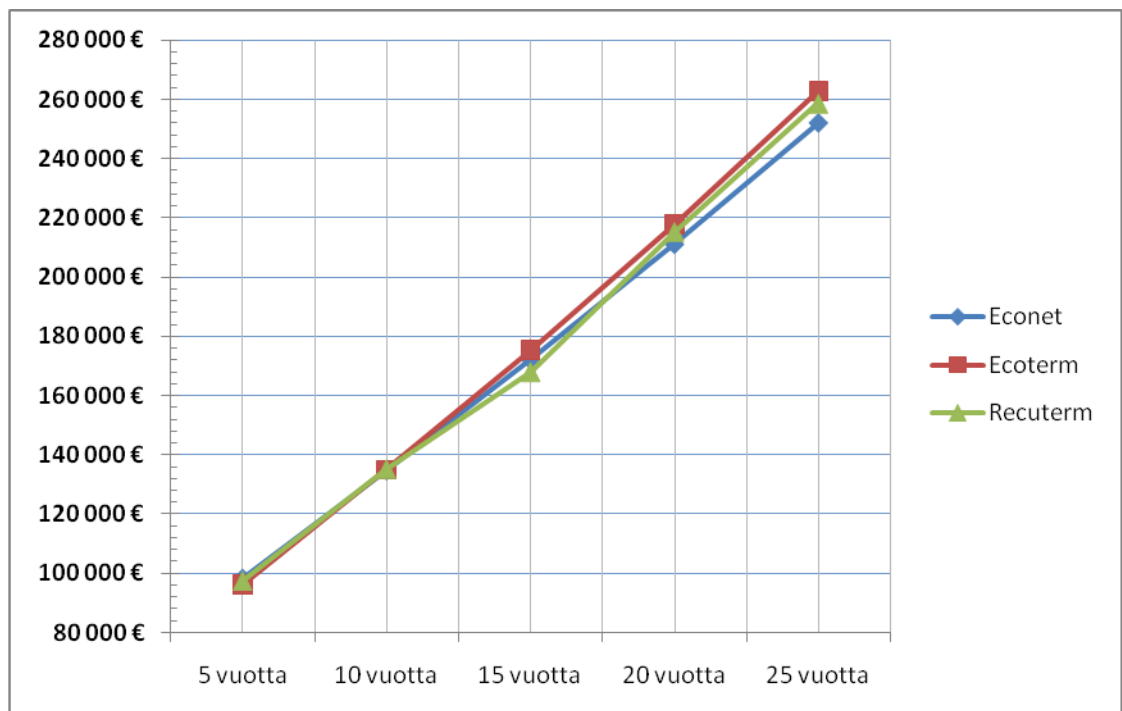
KUVA 8. Käyttökustannusten vertailu eri lämmönsiirrinjärjestelmillä

Käyttökustannuksiltaan Econet on edullisin käyttää. Ero kalleimman ja halvimman järjestelmän välillä on 7 %. Vuositasolla tämä tekee 531 €/vuosi.

5.5 Elinkaarilaskenta

Laskelmissa ilmanvaihtokoneiden elinkaarena on käytetty 25 vuotta. Energia- ja perusmaksujen hintojen nousukustannuksena on käytetty 2 % / vuosi ja reaalikorkona 5 %. Elinkaarilaskelmiin on otettu huomioon investointikustannus, energiakustannukset ja perusmaksu.

Alla olevasta kuvasta 9 käy selville, kuinka Econet-, Ecoterm- ja Recuterm-lämmön talteenottojärjestelmien kustannukset ovat lähes samat ensimmäiset 10 vuotta. Ilmanvaihtokoneiden elinkaaren lopussa, 25 vuoden kuluttua, ero edullisimman eli Econetin ja kalleimman eli Ecotermien välillä on 10600 euroa.



KUVA 9. Elinkaarivertailu

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä tekemiäni laskelmien pohjalta päädyn suosittamaan Asunto Oy Nahkurinkulman ilmastointisaneerauksen lämmönsiirrinjärjestelmäksi Econet-järjestelmää. Valinta pohjautuu käyttökustannuksiin, jotka Econetin kohdalla ovat edullisimmat (kuva 8). Halvimmat käyttökustannukset selittyvät sillä, että Econet-järjestelmässä on mahdollisuus käyttää patteriverkoston paluuvettä lisäenergian saantiin. Tämä mahdollisuus on nimenomaan hyödynnettävissä vanhoissa rakennuksissa, koska patteriverkostot on mitoitettu +80 - +60 mitoituksilämpötiloille. As Oy Nahkurinkulman ilmastointisaneerauksessa hyödynnetään tätä mahdollisuutta, jolloin saavutetaan kaukolämmön patteriverkoston parempi jäähtyvyys ja sitä kautta mahdollistetaan kaukolämpöverkoston tilausvesivirran pieneneminen. Tilausvesivirran alentaminen vaikuttaa vuosittaisen perusmaksun pienenemiseen ja näin pudottaa käyttökustannuksia.

Käyttökustannusten osalta voidaan pitää epävarmuustekijänä käyttöenergian hinnan nousua, joka voi pienentää Econet-järjestelmän kannattavuutta. Toisaalta arvioisin kuitenkin, että myös perusmaksun hinta nousee tulevaisuudessa, kun oletettavasti perusmaksuun liittyvät kiinteät kulut nousevat. Tällöin siis myös muiden järjestelmien käyttökustannukset nousevat. Elinkaarilaskennassa olen käyttänyt nousukustannuksena kahta prosenttia (2 %). Laskenta osoittaa Econet-järjestelmän olevan edullisin (kuva 9).

Myös urakkakilpailutus asettaa Econet-järjestelmälle haasteita, sillä tällä hetkellä ei muilla valmistajilla ole vastaavaa tuotetta. Kun urakoitsijalla ei ole mahdollisuutta vaihtaa tuotetta toisen valmistajan tuotteeseen, ei hintakilpailua pääse syntymään, joka voi johtaa laitteen hinnan kohtuuttomaan nousuun.

Vertailtaessa eri lämmönsiirrinjärjestelmien rakentamiskustannuksia huomataan, että Econet-järjestelmä hankintakustannus on melkein puolet kalliimpi kuin Ecoterm ja Recuterm. Hintaero kaventuu kuitenkin sillä, että Econet-järjestelmässä putkityöt tulevat edullisemmiksi. Edullisemmat putkityöt selittyvät Ecoterm- ja Recuterm-järjestelmien tarvitsemilla jälkilämmityspattereilla ja tähän liittyvillä kaukolämmön lämmönsiirtimillä sekä putkiverkoston rakentamisella. Ero kalleimman ja halvimman järjestelmän osalta on lopulta 4050 euroa.

Econet- ja Ecoterm-järjestelmien etuja Recuterm-järjestelmään verrattuna on se, että tulo- ja poistoilmakoneet voidaan sijoittaa erilleen, mikä antaa suunnittelussa eri vaihtoehtoja koneiden sijoitteluun rakennukseen. Myös ilmanvaihtokonehuoneen tilantarve on pienempi kuin Recuterm-järjestelmällä. Pienempi tilantarve pienentää rakentamiskustannuksia.

Kun tarkastellaan eri järjestelmien energiankulutuksia (kuva 6), huomataan, että Recuterm kuluttaa vähiten ja Econet eniten. Recuterm-järjestelmän pienemmät kulutusluvut johtuvat alhaisemmista puhallin- ja pumppaussähkön kulutuksista, jotka puolestaan johtuvat alhaisemmista ilmapuolen ja vesipuolen painehäviöistä. Jos katsotaan pelkästään lämmitysenergian kulutusta, huomataan, että Recuterm kuluttaa eniten. Tämä kuitenkin kompensoituu alhaisella sähkönkulutuksella niin, että Recuterm-järjestelmän kulutus kokonaisuudessaan on alhaisin.

Ympäristökuormituksen kannalta Ecoterm-järjestelmä on paras vaihtoehto (kuva 7). Tämä johtuu siitä, että Kemin energian sähköntuotanto on ympäristöystävällisempää kuin kaukolämmön tuotanto, koska sähkön tuotannossa syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin kaukolämmössä. Koska Ecoterm-järjestelmän kaukolämmön kulutus on pienin, hiilidioksidipäästöjen osuus kokonaispäästöosuudesta jää alhaiseksi. Tämä tekee Ecoterm-järjestelmän parhaaksi vaihtoehdoksi ympäristön kannalta.

Laskelmista huomataan, että sekä Econet-, Ecoterm- että Recuterm-järjestelmillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Tämänhetkisillä tiedoilla ja laskelmilla päädyn painottamaan käyttökustannusten edullisuutta niin, että suosittelen Econet-järjestelmää tarkoituksenmukaisimpana järjestelmänä Asunto Oy Nahkurinkulmaan.

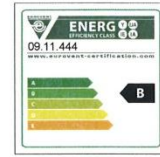
7 POHDINTAA

Opinnäytetyön teko oli haastava ja opettavainen prosessi. Eri lämmönsiirinjärjestelmien vertailu vaati sivukaupalla laskemista ja eri näkökulmien pohdintaa. Vertailujen pohjalta päädyn siihen, että Econet-lämmönsiirinjärjestelmä soveltuu parhaiten saaneerauskohteisiin, kun taas Ecoterm ja Recuterm ovat parhaimmillaan uudiskohteissa. Laskelmia ja johtopäätöksiä voin tulevaisuudessa käyttää hyväkseni omassa työssäni, kun esittelen rakennuttajille eri lämmönsiirinjärjestelmien ominaisuuksia ja soveltu-

vuuksia. Myös taloyhtiöiden hallituksen jäsenten kanssa on helpompi käydä keskustelua lämmönsiirtimen valinnasta, kun voin esitellä heille tekemiäni laskelmia. Vertailua tehdessäni yllätyin siitä, että Econet-lämmönsiirrinjärjestelmä kulutti enemmän energiaa kuin olin aiemmin ajatellut. Eri lämmönsiirrinjärjestelmät ovat vain pieni osa LVI-puolen tekniikkaa. Opinnäytetyön tekemisen myötä mielessäni heräsi kiinnostus tutkia myös esimerkiksi lämpöpumpputekniikkaan perustuvia lämmöntalteenottojärjestelmiä. Mielenkiintoista olisi tutkia myös valmistajien LCC-energialaskentaohjelmien paikkansapitävyyttä. Näissä voisi olla ainesta tulevien opiskelijoiden opinnäytetöiden aiheiksi.

LÄHTEET

1. Rakennutietosäätiö Oy, LVI-ohjekortti LVI 38-10454. 2010.
2. Seppänen, Olli. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy 2004
3. Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Anjalankoski: Solver palvelut Oy.1996.
4. Fläktwoods Oy. Yrityksen www-sivut. <http://www.flaktwoods.fi>. Luettu 13.3.2011.
5. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki; Ympäristöministeriö; Rakennetun ympäristön osasto.2010.
6. Grundfos Oy. Yrityksen www-sivut. <http://www.grundfos.fi>. Luettu 13.3.2011
7. Keminenergia Oy.Yrityksen www-sivut. <http://www.keminenergia.fi>. Luettu 13.3.2011.



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110316.1
AOC	ACON-00819764	
Kone	1 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH1	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 1
Asiakas		
Asiakkaan viite		
Oma viite	Petri	
Tuloilmavirta	0.75 m ³ /s	Poistoilmavirta 0.83 m ³ /s
Ulkoisen painehäviö	208 Pa	Ulkoisen painehäviö 208 Pa
Jännite	3 x 400, 50 Hz	Paino 882 kg
SFP _v	1.90 kW/m ³ /s	
Ilman tiheys	1.2 kg/m ³	Korkeus mpy 5 m

YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP (Pa)
Tuloilma:					
Peltiosa/liitäntäosa	2.6				3
Suodatin	2.1				117
Lämmönsiirrin	1.6		-38.0 / 19.2		159
Rakenneosia					0
Kammio puhallin		51.1	19.2 / 20.0	25.0 / 25.9	534
Äänenvaimennin	1.6				15
Poistoilma:					
Äänenvaimennin	1.8				12
Suodatin	2.3				126
Lämmönsiirrin	2.0		21.0 / 0.7		149
Rakenneosia					0
Kammio puhallin		49.8			547
Pelti	6.7				13

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	63	58	59	66	63	63	61	58	69
Tuloilmaliitäntä	52	55	42	41	42	50	53	54	58
Poistoilmaliitäntä	65	55	50	53	50	53	52	50	59
Jäteilmaliitäntä	58	68	70	76	77	77	75	73	83
Koneen vaipan läpi	61	56	53	53	47	54	50	38	58

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	6	4	4	4	4	4	4	7	4

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110316.1
AOC	ACON-00819764	
Kone	1 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH1	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 7

YLEINEN LASKENTAMALLI
ENERGIA- JA LCC-LASKENTA
KONE / JÄRJESTELMÄ

Kone

Koneen tyyppi	eQ, tulo/poistoilma
Konekoko	009
Tuloilma	0.75 m ³ /s
Poistoilma	0.83 m ³ /s
Lämmöntalteenotto	Nestekiertoinen lämmönsiirin ECONET
Hyötysuhde	62.1 %
SFP	1.8 kW/m ³ /s

SYÖTTÖTIEDOT**Ilmastotiedot**

Laskentapaikkakunta	Jyväskylä
Vuoden keskilämpötila	2.7 / 98.0 °C, %

Lämpötilat

	Talvi	Kesä
Haluttu tuloilma / kosteus	20.0 / 23.6	19.0 / 44.0 °C, %
Poistoilma lämpötila / kosteus	21.0 / 40.0	22.0 / 60.6 °C, %

Käyntiajat

Tunnit per päivä	24.0 h
Päivää per viikko	7
Käyttöaika vuodessa	8760 h
Ilmavirta	70 %
Kiertoilma	0 %

CO₂-päästöt

Lämmitys	220 g/kWh
Jäähdytys	422 g/kWh
Sähkö	172 g/kWh

Energiakustannus

	kWh-hinta
Lämmitys	0.06 EUR/kWh
Jäähdytys	0.60 EUR/kWh
Sähkö	0.13 EUR/kWh

TULOKSET**Lämmöntalteenotto vuosisitasolla**

Lämmön talteenotto	63420 kWh
Reheating recovery	0 kWh
Jäähdytyksen talteenotto	0 kWh
Lämpötilan nousu tulopuhaltimessa	2704 kWh

Energiankulutus vuosisitasolla

Lämmitys	31507 kWh
Jäähdytys	0 kWh
Tuloilmapuhallin	2853 kWh
Poistoilmapuhallin	3275 kWh



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

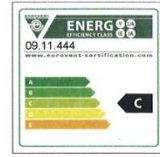
Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110316.1
AOC	ACON-00819764	
Kone	1 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH1	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 8

Vuosikustannus

Energia , Lämmitys	1890 EUR
Energia , Jäähdytys	0 EUR
Energia , Puhaltimien sähkö	821 EUR
Yhteensä	2712 EUR

Vuosittainen CO2 päästö

Lämmitys	6932 kg
Jäähdytys	0 kg
Tuloilmapuhallin	491 kg
Poistoilmapuhallin	563 kg
Yhteensä	7986 kg



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819765	
Kone	2 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH2	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 1
Asiakas		
Asiakkaan viite		
Oma viite	Petri	
Tuloilmavirta	0.75 m ³ /s Poistoilmavirta	0.83 m ³ /s
Ulkoisen painehäviö	208 Pa Ulkoisen painehäviö	208 Pa
Jännite	3 x 400, 50 Hz Paino	837 kg
SFP _v	1.84 kW/m ³ /s	
Ilman tiheys	1.2 kg/m ³ Korkeus mpy	5 m

YHTEEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP (Pa)
Tuloilma:					
Peltiosa/liitintäosa	2.6				3
Suodatin	2.1				117
Lämmönsiirrin	1.6		-38.0 / -17.1	25.0 / 23.9	96
Rakenneosaa					0
Ilmanlämmitin	2.1		-22.1 / 19.2		47
Rakenneosaa					0
Kammiopuhallin		50.8	19.2 / 20.0	23.9 / 24.7	524
Äänenvaimennin	1.6				15
Poistoilma:					
Äänenvaimennin	1.8				12
Suodatin	2.3				126
Lämmönsiirrin	2.0		21.0 / 0.4	23.0 / 24.0	112
Rakenneosaa					0
Rakenneosaa					0
Kammiopuhallin		48.6			510
Pelti	6.7				13

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	62	58	58	65	61	60	57	53	67
Tuloilmaliitäntä	52	55	42	41	42	50	53	54	58
Poistoilmaliitäntä	64	55	50	53	49	53	52	50	59
Jäteilmaliitäntä	58	68	70	76	77	77	75	73	83
Koneen vaipan läpi	61	56	53	53	47	54	50	38	58

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	6	4	4	4	4	4	4	7	4

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin



Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819765	
Kone	2 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH2	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 7

YLEINEN LASKENTAMALLI
ENERGIA- JA LCC-LASKENTA
KONE / JÄRJESTELMÄ

Kone		eQ, tulo/poistoilma
Koneen tyyppi		009
Konekoko		0.75 m ³ /s
Tuloilma		0.83 m ³ /s
Poistoilma		Nestekiertoinen lämmönsiirin ECOTERM
Lämmöntalteenotto		35.4 %
Hyötysuhde		1.8 kW/m ³ /s
SFP		

SYÖTTÖTIEDOT

Ilmastotiedot		Jyväskylä
Laskentapaikkakunta		2.7 / 98.0 °C, %
Vuoden keskilämpötila		

Lämpötilat	Talvi	Kesä
Haluttu tuloilma / kosteus	20.0 / 23.6	19.0 / 44.0 °C, %
Poistoilma lämpötila / kosteus	21.0 / 40.0	22.0 / 60.6 °C, %

Käyntiajat		
Tunnit per päivä		24.0 h
Päivää per viikko		7
Käyttöaika vuodessa		8760 h
Ilmavirta		70 %
Kiertoilma		0 %

CO₂-päästöt		
Lämmitys		220 g/kWh
Jäähdytys		422 g/kWh
Sähkö		172 g/kWh

Energiakustannus	kWh-hinta
Lämmitys	0.06 EUR/kWh
Jäähdytys	0.60 EUR/kWh
Sähkö	0.13 EUR/kWh

TULOKSET

Lämmöntalteenotto vuosisatasolla	
Lämmön talteenotto	64412 kWh
Reheating recovery	0 kWh
Jäähdytyksen talteenotto	143 kWh
Lämpötilan nousu tulopuhaltimessa	2668 kWh

Energiankulutus vuosisatasolla	
Lämmitys	30540 kWh
Jäähdytys	0 kWh
Tuloilmapuhallin	2815 kWh
Poistoilmapuhallin	3116 kWh



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819765	
Kone	2 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH2	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 8

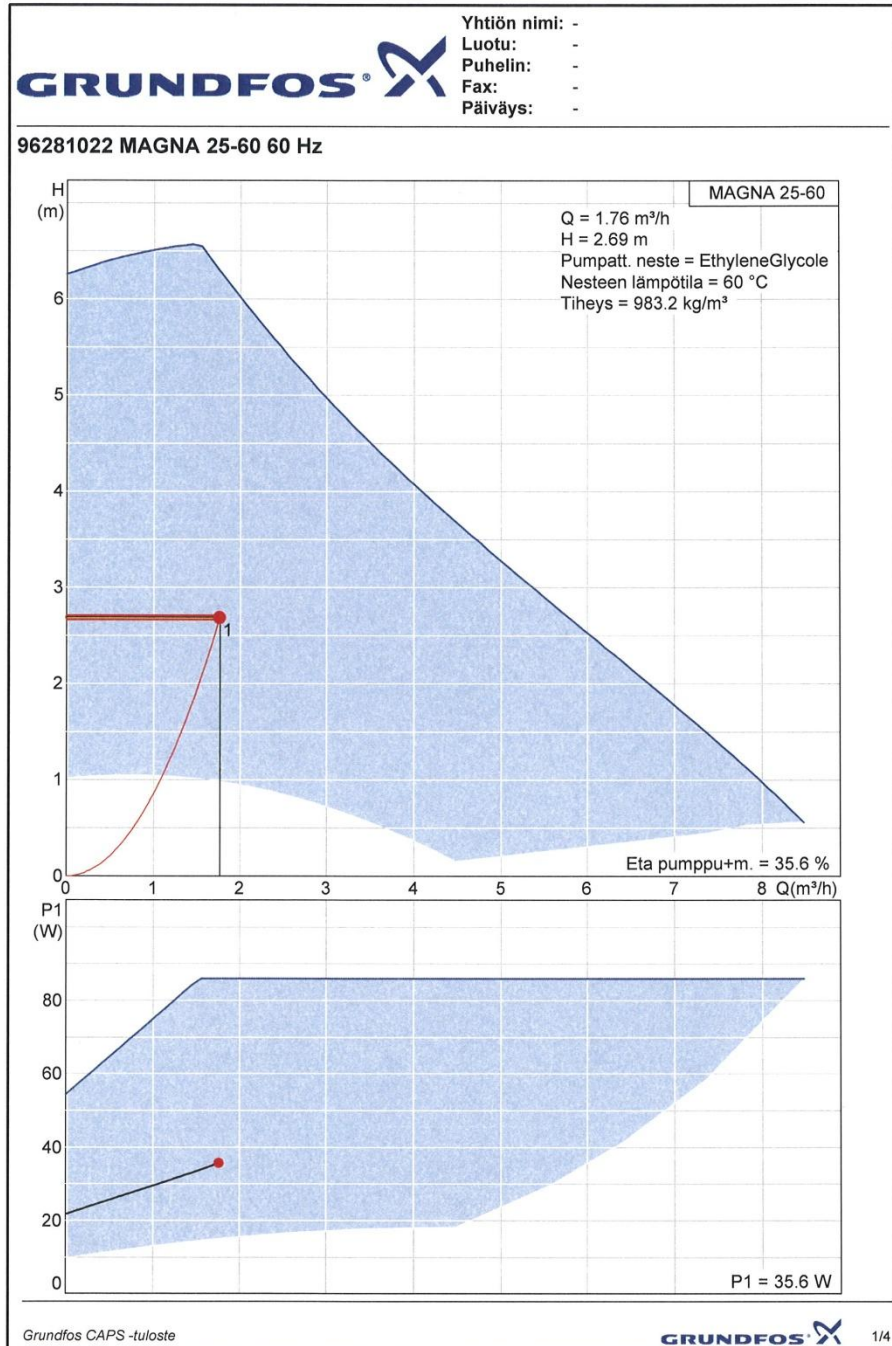
Vuosikustannus

Energia , Lämmitys	1832 EUR
Energia , Jäähdytys	0 EUR
Energia , Puhaltimien sähkö	795 EUR
Yhteensä	2627 EUR

Vuosittainen CO2 päästö

Lämmitys	6719 kg
Jäähdytys	0 kg
Tuloilmapuhallin	484 kg
Poistoilmapuhallin	536 kg
Yhteensä	7739 kg

Ecoterm-kiertovesipumpun PU3:n mitoitus





Ecoterm-kiertovesipumpun PU3:n mitoitus

GRUNDFOS®		Yhtiön nimi: -
		Luotu: -
		Puhelin: -
		Fax: -
		Päiväys: -
Kuvaus	Arvo	
Tuotteen nimi:	MAGNA 25-60	
Tuotenumero:	96281022	
EAN numero:	5700830268889	
Tekniset:		
Tod. laskettu virtaama:	1.76 m ³ /h	
Pumpun kehittämä paine:	2.69 m	
Suurin nostokorkeus:	60 dm	
TF luokka:	110	
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar	
Hyväksynnät nimikilvissä:	CE,TSE,PCT	
Materiaalit:		
Pumpun pesä:	Valurauta	
	EN-JL 1040	
	ASTM 35 B - 40 B	
	Komposiitti, PES	
	DIN W.-Nr. 1.4301	
Juoksupyörä:		
Asennus:		
Ympäristön lämpötila-alue:	0 .. 40 °C	
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar	
Putkiliitäntä:	G 1 1/2	
Asennusmitta:	180 mm	
Neste:		
Nesteen lämpötila-alue:	2 .. 95 °C	
Nesteen lämpötila:	60 °C	
Tiheys:	1000 kg/m ³	
Sähkö tiedot:		
Ottoteho - P1	10 .. 85 W	
Suurin virrankulutus:	0.09 .. 0.6 A	
Syöttötaajuus:	0 Hz	
Nimellisjännite:	1 x 230-240 V	
Suojausluokka (IEC 34-5):	X4D	
Eristysluokka (IEC 85):	F	
Säätimet:		
KytKentärasian asento:	3H	
Muut:		
Nettopaino:	4.22 kg	
Bruttopaino:	5.4 kg	
Energiamerkintä:	A	

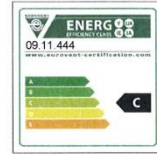
Ecoterm-kiertovesipumpun PU3:n mitoitus

GRUNDFOS®		Yhtiön nimi: -
		Luotu: -
		Puhelin: -
		Fax: -
		Päiväys: -
96281022 MAGNA 25-60 60 Hz		
Syöttötieto		Mitoitustulokset
Valitse sovellus	Ei	Malli MAGNA 25-60
Yhteenvetotila	Lämmitys	Määrä 1
Valitse sovellusalue	Asuinrakennukset	Moott.
Vaativuosi		Virtaama 1.76 m ³ /h (max. +42%)
Virtaus (Q)	1.76 m ³ /h	Nostokorkeus 2.69 m (max. +102%)
Nostokorkeus (H)	2.69 m	Min tulop. 0.16 bar (60 °C, ulkoilmaa vastaan)
Pumpattava neste	Etyleeniglykoli	Teho P1 0.036 kW
Pitoisuus	40 %	Eta aggregate 35.6 % =Eta pump * Eta motor
Min. nestelämpötila	5 °C	kokhyötysuh. 35.6 % =Eta toimpiste
Nesteen lämpötila käytön aikana	60 °C	Kulutus 234 kWh/Vuos
Maks. nesteen lämpötila	60 °C	CO2 päästöt 133 kg/Vuos
Min. tulopaine	1.5 bar	Hinta Pyynnöstä
Järjestelmä ja säätötila	2-putkijärjestelmä / muuttuva virtaus Vakio paine-ero IP20 105 %	Kok.kust. (1) /1Vuod.
Kotelointiluokka		
Maksimitaajuus		
Muokkaa kuormitusprofiilia		
Lämmityskausi	273 days	
Kulutusprofiili	Täyskuorma	
Kulutus Q1	100.0 %	
Kulutus Q1	1.8 m ³ /h	
Aika T1	6552 h/a	
Aika T2	0 h/a	
Aika T3	0 h/a	
Aika T4	0 h/a	
Aika T5	0 h/a	
Käyttöolosuhteet		
Taajuus	50 Hz	
Vaihe	1 or 3	
Min. tehonrajoitus Y/D käynnistyksessä	5.5 kW	
Jännite	1 x 230 tai 3 x 400 V	
Ympäristön lämpötila	20 °C	
Osumaluettelon asetukset		
Pumppuja tuoteryhmässä	2	
Maksimi tulosten määrä	8	
Arviointikriteeri	Hinta + energiakustannukse t	
Energian hinta	0.13 €	
Energian hinnannousu	0 %	
Laskentajakso	1 years	
Valitse lisäoptiot valitulle pumpulle		
Elinkaarikustannuksen laskenta	Kyllä	
Elinkaarikustannuksen laskenta		
Haluatko tehdä vertailun?	Ei vertailukohtaa	
Miten tarkkan elinkaarikustannusten analyysin haluat?	Yksinkertainen LCC-analyysi	
Energian hinnannousu	0 %	
Päästä imevä, pitkä kytkin		
Välikeytkimellä	Kyllä	
Juoksupyörän trimmi sallittu	Optimoitu	

Ecoterm-kiertovesipumpun PU3:n mitoitus

		Yhtiön nimi: -
		Luotu: -
		Puhelin: -
		Fax: -
		Päiväys: -
P2 ISO 5199:n mukaisesti		Ei
Kulutusprofiili		
	1	
Virtaama	100	%
Nostokorkeus	100	%
P1	0.036	kW
kokhyötysuh.	35.6	%
Aika	6552	h/Vuos
Kulutus	234	kWh/Vuos
Määrä	1	
Grundfos CAPS -tuloste		 4/4

Recuterm-koneajon yhteenveto



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819768	
Kone	3 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH3	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 1
Asiakas		
Asiakkaan viite		
Oma viite	Petri	
Tuloilmavirta	0.75 m³/s Poistoilmavirta	0.83 m³/s
Ulkoisen painehäviö	208 Pa Ulkoinen painehäviö	208 Pa
Jännite	3 x 400, 50 Hz Paino	912 kg
SFP _v	1.83 kW/m³/s	
Ilman tiheys	1.2 kg/m³ Korkeus mpy	5 m

YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP (Pa)
Tuloilma:					
Äänenvaimennin	1.6				10
Rakenneososa					0
Peltiosaliitintäosa	2.6				3
Suodatin	2.1				117
Lämmönsiirrin	1.8	59.5	-38.0 / -5.8		100
Ilmanlämmitin	2.2		-10.8 / 19.2		42
Rakenneososa					0
Kammio puhallin		51.0	19.2 / 20.0	25.0 / 25.9	531
Äänenvaimennin	1.6				15
Poistoilma:					
Suodatin	2.3				125
Lämmönsiirrin	2.2		21.0 / -0.2		110
Kammio puhallin		48.1			494
Pelti	6.6				13

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitintä	58	47	42	45	43	46	44	41	51
Tuloilmaliitintä	52	55	42	41	42	50	53	54	58
Poistoilmaliitintä	62	56	58	65	63	63	61	58	69
Jäteilmaliitintä	58	68	70	76	77	77	75	73	83
Koneen vaipan läpi	61	56	53	53	47	54	50	38	58

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	6	4	4	4	4	4	4	7	4

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin



Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819768	
Kone	3 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH3	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 7

YLEINEN LASKENTAMALLI
ENERGIA- JA LCC-LASKENTA
KONE / JÄRJESTELMÄ

Kone		
Koneen tyyppi		eQ, tulo/poistoilma
Konekoko		009
Tuloilma		0.75 m ³ /s
Poistoilma		0.83 m ³ /s
Lämmöntalteenotto		Levylämmönsiirin
Hyötysuhde		54.6 %
SFP		1.8 kW/m ³ /s

SYÖTTÖTIEDOT

Ilmastotiedot		
Laskentapaikkakunta		Jyväskylä
Vuoden keskilämpötila		2.7 / 98.0 °C, %

Lämpötilat	Talvi	Kesä
Haluttu tuloilma / kosteus	20.0 / 23.6	19.0 / 44.0 °C, %
Poistoilma lämpötila / kosteus	21.0 / 40.0	22.0 / 60.6 °C, %

Käyntiajat		
Tunnit per päivä		24.0 h
Päivää per viikko		7
Käyttöaika vuodessa		8760 h
Ilmavirta		70 %
Kiertoilma		0 %

CO₂-päästöt		
Lämmitys		220 g/kWh
Jäähdytys		422 g/kWh
Sähkö		172 g/kWh

Energiakustannus	kWh-hinta
Lämmitys	0.06 EUR/kWh
Jäähdytys	0.60 EUR/kWh
Sähkö	0.13 EUR/kWh

TULOKSET

Lämmöntalteenotto vuosisatasolla	
Lämmön talteenotto	62597 kWh
Reheating recovery	0 kWh
Jäähdytyksen talteenotto	0 kWh
Lämpötilan nousu tulopuhaltimessa	2668 kWh

Energiankulutus vuosisatasolla	
Lämmitys	32349 kWh
Jäähdytys	0 kWh
Tuloilmapuhallin	2815 kWh
Poistoilmapuhallin	3043 kWh



ILMANKÄSITTELYKONE eQ

Projekti	44 () / LOPPUTYÖ	2.2.110218.3
AOC	ACON-00819768	
Kone	3 (TK01) / TULO- JA POISTOKONE VH3	2011-04-03
Konekoko	009 / 0	Sivu 8

Vuosikustannus

Energia , Lämmitys	1941 EUR
Energia , Jäähdytys	0 EUR
Energia , Puhaltimien sähkö	785 EUR
Yhteensä	2726 EUR

Vuosittainen CO2 päästö

Lämmitys	7117 kg
Jäähdytys	0 kg
Tuloilmapuhallin	484 kg
Poistoilmapuhallin	523 kg
Yhteensä	8124 kg

Lämmön talteenottojärjestelmä ECONET

Energiakulutukset vuositasolla

Lämmitysenergian kulutus	31507 kWh/vuosi
Puhallinsähkön kulutus	6128 kWh/vuosi
<u>Pumppusähkön kulutus</u>	<u>2228 kWh/vuosi</u>
Yhteensä	39863 kWh/vuosi

CO₂ päästö vuositasolla

Lämmitysenergian päästöt	6932 kg/vuosi
Puhallinsähkön päästöt	1054 kg/vuosi
<u>Pumppusähkön päästöt</u>	<u>383 kg/vuosi</u>
Yhteensä	8369 kg/vuosi

Käyttökustannukset

Lämmitysenergian kustannus	1890 €/vuosi
Puhallinsähkön kustannus	821 €/vuosi
Pumppusähkön kulutus	289 €/vuosi
<u>Kaukolämmön perusmaksu</u>	<u>4059 €/vuosi</u>
Yhteensä	7059 €/vuosi

Lämmön talteenottojärjestelmä ECOTERM

Energiakulutukset vuositasolla

Lämmitysenergian kulutus	30540 kWh/vuosi
Puhallinsähkön kulutus	5931 kWh/vuosi
<u>Pumppusähkön kulutus</u>	<u>2270 kWh/vuosi</u>
Yhteensä	38741 kWh/vuosi

LIITE 5 (2).
Tuloksien yhteenveto

CO₂ päästö vuositasolla

Lämmitysenergian päästöt	6719 kg/vuosi
Puhallinsähkön päästöt	1020 kg/vuosi
<u>Pumppusähkön päästöt</u>	<u>390 kg/vuosi</u>
Yhteensä	8129 kg/vuosi

Käyttökustannukset

Lämmitysenergian kustannus	1832 €/vuosi
Puhallinsähkön kustannus	795 €/vuosi
Pumppusähkön kulutus	295 €/vuosi
<u>Kaukolämmön perusmaksu</u>	<u>4668 €/vuosi</u>
Yhteensä	7590 €/vuosi

Levyllämmönsiirrin RECUTERM

Energiakulutukset vuositasolla

Lämmitysenergian kulutus	32349 kWh/vuosi
Puhallinsähkön kulutus	5858 kWh/vuosi
<u>Pumppusähkön kulutus</u>	<u>281 kWh/vuosi</u>
Yhteensä	38488 kWh/vuosi

CO₂ päästö vuositasolla

Lämmitysenergian päästöt	7117 kg/vuosi
Puhallinsähkön päästöt	1007 kg/vuosi
<u>Pumppusähkön päästöt</u>	<u>48 kg/vuosi</u>
Yhteensä	8186 kg/vuosi

LIITE 5 (3).
Tuloksien yhteenveto

Käyttökustannukset

Lämmitysenergian kustannus	1941 €/vuosi
Puhallinsähkön kustannus	785 €/vuosi
Pumppusähkön kustannus	37 €/vuosi
<u>Kaukolämmön perusmaksu</u>	<u>4668 €/vuosi</u>
Yhteensä	7440 €/vuosi