

Jukka Manner

SFP-luku LVI-suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakentamisen koulutusohjelma

Opinnäytetyö

19.12.2013

Tekijä Otsikko	Jukka Manner SFP-luku LVI-suunnittelussa
Sivumäärä Aika	44 sivua + 4 liitettä 19.12.2013
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja Ohjaava opettaja	toimialajohtaja Antti Torkki yliopettaja Olli Jalonen
<p>Työn tilaajana oli Optiplan Oy. Optiplan on monialasuunnittelutoimisto ja kuuluu pohjoismaiseen NCC rakennusyhtiöön.</p> <p>Työn tavoitteena oli antaa käytännön ohjeistusta SFP-luvun hallintaan tämän päivän LVI-suunnittelussa. Työssä keskityttiin toimitilarakennuksiin ja lähinnä toimistorakennuksiin.</p> <p>Aluksi työssä selvitettiin SFP-luvun yleistä teoriaa ja lisäksi kerrottiin kuinka SFP-luku lasketaan eri tapauksissa. SFP-luku kertoo ilmastointijärjestelmän ominaissähkötehon. SFP-luvun yksikkö on kW/(m³/s). Yksiköstä voidaan jo päätellä, että SFP-luku tarkkaan ottaen vastaa kysymykseen, kuinka paljon tarvitaan sähkötehoa yhden kuution ilman siirtämiseen.</p> <p>Työssä selvitettiin ilmastointipuhaltimien energiankulutusta ja pyrittiin esimerkkien avulla havainnollistamaan optimaalisen ilmastointipuhaltimen valintaa. Samassa yhteydessä annettiin ohjeita ilmastointikoneen mitoitukseen ilmastointikonevalmistajan mitoitusohjelman avulla.</p> <p>Lisäksi kerrottiin ulkomailla suoritetuista tutkimuksista liittyen puhaltimien energiankulutukseen ja ilmastointikanaviston painehäviöiden hallintaan.</p> <p>Työssä kerrottiin käytännön esimerkkitapaus toimistorakennuksen saneerauksesta, jossa oli ollut ongelmia saavuttaa haluttu SFP-luku. Tässä yhteydessä pohdittiin eri ratkaisuvaihtoehtoja, jotta haluttu SFP-luku saavutettaisiin ja kerrottiin tarkemmin mistä ongelmat johtuivat kyseissä projektissa.</p> <p>Lopuksi esitettiin luettelo eri tekijöistä, joita kannattaa huomioida LVI-suunnittelussa, jotta vältetään SFP-lukuongelmilta. Lisäksi kerrottiin vaihtoehtoja, joita voidaan tehdä jo rakennettuun järjestelmään, jos järjestelmässä ilmenee vaikeuksia hallita SFP-luku. Yleisesti ottaen kanaviston painehäviön hallinta on suurin vaikuttava tekijä, johon LVI-suunnittelija voi vaikuttaa, jotta SFP-luku pysyy hallinnassa.</p> <p>Opinnäytetyön pohjalta tehdään SFP-ohje Optiplan Oy:lle.</p>	
Avainsanat	SFP-luku, LVI-suunnittelu, ilmastointi, ilmanvaihto, painehäviö

Author(s) Title	Jukka Manner Specific Fan Power in HVAC planning
Number of Pages Date	44 pages + 4 appendices 19 December 2013
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Building
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor(s)	Antti Torkki, Branch Manager Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>The purpose of this Master's thesis was to give practical information of the specific fan power (SFP) in HVAC planning. The project focused on office building.</p> <p>During the project the energy consumption of the fan of a air handling unit was established. Also, instructions for the sizing of an air handling unit in the design program were gathered. Furthermore, some foreign cases concerning fan energy consumption and ductwork pressure drop.</p> <p>The renovation of an office building with trouble to reach the desired specific fan power was used as a sample case. All problems were addressed separately to see what caused them. Possible solutions for solving the problems were studied. At the end, it was established that the problem was found at the ductwork, which was already built.</p> <p>As a conclusion, it can be stated that the ductwork pressure is a very important factor for specific fan power. It is also a factor that can be influenced with HVAC planning. Also, a list of factors worth observing in HVAC planning was created. The project will be used as a basis for instructions on how to control specific fan power.</p>	
Keywords	Specific Fan Power, HVAC planning, air condition, pressure drop

Sisällys

1	Johdanto	1
2	SFP-luku	1
2.1	Määrittely	1
2.2	SFP-luvun laskenta	2
2.3	SFP-luvun raja-arvot	5
2.4	SFP-luku suunnittelussa	6
3	Ilmavaihtokoneen liittäminen kanavistoon	9
3.1	Kanaviston kertavastukset	10
3.2	Suunnittelun asiakirja	13
4	SFP-aineistoa ulkomailta	14
5	Mitoitus MagiCad-ohjelmalla	23
5.1	Mitoitusperusteet	23
5.2	Päätelaitteen ilmamäärän muuttaminen	24
5.3	Kanavistojärjestelmien vertailuja	26
6	Ilmastointikoneen mitoitus	29
6.1	Acon-valintaohjelma	29
6.2	Konekoon vertailu	29
6.3	Kanaviston painehäviön merkitys konevalintaan	33
7	Kokemuksia projekteista	34
7.1	SFP-luvun käytössä huomioitavaa	34
7.2	SFP-luvun hallinnan ongelmat	35
7.3	Pohdintoja saneerausprojektista	39
8	Menettelyohjeet	40
9	Yhteenveto	41
	Lähteet	43

Liitteet

Liite 1. Koneajo konekoko 027

Liite 2. Koneajo konekoko 032

Liite 3. Koneajo konekoko 045

Liite 4. Koneajo konekoko 027, muutettu patterien lamellijako

1 Johdanto

Tutkimuksen tavoitteena on antaa ohjeita SFP-luvun tavoitearvon saavuttamiseen LVI-suunnittelussa. Työn tilaajana on Optiplan Oy. Työn tilaajalla on ollut projekteja, joissa on ollut vaikeuksia saavuttaa haluttu SFP-luku.

SFP-luku kertoo, kuinka paljon ilmastointikoneen puhallin kuluttaa energiaa, kun puhallin toimii mitoitettulla ilmamäärällä. Uudisrakentamisessa SFP-luku täytyy aina ilmoittaa viranomaisille. Rakentamismääräys D3 antaa SFP-luvuksi raja-arvon, jota ei saa ylittää. Voimassa oleva raja-arvo on $2 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$. Kun ilmastointijärjestelmä on valmis, SFP-luku mitataan, millä varmistetaan, että vaadittu SFP-luku toteutuu.

Optiplan Oy on monialasuunnittelutoimisto, joka kuuluu pohjoismaiseen NCC rakennusyhtiöön. Optiplan Oy:n historia on saanut alkunsa vuonna 1964 Rakennustoimisto A. Puolimatkan toimesta, jolloin palkattiin ensimmäinen rakennusarkkitehti Forssaan elementtitehtaalle. (20).

Optiplan Oy:n on erikoistunut asumisen, toimitilojen ja korjausrakentamispalvelujen suunnitteluun. Suunnittelu kattaa arkkitehti-, rakenne-, elementti- ja LVISA-suunnittelun. Lisäksi yhtiön suunnittelupalveluun kuuluu energia- ja ympäristösuunnittelu. Työn tilaajana on toimitilasektori, joka vastaa toimisto-, kauppapaikka- ja logistiikka-keskustilojensuunnittelusta. (20).

2 SFP-luku

2.1 Määrittely

SFP on lyhenne englanninkielisistä sanoista Specific Fan Power. SFP-luku ilmaisee ilmastointikoneen ominaissähkötehon. Ominaissähköteho kertoo, kuinka paljon sähkötehoa tarvitaan ilman kuljettamiseen rakennuksessa. SFP-luku on käytännössä ilmanvaihtojärjestelmän kokonaispainehäviö jaettuna kokonaishyötysuhteella (15, s. 2). SFP-lukuun voidaan vaikuttaa kanaviston painehäviötä, ilmankäsittelykoneen painehäviötä liitäntähäviöineen tai puhaltimen kokonaishyötysuhdetta muuttamalla (15, s. 2).

SFP-luvun avulla ohjataan, että toteutettava ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuus-taso saavuttaa halutun arvon. SFP-luku valitaan projektikohtaisesti. Lukuarvoa määri-tellessä täytyy ottaa huomioon kuitenkin voimassa olevat rakentamismääräykset ja haluttu käyttökustannustaso. Sisäilman tavoitetaso ja rakennustyyppi vaikuttavat SFP-lukuun. (15, s. 2).

Kun lasketaan rakennuksen E-lukua, nykyisten rakentamismääräysten mukaan, täytyy yhtenä tekijänä huomioida myös ominaissähköteho. Sähkön primäärienergiakerroin on 1,7, näin ollen SFP-luvulla on melko merkittävä vaikutus E-lukuun. Vaikutusta lisää myös se, että toimistorakennuksen ilmamäärien laskennalliset ilmamäärät ovat vakiot, jos kohteessa ei ole tarpeenmukaista ilmanvaihtoa. Ilmamäärien suunnitteluarvoja voi-daan käyttää, jos kohteessa on tarpeenmukainen ilmanvaihto. (19). Muuttuvan ilmavir-ran järjestelmässä SFP-luku määritellään mitoittavalla ilmavirralla (15, s. 3).

Asuinrakennusten ilmanvaihdossa ominaissähköteho määritellään käyttöajan tehosta-mattomalla ilmavirralla. Ominaissähköteho voidaan tarkistaa ilmanvaihtokone valmista-jan käyrästä avulla, kun tiedetään järjestelmän painehäviö ja ilmanvaihtokoneen eri säätöarvojen ominaissähköteho. (15, s. 3).

2.2 SFP-luvun laskenta

Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho lasketaan siten, että kaikkien puhaltimien ja mahdollisten taajuusmuuttajien ottama sähköteho sähköverkos-ta lasketaan yhteen ja jaetaan joko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla. Kokonaissähköenergian kulutukseen huomioidaan lisäksi lämmön talteenoton pumppu-jen ja moottorien kuluttama sähköenergia. Laskennassa käytetään aina suurempaa ilmavirtaa, (kaava 1). Laskenta tehdään samalla tapaa myös yksittäiselle ilmanvaihto-koneelle tai puhaltimelle, (kaava 2). (15, s. 2).

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaiteet}}{q_{max}} \quad (1)$$

SFP on ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{poisto} on poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

$P_{apulaiteet}$ on taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten LTO-pumppujen ja -moottorien ottama sähköteho, kW

q_{max} on mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta, m³/s.

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaiteet}}{q_{max}} \quad (2)$$

SFP on ilmankäsittelykoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{poisto} on poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW

$P_{apulaiteet}$ on taajuusmuuttajan ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisen LTO-pumpun ja – moottorin ottama sähköteho, kW

q_{max} on koneen ilmavirroista suurempi, m³/s.

Kokonaispainehäviö vaikuttaa puhaltimien ottamaan sähkötehoon. Kokonaispainehäviö koostuu kaikkiin järjestelmään kytketyistä komponenteista, joita ovat mm.

- ulkoilmasäleikkö
- tuloilmakanavisto koneen imu- ja painepuolella
- ilmankäsittelykone
- poistoilmakanavisto koneen imu- ja painepuolella
- päätelaitteet (15, s. 2).

Melko usein ilmanvaihtourakoitsija haluaa vaihtaa ilmanvaihtokoneen toisen ilmanvaihtokonevalmistajan malliin. Tällöin ilmanvaihtokone poikkeaa suunnittelusta ratkaisusta, ja SFP-luvun avulla voidaan varmistaa, että ilmanvaihtourakoitsijan esittämä ilmanvaihtokone täyttää vaaditut arvot ainakin siltä osin (15, s. 2). Tässä vaiheessa kannattaa huomioida myös, että laitekoonpano on sama kuin suunnitellussa ratkaisussa.

Ilmanvaihtokoneeseen saatetaan liittää jonkin muun valmistajan äänenvaimentimet ja ilmapuhaltimen ominaissähköteho lasketaan ilman vaimentimia. Tällöin pitää kanaviston painehäviötä korottaa seuraavasti:

- äänenvaimentimen oma painehäviö mitoitustilavirralla
- liitäntähäviö, joka syntyy, kun äänenvaimennin liitetään ilmanvaihtokoneeseen. Tuloilmapuolella painehäviö on noin 100 Pa ja poistoilmapuolella painehäviö on 20...50 Pa. (15, s. 5).

Ilmapuhaltimen muodostaa yleensä järjestelmän kokonaispainehäviöistä suurimman osan. Lisäksi kanaviston tarvitsema paineen korotus tuotetaan puhaltimessa, jolloin koneen puhaltimen ominaisuudet vaikuttavat kanaviston sähkökulutukseen. Yksittäisen puhaltimen ominaissähköteho lasketaan seuraavasti, kaava 3. (15, s. 2).

$$SFP = \frac{P_{\text{puhallin}} + P_{\text{apulaiteet}}}{q} \quad (3)$$

SFP on puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{puhallin} on puhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW

$P_{\text{apulaiteet}}$ on taajuusmuuttajan ja muiden säätölaitteiden ottama sähköteho, kW

q on puhaltimen ilmavirta, m³/s.

Puhallinsähkön laskenta

Yleensä ilmapuhaltimen valmistajan mitoitushjelma kertoo suoraan puhaltimien ottaman sähkötehon sähköverkosta. Sähköteho voidaan myös laskea kaavalla 4. (15, s. 3).

$$P_{\text{sähkö}} = \frac{P_{\text{puhallin}}}{\eta_{\text{käyttö}} \times \eta_{\text{moottori}} \times \eta_{\text{säätö}} \times 1000} \quad (4)$$

$P_{\text{sähkö}}$ on puhaltimen sähköverkosta ottama sähköteho, kW

P_{puhallin} on puhaltimen akseliteho sisältäen laakerihäviöt, kW

$\eta_{\text{käyttö}}$ on voimansiirron hyötysuhde

η_{moottori} on moottorin hyötysuhde

$\eta_{\text{säätö}}$ on pyörimisnopeussäätimen hyötysuhde (esim. taajuusmuuttaja).

2.3 SFP-luvun raja-arvot

Vuoden 2012 RakMK D3 mukaan koneellisen tulo-poistoilmajärjestelmän SFP-luku saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s) koko rakennuksessa. Koneellisessa poistoilmajärjestelmässä ominaissähköteho voi olla enintään 1,0 kW/(m³/s). Tietyissä tilanteissa näistä arvoista on mahdollisuus poiketa, poikkeustapaukset on määritelty standardissa SFS-EN 13779. Standardi antaa vain suosituksen tietyille ylityksille. Tällöin ilmastointikoneessa on normaalia vaativampia toimintoja. Taulukossa 1 on kerrottu sallitut ylitykset tietyille ilmastointikoneen komponenteille. Lisäksi yksittäinen ilmanvaihtokone voi ylittää annetut raja-arvot, kun koko rakennuksen osalta määrätty SFP-luku toteutuu. (15, s. 4).

Taulukko 1. SFP-luvun sallittu ylitys ilmastointikomponenteille standardin SFS-EN 13779 mukaan (15, s. 4).

Komponentti	Sallittu ylitys, kW/(m ³ /s)
Mekaaninen lisäsuodatusosa	+ 0,3
HEPA-suodatin	+ 1,0
Kaasusuodatin	+ 0,3
Korkean (yli 70 %) hyötysuhteen LTO-osa	+ 0,3
Suurtehojäähdytin	+ 0,3

2.4 SFP-luku suunnittelussa

Oikealla suunnittelulla ja laitevalinnoilla suunnittelija voi vaikuttaa koko rakennuksen elinkaarikustannuksiin ja ympäristökuormitukseen. Suunnittelun vaiheet on esitetty kuvassa 1. (15, s. 3).



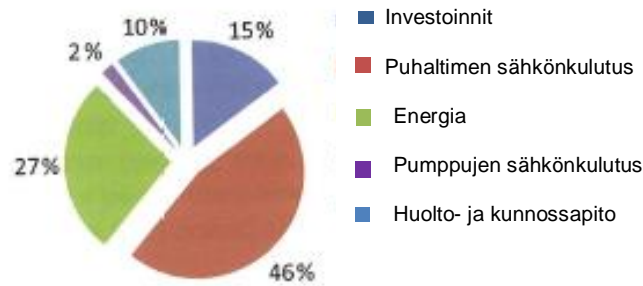
Kuva 1. Ominaissähkötehon suunnittelun ja laskennan kulku (15, s. 3).

Suunnitteluvaiheessa kannattaa huomioida, että SFP-luku saattaa toteutusvaiheessa kasvaa eli mitoitukseen kannattaa varata tehon tarvetta jonkin verran. Risteilytarkastuksia kannattaa eri suunnittelualojen välillä tehdä. Näin voidaan varmistaa, että toteutus onnistuu suunnitelmien mukaisesti. Nykyisin tietomallien avulla voidaan eri suunnittelualoja yhdistää ja tehdä ristiintarkasteluja. (15, s. 3).

Ilmastointikoneen puhaltimen sähkönkulutus

Ilmastointikonetta valittaessa kannattaa kiinnittää huomiota otsapintanopeuteen. Yleensä otsapintanopeus on ollut 2,0 m/s tai vähän yli. Tämä on osaltaan johtanut ilmastointikoneen puhaltimien suureen osuuteen sähkönkulutuksessa. Puhaltimen sähkönkulutus on lähes puolet koko elinkaarikustannuksista tyyppillisessä toimistorakennuksessa. (12, s. 16).

Kustannusten jakautuminen on esitetty kuvassa 2. Kuvassa investointikustannukset ovat 15 %, kulutetun energian kustannukset 27 %, pumppujen sähkön kustannukset 2 %, huoltokustannukset 10 % ja puhaltimien sähkön kustannukset 46 %. (12, s. 16).



Kuva 2. Toimistorakennuksen elinkaarikustannusten jakautuminen (12, s. 16).

EU-komission asetus

EU-komissio on antanut asetuksen N:o 327/2011 koskien puhaltimien ekologista suunnittelua. Asetus ottaa huomioon Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY. Direktiivi antaa vaatimukset ekologiselle suunnittelulle koskien puhaltimia, jotka ovat varustettu moottoreilla. Moottorien ottoteho on vähintään 125 W ja enintään 500 kW. (13).

Asetus antaa eri puhallintyypeille hyötysuhdevaatimukset, jotka pienentävät puhaltimien energiankulutusta. Nykyinen hyötysuhdetasovaatimus on ollut voimassa vuoden 2013 alusta. Vuonna 2015 puhaltimien hyötysuhdetaso vaatimukset kasvavat edelleen. Asetuksella pyritään pienentämään puhaltimien sähkönkulutusta ja samalla otetaan huomioon ekologiset näkökohdat. (13).

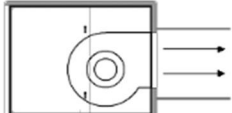
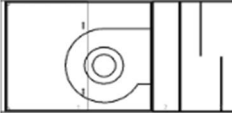
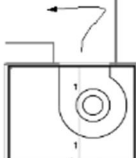
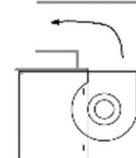


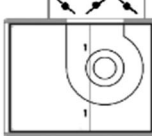
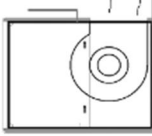
Ulkoinen painehäviö on vaikuttanut puhaltimien sähkön kulutuksen suureen osuuteen ilmastointikoneen elinkaarikustannuksissa. Taulukossa 2 on luokiteltu koko ilmastointijärjestelmää käsittäviä ohjeellisia painehäviöarvoja.

Taulukko 2. ilmastointijärjestelmän painehäviöistä (12, s. 17).

	Huono	Normaali	Hyvä	
Komponentti				
Otsapintanopeus	2,5	2,0	1,5	m/s
Suodatin F3	80	70	50	Pa
Suodatin F5	140	115	75	Pa
Suodatin F9	190 - 250	160	110	Pa
Pyörivä LTO	200 - 250	150	90 - 100	Pa
Lämmitys patteri	120	80	40	Pa
Jäähdytys patteri	140	100	60	Pa
Kostutin	60	40	20	Pa
Äänenvaimennin	80 - 235	50	30	Pa
IV-koneen sisäinen painehäviö	670	420	250	Pa
Kanavisto	300 - 490	200 - 230	100 - 115	Pa
Ilmamääräsäädin	112	112	25	Pa
Lisälämmitys patteri	105	50	25	Pa
Kammio	100	50	30	Pa
Päätelaite	70	50	20	Pa
Jäteilma	175	175	175	Pa
Puhaltimen hyötysuhde	40	50	63	%
SFP	6	3	1.3	kW/(m ³ /s)

3 Ilmavaihtokoneen liittäminen kanavistoon

Kanaviston liittämiseen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä epäedullinen liitostapa kasvattaa painehäviötä ilmastointijärjestelmässä. Tätä kautta kasvaa tehon tarve ilmastointipuhaltimella ja samalla kasvaa myös ominaissähköteho. Puhaltimen sähkötehontarve kasvaa kolmanteen potenssiin, kun puhaltimen kierrosnopeutta joudutaan nostamaan. Kuvassa 3 on esitetty muutama liitostapa, joita kannattaa välttää. (14, s. 18 — 19). Kun kanava liitetään ilmanvaihtokoneeseen, niin kanavakoko kannattaa säilyttää samankokoisena kuin puhaltimen paineaukko.

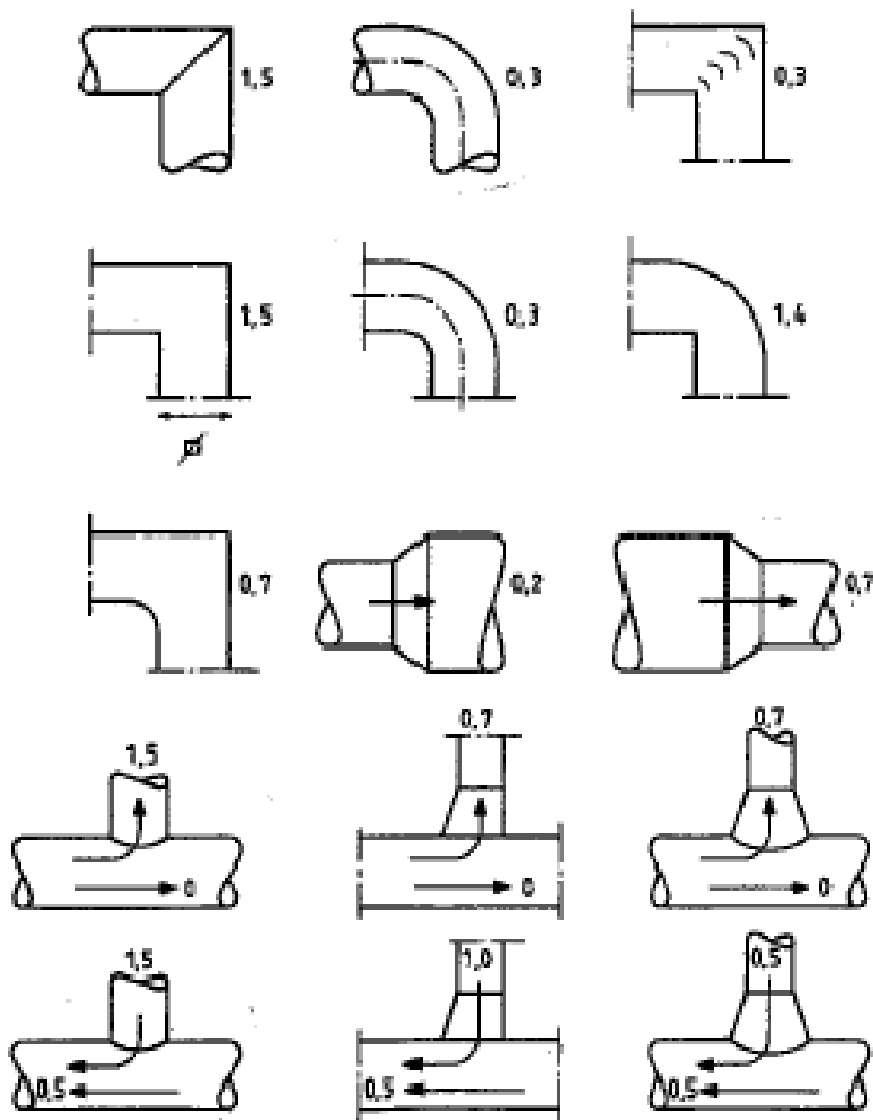
	
<p>Kun ilmastointikoneen puhallin valitaan ja mitoitetaan kanavaliitäntäisenä, laskee mitoitusohjelma liitäntähäviön käyttäen tiettyä, puhaltimen liitettävää kanavakokoa. Asennuksessa tulee noudattaa puhaltimen valmistajan suositusta kanavakoon ja esteettömän pituuden suhteen.</p>	<p>Kun ilmastointikoneen puhallin mitoitetaan samaan tuotesarjaan kuuluvan äänenvaimentimen kanssa, ottaa mitoitusohjelma automaattisesti huomioon tarvittavat painehäviökorjaukset. Vaimentimen jälkeen ilman nopeus on niin tasainen, että liitäntätavalla ei ole käytännön merkitystä.</p>
	
<p>Mikäli puhaltimen paineaukko liitetään käyrään, joka kääntyy väärään suuntaan puhaltimen pyörimissuuntaan nähden, aiheutuu tästä suuri liitäntähäviö, koska puhaltimesta suurella nopeudella tuleva ilmavirta joutuu vaihtamaan suuntaa pienessä tilassa.</p>	<p>Kun käyrä kääntyy samaan suuntaan puhaltimen pyörimissuunnan kanssa, saadaan virtausteknisesti edullinen liitäntä. Puhaltimen pyörimissuunta tuleeekin mahdollisuuksien mukaan aina valita tämän tapauksen mukaisesti.</p>
	
<p>Kanavan laajentaminen jyrkällä 'diffusorilla' ei ole suositeltavaa. Kanavaliitäntässä pitää kanavan yläreunan jatkaa suoraan pitkin puhaltimen ulospuhallusaukon yläreunaa. Vaihtoehtoisesti kanavan pitää olla kaukana puhallusaukon yläreunasta (= puhallus kammioon -tilanne).</p>	<p>Mikäli puhaltimen painepuoli on liitetty kammioon, josta lähtee kanavaliitäntöjä eri suuntiin, joudutaan ejektorivaikutuksen takia kuristamaan eteenpäin lähtevää kanavaa kohtuuttoman paljon, jotta ilma saataisi menemään ylöspäin olevaan liitäntään.</p>
	
<p>Puhaltimen paineaukkoon ei ilman suojaetäisyyttä pidä asentaa mitään osia, kuten esimerkiksi sälepeitä. Sälepeitä estää virtauksen tasaantumisen ja aiheuttaa näin suuren törmäyshäviön. Samalla pelti joutuu voimakkaasti pyöritelevään ilmavirtaan, jolloin sen elinikä lyhenee ratkaisevasti.</p>	<p>Liian pieni kanavakoko puhaltimen jälkeisessä käyrässä aiheuttaa voimakkaan törmäyshäviön ja virtaushäiriön. Tällöin puhaltimen ilmavirta tulee epästabiiliksi eli puhallin alkaa 'pumpata'. Puhallin pitää voimakasta ääntä ja vaurioituu ennen pitkää. Kanavamitoissa pitää noudattaa valmistajan ohjeita.</p>

Kuva 3. Kanaviston liitostapoja ilmastointikoneeseen (14, s. 18—19).

Liittämistavasta johtuvia painehäviöitä kutsutaan liitäntähäviöiksi. Kannattaa huomioida, että ilmastointikoneen mitoitusohjelmat ja suunnitteluohjelmat eivät huomioi liitäntähäviöitä. Lisäksi kannattaa huomioida, että ilmastointikoneen puhaltimien suoritustarvot perustuvat laboratorio-olosuhteisiin tehtyihin mittauksiin.

3.1 Kanaviston kertavastukset

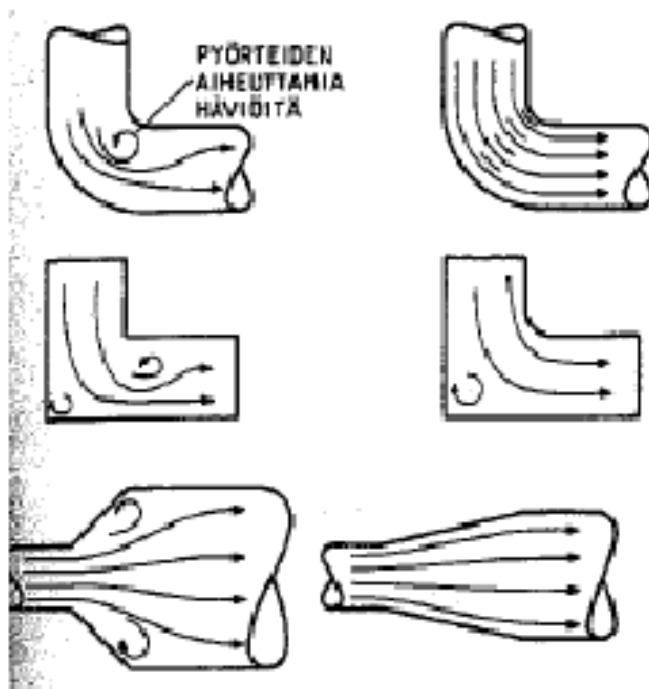
Ilmanvaihtokanaviston osille on määritetty kertavastuskertoimia. Kuvassa 4 on esitetty tyypillisten ilmanvaihto-osien kertavastuskertoimia. Lisäksi kannattaa huomioida, että kertavastuskertoimet perustuvat häiriintymättömään ilmavirtaukseen. (10 s.100).



Kuva 4. Kanavaosien likimääräisiä kertavastuskertoimia (10, s.100).

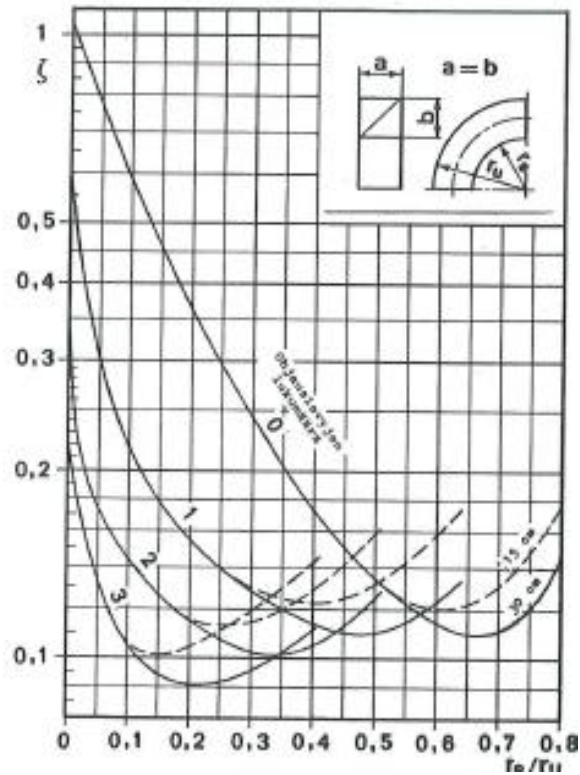
Myös suunnitteluohjelmien esimerkiksi MagiCad-ohjelman painehäviölaskenta perustuu häiriöttömään virtaukseen. Ohjelma ei huomioi mitenkään, jos kanavaosille annetut suojaetäisyysvaatimukset eivät toteudu.(21).

Ilman pyörteily aiheuttaa enemmän painehäviötä kanavaosassa. Kuvassa 5 on kuvattu ilmanvirtausta tyypillisissä kanavaosissa. Kuvassa vasemmalla olevissa kanavaosissa pyörteily on voimakkaampaa kuin oikealla olevissa kanavaosissa. Kuvasta voidaan päätellä, että pitempi muuntoyhde ja ohjaussiivekkeillä varustettu käyrä vähentävät ilman pyörteilyä.



Kuva 5. Ilmanvirtaus kanavaosissa (10, s.99).

Suorakaidekanavaosat tuottavat yleisesti enemmän painehäviötä kuin pyöreät kanavaosat. Suorakaideosien käyrissä käytetään ohjauslevyjä, jotta ilmavirta olisi ”jouheampi”. Kuvassa 6 on esitetty ohjauslevyjen vaikutus suorakaidekäyrän kertavastusarvoon (ζ). Kuvan mukaan, jos $r_s/r_u \approx 0,5$, niin ohjauslevyjä ei tarvita. Kuvan 6 käyrästä antaa arvot suoraan, kun suorakaidekanavan poikkileikkaus on neliönmuotoinen.



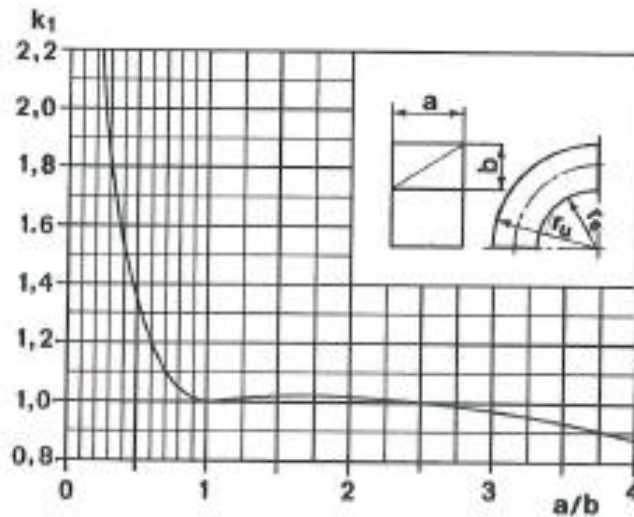
Kuva 6. Ohjauslevyjen vaikutus kertavastukseen, kun kyseessä on suorakaidekäyrä, joka on poikkipinnaltaan neliönmuotoinen (11, s.29).

Kuvassa 7 on esitetty käyrästä korjauskertoimelle, kun suorakaidekanavan poikkipinta poikkeaa neliöstä. Tällöin kertavastus lasketaan kaavan 5 mukaan. (11, s. 29).

$$\zeta = k_1 * \zeta_{neliö} \quad (5)$$

ζ on kertavastus

k_1 on korjauskerroin, joka riippuu sivujen suhteesta



Kuva 7 Suorakaidekanavien korjauskerroin (11, s.29).

3.2 Suunnittelun asiakirja

Laiteluettelo on suunnitelmiin liitettävä asiakirja. Siihen merkitään ominaissähköteho ja tiedot, joita käytetään, kun ominaissähkötehoa lasketaan. Taulukon 3 tiedot kannattaa esittää laiteluettelossa:

Taulukko 3. Esimerkki laiteluettelossa esitettävistä tiedoista (15, s. 2).

Ilmankäsittelykone TK-1	SFP on 1,96 kW/(m ³ /s)
-------------------------	------------------------------------

Tuloilmapuhallin TF-1

Ilmavirta	4,1 m ³ /s
Kanaviston painehäviö	270 Pa
Ottoteho	4,5 kW
Sähkömoottorin nimellisteho	5,5 kW

Poistoilmapuhallin PF-1

Ilmavirta	3,8 m ³ /s
Kanaviston painehäviö	250 Pa
Ottoteho	3,55 kW
Sähkömoottorin nimellisteho	5,5 kW

Tuloilman puolella kanaviston painehäviö käsittää tuloilma- ja raitisilmakanavistojen painehäviöt yhteensä. Poistoilman puolella kanaviston painehäviöön lasketaan poistoilma- ja jäteilmakanavistojen painehäviöt yhteensä.

Annetun ilmavirran ja painehäviön vaatima ottoteho on puhaltimen ottama sähköteho. Luku on yleensä mainittu koneen valmistajan mitoitusohjelmasta. Sama luku pitäisi saada mittaamalla valmiista rakennetusta järjestelmästä. (15, s. 3).

4 SFP-aineistoa ulkomailta

TIP-Vent -tutkimus

TIP-Vent -tutkimuksessa on tutkittu puhallinenergian kulutuksen osuutta koko LVI-laitteiden energiankulutuksesta. Tutkimuskohteena oli iso toimistorakennus, jonka kulu- tusta vertailtiin kolmessa eri maassa, Portugalissa, Belgiassa ja Ruotsissa. Maat oli valittu erilaisilta ilmastovyöhykkeiltä Euroopasta. Toimistorakennusten ilmamäärät oli mitoitettu 10 l/s/(henkilö), (taulukko 4). (1, s. 18).

Tutkimus osoitti, että hyvällä SFP-luvulla voi puhallinenergian kulutus olla vain 10–15 % koko LVI:n laitteistojen energian kulutuksesta. Huonolla SFP-luvulla puhallin energi- ankulutus voi olla yli 50 % koko LVI:n kuluttamasta energiasta. (1, s. 18).

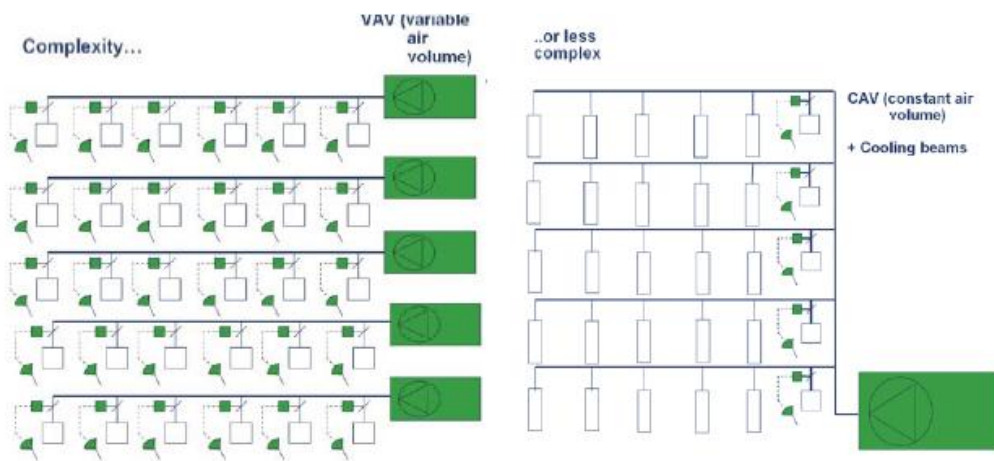
Taulukko 4. Energiankulutus toimistorakennuksessa megawattitunteina vuodessa ja puhallinenergian osuus koko LVI:n energiankulutuksesta (1, s. 18).

	Portugal	Belgium	Sweden
Heating	182	427	543
Cooling	129	15	11
Fans (Good, FSP=1 W/(l/s))	56 15%	56 11%	56 9%
Fans (average, FSP=5 W/(l/s))	279 47%	279 39%	279 34%
Fans (bad, FSP=10 W/(l/s))	560 64%	560 56%	560 50%

Skanskan elinkaarihankintamalli

Skanska on onnistunut vähentämään ilmastoinnin energiankulutuksen neljännekseen. Skanska on todennut omissa tutkimuksissaan, että päästäisiin hyvään SFP-lukuun, painehäviö täytyy saada mahdollisimman pieneksi. Painehäviöön voidaan vaikuttaa optimoimalla kanavajärjestelmä esimerkiksi käyttämällä mahdollisimman vähän T-kappaleita, käyriä ja poikkileikkausmuutoksia. (2).

Skanskalla on konsepti toimistorakentamiseen ja tarkemmin ilmastointijärjestelmän toteutukseen. Tämän yksinkertaisen systeemin (kuva 8) avulla Skanska on pystynyt vähentämään ilmastoinnin energiankulutusta 40 kWh/m^2 :sta 11 kWh/m^2 . (2).

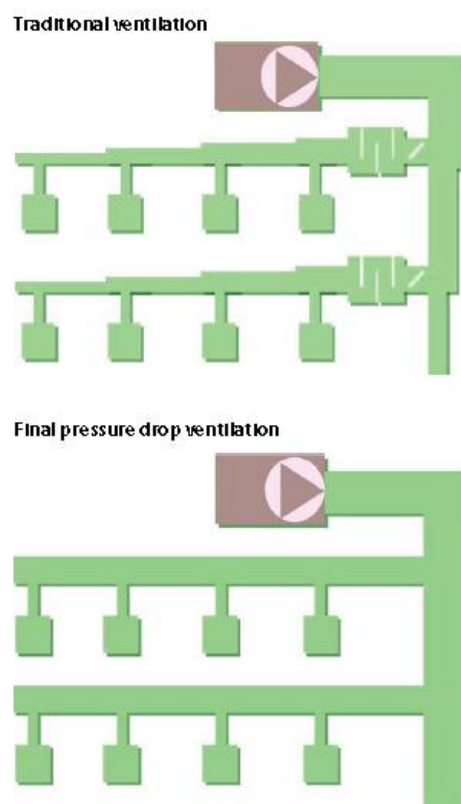


Kuva 8. Kuvassa on vasemmalla monimutkaisempi järjestelmä ja oikealla yksinkertaisempi ilmastointijärjestelmä. Oikealla olevassa järjestelmässä on vain säätöpellit neuvotteluhuoneiden ilmanvaihdossa ja jäähdytyspalkit toimistomoduuleissa, kun vasemmalla säätöpellit ja aktiiviset päätelaitteet kaikissa tiloissa (2).

Tilojen muutosvalmius on nykyajan toimistorakennuksessa pakko ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Vuokralaiset saattavat vaihtua tai suunnitteluvaiheessa ei aina ole tietoaakaan vuokralaisista. Vuokralainen voi haluta oman toimisto- ja neuvotteluhuonejärjestelyn.

Jos ilmastointikanavien koko on mitoitettu perinteisellä tavalla esimerkiksi 1 Pa/m , tällöin kanavan koko saattaa olla käytävän päässä melko pieni. Tällöin ei ole mahdollista sijoittaa neuvotteluhuonetta käytävän päähän ilman, että kanavakokoja ei muuteta. (2).

Skanskalla on omat mitoituskriteerit ilmastointikanavien kokoihin. Pystykanavien ilman maksiminopeudeksi on määrätty 5 m/s ja staattiseksi paineeksi 120 Pa. Toimistokerroksen jakokanaviston ilman maksiminopeudeksi on määrätty 3 m/s ja staattiseksi paineeksi 100 Pa. Kanavakoko ei pienene kerroksissa (kuva 9). Samalla myös staattinen paine on samaa luokkaa kerroksen jakokanavassa käytävän alkupäässä ja loppupäässä. (2).



Kuva 9. Ylhäällä on kuvattu perinteinen ilmastointikanavien mitoitustapa. Alhaalla on kuvattu Skanskan käyttämä mitoitustapa ilmastointikanaville ja järjestelmälle (2).

Lisäksi tällä Skanskan toteutumalla ilmastointijärjestelmällä saadaan myös muita hyötyjä. Kanavistossa on vähemmän erilaisia osia, esimerkiksi äänenvaimentimia ei tarvita kanavistossa eikä säätöpeltejä. Järjestelmä tasapainotetaan päätelaitteiden avulla. Kanavaliitokset ovat samanlaisia ja yksinkertaisia. Systemi helpottaa myös logistiikan

hallintaa, koska ilmastointiosia on vähemmän ja eikä niiden koko vaihtelee niin paljoa kuin perinteisissä järjestelmissä. (2).

Skanskalla on käytössä oma elinkaarikustannushankintaohjelma isoille ilmastointikoneille. Erikoishankintaohjelma koskee koneita, joiden ilmamäärä on 10 m³/s – 20 m³/s ja lämmön talteenotto muotona on pyörivä lämmönsiirrin. Näissä ilmastointikoneissa on kiinnitetty huomiota ilmastointikoneen läpi kulkevan ilman nopeuteen, SFP-lukuun ja lämmön talteenoton hyötysuhteeseen. Skanskan esimerkkiprojektissa luvut olivat ilman nopeus läpi koneen 1,0 m/s, SFP 1,3 kW/(m³/s) ja lämmön talteenoton lämpötila-hyötysuhde oli 81 %. Tämä systeemi mahdollistaa sen, että äänenvaimentimia ei tarvita enää ilmastointikoneen ja kanaviston väliin. Ilmastointikoneesta tulee lyhyt ja leveämpi kuin perinteisellä mitoitustavalla mitoitettu ilmastointikoneesta. Kuvassa 10 on Skanskan esimerkkiprojekteja, joissa on käytetty 25 vuoden elinkaarikustannuslaskentaa. Vasemmalla olevat kustannukset ovat perinteisen mitoitustavan kustannukset. Laskelmat on tehty vuoden 2011 nettokustannusluvuilla. (2).

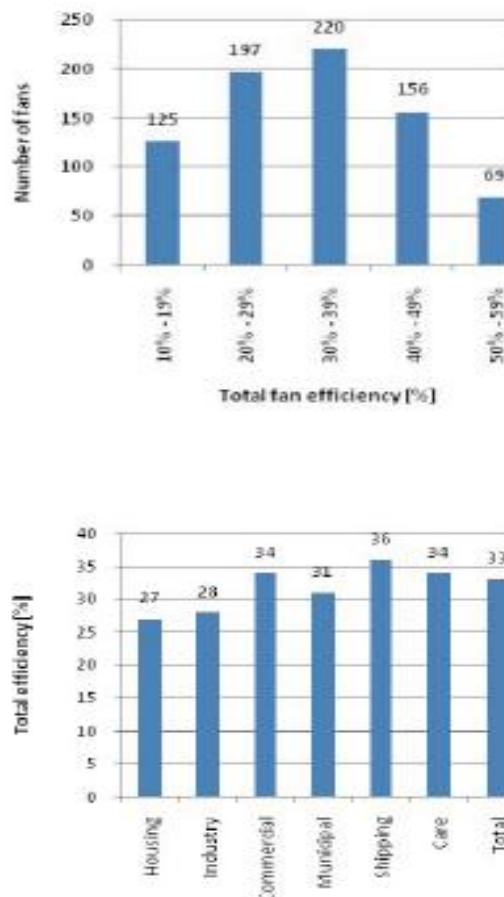
Air Handling Units, from 2,3 m/s to 1,0 m/s			
HagaPorten I (2000) [22 m ³ /s, 2.3 m/s]	"Trad alt"	Chosen alt	
energy (fans & heating)	40 kWh/m ²	32 kWh/m ²	
heat recovery eff. η _v %	54 %	63 %	
operation cost, €	471.000	367.000	
investment cost, €	124.000	131.000	(+7.000)
TOTAL cost, €	595.000	498.000	
Sundbypark (2003) [14.5 m ³ /s, 1.6 m/s]	"Trad alt"	Chosen alt	
energy (fans & heating)	28 kWh/m ²	22 kWh/m ²	
heat recovery eff. η _v %	60 %	66 %	
operation cost, €	211.000	168.000	
investment cost, €	72.000	94.000	(+22.000)
TOTAL cost, €	283.000	262.000	
Lustgården 14, prel. (2011) [14 m ³ /s, 1.0 m/s]	"Trad alt"	Chosen alt	
energy (fans & heating)	20 kWh/m ²	11 kWh/m ²	
heat recovery eff. η _v %	69 %	81 %	
operation cost, €	238.000	116.000	
investment cost, €	99.000	193.000	(+94.000)
TOTAL cost, €	337.000	309.000	

Kuva 10. Skanskan laskelmia esimerkkiprojekteista (2).

Kun ilmastointikone hankintaan elinkaarihankintaohjelman mukaisilla kriteereillä, hankintakustannukset ovat korkeammat kuin perinteisellä tavalla mitoitetussa ohjelmassa. Skanska laskee ilmastointikoneen elinkaaren 25 vuodelle, jolloin kokonaiskustannukset ovat pienemmät kuin perinteisellä tavalla mitoitetulla ilmastointikoneella. Kustannuksiin on laskettu tuloilman lämmitykseen käytetty energia ja puhallinenergia. Laskelmat ovat tällä hetkellä teoreettisia, sillä Skanskalla on ollut käytössä elinkaarikustannusperusteinen hankintaohjelma 14 vuotta. (2).

Tutkimus Ruotsin ilmastointipuhaltimien energiankulutuksesta

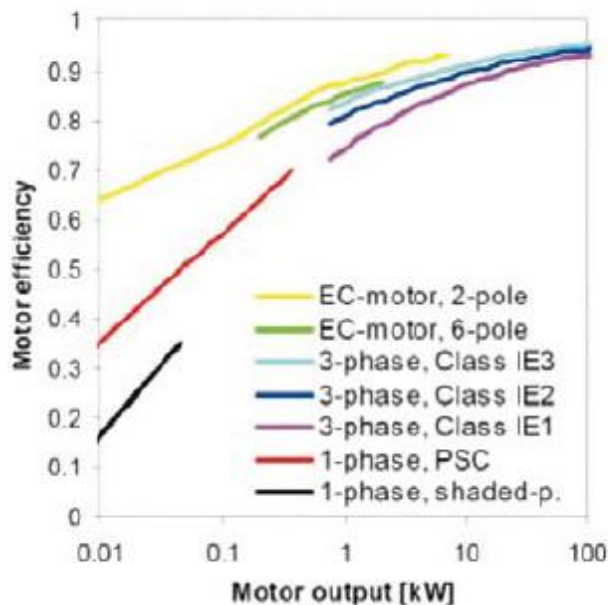
Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan ilmastointipuhaltimien kulutusosuus on lähes 40 % koko LVI-laitteiston kuluttamasta sähköstä. Tutkimuksessa mitattiin kaiken kaikkiaan 767 olemassa olevaa puhallinta, jotka oli asennettu vuosien 2005 ja 2009 välisenä aikana. Puhaltimien keskiarvohyötysuhde oli 33 % (kuva 11). (3, s. 25).



Kuva 11. Ylhäällä kuvassa on esitetty puhaltimien lukumäärä suhteessa hyötysuhteeseen. Alhaalla on verrattu eri rakennustyyppien puhaltimien hyötysuhdetta (3, s. 25).

Tutkimus osoittaa, että puhaltimissa on erittäin suuri energiansäästöpotentiaali. Lisäksi voidaan olettaa, että Ruotsissa on EU:n keskiarvoa korkeampi puhaltimien taso. Oletuksena voidaan olettaa, että myös muissa EU-maissa löytyy samansuuntainen säästöpotentiaali.(3, s. 25).

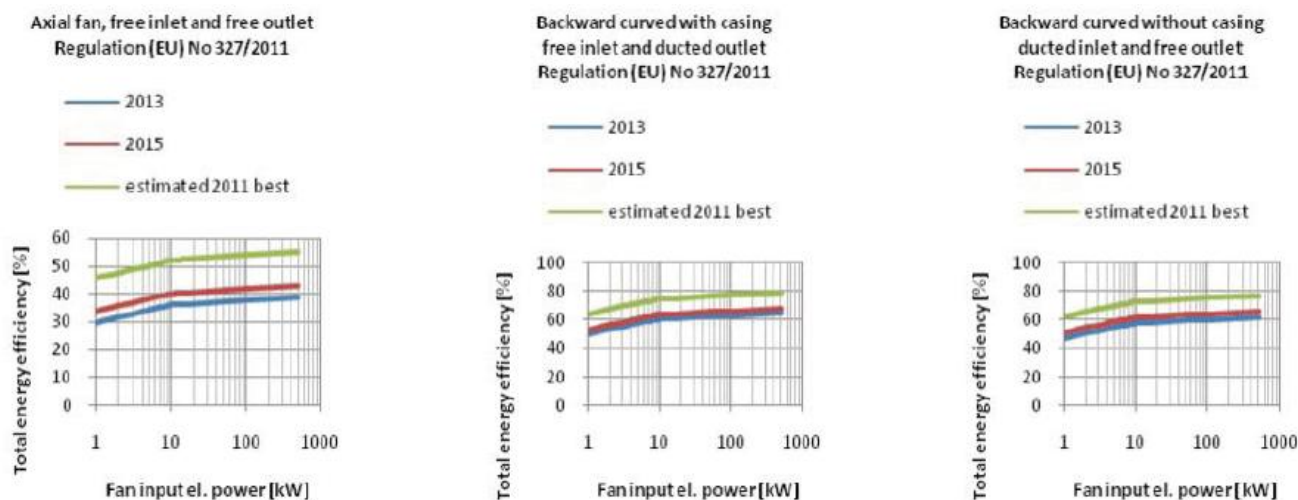
Nykyiset puhaltimet on varustettu korkeahyötysuhteisilla moottoreilla, kuten DC- ja EC-moottoreilla. Lisäksi puhaltimien siipipyörät on suoraan asennettu moottorin akselille, näin saadaan puhaltimen häviöt pienemmäksi. Puutteena on EC-moottorien saatavuus isommille ilmavirroille.



Kuva 12. Kuvassa on esitetty eri moottorityyppien hyötysuhteet (3, s. 27).

Kun valitaan moottorityyppiä puhaltimella. EC-moottoreita kannattaa käyttää aina kun se on tehojen puolesta mahdollista. AC-moottorit taajuusmuuttajilla varustettuna ovat seuraava vaihtoehto (ks. kuva 12).

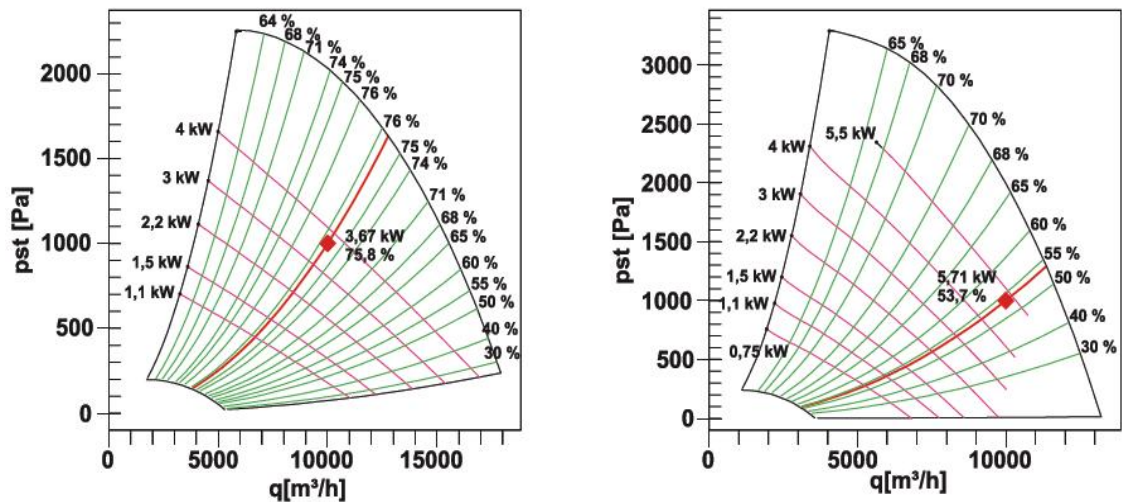
EU on laatinut direktiivin (EC, 2011) puhaltimien vaaditusta kokonaishyötysuhteesta (kuva 13.)(3, s. 26).



Kuva 13. Kuvassa vasemmalla on kuvattu aksiaalipuhaltimen hyötysuhde vaatimukset. Keskellä kuvassa on kaavullinen radiaalipuhallin taaksepäin kaartuvilla siipipyörän siivillä. Oikealla kuvassa on esitetty kammiopuhaltimella asetetut hyötysuhde vaatimukset (3, s. 26).

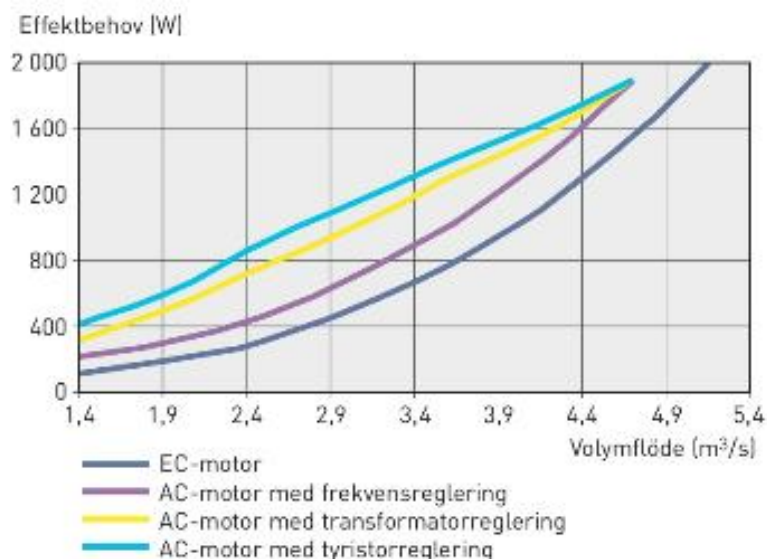
Kun valitaan puhallinta ilmastointikoneeseen, vaihtoehdot ovat kammiopuhallin, joka on kytketty suoraan moottorin akselille, tai kaavullinen puhallin taaksepäin kaartuvilla siivillä. Kaavullisella puhaltimella on vähän korkeampi hyötysuhde kuin kammiopuhaltimella, mutta kaavullisen puhaltimen asennushäviöt pienentävät hyötysuhdetta niin paljon, että kammiopuhallin on parempi vaihtoehto.

Suunnittelussa tulisi antaa tarkat määritykset vaaditulle ilmastointikoneelle. Urakoitsija yleensä valitsee halvimman vaihtoehdon, kun suunnitelmissa on annettu vain tarvittava ilmamäärä ja ulkoinen painehäviö. Puhaltimen hyötysuhde ja moottorin syöttöteho ovat määrityksiä, joilla pystytään rajaamaan enemmän urakoitsijan valinta vaihtoehtoja. Kuvassa 14 on verrattu kahta eri puhallinta, jotka täyttävät vaaditun ilmamäärän ja painehäviön, mutta toisella puhaltimella on yli 20 % huonompi hyötysuhde. Huonommalla hyötysuhteella toimiva puhallin täyttää kuitenkin EU:n vaatiman minimipuhallinhyötysuhteen.(3, s. 28).



Kuva 14. Kahden erikokoisen puhaltimen hyötysuhdevertailu, kun molemmat toimivat vaaditussa toimintapisteessä. Vasemmalla olevan puhaltimen nimellinen koko on 500 mm ja oikealla olevan puhaltimen nimellinen koko on 400 mm (3, s. 29).

Kuvassa 14 oikealla oleva puhallin käy 4000 tuntia vuodessa ja kuluttaa sähköä 22840 kWh. Jos sähkön hinta on 0,10 euroa/ kWh, yhteensä kustannukset ovat vuodessa 2284 euroa. Vasemmalla oleva puhallin kuluttaa 14680 kWh, ja kustannukset ovat tällöin vuodessa 1468 euroa. Rakennuksen omistaja säästää vuodessa 816 euroa tai pitemmällä laskenta ajalla, esimerkiksi 15 vuodessa, 12240 euroa. Isomman puhaltimen hankintahinta on noin 500 euroa kalliimpi.(3, s. 29).



Kuva 15. Puhaltimen energiantarve (4, s. 52).

Kuvassa 15 on kuvattu puhaltimen energiantarvetta erilaisilla ohjaustavoilla eri ilmämäärillä. Pienin energiantarve on EC-moottoreilla, kun tyristorihjatuilla on suurin energiantarve. Vertailun on tehnyt Ruotsin Tekniikan tutkimuslaitos.(4, s. 52).

SFP-luvun raja-arvoja ulkomailla

Ruotsissa on määrätty seuraavat SFP-luvut(5, s. 275).

- tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla 2,0 kW/(m³/s)
- tulo- ja poistoilmanvaihto ilman lämmön talteenottoa 1,5kW/(m³/s)
- poistoilmanvaihto talteenotolla 1,0 kW/(m³/s)
- poistoilmanvaihto 0,6 kW/(m³/s).

Taulukossa 5 on esitetty SFP-luvun raja-arvoja Englannissa. Lisäksi Englannissa on määrätty ulkoisen painehäviön maksimi arvo.

Taulukko 5. Englannissa voimassa olevat SFP-luvut ja maksimi ulkoiset painehäviöt (6, s.124).

Systeemin tyyppi	SFP, kW/(m ³ /s)	Ulkoinen painehäviö
Ilmanvaihtokone lämmityksellä ja jäähdytyksellä	1,8	400 tulo 250 poisto
Ilmanvaihtokone lämmityksellä	1,6	400 tulo 250 poisto
Kaikki muut ilmanvaihtokoneet	1,4	400 tulo 250 poisto

Lisäksi Englannissa on määritelty myös muun tyyppisille puhaltimille omat SFP-luvut. Englannissa voidaan korottaa taulukon 5 SFP-arvoja, kun ilmanvaihtokoneeseen liittyy tiettyjä komponentteja. Taulukossa 6 on esitetty nämä komponentit ja lisäksi on esitetty komponentit aiheuttama korottava vaikutus SFP-lukuun. (6, s.124).

Taulukko 6. Lisäkomponenttien SFP-arvot (6, s.125).

Komponentti	SFP, kW/(m ³ /s)
Lisäsuodatin lämmön talteenotolle	+0,1
HEPA -suodatin	+1,0
Pyörivä lämmön talteenotto	+0,3
Muut lämmön talteenotot	+0,3
Kostutin	+0,1

Yhdysvalloissa SFP-luvun vaatimus on 1,73 kW/(m³/s) ja Espanjassa 1,99 kW/(m³/s), kun ilmamäärä on 10 m³/s. Tämä osoittaa, että eri maiden säädöksissä on merkittäviä eroja. (7, s. 261).

5 Mitoitus MagiCad-ohjelmalla

Optiplan Oy:llä on käytössä MagiCad-ohjelma. MagiCad-ohjelma on yksi yleisimmistä käytetyistä ohjelmista talotekniikkasuunnittelussa.

5.1 Mitoitusperusteet

MagiCad-projektin tiedostoon tehdään määrittäykset kanavan koon määräytymisestä, kun kanavan koko mitoitetaan. Määrittäys tehdään projektitiedoston alle kohtaan Sizing methods.

Ohjelmassa avautuvaan taulukkoon merkitään maksimiarvo, joko ilman nopeudelle tai painehäviötä metrille. Mikäli halutaan, että esimerkiksi ilman nopeus on vain merkitsevä kriteeri kanavan kokoa määrittäessä, painehäviötä metrille sarakkeeseen voidaan merkitä iso luku, esimerkiksi 99. Myös molemmat suureet voidaan ottaa huomioon samanaikaisesti. Määrittäykset voidaan antaa jokaiselle kanavakoolle erikseen. Taulukkoon merkitään kanavan maksimiekvivalenttihalkaisija eli tällöin ohjelma huomioi myös suorakulmaisen kanavan koon määrittäksen.

Taulukossa 7 on esitetty kanavan koko määrittäys, joka perustuu LVI-kalenterissa annettuihin ilmannopeus ja painehäviöarvoihin. Tällä mitoitustavalla varmistetaan, että kanaviston painehäviö ei nouse suureksi jollain tietyllä kanavakoolla.

Taulukko 7. Esimerkki mitoitusperuste taulukosta. (Dekv = kanavan ekvivalenttihalkaisija, v-max = ilman maksiminopeus kanavassa ja dp-max= painehäviö kanavassa metrin matkalla).

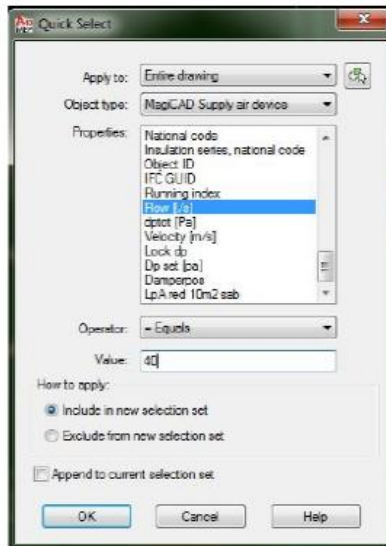
Dekv-maks	v-max (m/s)	dp-max (Pa/m)
100	3.0	1.4
125	3.0	1.1
160	3.0	0.8
200	4.0	1.0
250	4.0	1.1
315	4.0	0.9
400	4.0	0.7
500	5.0	0.9
630	5.0	0.7
800	7.0	1.0
1000	7.0	0.8
1250	8.0	0.8

5.2 Päätelaitteen ilmamäärän muuttaminen

MagiCad-ohjelmassa ei ole yksinkertaista tapaa tarkastella kanaviston paineita, jos ilmamäärä muuttuu päätelaiteella, kun on kyseessä muuttuva ilmanvaihtojärjestelmä.

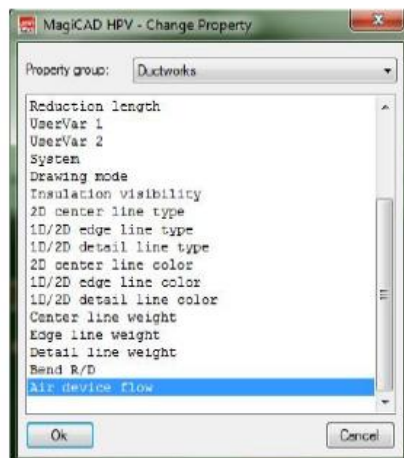
Ilmamäärän vaihtamisen voi tehdä kuitenkin seuraavalla tavalla:

1.



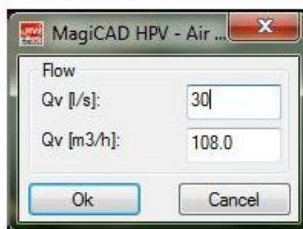
Ensimmäiseksi painetaan hiiren oikeata näppäintä ja valitaan valikosta Quick Select. Tämän jälkeen valitaan kaikki päätelaitteet, joiden ilmamäärän halutaan vaihtaa, ilmamäärä esimerkiksi 40 l/s. Valitaan OK ja tämän jälkeen painetaan Enter-näppäintä, valikko 1.

2.



Seuraavaksi valitaan käsky Change Property ja valitaan valikosta Air device flow, valikko 2.

3.



Seuraavaksi muutetaan ilmamääräksi esimerkiksi 30 l/s ja painetaan OK.

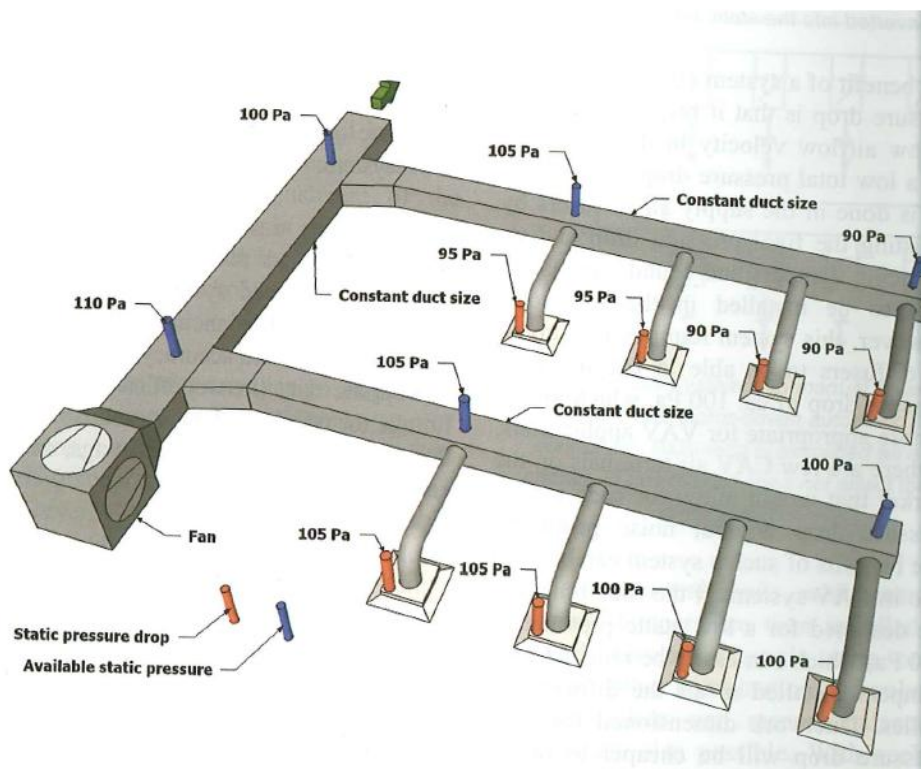
Sitten kirjoitetaan käskyriville P (=previous) ja painetaan kaksi kertaa Enter-näppäintä. Nyt kaikkien päätelaitteiden, jotka valittiin ensimmäisessä kohdassa, (ilmamäärä 40 l/s) ilmamäärä on muuttunut (30 l/s), valikko 3. Tämän jälkeen ohjelmalla voidaan tehdä uusi tasapainotuslaskelma.(8).

5.3 Kanavistojärjestelmien vertailuja

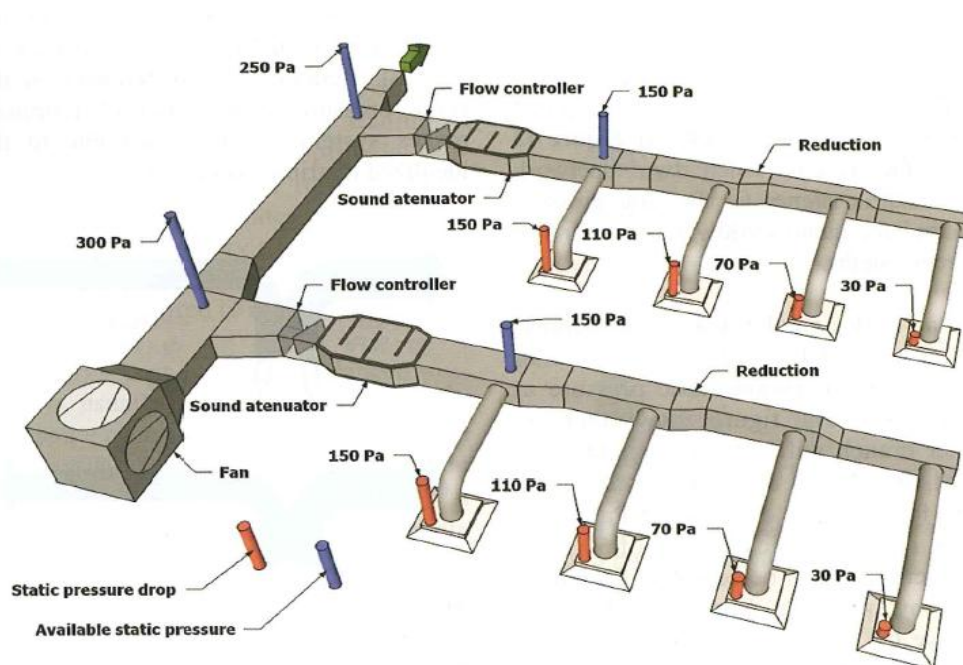
Kuvissa 16 ja 17 on kuvattu kaksi eri vaihtoehtoa toteuttaa samanlainen ilmanjakoratkaisu. Kuvan 16 ratkaisussa kanavakoko ei vaihtelee, kun taas kuvan 17 ratkaisussa kanavakoko pienenee kanavahaaran viimeistä päätelaitetta kohden. Kuvan 17 ratkaisumalli on perinteinen malli ilmanvaihtokanaviston suunnittelussa. Mitoitusperusteena tässä vaihtoehdossa on vakio painehäviö, esimerkiksi 1 Pa/m.

Kuvan 16 loppupainehäviö mitoituksessa kanavakoko on yhtä suuri kaikissa haarakanavissa. Ilmanopeus kanavistossa on rajattu maksimissaan 5 m:iin/s ja staattinen paine on rajattu 120 Pa:n. Jakokanavistossa ilman nopeus on rajattu 3 m:iin/s ja staattinen paine 100 Pa:iin.

Päätelaitteelta tämä kuvan 16 järjestelmä vaatii, että päätelaite toimii yli 50 Pa:n paineella ilman ääniongelmia. Järjestelmä ei vaadi ylimääräisiä äänenvaimentimia eikä säätöpeltejä. Muita hyötyjä järjestelmässä on, että kanavien asennus on nopeampaa, kun kanavakoko ei vaihtelee ja kanavistossa käytettävän materiaalin logistiikka on myös yksinkertaisempaa. (12, s. 66–67).



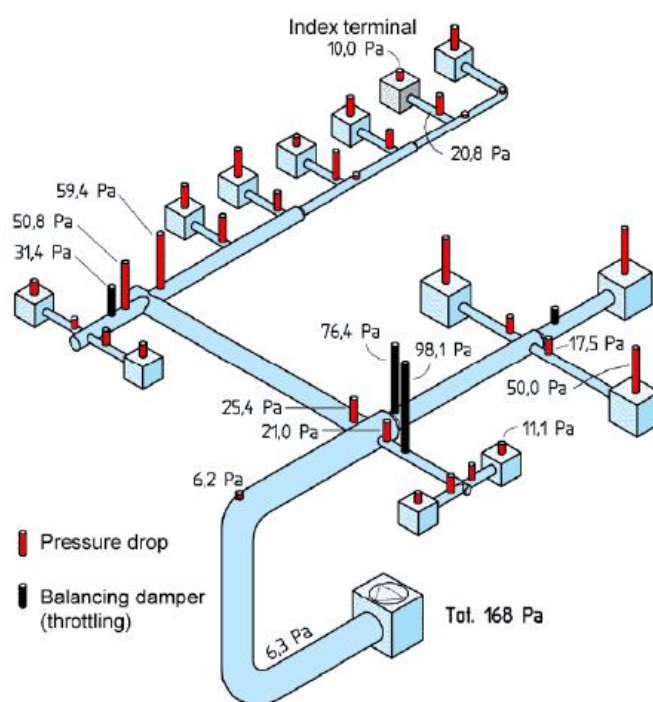
Kuva 16. Kanaviston mitoitus loppupainehäviö-mitoituksella (12, s. 67).



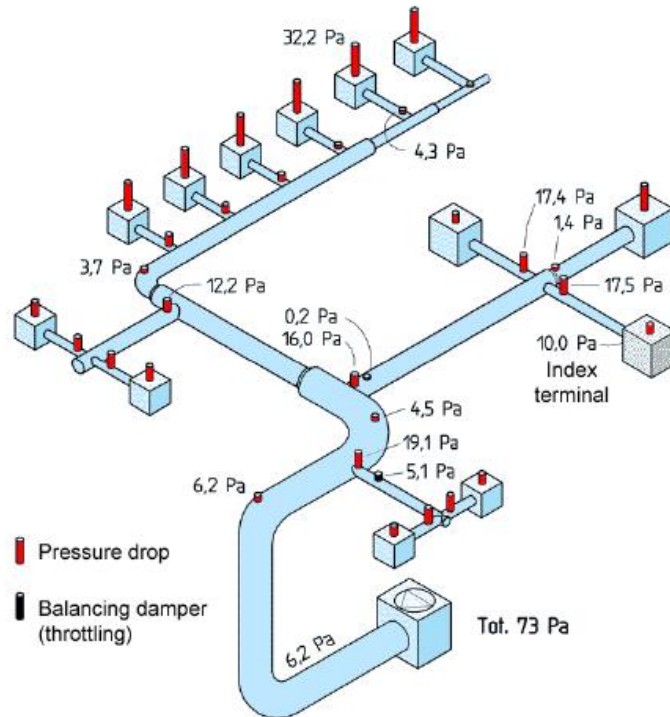
Kuva 17. Kanaviston mitoitus vakipainehäviö-mitoituksella (12, s. 66).

Kuvissa 18 ja 19 on kuvattu staattisen paineen muuttumista järjestelmässä, kun ns. kriittiseen kanavahaaraan tehdään muutoksia. Kriittinen kanavahaara on haara, joka määrittelee koko järjestelmän paineen. Tämän painemäärän puhaltimen on pystyttävä tuottamaan.

Kuvassa 19 mitoittavassa kanavahaarassa on korvattu kanavan T-liitokset 90°:n käyrillä. Lisäksi mitoittava kanavahaaran kanavisto on mitoitettu 0,8 Pa/m:n järjestelmällä. Tällöin järjestelmän kokonaispainehäviö asettuu 73 Pa:iin, kun lähtötilanteessa painehäviö oli 168 Pa. Säätopeltejäkään kuvan 19 järjestelmä ei tarvitse niin montaa kuin kuvan 18 järjestelmä. Myös haaran viimeiselle päätelaiteelle on käytettävissä enemmän painetta, mikä helpottaa myös järjestelmän säätöä.



Kuva 18. Kanavisto T- ja X-liitoksilla (9, s. 18).



Kuva 19. Kanavisto 90°:n käyrillä (9, s. 19).

6 Ilmastointikoneen mitoitus

6.1 Acon-valintaohjelma

Acon-ohjelma on ilmastointikonevalmistajan Fläkt Woods Oy:n tuottama ohjelma ilmastointikoneen mitoitukseen. Ohjelma on www-pohjainen eli ohjelmaa ei tarvitse asentaa tietokoneella vaan ohjelmaa voidaan käyttää millä tahansa laitteella, kun on vain internet-yhteys käytettävissä. Myös muita mitoitusohjelmia on olemassa, Acon-ohjelma on yksi esimerkki ilmastointikoneen mitoitusohjelmasta.

6.2 Konekoon vertailu

Seuraavassa on esitetty esimerkkituloitusajo Acon-ohjelmalla. Ilmastointikoneiden mitoitusajot ovat kokonaisuudessaan liitteissä 1–4. Ilmamääräksi on otettu $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ja kanavistojen painehäviöksi on annettu 300 Pa. Tulo- ja poistoilmamäärät ovat samat, kuten myös painehäviöt. Konekoon numerointi tulee suoraan Acon-ohjelmasta. Ohjel-

maa antaa edellä mainituilla arvoilla kone koon 027 ja tällöin SFP-luku on 2,06 kW/(m³/s). Kun valitaan ohjelmalla yksi konekoko isompi (032), SFP-luvuksi saadaan 1,83 kW/(m³/s). Taulukossa 8 on esitetty koneiden eri komponenttien otsapintanopeuksia ja painehäviöitä. Näistä muodostuu ilmastointikoneen aiheuttama painehäviö ilmastointijärjestelmään. Taulukon 8 arvot on otettu Acon-ohjelmasta.

Taulukko 8. Ilmastointikoneen komponenttien otsapintanopeudet ja painehäviöt.

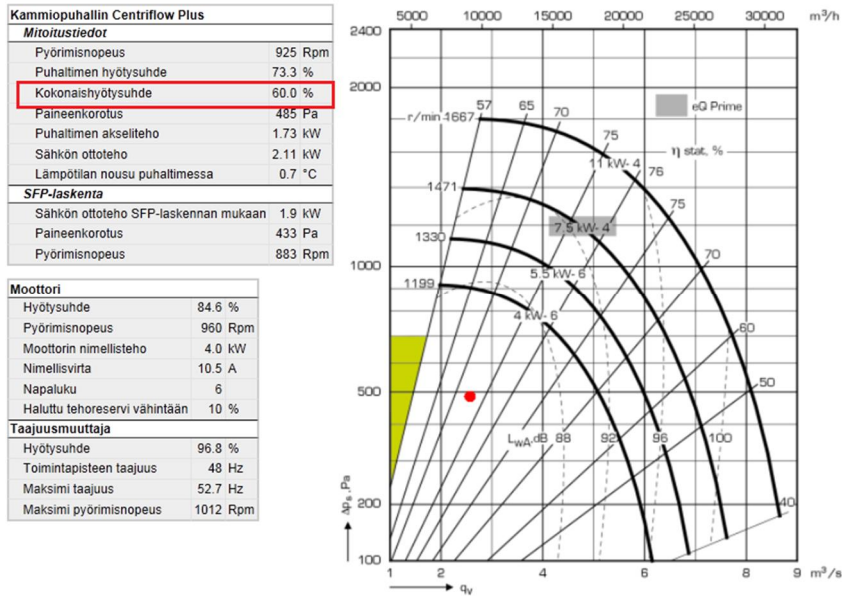
	027	032	027	032
Komponentti	v (m/s)	v (m/s)	dP (Pa)	dP (Pa)
Tuloilma				
Peltiosa/liitäntäosa	3.0	2.3	4	3
Suodatin	2.4	2.0	129	114
Lämmönsiirrin	2.5	2.4	131	126
Ilmanlämmitin	2.4	1.9	50	35
Ilmanjäähdytin	2.5	2.0	155	68
Kammiopuhallin			-821	-678
Äänenvaimennin	2.0	1.6	26	15
Poistoilma				
Suodatin	2.4	2.0	127	112
Äänenvaimennin	2.0	1.6	26	16
Lämmönsiirrin	2.6	2.5	130	125
Kammiopuhallin			-617	-584
Pelti	3.1	3.1	3	3

Taulukosta 8 voidaan lisäksi todeta, että otsapintanopeudet pienenevät tietyillä komponenteilla oleellisesti, samoin painehäviöt pienevät. Samalla varsinkin tuloilmapuhaltimen paineenkorotustarve vähenee huomattavasti.

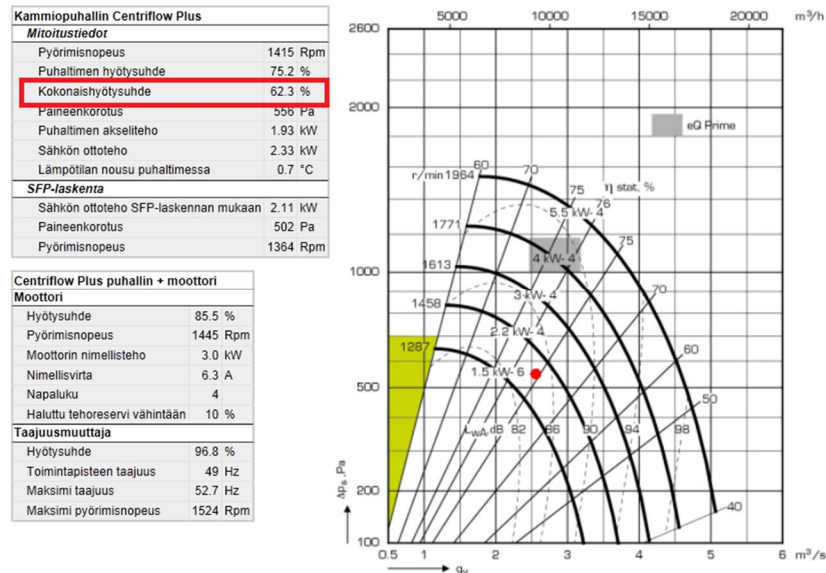
Useimmat nykyiset ilmastointikoneet varustetaan kammiopuhaltimella. Kammiopuhallin pystyy toimimaan pienilläkin ilmamäärillä, mutta staattinen paine kanavassa ei saa olla alle 50 Pa. (8, s. 21).

Jos SFP-luku vaatimus on luokkaa 1,5 kW/(m³/s), kanavakoko pidetään vakiona ja pyritään saavuttamaan haluttu SFP-luku vain konekoko kasvattamalla. Joudutaan valitsemaan neljä kokoa isompi kone (konekoko 045), mikä antaa SFP-luvuksi 1,56 kW/(m³/s). Kun halutaan pienentää SFP-lukua, konekoko isontamalla joudutaan valitsemaan fyysisesti jo niin isoja koneita, ettei se ole kannattavaa. Ilmastointikonehuoneiden tilat eivät yleensä anna tälle vaihtoehdolle edes mahdollisuuttakaan.

Lisäksi puhaltimien hyötysuhde heikkenee ja puhaltimen toimintapiste puhallinkäyrästöllä saattaa ajautua puhaltimen tasaisen toiminnan kannalta epäedulliseen paikkaan. Puhaltimen mitoitus-toimintapisteen paikka on muuttunut vasemmalle puhallinkäyrästöllä (kuva 20), kun verrataan kuvaan 21. Puhaltimen kokonaishyötysuhteen pienentymisen näkyä kohdassa mitoitus-tiedot. Kuvat 20 ja 21 on otettu Acon-mitoitusohjelmasta.

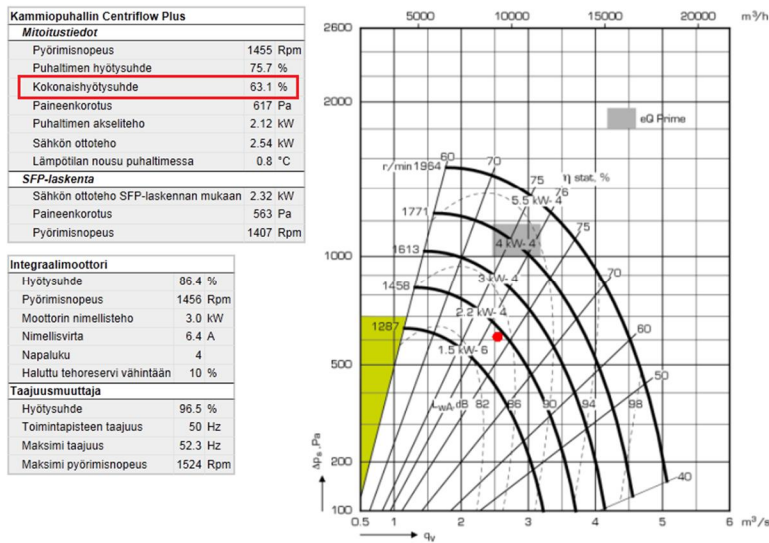


Kuva 20. Poistopuhaltimen puhallinkäyrästä, konekoko 045.



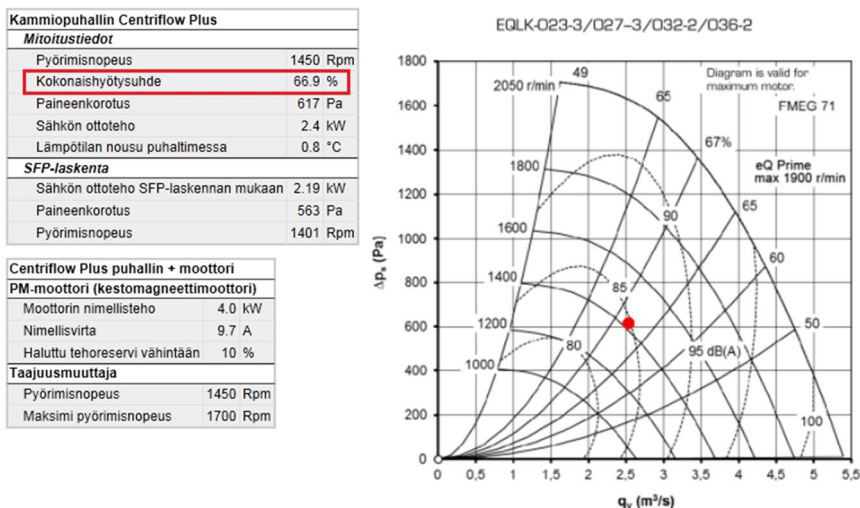
Kuva 21. Poistopuhaltimen puhallinkäyrästä, kone koko 027.

Kuvassa 22 on esitetty koon 027 puhallinkäyrästä, mutta puhaltimeen on valittu integraalimoottori. Puhaltimen hyötysuhde paranee. SFP-luku on tässä vaihtoehdossa koko koneen osalta 2,02 kW/(m³/s).



Kuva 22. Poistopuhaltimen puhallinkäyrästä, konekoko 027. Puhallin toteutus integraalimoottorilla (kuva Acon-mitoitusohjelmasta).

Kuvassa 23 on esitetty konekoon 027 puhallinkäyrästä. Puhaltimeen on valittu kestopagneettimoottori. Puhaltimen hyötysuhde paranee, ja SFP-luku on tässä vaihtoehdossa koko koneen osalta 1,93 kW/(m³/s).



Kuva 23. Poistopuhaltimen puhallinkäyrästä, konekoko 027. Puhallin toteutus kestopagneettimoottorilla (kuva Acon-mitoitusohjelmasta).

Kestomagneettimoottorilla saavutetaan jo merkittäviä parannuksia puhaltimen hyötysuhteeseen ja myös jonkin verran parempi SFP-luku.

6.3 Kanaviston painehäviön merkitys konevalintaan

Mitoitusarvot ovat samat kuin edellisessä esimerkki-ilmastointikoneen mitoituksessa. Jäte- ja raitisilmakanaviston painehäviötä pienennetään molempia 50 Pa. Molemmissa tulo- ja poistoilmakanavistossa painehäviö on 250 Pa.

Ilmastointikoneen koko on 027. Tuloilmapuhaltimen painekorotustarve on tällöin 772 Pa ja poistoilmapuhaltimen paineenkorotustarve 556 Pa. SFP-luvun arvo on 1,89 kW/(m³/s).

Tästä voidaan päätellä, että SFP-luvun pienentäminen onnistuu parhaiten, kun kanaviston painehäviöitä pystytään pienentämään. Isompi konekoko tuottaa ongelmia järjestelmän toteutukselle, isompi tilantarve konehuoneessa ja investointikustannukset ovat suuremmat. (16).

Ilmanlämmitin, vesi

Lämmitys- / Jäähdytyspatterin mitoitus
Patterin tyyppi **Lämmitys**

Rakenne **Fläkt Woods vakiomalli**

Lasketatapa **Haluttuun lämpötilaan sekä tehoreservi**

Pumppuryhmä **ilman**

Ilmanlämmitin, vesi

Konekoko **027**

Tehovaihtoeto **2**

Lämellirunko **Cu/Al**

Lamellijako **2,5 mm - eQ PLUS**

Vesireittit **04**

Rakenne **Yhtenäinen lamellirunko**

Kehysosat **Sinkitty teräs**

Liitäntäpuoli **Oikea**

Versionumero **Ver 3**

[Laskennan lisätiedot >>](#)

Ilmanlämmitin, vesi	
Putkikoko	32
Vesitilavuus	10.2 l
Mitottava painehäviö	37 Pa
Mitotuspisteen teho	54.1 kW
Ilman lämpötila	1.3 / 19.2 °C
Otsapintanopeus	2.3 m/s
Lämmittimen säätöta	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60 / 40 °C
Vesivirta	0.67 l/s
Veden nopeus	0.4 m/s
Vesipuolen painehäviö	2.7 kPa

OK Keskeytä Käytä

Ilmanjäähdytin, vesi

Lämmitys- / Jäähdytyspatterin mitoitus
Patterin tyyppi **Jäähdytys**

Rakenne **Fläkt Woods vakiomalli**

Lasketatapa **Haluttuun lämpötilaan sekä tehoreservi**

Pumppuryhmä **ilman**

Ilmanjäähdytin, vesi

Käyttötapa **Jäähdytyspatteri**

Konekoko **027**

Tehovaihtoeto **6**

Rakenne **Vakio otsapinta**

Lamellijako **2,5 mm - eQ PLUS**

Vesireittit **6**

Lämellirunko **Cu/Al**

Pisaranerotin **ilman**

Kehysosien materiaali **Sinkitty teräs**

Liitäntäpuoli **Oikea**

Versionumero **Ver 3**

[Laskennan lisätiedot >>](#)

Ilmanjäähdytin, vesi	
Putkikoko	50
Vesitilavuus	29.3 l
Mitottava painehäviö	142 Pa
Painehäviö	142 Pa
Mitotuspisteen teho	56 kW
Ilman lämpötila	26 / 15 °C
Suhteellinen kosteus	60 / 91.6 %
Otsapintanopeus	2.5 m/s
Veden lämpötila	7 / 12 °C
Vesivirta	2.67 l/s
Veden nopeus	0.7 m/s
Vesipuolen painehäviö	11.9 kPa

OK Keskeytä Käytä

Kuva 24. Lämmityspatteri- ja jäähdytyspatterivalikko (kuva Acon-mitoitusohjelmasta).

Kuvassa 24 on esitetty patterien lamellijakomuutos. Patterien lamellijakoa muuttamalla voidaan myös vaikuttaa SFP-luvun arvoon. Patterien lamellijakojen oletusarvona on 2 mm. Liitteessä 4 on koneajo, jossa patterien lamellijako on 2,5 mm. SFP-luku on tällöin 1,86 kW/(m³/s). Konekoko on 027 ja ulkoinen painehäviö on pudotettu 250 Pa.

7 Kokemuksia projekteista

7.1 SFP-luvun käytössä huomioitavaa

Suunnitelmiin liittyvään laiteluetteloön täytyy aina merkitä SFP-lukuvaatimus. Yleensä on tapana, että ilmastointikoneen mitoituksessa varataan esimerkiksi 10 %:n ilmamäärän kasvu, jos tulee myöhemmin tarvetta kasvattaa ilmamäärää. Tämä ilmamäärä ja SFP-luku merkitään laiteluetteloön. Lisäksi täytyy huomioida, että ilmamäärää kasvateen, painehäviöt kasvavat toiseen potenssiin. Ilmamäärän kasvaessa 10 % täytyy painehäviölukua kasvattaa 20 %. (17).

Kun laiteluetteloön merkitään SFP-luku, on merkintätavalla suuri merkitys. Laiteluetteloön kannattaa merkitä sama lukuarvo, joka saadaan ilmastointikoneen valintaohjelmasta. Ei esimerkiksi merkintää SFP < 2,0 kW/(m³/s), koska ilmastointiurakoitsija valitsee laiteluettelon perusteella ilmastointikoneet, jotka täyttävät edellä mainitun SFP-lukuvaatimuksen. Koska energialaskelmissa käytetään kuitenkin tarkkaa lukuarvoa, joka on saatu LVI-suunnittelijalta ja rakennuttaja haluaa, että energialaskelmissa esitetyt aikaisemmat luvut täsmäävät myös hankkeen toteutusvaiheessa. (17).

Tilaaajalta kannattaa aina erikseen varmistaa, mikä on kohteen SFP-luku vaatimus, koska rakentamismääräysten mukainen SFP-lukuvaatimus ei välttämättä riitä tilaajalle.

Lähtötietojen todenperäisyyteen kannattaa kiinnittää huomiota. Usein joudutaan antamaan energialaskelmia jo ennen kuin varsinainen suunnittelu on edes alkanut. Tällöin joudutaan mitoittamaan karkeasti ilmamäärät ja antamaan arviot ulkoisista painehäviöistä, jotta pystytään mitoittamaan ilmastointikone ja tätä kautta saamaan SFP-luvut. (18).

7.2 SFP-luvun hallinnan ongelmat

Seuraavana esitellään projekti, jossa ilmeni ongelmia SFP-luvun hallinnassa

Kiinteistössä on kolme maanpäällistä kerrosta toimistokäytössä ja kellarikerros, joka on osaksi toimistokäytössä ja lisäksi kellarikerroksessa on autohalli ja lounasravintola.

Kiinteistössä on kaksi ilmanvaihtokonetta. Lämmön talteenottomuotona ilmanvaihtokoneissa on poistoilmalämpöpumppu. Koneiden kapasiteetti on noin $6 \text{ m}^3/\text{s}$. WC-, sosiaali- ja teknisten tilojen poistoilmanvaihto on toteutettu huippuimureilla. Huippuimureita on kymmenen kappaletta.

Ilmanvaihtokonehuoneet on sijoitettu rakennuksen kellariin. Kanavien reititykset ilmanvaihtokonehuoneisiin olivat melko rajalliset ja jo etukäteen määritelty vanhojen rakenteiden puolesta. Lisäksi rakenteiden lävistyksiset olivat haasteellisia. Rakenteiden läpivientireikien koko jouduttiin tekemään rakenteiden ehdolla ja samalla myös kanavakoko tuli melko minimaaliseksi. Suorakaidekanavaa jouduttiin käyttämään hyvin paljon ja kanavien muoto jouduttiin räätälöimään paikan päällä.

Raitis- ja jäteilmakanaville jouduttiin tekemään normaalia pitempi reititys, koska konehuone oli sijoitettu alakertaan ja kanavat vietiin vesikatolle asti. Lisäksi raitis- ja jäteilmapäätelaitteille piti saada vaaditut etäisyydet.

Toimistoalueet ovat pääsääntöisesti avokonttoreita ja niiden ilmamäärien mitoitusperusteena on $2 \text{ l/s}/(\text{m}^2)$. Lisäksi tiloissa on muutama neuvotteluhuone, mitoitusperusteena neuvotteluhuoneissa on $4 \text{ dm}^3/\text{s}/(\text{m}^2)$. Kokonaisilmamääräksi tuli tällöin $11,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Kokonaisilmamäärä jakaantui seuraavasti: Ilmastointikoneen TK301 tuloilma $5,85 \text{ m}^3/\text{h}$ ja poistoilma $4,21 \text{ m}^3/\text{h}$ ja ilmastointikoneen TK302 tuloilma $5,27 \text{ m}^3/\text{h}$ ja poistoilma $4,08 \text{ m}^3/\text{h}$. Kanavapaineet olivat TK301 tuloilma 210 Pa ja poistoilma 150 Pa. TK302:n kanavapaineet olivat tuloilman osalta 350 Pa ja poistoilman osalta 450 Pa.

SFP-mittaukset

Urakoitsijan ensimmäisessä mittauksessa SFP-luvuksi saatiin 3,03 koko rakennukselle, lukema sisältää myös kaikki huippumurit. Ilmanvaihtokoneiden TK301:n SFP-luku oli 2,3 kW/(m³/s) ja TK302:n SFP-luku oli 3,4 kW/(m³/s). Huippumureiden SFP-luvuilla ei ole kovin suurta merkitystä koko rakennuksen SFP-lukuun, koska huippumureiden ilmamäärä on melko pieni koko rakennuksen ilmamäärästä.

Korjausmahdollisuudet valmiiseen järjestelmään

Ilmastointikoneen TK302:n painehäviötä raitisilmakanavassa yritettiin pienentää raitisilma kanavan jakamisella. Raitisilmakanavasta otettiin haara, joka vietäisiin seinästä ulos lämmönjakohuoneen puolelta. Painehäviö pienensi tällöin noin 50 Pa raitisilmakanavassa. Tämä ei kuitenkaan pienentänyt painehäviötä riittävästi, jotta SFP-luvun arvo alentuisi. Tätä korjausmahdollisuutta tutkittiin MagiCad-ohjelmalla, kuten myös seuraavaa vaihtoehtoa.

Myös ilmastointikoneen TK301 raitisilmakanavaan tehtäisiin ylimääräinen haara, tämä olisi ohituskanava, ennen konetta. Näin pyritään pienentämään ilmamäärä, joka menee suorakaidekanavan kautta. Kanava yhdistettiin ilmanvaihtokoneen raitisilmakammioon. Tämä ratkaisu pienensi raitisilmakanavan painehäviötä noin 70 Pa. Painehäviö täytyisi pienentyä yli 100 Pa, jotta SFP-luku pienentyisi riittävästi.

MagiCad-ohjelmalla tutkittiin, mikä kanavahaara aiheuttaa suurimman painehäviön. Tämä haara pyrittiin siirtämään pois ilmastointikoneen TK302 vaikutusalueelta. Kokonaispainehäviötä voidaan pienentää myös sijoittamalla kanavapuhallin kanavahaaraan, josta syntyy suurin painehäviö. Tätä vaihtoehtoa ei kuitenkaan toteutettu, koska toisissa haaroissa on sen verran painehäviötä, että kanavapuhaltimen tuoma paineen alenus ei ole riittävä, jotta koko rakennuksen SFP-luku saataisiin vaaditulle tasolle.

Ilmanvaihtokoneen TK302:n osalta tutkittiin vaihtoehtoa lisätä erillinen tuloilmakone nykyisen TK302:n rinnalle. Uusi tuloilmakone sijoitettaisiin lämmönjakohuoneeseen, joka pienentäisi nykyisen TK302:n ilmamäärää. Lämmönjakohuone sijaitsee ilmastointikoneen TK302 vieressä käytävän toisella puolella. Tästä tehtiin suunnitelmat MagiCad-ohjelmalla. Ohjelman avulla pystyttiin toteamaan, että tämä ratkaisu ei kuitenkaan korjaisi painehäviötä riittävästi, jotta SFP-luvun arvo alentuisi. Myös poistoilmamäärää

olisi tarvetta pienentää, jotta myös jäteilmakanavan painehäviö pienentyisi, vasta tällä ratkaisulla saavutettaisiin vaadittu SFP-luvun taso.

Edellisen perusteella päätettiin tehdä suunnitelma kolmannelta koneesta, joka sijoitettaisiin samaan konehuoneeseen TK301:n kanssa. Uuden koneen vaikutusalueeksi tulisi keittiö- ja ravintola-alue, jotka tällä hetkellä kuuluvat TK301:n vaikutusalueeseen. Lisäksi koneeseen liitettäisiin ilmanvaihtokoneen TK302:n kellarin toimisto-osan tiloja.

Uuden koneen ilmamääräksi muodostuisi tällöin tuloilmaksi 2,50 m³/s ja poistoilmaksi 1,20 m³/s. Ilmastointikoneen mitoitusajossa kanavapaineeksi laitettiin tuloilma- ja raitisilmakanava yhteensä 350 Pa ja poistoilma- ja jäteilmakanava yhteensä 400 Pa. Painehäviöluvut otettiin suoraan suunnitelmista. Uuden ilmanvaihtokoneen jäte- ja raitisilmakanavat yhdistetään ilmastointikoneen TK301 olemassa oleviin raitisilma- ja jäteilmakanavaan.

Uuden koneen SFP-luvuksi saatiin ilmastointikoneen mitoitusajon mukaan 1,78 kW/(m³/s). Samalla tarkasteltiin laskennallisesti koko rakennuksen SFP-lukua. Luvuksi saatiin 2,38 kW/(m³/s), joka on alle vaaditun arvon 2,5 kW/(m³/s).

Uuden koneen investointikustannukset olivat kuitenkin melko mittavat. Tällöin päätettiin tehdä vielä tarkistusmittaukset, joissa olisi mukana ilmanvaihtourakoitsijan lisäksi suunnittelija ja rakennuttajan edustaja. Tarkistuksissa todettiin, että kokonaisilmamäärä ei ollut suunnitelmien mukainen TK301:n osalta, vaan merkittävästi korkeampi. Lisäksi samassa yhteydessä todettiin, että ilmanvaihtokoneiden paineantureiden asetuksissa on ristiriitaa. Ilmanvaihtokoneiden paineanturi oli asetettu alueelle 0–100 Pa ja koneen painealueeksi oli määritelty 0–300 Pa. Molemmat muutettiin alueelle 0–500 Pa. Tällöin ilmanvaihtokoneen kierrokset tippuivat 20 %.

Urakoitsija suoritti uusintamittaukset, jolloin ilmastointikoneen TK301:n ilmamäärät olivat seuraavat: tuloilma 5,04 m³/s ja poistoilma 3,94 m³/s. Ominaisähkötehoksi saatiin tällöin 1,75 kW/(m³/s). Ilmastointikoneen TK302:n osalta vastaavat luvut olivat: tuloilma 5,82 m³/s ja poistoilma 4,68 m³/s. Ominaisähkötehoiksi saatiin 3,16 kW/(m³/s). Koko rakennuksen ominais sähkötehoiksi muodostui 2,61 kW/(m³/s). Uudet mitatut ilmamäärät eivät täysin vastanneet suunnitelmien arvoja, mutta ilmamäärät kuitenkin kompensoivat toisiansa, sillä TK301:n ilmamäärä oli alle suunnitelmien ilmamäärän ja TK302:n ilmamäärät yli suunnitelmien ilmamäärien.

SFP-luvun virherajatarkastelu

Projektin yhteydessä tehtiin myös mittausten virherajatarkastelu. Virherajatarkastelu tehtiin standardin SFS 12599 mukaisesti. Virherajatarkastelu käytettiin differenssimenetelmää. Yksittäisten mittasuureiden osalta kaava on seuraavanlainen (kaava 5).

$$m = \pm \sqrt{a_1 m_1^2 + a_2 m_2^2 + a_3 m_3^2} \quad (5)$$

m on mittausten suhteellinen virhe

m_1 on laitevirhe (laitteen valmistajan ilmoittama virheprosentti)

m_2 on menetelmävirhe (mittaustavasta ja suojaetäisyyksistä tuleva virhe)

m_3 on lukemavirhe (lukeman heittelystä johtuva virhe)

a_i on kertoimia, jotka ottavat huomioon kunkin erillisen virheen vaikutuksen voimakkuuden lopputulokseen

Virherajatarkastelussa käytettiin seuraavia arvoja:

Ilmamäärämittaus:

m_1 on 2 %

m_2 on 12 %

m_3 on 5 %

a_i on 1

Sähkötehomittaus:

m_1 on 2 %

m_2 on 2 %

m_3 on 2 %

a_i on 1

Sähkötehomittausten virheprosentti on saatu taajuusmuuttajavalmistajalta.

Virherajatarkastelun tulokset

Tarkasteltava suure muodostuu kahdesta eri suuresta sähkötehosta ja ilmamäärästä. Virhetarkastelu laskettiin kaikille rakennuksen eri puhaltimille erikseen. Näin ollen koko rakennuksen SFP-lukua laskettaessa virhearvoksi saadaan $\pm 0,19 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Tämän tarkastelun perusteella SFP-luvun vaadittu tavoitearvo $2,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ täyttyy virherajojen puitteissa.

7.3 Pohdintoja saneerausprojektista

Seuraavaksi on lueteltu asioita, jotka tulivat esille saneerausprojektin yhteydessä. Näihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota, jos on ongelmia saavuttaa haluttu SFP-luku jo rakennetussa järjestelmässä.

- suuri virhetoleranssi mittauksissa
- automatiikka-asetukset täytyy varmistaa
- valvontajärjestelmän näyttämä tieto kannattaa myös tarkistaa
- kannattaa varmistaa, että todelliset ilmamäärät vastaavat suunniteltuja
- pitkiä kanavareitityksiä on syytä välttää
- tarvittavat tiedot SFP-luvun kannalta täytyy dokumentoida laiteluetteloon
- riittävän tilavat ilmanvaihtokonehuoneet
- virherajatarkastelu oli hyvä tehdä
- SFP-mittauksissa saadut tulokset heittivät toisistaan joka mittauskerralla
- fyysinen paikallaolo, kun ilmamääriä mitataan.

8 Menettelyohjeet

Seuraavaksi on annettu ohjeita, jotta saavutetaan haluttu SFP-luku LVI-suunnittelussa.

- Pyri mahdollisemman alhaiseen ulkoiseen painehäviöön.
- Varmista, että suunnitelmien lähtökohtana on sama SFP-luku, joka on annettu tilaajalle energiaselvityksen yhteydessä.
- Tee yhteistyötä energiaselvityksen tekijän kanssa, koska ensimmäiset energiaselvitykset perustuvat arvioon/toiveeseen SFP-luvusta, jotta pystytään reagoimaan mahdollisiin muutoksiin energiaselvityksessä riittävän ajoissa.
- Merkitse laiteluetteloon selvästi kaikki tarvittavat tiedot.
- Mitoita ilmanvaihtokoneet ja kanavisto, siten että ilmamäärää voidaan kasvattaa esimerkiksi 10 %.
- Kanaviston mitoituksessa kannattaa käyttää painehäviöön metrille perustavaa mitoitusta.
- Käytä pyöreitä kanavaosia aina kuin se on vain mahdollista.
- Pyri käyttämään vakio kanavaosia.
- Tasapainota MagiCad-ohjelmalla järjestelmä, siten että saat näkyviin myös mitoittavan kanavahaaran.
- Suosi käyriä ainakin mitoittavassa haarassa.
- Mikäli kaksi 90°:n käyrää on peräkkäin, niin käyrien etäisyys pitäisi vähintään olla kolme kertaa kanavan halkaisija.
- Ilmastointikoneita mitoittaessa painehäviöt perustuvat aluksi arvioon, normaali-toimistorakennuksessa kannattaa varata ulkoisiin paineisiin 300 Pa tulo/raitis ja 250 Pa poisto/jäte.
- Ilmastointikoneen mitoituksessa puhaltimien yhteydessä suosi kestopagneetti- ja tasavirtamoottoreita.
- Ilmastointikoneen otsapintanopeus kannattaa olla 1,5 m/s tai alle.
- Kannattaa käyttää tunnettuja ilmastointikonevalmistajia, kun mitoittaa ilmastointikonetta.
- Älä pyri saamaan liian suurta ilmamäärää yhden ilmanvaihtokoneen taakse
- vältä pitkiä kanavavetoja.
- Mikäli tilat antavat periksi, kannattaa tehdä kanavan koko muutoksia mahdollisimman vähän.
- Kanavistojärjestelmissä pyri symmetriseen kuvioon, jotta staattinen paine jakautuu tasaisesti.

Menettelyohjeita ongelmatilanteissa

Seuraavassa on lueteltu muutamia ratkaisutapoja ongelmatilanteisiin. Jokainen tapaus on yksilöllinen, eli täysin yksiselitteistä korjaustapaa ei voida antaa.

- Varmista, että mitatut ilmamäärät eivät poikkea suunnitelmien ilmamääristä.
- Varmista, että ilmamäärien mittaustapa on oikein suoritettu.
- Varmista, että ilmastointikoneen anturit näyttävät oikein, todellista lukua.
- Varmista, että mittaukset on tehty puhtailla suodattimilla.
- Selvitä, että sähköteho on mitattu oikein.
- Käytä ohituskanavia eli osa kanavan ilmamäärästä jaetaan ylimääräisen kanavan kautta.
- Käytä kriittisissä kanava kohdissa apupuhaltimia.
- Korvaa T-liitoksia käyrillä mitoittavassa kanavahaarassa.
- Huomaa, että kaksi 45° käyrää on parempi vaihtoehto kuin yksi 90° käyrä.
- Kanaviston muuttaminen on yleensä järkevämpi tapa tehdä muutoksia kuin ilmastointikoneen muuttaminen isommaksi.
- Tee mittauksen virherajatarkastelu.

9 Yhteenveto

SFP-luku on nykyään olennainen osa LVI-suunnittelua, koska se liittyy olennaisesti E-luvun laskentaan. Jo rakennuslupaa haettaessa tarvitaan SFP-luku. E-lukuun pystytään vaikuttamaan SFP-luvun avulla, koska ilmamäärien mitoitusarvot ovat yleisesti ottaen vakiot, joten niiden kautta ei voida hakea parempaa SFP-lukua ja tätä kautta parempaa E-lukua.

Ilmastointipuhaltimien energiankulutus on kansainvälisesti merkittävä asia, jota monet valtiot ovat tutkineet ja ovat myös pyrkineet rajoittamaan ilmastointipuhaltimien energian kulutusta säädösten avulla. Energiankulutuksen rajoittaminen on seurausta nykyisestä kansainvälisestä energiapolitiikasta, jossa päästöjä pyritään vähentämään.

SFP-oppaita on tehty aikaisemminkin, mutta tällä työllä pyrittiin tuomaan esille ongelmia, joita saatetaan kohdata LVI-suunnittelussa ja lähinnä miten toimia, ettei tulisi ongelmia SFP-luvun hallinnassa.

Työssä esitettiin pari esimerkkiä ilmanjakojärjestelmistä, miten ne tyypillisesti suunnitellaan. Näille ilmastointijärjestelmille esitettiin toisenlainen suunnittelumalli ja kerrotaan, kuinka paljon kanaviston painehäviö on pienempi tällä vaihtoehtoratkaisulla.

Ilmastointikanaviston painehäviöiden hallinta on merkittävä tekijä SFP-luvun laskennassa ja myös tekijä, johon LVI-suunnittelija pystyy vaikuttamaan.

Suunnitteluohjelmana työssä on käytetty MagiCad-ohjelmaa. Työssä annetaan mitoitushje ilmastointikanavien mitoitukseen MagiCad-ohjelman avulla, jotta painehäviö ilmastointikanavistossa pysyy hallinnassa.

Ilmastointikoneen valinnalla on myös mahdollisuus vaikuttaa SFP-lukuun. Ilmastointikonetta joutuu isontamaan melko paljon, ja tällöin tulevat yleensä tilaongelmat vastaan. Nykyiset rakennuttajat eivät mielellään lähde rakentamaan isoja ilmastointikonehuoneita ja itse ilmastointikoneen hankintahintakin saattaa nousta niin suureksi, että urakasta tulee suhteettoman kallis.

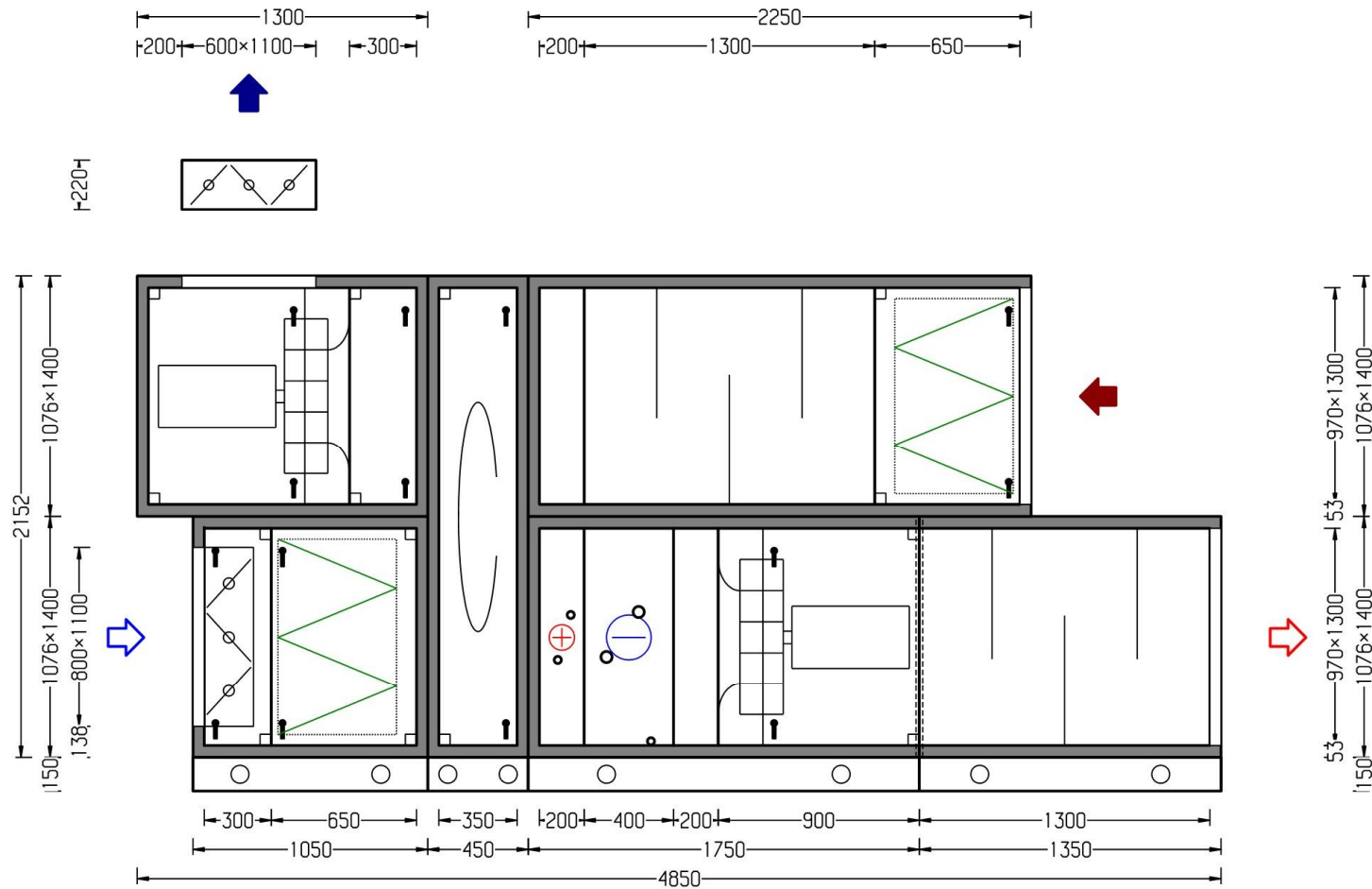
Lopuksi työssä kerrottiin toimenpiteistä, jotka kannattaa huomioida LVI-suunnittelussa, ettei tulisi ongelmia SFP-luvun hallinnassa. Lisäksi kerrottiin mitä toimenpiteitä voidaan tehdä olemassa olevaan ilmastointijärjestelmään, jotta saavutetaan haluttu SFP-luku.

Työn pohjalta tullaan kirjoittamaan yleiset ohjeet SFP-luvun hallintaan Optiplan Oy:lle.

Lähteet

- 1 Tip-Vent tutkimus. 2002. Verkkodokumentti. INIVE (International Network for Information on Ventilation and Energy Performance).
<www.inive.org/Documents/Tip-Vent_Source_Book.pdf>. Luettu 8.7.2013.
- 2 Lopullinen painehäviö. 2001. Verkkodokumentti. REHVA HVAC journal 2001.
<www.rehva.eu/index.php?id=238>. Luettu 8.7.2013.
- 3 Ilmastointikoneen puhaltimen energiatehokkuuden parantaminen. 2013. Verkkodokumentti. REHVA Journal 2013 (erikoisnumero Intian messuilta).
<www.rehva.eu/fileadmin/REHVA_Journal/REHVA_Journal_2013/RJ_issue_A_CREX/Acrex_rj2013_LOW.pdf>. Luettu 9.7.2013.
- 4 Puhaltimen tehontarve eri ohjaustavoilla. 2008. Verkkodokumentti. Ventilati-on/inneklimat. <www.e-magin.se/v5/viewer/files/viewer_s.aspx?gKey=nqhx3q8k&glnitPage=46>. Luettu 9.7.2013.
- 5 SFP-luku vaatimus Ruotsissa. 2012. Verkkodokumentti. Ruotsin rakentamismääräyskokoelma.
<www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-och-konstruktionsregler/BBR_19/Avsnitt/9-Energihushallning.pdf>. Luettu 9.7.2013.
- 6 SFP-luku vaatimus Englannissa. 2012. Verkkodokumentti. Ecohvac.eu Task 1.
<www.ecohvac.eu/downloads/Task%201%20Lot%206%20Ventilation%20Final%20Report.pdf>. Luettu 10.7.2013.
- 7 SFP-luku vaatimuksia ulkomailla. 2010. Verkkodokumentti. ScienceDirect.
<www.sciencedirect.com.ezproxy.metropolia.fi/science/article/pii/S0378778810003774>. Luettu 8.7.2013.
- 8 Ilmamäärän muuttaminen MagiCad-ohjelmalla. Verkkodokumentti. Lindinvent. Verkkodokumentti.
<www.lindinvent.se/fileadmin/user_upload/produkter/allm%C3%A4nna_produktiler/Projanvisningar_klimat_-_120119.pdf>. Luettu 12.7.2013.
- 9 Esimerkki staattisen paineen alentaminen kanavistossa. 2012. Verkkodokumentti. Ecohvac.eu Task 3.
<www.ecohvac.eu/downloads/Task%203%20Lot%206%20Ventilation%20Final%20Report.pdf>. Luettu 8.7.2013.
- 10 Seppänen, Olli 1996. Ilmastointiteknikka ja sisäilmasto. Helsinki: Kiitorata Oy.
- 11 Puhallintekninen käsikirja ABB Fläkt Oy s. 29.
- 12 Seppänen, Olli, Brelih, Nejc, Bertilsson, Thore, Maripuu, Mari-Liis, Lamy, Herve, Vanden Borre, Alex 2012. Rehva guidebook: Design of energy efficient ventilation and air-conditioning systems. Romania.

- 13 EU:n asetus 327/2001. 2009. Verkkodokumentti. Euroopan unioni virallinen lehti. <eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:090:0008:0021:fi:PDFs> Luettu 11.7.2013.
- 14 Mäkinen, Pekka, Railio, Jorma 2004. SFP-opas. Opas ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mittaamiseen.
- 15 Pulliainen, Marko 2013. LVI 30-10529. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 16 Mäkinen, Pekka. Tuotepäällikkö Fläkt Woods Oy, Turku. Puhelinkeskustelu 15.8.2013.
- 17 Yli-Kauppila, Mika. Ryhmäpäällikkö Optiplan Oy, Helsinki. Puhelinkeskustelu 26.8.2013.
- 18 Jokinen, Liisa. Tiiminvetäjä Optiplan Oy, Tampere. Lync-keskustelu 26.8.2013.
- 19 Hurme, Minna. Suunnittelupäällikkö Optiplan Oy, Helsinki. Puhelinkeskustelu 30.9.2013.
- 20 Optiplan historia. Optiplan. Verkkodokumentti. <www.optiplan.fi/tietoa_optiplanista/fi_FI/historia/>. Luettu 9.4.2013.
- 21 Jokela, Jorma. Tekninen tuki Progman Oy, Rauma. Puhelinkeskustelu 11.10.2013.



Huoltopuoli
2013/11/27
2.7.130923.2

Asiakasnumero	62131
Projekti	74
Kone	1
AOC	ACON-01312009

Projektin nimi	
Koneen nimi	
Tuloilma	eQ-027
Poistoilma	eQ-027
	SFP YAMK (TK01) / TK01
	2,50 m³/s
	2,50 m³/s



YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP* (Pa)
Tuloilma:					
Supply inlet					100
Peltiosa/liitântäosa	3,0				4
Suodatin	2,4				129
Lämmönsiirrin	2,5	78,0	-26 / 11,5		131
Ilmanlämmitin	2,4		1,5 / 19		57
Ilmanjäähdytin	2,5			26 / 15	155
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		75,6	19 / 20	15 / 16	821
Äänenvaimennin	2,0				26
General loss					19
Supply outlet					200
Poistoilma:					
Exhust inlet					200
Suodatin	2,4				127
Äänenvaimennin	2,0				26
Rakenneosa					0
Lämmönsiirrin	2,6		22 / -13,3		130
Additional throttling					11
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		75,7			617
Pelti	3,1				3
General loss					20
Exhust outlet					100

*Koskee puhaltimen mitoittavaa toimintapistettä

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Ulkoilmaliitântä	61	63	70	62	56	51	44	41	64
Tuloilmaliitântä	63	58	56	47	46	48	47	48	55
Poistoilmaliitântä	63	66	46	37	37	37	37	37	51
Jäteilmaliitântä	68	78	80	79	76	70	66	64	81
Koneen vaipan läpi	63	73	68	52	46	48	42	37	62

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

YHTEENVETO

Kone

Tuloilmavirta	2,50 m ³ /s	Asennus	Sisäasennus, vaakasuora
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Materiaali	Aluzink teräs
Poistoilmavirta	2,50 m ³ /s	Lämpöeristys	T3
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Kondenssieristys	TB3
Mitoittava lämpötila kesällä	26 °C	Tiiviysluokka	L2 (CEN B)
Mitoittava kosteus kesällä	60 %	Vaipan lujuusluokka	CEN D2
Mitoittava lämpötila talvella	-26 °C	Tuloilman suodatinluokka	
Mitoittava kosteus talvella	89,9 %	Poistoilman suodatinluokka	
Lämpötila sisään, tuloilma/kesä	16 °C	Lämpötila sisään, poistoilma/kesä	24 °C
Kosteus sisään, tuloilma/kesä	70 %	Kosteus sisään, poistoilma/kesä	60 %
Lämpötila sisään, tuloilma / talvi	20 °C	Lämpötila sisään, poistoilma / talvi	22 °C
Kosteus sisään, tuloilma / talvi	50 %	Kosteus sisään, poistoilma / talvi	20 %
LTO hyötys.	78,0 %	Lämmön talteenoton kapasiteetti	122 kW
SFP tuloilma	1,11 kW/(m ³ /s)	Kokonaispaino	1929 kg
SFP poistoilma	0,95 kW/(m ³ /s)		
SFP yhteensä	2,06 kW/(m ³ /s)	Suurimman lohkon paino	492 kg
		Suurin lohko	500 x 2472 x 1950 mm

Lämmitys/Jäähdytys

	Teho [kW]	Ilma Sisään [°C/%]	Ilma Ulos [°C/%]	Vesi sisään / ulos [°C]	Jäätymissuoja	Vesi [l/s]	Vesi [kPa]	Liit. [mm]
Ilmanlämmitin	53,2	1,5/18,9	19/5,8	60/40		0,65	2,6	32
Ilmanjäähdytin	56,3	26/60	15/91,9	7/12		2,68	12,0	50

Moottoritiedot

Jännite	3 x 400V + N, 50 Hz		
Nimellisteho, tuloilma	4,0 kW	Nimellisteho, poistoilma	3,0 kW
Nimellisvirta, tuloilma	8,6 A	Nimellisvirta, poistoilma	6,3 A

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitântä	61	63	70	62	56	51	44	41	64
Tuloilmaliitântä	63	58	56	47	46	48	47	48	55
Poistoilmaliitântä	63	66	46	37	37	37	37	37	51
Jäteilmaliitântä	68	78	80	79	76	70	66	64	81
Koneen vaipan läpi	63	73	68	52	46	48	42	37	62

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

TEKNINEN ERITTELY
(toiminto-osat ilmavirran suunnassa)

TULOILMA

Peltiosa

Mitoittava painehäviö

4 Pa

Vaipan päätyseinä

Pelti

Leveys cm : 110

Korkeus cm : 080

Tiiviy.luokka: CEN 3

Liit.äntä: Laippa

Toiminto: Ulkoilma

Sijainti: Päädyssä sisäpuolella

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 030

Huoltoapuoli: Oikea

Suodatin

Konekoko: 027

Suodatinluokka: F7

Suodattimen tyyppi: Synteettinen

Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit

Suodatinpussin kehys: Muovi

Liit.äntä: Vakioliit.äntä osan päädyssä

Rakenne: Alipaineelle

Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs

Huoltoapuoli: Oikea

Alkupainehäviö

79 Pa

Mitoittava painehäviö

129 Pa

Loppupainehäviö

179 Pa

Suodattimen otsapinta

1,1 m²

Otsapintanopeus

2,4 m/s

REGOTERM pyörivä lämmönsiirrin

Konekoko: 027

Roottorin rakenne: Ei-hygroskooppinen

Tehovaihtoehdo (poimutus): Tehovaihtoehdo 5 (1.7)

Käyttömoottori: Säädettävä nopeus, 1x230V

Moottorin luokitus: Säädettävä nopeus

Rakennepituus: Roottori yksin

Tuloilman sijainti: Alemmassa koneessa

Toimitusmuoto: Yhtenäinen roottori
Materiaali: sinkitty teräs/AlZn
Huoltopuoli: Oikea
Versionumero: FläktWoods Rotor Drive

Lämpötilahyötysuhde	Talvi 78,0 %
Teho mitoitusasteessa	122 kW
Kosteushyötysuhde	42,6 %
Ilmavirran siirtyminen	0,17 m ³ /s
Tuloilma	Talvi
Painehäviö	108 Pa
Ilman lämpötila	-26 / 11,5 °C
Suhteellinen kosteus	89,9 / 18,9 %
Poistoilma	Talvi
Painehäviö	116 Pa
Ilman lämpötila	22 / -13,3 °C
Suhteellinen kosteus	20 / 100 %
Tarvittava poiston lisäkuristus	11 Pa

Ilmanlämmitin, vesi

Tehovaihtoehto: 2	
Lamellirunko: Cu/Al	
Lamellijako: 2 mm	
Vesireitit: 04	
Rakenne: Yhtenäinen lamellirunko	
Kehysosat: Sinkitty teräs	
Liitäntäpuoli: Oikea	
Putkikoko	32
Vesitilavuus	10,2 l
Mitoitava painehäviö	50 Pa
Mitoitusasteen teho	53,2 kW
Ilman lämpötila	1,5 / 19 °C
Otsapintanopeus	2,3 m/s
Lämmittimen säätötapa	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60 / 40 °C
Vesivirta	0,65 l/s
Veden nopeus	0,4 m/s
Vesipuolen painehäviö	2,6 kPa

Ilmanjäähdytin, vesi

Käyttötapa: Jäähdytyspatteri
Konekoko: 027
Tehovaihtoehto: 6
Rakenne: Vakio otsapinta
Lamellijako: 2 mm
Lamellirunko: Cu/Al
Kehysosien materiaali: Sinkitty teräs
Liitäntäpuoli: Oikea

Putkikoko	50
Vesitilavuus	29,3 l
Mitoittava painehäviö	155 Pa
Painehäviö	155 Pa
Mitoituspisteen teho	56,3 kW
Ilman lämpötila	26 / 15 °C
Suhteellinen kosteus	60 / 91,9 %
Otsapintanopeus	2,5 m/s
Veden lämpötila	7 / 12 °C
Vesivirta	2,68 l/s
Veden nopeus	0,8 m/s
Vesipuolen painehäviö	12,0 kPa

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 020

Huoltopuoli: Oikea

Kammio puhallin Centriflow Plus

Konekoko: 027

Puhallinkoko: 3

Varustelu: Ilmavirran mittausanturi

Tärinävaimentimet: Kumi

Puhaltimen sijoitus: Tuloilma

Ulospuhallussuunta: Eteenpäin, seuraavaan koneosaan

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Oikea

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1553 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75,6 %
Kokonaishyötysuhde	63,7 %
Paineenkorotus	821 Pa
Puhaltimen akseliteho	2,69 kW
Sähkön ottoteho	3,19 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	1 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,78 kW
Paineenkorotus	712 Pa
Pyörimisnopeus	1489 Rpm

Centriflow Plus puhallin + moottori

Moottori

Jännite: 380-420 VD/660-690 VY

Moottorikämmityksen yllämpösuoja: termistori

Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	86,6 %
Pyörimisnopeus	1450 Rpm
Moottorin nimellisteho	4,0 kW
Virtatiedot	8,6 A
Napaluku	4

Haluttu tehoreservi vähintään 10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde 97,3 %

Toimintapisteen taajuus 54 Hz

Maksimi taajuus 60,5 Hz

Maksimi pyörimisnopeus 1756 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus

Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja irrallaan toimitettuna

Tyyppi: Vakio

Kaapelin pituus: 308

Jännite: 3x400 VAC

Äänenvaimennin

Konekoko: 027

Pituus: 1300 mm

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Oikea

Mitoittava painehäviö 26 Pa

Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

POISTOILMA

Suodatin

Konekoko: 027

Suodatinluokka: F7

Suodattimen tyyppi: Synteettinen

Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit

Suodatinpussin kehys: Muovi

Liitäntä: Vakiliitäntä osan päädyssä

Rakenne: Alipaineelle

Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Vasen

Alkupainehäviö 77 Pa

Mitoittava painehäviö 127 Pa

Loppupainehäviö 177 Pa

Suodattimen otsapinta 1,1 m²

Otsapintanopeus 2,4 m/s

Äänenvaimennin

Konekoko: 027

Pituus: 1300 mm

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Vasen

Mitoittava painehäviö 26 Pa

Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 020

Huoltopuoli: Vasen

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 030

Huoltopuoli: Vasen

Kammionpuhallin Centriflow Plus

Konekoko: 027

Puhallinkoko: 3

Varustelu: Ilmavirran mittausanturi

Tärinänvaimentimet: Kumi

Puhaltimen sijoitus: Poistoilma

Ulospuhallussuunta: ylöspäin

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Vasen

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1455 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75,7 %
Kokonaishyötysuhde	62,5 %
Paineenkorotus	617 Pa
Puhaltimen akseliteho	2,12 kW
Sähkön ottoteho	2,57 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,8 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,38 kW
Paineenkorotus	563 Pa
Pyörimisnopeus	1414 Rpm

Centriflow Plus puhallin + moottori

Moottori

Jännite: 220-240 VD /380-420 VY, 220 VD/380 VY

Moottorikäämityksen ylälämpösuoja: termistori

Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	85,5 %
Pyörimisnopeus	1445 Rpm
Moottorin nimellisteho	3,0 kW
Virtatiedot	6,3 A
Napaluku	4
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	96,5 %
Toimintapisteen taajuus	50 Hz
Maksimi taajuus	55,8 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1612 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus

Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja irrallaan toimitettuna

Tyyppi: Vakio

Kaapelin pituus: 308

Jännite: 3x400 VAC

Kanavapelti

Toiminto: Jäteilma

Mitoittava painehäviö

3 Pa

Pelti

Leveys cm : 140

Korkeus cm : 060

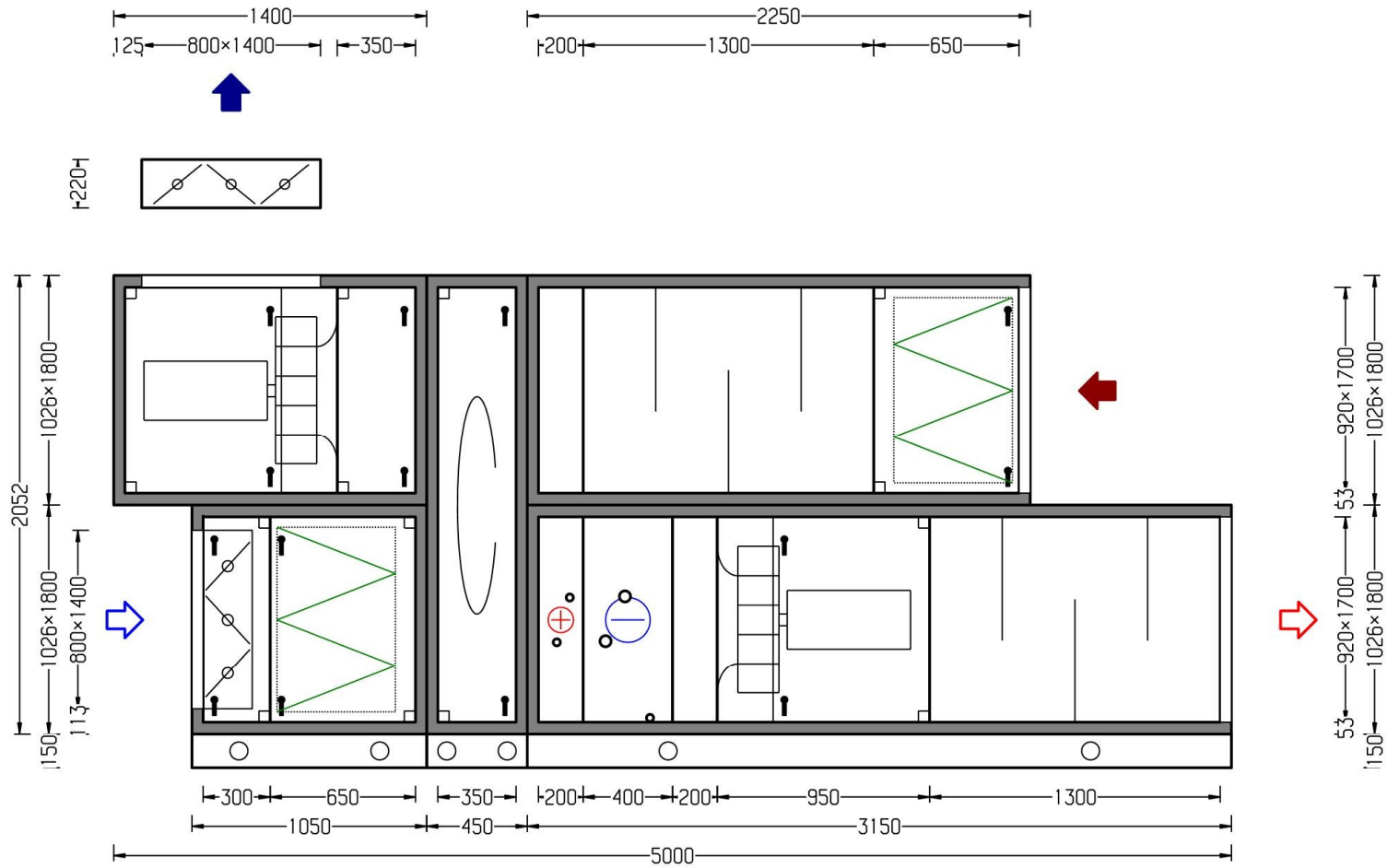
Tiiviysluokka: CEN 3

Liitäntä: PG työntölistaliitos

Toiminto: Jätelima

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs



Huoltopuoli

2013/11/27
2.7.130703.1

Asiakasnumero 62131
Projekti 74
Kone 4
AOC ACON-01312052

Projektin nimi
Koneen nimi
Tuloilma eQ-032
Poistoilma eQ-032

SFP YAMK
(TK04) / TK04
2,50 m³/s
2,50 m³/s



YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP* (Pa)
Tuloilma:					
Supply inlet					100
Peltiosa/liitântäosa	2,3				3
Suodatin	2,0				114
Lämmönsiirrin	2,4	78,1	-26 / 11,5		126
Ilmanlämmitin	1,9		1,5 / 19,2		40
Ilmanjäähdytin	2,0			26 / 15,1	68
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		74,4	19,2 / 20	15,1 / 16	678
Äänenvaimennin	1,6				15
General loss					12
Supply outlet					200
Poistoilma:					
Exhust inlet					200
Suodatin	2,0				112
Äänenvaimennin	1,6				16
Rakenneosa					0
Lämmönsiirrin	2,5		22 / -13,2		125
Additional throttling					15
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		76,0			582
Pelti	1,9				1
General loss					13
Exhust outlet					100

*Koskee puhaltimen mitoittavaa toimintapistettä

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Ulkoilmaliitântä	60	69	58	55	53	47	40	37	59
Tuloilmaliitântä	58	67	48	42	39	44	45	45	54
Poistoilmaliitântä	58	60	37	37	37	37	37	37	47
Jäteilmaliitântä	61	77	74	75	72	68	64	61	77
Koneen vaipan läpi	60	66	53	44	45	42	37	37	53

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

YHTEENVETO

Kone

Tuloilmavirta	2,50 m ³ /s	Asennus	Sisäasennus, vaakasuora
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Materiaali	Aluzink teräs
Poistoilmavirta	2,50 m ³ /s	Lämpöeristys	T3
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Kondenssieristys	TB3
Mitoittava lämpötila kesällä	26 °C	Tiiviysluokka	L2 (CEN B)
Mitoittava kosteus kesällä	60 %	Vaipan lujuusluokka	CEN D2
Mitoittava lämpötila talvella	-26 °C	Tuloilman suodatinluokka	
Mitoittava kosteus talvella	89,9 %	Poistoilman suodatinluokka	
Lämpötila sisään, tuloilma/kesä	16 °C	Lämpötila sisään, poistoilma/kesä	24 °C
Kosteus sisään, tuloilma/kesä	70 %	Kosteus sisään, poistoilma/kesä	60 %
Lämpötila sisään, tuloilma / talvi	20 °C	Lämpötila sisään, poistoilma / talvi	22 °C
Kosteus sisään, tuloilma / talvi	50 %	Kosteus sisään, poistoilma / talvi	20 %
LTO hyötys.	78,1 %	Lämmön talteenoton kapasiteetti	122 kW
SFP tuloilma	0,98 kW/(m ³ /s)	Kokonaispaino	2170 kg
SFP poistoilma	0,88 kW/(m ³ /s)		
SFP yhteensä	1,86 kW/(m ³ /s)	Suurimman lohkon paino	838 kg
		Suurin lohko	3200 x 1346 x 1950 mm

Lämmitys/Jäähdytys

	Teho [kW]	Ilma Sisään [°C/%]	Ilma Ulos [°C/%]	Vesi sisään / ulos [°C]	Jäätymissuoja	Vesi [l/s]	Vesi [kPa]	Liit. [mm]
Ilmanlämmitin	53,6	1,5/18,3	19,2/5,6	60/40		0,66	3,1	32
Ilmanjäähdytin	54,5	26/60	15,1/92,2	7/12		2,6	11,0	50

Moottoritiedot

Jännite	3 x 400V + N, 50 Hz		
Nimellisteho, tuloilma	3,0 kW	Nimellisteho, poistoilma	3,0 kW
Nimellisvirta, tuloilma	7,6 A	Nimellisvirta, poistoilma	7,6 A

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitântä	60	69	58	55	53	47	40	37	59
Tuloilmaliitântä	58	67	48	42	39	44	45	45	54
Poistoilmaliitântä	58	60	37	37	37	37	37	37	47
Jäteilmaliitântä	61	77	74	75	72	68	64	61	77
Koneen vaipan läpi	60	66	53	44	45	42	37	37	53

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

TEKNINEN ERITTELY
(toiminto-osat ilmavirran suunnassa)

TULOILMA

Peltiosa

Mitoittava painehäviö

3 Pa

Vaipan päätyseinä

Pelti

Leveys cm : 140

Korkeus cm : 080

Tiiviy.luokka: CEN 3

Liit.äntä: Laippa

Toiminto: Ulkoilma

Sijainti: Päädyssä sisäpuolella

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs

Rakenneosa

Konekoko: 032

Pituus: 030

Huoltoapuoli: Oikea

Suodatin

Konekoko: 032

Suodatinluokka: F7

Suodattimen tyyppi: Synteettinen

Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit

Suodatinpussin kehys: Muovi

Liit.äntä: Vakioliit.äntä osan päädyssä

Rakenne: Alipaineelle

Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs

Huoltoapuoli: Oikea

Suodatinpussien koot

4x392x792

Alkupainehäviö

64 Pa

Mitoittava painehäviö

114 Pa

Loppupainehäviö

164 Pa

Suodattimen otsapinta

1,3 m²

Otsapintanopeus

2,0 m/s

REGOTERM pyörivä lämmönsiirrin

Konekoko: 032

Roottorin rakenne: Ei-hygroskooppinen

Tehovaihtoehto (poimutus): Tehovaihtoehto 5 (1.7)

Käyttömoottori: Säädettävä nopeus, 1x230V

Moottorin luokitus: Säädettävä nopeus

Rakennepituus: Roottori yksin

Tuloilman sijainti: Alemmassa koneessa
Toimitusmuoto: Yhtenäinen roottori
Materiaali: sinkitty teräs/AlZn
Huoltopuoli: Oikea
Versionumero: Rotor Drive version 1

Lämpötilahyötysuhde	Talvi	78,1 %
Teho mitoituspisteessä		122 kW
Kosteushyötysuhde		40,9 %
Ilmavirran siirtyminen		0,15 m ³ /s
Tuloilma	Talvi	
Painehäviö		103 Pa
Ilman lämpötila		-26 / 11,5 °C
Suhteellinen kosteus		89,9 / 18,3 %
Poistoilma	Talvi	
Painehäviö		111 Pa
Ilman lämpötila		22 / -13,2 °C
Suhteellinen kosteus		20 / 100 %
Tarvittava poiston lisäkuriistus		15 Pa

Ilmanlämmitin, vesi

Tehovaihtoehto: 2	
Lamellirunko: Cu/Al	
Lamellijako: 2 mm	
Vesireitit: 04	
Rakenne: Yhtenäinen lamellirunko	
Kehyosat: Sinkitty teräs	
Liitäntäpuoli: Oikea	
Putkikoko	32
Vesitilavuus	11,9l
Mitoittava painehäviö	35 Pa
Mitoituspisteen teho	53,6 kW
Ilman lämpötila	1,5 / 19,2 °C
Otsapintanopeus	1,8 m/s
Lämmittimen säätötapa	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60 / 40 °C
Vesivirta	0,66 l/s
Veden nopeus	0,4 m/s
Vesipuolen painehäviö	3,1 kPa

Ilmanjäähdytin, vesi

Käyttötapa: Jäähdytyspatteri
Konekoko: 032
Tehovaihtoehto: 4
Rakenne: Vakio otsapinta
Lamellijako: 2 mm
Lamellirunko: Cu/Al
Kehyosien materiaali: Sinkitty teräs

Liitäntäpuoli: Oikea	
Putkikoko	50
Vesitilavuus	24,8 l
Mitoittava painehäviö	68 Pa
Painehäviö	68 Pa
Mitoituspisteen teho	54,5 kW
Ilman lämpötila	26 / 15,1 °C
Suhteellinen kosteus	60 / 92,2 %
Otsapintanopeus	2,0 m/s
Veden lämpötila	7 / 12 °C
Vesivirta	2,6 l/s
Veden nopeus	0,8 m/s
Vesipuolen painehäviö	11,0 kPa

Rakenneosa

Konekoko: 032
Pituus: 020
Huolto puoli: Oikea

Kammio puhallin Centriflow Plus

Konekoko: 032
Puhallinkoko: 3
Varustelu: Ilmavirran mittausanturi
Tärinänvaimentimet: Kumi
Puhaltimen sijoitus: Tuloilma
Ulospuhallussuunta: Eteenpäin, seuraavaan koneosaan
Materiaali: Sinkitty teräs
Huolto puoli: Oikea

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1219 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	74,4 %
Kokonaishyötysuhde	59,6 %
Paineenkorotus	678 Pa
Puhaltimen akseliteho	2,26 kW
Sähkön ottoteho	2,82 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,9 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,46 kW
Paineenkorotus	599 Pa
Pyörimisnopeus	1170 Rpm

Moottori

Jännite: 380-420 VD/660-690 VY
Moottorikämmityksen yllämpösuoja: termistori
Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	83,3 %
Pyörimisnopeus	960 Rpm
Moottorin nimellisteho	3,0 kW
Virtatiedot	7,6 A
Napaluku	6

Haluttu tehoreservi vähintään 10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde 96,2 %
Toimintapisteen taajuus 63 Hz
Maksimi taajuus 68,7 Hz
Maksimi pyörimisnopeus 1318 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus
Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja asennettuna
Liitäntätarvikkeet: Turvakytkin
Tyyppi: Vakio
Kaapelin pituus: 356
Jännite: 3x400 VAC

Äänenvaimennin

Konekoko: 032
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Oikea
Mitoittava painehäviö 15 Pa
Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

POISTOILMA

Suodatin

Konekoko: 032
Suodatinluokka: F7
Suodattimen tyyppi: Synteettinen
Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit
Suodatinpussin kehys: Muovi
Liitäntä: Vakioliitäntä osan päädyssä
Rakenne: Alipaineelle
Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Suodatinpussien koot 4x392x792
Alkupainehäviö 62 Pa
Mitoittava painehäviö 112 Pa
Loppupainehäviö 162 Pa
Suodattimen otsapinta 1,3 m²
Otsapintanopeus 2,0 m/s

Äänenvaimennin

Konekoko: 032
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Mitoittava painehäviö 16 Pa

Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu

4,11,27,34,34,25,20,17 dB

Rakenneosa

Konekoko: 032

Pituus: 020

Huoltopuoli: Vasen

Rakenneosa

Konekoko: 032

Pituus: 035

Huoltopuoli: Vasen

Kammio puhallin Centriflow Plus

Konekoko: 032

Puhallinkoko: 3

Varustelu: Ilmavirran mittausanturi

Tärinänvaimentimet: Kumi

Puhaltimen sijoitus: Poistoilma

Ulospuhallussuunta: ylöspäin

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Vasen

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1178 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	76,0 %
Kokonaishyötysuhde	61,3 %
Paineenkorotus	582 Pa
Puhaltimen akseliteho	1,99 kW
Sähkön ottoteho	2,47 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,8 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,21 kW
Paineenkorotus	527 Pa
Pyörimisnopeus	1129 Rpm

Moottori

Jännite: 380-420 VD/660-690 VY

Moottorikäimityksen yllämpösuoja: termistori

Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	83,3 %
Pyörimisnopeus	960 Rpm
Moottorin nimellisteho	3,0 kW
Virtatiedot	7,6 A
Napaluku	6
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	96,8 %
Toimintapisteen taajuus	61 Hz
Maksimi taajuus	69,4 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1332 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus

Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja asennettuna

Liitäntätarvikkeet: Turvakytkin

Tyyppi: Vakio

Kaapelin pituus: 356

Jännite: 3x400 VAC

Kanavapelti

Toiminto: Jäteilma

Mitoittava painehäviö

1 Pa

Pelti

Leveys cm : 170

Korkeus cm : 080

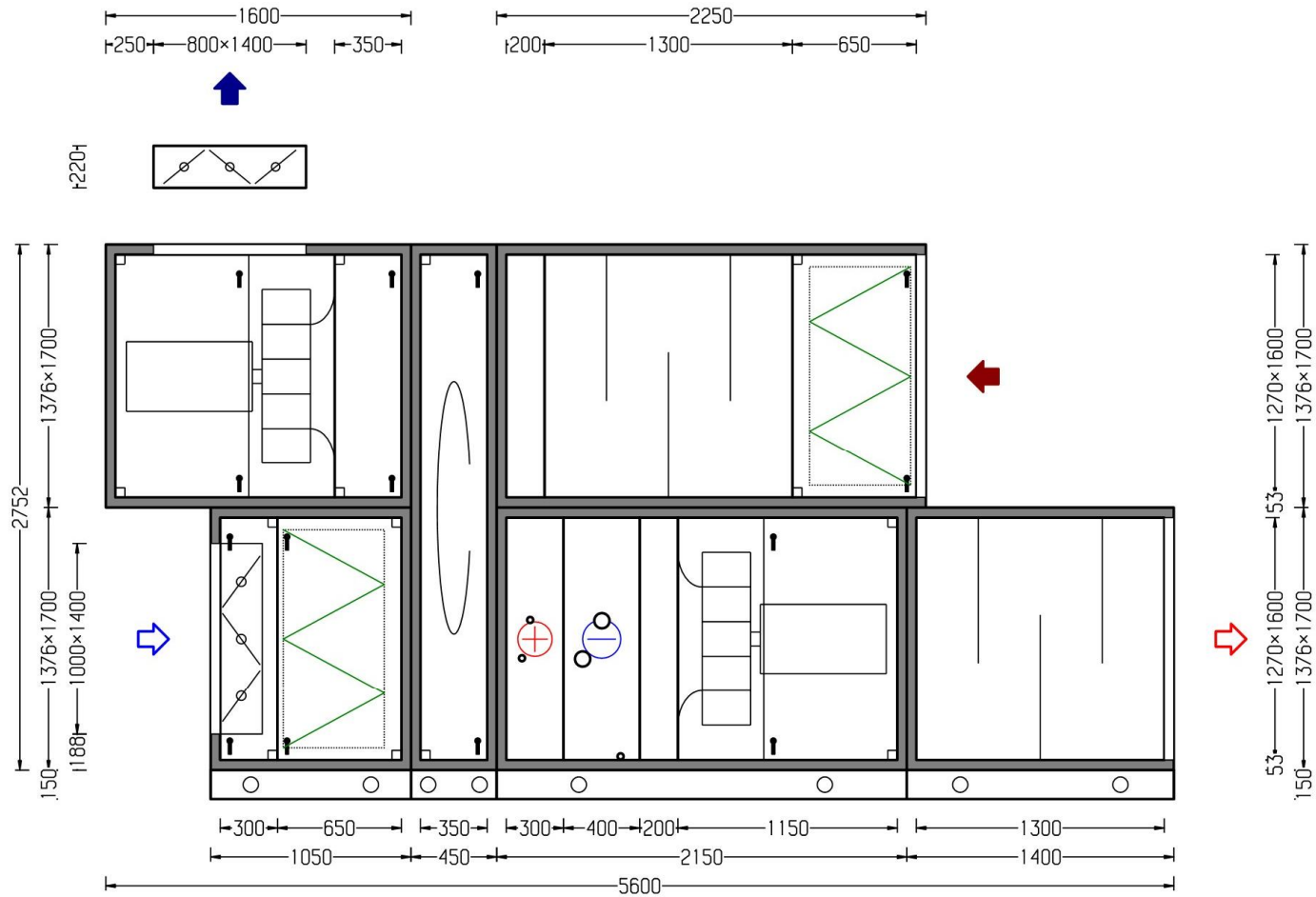
Tiiviysluokka: CEN 3

Liitäntä: PG työntölistaliitos

Toiminto: Jätelima

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs



Huoltopuoli

2013/11/27
2.7.130703.1

Asiakasnumero 62131
Projekti 74
Kone 3
AOC ACON-01312049

Projektin nimi
Koneen nimi
Tuloilma eQ-045
Poistoilma eQ-045

SFP YAMK
(TK03) / TK03
2,50 m³/s
2,50 m³/s



YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP* (Pa)
Tuloilma:					
Supply inlet					100
Peltiosa/liitântäosa	1,9				2
Suodatin	1,5				92
Lämmönsiirrin	1,4	82,1	-26 / 13,4		74
Ilmanlämmitin	1,5		3,4 / 19,3		14
Ilmanjäähdytin	1,6			26 / 15,3	45
Rakenneosa					0
Kammiopuhallin		71,1	19,3 / 20	15,3 / 16	544
Äänenvaimennin	1,2				10
General loss					7
Supply outlet					200
Poistoilma:					
Exhust inlet					200
Suodatin	1,4				91
Äänenvaimennin	1,3				10
Rakenneosa					0
Lämmönsiirrin	1,4		22 / -15,1		73
Rakenneosa					0
Kammiopuhallin		73,4			482
Pelti	0,0				0
General loss					8
Exhust outlet					100

*Koskee puhaltimen mitoitettavaa toimintapistettä

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Ulkoilmaliitântä	57	68	57	53	51	46	39	37	57
Tuloilmaliitântä	55	66	48	40	37	41	42	41	52
Poistoilmaliitântä	56	60	37	37	37	37	37	37	47
Jäteilmaliitântä	59	77	75	74	70	66	62	58	75
Koneen vaipan läpi	57	65	52	42	43	41	37	37	52

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

YHTEENVETO

Kone

Tuloilmavirta	2,50 m ³ /s	Asennus	Sisäasennus, vaakasuora
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Materiaali	Aluzink teräs
Poistoilmavirta	2,50 m ³ /s	Lämpöeristys	T3
Ulkoisen painehäviö	300 Pa	Kondenssieristys	TB3
Mitoittava lämpötila kesällä	26 °C	Tiiviysluokka	L2 (CEN B)
Mitoittava kosteus kesällä	60 %	Vaipan lujuusluokka	CEN D2
Mitoittava lämpötila talvella	-26 °C	Tuloilman suodatinluokka	
Mitoittava kosteus talvella	89,9 %	Poistoilman suodatinluokka	
Lämpötila sisään, tuloilma/kesä	16 °C	Lämpötila sisään, poistoilma/kesä	24 °C
Kosteus sisään, tuloilma/kesä	70 %	Kosteus sisään, poistoilma/kesä	60 %
Lämpötila sisään, tuloilma / talvi	20 °C	Lämpötila sisään, poistoilma / talvi	22 °C
Kosteus sisään, tuloilma / talvi	50 %	Kosteus sisään, poistoilma / talvi	20 %
LTO hyötys.	82,1 %	Lämmön talteenoton kapasiteetti	129 kW
SFP tuloilma	0,80 kW/(m ³ /s)	Kokonaispaino	2636 kg
SFP poistoilma	0,75 kW/(m ³ /s)		
SFP yhteensä	1,56 kW/(m ³ /s)	Suurimman lohkon paino	677 kg
		Suurin lohko	500 x 3072 x 2650 mm

Lämmitys/Jäähdytys

	Teho [kW]	Ilma Sisään [°C/%]	Ilma Ulos [°C/%]	Vesi sisään / ulos [°C]	Jäätymissuoja	Vesi [l/s]	Vesi [kPa]	Liit. [mm]
Ilmanlämmitin	48,1	3,4/17,9	19,3/6,2	60/40		0,59	3,6	32
Ilmanjäähdytin	53,8	26/60	15,3/92	7/12		2,56	4,1	80

Moottoritiedot

Jännite	3 x 400V + N, 50 Hz		
Nimellisteho, tuloilma	4,0 kW	Nimellisteho, poistoilma	4,0 kW
Nimellisvirta, tuloilma	10,5 A	Nimellisvirta, poistoilma	10,5 A

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitântä	57	68	57	53	51	46	39	37	57
Tuloilmaliitântä	55	66	48	40	37	41	42	41	52
Poistoilmaliitântä	56	60	37	37	37	37	37	37	47
Jäteilmaliitântä	59	77	75	74	70	66	62	58	75
Koneen vaipan läpi	57	65	52	42	43	41	37	37	52

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

TEKNINEN ERITTELY
(toiminto-osat ilmavirran suunnassa)

TULOILMA

Peltiosa

Mitoittava painehäviö

2 Pa

Vaipan päätyseinä

Pelti

Leveys cm : 140

Korkeus cm : 100

Tiiviysluokka: CEN 3

Liitäntä: Laippa

Toiminto: Ulkoilma

Sijainti: Päädyssä sisäpuolella

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs

Rakenneosa

Konekoko: 045

Pituus: 030

Huoltopuoli: Oikea

Suodatin

Konekoko: 045

Suodatinluokka: F7

Suodattimen tyyppi: Synteettinen

Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit

Suodatinpussin kehys: Muovi

Liitäntä: Vakioliitäntä osan päädyssä

Rakenne: Alipaineelle

Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Oikea

Alkupainehäviö

42 Pa

Mitoittava painehäviö

92 Pa

Loppupainehäviö

142 Pa

Suodattimen otsapinta

1,8 m²

Otsapintanopeus

1,5 m/s

REGOTERM pyörivä lämmönsiirrin

Konekoko: 045

Roottorin rakenne: Ei-hygroskooppinen

Tehovaihtoehto (poimutus): Tehovaihtoehto 5 (1.7)

Käyttömoottori: Säädetty nopeus, 1x230V

Moottorin luokitus: Säädetty nopeus

Rakennepituus: Roottori yksin

Tuloilman sijainti: Alemmassa koneessa

Toimitusmuoto: Yhtenäinen roottori
Materiaali: sinkitty teräs/AlZn
Huoltoapuoli: Oikea
Versionumero: Rotor Drive version 1

Lämpötilahyötysuhde	Talvi	82,1 %
Teho mitoitusasteessa		129 kW
Kosteushyötysuhde		46,6 %
Ilmavirran siirtyminen		0,24 m ³ /s
Tuloilma	Talvi	
Painehäviö		61 Pa
Ilman lämpötila		-26 / 13,4 °C
Suhteellinen kosteus		89,9 / 17,9 %
Poistoilma	Talvi	
Painehäviö		65 Pa
Ilman lämpötila		22 / -15,1 °C
Suhteellinen kosteus		20 / 100 %

Ilmanlämmitin, vesi

Tehovaihtoehto: 1	
Lamellirunko: Cu/Al	
Lamellijako: 2 mm	
Vesireitit: 04	
Rakenne: Yhtenäinen lamellirunko	
Kehysosat: Sinkitty teräs	
Liitäntäapuoli: Oikea	
Putkikoko	32
Vesitilavuus	9,2 l
Mitoittava painehäviö	13 Pa
Mitoitusasteen teho	48,1 kW
Ilman lämpötila	3,4 / 19,3 °C
Otsapintanopeus	1,4 m/s
Lämmittimen säätötapa	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60 / 40 °C
Vesivirta	0,59 l/s
Veden nopeus	0,5 m/s
Vesipuolen painehäviö	3,6 kPa

Ilmanjäähdytin, vesi

Käyttötapa: Jäähdytyspatteri	
Konekoko: 045	
Tehovaihtoehto: 4	
Rakenne: Vakio otsapinta	
Lamellijako: 2 mm	
Lamellirunko: Cu/Al	
Kehysosien materiaali: Sinkitty teräs	
Liitäntäapuoli: Oikea	
Putkikoko	80

Vesitilavuus	38,9 l
Mitoittava painehäviö	45 Pa
Painehäviö	45 Pa
Mitoituspisteen teho	53,8 kW
Ilman lämpötila	26 / 15,3 °C
Suhteellinen kosteus	60 / 92 %
Otsapintanopeus	1,6 m/s
Veden lämpötila	7 / 12 °C
Vesivirta	2,56 l/s
Veden nopeus	0,6 m/s
Vesipuolen painehäviö	4,1 kPa

Rakenneosa

Konekoko: 045

Pituus: 020

Huoltopuoli: Oikea

Kammiopuhallin Centriflow Plus

Konekoko: 045

Puhallinkoko: 3

Varustelu: Ilmavirran mittausanturi

Tärinänvaimentimet: Kumi

Puhaltimen sijoitus: Tuloilma

Ulospuhallussuunta: Eteenpäin, seuraavaan koneosaan

Materiaali: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Oikea

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	950 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	71,1 %
Kokonaishyötysuhde	58,5 %
Paineenkorotus	544 Pa
Puhaltimen akseliteho	1,89 kW
Sähkön ottoteho	2,3 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,8 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,02 kW
Paineenkorotus	479 Pa
Pyörimisnopeus	906 Rpm

Moottori

Jännite: 380-420 VD/660-690 VY

Moottorikäämityksen yllämpösuoja: termistori

Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	84,6 %
Pyörimisnopeus	960 Rpm
Moottorin nimellisteho	4,0 kW
Virtatiedot	10,5 A
Napaluku	6
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	97,2 %
Toimintapisteen taajuus	49 Hz
Maksimi taajuus	52,2 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1002 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus
Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja asennettuna
Liitántätarvikkeet: Turvakytkin
Tyyppi: Vakio
Kaapelin pituus: 428
Jännite: 3x400 VAC

Äänenvaimennin

Konekoko: 045
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Oikea
Mitoittava painehäviö 10 Pa
Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

POISTOILMA

Suodatin

Konekoko: 045
Suodatinluokka: F7
Suodattimen tyyppi: Synteettinen
Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit
Suodatinpussin kehys: Muovi
Liitántä: Vakioliitántä osan päädyssä
Rakenne: Alipaineelle
Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Alkupainehäviö 41 Pa
Mitoittava painehäviö 91 Pa
Loppupainehäviö 141 Pa
Suodattimen otsapinta 1,8 m²
Otsapintanopeus 1,4 m/s

Äänenvaimennin

Konekoko: 045
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Mitoittava painehäviö 10 Pa
Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

Rakenneosa

Konekoko: 045
Pituus: 020
Huoltopuoli: Vasen

Rakenneosa

Konekoko: 045
Pituus: 035
Huoltopuoli: Vasen

Kammionpuhallin Centriflow Plus

Konekoko: 045
Puhallinkoko: 3
Varustelu: Ilmavirran mittausanturi
Tärinänvaimentimet: Kumi
Puhaltimen sijoitus: Poistoilma
Ulospuhallussuunta: ylöspäin
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	923 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	73,4 %
Kokonaishyötysuhde	60,1 %
Paineenkorotus	482 Pa
Puhaltimen akseliteho	1,72 kW
Sähkön ottoteho	2,1 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,7 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	1,89 kW
Paineenkorotus	430 Pa
Pyörimisnopeus	880 Rpm

Moottori

Jännite: 380-420 VD/660-690 VY
Moottorikäämyksen yllämpösuoja: termistori
Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	84,6 %
Pyörimisnopeus	960 Rpm
Moottorin nimellisteho	4,0 kW
Virtatiedot	10,5 A
Napaluku	6
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	96,7 %
Toimintapisteen taajuus	48 Hz
Maksimi taajuus	52,7 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1012 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus

Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja asennettuna

Liitäntätarvikkeet: Turvakytkin

Tyyppi: Vakio

Kaapelin pituus: 428

Jännite: 3x400 VAC

Kanavapelti

Toiminto: Jäteilma

Mitoittava painehäviö

0 Pa

Pelti

Leveys cm : 200

Korkeus cm : 080

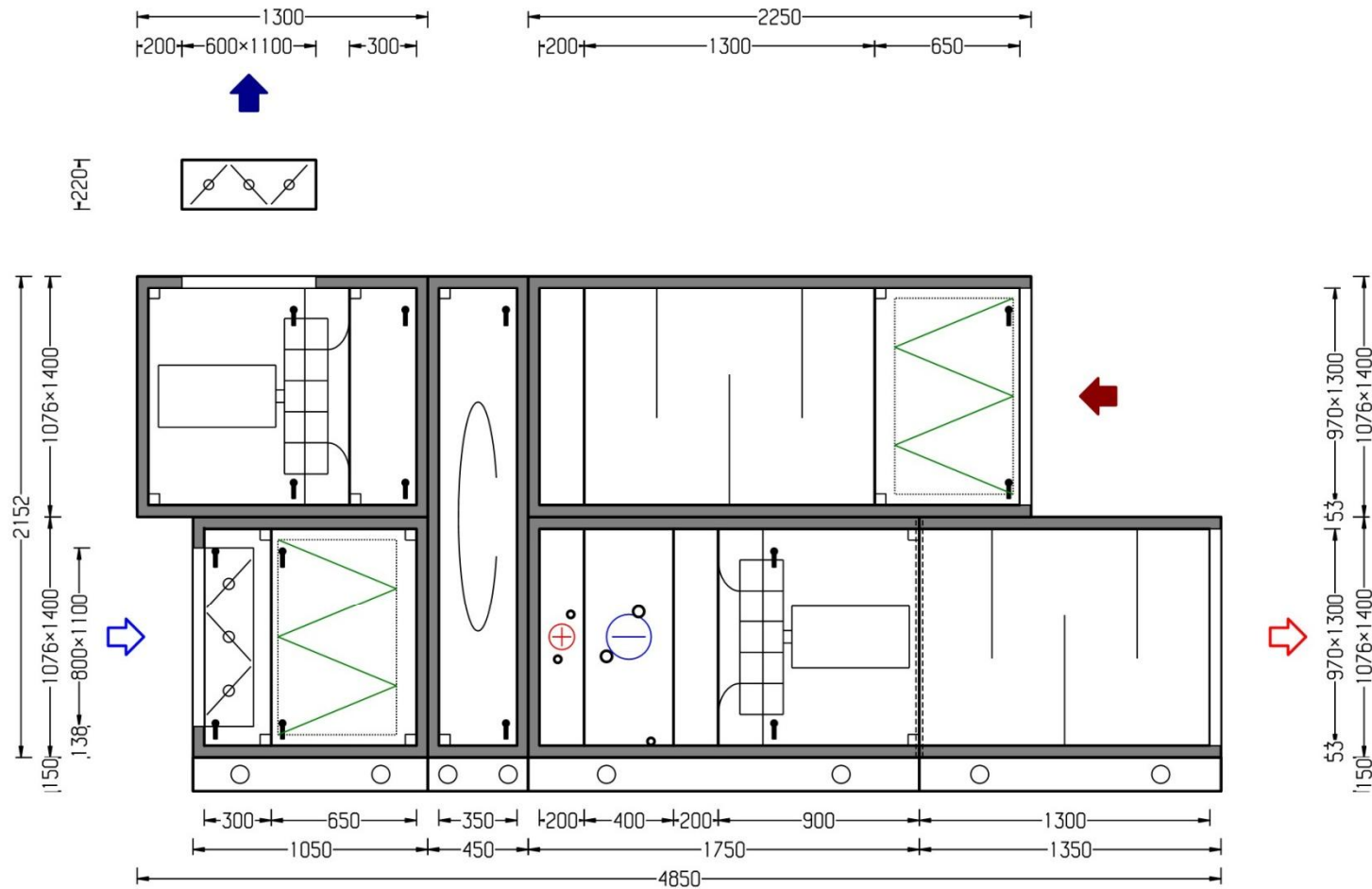
Tiiviysluokka: CEN 3

Liitäntä: PG työntölistaliitos

Toiminto: Jätelima

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs



Huoltopuoli

2013/11/27
2.7.130923.2

Asiakasnumero 62131
Projekti 74
Kone 1
AOC ACON-01312009

Projektin nimi
Koneen nimi
Tuloilma eQ-027
Poistoilma eQ-027

SFP YAMK
(TK01) / TK01
2,50 m³/s
2,50 m³/s



YHTEENVETO

Toiminto-osat ilmavirran suunnassa	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP* (Pa)
Tuloilma:					
Supply inlet					50
Peltiosa/liitântäosa	3,0				4
Suodatin	2,4				130
Lämmönsiirrin	2,5	78,0	-26 / 11,5		131
Ilmanlämmitin	2,4		1,5 / 19,1		43
Ilmanjäähdytin	2,5			26 / 15	142
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		75,8	19,1 / 20	15 / 16	745
Äänenvaimennin	2,0				26
General loss					19
Supply outlet					200
Poistoilma:					
Exhust inlet					200
Suodatin	2,4				127
Äänenvaimennin	2,0				26
Rakenneosa					0
Lämmönsiirrin	2,6		22 / -13,3		130
Rakenneosa					0
Kammio puhallin		75,2			556
Pelti	3,1				3
General loss					20
Exhust outlet					50

*Koskee puhaltimen mitoitettavaa toimintapistettä

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Ulkoilmaliitântä	64	73	70	61	54	50	44	40	64
Tuloilmaliitântä	65	66	54	47	45	47	47	48	56
Poistoilmaliitântä	63	65	45	37	37	37	37	37	51
Jäteilmaliitântä	68	78	79	79	76	70	66	64	80
Koneen vaipan läpi	64	74	68	52	45	48	42	37	62

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

YHTEENVETO

Kone

Tuloilmavirta	2,50 m ³ /s	Asennus	Sisäasennus, vaakasuora
Ulkoisen painehäviö	250 Pa	Materiaali	Aluzink teräs
Poistoilmavirta	2,50 m ³ /s	Lämpöeristys	T3
Ulkoisen painehäviö	250 Pa	Kondenssieristys	TB3
Mitoittava lämpötila kesällä	26 °C	Tiiviysluokka	L2 (CEN B)
Mitoittava kosteus kesällä	60 %	Vaipan lujuusluokka	CEN D2
Mitoittava lämpötila talvella	-26 °C	Tuloilman suodatinluokka	
Mitoittava kosteus talvella	89,9 %	Poistoilman suodatinluokka	
Lämpötila sisään, tuloilma/kesä	16 °C	Lämpötila sisään, poistoilma/kesä	24 °C
Kosteus sisään, tuloilma/kesä	70 %	Kosteus sisään, poistoilma/kesä	60 %
Lämpötila sisään, tuloilma / talvi	20 °C	Lämpötila sisään, poistoilma / talvi	22 °C
Kosteus sisään, tuloilma / talvi	50 %	Kosteus sisään, poistoilma / talvi	20 %
LTO hyötys.	78,0 %	Lämmön talteenoton kapasiteetti	122 kW
SFP tuloilma	1,01 kW/(m ³ /s)	Kokonaispaino	1922 kg
SFP poistoilma	0,85 kW/(m ³ /s)		
SFP yhteensä	1,86 kW/(m ³ /s)	Suurimman lohkon paino	485 kg
		Suurin lohko	500 x 2472 x 1950 mm

Lämmitys/Jäähdytys

	Teho [kW]	Ilma Sisään [°C/%]	Ilma Ulos [°C/%]	Vesi sisään / ulos [°C]	Jäätymissuoja	Vesi [l/s]	Vesi [kPa]	Liit. [mm]
Ilmanlämmitin	53,5	1,5/18,9	19,1/5,8	60/40		0,66	2,6	32
Ilmanjäähdytin	56	26/60	15/91,6	7/12		2,67	11,9	50

Moottoritiedot

Jännite	3 x 400V + N, 50 Hz		
Nimellisteho, tuloilma		3,0 kW	Nimellisteho, poistoilma 3,0 kW
Nimellisvirta, tuloilma		6,3 A	Nimellisvirta, poistoilma 6,3 A

ÄÄNEN TEHOTASOT

(standardi: EN13053 ISO/CD 13347-2)

Oktaavikaista (Hz)	Lw oktaavikaistoittain (dB)								LwA dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Ulkoilmaliitântä	64	73	70	61	54	50	44	40	64
Tuloilmaliitântä	65	66	54	47	45	47	47	48	56
Poistoilmaliitântä	63	65	45	37	37	37	37	37	51
Jäteilmaliitântä	68	78	79	79	76	70	66	64	80
Koneen vaipan läpi	64	74	68	52	45	48	42	37	62

TOLERANSSI

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

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

Taajuusmuuttajat ja mahdolliset koneen ulkopuolelle asennetut moottorit eivät sisälly äänitasoihin

TEKNINEN ERITTELY
(toiminto-osat ilmavirran suunnassa)

TULOILMA

Peltiosa

Mitoittava painehäviö

4 Pa

Vaipan päätyseinä

Pelti

Leveys cm : 110

Korkeus cm : 080

Tiiviysluokka: CEN 3

Liitântä: Laippa

Toiminto: Ulkoilma

Sijainti: Päädyssä sisäpuolella

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 030

Huoltopuoli: Oikea

Suodatin

Konekoko: 027

Suodatinluokka: F7

Suodattimen tyyppi: Synteettinen

Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit

Suodatinpussin kehys: Muovi

Liitântä: Vakioliitântä osan päädyssä

Rakenne: Alipaineelle

Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs

Huoltopuoli: Oikea

Alkupainehäviö

80 Pa

Mitoittava painehäviö

130 Pa

Loppupainehäviö

180 Pa

Suodattimen otsapinta

1,1 m²

Otsapintanopeus

2,4 m/s

REGOTERM pyörivä lämmönsiirrin

Konekoko: 027

Roottorin rakenne: Ei-hygroskooppinen

Tehovaihtoehto (poimutus): Tehovaihtoehto 5 (1.7)

Käyttömoottori: Säädetty nopeus, 1x230V

Moottorin luokitus: Säädetty nopeus

Rakennepituus: Roottori yksin

Tuloilman sijainti: Alemmassa koneessa

Toimitusmuoto: Yhtenäinen roottori

Materiaali: sinkitty teräs/AlZn
Huoltopuoli: Oikea
Versionumero: FläktWoods Rotor Drive

	Talvi
Lämpötilahyötysuhde	78,0 %
Teho mitoituspisteessä	122 kW
Kosteushyötysuhde	42,6 %
Ilmavirran siirtyminen	0,19 m ³ /s
Tuloilma	Talvi
Painehäviö	108 Pa
Ilman lämpötila	-26 / 11,5 °C
Suhteellinen kosteus	89,9 / 18,9 %
Poistoilma	Talvi
Painehäviö	116 Pa
Ilman lämpötila	22 / -13,3 °C
Suhteellinen kosteus	20 / 100 %

Ilmanlämmitin, vesi

Tehovaihtoehto: 2	
Lamellirunko: Cu/Al	
Lamellijako: 2.5 mm	
Vesireitit: 04	
Rakenne: Yhtenäinen lamellirunko	
Kehysosat: Sinkitty teräs	
Liitäntäpuoli: Oikea	
Putkikoko	32
Vesitilavuus	10,2 l
Mitoittava painehäviö	37 Pa
Mitoituspisteen teho	53,5 kW
Ilman lämpötila	1,5 / 19,1 °C
Otsapintanopeus	2,3 m/s
Lämmittimen säätötapa	Mitoitus ilman pumppuryhmää
Veden lämpötila	60 / 40 °C
Vesivirta	0,66 l/s
Veden nopeus	0,4 m/s
Vesipuolen painehäviö	2,6 kPa

Ilmanjäähdytin, vesi

Käyttötapa: Jäähdytyspatteri	
Konekoko: 027	
Tehovaihtoehto: 6	
Rakenne: Vakio otsapinta	
Lamellijako: 2,5 mm	
Lamellirunko: Cu/Al	
Kehysosien materiaali: Sinkitty teräs	
Liitäntäpuoli: Oikea	
Putkikoko	50
Vesitilavuus	29,3 l
Mitoittava painehäviö	142 Pa

Painehäviö	142 Pa
Mitoituspisteen teho	56 kW
Ilman lämpötila	26 / 15 °C
Suhteellinen kosteus	60 / 91,6 %
Otsapintanopeus	2,5 m/s
Veden lämpötila	7 / 12 °C
Vesivirta	2,67 l/s
Veden nopeus	0,7 m/s
Vesipuolen painehäviö	11,9 kPa

Rakenneosa

Konekoko: 027
Pituus: 020
Huoltoapuoli: Oikea

Kammio puhallin Centriflow Plus

Konekoko: 027
Puhallinkoko: 3
Varustelu: Ilmavirran mittausanturi
Tärinänvaimentimet: Kumi
Puhaltimen sijoitus: Tuloilma
Ulospuhallussuunta: Eteenpäin, seuraavaan koneosaan
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltoapuoli: Oikea

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1502 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75,8 %
Kokonaishyötysuhde	62,0 %
Paineenkorotus	745 Pa
Puhaltimen akseliteho	2,43 kW
Sähkön ottoteho	2,97 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	1 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,54 kW
Paineenkorotus	636 Pa
Pyörimisnopeus	1437 Rpm

Centriflow Plus puhallin + moottori

Moottori

Jännite: 220-240 VD /380-420 VY, 220 VD/380 VY

Moottorikäämyksen ylälämpösuoja: termistori

Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	85,5 %
Pyörimisnopeus	1445 Rpm
Moottorin nimellisteho	3,0 kW
Virtatiedot	6,3 A
Napaluku	4
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	95,6 %
------------	--------

Toimintapisteen taajuus	52 Hz
Maksimi taajuus	55,2 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1595 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus
Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja irrallaan toimitettuna
Tyyppi: Vakio
Kaapelin pituus: 308
Jännite: 3x400 VAC

Äänenvaimennin

Konekoko: 027
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Oikea
Mitoittava painehäviö 26 Pa
Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

POISTOILMA

Suodatin

Konekoko: 027
Suodatinluokka: F7
Suodattimen tyyppi: Synteettinen
Suodattimen pituus: Pitkä pussi, pystysuorat pussit
Suodatinpussin kehys: Muovi
Liitäntä: Vakioliitäntä osan päädyssä
Rakenne: Alipaineelle
Materiaali, kehysosat: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Alkupainehäviö 77 Pa
Mitoittava painehäviö 127 Pa
Loppupainehäviö 177 Pa
Suodattimen otsapinta 1,1 m²
Otsapintanopeus 2,4 m/s

Äänenvaimennin

Konekoko: 027
Pituus: 1300 mm
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen
Mitoittava painehäviö 26 Pa
Vaimennus oktaavikaistoittain, oman äänen kehitys huomioitu 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

Rakenneosa

Konekoko: 027

Pituus: 020
Huoltopuoli: Vasen

Rakenneosa

Konekoko: 027
Pituus: 030
Huoltopuoli: Vasen

Kammiopuhallin Centriflow Plus

Konekoko: 027
Puhallinkoko: 3
Varustelu: Ilmavirran mittausanturi
Tärinävaimentimet: Kumi
Puhaltimen sijoitus: Poistoilma
Ulospuhallussuunta: ylöspäin
Materiaali: Sinkitty teräs
Huoltopuoli: Vasen

Mitoitustiedot

Pyörimisnopeus	1415 Rpm
Puhaltimen hyötysuhde	75,2 %
Kokonaishyötysuhde	62,3 %
Paineenkorotus	556 Pa
Puhaltimen akseliteho	1,93 kW
Sähkön ottoteho	2,33 kW
Lämpötilan nousu puhaltimessa	0,7 °C

SFP-laskenta

Sähkön ottoteho SFP-laskennan mukaan	2,14 kW
Paineenkorotus	502 Pa
Pyörimisnopeus	1372 Rpm

Centriflow Plus puhallin + moottori

Moottori

Jännite: 220-240 VD /380-420 VY, 220 VD/380 VY
Moottorikäimityksen yllämpösuoja: termistori
Merkki/malli: Fläkt Woods IE2

Hyötysuhde	85,5 %
Pyörimisnopeus	1445 Rpm
Moottorin nimellisteho	3,0 kW
Virtatiedot	6,3 A
Napaluku	4
Haluttu tehoreservi vähintään	10 %

Taajuusmuuttaja

Hyötysuhde	96,8 %
Toimintapisteen taajuus	49 Hz
Maksimi taajuus	52,7 Hz
Maksimi pyörimisnopeus	1524 Rpm

Moottoritarvikkeet

Moottori: 1-nopeus
Pyörimisnopeussäätö: Taajuusmuuttaja irrallaan toimitettuna

Tyyppi: Vakio
Kaaelin pituus: 308
Jännite: 3x400 VAC

Kanavapelti

Toiminto: Jäteilma

Mitoittava painehäviö

3 Pa

Pelti

Leveys cm : 140

Korkeus cm : 060

Tiiviysluokka: CEN 3

Liitäntä: PG työntölistaliitos

Toiminto: Jätelima

Peltityyppi: 200 mm säleet

Materiaali: Sinkitty teräs