

Janne Aho

PIENTALON ILMANVAIHTOKONEEN
SUORITUSARVOT

Rakennustekniikan koulutusohjelma

LVI-tekniikka

2013

PIENTALON ILMANVAIHTOKONEEN SUORITUSARVOT

Aho, Janne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2013
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 4

Asiasanat: ilmanvaihto, jäähdytys, talteenotto, ilmastointi

Tämän opinnäytetyön aiheena on pientalon ilmanvaihtokoneen toiminnan tutkiminen, sekä suunnittelutyökalun tekeminen Merairille. Tutkimuskohteena olivat Merairin ilmanvaihtokonetyypit, joiden toimintaa tutkin koulun LVI-laboratorio -tiloissa.

Opinnäytetyössäni kerron tehtyjen mittauksien sekä laitteiden teoriaa ennen itse mittausosioita. Standardien sekä käytettyjen materiaalien esittely on olennainen osa opinnäytetyön rakennetta.

Mittausosiossa paneudun painemittauksiin, virtausmittauksiin sekä sähkön kulutusmittauksiin sekä käydään läpi niiden tulokset. Tutkimusten oli tarkoitus toimia pohjana luotavalle laskentapohjalle ja samalla tutkia Merairin laitteiston suorituskykyä noudattaen mittausstandardeja.

Tutkimukseni tarkoituksena oli saada laitteistosta vertailukykyisiä tuloksia muiden valmistajien, esimerkiksi Nilanin ilmanvaihtolaitteisiin verrattuna. Tavoitteena oli myös edistää Merairin-ilmanvaihtokoneiden markkinointia. Mittaustulokset vahvistivat valmistajan ilmanvaihtokoneiden laskennalliset tulokset oikeiksi, joten niitä voidaan alkaa käyttää esimerkiksi markkinoinnissa. Mittauksissa sekä laskentapohjan osalta saavutettiin tilaajaa tyydyttävät tulokset.

PERFORMANCE OF VENTILATION UNIT FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

Aho, Janne
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
January 2013
Supervisor: Jarkko Heinonen
Number of pages: 30
Appendices: 4

Keywords: air exchange, air conditioning, cooling, heat recovery

The aim of this thesis was to study Merair ventilation units and form fan charts. One goal were to make a excel calculation chart for planners. All Merairs units were measured in schools HVAC-laboratory. This thesis also includes theory of measurements and used standards are introduced.

Measurements that have been made in this thesis were pressure measurements, air flow measurements and electricity consumption measurements and the results were experienced after that.

Calculation chart was based on measurements that were made within this thesis. Expectations for measurements were that Merairs machines could be compared to other rival producers on the markets like Nilan and to reduce the marketing.

Results were reliable and I achieved the goals that Merair set to me.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PIENTALON ILMANVAIHTO.....	6
2.1	Koneellinen poistoilmanvaihto.....	6
2.2	Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä.....	6
2.3	Ristivirta- ja pyörivä lämmönsiirrin.....	7
2.4	Jäähdytys.....	7
2.5	Poistoilmalämpöpumpun toiminta.....	8
2.6	SFP-luku.....	9
2.7	Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.....	9
3	MERAIR.....	10
3.1	Merair yrityksenä.....	10
3.2	Laitteisto.....	10
4	MITTAUKSET.....	12
4.1	Standardit SFS-EN 13141-4 sekä prEN 13141-7:2009.....	12
4.2	Mittausjärjestelyt.....	14
4.3	Painemittaukset.....	15
4.4	Virtausmittaukset.....	17
4.5	Sähkön kulutusmittaus.....	18
4.6	Puhallinkäyrä.....	19
5	MITTAUSTULOKSET.....	20
5.1	Merair 15 C tulokset.....	21
5.2	Merair 21 C tulokset.....	22
5.3	Merair 26 C tulokset.....	23
5.4	Yhteenveto mittaustuloksista.....	24
6	VUOSIHYÖTYSUHDE.....	24
6.1	Ympäristöministeriön moniste 122.....	24
6.2	Laskentapohja.....	25
6.3	Tulokset sekä vertailu.....	26
7	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Pientalojen ilmastointilaitteiden vaatimukset ovat kasvaneet merkittävästi ja tulevat tiukentumaan entisestään. Eri laitevalmistajilla on myös haasteena pysyä laitteiden kanssa vaatimusten tasolla. Uudet rakennusmääräykset vaativat taloilta entistä parempaa energiatehokkuutta. Koneellinen ilmanvaihto sekä lämmöntalteenotto ovatkin nykypäivänä merkittävässä osassa pientalojen suunnittelua.

Koneellinen ilmanvaihto takaa hyvän ilmaston pientaloon, joka on todella tärkeää sillä viettäähän ihminen yleensä suurimman osan ajastaan kotona. Epäpuhtauksien sekä esimerkiksi kosteuden poistaminen ovat todella tärkeitä, mikäli halutaan ylläpitää asumismukavuutta.

Pientalojen ilmanvaihtoon panostavia yrityksiä on useita ja opinnäytetyöni aihe tuli Merairilta. Työni tavoitteena on tutkia heidän laitteistonsa suorituskykyä, sekä rakentaa laskentapohja silmälläpitäen oikean laitteen valintaprosessia. Laskentapohjassa lasketaan koneen vuosihyötysuhde sekä valitaan sopiva kone. Merair toimitti koulun laboratorioon eri laitemallejaan mittauksia varten, jotta niiden toimintaa ja tehokkuutta voitiin mitata.

Mittauksiin löytyi tila koulun laboratoriosta, jossa mittausjärjestely toteutettiin. Mitattaviksi kohteiksi valitsin ilmanvaihtolaitteen paineentuoton, virtausmittauksen sekä sähkönkulutusmittauksen. Nämä mittaukset osoittautuivat tilaajan kannalta tärkeimmiksi, joten niiden valitseminen oli luontevaa. Mitattavien kohteiden valitsemiseen vaikutti myös kiireellinen aikataulu ja ilmanvaihtokoneiden saatavuus.

Mittauksilla sain selville koneiden SFP-luvun kehittymisen eri tilanteissa (=sähkötehokkuusluku), sekä pääsin kiinni koneiden vuosihyötysuhteeseen. Näiden tietojen perusteella sain tarvittavat vertailukohteet laitteistosta, jotta niitä voitiin alkaa vertaamaan markkinoilla oleviin muihin merkkeihin.

2 PIENTALON ILMANVAIHTO

Pientaloissa on muutamia tapoja toteuttaa ilmanvaihto. Jokaisessa toteutustavassa on kuitenkin sama periaate; Tuloilmaa johdetaan yleensä makuuhuoneisiin sekä muihin oleskeluhuoneisiin. Poistoilmaa imetään muista huoneista pois, kuten keittiöstä, pesutiloista tai vaatehuoneista ja puhalletaan pihalle. Variaatioita kuitenkin on useita, jotka eroavat jonkin verran toisistaan ja ne tulevat esille seuraavissa kappaleissa.

2.1 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto on yksinkertaisin, ja melko vanhahko tapa toteuttaa ilmanvaihto. Siinä ilmaa poistetaan keskitetysti huippuimurin kautta. Hyvää tässä tavassa on se, että ilmavirrat ovat aina vakiot.

Negatiivisiakin asioita edellä mainitussa tavassa tietysti on, kuten sen käytön harvinaistuminen osoittaa. Korvausilman johtaminen toteutuu raitisilmaventtiilien kautta, jotka ovat suoria reikiä ulkoilmaan. Täten raitisilmaventtiilit täytyy sijoittaa niin, ettei synny vetoa. Ne tulee sijoittaa esimerkiksi patterien yläpuolelle pysäyttämään kylmän ilman tuleminen suoraan huoneeseen. Mikäli talo ei ole tiivis muualta, alkaa ilmaa helposti tunkeutua joka puolelta sisään, joka ei helpota ilmanvaihdon hyvää toimintaa. Suodatuksen toteuttaminen on hankalaa, sillä yleensä raitisilmakanavissa ei ole suodatinta ollenkaan, tai ne ovat hyvin hankalasti vaihdettavia. Lämpöä ei myöskään voida ottaa hyödyksi tuloilmaan tällaisessa ratkaisussa.

2.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä

Uudempi käytäntö on toteuttaa sekä tulo- että poistoilmajärjestelmä koneellisesti, jolloin ilmavirtojen säätäminen onnistuu ja eri huoneisiin saadaan tarpeen mukaan johdettua sopiva määrä ilmaa. Myös tässä tapauksessa etuna on, ettei ulkoilmaa tule suoraan sisälle, vaan se voidaan lämmittää ennen sisääntuloa.

Lämmitys tapahtuu joidenkin valmistajien koneissa sähkövastuksella. Nykyään lämmöntalteenotto hoitaa suuren osan lämmitystarpeesta.

Suodatus on näissä koneissa hyvin toteutettu ja yleisesti niin yksinkertaisesti vaihdettavissa, että asukas pystyy sen itse tekemään. Suurin hyöty laitteessa on mahdollisuus ottaa poistoilmasta lämpöä talteen, joka on todella hyvä asia energiatehokkuuden kannalta. Tällainen järjestelmä on nykypäivää ja todella tehokas sekä viihtyisän asuinympäristön kannalta hyvä ratkaisu. (Lahden kaupungin kotisivut 2012.)

2.3 Ristivirta- ja pyörivä lämmönsiirrin

Ristivirtalämmönsiirrin on lämmöntalteenottolaite, jossa kulkee ristikkäin omis- sa tiloissaan tuloilma ja poistoilma vastakkain, näin lämpö siirtyy lämmittämään tuloilmaa. Ilmat eivät siis sekoitu, vaan ainoastaan lämpö siirtyy välittävän pin- nan kautta. Välittävänä pintana toimii lämpöä siirtävä kennosto.

On olemassa myös pyörivä lämmönsiirrin, joka toimii siten, että poisto- sekä tu- loilman välissä pyörii lämpöä siirtävä kiekko, jonka välityksellä lämpö siirtyy. Kiekko ottaa talteen lämpöä poistoilmasta, ja kun se pyörii pikkuhiljaa akselinsa ympäri ja saapuu tulopuolelle, tapahtuu lämmönsiirtyminen sitä kautta. Tällai- sessa tavassa ilmavirta ja kosteus pienissä määrin sekoittuvat, joka ei ole välttä- mättä hyvä asia, mikäli sisäilma halutaan pitää mahdollisimman puhtaana. Pien- taloissa tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi allergiatilat, joiden tavoitteena on saada mahdollisimman puhdas ja raikas ilma toteutettua. (Suomen talotek- niikkaoporaalit Oy:n www-sivut 2012.)

2.4 Jäähdytys

Ilmanvaihtokoneiden tuloilman jäähdytys voidaan hoitaa kylmäkoneella, jonka kylmätuotto toteutetaan kiertoprosessilla, jossa kylmäaine höyrystyy ja lauhtuu. Kylmäkoneen olennaisimmat osat ovat höyrystin, kompressori, lauhtutin ja pai- suntalaite.

Aluksi kiertoprosessissa käytettävä kylmäaine höyrystyy ympäristöönsä matalammassa lämmössä, jolloin siihen sitoutuu lämpöä. Kompressorin ottaa matalapaineessa olevan ”höyryn” puristaen sen korkeaan paineeseen, ja samalla höyryn lämpötila nousee. Lauhduttimessa taas höyry alkaa luovuttaa lämpöä ympäristöön muuttuen takaisin nestemäiseksi. Seuraavaksi vuorossa on paisuntalaite, jossa nestemäisen aineen paine alkaa laskea, jolloin höyrystyminen alkaa pikkuhiljaa tapahtua. Tällöin myös lämpötila laskee. Lauhduttimen luovuttama lämpö on vastaava kuin kylmäaineen höyrystimessä vastaanottama lämpö, sekä kompressorin luovuttama lämpöteho. Myös kompressorin tekemä työ luovuttaa jonkin verran lämpöä ja sekin täytyy ottaa huomioon, koska se vaikuttaa vuosihyötysuhteeseen. Lämmöstä osa siirtyy ympäristöön kompressorin sekä paineputken kautta. (Hakala, Kaappola 2007. s.10.)

2.5 Poistoilmalämpöpumpun toiminta

Poistoilmalämpöpumpulla voidaan hyödyntää talosta poistettavasta ilmasta saatavaa lämmitysenergiaa tuloilman lämmittämiseen. Poistoilmapumppu voi siirtää lämpöä myös tuloilmaan, käyttöveteen tai lämmitysjärjestelmään. Poistoilmalla voidaan myös viilentää ilmaa. Motiva (2003) ohjeistaa, että ilmanvaihdon tulee aina olla riittävä, joka tarkoittaa noin 0,5 kertaa talon ilmatilavuutta tunnissa.

Poistoilmalämpöpumpulla on käytettävissään käytännössä aina talon noin 21 asteinen sisäilma, joten poistoilmalämpöpumppu tuottaa teoriassa ympäri vuoden ulkolämpötilasta riippumatta noin 2-3 kw lämpöä vakioteholla.

Poistoilmalämpöpumpulla ei kuitenkaan voida tuottaa kaikkea talon tarvittavaa energiaa. Joillakin valmistajilla on käytössä ilmaa lämmittävä sähkövastus. Suurilla pakkasilla tarvitsee käyttää muita lämmöntuotantokeinoja, kuten takkaa, jolloin säästetään sähkön käyttäminen lämmityksessä. Motiva (2003) mukaan poistoilmalämpöpumpulla voidaan saavuttaa noin 40 prosentin säästö verrattuna suoraan sähköön. (Motiva 2003.)

Poistoilmalämpöpumppu on huomattavasti huokeampi hinnaltaan kuin maalämpöpumppu tai ilma-vesilämpöpumppu. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu hyvin pientaloihin ja on yleisesti hyvin helppohoitoinen. Suodattimien vaihto on tärkeää muistaa tehdä laitevalmistajien ohjeistusta seuraten.

2.6 SFP-luku

SFP-luku kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuutta (Specific fan power). SFP-luku kertoo käytännössä sen kuinka paljon sähköä kuluu yhden ilmakeuution siirtämiseen sekunnissa. D3 -ohjeistuksen mukaan SFP-luvun ohjeellinen maksimiraja, jota ei tule ylittää on $2,0 \text{ kw/ m}^3/\text{s}$.

SFP-luvun määrittämiseen lasketaan koko järjestelmän puhaltimien sähköteho, joten vaikka yksi puhallin ylittäisikin rajan, voi toisilla puhaltimilla kompensoida sitä. Ilmanvaihdon suunnittelussa niin sanottu raja-arvo on hyödyllinen, sillä pyrittäessä annettuun arvoon, koko järjestelmän kulutuksen laskenta pysyy hyvin hallinnassa. Kuitenkin pitää muistaa, että tärkeää on myös tilan viihtyvyys sekä ilmanvaihdon toimivuus. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suunnittelussa on huomioitava myös tilan olosuhteiden pitäminen sen käytön vaatimalla tasolla. (Suomen RakMK D3 2012.)

2.7 Poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistosta talteen saadun lämmön suhde ilmanvaihtolaitteen tarvitsemaan lämpöenergiaan ilman talteenottoa. Huomioon otetaan siis kaikki mahdolliset poistoilmavirrat, pois lukien joitain poikkeuksia, joita rakennusmääräyskokoelma D3 antaa. Pientalojen kohdalla sellaisia ei kuitenkaan ole vaan ne liittyvät erikoiskohteisiin.

Rakennusmääräyskokoelma D3:sen vaatima minimi talteenotto on 45 % IV:n tarvitsemasta lämpöenergiasta. Valmistajat kuitenkin nykypäivänä alkavat talteen-

oton suhteen olemaan huomattavasti paremmissa lukemissa ja pääosin ollaan 50 % paremmalla puolella. (Suomen RakMK D3 2012.)

3 MERAIR

3.1 Merair yrityksenä

Merair on merikarvialainen, pientalojen ilmanvaihtokoneita valmistava yritys, joka on alun perin perustettu vuonna 2004, joskin muuttui osakeyhtiöksi vuonna 2007. Toimitusjohtajana toimii Esa Sormunen. Merairilla on muutama työntekijä. Yrityksen tuotteina ovat poistoilmalämpöpumpulla toimivat pientalon ilmanvaihtokoneet. Laitteiden kehitys, myynti sekä huolto ovat yrityksen pääasiallinen toiminta alue.

3.2 Laitteisto

Merairin tuotteet ovat Suomen oloihin suunniteltuja. Ne ovat kotimaassa suunniteltuja sekä valmistettuja tuotteita. Koneen osina on käytetty luotettavien tavaran toimittajien laadukkaita osia.

Merairin laitteisto eroaa muiden valmistajien laitteista merkittävästi johtuen siitä, että koko ilmankäsittelylaitteisto on samassa paketissa. Lisäksi jäähdytyksestä lämmitykseen siirtyessä ei muuteta muiden laitteiden tapaan prosessin suuntaa, vaan ilmanvaihtokoneen sisällä on kääntyvä laitteisto. Laitteen koneisto kääntyy 180 astetta, joten esimerkiksi kompressorin tuottama lämpö on aina ”oikealla” puolella. Oikealla puolella tarkoitetaan sitä, että myös kompressorin tuottama lämpö saadaan luovutettua sinne mihin muunkin lämmön on tarkoitus kulkeutua.

Innovatiivisen ratkaisun lopputuloksena on saatu hinnaltaan huokea, sekä varmatoiminen ja yksinkertainen laite. Myös vuosihyötysuhde on tekniikan ansiosta

saatu normaaliin ilmanvaihtokoneeseen verrattuna jopa kaksinkertaiseksi. Merairin hyötynä on myös se, että se ei rajoita taloon valittavia lämmitysratkaisuja, vaan antaa mahdollisuuden käyttää niin vesikiertoisia kuin suorasähköllä toimivia lämmitysmuotoja.

Opinnäytetyöni mittauksissa on Merair ilmanvaihtokonetyypit 15C, 21C sekä 26C. Muutoin laitteistoltaan kaikki mallit ovat samantyyppisiä kuten kuvassa 1. Seuraavaksi Merairille on tulossa uusi kone, jossa on mukana myös pyörivä lämmönsiirrin.

Edellä mainitut kolme konetta ovat kokoluokaltaan erilaisia;

- 15C on suunniteltu suurin piirtein 150 neliön ja sitä pienempiin tiloihin ja sen peruskäytön ilmavirta on n.60 l/s. Lämmitystehoa lähtee 2 kw ja jäähdytystehoa 1,4 kw. Koneen Liittymisteho on 0,6 kw.
- 21C osuu tilojen puolesta skaalalle 150–200 neliötä, joten se on hieman tehokkaampi kuin 15C. Normaalikäytön ilmamäärä on 90 l/s ja lämmitystehoa on 2,9 kw sekä jäähdytystehoa 2,1 kw. Liittymisteho 21C:ssä on 0,8 kw.
- Tämän hetken suurin kone on 26C, jonka ilmamäärä on 110 l/s ja täten lämmitysteho on kaksinkertainen pienimpään koneeseen verrattuna (4 kw). Jäähdytystehoa 26C:stä irtoaa 3,0 kw ja silti liittymisteho jää 1,0 kw:iin.

Kaikkien koneiden ilmoitettuihin ilmamääriin voidaan lisätä myös 30 % tehostus, joka voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa.

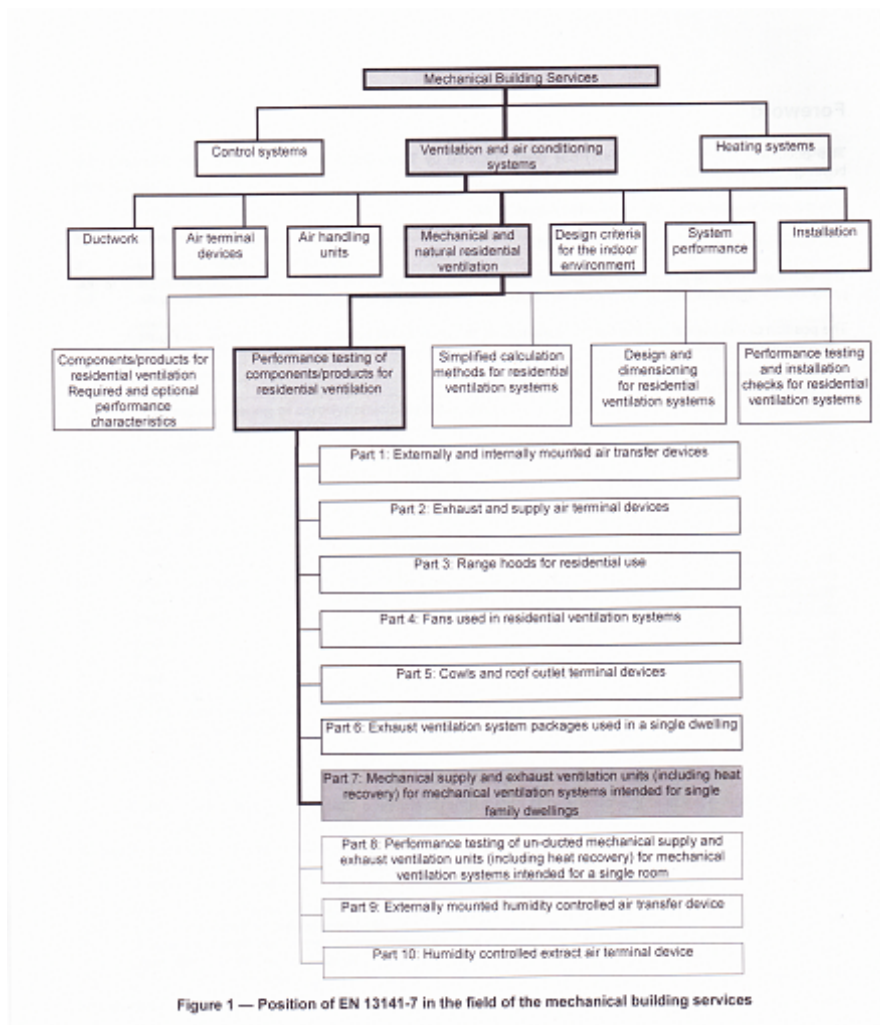


Kuva 1. Merairin koneen sisäkuva (Merair www-sivut 2012.)

4 MITTAUKSET

4.1 Standardit SFS-EN 13141-4 sekä prEN 13141-7:2009

Opinnäytetyössäni käytetyt standardit ovat standardointiliittojen tekemiä ohjeistuksia esitettyihin mittauksiin, sekä niiden esittämiseen dokumentoinnin osalta. Seuraavasta kuvasta (Kuva 2) näkyy standardoinnin kaavio, josta näkee miten talotekninen standardointi systematiikka tulee hyvin esille. Kuva on prEN13141-7:2009 ohje, mutta siitä selvästi pystyy näkemään myös SFS-EN 13141-4 standardin sijoittumisen standardoinnissa.



Kuva 2. Standardipuu talotekniikan osalta (prEN 13141-7:2009, 4.)

Kyseiset standardit sinällään ovat samasta aiheesta mutta täydentävät toisiaan. prEN 13141-7:2009 Standardissa käsitellään mittausjärjestelyä ja se soveltuu laboratoriotestauksiin ohjeeksi. Tämä standardi sisältää kohtia vuotoilman määrittämisestä, paine- sekä virtausmittauksista, että akustiikasta. Tästä standardista saatiin mittausjärjestelyjä varten ohje oikeanlaisesta mittausjärjestelystä.

Standardi käsittää laitteistot, joissa on ainakin yksi tai useampi seuraavista: Tuulo- ja poistoilmapuhallin, suodattimet, ilmasta ilmaan lämpöpumppu sekä ohjauslaitteisto. Tämän työn kannalta tärkeä osio oli mittausjärjestelyosio, jossa käsiteltiin ilmavirtaa sekä painemittausta.

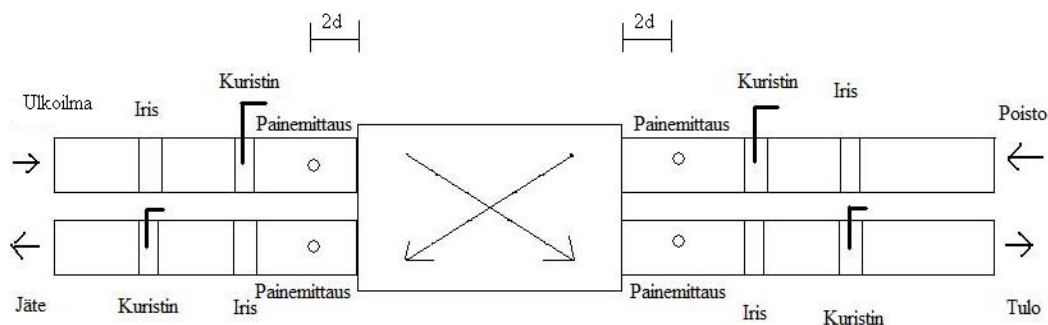
SFS-EN 13141-4:2011 -standardi antaa ohjeita siihen, miten järjestelyiden tarkalleen pitää olla. Se toimii niin sanotusti täydentävänä ohjeena prEN 13141-

7:2009:lle. Tämän työn osilta esimerkiksi standardi antoi minimietäisyydet kanaville, sekä mittauspisteiden etäisyystietoja.

SFS-EN 13141-4 -standardissa on myös tulosten visuaalisen kuvauksen ohjeet, joiden mukaan puhallinkäyrät on muodostettu. Standardi täydentää myös muita osioita prEN 13142 – standardista, joita kuitenkin ei tämän työn osilta käytetty. (prEN 13141-7:2009; SFS-EN 13141-4, 2011.)

4.2 Mittausjärjestelyt

Alapuolella olevan kuvan (Kuva 3) mittausjärjestely on rakennettu edellä mainittujen standardien ohjeiden mukaisesti. Laitteistossa on kahdeksan (8) kappaletta iris-säädintä, joiden tarkoitus on toimia sekä mittaamisessa että kuristimina. Kuristimiksi valittiin iris-säätimet, koska niitä oli helppo käyttää tähän tarkoitukseen.



Kuva 3. Standardin ohjeen mukaan rakennettu toteutus.

Kuvassa näkyvillä kuristimilla saatiin luotua erikokoisten kanavistojen oletuksia, jolloin pystyttiin paineen ja virtauksen käyttäytyminen havainnollistamaan mahdollisimman monissa eri tilanteissa. Iris-säätimet olivat virtausmittausta varten, joka toteutettiin mittaamalla paine-ero iriksen yli ja muuntamalla se virtaukseksi Iris-säätimen kaavan mukaisesti.

Sähkömittauksen toteutus ei kuvassa 3 näy, mutta käytännössä se tapahtui mittaamalla koneen verkosta ottama teho asettamalla mittalaite koneen sekä pistokkeen väliin.

Standardit antoivat omat vaatimuksensa mittaukselle, koska niissä kerrottiin tarkasti, miten mittaukset piti suorittaa. Mittauksissa putken lähtöihin täytyi porata noin kahden putkihalkaisijan etäisyydelle koneesta painemittaukset, jotta saatiin koneen paineenkorotus tietoon. Paineenkorotus mitattiin ulko- ja tuloilman sekä poisto, että jäteilman välistä. Virtaus saatiin selville käyttämällä iris-säädintä.

Rajoittavana tekijänä testikanavistolle oli myös se, että jokaisessa putkessa sai olla korkeintaan yksi mutka. Mikäli mutkia ei olisi ollut, ilmat olisivat sekoittuneet ja häirinneet tuloksia, joten niillä saatiin hajautettua ilmanottoja sekä tuloja. Tekemällä kaikilla konetyypeillä nämä mittaukset sain tietoon paineenkorotukset sekä virtaukset. Näillä tiedoilla sain rakennettua puhallinkäyrät sekä seurattua koneen sähkön ottotehoa.

Verrattaessa kuvaa 3 kuviin 4 ja 5, putkilähdöt ovat eri tavalla. Periaate tulee kuitenkin paremmin esiin tällaisessa muodossa. Kuristimien tarkoitus oli saada niin sanotusti erikokoisten kanavien vaikutelma, jolloin saatiin skaalattua puhallinkäyrä sopivaksi. Muutamien mittausten jälkeen selvisi, että helpoin tapa saada oikea mittakaava taulukolle oli ottaa ensin maksimi paineenkorotusarvo sekä minimi paineenkorotusarvo, jolloin suora levittyi todella laajalle alueelle. Iriksiä oli myös jokaisessa putkessa, joka mahdollisti suuremmalta osin vertailun ja toi myös esille sen, että imupuolen ilmavirta on vakaampi.

4.3 Painemittaukset

Toteutin painemittauksen poraamalla putken ympärille mittayhteille neljä reikää joka painemittaus kohtaan. Painemittaus toteutettiin TSI-mittarilla joka kalibroi koko ajan itseänsä (Technocalor tsi db-calc 8710). Painemittauksella sain selvitettyä koneen paineenkorotuksen siten, että paine-ero mitattiin poisto- ja jäteilman

sekä ulko- ja tuloilman väliltä. Kanaviston kuristusta säädettiin iris-pelleillä (iris-160), jolloin saatiin vaikutelma erikokoisista kanavistoista luotua.

Kuten edellä mainitsin, jokaisessa putkilähdössä oli neljä reikää joista painetta mitattiin. Reiät olivat joka puolella putkea, jolloin sain tarkimman tuloksen, koska silloin sain kokonaiskuvan putken eri kohdista. Kuvissa 4 ja 5 näkyy hyvin edellä mainittu painemittaustilanne, kun katsoo putken kyljestä tulevia letkuja jotka johtavat TSI-mittalaitteeseen (Technocalor tsi dp-calc 8710).



Kuva 4. Painemittausjärjestely kauempaa



Kuva 5. Painemittausjärjestely suoraan edestä.

4.4 Virtausmittaukset

Mittasin eri nopeuksilla myös virtausta käytännössä se onnistui iris-pelleillä (iris-160). Iris-säädin toimi siten, että iriksen sulkupellin kummallakin puolella on mittayhteet. Kuristusta lisäämällä saatiin mitattua pellin yli paine-ero, joka voitiin muuttaa pellin oman kaavan mukaan virtaukseksi. Täysin avoin säädin antoi arveluttavia tuloksia, joten mittauksessa ei käytetty ollenkaan täysin avointa iris-säädintä.

Kuvassa 6 näkyy mittayhteet, joihin elintarvikeletkua hyödyntäen kiinnitin TSI-mittarin (Technocalor tsi dp-calc 8710), jolloin sain selville ilmavirtaaman käyttämällä iriksen valmistajan antamaa paineesta virtaukseksi -muuntokaavaa.



Kuva 6. Iris-säädin.

4.5 Sähkön kulutusmittaus

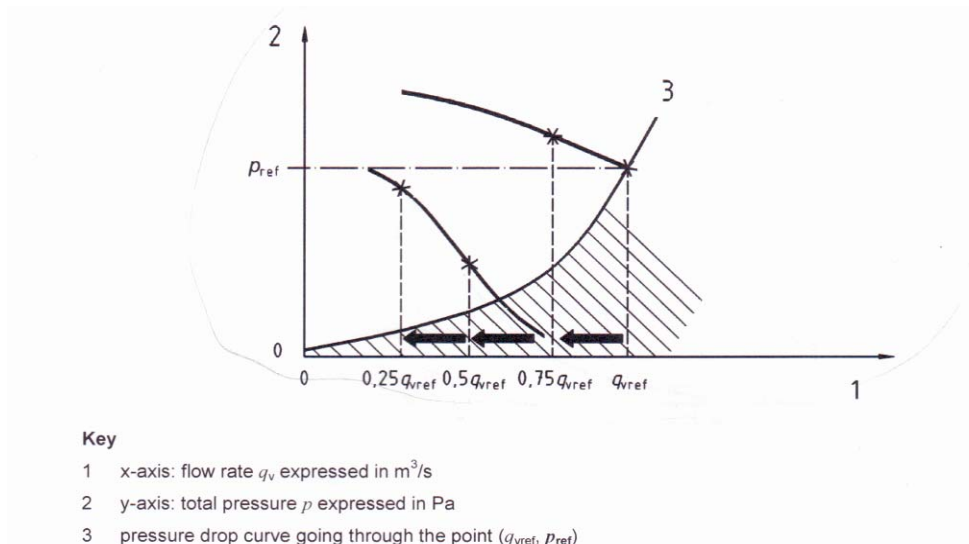
Sähkönkulutusta tutkin koneen ja pistorasian väliin asetettavalla sähkömittarilla (Technoline cost control), joka oli perusmarketista saatava sähkömittari (Kuva 7). Sähkön menekkiä mittasin koko mittausten ajan ja mittarin paikkansapitävyyden varmistin tekemällä otantoja, joiden mukaan lukema ei muuttunut pala-
tessa edellisiin tehoihin. Sähkömittarissa lukema vaelteli melkoisesti joka aihe-
utti sen, ettei suoraan voitu silmällä ottaa tulosta ylös, vaan laitteessa olleella
keskiarvotoiminnolla otettiin minuutin aikana syntynyt keskiarvo, jota käytettiin
tuloksena.



Kuva 7. Sähkömittauslaite

4.6 Puhallinkäyrä

Puhallinkäyrän rakentamiseen ohje löytyi suoraan edellä esitellystä standardista SFS-EN 13141-4. Oikeiden mittausten puhallinkäyrien oikeellisuuden todistamiseksi alapuolella esimerkkikuva standardin SFS-EN 13141-4:2011 ohjekuvasta (Kuva 8). Ohjeen mukaisen kuvion sijaan paineenkorotuksen ja virtauksen lisäksi kaavaan sijoitettiin SFP-lukukäyrät, jolloin nähtiin, milloin päästään hyvälle arvoille kullakin koneella.



Kuva 8 SFS-EN 13141-4 ohjekuva käyrästä rakentamiselle (SFS-EN 13141-4.13.)

5 MITTAUSTULOKSET

Mittaustulosten perusteella rakensin jokaisesta koneesta kaksi kaaviota, jotka olivat tilavuusvirta-kokonaispaineakaavio (Kuva 9) sekä tilavuusvirta-sähkötehokaavio (Kuva 10).

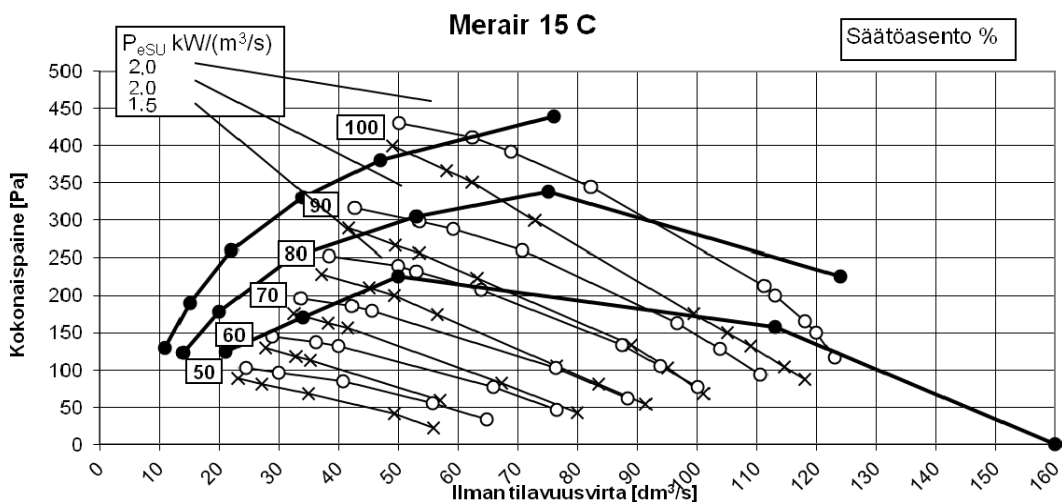
Tilavuusvirta-kokonaispaineakaavio muodostuu kolmesta käyrästä; poistoilma-, tuloilma- sekä P_{esuk} -käyrästä. Poistoilmakäyrä on ”onttojen”, vaaleiden pisteiden muodostama käyrä. Tuloilma on rastien mukaan piirretty käyrä ja P_{esuk} -käyrä on tummien pisteiden muodostama käyrä.

P_{esuk} -käyrä on SFP-lukukäyrä, josta voidaan tarkastella kyseisen koneen muodostumista SFP-lukuun verraten. Lukemat laatikoissa välillä 50–100 on koneen säätöasentoja, eli kertovat välillä viidestäkymmenestä sataan prosenttiin (50–100 %) koneeseen asetetut säätövälit.

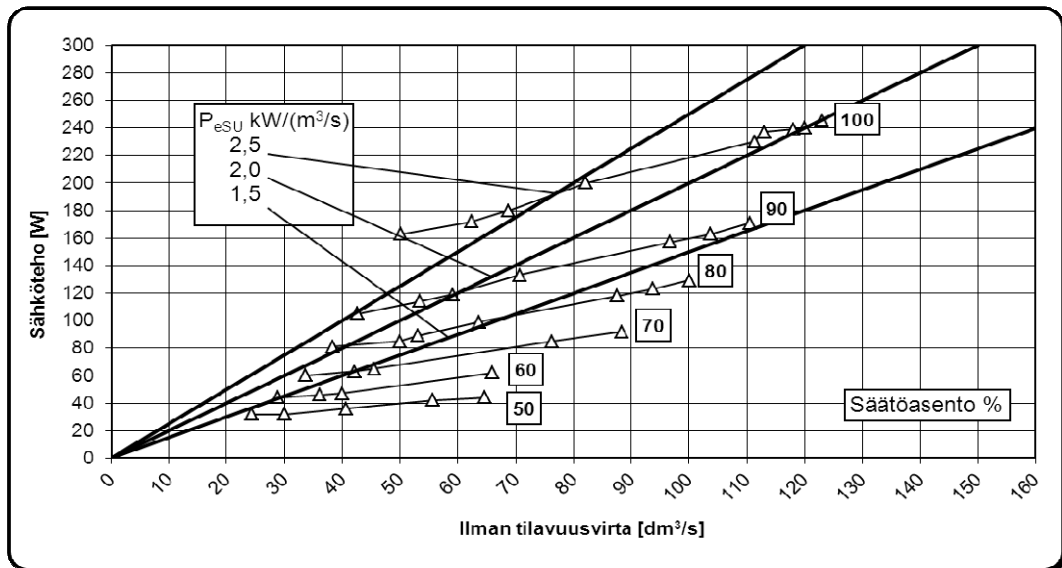
Tilavuusvirta-sähkökaaviossa kolmioiden muodostama viiva on sähkötehon sekä tilavuusvirran suhteen piirtynyt suora. Myös sähkökaavioon on laitettu SFP-lukukäyrä sekä koneen asento samalla tavalla kuin tilavuusvirta-kokonaispaine-kaavioissa.

5.1 Merair 15 C tulokset

Merair 15 C Pääsee kaavion (Kuva 9) mukaan peruskäytöllä viidestäkymmenestä kuuteenkymmeneen (50-60) litraa sekunnissa ja maksimi ilmavirta sijoittuu sadankahdenkymmenen (120) litran tienoille. Pääasiallisesti kone pääsee SFP-lukuun nähden alle 2,0 ja pienimmillä säädöillä pitkälti alle 1,5.



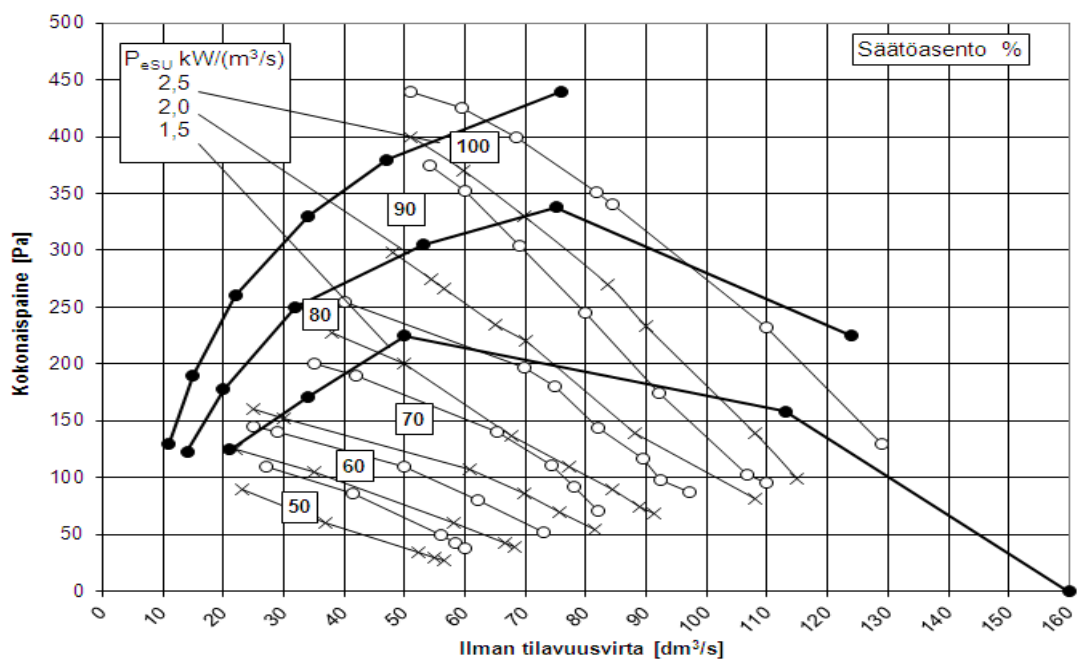
Kuva 9. Merair 15 C Tilavuusvirta-paine kaavio



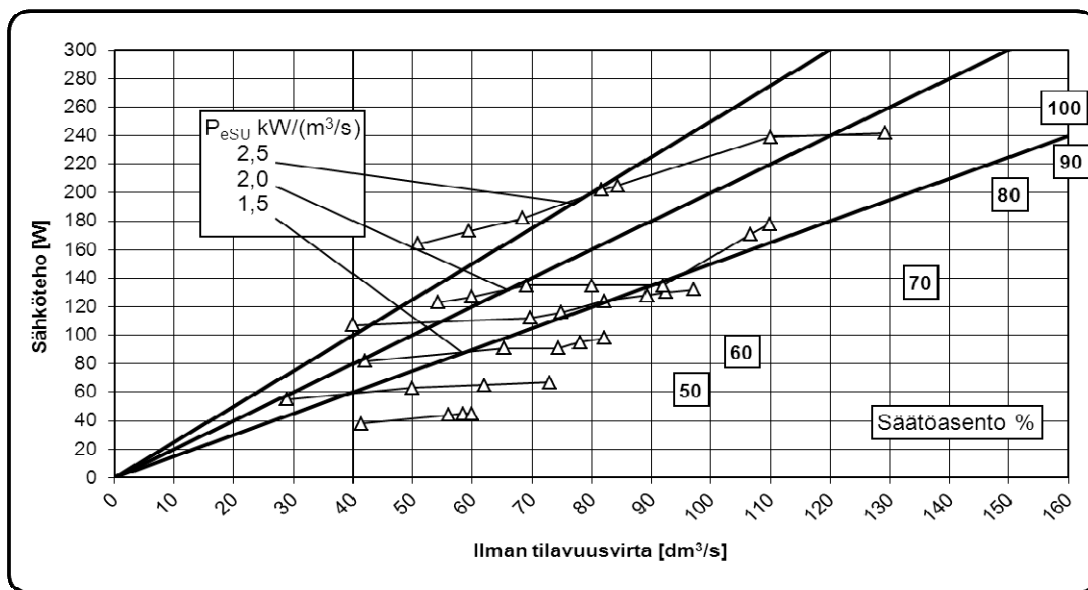
Kuva 10. Merair 15 C Tilavuusvirta-sähköteho kaavio

5.2 Merair 21 C tulokset

Merair 21C pääsee peruskäytöllä lähelle yhdeksääkymmentä (90) litraa sekunnissa ja maksimi ilmavirta pyörii sadankolmenkymmenen (130) litran tienoilla (Kuva 11). SFP-luku on myös Merair 21C:ssä pääosin alle 2,0 ja pienimmillä säädöillä alle 1,5 (Kuva 12).



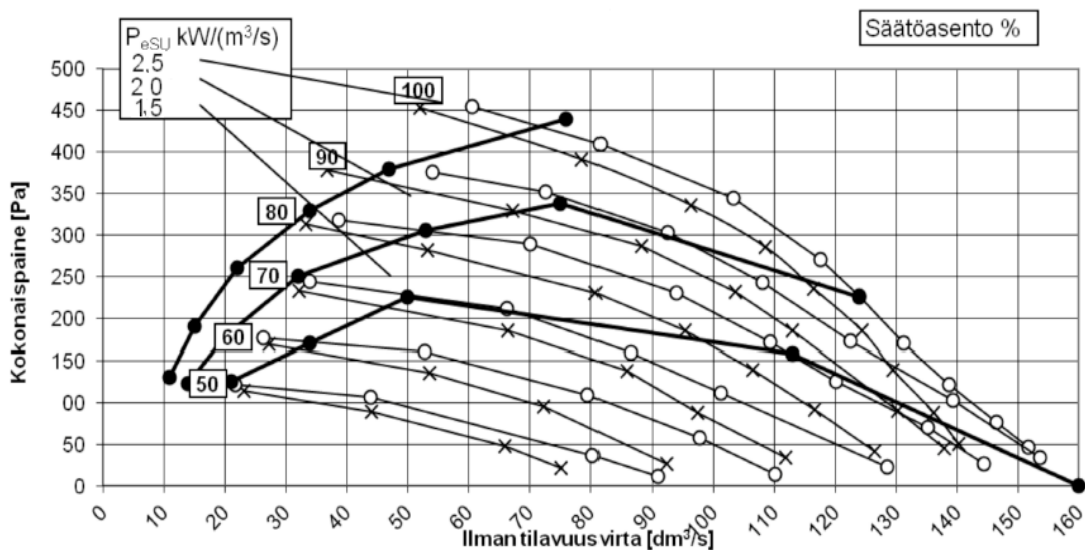
Kuva 11. Merair 21C tilavuusvirta-kokonaispaine kaavio



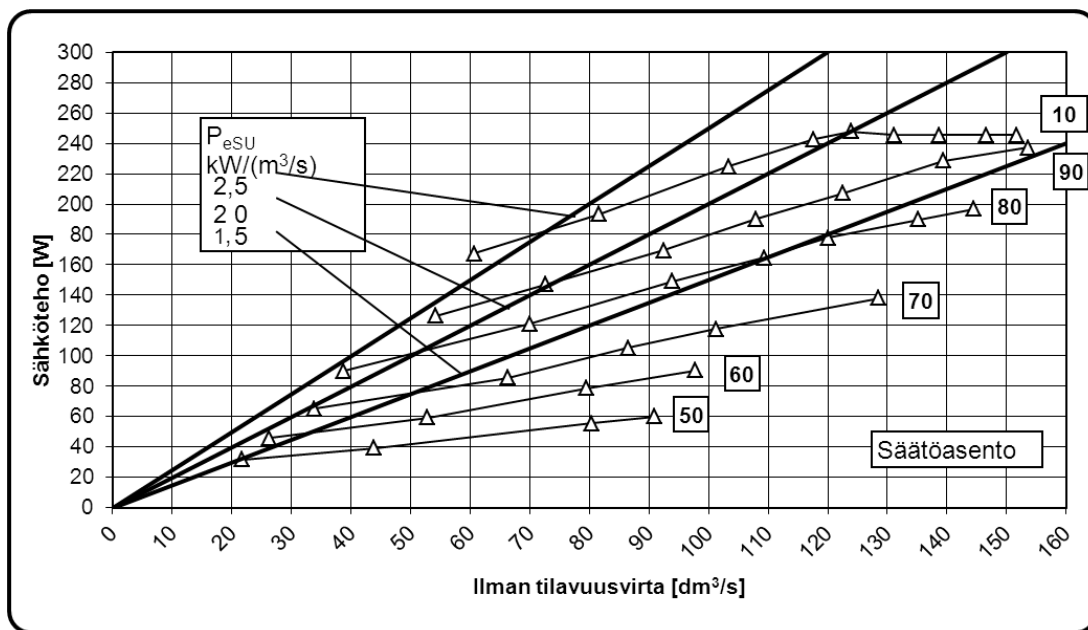
Kuva 12. Merair 21 C Tilavuusvirta-sähkötehokaavio

5.3 Merair 26 C tulokset

Merair 26C:n tuloksista voidaan heti nähdä kuvassa 13 ja 14, että päästään jo huomattavasti selvempiin eroihin edellisiin verraten. Peruskäytölläkin pystytään ylittämään sata (100) litraa sekunnissa ja myös maksimi ilmavirrassa ylitetään sataviisikymmentä (150) litraa sekunnissa. SFP-luvun suhteen ollaan jälleen tuon 2,0 alapuolella, joskin vielä selvemmin ja alemmilla säädöillä 1,5 alittuu kuten muillakin konetyypeillä.



Kuva 13. Merair 26 C tilavuusvirta-paineikaavio



Kuva 14. Merair 26C Ilmavirta-sähkötehokaavio.

5.4 Yhteenveto mittaustuloksista

Muodostuneista tuloksista voidaan helposti huomata, että jokaisella koneella päästään hyvään SFP-luvun tulokseen ja myös konekokojen mukaan suorien muodostuminen on odotetun mukainen. Verraten merairin aikaisemmin esiteltymiin tuotetietoihin voidaan hyvin todeta, että koneet pääsevät valmistajan lupaamiin tuloksiin niin peruskäytön ilmamäärissä, kuin liittymistehonkin osalta. Pienemmillä kierroksilla erot ovat melko pieniä, mutta koneiden kokoluokat alkavat tulla esille suuremmissa ilmamäärissä selvästi.

6 VUOSIHYÖTYSUHDE

6.1 Ympäristöministeriön moniste 122

Monisteessa käsitellään rakennusten ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennallista määrittämistä. Vuosihyötysuhde on tarpeellinen niin

sanotusti laajennetussa lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Monisteessa esitellään yksityiskohtaiset ohjeet ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennasta, käyttäen tuloilman lämpötilahyötysuhdetta sekä ulkolämpötilan pysyvyystietoja.

Moniste antaa kaksi vaihtoehtoa laskea lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta; Joko käyttämällä perusmenetelmää, jossa hyötysuhde määritetään lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilahyötysuhteen kautta joko

$$\eta_a = 0,6 \eta_t$$

tai käyttämällä se talteen otetun lämpöenergian ja kaikkien lämmöntalteenotto-vaatimusten piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen mukana kulkeutuvan lämpöenergian suhteena.

$$\eta_a = \frac{Q_{lto}}{Q_{iv}}$$

Moniste sisältää erilaisia esimerkkejä kyseisestä laskennasta, joten sen mukaan on helppo alkaa kyseisiä asioita selvittämään. Tässä opinnäytetyössä käytin jälkimmäistä laskentakaavaa, joka antaa yksityiskohtaisemman sekä tarkemman arvon vuosihyötysuhteelle. Työssä käytettyjä kaavoja on esitelty liitteessä 4 sekä esitelty erikseen monisteen pohjalta saatuja tuloksia seuraavissa liitteissä. (Ympäristöministeriön moniste 122, 2003.)

6.2 Laskentapohja

Tärkeänä osana laskuria oli energialaskenta, johon tarvitsin lämmöntarvelukua. Laskentapohjassa käytetään Sodankylän, Jyväskylän sekä Helsingin alueiden lämpötilatietoja vuoden ajalta, jolloin tieto on suhteellisen kattavaa. Tarvittava lämmöntarveluku saatiin selville käyttämällä sekä sisä- ja ulkoilman, että sisä- ja jäteilman lämpötilojen suhdetta. Asiasta. Kaavat on esitelty tarkasti liitteessä 1, kuten tutkimuksessani käyttämäni muut kaavat.

Laskentapohja koostuu kahdesta välilehdestä Excelissä, jotka ovat lämmöntarvelaskenta, johon on koottu pysyvyystiedot sekä lämmitystarveluvut lähdetietoineen. Yhteenvetosivulla tapahtuu laskenta, johon hyödynnetään lämmöntarvelaskentasivun tietoja. Myös itse hyötysuhdelaskenta tapahtuu ensimmäisellä yhteenvetosivulla. Yhteenvetosivu on siis sovitettu niin sivulle, että sen saa suoraan tarvittaessa tulostettua A4 kokoon ja sen takia myös ulkoasuun on tuon välilehden kohdalla käytetty enemmän muotoilua verrattuna muihin välilehtiin.

Laskentapohjan niin sanottu toiminnallisuus ei kuvissa tule esille, mutta se toimii käytännössä niin, että poistoilman mukaan pohja muuttaa otsikon koneen merkkiä ja solun väriä sen mukaan, mille koneelle optimaaliselle skaalalle osutaan poistoilman suhteen. Kun yhteenvetosivun alapuolisissa hyötysuhdelaskimissa oikean koneen otsakkeen väri muuttuu otsikon oikean koneen solun värin kanssa samaksi, on helppo nähdä, mikä on oikea kone tiettyyn tarpeeseen. Selventääkseni vielä oikean koneen valintaa, tein pohjaan sellaisen toiminnon, että kun edelliset väri ja otsikko -muutokset tulevat esille, myös oikean koneen otsikon viereen ilmestyy punaisella lihavoitu teksti ”tämä.”

Kaavat on otettu ympäristöministeriön monisteesta 122, ja käytetyt kaavat on esitetty sekä selitetty liitteessä yksi. Laskennan sivut löytyvät liitteistä kaksi, kolme ja neljä joten niiden toimintaa on helppo sisäistää liitteessä yksi olevien kaavojen kanssa.

6.3 Tulokset sekä vertailu

Laskentatulokset antoivat vahvistuksen, että koneiden vuosihyötysuhde liikkuu juuri Merairin esitteen antamassa 80–95 prosentin haarukassa helposti ja lämmityskauden hyötysuhteessa päästiin helposti yli 100 prosenttiin joka koneella. Verrattuna esimerkiksi Nilanin vastaavanlaisiin koneisiin on lämmityskauden hyötysuhde hyvin kilpailukykyinen. Nilanin kotisivuilla annetaan lämmityskauden hyötysuhteeksi 114 prosenttia ja rakennetulla laskurilla päästiin monesti sen yli. (Nilan www-sivut 2012.)

Huomioon täytyy kuitenkin ottaa se, että laskenta on aina teoreettinen ja kunnes oikeita käyttökokemuksia on tarpeeksi, voidaan alkaa edes jossain määrin puhua faktasta. Merairin toimitusjohtajan mukaan kuitenkin on jo päästy hyviin tuloksiin oikeissa kohteissa mittauksia tehtäessä.

Ilmavirroissa liikutaan samoilla hehtaareilla muiden valmistajien kanssa, joka on hyvä ja selittyy myös osin vaatimusten ohjeistuksista. Kun vaatimukset ovat samankaltaiset kaikille, syntyy tehoiltaan lähellä toisiaan olevia tuotteita.

Yleensä vastaaviin laitteisiin on lisätty mukaan lämmitysvastus, sekä ilmasta-veteen -siirrin, kun taas Merairin koneissa niitä ei ole. Esimerkiksi lämmön siirtämisen veteen ei ole katsottu olevan kannattavaa sen suhteellisen pienen säästön vuoksi. Tulokset siis ovat kohtuullisen hyviä, kun verrataan VTT:n tekemiin mittauksiin Merairin yhdestä koneesta, sekä kilpailijoiden tuloksiin.

Sähkövastuksilla lämpöä tehtäessä voitaisiin jo sinällään alkaa puhua lämmityslaitteesta, koska ilman sellaista ei kone riitä pitämään taloa koko vuotta lämpöisenä, vaan se tarvitsee tuekseen jonkin lämmitysmuodon, kuten takan, vesikiertoisen lämmitystekniikan tai suoran sähkön. Poistoilmalämpöpumpun toiminta on siis odotetusti mittausten mukaan todella tehokas ja voidaan hyvin sanoa niiden olevan hyvin kilpailukykyisiä tai jopa ylivoimaisia verrattuna muihin lämmöntalteenottotekniikoihin.

Jäteilman lämpötilaa ei onnistuttu mittaamaan, koska koneita ei ollut sovitulla aikataululla käytettävissä. Mittaukseen ei myöskään ollut siihen soveltuvaa tilaa, koska koulun laboratorion kylmäkoneen kapasiteetti ei riittänyt tähän tarkoitukseen. Jäteilman lämpötilan mukaan vuosihyötysuhde rakentuu, joten työn tilaajan vastuulle jää mitata laskentapohjaan puuttuvat lämpötilat.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekeminen oli mielestäni hyvin mielenkiintoista ja sen tekemisen ohessa opin paljon uutta asiaa liittyen ilmanvaihtokoneisiin. Oikeastaan nyt vasta tutustuin niiden toimintaan konkreettisesti.

Aihe oli melko haasteellinen, koska vastaavanlaista esimerkkiä ei ollut saatavissa, jonka mukaan työn olisi voinut tehdä. Mittauksissa jouduin tekemään useita uusia otoksia, kun täytyi päästä oikealle skaalalle tuloksissa. Sain kuitenkin mittauksia tehtyä melko hyvin, vaikkakin paljon ominaisuuksia vielä olisi voitua mitata, kuten laitteiden vuotoilmaa, akustiikkaa sekä jäteilman lämpötilan seuranta erilaisissa lämpötiloissa.

Mikäli pakkaskeleillä olisi haluttu lämpötiloja mitailla, olisi täytynyt löytyä tila, jossa se olisi ollut mahdollista, sillä koulun kylmäkone ei olisi tarkoitukseen riittänyt. Myös vuodenaika sekä koneiden saatavuuden vuoksi kyseisiä mittauksia ei pystynyt suorittamaan.

Laskentapohjan rakentaminen oli myös tässä poikkeustapauksessa aluksi todella haastavan tuntuinen, mutta loppujen lopuksi kuitenkin sekin alkoi rakentua oikeaan muotoonsa. Ympäristöministeriön monisteen ymmärtäminen oli aluksi mahdottoman tuntuista, mutta työn edetessä ja kokonaiskuvan kasvaessa oma ymmärrys alkoi parantua merkittävästi asian suhteen ja sisältö aukeni hyvin. Laskimesta tuli toimiva ja sen kehittäminen jatkuu varmasti vielä tulevaisuudessa paremmaksi. Laskimen toimivuuden tarkistamisen jälkeen oli helppo alkaa rakentaa erilaisia hienouksia laskentapohjaan kuten solujen värienvaihto, otsakkeen muuttaminen ja huomiotekstien ilmestyminen pohjaan. Harmittavinta pohjan tekemisessä oli se, että jäteilman lämpötiloja en pystynyt mittaamaan kiireellisen aikataulun ja koneiden saatavuuden vuoksi.

Työn ohella pääsin myös Finnbuild-messuille esittelemään Merairin tuotteita, joka oli todella mielenkiintoista ja opettavaa. Tällaista tuotetta esiteltäessä huomasin kohdeyleisön olevan vaativaa, koska todella monenlaisiin kysymyksiin oli

varauduttava, eikä aina ollut helppoa selventää asioita kojulla kävijöille. Työn ohella syntyi myös mahdollisuus tehdä jatkossakin yhteistyötä Merairin kanssa, jonka johdosta varmasti pääsen näkemään, mihin suuntaan laitteisto kehittyy jatkossa.

LÄHTEET

Hakala, P. & Kaappola, E. 2007. Kylmälaitoksen suunnittelu. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Ilmatieteenlaitoksen www-sivut.2012 Viitattu 18.12.2012.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>

Lahden kaupungin www-sivut. 2012. Viitattu 18.12.2012.
<http://www.lahti.fi/www/cms.nsf>

Merairin www-sivut. 2012. Viitattu 18.12.2012. www.merair.fi

Motiva.2003. Poistoilmalämpöpumppu.Viitattu 18.12.2012.
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu/

Nilanin www-sivut.2012. Viitattu 18.12.2012. www.nilan.fi

prEN 13141-7. Ventilation for buildings-Performance testing of components/products for residential ventilation-Part 7: Performance testing of mechanical supply and exhaust ventilation units (Including heat recovery) for mechanical ventilation systems intended for single family dwellings. 2009. Technical committee CEN/TC 156.

SFS-EN 13141-4. Ventilation for buildings. Performance testing of components/products for residential ventilation. Part. 4 Fans used in residential ventilation systems.2011. Finnish standards association SFS. Helsinki: SFS

Suomen RakMK D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Suomen talotekniikkaportaalit Oy:n www-sivut. 2012. Viitattu 18.12.2012.
http://www.talotekniikka.eu/tate-lehti/fi_FI/lammontalteenotto

Ympäristöministeriön moniste 122. 2003. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa. Helsinki. Ympäristöministeriö.

KAAVASTO

S_s , Sisäilman lämpötilan sekä ulkoilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku

(1)

$$S_s = \sum (t_s - t_u) \Delta \tau$$

S_j , Sisä- ja jäteilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku (2)

$$S_j = \sum (t_s - t_j) \Delta \tau$$

Q_{lto} , Poistoilmasta talteenotettu energia lämmityskaudella, kwh (3)

$$Q_{lto} = \frac{c_p \times \rho + S_s}{1000} \times 24$$

Q_{lv} , Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia lämmityskaudella, kwh (4)

$$Q_{lv} = \frac{c_p \times \rho + S_s}{1000} \times 24$$

ρ =Ilman tiheys, kg/m³, (=1,2kg/m³)

c_p =Ilman ominaislämpökapasiteetti, J/kgK, (=1000J/kgK)

q_p =Lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluva poistoilmavirta, m³/s

$\Delta \tau$ =Aikajakso jolloin ko. lämpötilaero esiintyy


η_a Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

(5)

$$\eta_a = \frac{Q_{lto}}{Q_{lv}}$$

(Ympäristöministeriön moniste 122 2003)

LASKENTATAULUKON YHTEENVETO

 ILMANVAIHTOKONE + LÄMPÖPUMPPU				
Lähtötiedot				
Kohteen paikkakunta				
Merairin konetyyppi		15EC		
Ilmavirrat				
tarvittava Poistoilmavirta		10,0	dm ³ /s	
Tuloilmavirta		9,5	dm ³ /s	
erillispoistoilmavirta			dm ³ /s	
Sisäilman lämpötila		21	°C	
Tulo- ja jäteilman suhde		0,95		
15EC				TÄMÄ!!!
Energiälaskenta		Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
LTO:n vuosihyötysuhde		92,9	84,6	77,2 %
IV:n tarvitsema energia ilma yhteensä		122,3	289,7	512,4 kWh/a
IV-koneen säästö (Q _{to})		1593,0	1587,4	1736,2 kWh/a
IV:n tarvitsema energia ilma LTO:ta (Q _{iv})		1715,3	1877,1	2248,5 kWh/a
21EC				
Energiälaskenta		Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
LTO:n vuosihyötysuhde		101,2	92,5	77,2 %
IV:n tarvitsema energia ilma yhteensä		-20,9	140,9	512,4 kWh/a
IV-koneen säästö (Q _{to})		1736,2	1736,2	1736,2 kWh/a
IV:n tarvitsema energia ilma LTO:ta (Q _{iv})		1715,3	1877,1	2248,5 kWh/a
26EC				
Energiälaskenta		Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
LTO:n vuosihyötysuhde		101,2	92,5	77,2 %
IV:n tarvitsema energia ilma yhteensä		-20,9	140,9	512,4 kWh/a
IV-koneen säästö (Q _{to})		1736,2	1736,2	1736,2 kWh/a
IV:n tarvitsema energia ilma LTO:ta (Q _{iv})		1715,3	1877,1	2248,5 kWh/a

LIITTEEN KAKSI (2) SELITYKSET

Liitteen 2 kohdat järjestyksessä ylhäältä alas:

Kohteen paikkakunta: Voi olla mikä vain ei vaikuta itse laskentaan

Merair konetyyppi: Tämäkin on vapaa kenttä johon voi itse kirjoittaa tilanteeseen sopivan koneen

Ilmanvaihdon tilavuus: Tähän voi käyttää oikeata itse laskettua arvoa tai jos haluaa suuntaa näyttävän arvon, voi käyttää kohtaa Poistoilman karkea laskenta.

Tarvittava poistoilmavirta: Tähän lasketaan tarvittava poistoilmavirta. Tuloilmavirta: Kertoo poistoilmavirran sekä tulo- että jäteilman suhteen.

Erillispoistoilmavirta: Mikäli talossa on esimerkiksi muita tuloja, joita ei käytetä hyödyksi lämöntalteenotossa, kuten liesituuletin, merkitään sen ilmavirta tähän.

Sisäilman lämpötila: Tahdottu sisäilman lämpötila. Yleensä perusasetus kaksikymmentä (20) astetta.

Tulo- ja jäteilman suhde: Voidaan laittaa prosentuaalinen kerroin desimaaleina siitä, kuinka monta prosenttia tulo on poistosta. Esimerkiksi sata (100) prosenttia on yhtä kuin 1,0 ja niin edelleen.

LTO:n vuosihyötysuhde: Lasketaan yläpuolisesta kaavasta η

IV:n tarvitsema energia yhteensä: Vähentää Qlton:n Qiv:stä

Qiv: Lasketaan kaavasta (4 liite 4)

Qlto: Lasketaan kaavasta (3 liite 4)

Jokaisen konetyypin kohdalla noudatetaan samaa vuosihyötysuhteen laskentatapaa.

LÄMMITYSTARPEEN LASKENTATAULUKKO

Ulkolämpötilojen pysyvyydetiedot							Sisä ja ulko lämpötilan suhde			Jäteilman ja sisäilman välinen Suhde		
Ulkoilman lämpötila	Helsinki %	Jyväskylä %	Sodankylä %	Jäteilma 0	Sisälämpötila C	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä	
-40			0,011	0	21			0,00671			0,00231	
-39			0,068	0	21			0,0342			0,01197	
-38			0,137	0	21			0,04071			0,01449	
-37			0,263	0	21			0,07308			0,02646	
-36			0,422	0	21			0,09063			0,03339	
-35			0,548	0	21			0,07056			0,02646	
-34		0,057	0,685	0	21		0,03135	0,07535		0,01197	0,02877	
-33		0,080	0,902	0	21		0,01242	0,11718		0,00483	0,04557	
-32		0,091	1,031	0	21		0,00583	0,06837		0,00231	0,02709	
-31		0,171	1,667	0	21		0,0416	0,33072		0,0168	0,13356	
-30	0,011	0,263	2,066	0	21	0,00561	0,04692	0,20349	0,00231	0,01932	0,08379	
-29	0,034	0,377	2,603	0	21	0,0115	0,057	0,2685	0,00483	0,02394	0,11277	
-28	0,057	0,548	3,071	0	21	0,01127	0,08379	0,22932	0,00483	0,03591	0,09828	
-27	0,137	0,753	3,539	0	21	0,0384	0,0984	0,22464	0,0168	0,04305	0,09828	
-26	0,217	0,902	4,018	0	21	0,0376	0,07003	0,22513	0,0168	0,03129	0,10059	
-25	0,297	1,210	4,578	0	21	0,0368	0,14168	0,2576	0,0168	0,06468	0,1176	
-24	0,365	1,553	5,194	0	21	0,0306	0,15435	0,2772	0,01428	0,07203	0,12936	
-23	0,514	1,975	6,016	0	21	0,06556	0,18568	0,36168	0,03129	0,08862	0,17262	
-22	0,799	2,432	6,804	0	21	0,12255	0,19651	0,33884	0,05985	0,09597	0,16548	
-21	1,164	2,911	7,591	0	21	0,1533	0,20118	0,33054	0,07665	0,10059	0,16527	
-20	1,461	3,368	8,425	0	21	0,12177	0,18737	0,34194	0,06237	0,09597	0,17514	
-19	1,678	3,984	9,326	0	21	0,0868	0,2464	0,3604	0,04557	0,12936	0,18921	

Taulukon selvennys vasemmalta oikealle (kuvassa vain osa kaavioista sen suuruuden vuoksi):

Ulkoilman lämpötila: Paikkakuntien lämpötilajakauma vuoden aikana. Tiedot saatu Ilmatieteenlaitoksen sivuilta. (Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2012)

Helsinki, Jyväskylä, Sodankylä %: Ympäristöministeriön sivuilta saatua tietoa, joka kertoo kuinka usein vuoden aikana on kyseistä lämpötilaa viileämpää kyseisellä paikkakunnalla.

(Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2012)

Jäteilma: Jäteilman lämpötila

Sisälämpötila: Tilan sisällä oleva lämpötila

Sisä- ja ulkolämpötilan suhde: Lasketaan kaavasta Kaava 1. Liite 4

Jäteilman ja sisäilman välinen suhde: Lasketaan kaavasta 2. Liite 4

Saadut sisä- ja ulkolämpötilasuhteet sekä jäte- ja sisäilmasuhteet laskettiin taulukon alapuolella yhteen ja kerrottiin 365:llä (päivää vuodessa) sekä 24h:lla, jolloin arvot oli helppo muuttaa yhteenvetosivulla energiaksi. Liitteissä käytetyt kaavat saatiin ympäristöministeriön monisteesta 2003.