



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# POISTOILMAN LÄMMÖN TALTEENOTON KEHITTÄMINEN VANHAAN KERROSTALOON

Case: Oppilastalo Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Eero Heinola

*EcoMill-ympäristötehokkuuspaja on ESR-rahoitteinen projekti, jossa tehdään yritysten ja organisaatioiden ympäristötehokkuutta parantavia suunnitelmia ja selvityksiä opiskelijatyönä opettajien ja muiden asiantuntijoiden valvonnassa. EcoMill-ympäristötehokkuuspajaa toteuttavat Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala ja Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun Lahden keskus (31.7.2013 saakka). Lisätietoja Ecomill-projektista löytyy osoitteesta: [www.lamk.fi/ecomill](http://www.lamk.fi/ecomill)*



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Lahti University of Applied Sciences

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

HEINOLA, EERO: Poistoilman lämmön  
talteenottojärjestelmän kehittäminen  
vanhaan kerrostaloon  
Case: Oppilastalo Oy

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 42 sivua, 13 liitesivua

Kevät 2014

## TIIVISTELMÄ

---

Vanhoissa rakennuksissa puhalletaan usein sisälämpöistä poistoilmaa rakennuksesta pois, vaikka poistettavan ilman lämmöntuottoon on käytetty energiaa ja sitä myöden myös rahaa. Näin tapahtuu erityisesti vanhemmissa kerrostaloissa, joissa ei ole nykyaikaista ilmanvaihtojärjestelmää. Kasvava trendi onkin varustaa nämä vanhat ilmanvaihtojärjestelmät poistoilman lämmön talteenotolla, jolloin poistettavasta ilmasta saadaan lämpöenergiaa talteen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää yksinkertainen ja halpa vaihtoehto markkinoilla oleville poistoilman lämmön talteenottojärjestelmille. Työn toimeksiantajana toimi Oppilastalo Oy.

Teoriaosuudessa perehdyttiin poistoilman lämmön talteenoton perusteisiin ja lainsäädäntöön. Lisäksi vertailun helpottamiseksi esiteltiin kaksi markkinoilla saatavilla olevaa poistoilman lämmön talteenottojärjestelmää. Käytännön osiossa suunniteltiin ja mitoitettiin yksinkertainen järjestelmä, ja näin saatiin selville, onko suunnitellussa järjestelmässä potentiaalia.

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että myös yksinkertainen poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä toimii, vaikka sillä ei saakaan yhtä paljon energiaa talteen kuin kaupallisilla järjestelmillä. Halvan hinnan vuoksi takaisinmaksuaika on kuitenkin merkittävästi lyhyempi, ja myös huoltokulut ovat pienemmät. Järjestelmän mahdollisimman korkean hyötysuhteen ja optimaalisen toimivuuden kannalta on erittäin tärkeää huoltaa ja pitää ilmanvaihtoputkisto ja -koneisto hyvässä kunnossa, jolloin realistiset huippuarvot lämpöenergian talteenotossa saavutetaan.

Asiasanat: lämpö, talteenotto, lämmön siirtyminen, energiansäästö

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

HEINOLA, EERO:

Developing a heat recovery system to an  
old block of flats  
Case: Oppilastalo Ltd

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 42 pages, 13 pages of  
appendices

Spring 2014

ABSTRACT

---

It is very common that the warm exhaust air of old buildings is simply released to the open air. This is an unnecessary waste of energy and money because the released air has already been heated once. There are a few commercial heat recovery systems on the market already, but only a small number of them are meant to be used in older blocks of flats. Heat recovery systems are one of the easiest ways to save money and heating energy. The commercial heat recovery systems are quite expensive and the payback time is several years.

The main purpose of this thesis was to design a simple and cheap heat recovery system and to compare that to commercial systems. The thesis was commissioned by Oppilastalo Ltd.

In the theory part of the thesis, heat recovery basics and legislation were explored. In addition, two commercial heat recovery systems were introduced to make it easier to compare the designed system to the commercial ones. After the theory part, the heat recovery system was designed and the potential of the system was investigated.

It was found out that the designed heat recovery system saves heating energy, though not as much as the commercial ones. However, the payback time is shorter because the whole system is relatively cheap and also the service costs are lower. It is very important to maintain the system regularly and to ensure that the ventilation is in good shape, because without proper maintenance the amount of saved energy could decrease. This is important for the efficiency coefficient to remain in high level. This is the only way to save heating energy as much as possible with a heat recovery system.

Key words: heat, recovery, heat transfer, energy saving, ventilation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPPILASTALO OY	2
3	LÄMMÖN TALTEENOTTO KERROSTALOISSA	3
3.1	Lämmön talteenoton perusteet	3
3.2	Lainsäädäntö	4
3.3	Markkinoilla olevia vanhoihin kerrostaloihin tarkoitettuja järjestelmiä	6
3.3.1	Thereco PTAET -sarja	6
3.3.2	Oy Pamon Ab Pilpit	7
4	OPPILASTALO OY MUKKULA	9
4.1	Huoltohistoria	9
4.2	Kulutuksen nykytilanne	10
5	KOHTEESEEN SUUNNITELTU LÄMMÖN TALTEENOTTOJÄRJESTELMÄ	11
5.1	Järjestelmän idea ja sijoitus	11
5.2	Järjestelmän toimintaperiaate	11
5.2.1	Poistoilman lämmönkeräin L1	12
5.2.2	Lämmönsiirtoputkisto ja pumppu P	14
5.2.3	Lämmönvaihdin L2	14
5.2.4	Paisuntasäiliö S1 ja painemittarit PI	15
5.2.5	Muut järjestelmän komponentit	16
6	POISTOILMAMÄÄRIEN MITTAUS KOHTEESTA	17
6.1	Mittauksen teoria	17
6.2	Mittaus kohteessa	17
7	JÄRJESTELMÄN MITOITUS JA KOMPONENTIT	21
7.1	Järjestelmän mitoitus	21
7.2	Komponenttien valinta	24
8	JÄRJESTELMÄN TALOUDELLINEN TARKASTELU	30
8.1	Rakentaminen ja asennus	30
8.2	Sähkönkulutus	31
8.3	Järjestelmästä saatava säästö	32
8.4	Takaisinmaksuaika	36

8.5	Vertailu markkinoilla olevaan järjestelmään	36
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	39
10	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	47

## KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

### Kreikkalaiset merkinnät

$\rho$	ilman tiheys
$\pi$	matemaattinen vakio

### Latinalaiset merkinnät

A	pinta-ala
c	ominaislämpökapasiteetti
d	halkaisija
$\Delta h$	lämpösisältöero
P	teho
$\Delta p$	paine-ero
q	ilmavirta
qr	tilavuusvirta
r	säde
s	matka
t	aika
$\Delta t_r$	lämpötilaero

# 1 JOHDANTO

Energian hinta nousee tänä päivänä jatkuvasti, joten on erittäin tärkeää kuluttaa sitä mahdollisimman vähän. Energian säästäminen vähentää ympäristökuormitusta, mutta myös parhaimmillaan säästää rahaa. Tässä kiteytyy myös kerrostalojen poistoilman lämmön talteenottojärjestelmien perimmäinen tarkoitus; säästää omistajan rahaa ja ympäröivää luontoa energiantuotannosta muodostuvien päästöjen vähenemisen seurauksena.

Poistoilma on noin huoneenlämpöistä ilmaa, jonka lämmittämiseksi on jo käytetty energiaa. Tämän vuoksi onkin harmillisen yleistä, että monissa kiinteistöissä kyseinen lämmin ilma puhalletaan ulkoilmaan ilmanvaihdon seurauksena. Poistoilman lämpöenergian hyödyntämisen puuttuminen korostuu sitä enemmän, mitä vanhempi kiinteistö on kyseessä. Ratkaisu on sinällään yksinkertainen, sillä kyseistä lämpöenergiaa voidaan ottaa talteen poistoilmasta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja mitoittaa järjestelmä, jonka avulla poistoilman lämpöenergiaa saadaan talteen halvalla ja yksinkertaisesti. Kohdekiinteistönä on Lahden Mukkulassa sijaitseva Oppilastalo Oy:n omistama 1970-luvulla rakennettu kerrostalo, jossa on koneellinen poistoilmanvaihto. Vanhassa kerrostalossa ilmanvaihto on yleensä toteutettu siten, että talossa on vain poistoilmanvaihto, mutta tuloilma otetaan esimerkiksi ikkunoiden karmeissa olevien korvausilmaventtiilien kautta sisälle taloon. Tämän takia ei ole mahdollista ohjata lämmintä poistoilmaa ja kylmää tuloilmaa ristiin, vaan poistoilmasta saatava lämpöenergia on hyödynnettävä muulla tavoin. Yleisin ratkaisu on siirtää talteenotettu lämpöenergia joko patteriverkoston tai talousveden tai molempien hyödyksi. Tässä opinnäytetyössä esiteltävässä järjestelmässä lämpöenergia johdetaan lämpimän talousveden esilämmittämiseen.



## 2 OPPILASTALO OY

Oppilastalo Oy on perustettu Lahdessa 11.9.1969. Yhtiö vuokraa, hallitsee ja rakennuttaa opiskelijoille opiskelija-asuntoja sekä vuokratiloja, jotka täyttävät niin laadulliset kuin sijainnilliset ja määrälliset nykypäivän vaatimukset. Yhtiö voi lisäksi harjoittaa kiinteistöissään isännöinti- ja huoltotoimintaa, mutta osaksi muut yritykset vastaavat isännöinti- ja huoltotoiminnasta. Nykyään Oppilastalo Oy kehittää enenevässä määrin myös ekologisia toimintatapoja kiinteistöissään. (Oppilastalo 2013a.)

Oppilastalo Oy omistaa yhteensä kymmenen kohdetta, joista yhdeksän sijaitsee Lahdessa ja yksi Asikkalan Vääksyssä. Ankkuri, Asemantausta, Fellmanni, Kisakylä, Kiveriö, Konduktööri, Mukkula, Möysä ja Paavola sijaitsevat Lahdessa. Asemantaustassa ja Kisakylässä olevat kiinteistöt ovat luhtikäytävällisiä asuinkerrostaloja, ja loput Lahden kohteet ovat perinteisiä kerrostaloja. Yhteensä asuntoja on noin 800 kappaletta. (Oppilastalo 2013b.)

Oppilastalo Oy omistaa niin uusia kuin vanhojakin kiinteistöjä. Uusin näistä on Konduktööri, joka on vasta muutaman vuoden vanha. Vanhin kiinteistöistä on Mukkula, jonka ensimmäinen osa on rakennettu 1970. Kiinteistöt ovat suurimmaksi osaksi hyvässä kunnossa, vaikka vaihtelua tietenkin esiintyy. Kiinteistöjen sähkö-, vesi- ja energiakulut ovat vertailuarvojen sisällä, joten suurempia puutteita missään kohteessa ei ole. Koska rakennus- ja ilmanvaihtotekniikka on edistynyt vuosien aikana paljon, eroavat talot toisistaan rakenteellisesti. Vanhalla kerrostalolla siis tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä ennen vuotta 1990 rakennettua kerrostaloa, jossa esimerkiksi ei ole minkäänlaisia poistoilman lämmön talteenottojärjestelmiä ennestään.

### 3 LÄMMÖN TALTEENOTTO KERROSTALOISSA

Vanhoissa kerrostaloissa tulo- ja poistoilma kulkeutuvat usein eri reittejä. On hyvin yleistä, että järjestelmässä on ainoastaan poistoilmapuhallin katolla, joka kerää yhteisesti koko talon poistettavan ilman koneellisesti tai sitten ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti. Korvausilma otetaan esimerkiksi ikkunoiden korvausilmaventtiileistä ja muista raitisilmaventtileistä.

Nykyisissä kerrostaloissa on usein huoneistokohtainen tuloilmakanavisto pelkän poiston sijaan. Poisto- ja tuloilman putket ovat usein vierekkäin katolla, jolloin perinteinen lämmön talteenotto levylämmönsiirtimellä tai pyörivällä lämmönsiirtimellä on toimivin ja helpoin vaihtoehto.

#### 3.1 Lämmön talteenoton perusteet

Rakennuksissa käytetään energiaa niin lämmittämiseen, jäähdyttämiseen kuin ilmanvaihtoonkin. Lämmön talteenottojärjestelmällä kerätään hyödynnettäväksi jo kerran tuotettua lämpöenergiaa, josta on siten maksettu. Lämmön talteenotto on keino, jonka avulla energiankulutusta saadaan laskettua. Tämän ansiosta myös asumiskulut pienevät, mikä on jokaiselle osapuolelle positiivinen asia. Hyödynnettävää lämpöenergiaa voidaan käyttää monella tavalla, yleisimmin joko tuloilman, patteriverkoston tai talousveden lämmittämisen osana. (Carbontrust 2014, 8 - 11.)

Lämmön talteenotto noudattaa termodynamiikan ensimmäistä pääsääntöä; energiaa ei voida luoda eikä hävittää, sitä voidaan ainoastaan kierrättää (Hautala, Peltonen 2009, 189). Rakennuksissa lämmön talteenotto tapahtuu yksinkertaisesti johtamalla poistoilma patterikennon lävitse. Jos talossa on poistoilmakanaviston rinnalla tuloilmakanavisto, voidaan kylmä ja lämmin ilma puhaltaa ristiin patterikennon lävitse, jolloin sisään menevä ilma lämpenee ja vastaavasti ulos puhallettava poistoilma viilenee. (Carbontrust 2014, 8 - 11.)

Vanhoissa kerrostaloissa on harvoin tuloilmakanavistoa, joten talteenotto tulee ratkaista muilla tavoin. Yleisin keino on asentaa katolle lämmöntalteenottoyksikkö, josta talteen saatu lämpöenergia siirtyy lämmönsiirtonesteen avulla putkea pitkin kohteen lämmönjakotilaan. Tämän

jälkeen neste kulkee lämpöpumpun lävitse, joka nostaa nesteestä saatavan energian lämpötilaa entisestään. Saatu energia siirretään joko käyttöveden lämmitykseen tai patteriverkostoon tai molempiin. (Senera 2014)

### 3.2 Lainsäädäntö

Suomen rakentamismääräyskokoelmat pitävät sisällään määräykset ja ohjeet jotka liittyvät rakentamiseen. Rakentamismääräyskokoelmien osa D2 käsittelee rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa, ja se on päivitetty viimeksi vuonna 2012.

Määräyksiä mukaan poistettava jäteilma on johdettava ulos niin, ettei siitä synny rakennuksille, sen käyttäjille tai ympäristölle terveydellistä haittaa. Ohjeistuksena kerrotaan, että yleensä jäteilma johdetaan rakennuksen korkeimman vesikaton yläpuolelle ja puhalletaan ylöspäin. Jäteilman johtaminen rakennuksesta perustuu poistoilmaluokitukseen, joka on esitelty taulukossa yksi. Lisäksi laite on suojattava ja sijoitettava niin, ettei ilmanvaihtojärjestelmään pääse tätä kautta lunta tai sadevettä haitallisessa määrin. Jotta ikäviltä yllätyksiltä vältytään, niin ilmanvaihtokammioihin ja kanaviin on tehtävä vedenpoisto. (Ympäristöministeriö 2012a, 12, 21.)

**TAULUKKO 1. Poistoilmaluokitus (Ympäristöministeriö 2012a, 12)**

<i>Poistoilma- luokka</i>	<i>Kuvaus ja käytön rajaus</i>	<i>Tilaesimerkki</i>
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä tai rakenteista. Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi.	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta.
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia. Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet

(jatkuu)

	siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus, prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirustuksien kopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat: - vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot, - pesuloiden likapyykkitilat. Autosuojat ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakointitilat sekä hotellitilat, joissa tupakointi on sallittu.

Kuten taulukosta yksi nähdään, normaalissa kerrostalossa on luokkien kaksi ja kolme poistoilmaa, josta osaa voitaisiin jopa käyttää uudelleen siirtoilmana talon wc-tiloissa, jos ilman uudelleenkäyttö olisi rakenteellisesti mahdollista. Ilman uudelleenkäyttö onnistuu kuitenkin vain taloissa, joissa on myös tuloilmakanavisto, jota ei yleensä vanhoissa kerrostaloissa ole. Järjestelmä on suunniteltava niin, etteivät epäpuhtaudet pysty leviämään haitallisissa määrin rakennuksessa ilmakehän tai ilmanvaihtolaitteiden kautta. Otettaessa lämpöä talteen luokan kaksi poistoilmasta suunnitellaan lämmöntalteenottolaitteen paineet siten, että vuotoilman virtaussuunta on pääosin tuloilmapuolelta poistoilmapuolelle. (Ympäristöministeriö 2012a, 12, 17.)

Energiankulutuksen kannalta löytyy myös lainsäädäntöä, mutta ne koskevat uudisrakentamista. Suuntaa antavina neuvoina näitä kannattaa kuitenkin käyttää myös vanhempien kohteiden remontoinnissa. Rakennuksen poistoilmasta on otettava lämpöä talteen vähintään 45 prosenttia siitä lämpömäärästä, jonka ilmanvaihdon lämmitys tarvitsee. Vastaavasti energiansäästö voidaan myös toteuttaa lämmöneristystä parantamalla, ilmanpitävyyttä parantamalla tai vähentämällä lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää muulla tavoin kuin

poistoilman lämmön talteenotolla. (Ympäristöministeriö 2012b, 15.) Eristyksen lisääminen ei vaikuta lämmön talteenottoon, mutta sen avulla saadaan pienennettyä tarvittavan lämpöenergian määrää. Vanhassa rakennuksessa on realistisesti ajateltuna vaikeaa päästä tällaisiin lukemiin, mutta luonnollisesti kaikki saatava säästö on parempaan päin.

Poistoilman lämmön talteenotosta voidaan luopua, jos voidaan osoittaa, ettei poistoilmasta ole saatavissa lämpöä talteen kustannustehokkaasti. Lisäksi poistoilman poikkeuksellinen likaisuus voi estää lämmön talteenoton. (Ympäristöministeriö 2012b, 16.)

### 3.3 Markkinoilla olevia vanhoihin kerrostaloihin tarkoitettuja järjestelmiä

Markkinoilta löytyy nykyään jo monta toimijaa, jotka ovat luoneet oman järjestelmämalliston juuri vanhoja kerrostaloja varten. Tässä työssä esitellään kaksi saatavilla olevaa järjestelmää, jotta lukija ymmärtää kaupallisten järjestelmien toimintaperiaatteiden erot tässä työssä suunniteltavaan järjestelmään verrattuna. Työssä suunniteltua järjestelmää verrataan kaupalliseen järjestelmään tarkemmin luvussa 8.5.

#### 3.3.1 Thereco PTAET -sarja

Therecon PTAET-malli on poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä, joka on suunniteltu vanhoja kerrostaloja silmällä pitäen. Laitteisto toimii suoraan höyrysteisesti, eli poistoilma kulkeutuu laitteessa olevan höyrystinpatterin läpi, jossa kylmäaine höyrystyy. Kohde ei tarvitse tuloilmakanavistoa, vaan lämpö otetaan talteen poistoilmasta lämpöpumpuilla. Lämmönkeräys tehdään katolla olevasta poistoilmakanavasta, minkä jälkeen lämpö siirretään lämmittämään sekä käyttö- että lämmitysvettä. Laitteisto toimii automaattisesti. Laitteiston asennus ei vaikuta talon asukkaiden elämiseen tai asumismukavuuteen. (Thereco 2013b.)

Valmiina oleva mallisto käsittää ilmamäärät 0,5 m<sup>3</sup>:stä/s 7,0 m<sup>3</sup>:iin/s. Ilmamäärästä riippuen lämmitystehoa syntyy kymmenestä kahteensataan kilowattia. Tarvittaessa myös isompia yksiköitä voidaan valmistaa. (Thereco 2013a.)

Kohteesta riippuen takaisinmaksuaika jää yleensä alle kymmeneen vuoteen, parhaimmillaan on mahdollista jopa neljän tai viiden vuoden takaisinmaksuaika. Keskiwertokerrostalossa säästöä syntyy arviolta noin 5 000 euroa vuodessa, tähän kuitenkin vaikuttaa kulloinenkin energian hinta. Järjestelmälle asennuksineen hintaa kertyy yleensä noin 50 000 – 70 000 euroa. Itse laitteiston osuus on urakasta noin puolet. Hintaan vaikuttaa asennuksen helppous ja nopeus, talosta riippuen. (Rakennuslehti 2011.) Mallisto käsittää monia kokovaihtoehtoja, joista oikea malli määräytyy tarvittavan ilmamäärän mukaan. Thereco PTAET -sarjan perusmallisto käsittää ilmamäärät 1,0 m<sup>3</sup>:stä/s 3,47 m<sup>3</sup>:iin/s, mutta myös isompia tehdään tilauksesta. Katolle sijoitettavan lämmönkeruuyksikön koko on mallista riippuen 3,5 - 7 kuutiometriä ja paino 475 - 800 kilogrammaa. (Thereco 2013c.)

### 3.3.2 Oy Pamon Ab Pilpit

Pilpit lämmöntalteenottojärjestelmä on suunniteltu kerrostaloihin sekä toimisto- ja liikekiinteistöihin. Järjestelmä on suunniteltu jälkiasennettavaksi vanhoihin kiinteistöihin, eikä kohteessa tarvitse olla tuloilmakanavistoa. Pilpit voidaan myös liittää osaksi hybridijärjestelmää, esimerkiksi aurinkokeräimien tai maalämmön kanssa. Pilpit eroaa muista erityisesti pyöreän patterielementin ansiosta, minkä seurauksena laite mahtuu pieneen tilaan. Patterielementin läpi ilmaa puhaltaa EC-tasavirtapuhallin. Järjestelmä on automatisoitu ja toimii itsenäisesti. Lämmönjakotilaan asennetaan järjestelmän osaksi lämpöpumppu, joka parantaa hyötysuhdetta ja nostaa talteen otetun lämpöenergian lämpötilaa, jolloin energian hyödyntäminen helpottuu. Tämän jälkeen se voidaan käyttää joko patteriverkoston tai käyttöveden lämmityksen hyötynä. (Pilpit 2013, 2 - 3.)

Mallisto käsittää ilmamäärät 0,4 m<sup>3</sup>:stä/s 2,0 m<sup>3</sup>:iin/s. Ilmamäärästä riippuen lämmitystehoa syntyy yhdeksästä 45:een kilowattia. Takaisinmaksuaika on yleensä noin 5 - 7 vuotta. Optimitalanteessa kaukolämmön tarve puolittuu, ja

säästöä aikaisempaan verrattuna syntyy noin 30 - 40 prosenttia. Suosituksena on, että kerrostalossa olisi vähintään 20 asuntoa, sillä pienemmissä hyötysuhde yleensä jää pienemmäksi ja takaisinmaksuaika kasvaa. Laite itsessään maksaa noin 10 000 euroa, mutta järjestelmä kokonaisuudessaan asennettuna noin 60 000 – 70 000 euroa. Hinta vaihtelee kohteesta ja asennuksen vaativuudesta johtuen. (Vihervaara 2013.)

Mallistossa on saatavilla niin katolle soveltuva ulkomalli kuin myös esimerkiksi kammiohuoneeseen soveltuva sisämalli. Pilpit ulkomalli vie tilaa noin 1,5 kuutiometriä ja painaa 314 kilogrammaa. Kammiohuoneeseen soveltuva sisämalli on muutamia kymmeniä senttejä matalampi kuin ulkomalli, mutta muuten samaa kokoluokkaa. Painoa on hieman vähemmän, 291 kilogrammaa. (Pilpit 2013, 4 - 5.)

## 4 OPPILASTALO OY MUKKULA

Oppilastalo Oy:n Mukkulalan kiinteistön tulevaisuus on tällä hetkellä epävarma, sillä tontti on Lahden kaupungin omistama ja alueelle on suunniteltu muuta käyttöä. Suunnitelmien toteutuminen on kuitenkin epävarmaa. Tämän vuoksi kohteeseen ei haluta investoida suuria summia, ja esimerkiksi markkinoilla olevat perinteiset poistoilman lämmön talteenottojärjestelmät ovat liian kalliita, kiinteistön epävarma tulevaisuus huomioon ottaen.

Mukkulan kiinteistö on vanhin Oppilastalo Oy:n omistama kerrostalokohde. Kiinteistöön kuuluu kolme rakennusta, joista ensimmäinen on valmistunut vuonna 1970, toinen 1980 ja kolmas 1981. Yhteensä kohteessa on 155 asuntoa. Tässä opinnäytetyössä kohteena on ensimmäisenä valmistunut Oppilastalo I, jota kutsutaan myös A-taloksi. A-talossa työn kohteeksi on valittu keskimmäinen porras, joka on kolmesta portaasta asuntomääräisesti suurin. Myös ilmamäärät ovat suuremmat, kuten myös siitä saatava energiamäärä. Kaikkien kolmen talon lämmönjakohuone sijaitsee A-talossa. A- ja B-talojen sekä B- ja C-talojen välissä kulkee putkikanaalit, joita pitkin lämpö ja vesi kulkevat. A-rakennuksessa on kolme asuinkerrosta ja pääosin maanalainen kellarikerros, jossa sijaitsee varasto-, sauna- ja pesutilat sekä tekniset tilat. Lisäksi kellarikerroksesta löytyy väestönsuojatilat. (Raksystems Anticimex 2013.)

Poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä voidaan järkevästi asentaa ainoastaan A-taloon, koska kaikkien kolmen talon lämmönjakolaitteistot sijaitsevat A-talon kellarikerroksessa. Jos kohteeksi olisi valittu B- tai C-talo, pitäisi lämmönsiirtoputkisto vetää esimerkiksi B-talon katolta aina A-talon kellariin asti. Tämä ei ole järkevää pitkän välimatkan vuoksi.

### 4.1 Huoltohistoria

Ritaniemenkatu 10:ssä Lahden Mukkulassa sijaitseva Oppilastalo I on valmistunut vuonna 1970. Talon bruttoala on 3.811,5 m<sup>2</sup>. Rakennus on ollut kesähotellina vuoteen 2006 saakka. Vesikaton bitumikate on uusittu vuonna 1987. Vuonna 1998 on suoritettu kohteen peruskorjaus ainakin sisäpuolen pintojen osalta ja porraskäytävät on huoltomaalattu 2011. Lämmönvaihdin on uusittu vuonna 2001.



Talon ilmanvaihtokanavistot on nuohottu vuonna 2007. Rakennuksen käyttövesiputket ja kylpyhuoneet 10 huonetta lukuun ottamatta on uusittu vuonna 2007. Lämpökanaali A- ja B-talojen välillä on uusittu vuonna 2010. (Raksystems Anticimex 2013.)

#### 4.2 Kulutuksen nykytilanne

Kaukolämmön kulutus on ollut vuosina 2010 - 2012 keskimäärin 50 kWh/rm<sup>3</sup>(sääkorjattu kulutus). KH-ohjekortin (KH-90-00314) mukaan vuosina 1960 – 1974 rakennetulle kerrostalolle tämä on hyvä tulos, sillä se sijoittuu annetun 53 – 76 kWh/rm<sup>3</sup> kulutusarvon alarajalle. KH-kortisto on tietopankki kiinteistönpidon ammattilaisille. (Raksystems Anticimex 2013.)

Sähkönkulutus on myös keskiarvoihin nähden matalaa. Vuosina 2010 – 2012 sähkönkulutus on ollut keskimäärin 12,40 kWh/m<sup>3</sup>/a. Verrattuna vastaavanikäisiin kerrostaloihin, sähkönkulutus on korkeaa (Tee parannus 2014).

Sähkönkulutukseen suunniteltava järjestelmä vaikuttaa vähäisesti. (Raksystems Anticimex 2013.)

## 5 KOHTEESEEN SUUNNITELTU LÄMMÖN TALTEENOTTOJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Järjestelmän idea ja sijoitus

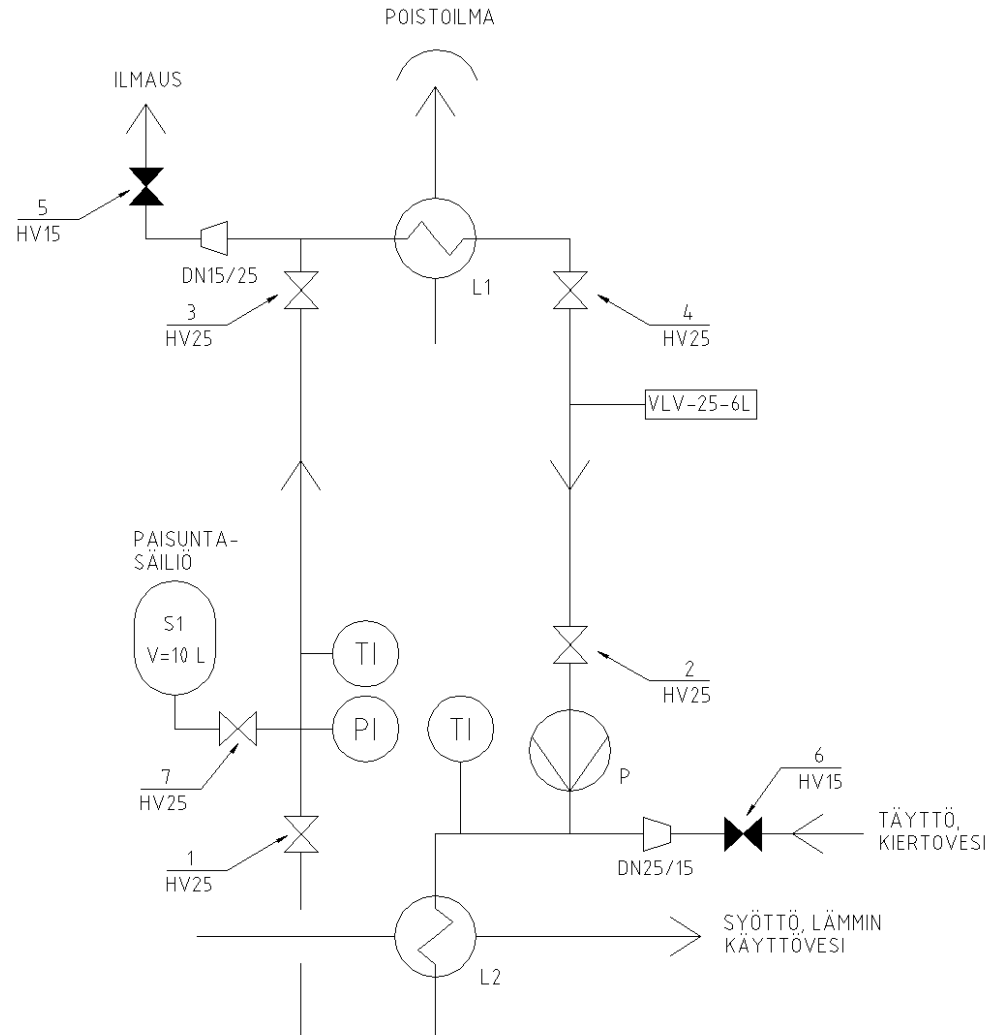
Keskeisenä ideana tässä opinnäytetyössä on suunnitella järjestelmä, jossa on lämpöenergian talteensaamiseksi välttämättömät komponentit. Yksinkertaisuus, toimintavarmuus ja alhainen hankintahinta ovat tärkeimmät kohdat, jotka tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Suunnitellun järjestelmän komponentteja sijoitetaan sekä kohdekiinteistön katolle että lämmönjakohuoneeseen. Lämmönjakohuoneessa järjestelmä valjastetaan esilämmittämään lämpimäksi talousvedeksi tulevaa kylmää vettä, joka on kylmimmillään noin  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  -asteista. Lahdessa talousvetenä käytetään pohjavettä, jonka lämpötila on ympäri vuoden noin  $+5 - +7\text{ }^{\circ}\text{C}$  -asteista (Tampereen Vesi 2014). Tavoitteena on siis vähentää kaukolämmönsiirtimen lämmitystehon tarvetta ja tämän kautta vähentää kaukolämmön tarvetta käyttöveden lämmittämisessä, jolloin myös kaukolämpökulut laskevat.

Talousveden lämmitys on yksinkertaisin tapa saada aikaan tehokkaan lämmönsiirron vaatima lämpötilaero. Mitä suurempi lämpötilaero on ulospuhallettavalla ilmalla ja kylmällä talousvedellä, sitä suurempi hyöty suunnitellusta järjestelmästä saadaan. Huonona puolena on lämpimän käyttöveden vaihteleva käyttö, mutta toisaalta kerrostalossa lämmintä talousvettä käytetään melkeinpä jatkuvasti. Suunnitellussa järjestelmässä talousveden lämmityksessä ei siis käytetä lainkaan lämpöpumppua, vaan talteenotto perustuu ainoastaan poistoilman ja talousveden lämpötilaeroon. Samasta syystä lämmön talteenottojärjestelmä ei tarvitse säätöä, koska ilman lämpöpumppua ei ole pelkoa esimerkiksi talousveden liian suuresta lämpötilan noususta, eli kiehumisesta.

### 5.2 Järjestelmän toimintaperiaate

Päätarkoituksena tässä työssä on pohtia, toimiiko todella yksinkertaistettu poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä kannattavasti. Idean taustalla ovat kaupalliset järjestelmät, mutta näistä pyritään karsimaan kaikki ylimääräinen pois, jolloin jää vain hyvin yksinkertainen talteenottojärjestelmä. Tärkeintä onkin

selvittää, syntyykö tällaisen pelkistetyn järjestelmän käyttämisellä säästöä nykytilanteeseen verrattuna. Seuraavassa kuviossa yksi esitellään kohteeseen suunniteltu poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä, minkä jälkeen järjestelmä käydään läpi seuraavissa luvuissa kohta kohdalta.



**KUVIO 1. Kohteeseen suunniteltu järjestelmä**

### 5.2.1 Poistoilman lämmönkeräin L1

Katolle sijoitetaan lämmönkeräin (L1), joka ottaa talteen lämpöä poistettavasta ilmasta. Keräimenä käytetään patterikennoa, joka sijoitetaan ilmastoinnin poistoputkeen, jolloin ulos puhallettava ilma kulkee kennon läpi. Keräimen ympärille täytyy tehdä kotelo, jotta lumi ja sadevesi eivät pääse jäädyttämään tai vahingoittamaan kennoa eikä ilmastointiin pääse tätä kautta kosteutta.

Kennon valinnassa täytyy ottaa huomioon sen ilman läpäisykyky sekä lämmön talteenottokapasiteetti. Oikealla läpäisykykyarvolla varmistetaan, että kenno päästää tarpeeksi ilmaa lävitseen. Jos läpäisykyky olisi liian pieni, se aiheuttaisi ilmastoinnille ongelmia suuren painehäviön muodossa. Lämmön talteenottokapasiteetin on oltava tarpeeksi suuri, jotta kaikki mahdollinen lämpöenergia poistettavasta ilmasta saadaan talteen. Kennon aiheuttaman painehäviön kompensoimiseksi tarvitaan mahdollisesti lisää puhallintehoa. Vaihtoehtona on vaihtaa vanhan puhaltimen tilalle uusi, jonka hankinnassa painehäviö on otettu huomioon, tai nostaa vanhan jo olemassa olevan puhaltimen tehoa tarvittava määrä, jos tämä on mahdollista.

Lämmön talteenottokennon lävitse kulkee rakennuksen poistoilma, joten ilmassa on epäpuhtauksia, jotka tulevat liikaamaan kennoa ja aiheuttamaan näin huoltotarvetta puhdistuksen muodossa. Jos puhdistusta ei tehdä säännöllisesti, järjestelmän hyötysuhde pienenee ja painehäviö suurenee. Kennossa mahdollisesti tapahtuva kondensio lisää osaltaan poistoilman epäpuhtauksien tarttumista kennon pinnoille. Suhteellisen pienen lämpötilaeron vuoksi kondensio on kuitenkin vähäistä.

Kennon likaantumista voidaan pienentää käyttämällä poistoilman suodatusta ennen kennoa. Suodatin on erittäin suositeltava, sillä muuten kennon puhdistuksessa saatetaan joutua käyttämään paineilmaa tai painepesua. Painepesua varten patterikenno joudutaan irrottamaan järjestelmästä. Suodatin on helpompi vaihtaa tai puhdistaa verrattuna patterikennon puhdistukseen. Suodattimena voisi käyttää karkeaa suodatinta, esimerkiksi DIN24185 mukaan luokan G3 suodatinta, joka poistaa 80 prosenttia hiukkasmassasta. Kuitenkin, koska nyt on tarkoitus suunnitella mahdollisimman yksinkertainen ja edullinen lämmön talteenottojärjestelmä, nämä jätetään huomioimatta, koska ne eivät ole järjestelmän toiminnalle pakollisia. Koska suodatin ei varsinaisesti kuulu lämmön talteenottojärjestelmään, ei tässä työssä kommentoida sitä, millainen suodattimen pitäisi olla. Kuitenkin, jotta järjestelmän aiheuttaman puhaltimen kasvava tehontarve voidaan arvioida, käytetään esimerkisuodattimena Venturin lämmönvaihtokennon suodatinta DF-K 560. (Ventur 2014.)

### 5.2.2 Lämmönsiirtoputkisto ja pumppu P

Koska niin kohdetalossa kuin vanhoissa kerrostaloissa yleensäkin ei ole tuloilmakanavistoa, täytyy poistoilmasta saatu lämpöenergia siirtää lämmönjakohuoneeseen, jotta talteenotettu lämpöenergia voidaan käyttää lämpimän käyttöveden hyödyksi. Kuten markkinoillakin olevissa ratkaisuissa, tehdään tämä vetämällä kaksi putkea katon kennolta lämmönjakohuoneeseen. Putket muodostava näin kehän, jossa lämmönkeruuneste kiertää hakien lämpöä katon patterikennolta ja tuoden sen lämmönvaihtimelle hyödynnettäväksi lämmönjakohuoneeseen. Kierto toteutetaan pumpun (P) avulla, joka kierrättää nestettä putkistossa. Lämmönkeruunesteenä käytetään 30 prosentista etyleeniglykoliliuosta lähinnä sen kohtuullisen hyvän lämpökapasiteetin ja hyvän pakkasenkestonsa vuoksi. Myös jokin muu tarkoitukseen sopiva neste käy.

Koska lämmönsiirtoliuoksessa liikkuvat melko matalat lämpötilat, lämpöhäviöt eivät ole kovinkaan suuria. Tämän johdosta noin 30 - 40 millimetrin eriste riittää suojaamaan putkia. Eristeiden lisäksi lämmönsiirtoputkistojen päälle tulee kuitenkin tehdä suojapellitys, sillä muuten linnut nokkivat eristeet hyvin nopeasti huonoon kuntoon. (Vihervaara 2014.) Paras vaihtoehto olisi kuitenkin saada putkisto kulkemaan sisätilassa, jolloin eristämisen tarvetta ei olisi kuin paluupuolella, kondensation estämiseksi. Putken sisätiloihin saamiseksi tulisi kuitenkin todennäköisesti tehdä läpivienti katon lävitse, jolloin vesivuodon riski suurenee, sillä kohdekiinteistön vesikatto on jo melko vanha.

### 5.2.3 Lämmönvaihdin L2

Lämmönjakohuoneeseen sijoitetaan levylämmönvaihdin (L2), joka siirtää lämmönsiirtoliuoksessa olevan lämmön käyttöveteen. Tarkoituksena on käyttää mahdollisimman yksinkertaista ristilevylämmönvaihdinta, jolloin myös sen toiminta on varmaa ja käyttö helppoa.

Prosessissa talteen saatava lämpö ohjataan pelkästään käyttöveden esilämmitykseen. Tämä sen vuoksi, että täten saadaan tehokkaalle lämmönsiirrolle tarpeellinen suuri lämpötilaero. Lisäksi talojen patterikierto on usein kesäisin kokonaan pois päältä, ja tällöin lämmöntalteenotosta ei olisi mitään hyötyä.

Lisäksi, kun saatava lämpö ohjataan vain yhteen käyttökohteeseen, on järjestelmä paljon yksinkertaisempi. Tällä tavoin saadaan myös järjestelmän hinta pienemmäksi ja käyttövarmuus paremmaksi. Käyttövettä kuluu kerrostalossa usein lähes vuorokauden ympäri, joten järjestelmä toimii tällöin parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Toisaalta, jos vettä ei käytetä esimerkiksi yöllä muutamaan tuntiin, ovat poistoilmasta saatavat lämpötilat kuitenkin niin pieniä, ettei vahinkoa pääse syntymään. Vaikka käyttövesi ehtisi esilämmitä teoreettiseen maksimiin, eli noin +20 °C -asteeseen, ei tästä syntyisi vaaratilannetta.

Käyttöveden esilämmittämisessä voisi lämpöä myös varastoida. Tällöin kierron osaksi lisättäisiin iso vesisäiliö ”lämpövarastoksi”. Tämä kuitenkin vaikuttaisi järjestelmän hyötysuhteen heikkenemiseen, sillä lämpötilaero olisi pienempi. Olisi myös mahdollista, että kun säiliössä oleva vesi ja järjestelmän lämmönsiirtoneste saavuttaisivat saman lämpötilan, alkaisi järjestelmä toimia osittain väärinpäin, lämmittäen nestettä lämmönvaihtimen luona. Säiliöstä aiheutuisi lisäkuluja ja sijoitus olisi hankalaa eristetyn säiliön suuren koon vuoksi. Lisäksi säiliön koon optimointi olisi todella vaikeaa, joten lämpimän veden varastointimahdollisuus jätetään tämän opinnäytetyön tarkastelun ulkopuolelle.

#### 5.2.4 Paisuntasäiliö S1 ja painemittarit PI

Jotta järjestelmä toimisi varmemmin, asennetaan lämmönsiirtoliuoksen kiertojärjestelmän yhteyteen paisuntasäiliö (S1). Paisuntasäiliö tarvitaan järjestelmään sen takia, että oikeasti tiivistä suljettua kiertoa ei ole todellisuudessa edes mahdollista tehdä, vaan pientä lämmönsiirtoliuoksen katoamista saattaa tapahtua. Paisuntasäiliön avulla siis luodaan putkistoon ylipaine, jota myös pumppu toimiakseen tarvitsee. Toiminnassa ollessaan järjestelmässä tapahtuu myös jonkin asteista lämpölaajenemista, jolloin paisuntasäiliö kompensoi mahdolliset nesteen määrän tai paineen vaihtelut, ja varmistaa näin järjestelmän toiminnan. Painemittarista nähdään kulloinenkin järjestelmän paine, jolloin tiedetään, onko kiertoveden määrä oikea.

### 5.2.5 Muut järjestelmän komponentit

Järjestelmässä tulee olla ilmausventtiili, jonka kautta saadaan lämmönsiirtoputkistosta ilma pois. Aivan kuin esimerkiksi asuntojen pattereissa tai auton jäähdyttimessä, on tässäkin erityisen tärkeää, ettei putkistossa ole yhtään ilmaa, vaan pelkästään kiertävää nestettä. Kuten aikaisemmassa mainittiin, putkistossa tulee olla ylipaine, jotta neste kiertää kunnolla ja ilmaaminen olisi mahdollista. Järjestelmässä tulee myös olla syöttöyhde, jotta putkistoon pystytään lisäämään nestettä. Lisäksi lämmönvaihtimen molemmille puolille asennetaan lämpömittarit, joista nähdään lämmönsiirtonesteen lämpötila ennen ja jälkeen lämmönvaihtimen. Näiden avulla nähdään, toimiiko järjestelmä oikein tai olisiko esimerkiksi kennon puhdistaminen ajankohtaista. Lisäksi järjestelmässä on lämmönkeruukennon ja lämmönvaihtimen molemmilla puolilla erotusventtiilit huoltotilanteiden varalle.

## 6 POISTOILMAMÄÄRIEN MITTAUS KOHTEESTA

### 6.1 Mittauksen teoria

Kohteen poistoilmamäärät selvitetään kahdella eri tavalla. Teoreettinen maksimi lasketaan D2-rakennusmääräyskokoelman vakioarvojen perusteella. Maksimi olisi todennäköisesti saatu selville myös kohteen alkuperäispiirustuksista, mutta kohteesta on saatavilla vain saneerauspiirustukset, joiden ilmanvaihtopiirustuksissa ei ole esitetty ilmamääriä. On kuitenkin normaalia, että ilmamääriä selvittäessä lasketaan ainoastaan pohjapiirustuksien ja D2-rakennusmääräyskokoelman arvojen avulla suuntaa antava arvo (Nyman 2014).

Lisäksi kohteessa mitataan muutamasta asunnosta poistoilmamäärät venttiileistä mittaamalla kertalukema. Muutaman asunnon arvoista lasketaan keskiarvot ja kerrotaan asuntojen määrällä, jolloin saadaan selville koko talon poistoilmamäärät. Mittalaitteena käytetään TSI Velocicalc 9555-P -mittaria. Lisäksi poistettavan ilman lämpötila mitataan, jotta pystytään selvittämään laskuissa tarvittava lämpötilaero. Kyseinen mittaus suoritetaan tavallisella digitaalisella lämpömittarilla poistoilmavirrasta.

Kumpikaan käytettävistä tekniikoista ei anna kovin tarkkaa lukemaa, mutta tärkeintä on selvittää maksimiarvot, sillä niiden mukaan järjestelmä mitoitetaan. Yleensä kerrostalohuoneistoissa poistoilmamäärän tulisi olla yhteensä noin 40 l/s. Huoneiston venttiileistä mitattaessa tulee ilmanvaihdon olla täydellä teholla. Laskettaessa vuorokautista ilmamäärää otetaan huomioon se, että ilmanvaihto on täydellä teholla kahdeksan tuntia ja puolella teholla 16 tuntia. Täyden tehon ilmanvaihto on ajoitettu niin sanottuihin ruuhka-aikoihin, jolloin kodeissa yleisesti esimerkiksi laitetaan ruokaa. (Nyman 2014.)

### 6.2 Mittaus kohteessa

Kohteessa mitattiin ilmamääriä torstaina 23.1.2013. Ennen mittausta tarkistettiin mittarin toimivuus ja sen antamien tulosten oikeellisuus. Ilmamäärät mitattiin kolmesta asunnosta eri puolilta kerrostaloa ja lisäksi muutamista kellaritiloista. Mittaus suoritettiin noin kello 11.30 – 12.30, jolloin ilmastointi on käynnissä



täydellä teholla. Ulkona oli noin  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  pakkasta. Huoneistoissa on kaksi poistoventtiiliä: toinen kylpyhuoneessa ja toinen avokeittiön liedon yläpuolella kaapistin takana. Asunnoissa ei ole liesituulettimia.

Poistoilman lämpötila mitattiin katolla sijaitsevasta puhaltimesta. Tulokseksi saatiin noin  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Koska mittaus tehtiin  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n pakkasella, on poistoilman lämpötila esimerkiksi kesällä luultavasti välillä  $+20 - +30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Laskuissa on käytetty kahta lämpötila-arvoa,  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , joiden oletetaan olevan pienin ja suurin poistoilman lämpötila.

Asunnot valittiin mittauksiin sattumanvaraisesti. Mittaustuloksien ilmamäärät ovat todella pieniä, sillä edes wc-paperin pala ei jäänyt yhdenkään asunnon venttiiliin kiinni merkkinä imusta. Huoneistoissa mitattiin vain kylpyhuoneiden ilmamäärät, sillä keittiön kaappien takana sijaitseva venttiili on niin vaikeassa paikassa, ettei mittari ylettänyt sinne. Kädellä kokeiltaessa vedon määrä tuntui suurin piirtein samalta kylpyhuoneiden venttiilien kanssa. Taulukossa kaksi on asuntojen kylpyhuoneiden mitatut ilmamäärät.

### TAULUKKO 3. Asuntojen mitatut ilmamäärät

<i>Asunto</i>	<i>Kylpyhuoneen venttiilin ilmamäärä, l/s</i>
205	1,0
221	1,1
320	-0,5

Kuten taulukosta kaksi voi huomata, on poistoilmamäärä todella pieni jokaisessa asunnossa. Asunnossa 320 venttiili jopa toimii väärään suuntaan, sillä putkesta tuntui kädellä kokeiltuna puhallus, ja mittari näytti negatiivista arvoa. Ohjearvo kylpyhuoneen poistoilmamäärälle D2-rakennusmääräyskokoelmassa on 15 l/s, joten mitatut arvot ovat aivan liian pieniä. Katon poistopuhallin kuitenkin puhalsi mittauspäivänä kohtuullisesti. Todennäköisesti heikko teho johtui kovasta pakkasesta, jonka takia invertteri vähentää automaattisesti poistoilman määrää. Kuitenkin, koska ilmastointiputkistoja ei ole pitkään aikaan nuohottu, voi myös huollon vähyys olla osasyynäinen heikkoon tehoon. Ennen mahdollista poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän asentamista onkin ensiarvoisen tärkeää huoltaa ilmanvaihtoputkistot. Koska mittaustulokset olivat huonoja, ei niiden pohjalta ole

järkevää laskea järjestelmän mitoitusta. Mitoitus tehdään D2-rakennusmääräyskokoelman ilmamääräarvojen pohjalta. Tällöin saadaan selville, kuinka paljon talon poistoilmamäärät olisivat silloin, kun putkistot ja ilmanvaihtolaitteistot olisivat kunnossa ja huollettuja.

Poistoilmamäärinä käytetään D2-rakennusmääräyskokoelman arvoja. Koska kohteesta saadut mittaustulokset ovat todella matalia, lasketaan järjestelmän koko mitoitus ja mahdolliset hyödyt vain näiden arvojen mukaan. Mitoitus tehdään maksimiarvojen pohjalta. Laskuissa ilmanvaihto on siis täydellä teholla.

**TAULUKKO 4. Asuinrakennuksien poistoilmamäärät (Ympäristöministeriö 2012a)**

<i>Tila / käyttötarkoitus</i>	<i>Poistoilmavirta, l/s</i>
Asuinhuoneet, Porrashuone, l/s	0,5/m <sup>2</sup>
Keittiö (A)	20
Kylpyhuone (B)	15
Askartelu-/kerhuhuone, talopesula	1/m <sup>2</sup>
Varastot	0,35/m <sup>2</sup>
Pesuhuone	3/m <sup>2</sup>
Sauna, pukuhuone, kuivaushuone	2/m <sup>2</sup>

Taulukossa kolme on esitetty ilmamäärien selvittämiseen tarvittavat poistoilmavirta-arvot. Koska keittiön venttiilissä ei ole liesituuletinta tai muuta asuntokohtaista säätöä, tulee venttiilissä olla jatkuvasti tehostettu 20 l/s poistoilmavirta (A). Vastaavasti koska kylpyhuoneessa ei ole asuntokohtaista säädintä, tulee poistoilmavirtamäärän olla jatkuvasti tehostetun arvon 15 l/s suuruinen (B).

Kohteena olevan A-talon keskiosassa on asuntoja yhteensä 42 kappaletta. Näistä 38 asuntoa on pinta-alaltaan 23 neliometriä ja loput neljä asuntoa 21,5 neliometriä. Lisäksi kellaritiloissa sijaitsee esimerkiksi kaksi saunaa pesutiloineen, kerhuhuoneita sekä wc-tiloja. Eri tilojen ja huoneistojen mitat on otettu kohteen pohjapiirroksista ja voivat jonkin verran erota todellisesta. Taulukon kolme ilmamääräarvojen ja huoneistojen pinta-alojen perusteella saadaan laskettua huoneistokohtaiset poistoilmamäärät. 23-neliöisen asunnon

poistoilmamääräksi saadaan näin 45 l/s, ja 21,5-neliöisen 44,3 l/s. Nämä osuvat melko lähelle sitä yleisarvoa, että yleensä yhdessä huoneistossa poistoilmamäärän tulisi olla noin 40 l/s (Nyman 2014). Asuinkerroksissa lasketaan lisäksi porraskäytävien ilmamäärät, minkä jälkeen saadaan joka kerroksen oma ilmamäärä selville.

Ensimmäisen kerroksen ilmamäärä eroaa hieman toisen ja kolmannen kerroksen ilmamäärästä, sillä ensimmäisessä kerroksessa on kaksi 21,5 neliömetrin asuntoa, kun taas toisessa ja kolmannessa kerroksessa niitä on vain yksi kerrosta kohden. Näin ollen ensimmäisen kerroksen kokonaisilmamääräksi saadaan 665,2 l/s ja toisen ja kolmannen kerroksen ilmamääräksi 665,9 l/s kerrosta kohden. Yhteensä asuinkerrosten poistoilmamäärä on siis 1997,1 l/s. Kellarikerroksen ilmamääräksi saadaan samalla periaatteella 407,5 l/s. Jos tämä lisätään asuinkerrosten kanssa yhteen, saadaan poistoilmamääräksi 2404,6 l/s. Tämä määrä toteutuu siis vain silloin, kun ilmanvaihto toimii täydellä teholla, noin kahdeksan tuntia päivässä. Mitoitus tulee kuitenkin tehdä näiden arvojen mukaan.

Talon piirustuksissa ei näy ilmanvaihtoputkien reittejä, eikä voida olla varmoja, mitkä tilat kuuluvat saman ilmanvaihtokoneen piiriin. Talon keskiosan katolla on yhteensä kolme poistopuhallinta, joista kaksi on pieniä. Kokonsa puolesta nämä voisivat todennäköisimmin olla kellarikerroksen erikoistilojen omia poistoja. Tällöin keskellä oleva muita suurempi ilmanvaihtokone vastaa ainakin asuintilojen ilmanvaihdosta. Mitoitus pyritään tekemään mahdollisimman todenmukaiseksi tälle suurelle ilmanvaihtokoneelle, joten mitoituksessa otetaan huomioon vain asuinkerrosten ilmamäärä eli 1997,1 litraa sekunnissa.

## 7 JÄRJESTELMÄN MITOITUS JA KOMPONENTIT

### 7.1 Järjestelmän mitoitus

Mitoituksen määrittely aloitetaan selvittämällä ilmamäärästä saatava mahdollinen teho. Kosteasta ilmasta saatavan tehon kaavasta yksi saadaan selville mahdollinen tehomäärä kilowatteina.

$$P = \rho * \Delta h * q \quad (\text{KAAVA 1})$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 * (24 - 11) \text{ kJ/kg} * 1,997 \text{ m}^3/\text{s} = 26,4 \text{ kW}$$

jossa

$\rho$  = ilman tiheys +20 °C:ssa, kosteusprosentti 40 % (vakio)

$\Delta h$  = lämpösisältöero (kostean ilman Mollier-käyrästä, liite 1)

$q$  = ilmavirta

Saadun tehon avulla voidaan selvittää kennossa ja lämmönsiirtoputkistossa virtaavan lämmönsiirtoliuoksen tilavuusvirta kaavalla kaksi.

$$q_r = P / \Delta t_r * c \quad (\text{KAAVA 2})$$

$$= 26,4 \text{ kW} / (16 - 5) \text{ °C} * 3,66 \text{ kJ/kg} = 0,6548 \text{ l/s}$$

jossa

$P$  = teho

$\Delta t_r$  = lämpötilaero, poistoilma ja taloon tuleva kylmä talousvesi

$c$  = vesi-etyleeniglykoliseoksen ominaislämpökapasiteetti

Virtauksen määrän selvittämisen jälkeen voidaan laskea kaavan kolme avulla kuinka suuri lämmönsiirtoliuoksen putken halkaisijan tulee olla.

$$q_r = A * v \quad (\text{KAAVA 3})$$

$$\Rightarrow \pi r^2 * v \Rightarrow r = \sqrt{\frac{qr}{\pi}} * v \Rightarrow d = \sqrt{\frac{0,000655 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi}} * 2 * 1 \text{ m/s} = 28,87 \text{ mm}$$

jossa

qr = tilavuusvirta

A = pinta-ala

v = virtausnopeus (tässä tapauksessa 1 m/s)

r = säde

d = halkaisija

Tuloksen perusteella putkena voidaan käyttää standardikokoista DN25-teräsputkea. Kyseisen putken ulkohalkaisija on 33,7 mm ja putken seinämän paksuus 3,25 mm. Tällöin siis putken sisähalkaisijaksi jää 30,45 mm joka riittää hyvin tarkoitukseen. (Taloon.com rautakauppa 2014b.) Talon piirustuksien pohjalta mitattuna lämmönsiirtoputkistoa tarvitaan noin 30 metriä.

Lämpöhäviöiden kannalta paras vaihtoehto olisi tietenkin vetää putket talon sisällä esimerkiksi IV-kuilua pitkin. Tällöin talon sisäpuolella olevaa menoputkea ei tarvitsisi eristää, mutta paluuputki kylläkin kondensation takia, sillä lämpötilat ovat lähellä sisälämpötilaa. Teoriassa sisälämpötilan vaikutus saattaisi ajoittain näkyä jopa lämmönsiirtoliuoksen lämpötilan nousuna, mutta muutos olisi kuitenkin hyvin pieni. Jotta putket saataisiin sisäpuolelle, jouduttaisiin ne viemään katon lävitse, ja vanhaan vesikatteeseen tehtävästä läpiviennistä saattaisi seurata tiivistysongelmia. Katon uusinnan aikaan tämä vaihtoehto kuitenkin kannattaisi ottaa huomioon.

Toinen vaihtoehto on viedä putket talon ulkoseinää pitkin alas. Tällöin putket eristetään noin 40 millimetrillä mineraalivillaa. Koska lämpötilat ovat melko matalia, syntyvä lämpöhäviö matkan aikana on hyvin pieni. Liitteessä kaksi on laskettu putkiston lämpöhäviö putken matkalla sen ollessa kokonaan talon ulkopuolella. Koska järjestelmän mitoitus perustuu osittain arvioihin, lämmönsiirtoputkiston lämpöhäviö jää virhemarginaaliin ja sitä ei oteta huomioon laskuissa.

Järjestelmä myös tarvitsee mahdollisesti erillisen puhaltimen patterikennon ilmanvastuksen vuoksi. Puhallinta harkittaessa tulee ensin tutkia voidaanko nykyisen poistoilmapuhaltimen tehoa lisätä tarvittava määrä. Tällöin uudelle puhaltimelle ei ole tarvetta.

Puhaltimen lisätehon tarve suodattimien kanssa voidaan selvittää kaavalla neljä. Kaavassa oleva hyötysuhde on jätetty huomioimatta, koska tilanteessa voidaan tulla toimeen vain nostamalla puhaltimen invertterillä säädettyä taajuutta. Laskettu teho vastaa tällöin teoreettista tehonlisäystä, jotta ilman tilavuusvirta säilyy samana kuin ennen järjestelmän asentamista. Tehoa ei ole korjattu todelliseksi tehonkulutukseksi koska nykyisen puhaltimen tuottokäyrää ei tunneta. Suomen standardisoimisliiton julkaiseman SFS käsikirjan mukaan puhaltimen suoritusarvoja laskettaessa voidaan ilman kokoonpuristuminen puhaltimessa jättää huomioimatta, jos painesuhde  $\pi \leq 1,03$ , jota vastaa  $p_t \approx 3$  kPa standarditiheydellä (Ilmastointitekniikka osa 1, 1992, 118).

$$P = qr * \Delta p \quad (\text{KAAVA 4})$$

jossa

$P =$  teho

$qr =$  tilavuusvirta

$\Delta p =$  paine-ero

Koska kennovaihtoehdoissa, jotka esitellään luvussa 7.2, ovat melko suuret erot painehäviöissä, lasketaan molemmille oma tehonsa.

$$\text{QJCD-kenno: } P = 2 \text{ m}^3/\text{s} * 336 \text{ Pa} = 672 \text{ W} \quad (\text{KAAVA 4})$$

$$\text{Puolella teholla: } P = 1 \text{ m}^3/\text{s} * 36 \text{ Pa} = 36 \text{ W}$$

$$\text{QLCM-kenno: } P = 2 \text{ m}^3/\text{s} * 112 \text{ Pa} = 224 \text{ W}$$

$$\text{Puolella teholla: } P = 1 \text{ m}^3/\text{s} * 98 \text{ Pa} = 98 \text{ W}$$

Lisää tehohäviötä syntyy, jos kanavistoon asennetaan suodatin. Tässä tapauksessa lasketaan myös suodattimen aiheuttama painehäviö, jossa esimerkisuodattimena

käytetään Ventur DF-K560 -mallia. Mahdollisuuksien mukaan suodatin voitaisiin asentaa talon vinttitilaan ennen poistopuhallinta. Suodattimesta aiheutuu ilmanvaihdon ollessa täydellä teholla noin 200 Pa:n painehäviö ja puolella teholla ollessa noin 100 Pa:n painehäviö. Painehäviöt on katsottu mallin DF-K 560 tuottokäyrästä. (Ventur 2014.)

Haluttaessa asentaa suodatin järjestelmään kuluttaa se lisää puhallintehoa seuraavasti:

$$\text{Täydellä teholla: } P = 2 \text{ m}^3/\text{s} * 200 \text{ Pa} = 400 \text{ W} \quad (\text{KAAVA 4})$$

$$\text{Puolella teholla: } P = 1 \text{ m}^3/\text{s} * 100 \text{ Pa} = 100 \text{ W}$$

## 7.2 Komponenttien valinta

Komponenttien valinta vaikuttaa järjestelmän hyötysuhteeseen ja tehoon merkittävästi. Koska järjestelmän on tarkoitus olla mahdollisimman halpa, tulee kaikkien komponenttien olla jo valmiiksi kaupallisessa tuotannossa. Esimerkiksi omilla mitoilla teetetty patterikenno maksaa monta kertaa enemmän kuin vakiomalli. Apuna mitoituksessa on käytetty Coiltechin Coils -kennopatterien valintaohjelmaa sekä Swepin SSP G7 -lämmönvaihtimien valintaohjelmaa (Coiltech 2014; Swep 2014a).

Komponenttien koko tulee myös huomioida. Jotta esimerkiksi katolta saatava teoreettinen maksimiteho, noin 26 kW, saataisiin talteen, kasvaa kennopatterin koko hyvin suureksi. Tällainen kenno ei ole kokonsa ja hintansa vuoksi järkevä valinta, sillä suuren kennon katolle sijoittaminen on hankalaa. Lisäksi kennon hinta ja sen kanava- ja suojarakennelmat tuovat lisäkustannuksia. Esimerkiksi Pilpit-lämmön talteenottojärjestelmässä tämä ongelma on ratkaistu lieriömäisellä kennolla (Pilpit 2013). Tällaisen yksittäiskappaleen teettäminen tulisi kuitenkin hyvin kalliiksi, eikä tällaisia kennoja löydy valmiina komponenttina hankittavaksi.

Tässä työssä suunniteltavan järjestelmän tulee olla yksinkertainen ja kohtuuhintainen. Tämän takia järjestelmään on valittu kompaktin kokoinen kennopatteri, joka on jo valmiiksi tuotannossa ja saatavilla. Coils-ohjelman avulla valittiin kaksi sopivinta kennopatteria Fläktwoodsien tarjonnasta.

Ensimmäinen vaihtoehto on kuviossa kaksi esitetty QJCD-400, pyöreä kanavapatteri, joka on mitoiltaan 400 x 400 millimetriä. Kennon painehäviö ilmalle on 320 - 340 Pa ja ilmannoisuus kennon läpi on noin 7,3 - 7,5 m/s. Kyseisellä kennopatterilla ei päästä huippulukemiin (taulukko 4), mutta sen koko ja valmis kotelointi vaikuttaa helppoon asentamiseen. Hintaa tällä mallilla on 1 238 euroa (Fläktwoods 2013, 69).



**KUVIO 2. QJCD-400 pyöreä kanavapatteri (Fläktwoods 2014, 21)**

**TAULUKKO 5. QJCD-400 -kennosta saatava teho**

	<i>50 % teho</i>		<i>100 % teho</i>		
	<i>1 m<sup>3</sup>/s</i>		<i>2 m<sup>3</sup>/s</i>		
	Talvi	Kesä	Talvi	Kesä	
Poistoilma, °C	16	26	Poistoilma, °C	16	26
Vesi sisään, °C	5	5	Vesi sisään, °C	5	5
Vesi ulos, °C	7,3	9,6	Vesi ulos, °C	8,3	11,5
Teho, kW	5,8	11,5	Teho, kW	7,7	15

Toinen valittu vaihtoehto on kuviossa kolme esitetty suurempi malli QLCM-090-080-04-22-18-F. Kyseisen patterin mitat ovat suuremmat, 1050 x 803 millimetriä, joten sen sijoittaminen katon poistopuhaltimen yhteyteen on vaikeampaa.

Kyseisen kokoinen patterikeno kuitenkin pystyisi hyödyntämään hyvin lähelle kaiken kennosta täydellä teholla saatavan noin 26 kilowatin tehon, kuten taulukosta viisi nähdään. Suurin ilman painehäviö on noin 110 – 115 Pa ja nopeus kennon läpi on noin 2,7 – 2,8 m/s. Nykyisen poistopuhaltimen ja kennopatterin



väliin tulee tehdä sovituskappale, jonka avulla poistettava ilma kulkee kennon kautta. Tälle kennopatterille tulisi myös tehdä kotelo erikseen. Hintaa tällä kennolla on noin 1300 euroa (liite 3).



**KUVIO 3. QLCM-kanavapatteri (Fläktwoods 2014, 95)**

**TAULUKKO 6. QLCM-kennosta saatava teho**

	<i>50 % teho</i>		<i>100 % teho</i>		
	<i>1 m<sup>3</sup>/s</i>		<i>2 m<sup>3</sup>/s</i>		
	Talvi	Kesä	Talvi	Kesä	
Poistoilma, °C	16	26	Poistoilma, °C	16	26
Vesi sisään, °C	5	5	Vesi sisään, °C	5	5
Vesi ulos, °C	8,7	13	Vesi ulos, °C	10,2	15,5
Teho, kW	9,3	20	Teho, kW	13,0	26,3

Kennon sijoituksessa tulee myös tutkia, onko mahdollista sijoittaa kennoa ennen poistopuhallinta esimerkiksi vintille. Tällöin ulko-olosuhteet eivät vaikuttaisi patterikennoon niin suuresti. Molempiin kennoihin kannattaa toteuttaa varmuuden vuoksi lauhteenpoisto. Jäätymisen estämiseksi lauhdeputki tulee viedä lämpimällä puolella viemäriin tai vaihtoehtoisesti järjestää sulanapito esimerkiksi sähkösaattokaapelilla.

Patterikennon ja lämmönsiirtimen välille asennettavan lämmönsiirtonesteputkiston toteutus tehdään jo aiemmin mainitulla standardikokoisella DN25-teräsputkella. Lisäksi putken ympärille asennetaan noin 40 millimetriä mineraalivillaa eristeeksi. Helpomman asennuksen johdosta putket vedetään talon ulkopintaa pitkin lämmönjakuhuoneen kohdalle, josta putki viedään sisään seinän lävitse. Hintaa putkella on 7,79 euroa metriltä (Taloon.com 2014b).

Eristeeksi on valittu Isoverin Tapelock KK-AL -sarjan putkieriste. Kyseessä on putkieriste, jonka sisäpinnassa on lasivillakouru, tämän jälkeen mineraalivillaeriste ja päällä alumiinilaminaatti. Mineraalivillan eristeen paksuus on 40 millimetriä, jolloin lämpöhäviöt jäävät todella pieniksi. Hintaa eristeellä on noin 5,57 euroa metriltä. (Isover 2014, 10.)

Putkiston nestettä kierrättäväksi pumpuksi valikoitui kuvion neljä Grundfos Alpha2 25–60 180. Pumpuksi kävisi oikeastaan mikä tahansa perusmallinen kiertovesipumppu, jonka teho riittää vaadittuun virtaukseen. Valittu Grundfos on erittäin yleinen merkki, ja sen toiminta on hyvin varmaa. Grundfos on myös jo valmiiksi tuttu erittäin monelle asentajalle ja putkimiehelle, joten asennus ei tuota ongelmia. Lisäksi huollot ja varaosat ovat helposti saatavilla. Hintaa tällä pumpulla on 265 euroa (Taloon.com 2014a).



**KUVIO 4. Grundfos Alpha2 25–60 180 (Nn-energy 2014)**

Lämmönvaihtimen valinnassa on käytetty Swep SSP G7 -ohjelmaa, jonka avulla ehdotettu vaihdin on valittu. Molemmilla kennoilla parhaat arvot antaa Swep B28x31/3p -malli. Lämmönvaihdin on nähtävissä kuviossa viisi. B28-sarja on suunniteltu erityisesti yksivaihesovelluksiin, ja se on räätälöity kattamaan esimerkiksi patteripiirien ja käyttöveden lämmitysovellusten kapasiteetit ja määritykset laajalla alueella (Swep 2014b). Hintaa B28 31/3p-mallilla on noin 260 euroa (liite 3).



**KUVIO 5. Swep B28 (Swep 2014b)**

Taulukoista kuusi ja seitsemän nähdään kennoista saatavan hyödyn ero. Taulukossa kuusi on pienempi QJCD-kenno ja taulukossa seitsemän suurempi QLCM-kenno. Kennojen kokoeron seuraukset konkretisoituvat parhaiten tässä. Taulukot kertovat, kuinka paljon lämmönvaihdin saa tulevaa talousvettä esilämmitettyä. Molemmilla kennovaihtoehdoilla on erikseen laskettu ilmaston puoliteho ja täysiteho. Punaisella kursivoidulla merkityt lukemat ovat lämpötiloja, joihin kylmän veden pitäisi laskelmien perusteella nousta ennen menoaan käyttöveden kaukolämmönsiirtimelle. Talousveden tilavuusvirta Swepin SSP G7 -ohjelman mukaan on keskimäärin noin 1 l/s, liitteessä neljä nähdään tarkat arvot. Kyseinen tilavuusvirta vastaa noin kymmentä pesuallashanaa yhtäaikaisesti päällä (Oras 2014, 22). Hyöty olisi siis monia asteita, ja tämä alkaisi jo näkyä lämmityskuluissakin. Liitteessä neljä on nähtävillä Fläktwoods Coils- ja Swep SSP G7 -ohjelmista saadut tulokset.

**TAULUKKO 7. Lämmönvaihdin B28x31/3p QJCD-kennon kanssa**

	<i>50 % teho</i>		<i>1 m<sup>3</sup>/s</i>	<i>100 % teho</i>		<i>2 m<sup>3</sup>/s</i>
<b>MAX</b>			<b>MAX</b>			
Teho, kW	11,50			Teho, kW	15,00	
	Meno	Paluu		Meno	Paluu	
Sisään, °C	9,60	5,00		Sisään, °C	11,50	5,00
Ulos, °C	6,00	<b>8,49</b>		Ulos, °C	6,00	<b>9,51</b>
<b>MIN</b>			<b>MIN</b>			
Teho, kW	5,80			Teho, kW	7,70	
	Meno	Paluu		Meno	Paluu	
Sisään, °C	7,30	5,00		Sisään, °C	8,30	5,00
Ulos, °C	6,00	<b>7,09</b>		Ulos, °C	6,00	<b>7,79</b>

**TAULUKKO 8. Lämmönvaihdin B28x31/3p QLCM-kennon kanssa**

	<i>50 % teho</i>		<i>1 m<sup>3</sup>/s</i>	<i>100 % teho</i>		<i>2 m<sup>3</sup>/s</i>
<b>MAX</b>			<b>MAX</b>			
Teho, kW	20,00			Teho, kW	26,30	
	Meno	Paluu		Meno	Paluu	
Sisään, °C	13,00	5,00		Sisään, °C	15,50	5,00
Ulos, °C	6,00	<b>10,05</b>		Ulos, °C	6,00	<b>11,01</b>
<b>MIN</b>			<b>MIN</b>			
Teho, kW	9,30			Teho, kW	13,00	
	Meno	Paluu		Meno	Paluu	
Sisään, °C	8,70	5,00		Sisään, °C	10,20	5,00
Ulos, °C	6,00	<b>8,00</b>		Ulos, °C	6,00	<b>8,80</b>

## 8 JÄRJESTELMÄN TALOUDELLINEN TARKASTELU

### 8.1 Rakentaminen ja asennus

Komponenttien ja asentamisen hinnat ovat esillä taulukossa kahdeksan.

Komponenttien hinnat ovat listahintoja valmistajilta. Asennuksen hintaa on vaikeaa arvioida, sillä työn hintaan vaikuttaa aina työn tilaaja ja tekijä. Todellinen järjestelmän hinta siis saattaa poiketa tässä esitellystä arviosta, mutta tärkeintä tässä työssä onkin saada selville järjestelmän hintataso.

#### TAULUKKO 9. Komponenttien ja asennuksen hinnat

<i>Komponentti</i>	<i>Hinta, €</i>
Patteri, Fläktwoods QLCM 1050 x 803	1300*
Patteri, Fläktwoods QJCD-400 x 400	1238
Pumppu, Grundfos Alpha2	265
Lämmönvaihdin, Swep B28x31/3p	260*
Teräsputki, 30m	234
lämmönsiirtoputken eriste, Isover	173*
Tapelock KK-AL	
Paisuntasäiliö & putkistovarusteet	350
Lämmönsiirtoneste n. 60 - 80 l (30 % etyleeniglykoli, 70 % vesi)	150
Asennustyö, 60 h	2100

\* = nettohinta

Järjestelmän kokonaishinta määräytyy kennovalinnan perusteella. Suuremmalla QLCM-patterikennolla hintaa asennuksineen kertyy 4832 euroa. Asennustyön hinta-arviossa on mukana kotelon valmistaminen patterikennolle, joka kustantaa arviolta muutaman sata euroa. Koska Oppilastalo Oy tekee yhteistyötä opiskelijoiden kanssa, olisi esimerkiksi koteloiden tekeminen oppilastyönä harkitseminen arvoista. Pienemmällä QJCD-patterikennolla varustetun järjestelmän hinta on noin 4770 euroa.

Hintoihin ei ole laskettu mukaan mahdollista lisäpuhallinta patterikennolle, sillä kuten aiemmin mainittiin, puhaltimen valinta on rajattu tästä työstä pois.

Ensisijaisena vaihtoehtona on käyttää nykyistä puhallinta, jos sen kierroslukua voidaan muuttaa tarpeeksi.

## 8.2 Sähkönkulutus

Suunnitellussa järjestelmässä on hyvin vähän energiaa kuluttavia osia. Ainoastaan pumppu sekä vaadittava poistoilmapuhaltimen lisäteho aiheuttavat sähkönkulutusta. Kulutukset lasketaan vuositasolla, jolloin ne ovat helppo vähentää kaukolämmöstä saatavasta vuosittaisesta säästöstä. Molempien kennoratkaisujen osalta lasketaan omat sähkönkulutukset, sillä puhaltimeen vaadittava lisäteho on kennoilla erisuuruinen. Myös poistoilman esisuodatus muodostaa painehäviötä, joka täytyy kompensoida lisäteholla. Painehäviö esimerkki-suodattimella Ventur DF-K 560 on maksimivirtauksella 400 Pa ja puoliteholla 100 Pa. Tästä saadaan suodattimen vaatimaksi puhaltimen lisätehoiksi kaavan neljä mukaan

$$P_{\max} = 2 \text{ m}^3/\text{s} * 400 \text{ Pa} = 800 \text{ W} \quad (\text{KAAVA 4})$$

$$P_{\min} = 1 \text{ m}^3/\text{s} * 100 \text{ Pa} = 100 \text{ W}$$

Grundfos Alpha2 -pumpun kulutus on selvitetty kyseisen mallin kapasiteetikäyrän avulla (Grundfos 2014, 27). Käyrän perusteella tehoksi saatiin 16,9 W. Tämä jaetaan vielä pumpun hyötysuhteella, joka on noin 0,85. Pumpun ottotehoksi saadaan näin  $16,9 \text{ W} / 0,85 = 19,9 \text{ W}$ . Pumppu toimii koko ajan samalla nopeudella, ilmanvaihdon nopeuden muutoksista huolimatta. Seuraavassa lasketaan molempien vaihtoehtojen sähkönkulutus vuoden ajalta. Osa käytetyistä arvoista on laskettu jo järjestelmän mitoitusosiossa. Koska kyseessä on opiskelija-asuntola, on hyvin todennäköistä, että kesäaikaan moni asunto on tyhjiillään. Tämän johdosta laskuissa on laskettu kulutus kymmenen kuukauden ajalta, ja kesän kaksi kuukautta on jätetty huomioimatta.

$$\text{QJCD-kenno: } 0,0199 \text{ kW} * 24 \text{ h} + (0,672 \text{ kW} * 8 \text{ h} + 0,036 \text{ kW} * 16 \text{ h}) + (0,8 \text{ kW} * 8 \text{ h} + 0,1 \text{ kW} * 16 \text{ h}) = 14,4 \text{ kWh}$$

joten sähkönkulutus vuodessa on  $14,4 \text{ kWh} * 30 \text{ d} * 10 \text{ kk} = 4320 \text{ kWh}$

QLCM-kenno:  $0,0199 \text{ kW} * 24 \text{ h} + (0,224 \text{ kW} * 8 \text{ h} + 0,098 \text{ kW} * 16 \text{ h}) + (0,8 \text{ kW} * 8 \text{ h} + 0,1 \text{ kW} * 16 \text{ h}) = 11,8 \text{ kWh}$

joten sähkönkulutus vuodessa on  $11,8 \text{ kWh} * 30 \text{ d} * 10 \text{ kk} = 3540 \text{ kWh}$

Sähkönkulutus isommalla kennolla on pienempi, koska kennon suurempi pinta-ala ei synnytä niin paljon painehäviötä ja virtausvastusta. Sähkön hintana laskuissa käytetään kotitaloussähkön keskihintaa Suomessa, 15 snt/kWh. Keskiarvohinta sisältää myynnin, siirron ja verot. (Vattenfall 2014.) Seuraavassa on laskettu, paljonko kummallakin kennovaihtoehdolla varustettu järjestelmän sähkönkulutus maksaa vuodessa.

QJCD-kenno:  $4320 \text{ kWh} * 0,15 \text{ €/kWh} = 648 \text{ €}$

QLCM-kenno:  $3540 \text{ kWh} * 0,15 \text{ €/kWh} = 531 \text{ €}$

### 8.3 Järjestelmästä saatava säästö

Säästölaskelmat on tehty molemmille patterikennoille erikseen. Muuten järjestelmät ovat identtisiä. Säästölaskelmissa on tehty oletus, että yöaikaan neljän tunnin ajan lämpimän käyttöveden kulutus on pysähtynyt. On myös huomionarvoista, että koska kyseessä on opiskelija-asuntoja, moni asunto on hyvin todennäköisesti tyhjillään kesäaikaan. Tämän johdosta laskuissa on laskettu kulutus kymmenen kuukauden ajalta ja kesän kaksi kuukautta on jätetty huomioimatta. Tällöin saadaan lukema, jonka pitäisi vähintään syntyä vuoden aikana. Vuorokausi on muodostettu laskemalla yhteen kahdeksan tuntia, jolloin ilmanvaihto on täydellä teholla, ja 16 tuntia puolella teholla.

Käytetyt tehot ovat keskiarvoja tehomääristä, jotka syntyvät silloin, kun poistoilman lämpötila on 16 ja 26 °C. Kohteessa mitattiin -17 °C:n pakkasella 16 °C:sta ilmaa, joten on oletettavaa, että tämä on ainakin hyvin lähellä alinta mahdollista poistoilman lämpötilaa. Kesällä poistoilman lämpötilaksi on oletettu 26 °C, joka on otettu huippuarvoksi. Laskuissa käytetyt keskiarvot on saatu seuraavasti, käytetyt luvut löytyvät taulukoista kuusi ja seitsemän luvusta 7.2.

Tehot QJCD-kennolla

$$50 \%: (5,8 \text{ kW} + 11,5 \text{ kW}) / 2 = 8,65 \text{ kW}$$

$$100 \%: (7,7 \text{ kW} + 15,0 \text{ kW}) / 2 = 11,35 \text{ kW}$$

Tehot QCLM-kennolla

$$50 \%: (9,3 \text{ kW} + 20,0 \text{ kW}) / 2 = 14,65 \text{ kW}$$

$$100 \%: (13,0 \text{ kW} + 26,3 \text{ kW}) / 2 = 19,65 \text{ kW}$$

Taulukoissa yhdeksän ja kymmenen nähdään vuorokaudessa saatava teho keskimäärin. Yön neljä tuntia on arvioitu olevan aikaa, jolloin käyttövettä ei kulu ollenkaan, joten myös niistä saatava teho on laitettu nolllaksi. Todellisuudessa järjestelmä toimii ympäri vuorokauden, joten jos vettä käytettäisiinkin yöllä, järjestelmä esilämmittäisi vettä myös tuona aikana. Taulukoista nähdään myös ajat, jolloin ilmanvaihto on täydellä tai puolella teholla.

#### TAULUKKO 10. Vuorokautinen teho QJCD-kennolla

<i>klo</i>	<i>vesivirtaus on/ei</i>	<i>ilmastointiteho</i>	<i>Teho kW</i>
1	0	50,00 %	0
2	0	50,00 %	0
3	0	50,00 %	0
4	0	50,00 %	0
5	1	50,00 %	8,65
6	1	50,00 %	8,65
7	1	100,00 %	11,35
8	1	100,00 %	11,35
9	1	100,00 %	11,35
10	1	50,00 %	8,65
11	1	50,00 %	8,65
12	1	100,00 %	11,35
13	1	100,00 %	11,35
14	1	50,00 %	8,65
15	1	50,00 %	8,65
16	1	100,00 %	11,35
17	1	100,00 %	11,35
18	1	100,00 %	11,35
19	1	50,00 %	8,65
20	1	50,00 %	8,65

(jatkuu)



**TAULUKKO 11. (jatkuu)**

21	1	50,00 %	8,65
22	1	50,00 %	8,65
23	1	50,00 %	8,65
24	1	50,00 %	8,65

**TAULUKKO 12. Vuorokautinen teho QLCM-kennolla**

<i>klo</i>	<i>vesivirtaus on/ei</i>	<i>ilmastointiteho</i>	<i>Teho kW</i>
1	0	50,00 %	0
2	0	50,00 %	0
3	0	50,00 %	0
4	0	50,00 %	0
5	1	50,00 %	14,65
6	1	50,00 %	14,65
7	1	100,00 %	19,65
8	1	100,00 %	19,65
9	1	100,00 %	19,65
10	1	50,00 %	14,65
11	1	50,00 %	14,65
12	1	100,00 %	19,65
13	1	100,00 %	19,65
14	1	50,00 %	14,65
15	1	50,00 %	14,65
16	1	100,00 %	19,65
17	1	100,00 %	19,65
18	1	100,00 %	19,65
19	1	50,00 %	14,65
20	1	50,00 %	14,65
21	1	50,00 %	14,65
22	1	50,00 %	14,65
23	1	50,00 %	14,65
24	1	50,00 %	14,65

Koska vuorokausi on jaettu 24 osaan, saadaan kilowattitunnit selville laskemalla tehon arvojen summa vuorokauden ajalta. Jokainen kilowattiarvo siis kerrotaan yhdellä tunnilla. Näin saatava kilowattituntimäärä selviää taulukosta 11.

Kaukolämmön hintana laskuissa on käytetty vuoden 2012 keskiarvoa, 6,3 senttiä kilowattitunnilta (Energiateollisuus 2014). Vuodessa saatava säästö on laskettu kymmenen kuukauden ajalta, koska kesäisin osa asunnoista on tyhjillään. Tällä pyritään siihen, että tulos olisi mahdollisimman todenmukainen.

**TAULUKKO 13. järjestelmästä saatava säästö**

Yksikkö	QJCD		QLCM	
	MWh	€	MWh	€
Vuorokaudessa	0,19	12,26	0,33	20,98
Vuodessa	59,19	3729,02	101,29	6381,11

Mukkulan kaukolämmön kulutus on keskimäärin ollut 1204,2 MWh vuodessa. Keskiarvo on laskettu vuosien 2009 – 2013 kulutuksien perusteella. Lukemassa on mukana kaikki kiinteistön kolme taloa, koska taloilla on yhteinen mittari. Lämmin käyttövesi on Oppilastalo Oy:n mukaan noin 35 prosenttia kokonaislämmitysenergiasta. Näin ollen käyttöveden lämmitykseen on kulunut vuodessa keskimäärin 421,4 MWh energiaa. Taulukossa 12 on esitetty prosentuaalinen säästö vuodessa, mikä suunnitellun järjestelmän mitoituksella olisi mahdollista.

**TAULUKKO 14. Prosentuaalinen säästöpotentiaali vuoden aikana, MWh**

	<i>Tuotettu energia, MWh</i>	<i>Kokonais kulutus, Mwh</i>	<i>Käyttöveden lämmitys, MWh</i>	<i>Säästö, kokonaiskulutus, %</i>	<i>Säästö, käyttöveden lämmitys, %</i>
QJCD	59,2	1204,2	421,5	5	14
QLC M	101,3	1204,2	421,5	8	24

Kun säästetystä kaukolämmön hinnasta vähennetään vielä järjestelmän sähkönkulutus, nähdään, paljonko vuodessa säästetään nykytilanteeseen verrattuna. Sähkönkulutuksen hinta laskettiin luvussa 8.2 Sähkönkulutus.

$$\text{QJCD: } 3729,0 \text{ €} - 648 \text{ €} = 3081,0 \text{ €}$$

$$\text{QLCM: } 6381,1 \text{ €} - 531 \text{ €} = 5850,1 \text{ €}$$

Taulukossa 13 on esitetty järjestelmän avulla saatava säästö rahallisesti. Kaukolämmön hintojen laskemisessa on käytetty arvona vuoden 2012 keskiarvoa, 6,3 senttiä kilowattitunnilta (Energiateollisuus 2014). Säästö saattaa tuntua pieneltä, mutta ottaen huomioon järjestelmän rakennuskustannukset ja yksinkertaisuuden, on tulos hyvä.

**TAULUKKO 15. Rahallinen säästö vuoden aikana prosenteissa**

	<i>Tuotto, €</i>	<i>Talon kaukolämpölasku, €</i>	<i>Säästö, %</i>
QJCD	3081,0	75864,6	4,1
QLCM	5850,1	75864,6	7,7

## 8.4 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika lasketaan siten, kauanko saadulla energiansäästön hinnalla kuluu korvata järjestelmän asennustyön ja komponenttien hankkimiskuluista syntyneet menot. Kaukolämmöstä saatava säästö on laskettu kaukolämmön keskihinnan perusteella (Energiateollisuus 2014). Takaisinmaksuaika nähdään taulukosta 14.

**TAULUKKO 16. Järjestelmien takaisinmaksuajat**

<i>Malli</i>	<i>Järjestelmän hinta, €</i>	<i>säästö vuodessa, €</i>	<i>takaisinmaksuaika, kk</i>
QJCD	4770	3081	19
QLCM	4832	5850	10

## 8.5 Vertailu markkinoilla olevaan järjestelmään

Vertailukohteeksi on valittu Oy Pamon Ab:n Pilpit-järjestelmä. Tämä sen takia, että yrityksen kotisivuilla on laskuri, jonka avulla voidaan selvittää suuntaa antavasti järjestelmästä saatava säästö (Pilpit 2014). Tulos on arvio, eikä voi sanoa varmasti, kuinka lähellä todellisuutta se on. Laskurista saatu arvio löytyy liitteestä 5.

Laskuriin syötetyt arvot ovat samoja, joiden pohjalta myös suunnitellun järjestelmän laskelmat on tehty, eli vain yksi talon kolmesta poistopuhaltimesta on huomioitu. Ilmamääränä on käytetty arvoa 1,333 m<sup>3</sup>/s, sillä se on vuorokautinen keskiarvo laskelmissa käytetyistä arvoista. Kaukolämmön ja veden kulutukset ovat keskiarvoja vuosilta 2009 – 2013. Hintoina on käytetty samoja

keskiarvohintoja, jotka on jo aikaisemmin mainittu. Taulukkoon 15 on vertailun helpottamiseksi taulukoitu tärkeimmät kohdat järjestelmistä.

#### **TAULUKKO 17. Vertailu järjestelmien välillä**

	<i>QJCD</i>	<i>QLCM</i>	<i>Pilpit</i>
Säästö vuodessa, MWh	59,2	101,3	155,7
Säästö vuodessa, €	3081	5850	4137
Takaisinmaksuaika, v	1,6	0,8	12

Taulukon vertailuarvoista huomataan, että vaikka energiansäästö on merkittävästi suurempi Pilpit-järjestelmällä, on rahallinen säästö kuitenkin pienempi kuin QLCM-kennolla suunniteltu järjestelmä. Tämä saattaa selittyä sillä, että Pilpit-järjestelmä kuluttaa kokonaisuudessaan paljon enemmän esimerkiksi sähköä kuin suunnitellut järjestelmät, jolloin tuotosta vähennettäviä kuluja on enemmän. Esimerkiksi lämpöpumppu, puhallin ja etävalvontajärjestelmä kuluttavat Pilpit-järjestelmässä sähköä, kun taas tässä työssä suunnitelluissa järjestelmissä ainoastaan pumppu kuluttaa sähköä. Koska Pilpit-järjestelmä kuitenkin säästää selvästi enemmän energiaa, on oletettavaa, että tuloksessa ei olisi merkittävää virhettä. Tuloksia verrattaessa tulee myös muistaa, että arvioissa on otettu huomioon vain yksi talon poistopuhaltimista.

Pilpit-järjestelmän laskelmassa on otettu huomioon lainan korot ja hinnannousut. Tässä työssä suunnitellun järjestelmän osalta näitä ei ole otettu huomioon, koska järjestelmä on oletettu hankittavaksi kertainvestointina, eli ilman lainaa. Pilpit-laskurin tuloksissa ei ole minkäänlaista mainintaa huoltokuluista, joita kuitenkin varmasti näinkin monimutkaisessa järjestelmässä on. Tällä voidaan kompensoida tässä työssä suunnitellun järjestelmän laskelmien koron huomiotta jättämistä.

Huoltokulujen huomiotta jättäminen niinkin pitkällä ajalla kuin 30 vuotta, on aivan liian positiivinen näkökanta. Esimerkiksi lämpöpumpulle puoletkin tuosta ajasta ilman huoltoa on todella pitkä aika. Tässä työssä suunnitellussa järjestelmässä on vähemmän huoltoa vaativia komponentteja, ja vaikka huoltokuluja ei ole otettu tämänkään järjestelmän laskuissa huomioon, ovat ne selvästi Pilpitiä pienemmät.

Suunnitellussa järjestelmässä takaisinmaksuajan ollessa pienemmälläkin kennovaihtoehdolla alle kaksi vuotta, ei tuona aikana huoltokuluja syntyisi oikeastaan ollenkaan, olettaen tietenkin järjestelmän toiminnan vakaaksi. Tällä tarkoitetaan lähinnä mahdollisen prototyypin vakaan toimintatason saavuttamisen jälkeistä aikaa. Järjestelmä on tietenkin syytä huoltaa säännöllisesti, esimerkiksi yhden tai kahden vuoden välein, jotta hyötysuhde säilyy parhaalla mahdollisella tasolla. Suodattimen käyttäminen helpottaisi huoltoja ja saattaisi jopa pidentää huoltoväliä.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön lopputulos on onnistunut, sillä suunnitellulla poistoilman lämmön talteenottojärjestelmällä pystytään todella säästämään energiakuluissa. Vaikka suunnitelmassa järjestelmä on mitoitettu ainoastaan yhdelle poistopuhaltimelle, saadaan silti energiaa reilusti talteen. Jos esimerkiksi kohdetalon kaikki kolme poistopuhallinta varustettaisiin tällaisilla järjestelmillä, syntyisi säästöä vielä enemmän. Ennen minkäänlaista poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän asentamista tulee ilmanvaihto kuitenkin tarkastaa ja tarvittaessa huoltaa, jotta se toimii oikein. Tämä vaikuttaa oleellisesti hyötysuhteeseen.

Suunniteltaessa muiden poistopuhaltimien yhteyteen samanlaisen järjestelmän asennusta tulee kuitenkin ottaa huomioon se, että tässä työssä esitetty mitoitus on tehty juuri kohdetaloa ja sen ilmamääriä silmällä pitäen. Tästä syystä kyseinen mitoitus ei välttämättä toimi parhaalla hyötysuhteella muissa lämmön talteenottokohteissa. Onkin tärkeää huomioida jokaisen kohteen ilmamäärät ja muokata järjestelmää aina saatujen arvojen pohjalta. Esimerkiksi alhaisemmilla ilmamäärillä erikokoinen patterikeno todennäköisesti toimii paremmalla hyötysuhteella. Tässäkin työssä käytetyt valintaohjelmat kuitenkin tekevät tästä helppoa.

Työssä suunnitellun järjestelmän hankintahinta on hinta-arvion perusteella jopa yllättävän pieni, mikä vaikuttaa takaisinmaksu-aikaan. Suurin syy alhaiselle hinnalle on se, että kaikki järjestelmään valitut komponentit ovat jo valmiiksi saatavilla olevia perustuotteita. Myös sähkönkulutus on matalaa, sillä järjestelmästä on karsittu kaikki ylimääräinen pois. Samalla pienenevät myös huolto- ja ylläpitokulut.

Osa laskennassa ja mitoituksessa käytetyistä arvoista on ollut pakko perustaa arvioihin. Tällaisia ovat esimerkiksi lämpimän käyttöveden virtaaman määrittely ja putkityön hinta-arvio. Lämpimän käyttöveden virtaaman arviointi on erityisen vaikeaa, sillä arvo muuttuu jatkuvasti käytön mukaan. Mitoitus tulee tehdä maksimikulutuksen pohjalta, joka parhaimmillaankin on vain arvio.

Koska järjestelmä on suunniteltu mahdollisimman yksinkertaiseksi ja pelkistetyksi, on esimerkiksi ilmansuodatin jätetty valinnaiseksi varusteeksi.

Suodattimen aiheuttama lisäsähkönkulutus on kuitenkin esitetty, jotta saadaan kuvaa siitä, kuinka paljon suodatin vaikuttaa järjestelmän sähkönkulutukseen. Rakennettaessa esiteltyä lämmön talteenottojärjestelmää onkin arvioitava suodattimen tarpeellisuus kohteen mukaan. Suodatin vähentää patterikennon likaantumista, mikä osaltaan säilyttää hyötysuhteen parempana pidempään. Toisaalta, jos suodatin jätetään pois, ilmanvastus kennon luona vähenee ja näin ollen tarvitaan vähemmän puhallustehoa, mikä vaikuttaa laskevasti sähkönkulutukseen. Tällöin kennoa tulisi kuitenkin puhdistaa useammin, todennäköisesti vähintään puolen vuoden välein. Puhdistusväli saadaan kuitenkin kunnolla selville vasta järjestelmän toimintaa tarkkailemalla. Jos poistoilman suodatinta ei asenneta, on järjestelmän heikoin kohta todennäköisesti patterikennon pysyminen puhtaana mahdollisimman pitkään.

On hyvin vaikeaa arvioida, kuinka paljon likaantumista patterikennon sietää ennen kuin järjestelmä on puhdistettava ja huollettava. Joka tapauksessa järjestelmän kulutus on sen verran pientä, ettei järjestelmän tarvitse toimia täysin optimaalisesti, jotta hyötyä kuitenkin saadaan. Patterikennon puhtaanapito ja järjestelmän kunnossapito on kuitenkin äärimmäisen tärkeää, jotta saadaan aikaan mahdollisimman paljon säästöä.

Etävalvonnan ja automatiikan pois jättäminen on tehty tietoisesti, koska kaikki ylimääräinen on karsittu järjestelmästä yksinkertaistamisen vuoksi pois. Nämä lisäisivät paitsi hankinta- ja asennuskustannuksia, myös sähkönkulutusta. Näin yksinkertaisessa järjestelmässä etävalvonta on tarpeetonta, sillä vaaratilanteita esilämmittämisessä ei pääse tapahtumaan, koska lämpötilat ovat niin matalia. Järjestelmän yhteyteen on kuitenkin suunniteltu paine- ja lämpömittarit, joiden avulla voidaan seurata järjestelmän toimintaa kiinteistössä.

Järjestelmälle ei laskettu huoltokuluja, koska tämä pohjautuisi arvioon. On kuitenkin selvää, että järjestelmän huoltokulut ovat verrattain matalat. Jonkin asteinen vuosihuolto tai -tarkastus on kuitenkin hyvä tehdä säännöllisesti, jotta hyötysuhde pysyisi mahdollisimman korkeana. Komponenttien puolesta käyttöikä järjestelmälle on kuitenkin pitkä, sillä järjestelmässä ei ole montaa kuluva osaa. Teoriassa selvittää noin 15 vuottakin ilman suurempaa remonttia.

## 10 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää yksinkertainen ja halpa vaihtoehto markkinoilla oleville vanhojen kerrostalojen poistoilman lämmön talteenottojärjestelmille. Toimeksiantajana tässä työssä toimi Oppilastalo Oy, jonka Mukkulan kiinteistöön suunniteltava järjestelmä mahdollisesti rakennetaan. Kohteesta selvitettiin poistoilmamäärät D2-rakennusmääräyskokoelman ja talon piirustusten avulla. Saatujen arvojen pohjalta suunniteltiin ja mitoitettiin mahdollisimman yksinkertainen poistoilman lämmön talteenottojärjestelmä. Järjestelmän pääkomponentit ovat patterikkenno, jonka läpi poistoilma puhalletaan, ja lämmönvaihdin, jonka avulla ilmasta saatu lämpö siirretään talousveden esilämmitykseen. Näiden välillä kulkee putkistossa lämmönsiirtoneste. Neste kulkee katolla olevan patterikennon lävitse ja kuljettaa näin saadun lämmön talon lämmönjakohuoneessa olevalle lämmönvaihtimelle.

Ilmamäärän perusteella laskettiin poistoilmasta saatava maksimiteho, jonka perusteella etsittiin sopivat komponentit. Työssä esiteltiin vaihtoehtoina kaksi erikokoista patterikennovaihtoehtoa, muuten järjestelmä oli molemmissa tapauksissa komponenteiltaan samanlainen. Lämmön talteensaannissa patterikennon koko on suurin yksittäinen tekijä. Mitä suurempi kenno, sitä enemmän saadaan lämpöenergiaa talteen. Kuitenkin koon valinnassa on pidettävä mielessä realiteetit, kuinka suuri kenno pystytään asentamaan ilmanvaihdon poistopuhaltimen yhteyteen järkevästi. Tässä opinnäytetyössä suuremmaksi kennovaihtoehdoksi valittiin Fläktwoods QLCM-sarjan malli, jonka mitat ovat 1050 x 803 millimetriä, ja pienemmäksi saman valmistajan QJCD-sarjan malli, jonka mitat ovat 400 x 400 millimetriä.

Patterikennovaihtoehtojen valinnan jälkeen pystyttiin laskemaan molemmista järjestelmävaihtoehdoista saatavat säästöt, kulut ja takaisinmaksuajat. Suuremmalla QLCM-kennolla saadaan enemmän lämpöenergiaa talteen, noin 101 MWh, ja pienemmällä QJCD-kennolla noin 59 MWh vuodessa. Säästöä järjestelmillä syntyy vuodessa pienemmällä QLCD-kennolla noin 3 080 euroa ja suuremmalla QLCM-kennolla noin 5 850 euroa. Molempien järjestelmävaihtoehtojen hinta-arvio asennuksineen jää hieman alle 5 000 euron. Tällöin takaisinmaksuaika pienemmän kennon järjestelmällä on noin 19 kuukautta



ja suuremman kennon järjestelmällä noin 10 kuukautta.

Kaikki saatava energia kohdistetaan lämpimän talousveden esilämmitykseen, jolloin saadaan vähennettyä kaukolämmön tarvetta. Pienemmällä QJCD-kennolla säästöä talousveden lämmityksessä syntyy noin 14 prosenttia ja suuremmalla QLCM-kennolla noin 24 prosenttia. Talon kokonaiskulutuksessa nämä vastaavat viiden ja kahdeksan prosentin säästöä kaukolämpökuluissa.

Ennen poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän asentamista tulisi talon ilmanvaihtokanavat nuohota ja muutenkin huoltaa järjestelmä samalla. Tällä varmistetaan se, että lämpöenergiaa todella saadaan talteen mahdollisimman paljon.

Työn tulos yllätti hyvin positiivisesti, sillä oli odottamatonta, että näinkin yksinkertaisella järjestelmällä saataisiin näin hyviä tuloksia. Halpa hinta luonnollisesti vaikuttaa erittäin kilpailukykyiseen takaisinmaksu-aikaan. Seuraava vaihe tässä opinnäytetyössä suunnitellun järjestelmän tutkimiseksi olisi rakentaa kohteeseen prototyyppi. Tämä jääköön Oppilastalo Oy:n pohdittavaksi.

## LÄHTEET

Carbontrust. 2014. Heat recovery – A guide to key systems and applications [viitattu 10.2.2014]. Saatavissa:

[http://www.carbontrust.com/media/31715/ctg057\\_heat\\_recovery.pdf](http://www.carbontrust.com/media/31715/ctg057_heat_recovery.pdf)

Cheresources. 2011. Insulated and bare pipe temperature prediction [viitattu 3.2.2014]. Saatavissa: <http://www.cheresources.com/invision/files/file/13-insulated-and-bare-pipe-temperature-prediction/>

Coiltech. 2014. Coils for Windows [viitattu 20.1.2014]. Saatavissa:

<http://www.flaktwoods.fi/valintaohjelmat/coils-for-windows/>

Energiateollisuus. 2014. Kaukolämmön hinta [viitattu 6.2.2014]. Saatavissa:

<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-hinta>

Fläktwoods. 2013. Fläktwoods hinnasto [viitattu 11.2.2014]. Saatavissa:

<http://www.flaktwoods.fi/2f21ee43-880f-467b-9ec0-5d3d48018034>

Fläktwoods. 2014. Lämmönsiirtimet [viitattu 11.2.2014]. Saatavissa:

<http://www.flaktwoods.fi/b74e3dfd-1c81-4eed-b9dc-835fe3628ad9>

Grundfos. 2014. Grundfos lämmitysesite [viitattu 12.2.2014]. Saatavissa:

[http://www.taloon.info/pdf/grundfos\\_lammitys\\_esite.pdf](http://www.taloon.info/pdf/grundfos_lammitys_esite.pdf)

Hautala, M. & Peltonen, H. 2009 Insinöörin (AMK) fysiikka, osa 1. 9. painos. Lahden Teho-Opetus Oy.

Ilmastointitekniikka osa 1. 1992. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Isover. 2014. Isover hinnasto [viitattu 11.2.2014]. Saatavissa:

[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.lektar.com%2Ffrakentaminen%2Ftekniset-eristeet%2Ffi\\_FI%2Fisover-tekniset-eristeet%2F\\_files%2F87762142223671123%2Fdefault%2FISOVER\\_hinnasto.pdf&ei=6wX6UpXSH-bZ4AS3-YD4Dw&usg=AFQjCNFeIk5hQ-ZSN\\_Un\\_5b3kB4XGUknSg&bvm=bv.61190604,d.bGE](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.lektar.com%2Ffrakentaminen%2Ftekniset-eristeet%2Ffi_FI%2Fisover-tekniset-eristeet%2F_files%2F87762142223671123%2Fdefault%2FISOVER_hinnasto.pdf&ei=6wX6UpXSH-bZ4AS3-YD4Dw&usg=AFQjCNFeIk5hQ-ZSN_Un_5b3kB4XGUknSg&bvm=bv.61190604,d.bGE)

Nn-energy. 2014. Grundfos Alpha2 25–60 180 [viitattu 11.2.2014]. Saatavissa:  
[http://www.nn-energy.fi/catalog/popup\\_image.php/pID/149?osCsid=7cas7lpcguka0c8cunfnq22gh6](http://www.nn-energy.fi/catalog/popup_image.php/pID/149?osCsid=7cas7lpcguka0c8cunfnq22gh6)

Nyman, P. 2014. Toimitusjohtaja. Lahden LVI-Talo Oy. Puhelinhaastattelu 13.1.2014.

Oppilastalo. 2013a. Etusivu [viitattu 3.12.2013]. Saatavissa:  
<http://www.oppilastalo.fi/fi/etusivu>

Oppilastalo. 2013b. Kohteet [viitattu 3.12.2013]. Saatavissa:  
<http://www.oppilastalo.fi/fi/kohteet>

Oras. 2014. Ympäristön energiansäästömarkkinat [viitattu 3.2.2014]. Saatavissa:  
[http://www.pori.fi/material/attachments/ymparistovirasto/energianeuvonta/5zHmN4YDZ/Patteriverkoston\\_perussaato\\_ja\\_veden\\_saasto\\_Vehanen\\_Oras.pdf](http://www.pori.fi/material/attachments/ymparistovirasto/energianeuvonta/5zHmN4YDZ/Patteriverkoston_perussaato_ja_veden_saasto_Vehanen_Oras.pdf)

Pilpit lämmöntalteenottojärjestelmä -esite. 2013. Saatavissa:  
<http://www.pilpit.fi/images/esitteet/pilpit%20tekninenesite.pdf>

Pilpit. 2014. Pilpit valintaohjelma [viitattu 18.2.2014]. Saatavissa:  
<http://www.pilpit.fi/lvi-suunnittelijalle/pilpit-valintaohjelma>

Rakennuslehti. 2011. Poistoilmasta lämpö talteen hallitusti [viitattu 19.11.2013]. Saatavissa: [http://www.thereco.fi/images/stories/3.2.2011\\_s16.pdf](http://www.thereco.fi/images/stories/3.2.2011_s16.pdf)

Raksystems Anticimex. 2013. Kuntoarvio Start, Oppilastalo Oy/ Mukkula.

Senera. 2014. Poistoilman lämmön talteenotto [viitattu 10.2.2014]. Saatavissa:  
[http://www.senera.fi/Rivi\\_ja\\_kerrostalot/Poistoilman\\_lammon\\_talteenotto/](http://www.senera.fi/Rivi_ja_kerrostalot/Poistoilman_lammon_talteenotto/)

Swep. 2014a. Swep SSP G7 [viitattu 20.1.2014]. Saatavissa:  
[http://www.swep.net/fi/products\\_solutions/ssp\\_calculation\\_software/Pages/ssp\\_in\\_stall.aspx](http://www.swep.net/fi/products_solutions/ssp_calculation_software/Pages/ssp_in_stall.aspx)

Swep. 2014b. B28 [viitattu 30.1.2014]. Saatavissa:  
[http://www.swep.net/fi/products\\_solutions/productfinder/Pages/B28.aspx](http://www.swep.net/fi/products_solutions/productfinder/Pages/B28.aspx)

Tampereen Vesi. 2014. Veden laatu [viitattu 10.2.2014]. Saatavissa:  
<http://www.tampere.fi/vesi/toiminta/talousvesi/vedenlaatu.html>

Taloon.com rautakauppa. 2014a. Grundfos Alpha2 [viitattu 29.1.2014].  
Saatavissa: <http://www.taloon.com/kiertovesipumppu-grundfos-alpha2-25-60-180/LVI-4615238/dp?openGroup=6180>

Taloon.com rautakauppa. 2014b. Teräsputki DN25 [viitattu 29.1.2014].  
Saatavissa: <http://www.taloon.com/terasputki-maalattu-kierteitettava-dn-25-33-7x3-25/LVI-0400138/dp>

Tee parannus! 2014. Energiankulutus kerrostaloissa [viitattu 1.3.2014].  
Saatavissa:  
<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/ratkaisuja/energiankulutuskerrostaloissa/>

Thereco. 2013a. Laitteistot [viitattu 19.11.2013]. Saatavissa:  
<http://www.thereco.fi/laitteistot>

Thereco. 2013b. Lämmöntalteenotto kerrostaloissa [viitattu 15.10.2013].  
Saatavissa: <http://www.thereco.fi/component/content/article/1/8-laemmoen-talteenoton-saneeraus>

Thereco. 2013c. Tekniset tiedot [viitattu 19.11.2013]. Saatavissa:  
<http://www.thereco.fi/suunnittelijoille/14-tekniset>

Vattenfall. 2014. Sähkölaitteiden keskimääräinen kulutus [viitattu 12.2.2014].  
Saatavissa: <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-kulutus.htm>

Ventur. 2014. DFK... +EU [viitattu 12.2.2014]. Saatavissa:  
<http://www.ventur.fi/fi/products/product/301>

Vihervaara, T. 2013. Myyntipäällikkö. Oy Pamon Ab. Vierailu 9.10.2013.

Vihervaara, T. 2014. Vs: Poistoilmamäärien mittauslaitteet [sähköpostiviesti].  
Vastaanottaja Heinola, E. Lähetetty 9.1.2014.

Ympäristöministeriö. 2012a. Suomen rakennusmääräyskokoelma osa D2.

Helsinki: Ympäristöministeriö. [viitattu 18.12.2013]. Saatavissa:

[http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf)

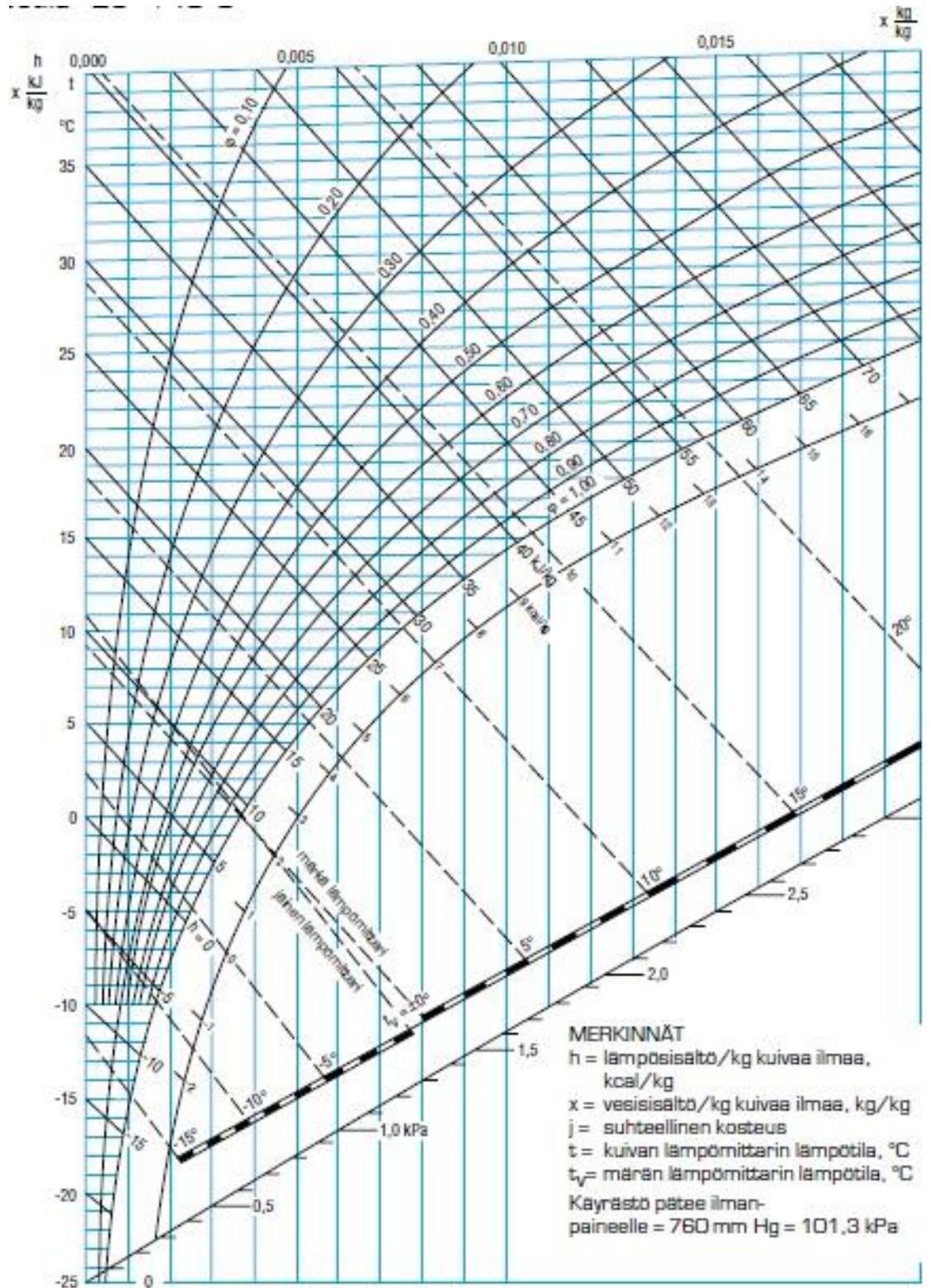
Ympäristöministeriö. 2012b. Suomen rakennusmääräyskokoelma osa D3.

Helsinki: Ympäristöministeriö. [viitattu 18.12.2013]. Saatavissa:

[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)

# LIITTEET

## LIITE 1. Mollier-käyrästä kostealle ilmalle



LIITE 2. Lämmönsiirtonesteen putkiston lämpöhäviö laskettuna

30 % etyleeniglykoli

**Valid of Turbulent Flow**

**=Required Inputs**

**The Chemical Engineers' Resource Page**

Insulation Thickness=	0,040	m
Average Heat Capacity of Fluid=	3,672	KJ/kg K
Fluid Viscosity=	5,200	cP
Thermal cond of Fluid=	0,023	W/m K
Thermal cond of Pipe=	45,000	W/m K
R1=	0,015	m
R2=	0,017	m
R3=	0,057	m
Mass Flow=	2357,233	kg/h
Ax pipe=	0,001	m <sup>2</sup>
Heat Transfer Coefficient Outside Pipe=	25,000	W/m <sup>2</sup> K
Heat Transfer Coefficient in Pipe=	154,558	W/m <sup>2</sup> K
Overall Heat Transfer Coefficient=	0,517	W/m <sup>2</sup> K
Thermal cond of insulation=	0,037	W/m K
Length of pipe=	30,000	m
Inlet Temperature of Pipe (T1)=	26,000	°C
Ambient Temperature=	20,000	°C
Outlet Temperature (T2)=	25,98618	°C

Unit 1 T1 → T2 Unit 2

By: Chris Haslego  
www.cheresources.com

(Cheresouces 2011)

### LIITE 3. Hintatiedustelut SWEP B28 -lämmönsiirtimelle ja Fläktwoods QLCM -sarjan patterikennolle



Petter Bruncrona (Petter.Bruncrona@sweep.net) [Lisää yhteys henkilöihin](#) 10.2.2014  
Vast.ott.: Eero Heinola

Hei,

n. 260,- €, net

Ystävällisesti,

**Petter Bruncrona**  
SWEP International AB

Särkiniementie 3  
FIN-00210 Helsinki  
Tel. +358-9-682 48443  
Fax +358-9-682 1922



Eero Heinola 10.2.2014  
Hei. Olisiko nyt mahdollista saada edes hinta-arvio B28x31/3p-mallille? Firma on Oppilastalo Oy.

### Patterikennon hintatiedustelu



Airi Rahkila (airi.rahkila@flaktwoods.com) [Lisää yhteys henkilöihin](#) 12.2.2014  
Vast.ott.: Eero Heinola

Hei!

Hinta tuolle on n. 1300,- EUR netto alv 0%

T. Airi Rahkila



Eero Heinola 12.2.2014  
Vast.ott.: Airi Rahkila

Hei, tarvitsisin vielä QLCM-090-080-04-25-18-1 -kennon hintatiedon.

Terveisin  
Eero Heinola



## LIITE 4/1. Fläktwoods Coils- ja Swep SSP G7 -valintaohjelmien tulokset

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: kokeilu

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patterit pyöreisiin kanaviin

Patteri  
Tyypit: QJCD QJCD  
Koko: 400 400

Ilma  
Virta, m³/s: 1.0 1.00  
Lämpötila sisään, °C: 16 16.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 11.2  
Poistoilman kosteus, %: 55  
Nopeus, m/s: 3.6  
Painehäviö, Pa: 88

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 7.3  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.6  
Painehäviö, kPa: 57

Teho  
Teho, kW: 26 5.8

Tuotetunnus  
QJCD-400 X ...  
QJCD-400  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: kokeilu

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patterit pyöreisiin kanaviin

Patteri  
Tyypit: QJCD QJCD  
Koko: 400 400

Ilma  
Virta, m³/s: 2 2.0  
Lämpötila sisään, °C: 16 16.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 12.9  
Poistoilman kosteus, %: 49  
Nopeus, m/s: 7.3  
Painehäviö, Pa: 321

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 8.3  
Virta, l/s: 0.6 0.60  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.5  
Painehäviö, kPa: 49

Teho  
Teho, kW: 26 7.7

Tuotetunnus  
QJCD-400 X ...  
QJCD-400  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

LIITE 4/2.

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

-Id  
Tunniste: kokeilu

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patterit pyöreisiin kanaviin

Patteri  
Tyyppi: QJCD QJCD  
Koko: 400 400

-Ilma  
Virta, m<sup>3</sup>/s: 1.0 1.00  
Lämpötila sisään, °C: 26 26.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 17.3  
Poistoilman kosteus, %: 66  
Nopeus, m/s: 3.7  
Painehäviö, Pa: 99

-Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 9.6  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia , paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.6  
Painehäviö, kPa: 57

-Teho  
Teho, kW: 26 11.5

Tuotetunnus: QJCD-400 X ...  
QJCD-400  
Hinta: Hinta pyydettyessä Pattereitten lkm.: 1

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

-Id  
Tunniste: kokeilu

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patterit pyöreisiin kanaviin

Patteri  
Tyyppi: QJCD QJCD  
Koko: 400 400

-Ilma  
Virta, m<sup>3</sup>/s: 2 2.0  
Lämpötila sisään, °C: 26 26.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 19.9  
Poistoilman kosteus, %: 58  
Nopeus, m/s: 7.5  
Painehäviö, Pa: 336

-Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 11.5  
Virta, l/s: 0.6 0.60  
Etyleeniglykolia , paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.5  
Painehäviö, kPa: 49

-Teho  
Teho, kW: 26 15.0

Tuotetunnus: QJCD-400 X ...  
QJCD-400  
Hinta: Hinta pyydettyessä Pattereitten lkm.: 1

LIITE 4/3.

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: rrrrr

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patteri

Ilma  
Virta, m³/s: 1.0 1.00  
Lämpötila sisään, °C: 16 16.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 8.4  
Poistoilman kosteus, %: 66  
Nopeus, m/s: 1.4  
Painehäviö, Pa: 33

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 8.7  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.0  
Painehäviö, kPa: 43

Teho  
Teho, kW: 26 9.3

Patteri  
Tyypit: QLCM QLCM  
Kokonaisleveys, mm: 1050  
Kokonaiskorkeus, mm: 803  
Lamellipakan leveys, mm: 900 900  
Lamellipakan korkeus, mm: 800 800  
Putkirivien lukumäärä: 4 4  
Lamellijako: 2.5 2.5  
Vesiteiden määrä: 18 18  
Liitäntäpuoli: Oikea  
Liitäntäkoko DN: DN1x25

Tuotetunnus ja hinta  
QLCM-090-080-04-25-18-1 X ...  
QLCM-090-080-04-25-18-1  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: rrrrr

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patteri

Ilma  
Virta, m³/s: 1.997 2.00  
Lämpötila sisään, °C: 16 16.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 10.7  
Poistoilman kosteus, %: 57  
Nopeus, m/s: 2.7  
Painehäviö, Pa: 105

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 10.2  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.0  
Painehäviö, kPa: 43

Teho  
Teho, kW: 26 13.0

Patteri  
Tyypit: QLCM QLCM  
Kokonaisleveys, mm: 1050  
Kokonaiskorkeus, mm: 803  
Lamellipakan leveys, mm: 900 900  
Lamellipakan korkeus, mm: 800 800  
Putkirivien lukumäärä: 4 4  
Lamellijako: 2.5 2.5  
Vesiteiden määrä: 18 18  
Liitäntäpuoli: Oikea  
Liitäntäkoko DN: DN1x25

Tuotetunnus ja hinta  
QLCM-090-080-04-25-18-1 X ...  
QLCM-090-080-04-25-18-1  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

LIITE 4/4.

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: mmmr

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patteri

Patteri  
Tyypit: QLCM QLCM  
Kokonaisleveys, mm: 1050  
Kokonaiskorkeus, mm: 803  
Lamellipakan leveys, mm: 900  
Lamellipakan korkeus, mm: 800  
Putkirivien lukumäärä: 4  
Lamellijako: 2.5  
Vesiteiden määrä: 18  
Liitäntäpuoli: Oikea  
Liitäntäkoko DN: DN1x25

Tuotetunnus ja hinta  
QLCM-090-080-04-25-18-1 X ...  
QLCM-090-080-04-25-18-1  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

Ilma  
Virta, m³/s: 1.0 1.00  
Lämpötila sisään, °C: 26 26.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 12.2  
Poistoilman kosteus, %: 84  
Nopeus, m/s: 1.4  
Painehäviö, Pa: 36

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 13.0  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.0  
Painehäviö, kPa: 42

Teho  
Teho, kW: 26 20.0

Coils Lämmitys-/jäähdytyspatterit - [test]

Arkisto Näytä Vaihtoehto Ohje

Vesi Höyrystin Höyry Lauhdutin

Id  
Tunniste: mmmr

Patterisovellus  
Patterisovellus: Patteri

Patteri  
Tyypit: QLCM QLCM  
Kokonaisleveys, mm: 1050  
Kokonaiskorkeus, mm: 803  
Lamellipakan leveys, mm: 900  
Lamellipakan korkeus, mm: 800  
Putkirivien lukumäärä: 4  
Lamellijako: 2.5  
Vesiteiden määrä: 18  
Liitäntäpuoli: Oikea  
Liitäntäkoko DN: DN1x25

Tuotetunnus ja hinta  
QLCM-090-080-04-25-18-1 X ...  
QLCM-090-080-04-25-18-1  
Hinta: Hintaa pyydettyäessä Pattereitten lkm.: 1

Ilma  
Virta, m³/s: 1.997 2.00  
Lämpötila sisään, °C: 26 26.0  
Tuloilman kosteus, %: 40  
Lämpötila ulos, °C: 16.1  
Poistoilman kosteus, %: 71  
Nopeus, m/s: 2.8  
Painehäviö, Pa: 112

Vesi  
Lämpötila sisään, °C: 5 5.0  
Lämpötila ulos, °C: 15.5  
Virta, l/s: 0.65 0.65  
Etyleeniglykolia, paino %: 30  
Nopeus, m/s: 1.0  
Painehäviö, kPa: 42

Teho  
Teho, kW: 26 26.3

LIITE 4/5.

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 5,800 kW

Inlet temperature 7,30 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	1050	303	1	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	5,800	
Inlet temperature	°C	7,30	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	7,09
Flow rate	kg/s	1,236	0,6595
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		2,58	4,16

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>		1,74
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>		3,33
Mean temperature difference	K		0,50
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C		6680/6620
Pressure drop -total*	kPa	1050	303
- in ports	kPa	0,939	0,281
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates			31
Oversurfacing	%		1
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW		0,001
Reynolds number		1300	1590
Port velocity	m/s	1,37	0,771

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 7,700 kW

Inlet temperature 8,30 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	625	300	0	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	7,700	
Inlet temperature	°C	8,30	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	7,79
Flow rate	kg/s	0,9269	0,6569
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,16	3,84

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>		1,74
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>		4,43
Mean temperature difference	K		0,73
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C		6090/6090
Pressure drop -total*	kPa	625	300
- in ports	kPa	0,528	0,279
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates			31
Oversurfacing	%		0
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW		0,000
Reynolds number		992	1600
Port velocity	m/s	1,03	0,768

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

LIITE 4/6.

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]

Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 11,50 kW

Inlet temperature 9,60 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	572	411	0	7,34	

Heat Exchanger : B28x31/3P

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	11,50	
Inlet temperature	°C	9,60	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	8,49
Flow rate	kg/s	0,8840	0,7836
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,42	3,32

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>		1,74
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>		6,61
Mean temperature difference	K		1,05
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C		6300/6280
Pressure drop -total*	kPa	572	411
- in ports	kPa	0,480	0,397
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates			31
Oversurfacing	%		0
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW		0,000
Reynolds number		968	1930
Port velocity	m/s	0,984	0,916

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]

Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 15,00 kW

Inlet temperature 11,50 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	427	417	0	7,34	

Heat Exchanger : B28x31/3P

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	15,00	
Inlet temperature	°C	11,50	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	9,51
Flow rate	kg/s	0,7542	0,7917
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,83	3,14

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>		1,74
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>		8,62
Mean temperature difference	K		1,44
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C		6000/6000
Pressure drop -total*	kPa	427	417
- in ports	kPa	0,350	0,405
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates			31
Oversurfacing	%		0
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW		0,000
Reynolds number		853	1980
Port velocity	m/s	0,839	0,926

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

LIITE 4/7.

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 20,00 kW

Inlet temperature 13,00 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	462	590	0	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	20,00	
Inlet temperature	°C	13,00	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	10,05
Flow rate	kg/s	0,7896	0,9426
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,89	2,81

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	1,74	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	11,5	
Mean temperature difference	K	1,80	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C	6390/6380	
Pressure drop -total*	kPa	462	590
- in ports	kPa	0,384	0,574
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates		31	
Oversurfacing	%	0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW	0,000	
Reynolds number		916	2370
Port velocity	m/s	0,879	1,10

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 9,300 kW

Inlet temperature 8,70 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s  
 Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31  
 Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW  
 Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	657	370	0	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	9,300	
Inlet temperature	°C	8,70	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	8,00
Flow rate	kg/s	0,9535	0,7384
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,21	3,56

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	1,74	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	5,34	
Mean temperature difference	K	0,84	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C	6350/6350	
Pressure drop -total*	kPa	657	370
- in ports	kPa	0,559	0,352
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates		31	
Oversurfacing	%	0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW	0,000	
Reynolds number		1030	1800
Port velocity	m/s	1,06	0,863

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

LIITE 4/8.

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 13,00 kW

Inlet temperature 10,20 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s

Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31

Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW

Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	539	440	0	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	13,00	13,00
Inlet temperature	°C	10,20	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	8,80
Flow rate	kg/s	0,8564	0,8140
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		3,54	3,20

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	1,74	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	7,47	
Mean temperature difference	K	1,19	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C	6300/6290	
Pressure drop -total*	kPa	539	440
- in ports	kPa	0,451	0,428
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates		31	
Oversurfacing	%	0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW	0,000	
Reynolds number		947	2010
Port velocity	m/s	0,953	0,952

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi

SSP G7 - 7.0.3.21 [DEMO]  
 Single Phase - 0 B28x31-3p 26,30

File Tools Printout Table Filter Product Browser Product Selector Quote Multicalc Help

Design Performance Rating

Fluid Side 1 Ethylene Glycol - Wat 30%  
 Fluid Side 2 Water

CoCurrent

Exchangers B28

Side 1 Side 2

Heat load 26,30 kW

Inlet temperature 15,50 °C 5,00 °C  
 Outlet temperature 6,00 °C

Flow kg/s kg/s

Max pressure drop kPa kPa

Number of passes 3  
 Number of plates 31

Oversurfacing %  
 Fouling factor m<sup>2</sup>·°C/kW

Port switch 5 5

Calculate

BPHE	A (m <sup>2</sup> )	DP1 (kPa)	DP2 (kPa)	OS (%)	Weight	PF Rating
B28x31/3P	1,74	432	721	0	7,34	

**Heat Exchanger : B28x31/3P**

DUTY REQUIREMENTS	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW	26,30	26,30
Inlet temperature	°C	15,50	5,00
Outlet temperature	°C	6,00	11,01
Flow rate	kg/s	0,7643	1,042
Max. pressure drop	kPa		
Thermal length		4,09	2,59

PLATE HEAT EXCHANGER	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	1,74	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	15,1	
Mean temperature difference	K	2,32	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ·°C	6510/6510	
Pressure drop -total*	kPa	432	721
- in ports	kPa	0,360	0,702
Port diameter	mm	33,0	33,0
Number of channels		5	5
Number of plates		31	
Oversurfacing	%	0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ·°C/kW	0,000	
Reynolds number		924	2660
Port velocity	m/s	0,851	1,22

Technical Data Dimensional Data Totals

License: Demo Units: Metric Printout Language: suomi



LIITE 5/1. Oy Pamon Ab Pilpit -poistoilman lämmön talteenottojärjestelmän säästölaskelma



**Säästölaskelma**  
Pilpit-20 Lämpöpumppu 35 kW  
tasavirtakammiopuhaltimet-EC



Kohde:

Lisätiedot:

Konetunnus:

<b>Säästö</b>	155 680 kWh/vuosi
	4 137 €/vuosi
Takaisinmaksuaika:	12,0 Vuotta
Investoinnin tuotto:	218 710 €/30 vuotta
Sijoitetun pääomantuotto:	8,8 %

<b>Lämpöpumppu</b>	
Tuotettu energia:	220 864 kWh/vuosi
Verkosta ostettu sähköenergia:	65 184 kWh/vuosi
Säästetty energia:	155 680 kWh/vuosi
<b>Säästö €:</b>	4 137 €/vuosi
Kaukolämpösäästö:	18 %
KK -säästö:	345 €/kk
KK -erä (10 v. laina):	440 €/kk

<b>Laskenta tiedot</b>	
Mitä lämmitetään:	käyttövesi ja lämmitysverkosto
Käyntiaika:	168 tuntia viikossa
Sähköhinta:	150 €/MWh
Kaukolämmön hinta:	63 €/MWh
Lämmönkulutus yhteensä:	1 204 MWh/vuosi
Käyttövesimäärä:	9 639 m <sup>3</sup> /vuosi
Laskettu LV energia:	215 914 kWh/vuosi
Ilmamäärä:	1 m <sup>3</sup> /s
Lainan korko:	3,00 %
Hinnannousu:	5,00 %

Alue Alue 1  
*Säästölaskelma pohjautuu syötettyihin tietoihin. Laskelma on suuntaa antava.*

## LIITE 5/2.

**Syöttötiedot:**

Ilmamäärä: 1.333  l/s  m<sup>3</sup>/s  m<sup>3</sup>/h

Laskettu LV energia: 215914 kWh/vuosi

Käyttöveden kulutus: 9639 m<sup>3</sup>/vuosi

Kaukolämpö: 1204 MWh/vuosi

Lämmitysmuoto:

Kaukolämpö 63 €/MWh

Öljy

Sähkö 150 €/MWh

Käyttöaika:

tuntia/päivä: 24 (1-24)

päivää/viikko: 7 (1-7)

**Kanavapaine:**

Kanavapaine: 250 Pa

**Alue**

Alue: Alue 1

Paluu Koneajo Seuraava kone

**Pilpit-20**

Kohde Patteri Automatiikka Download

Menovesi: 0 °C Patterin teho: 23.0 kW

Paluuvesi: 4 °C

Poistoilma: 16 °C Ilma

Kosteus: 40 % Otsapintanopeus: 0.87 m/s

Lämpötila ennen patteria: 16.0 °C

Lämpötila patterin jälkeen: 2.3 °C

Neste

Menovesi: 0.0 °C

Paluuvesi: 4.0 °C

Nestevirta: 1.50 l/s

Nesteen painehäviö: 23 kPa

**Syöttötiedot:**

Ilmamäärä: 1.333  l/s  m<sup>3</sup>/s  m<sup>3</sup>/h

Laskettu LV energia: 215914 kWh/vuosi

Käyttöveden kulutus: 9639 m<sup>3</sup>/vuosi

Kaukolämpö: 1204 MWh/vuosi

Lämmitysmuoto:

Kaukolämpö 63 €/MWh

Öljy

Sähkö 150 €/MWh

Käyttöaika:

tuntia/päivä: 24 (1-24)

päivää/viikko: 7 (1-7)

**Kanavapaine:**

Kanavapaine: 250 Pa

**Alue**

Alue: Alue 1

Paluu Koneajo Seuraava kone

**Pilpit-20**

Kohde Patteri Automatiikka Download

Menovesi: 0 °C Patterin teho: 51.4 kW

Paluuvesi: 4 °C

Poistoilma: 26 °C Ilma

Kosteus: 40 % Otsapintanopeus: 0.87 m/s

Lämpötila ennen patteria: 26.0 °C

Lämpötila patterin jälkeen: 2.7 °C

Neste

Menovesi: 0.0 °C

Paluuvesi: 4.0 °C

Nestevirta: 3.36 l/s

Nesteen painehäviö: 100 kPa