

Mikko Pekonen

KONEPAJAN ILMANVAIHDON JA LÄMMITYKSEN
SANEERAUKSEN SUUNNITTELU

Energiatekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
2013

KONEPAJAN ILMANVAIHDON JA LÄMMITYKSEN SANEERAUKSEN SUUNNITTELU

Pekonen, Mikko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2013
Ohjaaja: Heinola, Reino
Sivumäärä: 36
Liitteitä: 4

Asiasanat: Konepaja, lämmitystehontarve, ilmanvaihto, maalämpö, ilma-vesilämpöpumppu, pellettilämpökontti, takaisinmaksuaika

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä suunnitelma metalli konepaja Hallaworks Oy:n ilmastoinnin ja lämmityksen saneerauksesta. Lisäksi vertailtiin toteutettavissa olevia vaihtoehtoja nykyiseen järjestelmään.

Kohteessa oleva nykyinen lämminilmakehitin toimii hallin lämmitys- sekä ilmanvaihtojärjestelmänä. Nykyinen järjestelmä on jo vanha eikä täytä teollisuusilmastoinnin vaatimuksia, joten kohteeseen laadittiin uudet ilmanvaihto- ja lämmityssuunnitelmat.

Vaihtoehtoisiksi järjestelmiksi valittiin uusi ilmanvaihtokone sekä kolme eri lämmitysjärjestelmään. Lämmitysjärjestelmiä ovat maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu- sekä lämpökonttijärjestelmä. Näitä kolmea järjestelmää vertailtiin nykyiseen järjestelmään laskien kunkin järjestelmän takaisinmaksuajan.

Maalämpöpumppujärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 12,5 vuotta.
Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 17 vuotta.
Lämpökonttijärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 19 vuotta.

Suunnitelmat vastaavat nykyaikaista hyvätasoista teollisuushallin ilmastointia sekä lämmitystä. Nykyaikaisella ilmastoinnilla pystytään hallitsemaan ilman epäpuhtauksia ja tuottamaan halliin terveellinen työympäristö.

PLANNING THE AIR CONDITIONING AND HEATING SYSTEM RECONSTRUCTION FOR METAL MACHINE SHOP

Pekonen, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy Engineering

November 2013

Supervisor: Heinola, Reino

Number of pages: 36

Appendices: 4

Keywords: machine shop, need of heating capacity, air conditioning, geothermal heat pump, air to water heat pump, pellet heating container, repayment period.

The subject of this thesis was to make an air conditioning and heating reconstruction plan for metal machine shop Hallaworks Oy. In addition to this we also compared possible options to the current system.

Subject's current fan heater works as the hall's heating- and ventilation systems. Current system is outdated and it doesn't qualify industrial air conditioning requirements, so we draw up new air conditioning and heating plans.

For alternative options we chose new air handling unit and three different heating systems. Alternative heating systems are geothermal heat pump, air to water heat pump and heating container. These three systems were compared to the current system, counting each different system's repayment period.

Geothermal heat pump system's repayment period would be 12,5 years.

Air to water heat pump system's repayment period would be 17 years.

Heating container system's repayment period would be 19 years.

These plans meet the requirements of contemporary and high standard industrial hall's ventilation and heating. With contemporary ventilation we can control the pollutants in the air and produce a healthy working environment to the hall.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KONEPAJA HALLAWORKSIN NYKYTILA	5
2.1	Ilmanvaihto	5
2.2	Lämmitys	8
2.3	Öljynkulutus.....	8
3	LÄMMITYSTEHONTARVE.....	10
4	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ.....	13
4.1	Ilma-vesilämpöpumppu	14
4.2	Maalämpöpumppu	17
4.3	Lämpökontti.....	19
4.4	Lämmitysjärjestelmä.....	19
5	TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO	20
5.1	Sisäilmaston tavoitteet	21
5.2	Järjestelmät	21
5.3	Ilman epäpuhtaudet.....	23
5.4	Ilman liike ja veto	24
6	ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	24
6.1	Mitoituksen perusteet.....	24
6.2	Ilmanjakotapa.....	25
6.3	Ilmavirtojen hallinta.....	26
7	ILMANVAIHTOLAITTEET.....	26
7.1	Raitis- ja jäteilma	26
7.2	Tulo- ja poistoilma.....	27
7.3	Ilmanvaihtokone	28
7.4	Kanavisto	29
7.5	Ilmavirtojen säätö	29
8	TAKAISINMAKSUAIKA.....	30
8.1	Nykyisen järjestelmän kustannukset.....	30
8.2	Uuden ilmastoinnin kustannukset	30
8.3	Maalämpöpumppujärjestelmän kustannukset ja säästöt	30
8.4	Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kustannukset ja säästöt	33
8.5	Biokattila (Lämpökontti) kustannukset ja säästöt.....	34
9	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia suunnitelma Raumalla sijaitsevan metalli konepaja Hallaworks Oy ilmastoinnin ja lämmityksen saneerauksesta.

Kohteena on konepajan halli. Kohde sijaitsee osoitteessa Kuivassuontie 8, 26510 Rauma. Rakennuksen kokonaiskerrosala on 898m^2 , josta konepajan kerrosalaa on 793m^2 . Kokonaistilavuutta rakennuksella on 7453m^3 ja siitä konepajan osuus on 7048m^3 .

Konepajan ilmanvaihto on toteutettu lämminilmakehittimellä, joka toimii myös hallin lämmön lähteenä. Toimisto, pukuhuone ja ruokailutilojen poisto on toteutettu kahdella ilmanvaihto koneella. Hallissa on myös isoja ovia, jotka avoinna ollessaan aiheuttavat huomattavaa vetoa varsinkin talvella.

Työssä pyritään löytämään sopiva ratkaisu hallin ilmanvaihdon ja lämmityksen toteuttamiseen helposti hallittavalla järjestelmällä ja tuottaa työntekijöille terveellisempi ja miellyttävämpi työympäristö.

2 KONEPAJA HALLAWORKSIN NYKYTILA

Konepajan kokonaiskerrosala on 898m^2 ja tilavuus 7453m^3 . Hallilla on pituutta reilut 55m, leveyttä hieman reilu 16m ja korkeutta reilu 8m. Halliin on suunniteltu laajennusta $n.500\text{m}^2$, mutta laajennuksen ajankohdasta ei ole tietoa.

2.1 Ilmanvaihto

Hallissa sijaitsee konepajan lisäksi toimisto- ja sosiaalitilat. Toimiston ja sosiaalitilojen ilmanvaihto on hoidettu kahdella erillisellä ilmanvaihto koneella, joissa on lämmöntalteenotto-kenno.



Kuva 2.1 Sosiaalityöjen ilmanvaihtokone

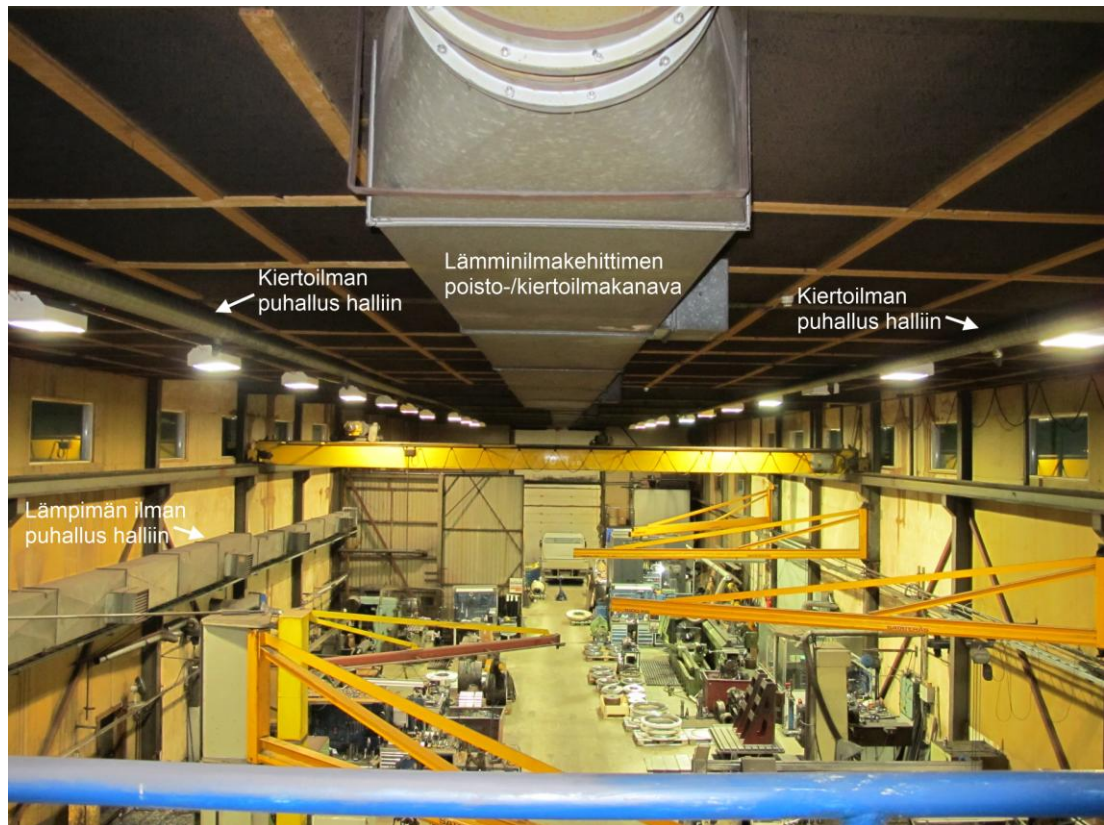
Konepajapuolen ilmanvaihto on toteutettu lämminilmakehittimellä joka tuo tilaan lämmintä tuloilmaa ja tilassa on myös kiertoilmapuhallin. Kaikki ilmastointi koneet sijaitsevat toimiston katolla. Kiertoilmakone ottaa myös kierrätettävän ilmansa toimiston katolta.



Kuva 2.2 Kiertoilmapuhallin



Kuva 2.3 Lämminilmakehitin



Kuva 2.4 Kanavistoa hallissa

2.2 Lämmitys

Hallin lämmitys hoidetaan lämminilmakehittimellä. Toimisto- ja sosiaalitilat lämmitetään sähköpattereilla. Lämminilmakehittimen sisäänpuhallus on hoidettu hallin seinustalla sijaitsevalla kanavistolla.

2.3 Öljynkulutus

Konepajan toimitusjohtaja on pitänyt kirjaa öljynkulutuksesta kirjaamalla ylös öljysäiliöiden tankkaus määriä. Taulukosta 2.1 nähdään kohteeseen ostettu öljymäärä, josta voidaan päätellä kohteen öljynkulutuksen olevan vuositasolla noin 20000 litraa.

Taulukko 2.1: Öljytankkaus kohteessa

Öljyn laatu	Tankkaus päivämäärä	Tankkaus määrä	
LÖBIO-3	12.2.2009	3895	
"	2.3.2009	3280	
"	1.4.2009	3683	
"	28.4.2009	1827	
"	29.5.2009	644	
"	28.10.2009	1863	
"	27.11.2009	2468	
"	21.12.2009	1975	
		yht:	19635
LÖBIO-3	19.1.2010	4567	
"	21.2.2010	1975	
"	18.3.2010	3000	
"	15.4.2010	2000	
"	17.5.2010	2262	
"	7.10.2010	291	
"	8.11.2010	622	
"	8.12.2010	2417	
"	29.12.2010	3605	
		yht:	20739

Taulukko 2.2: Lämmitystarveluvut Raumalla (Rauman Energia)

	Norm.		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	vuosi								
tammi	647		712	577	652	634	565	677	864
helmi	604		612	606	670	737	509	638	722
maalis	575		580	697	733	497	562	596	624
huhti	397		329	396	387	406	371	387	416
touko	215		217	219	161	164	170	125	208
kesä	30		46	32	45	0	16	84	23
heinä	5		0	0	0	0	0	6	0
elo	25		27	0	0	39	28	13	47
syys	170		116	102	35	202	249	123	186
loka	358		362	309	260	330	328	461	401
marras	502		507	417	462	521	474	456	591
joulu	610		520	642	451	509	542	726	852
yht.	4138		4028	3997	3856	4039	3814	4292	4934

3 LÄMMITYSTEHONTARVE

Mitoittava ulkolämpötila on paikkakunnalla -26 °C (RakMK D3 2012)

Säätiötöinä on käytetty Säävyöhykettä I, Helsinki-Vantaa. (RakMK D3 2012)

Lämmitystehon mitoituksessa sisäisiä ja auringon aiheuttamia lämpökuormia ei oteta huomioon. (Suomen RakMK D3 2012)

Taulukko 3.1: Symbolit ja niiden selvitykset

Φ_{joht}	johtumislämmitysteho, W
ΣH_{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
T_s	sisäilman lämpötila, 18 °C
$T_{\text{u,mit}}$	mitoittava ulkoilman lämpötila, -26 °C
U	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A	rakennusosan pinta-ala, m ²
$\Phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
$q_{\text{v,vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, 4,0 m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala, nykyinen 2680 m ² , laajennuksen jälkeen 3980 m ²
3600	keroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m ³ /h -> m ³ /s
x	keroin, joka tässä tapauksessa on 20
ρ_i	ilman tiheys, 1,2kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000Ws/(kgK)
Φ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$q_{\text{v,poisto}}$	poistoilmavirta, m ³ /s
$\eta_{\text{p,mit}}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa
$T_{\text{jäte,mit}}$	jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa
l_k	viivamaisen kylmäsillan pituus, m
Ψ_k	viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssi, W/(m K)

Rakennusosien ominaislämpöhäviöt lasketaan kaavalla:

$$\begin{aligned} \Sigma H_{joht} = & \Sigma(U_{ulkoseinä} * A_{ulkoiseinä}) + \Sigma(U_{yläpohja} * A_{yläpohja}) \\ & + \Sigma(U_{alapohja} * A_{alapohja}) + \Sigma(U_{ikkuna} * A_{ikkuna}) \\ & + \Sigma(U_{ovi} * A_{ovi}) + \Sigma(l_k * \Psi_k) \end{aligned}$$

Hallin johtumislämmitystarve lasketaan kaavalla:

$$\varphi_{joht} = \Sigma H_{joht} * (T_s - T_{u,mit})$$

Hallin alapohjan on maanvastainen, joten johtumislämmitystarve lasketaan muuten samalla kaavalla, mutta mitoittava ulkoilman lämpötila korvataan alapohjan alapuolisen maan vuotuisella keskilämpötilalla, joka saadaan RakMK D3 kohdasta 4.3.2 (7°C).

Taulukko 3.2: Rakenteiden U-arvot ja pinta-alat

	U-arvot (W/m²K)	pinta-alat (m²)
ulkoseinä	0,28	894,7
yläpohja	0,2	874,5
alapohja	0,45	793,2
ulko-ovi	1	59,5
ikkuna	3	57,6

Taulukko 3.3: Rakenteiden U-arvot ja pinta-alat laajennuksen jälkeen

	U-arvot (W/m²K)	pinta-alat (m²)	U-arvot (W/m²K)	pinta-alat (m²)
ulkoseinä	0,28	493,1	0,17	635
yläpohja	0,2	874,5	0,09	512
alapohja	0,45	793,2	0,16	512
ulko-ovi	1	59,5	1	40
ikkuna	3	28,8	1	28,8

Taulukko 3.4: Kylmäsiltojen aiheuttama ominaislämpöhäviö

	lisäkonduk- tanssi, Ψ_k (W/(m K))	pituus, l_k (m)	ominais- lämpöhäviö (W/K)
ulkoseinä / yläpohja	0,3	143,5	43,1
ulkoseinä / alapohja	0,5	118,9	59,5
ulkoseinä / ulkoseinä, ulkonurkka	0,1	24,2	2,4
ikkunat ja ovet	0,2	212,4	42,5
laajennusosa:			
ulkoseinä / yläpohja	0,3	18,4	5,5
ulkoseinä / alapohja	0,5	18,4	9,2

Hallin johtumislämmitystarve:

$$\begin{aligned}
 \varphi_{\text{joht}} &= \Sigma H_{\text{joht}} * (T_s - T_{u,\text{mit}}) \\
 &= \left(\left(0,28 \frac{W}{m^2 K} * 894,7 m^2 \right) + \left(0,2 \frac{W}{m^2 K} * 874,5 m^2 \right) \right. \\
 &\quad \left. + \left(1 \frac{W}{m^2 K} * 59,5 m^2 \right) + \left(3 \frac{W}{m^2 K} * 57,6 m^2 \right) + 147,5 \frac{W}{K} \right) * (18^\circ C \\
 &\quad - (-26^\circ C) + \left(0,45 \frac{W}{m^2 K} * 793,2 m^2 \right) * 7^\circ C \approx 38028 W \\
 &\approx 38,5 kW
 \end{aligned}$$

Hallin vuotoilmavirta lasketaan kaavalla:

$$q_{v,\text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 * x} A_{\text{vaiippa}}$$

ilmanvuotolukuna tässä tapauksessa käytetään arvoa 4,0 m³/(h m²), koska ilmanpitävyyttä ei tunneta. (RakMK D3, 2.5.8)

Vuotoilman ominaislämpöhäviö lasketaan kaavalla:

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,\text{vuotoilma}}$$

Hallin vuotoilman lämmitystehontarve lasketaan kaavalla

$$\varphi_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} * (T_s - T_{u,\text{mit}})$$

Hallin vuotoilman lämmitystehontarve

$$\begin{aligned}
 \varphi_{\text{vuotoilma}} &= \rho_i * c_{pi} * \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{\text{vaiippa}} * (T_s - T_{u,\text{mit}}) \\
 \varphi_{\text{vuotoilma}} &= 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{Ws}{kgK} * \frac{4 m^3 / (h m^2)}{3600 * 20} * 2680 m^2 * (18^\circ C - (-26^\circ C)) \\
 &\approx 7860 W \approx 8 kW
 \end{aligned}$$

Hallin johtumislämmitystarve laajennuksen jälkeen:

$$\begin{aligned}
\varphi_{joht} &= \Sigma H_{joht} * (T_s - T_{u,mit}) \\
&= \left(\left(0,28 \frac{W}{m^2K} * 493,1m^2 \right) + \left(0,2 \frac{W}{m^2K} * 874,5m^2 \right) \right. \\
&+ \left(1 \frac{W}{m^2K} * 59,5m^2 \right) + \left(3 \frac{W}{m^2K} * 28,8m^2 \right) + \left(0,17 \frac{W}{m^2K} * 635m^2 \right) \\
&+ \left(0,09 \frac{W}{m^2K} * 512m^2 \right) + \left(1 \frac{W}{m^2K} * 40m^2 \right) + \left(1 \frac{W}{m^2K} * 28,8m^2 \right) \\
&+ \left. 162,2 \frac{W}{K} \right) * (18^\circ C - (-26^\circ C)) \\
&+ \left(\left(0,45 \frac{W}{m^2K} * 793,2m^2 \right) + \left(0,16 \frac{W}{m^2K} * 512m^2 \right) \right) * 7^\circ C \\
&\approx 40204 W \approx 40,5kW
\end{aligned}$$

Hallin vuotoilman lämmitystehontarve laajennuksen jälkeen

$$\begin{aligned}
\varphi_{vuotoilma} &= \rho_i * c_{pi} ** \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{vaiippa} * (T_s - T_{u,mit}) \\
&= 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{Ws}{kgK} * \frac{4 m^3 / (h m^2)}{3600 * 20} * 3980m^2 * (18^\circ C - (-26^\circ C)) \\
&\approx 11674 W \approx 12 kW
\end{aligned}$$

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Hallin lämmitystehontarve on 46,5 kW, johon lisätään hallin ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoitus teho 29 kW (LIITE 1), eli yhteensä mitoittava tehontarve on 75,5 kW. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoitus teho on ilmanvaihdon tarvitsema lämmitystehontarve. Jotta lämmönlähteet pystyisivät vastaamaan hallin laajennuksen tuomaan lisääntyneeseen tehontarpeeseen, suunniteltu laajennus huomioidaan lämmönlähteiden mitoituksessa. Hallin lämmitystehontarve on laajennuksen jälkeen 52,5 kW. Ilmanvaihtokoneen mitoituksessa on otettu huomioon tuleva laajennus, joten ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin mitoitus teho on edelleen 29 kW. Lämmönlähteiden mitoittavana tehontarpeena käytetään 81,5 kW.

Lämmitysjärjestelmäksi tähän kohteeseen valitaan patteri lämmitys, koska metallikonepajassa tasainen lämpötila on tärkeä tekijä laadussa. Lämmönlähteinä verrataan ilma-vesi lämpöpumppua, maalämpöä ja pellettikattilaa/lämpökonttia.

Lämpöpumpussa mitoitus kannattaa tehdä osateholle. Peukalosääntönä voidaan sanoa, että lämpöpumpun maksimiteho tulisi mitoittaa vastaamaan 50-70% rakennuksen lämmitystehon maksimitarpeesta, jolloin lämpöpumppu kuitenkin tuottaa lämmitysenergian kokonaisvuositarpeesta peräti 85-98%. (SULPU Suomen lämpöpumppuyhdistys ry)

Ilma-vesi lämpöpumppu- ja maalämpöpumppu ratkaisuisissa järjestelmät mitoitetaan vain osateholle. Jäljelle jäävä lämmitysteho kummassakin tapauksessa tuotetaan öljykattilalla, koska kohteessa on jo öljysäiliöt, niin pystymme hyödyntämään niitä tulevassa öljykattilassa. Öljykattila on muutenkin hyvä lisälämmönlähde, koska sen ei tarvitse käydä muuta kuin silloin kun sitä tarvitaan.

4.1 Ilma-vesilämpöpumppu

Lämpöpumppua ei kannatta mitoittaa kokoteholle, koska sen hyötysuhde putoa radikaalisti kovilla pakkasilla. Taulukosta 4.1 näkee kuinka paljon lämpöpumpun kapasiteetti putoaa ilman viiletessä. Lämpöpumpun mitoituslämpötilaksi valitaan -10 °C .

Ilma-vesilämpöpumpuksi valitaan Mitsubishi Electric CAHV P500, joka on tarkoitettu suurille kiinteistöille.



Kuva 4.1 Mitsubishi Electric CAHV P500YA-HPB Lämpöpumppu

Taulukko 4.1: CAHV P500 kapasiteetti eri ulkolämpötiloissa (maahantuojaja)

Ulkolämpötila (°C)	Kapasiteetti (kW)
-20	32
-15	40
-10	42
-5	45
5	50
7	63

Lämpöpumpulla katettava tehontarve, saadaan samalla laskukaavalla, jolla laskettiin hallin lämmitystehontarve, mutta mitoittavana ulkolämpötilana käytetään -10 °C.

$$\begin{aligned}
 \varphi_{joht} &= \Sigma H_{joht} * (T_s - T_{u,mit}) \\
 &= \left(\left(0,28 \frac{W}{m^2K} * 493,1m^2 \right) + \left(0,2 \frac{W}{m^2K} * 874,5m^2 \right) \right. \\
 &+ \left(1 \frac{W}{m^2K} * 59,5m^2 \right) + \left(3 \frac{W}{m^2K} * 28,8m^2 \right) + \left(0,17 \frac{W}{m^2K} * 635m^2 \right) \\
 &+ \left(0,09 \frac{W}{m^2K} * 512m^2 \right) + \left(1 \frac{W}{m^2K} * 40m^2 \right) + \left(1 \frac{W}{m^2K} * 28,8m^2 \right) \\
 &+ \left. 162,2 \frac{W}{K} \right) * (18^\circ C - (-10^\circ C)) \\
 &+ \left(\left(0,45 \frac{W}{m^2K} * 793,2m^2 \right) + \left(0,16 \frac{W}{m^2K} * 512m^2 \right) \right) * 7^\circ C \\
 &\approx 26701 W \approx 27 kW
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\varphi_{vuotoilma} &= \rho_i * c_{pi} * n_{vuotoilma} * \frac{V}{3600} * (T_s - T_{u,mit}) \\
&= 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{Ws}{kgK} * \frac{4 m^3 / (h m^2)}{3600 * 20} * 3980 m^2 * (18^\circ C - (-10^\circ C)) \\
&\approx 7430 W \approx 7,5 kW
\end{aligned}$$

Ilmavaihdon tarvitsema tehontarve lasketaan lämpötilanhyötysuhde kaavaa hyväksi käyttäen valmistajan ilmoittamalla lämpötilahyötysuhteella.

$$T_{LTO} = T_{ulko} + \eta_{tulo} * (T_{poisto} - T_{ulko})$$

T_{LTO}	Tuloilman lämpötila lto:n jälkeen, °C
T_{ulko}	Ulkoilman lämpötila, -10°C
T_{poisto}	Poistoilman lämpötila, 20°C
η_{tulo}	Tuloilman lämpötilahyötysuhde, 83%

$$\begin{aligned}
T_{LTO} &= T_{ulko} + \eta_{tulo} * (T_{poisto} - T_{ulko}) \\
&= (-10^\circ C) + 0,83 * (20^\circ C - (-10^\circ C)) = 14,9^\circ C \\
\varphi_{iv} &= \rho_i * c_{pi} * q_{v,poistoilma} * (T_s - T_{LTO}) \\
&= 1,2 \frac{kg}{m^3} * 1000 \frac{Ws}{kg/K} * 2,95 \frac{m^3}{s} * (18^\circ C - 14,9^\circ C) = 10974 W \\
&\approx 11 kW
\end{aligned}$$

Lämpöpumpun mitoittava tehontarve on $\varphi_{joht} + \varphi_{vuotoilma} + \varphi_{iv} = 45,5 kW$.

Tehontarpeen saavuttamiseksi tarvitsemme kaksi CAHV P500YA-HPB lämpöpumpun (Taulukko 4.1).

Öllykattilan mitoittava tehontarve on tässä tapauksessa koko laskettu tehontarve, koska ilmalämpöpumppu lakkaa toimimasta yli -10 °C lämpötilassa. Eli öljykattilan mitoittava tehontarve on noin 81,5 kW.

Öllykattilaksi valitaan Laatukattila Oy:n Laka Z 93 kW, jonka kanssa hyödynnetään kohteessa oleva öljypoltin ja öljysäiliöt.



Kuva 4.2 Laatukattila Oy:n Laka Z 700 kW

4.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla katettava tehontarve saadaan samalla tavalla, kuin ilma-vesilämpöpumpun tehontarve, mutta mitoittavana ulkolämpötilana käytetään $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$\varphi_{\text{joht}} = 29,5\text{ kW}$$

$$\varphi_{\text{vuotoilma}} = 8,5\text{ kW}$$

$$\varphi_{\text{iv}} = 13\text{ kW}$$

Mitoittavaksi tehontarpeeksi saadaan yhteensä $\varphi = 51\text{ kW}$.

Maalämpöpumpuksi valitaan NIBE F1345-60.



Kuva 4.3 NIBE F1345-60

Öljykattilan mitoittava tehontarve maalämpöpumpulla on vain jäljelle jäävä tehontarve, koska maalämpöpumppu toimii edelleen mitoitus lämpötilassa -26 °C . Eli öljykattilan mitoittava tehontarve on $81,5\text{ kW} - 51\text{ kW} = 30,5\text{ kW}$.

Öljykattilaksi valitaan Oy TERMOCAL Ab Termax:n Termax 40L, jonka kanssa hyödynnetään kohteessa oleva öljypoltin ja öljysäiliöt.



Kuva 4.4 Termax 40L

4.3 Lämpökontti

Koska kohteessa ei ole biopolttoaineelle varastointi paikkaa, niin lämpökontti on oiva valinta biolämmitykselle. Lämpökontti on valmis paketti jossa on kattila ja polttoainevarasto samassa paketissa. Lämpökontti mitoitetaan koko tehontarpeelle, koska sen toimintaan ei ulkolämpötila vaikuta. Eli mitoittava tehontarve kontille on 81,5 kW. Lämpökontiksi valitaan Biofire Oy:n Pellettilämpökontti 120 kW. Pellettilämmitys valitaan kohteeseen, koska se on huoltovapaampi, kuin muut biopolttoaineet esimerkiksi turve ja hake.



Kuva 4.5 Biofire pellettilämpökontti 600kW

4.4 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilana käytetään lämpöpumppu vaihtoehdoissa 50–35 °C ja lämpökontissa 70–40 °C. Mitoituslämpötila vaikuttaa patterien tehoon, eli samankokoisesta patterista saadaan eri teho eri mitoituslämpötilassa (Taulukko 4.2).

Taulukko 4.2: Mitoituslämpötilan vaikutus patterin tehoon

Patterin koko	Teho mitoituslämpötilalla 50–35 °C (W)	Teho mitoituslämpötilalla 70–40 °C (W)
C11-500-2000	658	1089
C11-500-3000	987	1633
C11-600-2000	769	1275
C11-600-3000	1153	1912
C11-900-2000	1073	1784
C11-900-3000	1610	2676

Pattereina kohteessa käytetään PURMO Compact paneeliradiaattoreita.



Kuva 4.6 Paneeliradiaattori PURMO Compact

5 TEOLLISUUDEN ILMANVAIHTO

Peruserona teollisuusilmastoinnissa muihin tilojen ilmastointiin on se, että teollisuusilmastoinnissa mitoittavat tekijät ovat muut kuin ihmisperäiset tai rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamat päästöt. Mitoituksen tärkeimpiä tekijöitä ovat prosessin ominaisuudet. Tämän vuoksi tekninen vaatimus on usein huomattavasti suurempi kuin tavanomaisten tilojen ilmatekniikassa. (Tähti ym. 2002)

5.1 Sisäilmaston tavoitteet

33§

Työpaikalla tulee olla riittävästi kelpollista hengitysilmaa.

Työpaikan ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen.

37§

Työpaikalla, jossa esiintyy ilman epäpuhtauksia, kuten pölyä, savua, kaasua tai höyryä työntekijää vahingoittavassa tai häiritsevässä määrin, on niiden leviäminen mahdollisuuksien mukaan estettävä eristämällä epäpuhtauden lähde tai sijoittamalla se suljettuun tilaan tai laitteeseen.

Ilman epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava ja poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla.

(Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738).

Kohteen sisäilmaston tavoitteena on luoda halliin terveellinen, viihtyisä sekä tehokas työympäristö. Tavoitteena on myös suurien ovien avaamisesta johtuvan vedon hallitseminen, sekä hallissa sijaitseva hitsaus tila pyritään saamaan hallintaan ja ilmastointi järjestelmästä pyritään tekemään mahdollisimman helposti hallittava.

5.2 Järjestelmät

Teollisuusilmastoinnin ilmankäsittelyjärjestelmän ensisijaisena tehtävänä on luoda hyvä ilmanlaatu poistamalla epäpuhtaudet ja tuomalla puhdasta ilmaa. Järjestelmän toisena tehtävänä on antaa hyvä terminen viihtyvyys, joka merkitsee tasaista lämpötilaa ja pieniä lämpötilaeroja. Ilmanjakolaitteiston valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten miten paljon epäpuhtauksia halutaan poistaa sekä terminen ja akustinen viihtyvyys. Akustisuutta ei tässä kohteessa tarvitse ottaa huomioon. Valitsemalla sopiva ilmanjakomenetelmä ja käyttämällä oikeita ilmanjakolaitteita pystytään ilman virtaus huonetilan läpi toteuttamaan niin, että vaatimukset täytetään. (Halminen ym. 1994)

Poistoilmaimun sekä tuloilmasuihkujen virtauskuviot poikkeavat suuresti toisistaan.

Poistoilmaventtiilit vaikuttavat pelkästään välittömään läheisyyteen, eikä siis useimmiten ole kovinkaan merkityksellinen ilmastoinnin kannalta. Tästä huolimatta ei ole samantekevää, mihin poistoventtiilit asennetaan suhteessa sisäänpuhalluseliimiin. Poikkeuksena ovat tietysti erilaiset kohdepoistojärjestelmät, joissa epäpuhtauksia poistetaan välittömästi niiden muodostumiskohdasta. (Halminen ym. 1994)

”Ilmanjako ratkaisee viimekädessä ilmastointilaitoksen toiminnan. Ilmanjaon ja virtauksen hallinta on keskeisin haaste myös teollisuushallien ilmastoinnissa.

Ilmanjaon teknisiä haasteita ovat:

- virtaukset hallitaan kaikilla halutuilla alueilla
- ei ylitetä vetokriteerien nopeuksia
- ei kiihdytetä emissiota, esim. haihtumista
- ei häiritä kohdepoistoja
- ei nostateta pölyä ilmaan”

(Neste ym. 1990)

Teollisuuden ilmanjakojärjestelmät voidaan luokitella kahteen perusjärjestelmään.

Sekoitus- eli laimennusilmanjako

Laimennusmenetelmässä pyritään voimakkaalla sekoituksella tasaamaan olosuhteet eri puolilla hallia siten, että taataan tuloilman sekoittuminen mahdollisimman tehokkaaksi kaikkialla halutuilla vyöhykkeillä. Sekoittavan järjestelmän tuloilmalaitteilla tulisi olla hyvä sekoitussuhde eli induktio ja yleensä suuri impulssi (jotta ilma huuhtelee kaikki paikat). Sekoituseriaate on usein tarkoituksenmukainen osavuotisessa käytössä tai pienillä lämpökuormilla. (Neste ym. 1990) Tässä järjestelmässä pyritään poistamaan epäpuhtauksien haittavaikutukset laimentamalla niiden pitoisuudet riittävän alhaisiksi ja pitämään lämpöolosuhteet vakiona koko huonetilavuudessa. Tiloissa, joissa on voimakkaita pistemäisiä lämpö- tai epäpuhtauslähteitä, ei sekoittava ilmanvaihto anna parhainta tulosta. (Seppänen 2004)

Syrjäyttävä ilmanvaihto

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa pyritään hyödyntämään tilassa olevien lämmönlähteiden kuten ihmisten aiheuttamia pystysuoria konvektiovirtauksia. Johtamalla alilämpöinen tuloilma hallin alaosaan, saadaan aikaan epäpuhtauksien kerääntyminen lämpimän ilman mukana tilan yläosaan mistä ne poistetaan. Syrjäyttävällä ilmanjaolla on mahdollista saada aikaan sekoittavaa ilmanjakoa huomattavasti tehokkaampi ilmanvaihto erityisesti tiloissa, joissa on lämpimiä epäpuhtauslähteitä. Silloin oleskelualueella on alhaisempi lämpötila kuin sekoittavassa ilmanjaossa samalla tuloilmavirralla. (Seppänen 1990) Syntynyt terminen rajakerros estää puhtaan ja likaantuneen ilman sekoittumisen keskenään ja työskentelyvyöhykkeelle muodostuu näin puhtaan ilman vyöhyke. (Neste 1987) Lattialle sijoitettavat syrjäyttävät ilmanjakolaitteet vievät tilaa ja rajoittavat jonkin verran prosessilaitteiden sijoittelua ja muutosmahdollisuuksia. Laitteita ja muita kalusteita ei voida sijoittaa vapaasti varsinkaan saneerauskohteisiin. (Neste 1987)

Hallaworksin konepajassa syrjäyttävän ilmanvaihto menetelmän päätelaitteiden sijoittaminen on erittäin hankalaa johtuen suurista sorveista ja halli nostureista. Siksi tässä kohteessa päädyttiin sekoittavaan ilmanvaihtoon, vaikka se ei parasta tulosta ilmanvaihdollisesti saavutakkaan.

5.3 Ilman epäpuhtaudet

Epäpuhtauksien hallinta ja poistaminen ilmastoitavasta tilasta kohdeilmastointitratkaisuin on yleensä tehokkain tapa. Ratkaiseva tekijä järjestelmävalinnan kannalta on epäpuhtauksien haitallisuus työntekijöille ja tuotantoprosesseille. Haitalliset epäpuhtaudet tulee aina pyrkiä poistamaan paikallisesti. Yleisilmastoinnilla ei voida hallita työpisteen epäpuhtauspitoisuuksia, jos työntekijä joutuu työskentelemään epäpuhtauslähteen läheisyydessä, kuten hitsaamisessa. (Tähti ym. 2002)

Hallaworksin konepajana epäpuhtaudet muodostuvat pääosin metallin sorvauksesta, hitsauksesta, hionnasta ym. metallin koneistamiseen liittyvästä työstä sekä ihmisistä.

5.4 Ilman liike ja veto

Vetokysymykset ovat teollisuusilmastoinnin hankalimpia ongelmia. Aina jos ilmaa joudutaan vaihtamaan lämpötilan tai epäpuhtauksien hallitsemiseksi, on ilman liikuttava. Käytännössä ilmasuihkut voivat yhtyä toisiinsa, ahtautua esteiden kohdalla, kääntyä esteistä väärään suuntaan jne. Vedon tunteen aiheuttaa ilman liikenopeus ja lämpötila. Vedon tunnetta aiheuttavalle teholliselle alilämpötilalle raskaassa työssä on annettu raja-arvoksi 3 °C. (Neste ym. 1990)

Kun ilman keskinopeus kasvaa, lämmön siirtyminen tehostuu ja synnyttää vedon tunnetta. Samaan tapaan vaikuttaa ilman liikkeen vaihtelu. Aina mitä suurempi vaihtelu eli turbulenssi on, sen helpommin vedon tunnetta syntyy. (Seppänen 2004)

Ilman virtaukset saattavat häiritä tehdashallin prosessin osia eli yksikköoperaatiota. Tällaisia tekijöitä ovat suojakaasuhihsaus, juotosliekit sekä kohdepoistot. (Neste ym. 1990)

6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

6.1 Mitoituksen perusteet

“Ilmavirtojen mitoitus perustuu seuraaviin tavoitteisiin:

- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin epäpuhtauksien ja kuormitustekijöiden (pölyt, kaasut, kosteus, yllilämpö) hallitseminen vaatii.
- Ilmaa tuodaan sisälle niin paljon kuin poistot tai prosessi sitä vie pois
- ilmaa vaihdetaan niin paljon kuin määräykset edellyttävät
- ilmaa vaihdetaan niin paljon, että sen raikkaus on tyydyttävä

(Neste ym.1990)

Teollisuustiloissa ja muissa tuotantotiloissa on usein selkeitä epäpuhtauslähteitä, joiden aiheuttama kuormitus on ratkaiseva ilmastonin mitoituksen kannalta. Epäpuhtauslähteitä pyritään hallitsemaan koteloinnin ja paikallispoistojen avulla. Yleisilmastoinnilla laimennetaan tilaan pääsevien epäpuhtauksien pitoisuus riittävän alhaiselle tasolle. Yleisilmastonin toteutusperiaate pyritään valitsemaan kohteen mukaan siten, että oleskeluvyöhykkeelle saadaan mahdollisimman hyvät olosuhteet. Usein pyritään hyödyntämään tilaan syntyvää pitoisuus- ja lämpötilakerrostumaa ja parantamaan näin ilmastonin tehokkuutta.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2:n mukaan keskiraskaan tehdastyön minimi mitoittava ilmavirta on $1,5 \text{ (l/s)/m}^2$.

Hallaworks metallikonepajan tuloilmavirraksi valitaan $2,3 \text{ (l/s)/m}^2$. Tällöin konepajan ilma vaihtuu noin yhden kerran tunnissa.

Taulukko 6.1: Symbolit ja niiden merkitykset

q_v	ulkoilmavirta [l/s]
q_u	ulkoilmavirran tarve lattianeliötä kohden [(l/s)/m ²]
A	hallin pinta-ala [m ²]

Konepajan ilmavirraksi saadaan:

$$q_v = q_u * A = 2,3 \frac{\text{l/s}}{\text{m}^2} * 789 \text{ m}^2 = 1814,7 \text{ l/s} \approx 1815 \text{ l/s}$$

Konepajan ilmavirta laajennuksen jälkeen:

$$q_v = q_u * A = 2,3 \frac{\text{l/s}}{\text{m}^2} * (789 \text{ m}^2 + 500 \text{ m}^2) = 2964,7 \text{ l/s} \approx 2965 \text{ l/s}$$

6.2 Ilmanjakotapa

Tässä kohteessa pääilmanjakotavaksi valitaan sekoittavilmanjako, vaikka se ei poista epäpuhtauksia yhtä tehokkaasti kuin syrjäyttävälmanjako. Hallissa olevat nostimet

ja sorvit kuitenkin estävät lattialle sijoitettavat piennopeus ilmanvaihtolaitteet, joten syrjäyttävää ilmanjakoa tapa ei ole tässä kohteessa mahdollinen.

Ilma tuodaan halliin puhaltamalla se kovalla nopeudella hallin katosta työskentelyvyöhykkeelle. Ilma on myös hieman alilämpöistä, jolloin ilman saaminen työskentelyvyöhykkeelle on helpompaa. Puhallettaessa ilmaa katosta siihen sekoittuu lämmintä ilmaa, joten sen tullessa työskentelyvyöhykkeelle se ei aiheuta vedontunnetta.

Hallissa olevaan hitsauspisteeseen tuodaan oma piennopeuslaite, jolla pyritään tehostamaan kohdepoiston toimintaa. Samalla pyritään estämään hitsaussavujen leviäminen halliin ja parantamaan hitsareiden työskentelyalueen ilmanlaatua.

Laitteet sijoitetaan niin, ettei hitsari jää kohdepoiston ja tuloilman väliin.

6.3 Ilmavirtojen hallinta

Mikään ilmanjakomenetelmä ei ole yleisesti toistaan ylivoimaisempi, vaan jokaiselle menetelmälle sopivat omat tyyppiset sovellusalueensa. Eri menetelmiä voidaan myös yhdistellä.

Yleisperiaatteena tulee myös olla se, että voimakkaat epäpuhtauspäästöt eristetään puhtaammista alueista mieluiten erillisiksi osastoiksi. Osastojen väliset painesuhteet valitaan siten, että likaisempi ilma ei leviä puhtaammalle osastolle.

7 ILMANVAIHTOLAITTEET

7.1 Raitis- ja jäteilma

Raitis- ja jäteilma laitteiden sijainteihin kohteessa vaikuttaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, jossa on määritelty raitis- ja jäteilmalaitteiden etäisyyksiä toisistaan ja muista kohteista. D2:sta selviää myös jäteilman luokitus, joka tässä koh-

teessa on luokkaa 3. Poistoilma on jaettu neljään eri luokkaan joista luokka 1 on puhtaimpaa ja luokka 4 likaisinta.

Hallaworksissä ilmanvaihtokone sijoitetaan nykyisen lämminilmakehittimen tavoin toimisto-osan katolle.



Kuva 7.1 Toimisto-osan katto, jossa nykyinen lämminilmakehitin

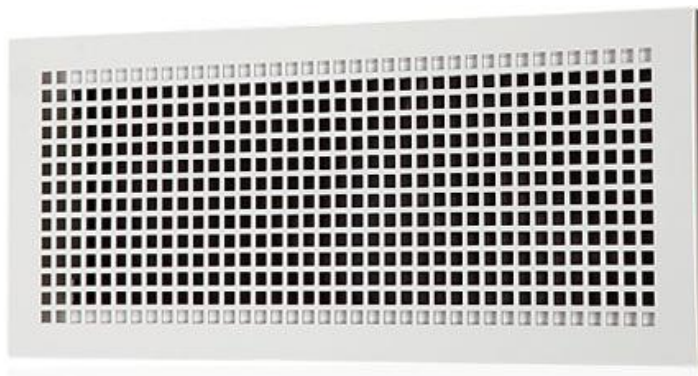
7.2 Tulo- ja poistoilma

Kohteen tuloilmalaitteen valintaan vaikuttaa suuresti hallin yläosassa kulkeva hallinosturi, jonka moottorin ja katon väliin jää tilaa vain 50cm. Hallin sekoittavan ilmanvaihdon ilmanjakolaitteeksi valitaan Climeconin RJA-tuloilmasuutin.



Kuva 7.2 Climecon RJA-tuloilmasuutin

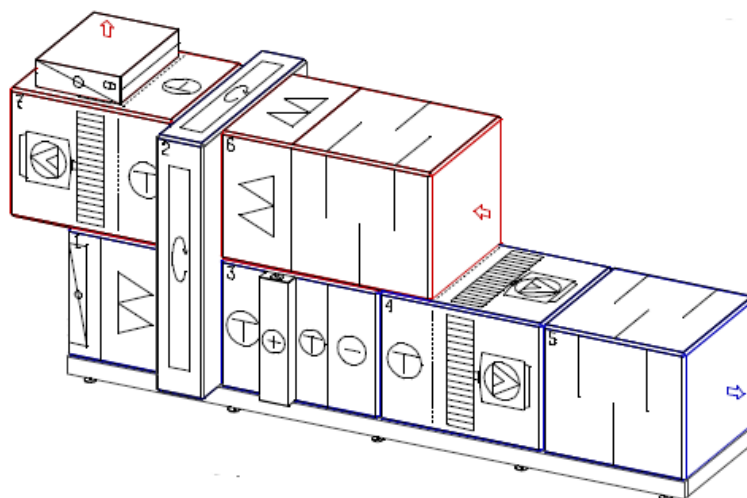
Poistoilma hallissa hoidetaan hallin kattoon asennettavalla poistoilmakanavalla. Päätelaitteeksi valitaan Climecon EKO-poistoilmasäleikkö, joka on suunniteltu suurille ilmavirroille.



Kuva 7.3 Climecon EKO-poistoilmasäleikkö

7.3 Ilmanvaihtokone

Ilmanvaihtokoneeksi kohteeseen valitaan Koja Future-ilmankäsittelykone. Markkinoiden laajimmasta ja monipuolisimmasta ilmankäsittelykonesarjasta löytyy sopiva vaihtoehto jokaiseen ilmankäsittelytarpeeseen ilmavirta-alueelle 0,3 - 45 m³/s. Harkitut rakenteelliset yksityiskohdat takaavat taloudellisen energian käytön, hyvän sisäilman laadun ja hiljaisen käyntiäänien. Optimaaliset laitemääritykset saadaan helpokäyttöisellä mitoitusohjelmalla, jonka monipuoliset tulosteet helpottavat suunnittelua ja dokumentointia sekä nopeuttavat asennusta. (Koja.fi)



Kuva 7.4 Koja Future-ilmankäsittelykone

7.4 Kanavisto

Tulo- ja poistoilmakanavat sijoitetaan hallin kattoon. Kanavien mitoittamisessa täytyy ottaa huomioon hallin yläosassa kulkeva hallinosturi, joka rajoittaa kanavien kokoa siten, että ne eivät saa ylettyä kattopinnasta yli 50cm alaspäin. Tuloilmakanavia on kaksi jotka sijaitsevat molemmin puolin hallia ja keskellä hallia kulkee poistoilmakanava joka sijoitetaan vanhan poistoilmakanavat tilalle (LIITE2).

7.5 Ilmavirtojen säätö

Jotta tuloilmaa pystyttäisiin säätämään, varustetaan tuloilmapäätelaitteille tulevat kanavahaarat IRIS mittaus- ja säätölaitteilla. Näin saadaan säädettyä jokaisesta päätelaitteesta tuleva ilmavirta erikseen ja varmistetaan siitä, että ilmavirta jakautuu tasaisesti koko halliin.



Kuva 7.5 Fläkt Woods IRIS mittaus- ja säätölaite

8 TAKAISINMAKSUAIKA

Takaisinmaksuaikojen laskennassa ei ole otettu huomioon halliin mahdollisesti tulevaa laajennusta, vaikka ilmanvaihtokoneessa ja lämmitysjärjestelmissä siihen onkin varauduttu. Myös energiantarvelaskelmat on tehty nykyhetken mukaan ilman mahdollista laajennusta. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverollisia (alv 24 %).

8.1 Nykyisen järjestelmän kustannukset

Nykyisen järjestelmän öljyn kulutus on vuositasolla noin 20000 litraa. Öljyn tämän hetkinen hinta on n. 1.12€. Eli nykyinen lämmitys maksaa vuodessa noin 22400€.

8.2 Uuden ilmastoinnin kustannukset

Uuden ilmanvaihtokoneen hinta on 28520€ (Koja Oy). Kanaviston ja päätelaitteiden kustannus on 33800€. Asennustyön kustannus 15000€. Koko ilmavaihtourakan hinnaksi tulee 77320€.

8.3 Maalämpöpumppujärjestelmän kustannukset ja säästöt

Maalämpökaivon reikien poraus maksaa 30€/m (Paassilta Oy). Kohteessa lämpökaivon aktiivisen reiän syvyys on 1200m. Eli jos porataan esimerkiksi 200m kaivoja, niin niitä täytyisi olla 6 kpl, jolloin aktiivisen reiän syvyydeksi tulisi 1200m. Reikien poraus maksaa siis 36000€.

Hallin patteriverkoston materiaalikustannukset ovat 29700€ ja asennustyön 12400€. Maalämpöpumppu kustantaa 13500€ ja kattila 3900€. Muihin rakenteellisiin kustannuksiin, kuten öljysäiliötilan muuttaminen lämmönjakohuoneeksi, varataan 40000€. Eli maalämpöjärjestelmän yhteiskustannukset ovat 135500€.

Taulukko 8.1: Symbolit ja niiden selvitykset

Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh
ΣH_{joht}	rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K
$Q_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitykseen tarvitsema energia, kWh
H_{iv}	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
δ_{iv}	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 W/s/(kg/K)
q_v	poistoilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7vrk
r	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
$H_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Hallin lämmitysenergiankulutus saadaan kaavasta:

$$Q_{\text{tila}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}}$$

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia Q_{joht} lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{joht}} = \Sigma H_{\text{joht}}(T_s - T_u)\Delta t/1000$$

Rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö ΣH_{joht} on 1015 W/K

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}}(T_s - T_u)\Delta t/1000$$

Vuotoilman ominaislämpöhäviö $H_{\text{vuotoilma}}$ on 558 W/K

Ilmanvaihdon lämmitykseen tarvitsema energia Q_{iv} lasketaan kaavalla:

$$Q_{\text{iv}} = H_{\text{iv}}(T_s - T_u)\Delta t/1000$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} lasketaan kaavalla:

$$H_{\text{iv}} = \rho_i c_{\text{pi}} q_{v,\text{poisto}} t_d r t_v (1 - \eta_a)$$

Rakenteiden laskelmat on laskettu taulukkoon 8.2

kk	Hki Tu	Ts-Tu °C	aika h	(Ts-Tu)*h °Ch/1000	Q _{joht} + Q _{vuotoilma} kWh
Tammikuu	-3,97	21,97	744	16,35	21936
Helmikuu	-4,50	22,50	672	15,12	20291
Maaliskuu	-2,58	20,58	744	15,31	20548
Huhtikuu	4,50	13,50	720	9,72	13044
Toukokuu	10,76	7,24	744	5,39	7229
Kesäkuu	14,23	3,77	720	2,71	3643
Heinäkuu	17,30	0,70	744	0,52	699
Elokuu	16,05	1,95	744	1,45	1947
Syyskuu	10,53	7,47	720	5,38	7218
Lokakuu	6,20	11,80	744	8,78	11782
Marraskuu	0,50	17,50	720	12,60	16909
Joulukuu	-2,19	20,19	744	15,02	20159
				108,35	145404
Q_{joht} + Q_{vuotoilma}	145404				kWh
sisälämpötila (Ts)		18 °C			
ΣH _{joht}		1163		W/K	
H _{vuotoilma}		179		W/K	

Ilmanvaihdon laskelmat on laskettu taulukkoon 8.3

kk	Hki Tu	Ts-Tu °C	aika h	(Ts-Tu)*h °Ch/1000	Q _{iv} kWh
Tammikuu	-3,97	20,97	744	15,60	6821
Helmikuu	-4,50	21,50	672	14,45	6317
Maaliskuu	-2,58	19,58	744	14,57	6369
Huhtikuu	4,50	12,50	720	9,00	3935
Toukokuu	10,76	6,24	744	4,64	2030
Kesäkuu	14,23	2,77	720	1,99	872
Heinäkuu	17,30	-0,30	744	-0,22	-98
Elokuu	16,05	0,95	744	0,71	309
Syyskuu	10,53	6,47	720	4,66	2037
Lokakuu	6,20	10,80	744	8,04	3513
Marraskuu	0,50	16,50	720	11,88	5194
Joulukuu	-2,19	19,19	744	14,28	6242
				99,59	43540
Q_{iv}	43540				kWh
sisäänpuhalluslämpötila (Ts)		17 °C			
vrk -käyntiaika		19 h			
vko -käyntiaika		5 pv			
lto:n hyötysuhde		77 %			
H _{iv}		437,2003			
r		1,539167			

Hallin lämmitysenergiankulutus on 146000 kWh, johon lisätään ilmanvaihtokoneen lämmitysenergiankulutus, joka on 44000 kWh. Kokonaislämmitysenergiankulutus on 190000 kWh vuodessa.

Maalämpöpumpun energianpeittoaste on 97% joten se kattaa 184300 kWh. Jos oletetaan, että maalämpöpumpun vuotuinen hyötysuhde on tasolla 2,5, niin silloin sähköenergiaa tarvitaan 73720 kWh. Sähkönhinta on 6,1 snt/kWh eli maalämpöpumpulla lämmittäminen maksaa 4497 €/vuosi. Tämän lisäksi loput 5700 kWh tuotetaan öljyllä. Kevyt polttoöljy tuottaa lämpöä 10kWh/dm³ ja kattilan hyötysuhteena voidaan käyttää 89%, jolloin 5730 kWh tuottamiseen kuluu 641 litraa öljyä. Öljyn hinta on n.1,12€/litra, joten lämmitys maksaa 718 €/vuosi.

Säästöä tulee vuodessa 17185 €, joten takaisinmaksuajaksi saadaan 12,5 vuotta.

$$TMA = \frac{\textit{kokonaisinvestointi}}{\textit{säästö}} = \frac{212820\textit{€}}{17185\textit{€/v}} \approx 12,5 \textit{ vuotta}$$

8.4 Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kustannukset ja säästöt

Hallin patteriverkoston materiaalikustannukset ovat 29700€ ja asennustyön 12400€. Ilma-vesilämpöpumppu kustantaa 27500€ ja kattila 5000€. Laskelmassa on vain yksi lämpöpumppu, koska se riittää kattamaan nykyisen hallin tehontarpeen. Muihin rakenteellisiin kustannuksiin, kuten öljysäiliötilan muuttaminen lämmönjakohuoneeksi, varataan 40000€. Eli ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän yhteiskustannukset ovat 114600€.

Ilma-vesilämpöpumpun energianpeittoaste on 80% joten se kattaa 152000 kWh. Jos oletetaan, että ilma-vesilämpöpumpun vuotuinen hyötysuhde on tasolla 1,5, niin silloin sähköenergiaa tarvitaan 101334 kWh. Sähkönhinta on 6,1 snt/kWh eli ilma-vesilämpöpumpulla lämmittäminen maksaa 6182 €/vuosi. Tämän lisäksi loput 38000 kWh tuotetaan öljyllä. Kevyt polttoöljy tuottaa lämpöä 10kWh/dm³ ja kattilan hyötysuhteena voidaan käyttää 89%, jolloin 38000 kWh tuottamiseen kuluu 4270 litraa öljyä. Öljyn hinta on n.1,12€/litra, joten lämmitys maksaa 4783 €/vuosi.

Säästöä tulee vuodessa 11435€, joten takaisinmaksuajaksi saadaan 17 vuotta.

$$TMA = \frac{\textit{kokonaisinvestointi}}{\textit{säästö}} = \frac{191920\text{€}}{11435\text{€/v}} \approx 17 \textit{ vuotta}$$

8.5 Biokattila (Lämpökontti) kustannukset ja säästöt

Hallin patteriverkoston materiaalikustannukset ovat 20000€ ja asennustyön 12400€. Lämpökontti kustantaa 78000€. Muihin rakenteellisiin kustannuksiin, kuten öljysäiliötilan purkutöihin, varataan 10000€. Eli biokattilan yhteiskustannukset ovat 120400€.

Lämpökontti kattaa koko energiatarpeen 190000 kWh. Lämpökontissa on pellettikattila. Pelletti tuottaa lämpöä 4,7kWh/kg ja kattilan hyötysuhteena voidaan käyttää 80%, jolloin 190000 kWh tuottamiseen kuluu 51tonnia pellettiä. Pelletin hinta on n.233€/tonni, joten lämmitys maksaa 11883 €/vuosi.

Säästöä tulee vuodessa 10517€, joten takaisinmaksuajaksi saadaan 19 vuotta.

$$TMA = \frac{\textit{kokonaisinvestointi}}{\textit{säästö}} = \frac{197720\text{€}}{10517\text{€/v}} \approx 19 \textit{ vuotta}$$

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia suunnitelma metalli konepaja Hallaworks Oy ilmastoinnin ja lämmityksen saneerauksesta. Hallissa on tällä hetkellä lämminilmakehitin, joka toimii myös ilmanvaihtokoneena hallissa. Tämä järjestelmä on jo käynyt vanhaksi eikä vastaa ilmanvaihdollisesti nykyistä hyvätasoista teollisuus ilmastointia.

Opinnäytetyötä varten perehdyttiin teollisuushallien ilmanvaihdon tarpeisiin sekä ongelmiin kirjallisuuden, internetin, eri laitevalmistajien sekä aikaisempien kokemusten perusteella.

Suunnitelmien laatimiseksi laskettiin hallin lämmöntarpeet ja ilmavirrat. Valittiin hallin ilmanvaihtokoneeksi Koja Future-ilmankäsittelykone ja tulo- ja poistoilman päätelaitteet Climecon Oy:n valikoimasta. Lämmönlähteiksi valittiin kolme eri järjestelmää maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ja lämpökontti. Maalämpöjärjestelmän laitteiksi valittiin Kaukora Oy:n Nibe maalämpöpumppu sekä Oy TERMOCAL Ab:n öljykattila. Ilma-vesijärjestelmän laitteiksi valittiin Mitsubishi Electric lämpöpumppu sekä Laatukattilat Oy:n öljykattila. Lämpökontiksi valittiin Biofire Oy:n pellettilämpökontti. Kaikissa lämmitysjärjestelmissä lämmityspattereina toimivat Rettig lämpö Oy:n Purmo radiaattorit.

Työn mielenkiintoisin vaihe oli erilaisten järjestelmien vertaileminen. Järjestelmien takaisinmaksuajoiksi laskettiin: maalämpö 12,5 vuotta, ilma-vesilämpöpumppu 17 vuotta ja lämpökontti 19 vuotta.

Hallaworksin teollisuushalliin olisi syytä tulevaisuudessa toteuttaa uusi ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä. Nykyinen järjestelmä on kustannuksiltaan kallis eikä takaa tehokkainta työn laatua, eikä terveellistä työympäristöä.

LÄHTEET

Neste, AIR-IX, Ekono (1990). Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys.

Neste. (1987). Teollisuushallien lämmityksen ja ilmastoinnin suunnittelutietoa.

Halminen, E, Kuvaja, O, Köttö, R. (1994). Ilmastointitekniikka.

Seppänen, O, Hausen, A, Hyvärinen, K, Heikkilä, P, Kaappola, E, Kosonen, R, Oksanen, R, Railio, J, Ripatti, H, Saari, A, Tarvainen, K, Vuolle, M. (2004). Ilmastoinnin suunnittelu.

Tähti, E, Selin, M, Railio, J, Sainio, S, Hagström, K, Niemelä, R, Kulmala, I, Sulamäki, H, Sjöholm, P, Laine, J, Kuoksa, T, Pönttinen, K. (2002). Teollisuusilmastoinnin opas.

Työturvallisuuslaki. www.finlex.fi (23.8.2002/738)

Ilmanvaihtokone. Kojä Oy (8.8.2012)

Ilmavaihtopäätelaitteet ja tarvikkeet. Climecon Oy, www.climecon.fi ja Flakt Woods Oy, www.flaktwoods.fi

Rakennusmääräyskokoelmat D2, D3 ja D5. Ympäristöministeriö www.ym.fi

Maalämpöpumppu. Nibe Oy, www.nibe.fi

Ilma-vesilämpöpumppu. ScanOffice Oy, www.scanoffice.fi

Öllykattilat. Laatukattila Oy, www.laatukattila.fi ja Oy Termocal Ab Termax, www.termocal.fi

Lämpökontti. Biofire Oy, www.biofire.fi

Lämpöpatterit. Rettig Lämpö Oy, www.purmo.com/fi



Future - ilmastokäsittelykone

8.8.2012

Mitoitusohjelma

Versio 2012.5

Sivu: 1

Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

Käsittelijä Matti Huvinen

Koneen kuvaus TK/PK

Ilman tiheys	1.2 kg/m ³
SFPv	2.29 kW/(m ³ /s)
Tulokone	
Konekoko	1210
Ilmavirta	2.95 m ³ /s
Otsapintanopeus	2.4 m/s
Raitisilmavirta	2.95 m ³ /s
Kanaviston painehäviö, pst	300 Pa
Poistokone	
Konekoko	1210
Ilmavirta	2.95 m ³ /s
Otsapintanopeus	2.4 m/s
Kanaviston painehäviö, pst	300 Pa
Ulkoilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	27.0 °C / 50 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	-26.0 °C / 90 %
Tuloilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	25.3 °C / 55 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	17.0 °C / 24 %
Poistoilma	
Lämpötila / suhteellinen kosteus kesällä	25.0 °C / 30 %
Lämpötila / suhteellinen kosteus talvella	22.0 °C / 30 %

Äänen tehotaso	Oktaavikaista								Kok.	
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB	dB(A)
Raitisilmakanavaan	74	78	80	78	69	60	50	37	dB	78 dB(A)
Tulokanavaan	74	74	65	53	47	38	38	46	dB	61 dB(A)
Poistokanavaan	70	69	60	47	40	28	24	34	dB	56 dB(A)
Jäteilmakanavaan	80	84	88	88	84	79	75	71	dB	89 dB(A)
Konehuoneeseen, tulopuhallin	72	74	62	56	53	48	44	34	dB	62 dB(A)
Konehuoneeseen, poistopuhallin	72	74	62	56	53	47	43	34	dB	61 dB(A)
Konehuoneeseen, yhteisvaikutus	75	77	65	59	56	51	46	37	dB	64 dB(A)

Koneen toiminnot

Tulokone	
Koneen tyyppi	Future
1. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-1000-1-S
Koneen tyyppi	Future
Vaipan materiaali	Kuumasinkitty
Sulkutoiminto	FPTP-1210-R-2-1-0-S
Tiiviysluokka	T4
Sälepellin materiaali	Kuumasinkitty
Painehäviö	3 Pa
Tarvittavat toimitukset, koko / lukumäärä	15 Nm / 1 kpl

Koja Oy
PL 351
Lentokentänkatu 7
33101 TAMPERE

Puhelinnumero
03-2825 111

Telefax
03-2825 408

E-mail osoite
etunimi.sukunimi@koja.fi

Mikko Pekonen.FUT



Future - ilmastokäsittelykone

8.8.2012

Mitoitusohjelma

Versio 2012.5

Sivu: 2

Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

Suodatus toiminto, pitkä L	FSTF-1210-R-F7L-3-1-S-1	F7L
Suodatinluokka		Suodatus toiminto, pitkä L
Pituus		Lasikuitu
Suodatinmateriaali		600 * 500 mm
Suodattimen nimelliskoko		4 kpl
Suodattimien lukumäärä		127 Pa
Mitoituspainehäviö		97 Pa
Alkupainehäviö		165 Pa
Loppupainehäviö (ODA3, 4000h/a)		0.14 m/s
Nopeus suodatinmateriaalin läpi		
Varasuodatin sarja	FSZS-1210-1-F7L	
Sarana, huoltoluukkuun	FSZH-SH1-R	

2. Vaippamoduuli

Koneen tyyppi		Future
Vaipan materiaali		Kuumasinkitty
Lämmöntalteenotto toiminto, pyörivä	FMOR-1210-R-2-1-AL-1-2-E-XL-S	
Roottorin koko		2
Roottorin materiaali		Alumiini, ei hygroσκοoppinen
Sektorointi		Ei
Puhtaaksipuhallus sektori		Kyllä
Säätö		Säätökeskus
Tulo- / poistupuolen painehäviö		188 Pa / 188 Pa
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella		13.9 °C / 41 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen talvella		-17.9 °C / 99 %
Tuloilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä		25.3 °C / 55 %
Poistoilman lämpötila / suhteellinen kosteus LTO:n jälkeen kesällä		26.7 °C / 27 %
Tuloilman lämpötilahyötysuhde		83 %
Poistoilman lämpötilahyötysuhde		83 %
Moottorin jännite		1 ~ 230 V
Moottorin taajuus		50 Hz
Moottorin virta		1.8 A
Moottorin teho		370 W
Säätökeskuksen sähköarvoja:		
Moottoriteho max.		0.37 kW
Virta max.		2.2 A
Ylikuormitus 2min/30min		3.5 A
Liityntäjännite		1 x 230 V, +8-10%
Liityntätaajuus		50-60 Hz
Ilkkuna	FIZL-IL1-200	
Sarana, huoltoluukkuun	FSZH-SH1-R	
Valaisin	FVZV-VV1-1	

3. Vaippamoduuli

Koneen tyyppi		Future
Vaipan materiaali		Kuumasinkitty
Tarkastustoiminto	FTTT-1210-R-400-S	
Pituus		400 mm
Sarana, huoltoluukkuun	FSZH-SH1-R	

Lämmitystoiminto, neste

FLTV-1210-R-1-1-1-S

Koja Oy
PL 351
Lentokentänkatu 7
33101 TAMPERE

Puhelinnumero
03-2825 111

Telefax
03-2825 408

E-mail osoite
etunimi.sukunimi@koja.fi

Mikko Pekonen.FUT



Future - ilmastäköstelykone

8.8.2012

Mitoitusohjelma

Versio 2012.5

Sivu: 3

Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

Teholuokka		1
Putkien ja lamellien materiaali		Cu/Al
Lamellijako		3.5 mm
Lamellin paksuus		0.15 mm
Putkiyhteet		Ksisä32 / 35.0
Ilmapuolen painehäviö		17 Pa
Lämpötila ennen patteria		8.9 °C
Lämpötila / suhteellinen kosteus patterin jälkeen		17.0 °C / 24 %
Lämmitysteho		28.9 kW
Nestetyyppi		Vesi
Nesteen painehäviö		0.4 kPa
Nesteen painehäviö mitoituslämpötilalla (60/40 °C)		1.1 kPa
Meno- / paluunesteen lämpötila		60.0 °C / 27.8 °C
Nestevirta		0.22 l/s
Nestevirta mitoituslämpötilalla (60/40 °C)		0.34 l/s
Nesteen nopeus		0.14 m/s
Nestetilavuus		7.8 l

Tarkastustoiminto	FTTT-1210-R-300-S	
Pituus		300 mm

Jäähdytystoiminto, varaus	FVTVJ-1210-R-1-450-S	
Ilmapuolen painehäviö		50 Pa
Vesilukko	FVZL-VL1-25/32	

4. Vaippamoduuli

Koneen tyyppi	Future	
Vaipan materiaali	Kuumasinkitty	
Puhallintoiminto, sekavirtauspuhallin	FFTS-1210-R-2-SB-1-1-2-1-2-S-3	
Puhallinkoko		2
Puhallintoiminto		SB
Puhaltimen pintakäsittely	Alkylimaali	
Tärinänvaimennin	Kumi	
Dynaaminen paine		53 Pa
Kokonaispaineenkorotus		826 Pa
Hyötysuhde		78 %
Kierrosluku		1580 1/min
Kierrosluku, max.		1900 1/min
Akseliteho		3.11 kW
Äänen tehotaso, A-painotettu		89 dB(A)
k-kerroin / referenssipaine-ero	$0.0856 \sqrt{1189 \text{ Pa}}$	0.0856 / 1189 Pa
Sarana, huoltoluukkuun	FSZH-SH1-R	
Valaisin	FVZV-VV1-1	
Ilmavirtamittari	FIZM-IM1-1210-FFTS-ER56C-4DN.G7.1R	
Ikkuna	FIZL-IL1-200	

Moottori	ER56C-4DN.G7.1R 5.50 kW	
Teho		5.50 kW
Pyörimisnopeus (nimellinen)		1440 1/min
Virta		10.70 A
Hyötysuhde (nimellinen)		89 %
Jännite		3 ~ 400 V

Mikko Pekonen.FUT

Koja Oy
PL 351
Lentokentänkatu 7
33101 TAMPERE

Puhelinnumero
03-2825 111

Telefax
03-2825 408

E-mail osoite
etunimi.sukunimi@koja.fi



Future - ilmapölykäsittelykone

8.8.2012

Mitoitusohjelma

Versio 2012.5

Sivu: 4

Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

Taajuus (nimellinen) 50 Hz
Taajuus mitoitusasteessa / max. 54 / 65 Hz

5. Vaippamoduuli

FMOD-1210-R-1-1350-1-S

Koneen tyyppi Future
Vaipan materiaali Kuumasinkitty
Äänenvaimennustoiminto FVTK-1210-R-1-1200-1-S
Vaimenninelementtien pituus 1200 mm
Vaimennusmateriaalin puhdistus Kuivapyyhittävä
Painehäviö 51 Pa

Äänenvaimennus	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
	6	10	23	35	37	42	40	25	dB
Huoltoluokku	FHZL-1210-FVTK								
Sarana, huoltoluokkuun	FSZH-SH1-R								

Poistokone

Koneen tyyppi Future

6. Vaippamoduuli

FMOD-1210-L-1-2000-1-S

Koneen tyyppi Future
Vaipan materiaali Kuumasinkitty
Äänenvaimennustoiminto FVTK-1210-L-1-1200-1-S
Vaimenninelementtien pituus 1200 mm
Vaimennusmateriaalin puhdistus Kuivapyyhittävä
Painehäviö 51 Pa

Äänenvaimennus	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
	6	10	23	35	37	42	40	25	dB
Huoltoluokku	FHZL-1210-FVTK								
Sarana, huoltoluokkuun	FSZH-SH1-R								

Suodatustoiminto, pitkä L

FSTF-1210-L-F5L-3-1-S-1

Suodatinluokka F5L
Pituus Suodatustoiminto, pitkä L
Suodatinmateriaali Lasikuitu
Suodattimen nimelliskoko 600 * 500 mm
Suodattimien lukumäärä 4 kpl
Mitoituspainehäviö 75 Pa
Alkupainehäviö 67 Pa
Loppupainehäviö (ODA3, 4000h/a) 85 Pa
Nopeus suodatinmateriaalin läpi 0.15 m/s
Varasuodatinsarja FSZS-1210-1-F5L
Sarana, huoltoluokkuun FSZH-SH1-R

Vaippamoduuli

Lämmöntalteenotto toiminto, pyörivä
Laskentatulokset tulokoneen yhteydessä

7. Vaippamoduuli

FMOD-1210-L-1-1550-1-S

Koneen tyyppi Future
Vaipan materiaali Kuumasinkitty

Koja Oy
PL 351
Lentokentänkatu 7
33101 TAMPERE

Puhelinnumero
03-2825 111

Telefax
03-2825 408

E-mail osoite
etunimi.sukunimi@koja.fi

Mikko Pekonen.FUT



Future - ilmapölykäsittelykone

8.8.2012

Mitoitusohjelma

Versio 2012.5

Sivu: 5

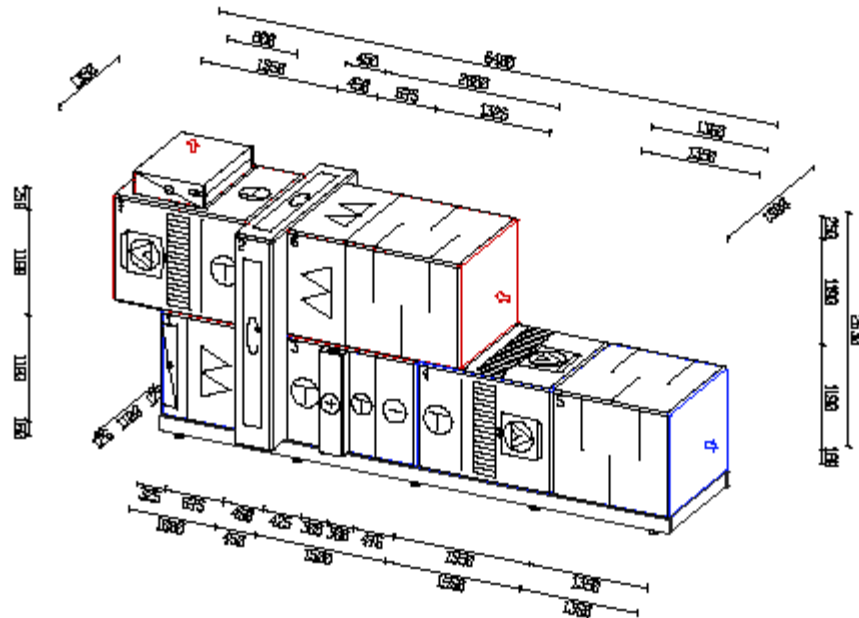
Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

Puhallintoiminto, sekavirtauspuhallin	FFTSY-1210-L-2-SB-1-1-3-1-2-S-3	
Puhallinkoko		2
Puhallintoiminto		SB
Puhaltimen pintakäsittely		Alkylimaali
Tärinävaimennin		Kumi
Dynaaminen paine		53 Pa
Kokonaispaineenkorotus		763 Pa
Hyötysuhde		78 %
Kierrosluku		1543 1/min
Kierrosluku, max.		1900 1/min
Akseliteho		2.88 kW
Äänen tehotaso, A-painotettu		87 dB(A)
k-kerroin / referenssipaine-ero	$\frac{p_{k,ref}}{p_{ref}} = k \cdot \frac{p_{k,ref}}{p_{ref}}$	0.0856 / 1189 Pa
Sarana, huoltoluukkuun	FSZH-SH1-R	
Valaisin	FVZV-VV1-1	
Ilmavirtamittari	FIZM-IM1-1210-FFTS-ER56C-4DN.G7.1R	
Ikkuna	FIZL-IL1-200	
Moottori	ER56C-4DN.G7.1R 5.50 kW	
Teho		5.50 kW
Pyörimisnopeus (nimellinen)		1440 1/min
Virta		10.70 A
Hyötysuhde (nimellinen)		89 %
Jännite		3 ~ 400 V
Taajuus (nimellinen)		50 Hz
Taajuus mitoitusasteessa / max.		53 / 65 Hz
Sulkutoiminto	FFTP-1209-L-1-1-1-S	
Tiivysluokka		T4
Sälepellin materiaali		Kuumasinkitty
Painehäviö		3 Pa
Tarvittavat toimilaitteet, koko / lukumäärä		15 Nm / 1 kpl
Konealusta, tulokone	FKZA-1210-1-5850-160-1	
Korkeus		160 mm
Säätöjalka	FSZJ-SJ1-16	



Oikea yläkulma



Tulokone

Imuaukko, liitettävän kanavan koko

1100 x 800 mm

Poistokone

Tiivysluokka CEN B, kun kone toimitetaan enintään 3 lohkossa ja CEN A, kun kone toimitetaan 4 - 7 lohkossa, lämpöeristys 50 mm.

Painot, mitat ja tilavuudet

Koneen paino (sis. moottorin)		2053 kg
Koneen tilavuus		16,8 m ³
Koneen vaippapinta-ala		56,4 m ²
1. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-1000-1-S 1000 * 1350 * 1190 mm Vaippamoduulin pinta-ala	169 kg 1,6 m ³ 5,8 m ²
2. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-450-2-S 450 * 1990 * 2380 mm	414 kg 2,1 m ³



Future - ilmankäsittelykone

Mitoitusohjelma

Versio: 2012.5

8.8.2012

Sivu: 8

Lisenssinhaltija: Koja Oy

Koneen kuvaus: TK/PK

	Vaippamoduulin pinta-ala	8.3 m ²
3. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-1500-1-S 1500 * 1350 * 1190 mm	214 kg 2.4 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	7.6 m ²
4. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-1550-1-S 1550 * 1350 * 1190 mm	280 kg 2.5 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	7.9 m ²
5. Vaippamoduuli	FMOD-1210-R-1-1350-1-S 1350 * 1350 * 1190 mm	289 kg 2.2 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	6.9 m ²
6. Vaippamoduuli	FMOD-1210-L-1-2000-1-S 2000 * 1350 * 1190 mm	369 kg 3.2 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	10.2 m ²
7. Vaippamoduuli	FMOD-1210-L-1-1550-1-S 1550 * 1350 * 1190 mm	280 kg 2.5 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	8.8 m ²
8. Sulkutoiminto	FPTP-1209-L-1-1-1-S 250 * 1100 * 800 mm	39 kg 0.2 m ²
	Vaippamoduulin pinta-ala	1.0 m ²

