

# CHALMERS



## Energikartläggning av luftbehandlingsystem på gjuteri

Volvo Powertrain, Skövde

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör*

TOBIAS ALMSTRÖM  
PER STRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2007  
Examensarbete 2007:59



Examensarbete 2007:59

Energikartläggning av luftbehandlingsystem på  
gjuteri  
Volvo Powertrain, Skövde

TOBIAS ALMSTRÖM  
PER STRÖM

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2007

# Energy mapping of air handling system at foundry

Volvo Powertrain, Skövde

Tobias Almström, 1984  
Per Ström, 1985

© Tobias Almström, Per Ström

DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
CHALMES UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
SE -412 96 GÖTEBORG  
SWEDEN  
TELEPHONE +46 (0)31-772 1000

## Sammandrag

Volvos företagsledning har utmanat de olika bolagen minska energiförbrukningen med 50 % på fem år från 2002 års nivå. Volvo Powertrain i Skövde arbetar mot att nå detta mål år 2009. För att göra detta krävs det att flera olika åtgärder inom olika områden genomförs.

En fabrik på Volvos Powertrain i Skövde som har en mycket hög luftomsättning är gjuteriet. Frånluftsmängden på gjuteriet uppgår till omkring 4 miljoner m<sup>3</sup>/h. Med höga frånluftstemperaturer och ett stort flöde innebär det att det finns stora mängder energi att spara. Idag finns det 51 stycken tilluftsaggregat som värmer tilluften med värmebatteri. Vissa återvinner värmeenergi från processfrånluft och från kylvatten För att få en bild av hur stort värmebehovet är och vilka möjligheter till besparingar som finns efterfrågar Volvo en kartläggning av luftbehandlingens energiförbrukning på gjuteriet.

En kartläggning av värmeenergin har genomförts och resultatet av denna har åskådliggjorts i ett varaktighetsdiagram. I detta har producerad värme, värmepump och återvunnen energi lagts in. Från varaktighetsdiagrammet kan sedan utläsas hur mycket energi som förbrukas.

Resultatet av kartläggningen är:

Producerad värme:	15000 MWh/år	27 %
Värmepump:	13000 MWh/år	24 %
Återvunnen energi	23000 MWh/år	49 %

Två stycken åtgärdsförslag har tagits fram. Båda innefattar energiåtervinning från processfrånluft. Dessa ger tillsammans en besparing på 2900 MWh/år eller 1,9 Mkr. Payofftiden på dessa investeringar är 1,5 resp. 1,8 år.

Nyckelord: Energikartläggning, luftbehandlingssystem, industri, energibesparingsåtgärder

## Abstract

Volvo's company management has challenged the different companies to decrease their energy consumption with 50 % from 2002 years' level. Volvo Powertrain in Skövde is planning to reach this target in 2009. In order to do this it's required that several energy saving measures are implemented. The air handling system at Volvo's foundry has been rendered more effective in order to save energy. Volvo is requesting a mapping of the current energy consumption at the foundry's air handling system and to determine possible energy saving measures.

The outgoing air on Volvo Powertrains foundry in Skövde amounts to about 4 millions m<sup>3</sup>/h. With its high-temperature and high flow there are huge quantities of energy to save. To heat the air, 51, air handling units are used. Some of these use recycled energy from high temperature process air and some from cooling water.

The energy mapping has been made through the use of a duration diagram. In this diagram, produced heat, heat pump and recycling have been inserted. The duration diagram shows how the effect-need varies during the year and how large the proportions are.

The result can be seen in the table below

Produced heat:	15000 MWh/year	27 %
Heat pump:	13000 MWh/year	24 %
Recycled energy	23300 MWh/year	49 %

Two energy saving measures have been proposed. Both include energy recycling from process air. These give a total saving of 2900 MWh/years or 1.9 million kronor/year. The payoff time on these investments are 1.5 and 1.8 years.

Keywords: Energy mapping, air handling system, industry, energy saving measures

## **Förord**

Detta examensarbete är på 11 poäng och ingår i byggingenjörsprogrammet 120 p på Chalmers Lindholmen. Examensarbetet har genomförts på SWECO Theorells som har bidragit med handledare och arbetsstationer. Vi vill tacka våra handledare Jonas Schön från SWECO Theorells och Kurt Möller från DELTAte. Vi vill även tacka Tomas Haakon på Volvo Powertrain och Thomas Durell på SWECO Theorells som bidragit med praktiska kunskaper och information om gjuteriet. Ett stort tack till övrig personal på SWECO Theorells som hjälpt till när det behövts.

Göteborg maj 2007

Tobias Almström och Per Ström

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANDRAG</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>FÖRORD</b> .....	<b>III</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUND .....	1
1.2 SYFTE .....	1
1.3 AVGRÄNSNING .....	1
<b>2 TEORIDEL</b> .....	<b>2</b>
2.1 UTMHUSTEMPERATUR .....	2
2.2 VÄRMEEFFEKT .....	2
2.3 ÅTERVUNNEN VÄRMEEFFEKT .....	3
2.4 IDEAL VÄRMEPUMP .....	4
2.5 VÄRMEVÄXLING .....	6
2.5.1 <i>Plattvärmväxlare</i> .....	7
2.5.2 <i>Roterande värmväxlare</i> .....	7
2.5.3 <i>Batterivärmväxlare</i> .....	8
2.6 VARAKTIGHETSDIAGRAM .....	8
2.7 BERÄKNING AV TRYCKFALL I SYSTEM .....	8
<b>3 SYSTEMBESKRIVNING</b> .....	<b>10</b>
3.1 ÅTERVINNINGSTYPER .....	10
3.1.1 <i>Tilluftaggregat som saknar återvinning</i> .....	10
3.1.2 <i>Energiåtervinning från processluft</i> .....	10
3.1.3 <i>Energiåtervinning från kylvatten</i> .....	11
3.1.4 <i>Återvinning med värmväxling</i> .....	12
<b>4 METOD</b> .....	<b>13</b>
4.1 BERÄKNING AV TILLUFTSAGGREGAT .....	14
4.1.1 <i>Effekt</i> .....	14
4.1.2 <i>Energi</i> .....	16
4.2 ÅTERVINNING .....	17
4.3 VÄRMEPUMP .....	18
4.4 DIMENSIONERING .....	18
4.4.1 <i>Rör</i> .....	18
4.4.2 <i>Pump</i> .....	19
4.4.3 <i>Batteri</i> .....	20
<b>5 RESULTAT</b> .....	<b>21</b>
<b>6 ÅTGÄRDSFÖRSLAG</b> .....	<b>23</b>
6.1 FÖRSLAG A .....	23
6.1.1 <i>Kostnad</i> .....	24
6.2 FÖRSLAG B .....	26
6.2.1 <i>Kostnad</i> .....	27
<b>7 DISKUSSION</b> .....	<b>29</b>
<b>8 SLUTSATS</b> .....	<b>30</b>
<b>9 REFERENSER</b> .....	<b>31</b>



## Bilagor

Bilaga 1	Tabell över tilluftsaggregat
Bilaga 2	Tabell över aggregat med återvinning
Bilaga 3	Colebrook-diagram
Bilaga 4	Nomogram
Bilaga 5	Tabell över engångsförluster
Bilaga 6a	Produktvalsdata förslag A
Bilaga 6b	Produktvalsdata förslag B
Bilaga 7a	Pumpvalsdata förslag A
Bilaga 7b	Pumpvalsdata förslag B

# 1 Inledning

Volvos anläggning i Skövde producerar dieselmotorer för de flesta av Volvos affärsområden, dvs för lastbilar, bussar, anläggningsmaskiner samt Volvo Pentas marin – och industrimotorer. De motorer som produceras är 9 – till 16-liters dieselmotorer. Gjuteriet, som är en av fabrikena gjuter bromskivor, svänghjul, cylinderblock och cylinderhuvuden. Dess produktion uppgår till 110 000 ton/år.

## 1.1 Bakgrund

Volvo Powertrain bedriver sedan en längre tid tillbaka ett systematiskt arbete med att minska energianvändningen. Målet är att minska energianvändningen med 50 % på fem år från 2002 års nivå. Volvo i Skövde arbetar mot att nå detta mål år 2009. För att uppnå detta mål krävs det bl.a. effektiviseringar i luftbehandlingssystemet. Totalt omsätter ventilationen 45 000 MWh/år eller 15 % av den totala energianvändningen på Volvo.

En fabrik med hög luftomsättning är Volvo Powertrains gjuteri i Skövde. Frånluftsmängden uppgår till ca 4 miljoner m<sup>3</sup>/h uppdelat på ca 300 fläktar. Med en så stor luftmängd och med en hög lufttemperatur så innebär det att ett finns stora möjligheter till återvinning av energi. För att få en bild av hur vilka möjligheter som finns till återvinning efterfrågas en kartläggning över luftbehandlingens värmeförbrukning på gjuteriet.

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att kartlägga energiförbrukningen för luftbehandlingen på Volvo Powertrains gjuteri i Skövde. Hur mycket energi som återvinns resp. hur mycket som produceras. Förslag på energibesparingsåtgärder ska också lämnas.

## 1.3 Avgränsning

Elenergi för fläktar och pumpar ingår ej då det saknas underlag för dessa. Åtgärdsförslagen innefattar enbart förslag på hur befintliga system kan effektiviseras. Inga ändringar i befintliga system föreslås.

## 2 Teoridel

I detta kapitel beskrivs den teori som använts för att beräkna temperaturer, effekter och energi.

### 2.1 Utomhustemperatur

Utomhustemperatur över året beräknas med följande formel [5]:

$$T_u = (t_h - 4380) \cdot (3,9 - 0,086 \cdot T_m) \cdot 0,001 + T_h + \left( \frac{t_h \cdot \left(1 + \frac{8 - T_m}{586}\right)}{8300} \right)^{38} - \left( \frac{1550}{700} + t_h \right)^3 + 1,5 \cdot \left( \frac{T_m}{8} \right) \cdot \left( \frac{1200}{500} + t_h \right)^{2 \cdot \cos((900 - t_h)/585)} \quad (1)$$

$T_v$	Temperatur	[°C]
$t_h$	Timmar	[h]
$T_m$	Medeltemperatur	[°C]

### 2.2 Värmeeffekt

Tilluftsaggregatens värmeeffektbehov beräknas med följande ekvation [3]:

$$\dot{Q}_{(t)} = \dot{V} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{inblås} - T_{ute}) \quad (2)$$

$\dot{Q}_{(t)}$	Effekt	[kW]
$\dot{V}$	Luftflöde	[m <sup>3</sup> /s]
$\rho$	Densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$C_p$	Specifik värmekapacitet	[kJ/Kg K]
$T_{inblås}$	Inblåsningstemperatur	[°C]
$T_{ute}$	Utomhustemperatur	[°C]

Tilluftsaggregatens värmeeffektbehov beräknas var 175:e timma. För att få fram en kurva antas linjen mellan punkterna vara linjär.

Tilluftsaggregatens energibehov varierar då vissa aggregat är avstängda under delar av dygnet. För att kompensera för detta så multipliceras tidsintervallet med andelen tid då aggregatet är på.

$$h_{kn} = h_n \cdot k \quad (3)$$

$h_{kn}$	Korrigerat tidsintervall	[h]
$h_n$	Original tidsintervall	[h]
$k$	Drifttid	[%]

### 2.3 Återvunnen värmeeffekt

Beräkning av värmeeffekt vid vätskekopplad återvinning beräknas med följande ekvation [3]:

$$\dot{Q} = \eta \cdot \dot{V} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (4)$$

$\dot{Q}$	Effekt	[kW]
$\eta$	Termisk verkningsgrad	[%]
$\dot{V}$	Luftflöde	[m <sup>3</sup> /s]
$\rho$	Densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$C_p$	Specifik värmekapacitet	[kJ/Kg K]
$T_{inne}$	Inomhustemperatur	[°C]
$T_{ute}$	Utomhustemperatur	[°C]

Beräkning av effekt vid roterande och plattvärmväxlare [3]

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_1 - T_{ute}) \quad (5)$$

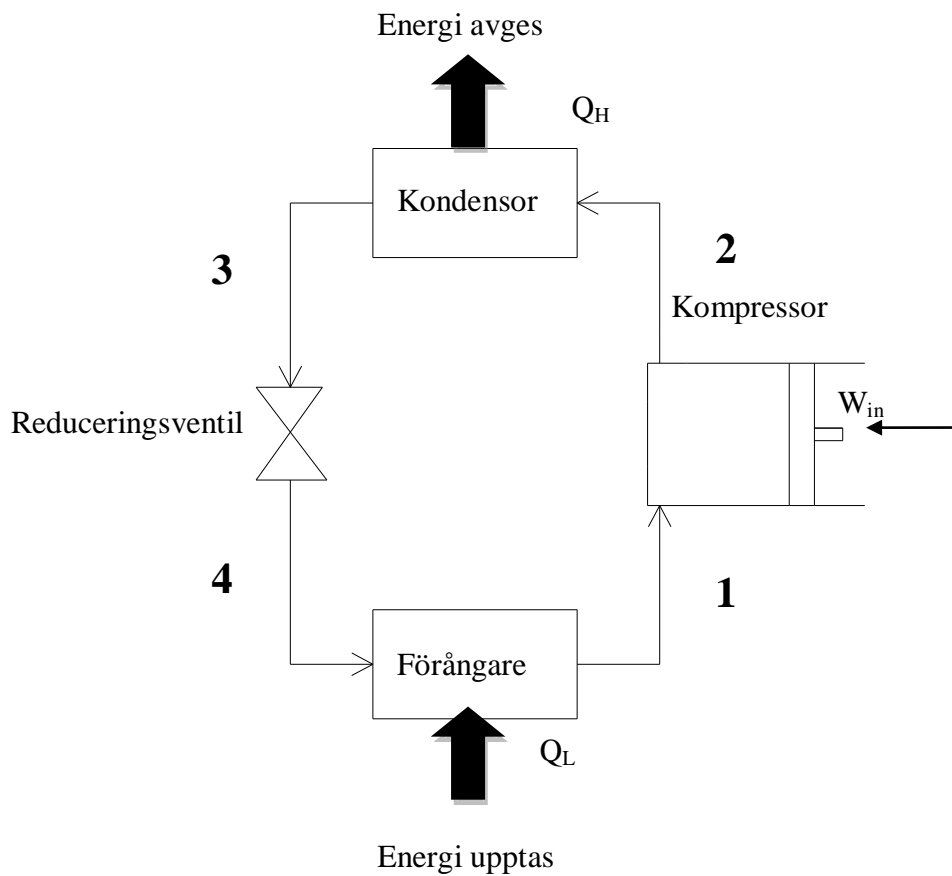
$T_1$	Temperatur efter återvinning	[°C]
-------	------------------------------	------

$$T_1 = T_{ute} + \eta \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (6)$$

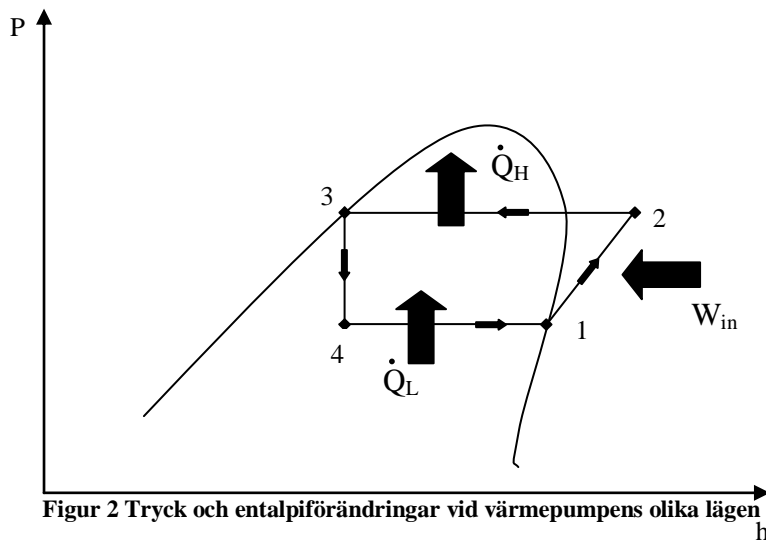
$\eta$	Temperaturverkningsgrad	[%]
--------	-------------------------	-----

## 2.4 Ideal värmepump

En värmepumps funktion är att utvinna energi från ett medium och överföra det till ett annat. Detta åstadkommas i ett slutet systemet som visas i Figur 1. I detta system cirkulerar ett kylmedium. Detta kan vara koldioxid, R134a m.m. Hur trycket ( $p$ ) och entalpi ( $h$ ) förändras vid de olika lägena kan ses i Figur 2. Vid läge ett (1) befinner sig mediets tillstånd i gasform. I kompressorn höjs trycket och därmed temperaturen (läge 2). Denna energi ( $Q_H$ ) avges då gasen kondenserar. När energin avges sänks entalpin till dess ursprungliga nivå. Vid läge 3 befinner sig mediet i flytande form och reduceringsventilen sänker tryck och temperatur (läge 4). Mediet strömmar över en växlare där gasen värms upp och förångas.



Figur 1 Principschema för en värmepump



Figur 2 Tryck och entalpiförändringar vid värmepumpens olika lägen h

Kompressorn som driver tryck och temperaturhöjningen är i princip alltid eldriven. Hur mycket effekt ( $W_{in}$ ) som måste tillföras kan bestämmas med hjälp av differensen mellan kyleffekten ( $Q_L$ ) och värmeeffekten ( $Q_H$ ). En stor differens medför en högre effekt och därmed en större kostnad för att driva värmepumpen.

För att på ett enkelt sätt bestämma en värmepumps effektivitet används beteckningen COP (*coefficient of performance*).

$W_{in}$  och COP bestäms av de två nedanstående ekvationerna [2]:

$$W_{in} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L \quad (7)$$

$W_{in}$	Eleffekt som krävs för att driva kompressor	[kW]
$\dot{Q}_H$	Värmeeffekt	[kW]
$\dot{Q}_L$	Kyleffekt	[kW]

$$COP = \frac{\dot{Q}_H}{W_{in}} \quad (8)$$

COP	Dimensionslöst tal som anger värmepumpens effektivitet	[-]
-----	--	-----

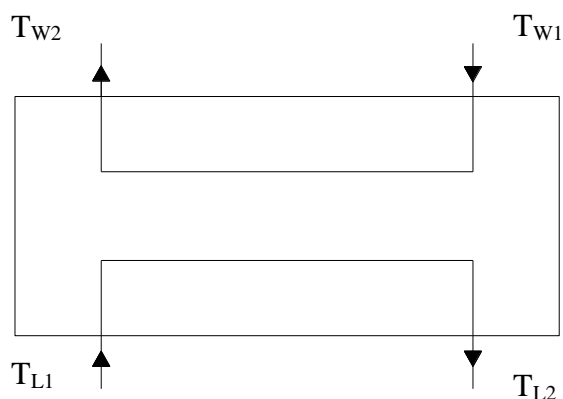
Priset för att den producerade värmen beräknas med ekvation [9]

$$P_v = \frac{P_{el}}{COP} \quad (9)$$

$P_v$	Pris för producerad värme	[kr]
$P_{el}$	Elpris	[kr]

## 2.5 Värmeväxling

Figur 3 visar en värmeväxlare där energiutbyte sker mellan två strömmande media, åtskilda sinsemellan av en värmeöverföringsyta. Det ena mediet ( $T_W$ ) strömmar in i värmeväxlaren med temperaturen  $T_{W1}$  och lämnar den med temperaturen  $T_{W2}$ . Det andra energiupptagande mediet ( $T_L$ ) har vid inströmning temperaturen  $T_{L1}$  och vid utströmning en högre temperatur  $T_{L2}$ .



Figur 3 Motströmsvärmeväxlare

Den överförda värmeeffekten och de olika temperaturerna kan beräknas med de två nedanstående formlerna [4].

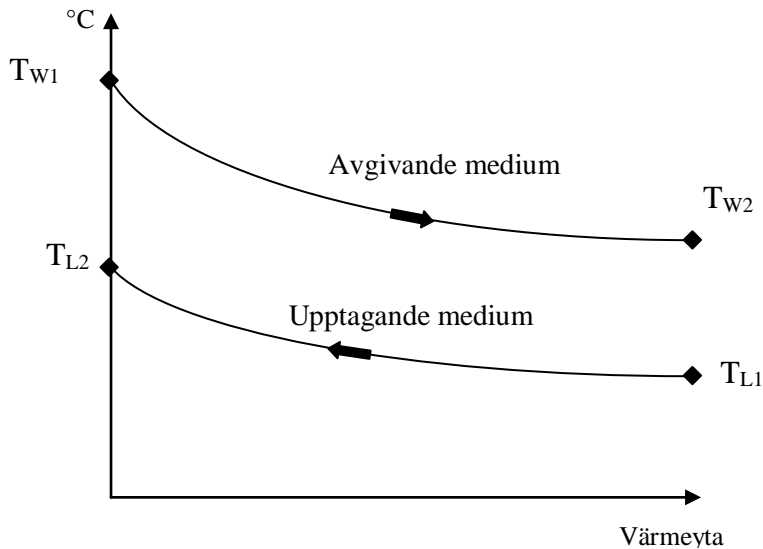
$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T_{ln} \quad (10)$$

U	Värmegenomgångskoefficient	[W/m <sup>2</sup> K]
A	Area på värmeöverförande yta	[m <sup>2</sup> ]
$\Delta T_{ln}$	Logaritmiska medeltemperaturen	[°C]

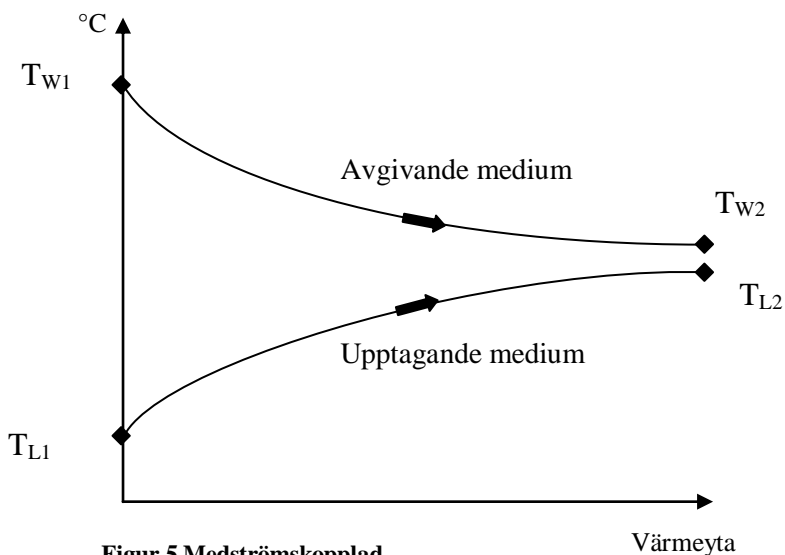
$$\Delta T_{ln} = \frac{(T_{W1} - T_{L2}) - (T_{W2} - T_{L1})}{\ln \frac{T_{W1} - T_{L2}}{T_{W2} - T_{L1}}} \quad (11)$$

$T_{W1}$	Inkommande energiavgivande medium	[°C]
$T_{W2}$	Retur energiavgivande medium	[°C]
$T_{L1}$	Inkommande energiupptagande medium	[°C]
$T_{L2}$	Retur energiupptagande medium	[°C]

En värmeväxlare kan vara kopplad på två olika sätt: motströmskopplad eller medströmskopplad. Figur 4 och Figur 5 visar hur temperaturerna varierar i de två olika fallen. En motströmsvärmeväxlare är att föredra då den överförda värmeeffekten, för en given yta blir större.



Figur 4 Motströmvärmeväxlare



Figur 5 Medströmskopplad

### 2.5.1 Plattvärmeväxlare

En plattvärmeväxlare består av plåtar som ligger växelvis och bildar kanaler. Kanalerna har lagts ihop så att tilluften strömmar vinkelrätt mot frånluften. Till- och frånluften går i varannan kanal frånskiljda varandra och detta medför att ingen fukt överförs mellan de båda luftflödena. En plattvärmeväxlare är en enkel konstruktion som är driftsäker vilket medför att de används både inom industri och bostadsventilation. Temperaturverkningsgraden på en plattvärmeväxlare ligger på ca 70 % [1].

### 2.5.2 Roterande värmeväxlare

En roterande värmeväxlare är uppbyggd av ett rotorhjul som är försett med en skiva av plåt med små hål i. Skivans ena halva sitter i tilluften och den andra halvan i frånluften. När den varma frånluften träffar skivan avger luften värme och fukt. Då skivan roterar överförs energi och fukt från frånluften till tilluften. Temperaturverkningsgraden på en roterande värmeväxlare är ca 85 % [1].



### 2.5.3 Batterivärmeväxlare

En batterivärmeväxlare är uppbyggd så att ett batteri sätts in i frånluften och ett batteri sätts in i tilluften. Mellan de båda batterierna byggs sedan ett cirkulationssystem upp med en pump som driver runt en vätska. Ofta tillsätts något medel som sänker fryspunkten på vätskan till exempel etylenglykol. I frånluftsbatteriet värms vätskan upp och pumpas sedan vidare till tilluftsbatteriet där värme avges och vätskan kyls ned. Eftersom vätskan kan vara kallare än 0°C måste man, om frånluften är fuktig, installera ett frysskydd på frånluftsbatteriet. Annars kan den fuktiga luften frysa till is och förstöra batteriet. Om ett frysskydd måste installeras minskas dock temperaturverkningsgraden vid låga utomhustemperaturer. Verkningsgraden på en batterivärmeväxlare ligger runt 60 % [1].

### 2.6 Varaktighetsdiagram

För att avgöra hur mycket effekt det finns avsättning för används ett varaktighetsdiagram. Ett varaktighetsdiagram visar effekt på y-axeln och tid på x-axeln. I detta arbete där kartläggningen syftar till att visa hur effekten varierar under året visar x-axeln årets tid indelat i timmar, dvs 8760 timmar. Energin (arean under varaktighetsdiagrammets kurva) beräknas med följande integral:

$$Q = \int_0^t \dot{Q}(t) \cdot dt \quad (12)$$

Q	Energi	[kWh]
t	Drifttid	[h]

Då integralen är opraktisk att lösa analytiskt löses integralen numeriskt med trapetsmetoden. Tidsintervallet som används är 175h.

$$\sum Q_n = h \cdot \left( \frac{\dot{Q}_2 + \dot{Q}_1}{2} \right) + n \quad (13)$$

$\sum Q_n$	Summa av energi	[kWh]
h	Tidsintervall	[h]
$\dot{Q}_2$	Effekt 2	[kW]
$\dot{Q}_1$	Effekt 1	[kW]
n	Nästa serie	[kWh]

### 2.7 Beräkning av tryckfall i system

För att kunna dimensionera bland annat pumpen i systemet måste tryckfallet i systemet beräknas. Det totala tryckfallet är tryckfallet i rören plus tryckfallet över systemets komponenter. Samtliga ekvationer i detta kapitel har hämtats från [1].

Formeln för att beräkna tryckfallet i systemet kan ses i ekvationen nedan.

$$\Delta p = \Delta p_f + \Delta p_e + \Delta p_a \quad (14)$$

$\Delta p_f$	Strömningsförluster i raka ledningar	[Pa]
$\Delta p_e$	Strömningsförluster i engångsmotstånd	[Pa]
$\Delta p_a$	Tryckfall i komponenter	[Pa]

För att beräkna tryckfall i rör måste ett antal olika formler och diagram vara kända. Dessa följer nedan.

Reynolds tal beräknas enligt ekvationen nedan

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (15)$$

$v$	Strömningshastighet	[m/s]
$d$	Rörets diameter	[m]
$\nu$	Dynamisk viskositet	[m <sup>2</sup> /s]

Rörets relativa råhet,  $k$ , beräknas enligt ekvationen nedan.

$$k = \frac{\varepsilon}{d_i} \quad (16)$$

$\varepsilon$	Rörets råhet	[m]
$d_i$	Rörets inre diameter	[m]

Rörtryckfallet räknas ut med hjälp av ekvationen nedan.

$$\Delta p_f = \lambda \cdot \frac{l}{d_i} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (17)$$

$\lambda$	Friktionskoefficienten	[-]
$l$	Rörlängden	[m]
$\rho$	Vätskans densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]

Friktionskoefficienten erhålls ur diagram i bilaga 3.

Engångsförluster räknas ut med hjälp av ekvationen nedan.

$$\Delta p_e = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (18)$$

$\xi$	Motståndstal	[-]
-------	--------------	-----

Storlek på motståndstalet erhålls ur tabell i bilaga 5.

Flödeshastigheten beräknas enligt ekvationen nedan

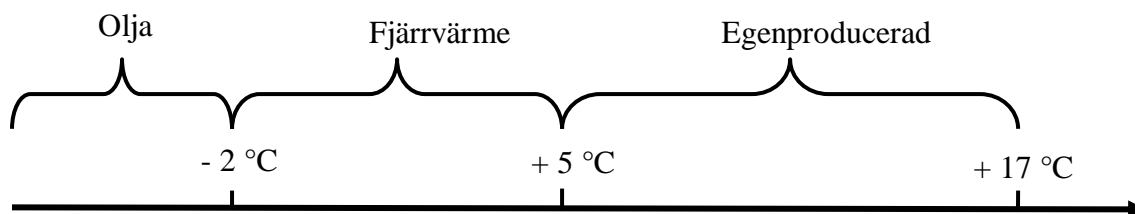
$$v = \frac{\dot{V}}{A \cdot 1000} \quad (19)$$

$\dot{V}$	Volymflödet	[m <sup>3</sup> /s]
$A$	Tvärsnittsarean	[m <sup>2</sup> ]

Tryckfall i komponenter  $\Delta p_a$  erhålls från produktdata se bilaga 6a och bilaga 6b.

### 3 Systembeskrivning

I figur 6 kan ses hur Gjuteriet får den värme som behövs för att värma tilluften. Värmeenergi köps ifrån Skövde värmeverk då utomhustemperaturen är mellan  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  och  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Från  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  upp till  $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$  producerar Volvo egen värme. Då temperaturen är under  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  används olja för att värma tilluften. I denna studie kommer olja, fjärrvärme och egenproducerad att benämnas som *producerad energi*.



Figur 6

#### 3.1 Återvinningstyper

För att minska kostnaden för uppvärmning använder gjuteriet flera system för att återvinna energi. Dessa system syftar till att hämta energi från den varma frånluften, men det finns även system som återvinner värmeenergi direkt från processerna. Nedan beskrivs de olika värmeåtervinningssystem som finns på gjuteriet idag.

##### 3.1.1 Tilluftsaggregat som saknar återvinning

Figur 7 visar hur ett tilluftsaggregat ser ut utan återvinning. Ett spjäll som stänger eller öppnar luftintaget. För att rena uteluften från föroreningar används ett partikelfilter. För värma luften används en luftvärmare. Slutligen finns en fläkt som trycksätter systemet. Då aggregatet inte innehåller en luftkylare så innebär det inte finns möjlighet att kyla luften då den är över  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

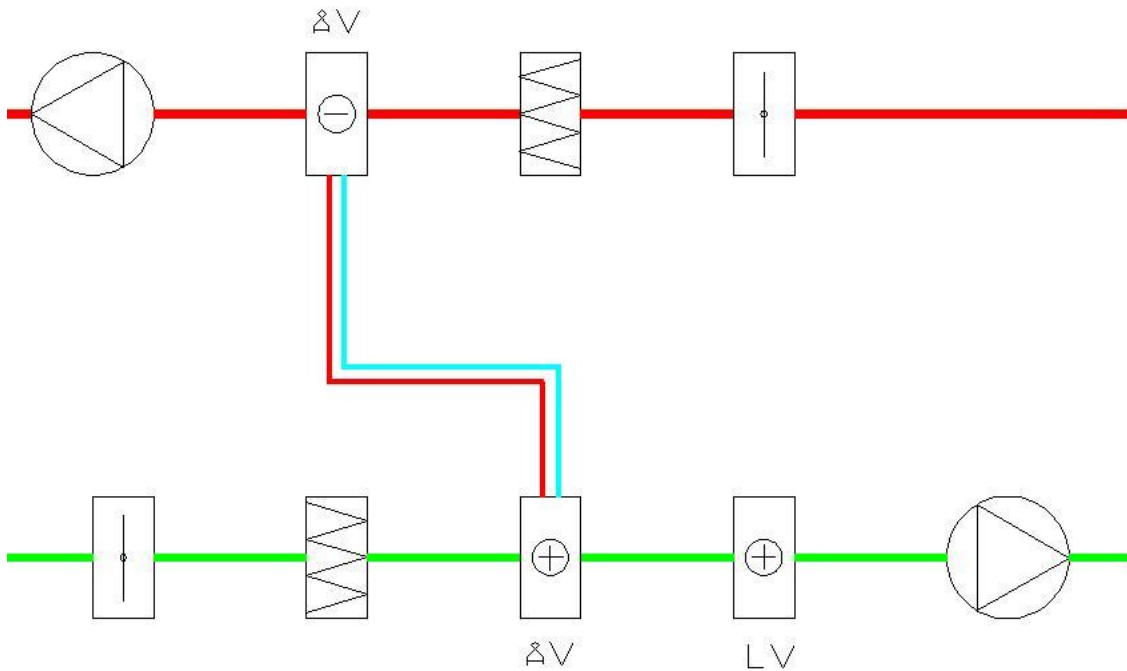


Figur 7 Tilluftsaggregat utan återvinning

##### 3.1.2 Energiåtervinning från processluft

För att återvinna energi från processfrånluft installeras ett antal värmebatterier i frånluften och tilluften, se figur 8. Dessa är sammankopplade med rör vars medium är vatten blandat med etylenglykol. Verkningsgraden på detta återvinningssystem är ca 50 % [7]. Viss frånluft från gjuteriet renas med stoftavskiljare. Denna rening är dock ej fullständig vilket medför att luften innehåller partiklar som lätt sätter sig fast i batteriet. Därför väljs batterier som har ställameller. Utrymmet mellan lamellerna i batteriet är 4 mm. Detta är tillräckligt mycket för att batteriet lätt ska kunna rengöras. Nackdelen med att välja stål batteri är att de har en betydligt lägre verkningsgrad än ett batteri med till

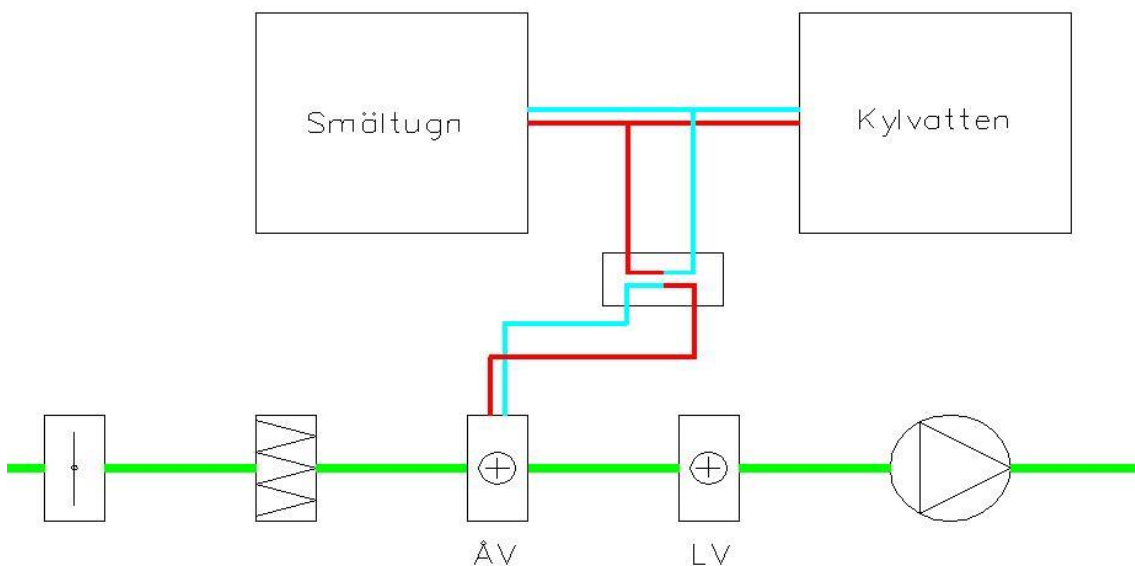
exempel aluminium. Eftersom aluminiumbatterier är bättre än stål batterier används dessa så ofta som möjligt, då luften ej är för smutsig.



Figur 8 Energiåtervinning från processluft.

### 3.1.3 Energiåtervinning från kylvatten

Återvinning från kylvatten (se Figur 9) bygger på samma princip som energiåtervinning från processluft med skillnaden att värmeenergi hämtas ifrån kylvattnet från ugnarna/formarna. Det finns två typer av återvinning från kylvatten, mantel och formkylvatten. Mantelkylvatten kyler ugnens kupol och formkylvatten kyler formarna för att de inte ska smälta samman. De tilluftsaggregat som använder denna återvinning är stora aggregat med ett stort energibehov. Totalt är det sju aggregat som återvinner värmeenergi från kylvatten. Ett av dessa aggregat saknar luftvärmare och använder enbart värme från kylvattnet. Detta medför att önskad tilluftstemperatur på +17 °C inte alltid uppnås ifrån detta aggregat.



Figur 9 Återvinning från kylvatten

### **3.1.4 Återvinning med värmeväxling**

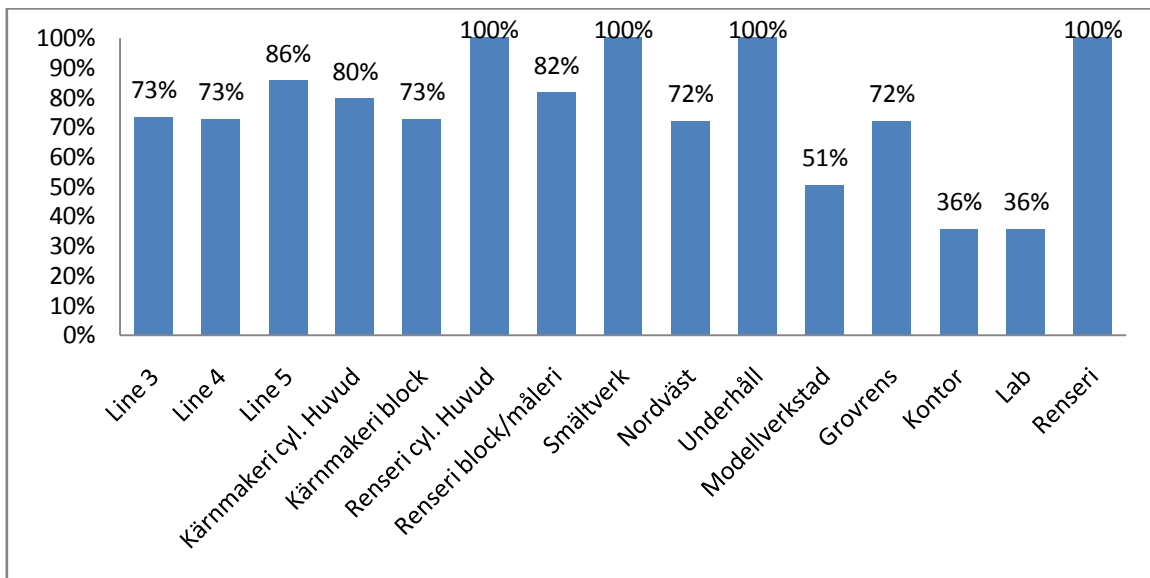
På gjuteriet finns det idag sex stycken aggregat som återvinner värmeenergi direkt från frånluften som sitter i samma aggregat som tilluften. Att till- och frånluften ej är åtskiljda gör att det går att använda plattvärmeväxlare eller roterande värmeväxlare. De aggregat som använder denna typ av återvinning på gjuteriet är mindre aggregat med relativt små luftflöden.

## 4 Metod

För att kartlägga energibehovet upprättas ett varaktighetsdiagram. Ett varaktighetsdiagram visar effekt (kW) på y-axeln och tid (h) på x-axeln. Tiden representerar årets alla timmar (8760h). Arean under varaktighetsdiagrammets kurva blir då energi [kWh/år].

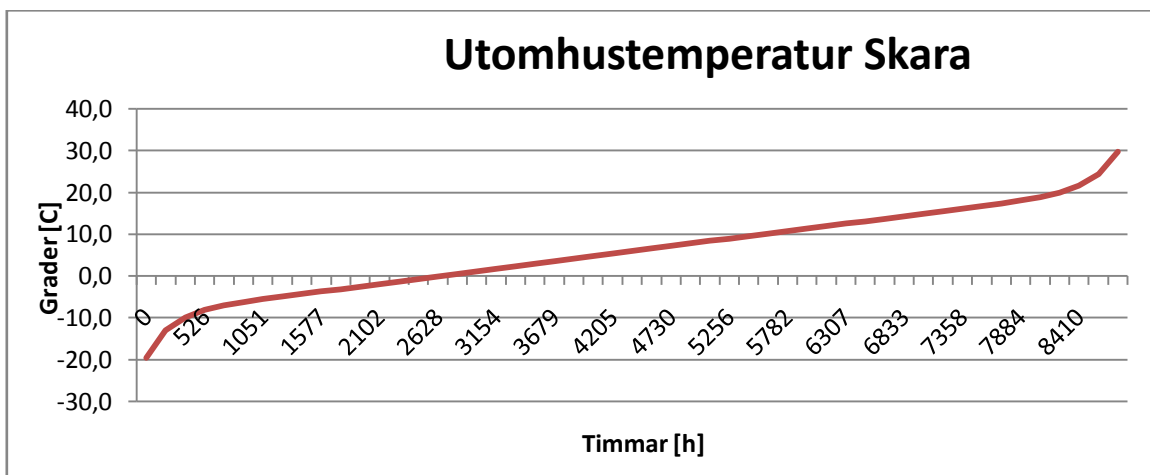
Effektbehovet för ett tilluftsaggregat avgörs av fyra parametrar: inblåsningstemperatur, utomhustemperatur, drifttid och flöde, se ekvation (1) och (2), kapitel 2.

Inblåsningstemperaturen är satt till 17 °C på samtliga tilluftsaggregat [KP 1]. Flöden har erhållits från [KP 2]. Drifftiderna på aggregaten bestäms av vilken del av fabriken som de är placerade i. Aggregaten har enbart ett läge, dvs. det finns ingen lågfart. Se Figur 10 för drifftider på gjuteriet. Vissa tilluftsaggregat betjänar flera delar i fabriken. I dessa fall har den tillhörighet som har högst drifttid valts. För en komplett lista med aggregat och drifftider se bilaga ett och två.



Figur 10 Drifftider på gjuteriet. Med 100% menas att aggregaten går dygnet runt året om

Utomhustemperaturen beräknas med ekvation (1). Medeltemperatur som krävs för att använda ekvation (1) har erhållits från [4] och är 6 °C i Skara (26 km ifrån Skövde). Se Figur 11.



Figur 11 Utomhustemperaturens variation över året i Skara

## 4.1 Beräkning av tilluftsaggregat

Tilluftsaggregatens effektbehov beräknas med ekvation (2). Den parameter som varierar under året är utomhustemperaturen. Utomhustemperaturen räknas ut var 175:e timme. Året blir då indelat i 50 delar ( $50 \cdot 175,2 = 8760$ ). Utomhustemperaturen sätts sedan in i ekvation (2) tillsammans med aggregatets övriga data.

För att visa beräkningsgången räknas ett exempel igenom. Exemplet nedan visar beräkning vid 1051h då temperaturen är  $-5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Aggregatet är 410-0627. 410 innebär att det är ett tilluftsaggregat med värme. Se Tabell 1.

Tabell 1 Driftdata för tilluftsaggregat 410-0627

410-0627	
Drifttid	73%
Inblåsningstemperatur	$17 \text{ }^\circ\text{C}$
Flöde	16944 l/s
Återvinningstyp	Energiåtervinning från processluft
Återvinner från	Frånluftsaggregat 414-0649
Timmar	1051 $^\circ\text{C}$
Utetemperatur	$-5,5 \text{ }^\circ\text{C}$

### 4.1.1 Effekt

Insättning av värden i ekvation (2) ger:

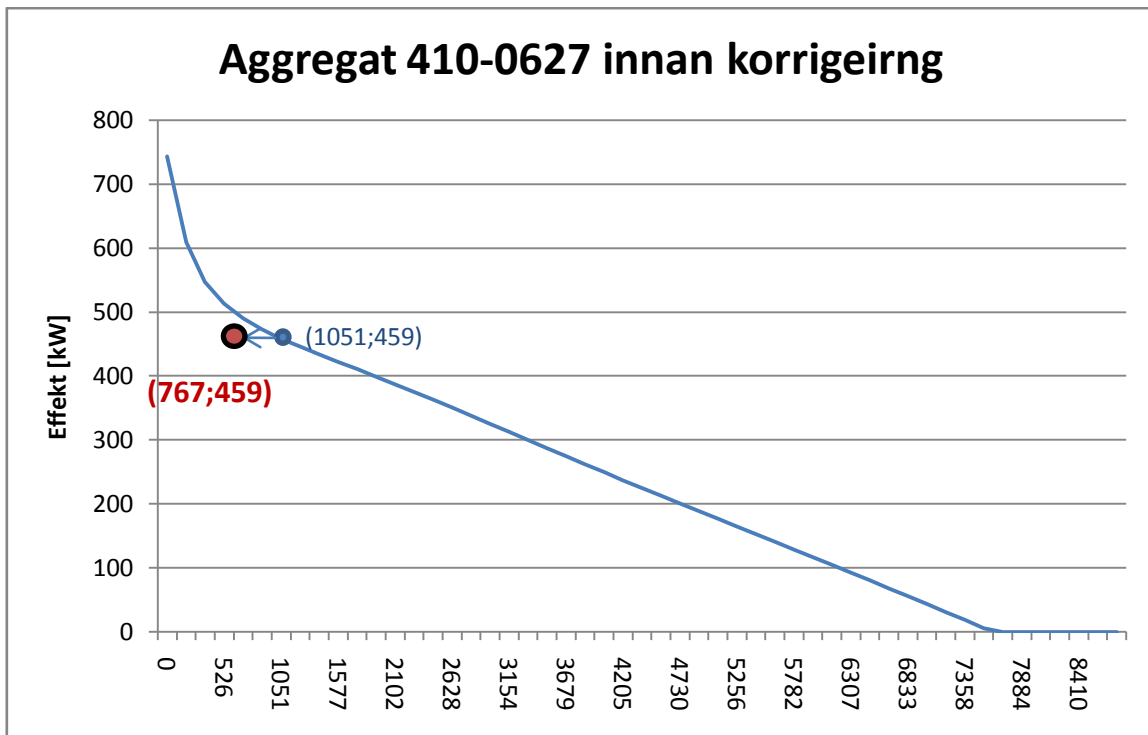
$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{inbläs} - T_{ute}) = 16,94 \cdot 1,2 \cdot (17 - (-5,5)) \approx 459 \text{ kW}$$

Linjen i Figur 12 erhålls då samtliga 50 punkter beräknats och en linje mellan dessa dragits.

För att kompensera för drifttiden multipliceras drifttiden med tiden, ekvation (3):

$$h_{kn} = h_n \cdot k = 1051 \cdot 0,73 \approx 767 \text{ h}$$

Vid 767h är effektbehovet 457kW. Se Figur 12.



Figur 12 Aggregat 410-0627 innan korrigering. Samtliga punkter förskjuts med hänsyn till drifttiden.

För att summering av flera aggregat ska vara möjlig så måste samma tidsintervall användas för alla aggregaten. Detta innebär att tidsaxeln måste justeras till dess ursprungliga form.

Tabell 2 visar de tio första beräknade värdena. Kolumn ett (*tid innan korrigering*) visar den modifierade tidsaxeln som tidigare beräknades fram. Kolumn tre (*ursprungligt tidsintervall*) visar den ursprungliga tidsaxeln med ett intervall på 175h. För att konvertera värdena i kolumn två (*effekt innan korrigering*) till den ursprungliga tidsaxeln används enpunktsformeln.

Kolumn ett söks igenom och jämförs med kolumn tre. Om värdet i kolumn ett är större än värdet i kolumn tre väljs de två föregående värdena i kolumn ett och två. I detta exempel då tiden är 765h väljs i kolumn tre tiden 701h. En rät linje dras mellan punkterna och en ny effekt med tiden 701h räknas fram (se Figur 13) . Nedan följer beräkningsgången för detta steg.

$$\dot{Q} - \dot{Q}_1 = k \cdot (T - T_1)$$

$$k = \frac{\Delta T}{\Delta \dot{Q}} = \frac{T_2 - T_1}{\dot{Q}_2 - \dot{Q}_1} = \frac{473 - 459}{765 - 638} \cdot -1 \approx -0,11$$

$$\begin{aligned} \dot{Q} - 473 &= -0,11 \cdot (T - 459) \\ \Rightarrow \dot{Q} &= -0,11T + 543 \end{aligned}$$

I denna ekvation sätts en önskad tiden in (701)

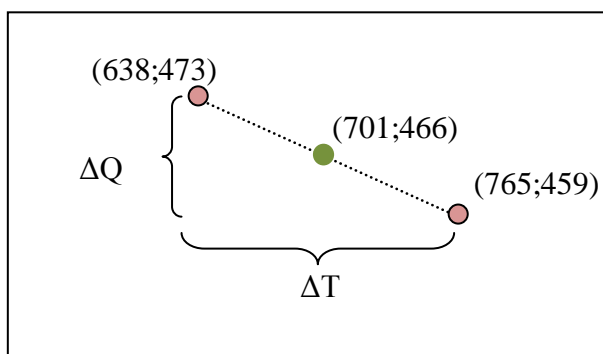
$$\dot{Q}(701) = -0,11 \cdot 701 + 543 = 466kW,$$



Kolumn ett och två i Tabell 2 visar de värden som korrigeras med enpunktsformlen. Kolumn tre och fyra visar de värden som erhålls efter korrigeringen med enpunktsformeln. De markerade värdena visar de värden som beräknas ovan.

Tabell 2 Kolumner som visar värden innan resp. efter korrigering.

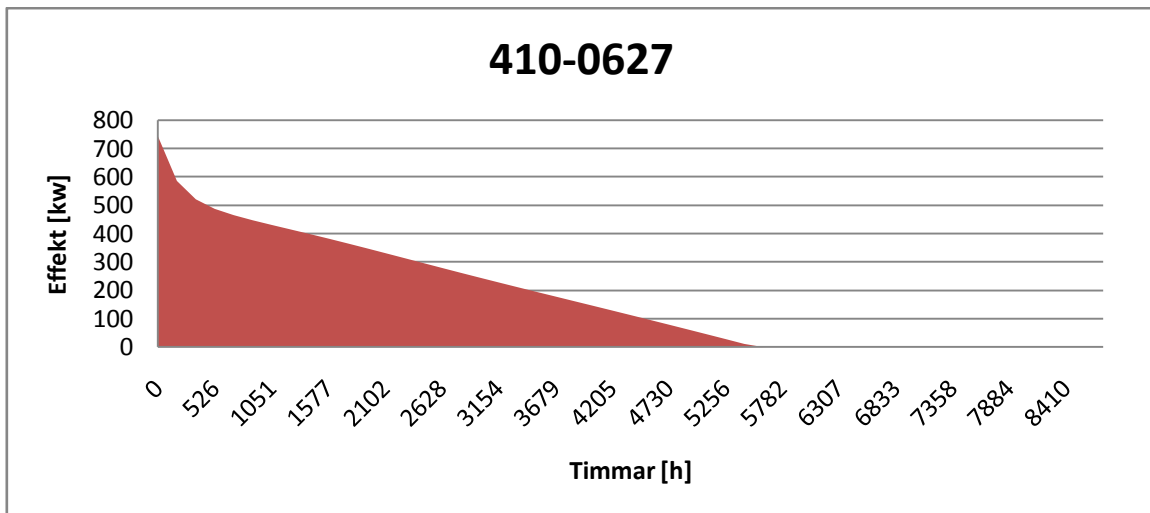
Tid innan korrigering	Effekt innan korrigering	Önskad tidsintervall	Effekt efter korrigering
0	743	0	743
128	609	175	586
255	548	350	522
383	513	526	488
510	490	701	466
638	473	876	448
765	459	1051	431
893	446	1226	415
1020	434	1402	399
1148	423	1577	383



Figur 13

#### 4.1.2 Energi

För att beräkna energin (aren under varaktighetskurvan) används ekvation (13). Insättning av värden ger 1512 MWh/år. Ett annat och sätt att beräkna energin är att använda ekvation (12) på den ursprungliga varaktighetskurvan i Figur 12 och multiplicera energin med aggregatets drifttid. I detta fall skulle energin beräknas till 1516 MWh/år. Felprocenten på korrigering ligger alltså på ca 1 %. Denna felprocent ökar dock ju lägre drifttid det är. Dock har de aggregat med stora flöden en drifttid på mellan 70 och 100 %, detta medför att avvikelsen därför är försumbar. Figur 14 visar det slutgiltiga varaktighetsdiagrammet för tilluftsaggregat 410-0627.

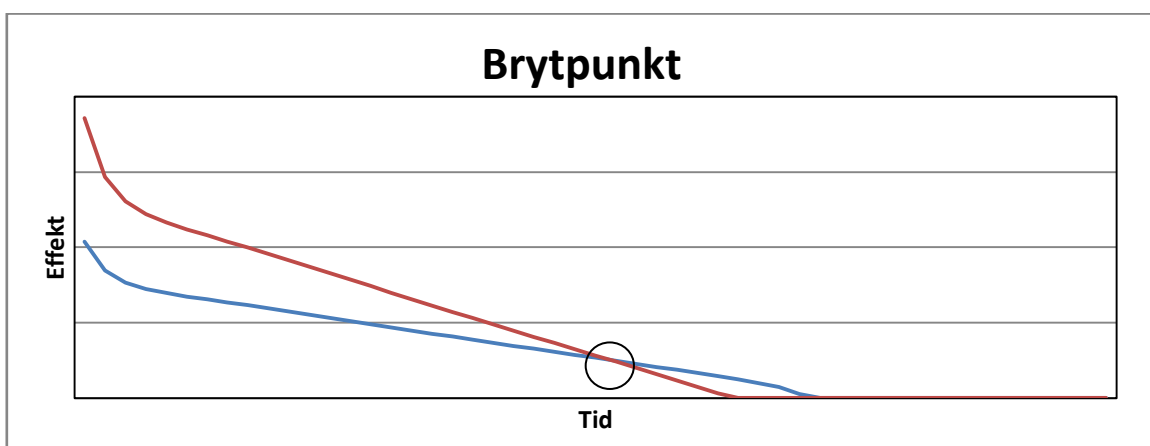


Figur 14 Effektbehov för tilluftsaggregat 410-0627

## 4.2 Återvinning

Återvinning räknas helt separat från tilluften. Ekvation (4) används för att beräkna vätskekopplad återvinning och ekvation (5) och (6) för att beräkna VVX. Frånluftstemperaturer har uppskattats av [7]. Se bilaga 2 för kompletta frånluftdata. Samma korrigeringar som för tilluften görs på återvinning. Då det inte längre finns avsättning för återvinningen sätts den återvunna effekten till samma effekt som det finns avsättning för (se Figur 15).

Arean som bildas mellan de båda linjerna är den resterande energi som behövs för att uppnå värmebehovet. Denna energi består av olja, fjärrvärme och Volvos egenproducerade energi. Denna energi kommer att benämnas som *producerad energi*.



Figur 15 Ringen visar den punkt där det inte längre finns någon avsättning för den återvunna värmeenergin

Kylvattnet ger en konstant effekt på 1980 resp. 980 kW [KP 2]. Drifttiden på kylvattnet varierar från dag till dag, vilket gör det svårt att räkna fram en energi. Därför har uppmätta energivärden för 2006 använts för att räkna fram en konstant effekt. Uppmätt värde på mantelkylvattnet är 2959 MWh/år och på formorkylvattnet 2324 MWh/år[6]. Den framräknade konstanta effekten blir då 460 kW resp. 350 kW.

### 4.3 Värmepump

Värmepumparna ger vardera en effekt på 1350 kW. Totalt blir det 2700 kW. Priset för att driva värmepumpen bestäms av elen som krävs för att driva kompressorn. För att räkna ut elbehovet används COP. Det är ett dimensionslöst tal som används för att bestämma en värmepumps effektivitet. COP är kvoten mellan den dimensionerande värmeeffekten och kyleffekten. Dessa varierar under året. Därför får detta värde delvis uppskattas.

Elpriset som använts är 480 kr/MWh[6]. Dimensionerande kyl och värmeeffekt är 2400 kW resp. 3144 kW [9]. För att beräkna kompressorns effektbehov används ekvation (7). För att beräkna värmepumpens COP används ekvation (8).

$$W_{in} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L = 3144 - 2400 = 744 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_H}{W_{in}} = \frac{3144}{744} \approx 4,2$$

$$P_v = \frac{P_v}{COP} = \frac{480}{4,2} = 114 \text{ kr}$$

Värmepumpen läggs på den återvunna energin. Då det inte längre finns avsättning för värmepumpen minskar effekten tills det inte längre finns någon avsättning för den. Då återvunnen energi ökar finns därmed mindre utrymme för värmepumpen.

### 4.4 Dimensionering

Då ett system ska projekteras måste dess komponenter dimensioneras så att de klarar kraven som ställs på systemet. Rören måste klara av att leverera vätskan utan att ge för stora tryckfall eller ge vätskan en för hög hastighet. Pumpen måste klara av att övervinna det tryckfall som uppstår i systemet men utan att vara för kraftig eftersom detta ger en hög elförbrukning. Batterierna i systemet måste dimensioneras så att de avger tillräckligt mycket energi utan att bli för stora och utan att de ger ett för stort tryckfall.

#### 4.4.1 Rör

Vid dimensionering av rörsystemet måste vätskans hastighet vara känd. När denna är känd bestäms vilken dimension rören ska ha. För att få fram rätt dimension på rören används ett nomogram, se bilaga 4. Vilken typ av rör som ska användas beror till stor del på vilken vätska de ska innehålla. Den rörtyp som är aktuell på de återvinningsförslag som lämnas i rapporten är handelstuber av stål [7]. En avgörande faktor som bestämmer vilken dimension rören ska ha är att tryckfallet ska ligga runt 100 Pa/m.

Vätskans hastighet har erhållits utifrån programkörningen för batterierna, se bilaga 6a och bilaga 6b. Eftersom körningen har gjort för endast en fjärdedel resp. hälften av batterierna måste vätskans hastighet multipliceras med fyra resp. två för att bli korrekt. De korrekta flödena blir då 7,1 l/s samt 9,8 l/s. Resultaten av rördimensioneringen kan ses i tabell 3 nedan.

**Tabell 3 Rördimensioner**

Förslag A

Antal batterier	Flöde [l/s]	Dimension [mm]
1	1,8	50
2	3,6	50
4	7,2	100

Förslag B

Antal batterier	Flöde [l/s]	Dimension [mm]
1	2,45	50
2	4,9	50
4	9,8	100

#### 4.4.2 Pump

För att dimensionera pumpen måste den dimensionerande flödesvägen bestämmas. Den dimensionerande flödesvägen är den väg som har störst tryckfall i systemet. När denna är funnen används ekvation (14) för att räkna ut hur högt tryck pumpen måste klara av att ge. Vid en noggrann dimensionering måste man följa de steg som följer nedan.

För att kunna räkna ut  $\Delta p_f$ , i ekvation (17), måste först Reynolds tal räknas ut, ekvation (15). När denna är känd måste rörets relativa råhet räknas fram med hjälp av ekvation (16). När dessa båda är kända används Colebrookdiagrammet i bilaga 3 och med hjälp av detta kan friktionskoefficienten,  $\lambda$ , läsas ut grafiskt.

Engångstryckfallen i systemen räknas ut med hjälp av ekvation (18) och tabell i bilaga fem.  $\Delta p_e$  blir då summan av alla engångstryckfall i systemet.

Tryckfallet i de olika batterierna  $\Delta p_a$  har erhållits ur produktdata från tillverkaren, se bilaga 6a och bilaga 6b.

När väl det totala tryckfallet räknats fram har en pump valts ut med hjälp av ett produktvalprogram.

I denna rapport har dock förenklingar gjorts vid dimensioneringen av pumpen i samråd med [10]. Den ena av förenklingarna som är gjord är vid uträknandet av  $\Delta p_f$ , istället för att räkna ut den noggrant har det antagits att tryckfallet är 100 Pa/m. Resultatet av detta kan ses nedan.

$$\text{Förslag A: } \Delta p_f = 100 \cdot 40 = 4 \text{ KPa}$$

$$\text{Förslag B: } \Delta p_f = 100 \cdot 160 = 16 \text{ KPa}$$

Den andra förenkling som gjorts är vid uträkandet av  $\Delta p_e$ , här har förenklingen gjorts eftersom alla komponenter som ska vara med i systemet ej är framtagna. Vid uträkandet av  $\Delta p_e$  har istället  $\Delta p_f$  multiplicerats med 1,3. Resultatet av detta kan ses nedan.

$$\text{Förslag A: } \Delta p_e = 4 \cdot 1,3 = 5 \text{ KPa}$$

$$\text{Förslag B: } \Delta p_e = 16 \cdot 1,3 = 20 \text{ KPa}$$

När de ovanstående förenklingarna gjorts har sedan det totala tryckfallet i systemet räknats ut med hjälp av ekvation (14) och uträkningarna kan ses nedan.

$$\text{Förslag A: } \Delta p = 4 + 5,2 + 195 = 204 \text{ KPa}$$

$$\text{Förslag B: } \Delta p_e = 16 + 20,8 + 224 = 260 \text{ KPa}$$

Vid beställning av pump har dock ett högre värde på tryckfallen angetts för att ytterligare öka säkerheten, 240 resp. 280 KPa. De pumpar som valdes är VM 8-160-2 och VM 8-180-2, utförligare data kan ses i bilaga 7a och bilaga 7b.

#### 4.4.3 Batteri

För att få fram rätt batteri har ett produktvalsprogram använts. De parametrar som behövs för att göra en körning av programmet är, temperatur på till- och frånluft, flödet på till- och frånluft, vilken typ av vätska som används och vilken återvinningsgrad som antas. När väl dessa data är kända körs programmet och rätt batteri letas fram. För förslag A togs fyra stycken tillufts batterier fram och fyra frånlufts batterier. Tillufts batterierna avger 116 kW värmeenergi styck och ger ett tryckfall på 120 Pa, frånlufts batterierna tar upp 116 kW styck och ger ett tryckfall i vätskesystemet på 70 Pa. Mer utförligare data kan ses i bilaga 6a. I förslag B togs fyra stycken likadana frånlufts batterier fram och de kunde ta upp 137 kW värmeenergi vardera, för tilluften valdes fyra stycken batterier två på 56,9 kW och två på 216 kW. Mer utförligare data för batterierna i förslag B kan ses i bilaga 6b.

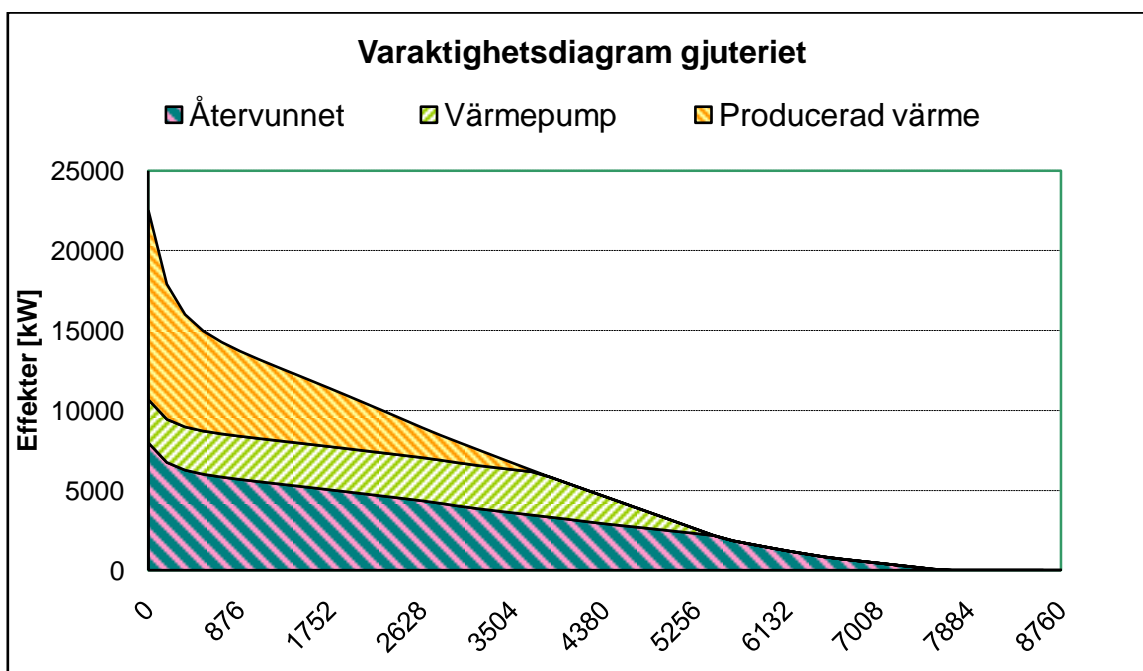
## 5 Resultat

I beräkningarna som gjorts har alla tilluftsfläktar med uppvärmning tagits med. Totalt är det 51 st tilluftsaggregat som har uppvärmning. Av de 51 tilluftsaggregaten är det 24 st som har någon form av värmeåtervinning. Fördelningen av de olika återvinningstyperna kan ses i Tabell 4.

Tabell 4 Tilluftsaggregatens återvinning

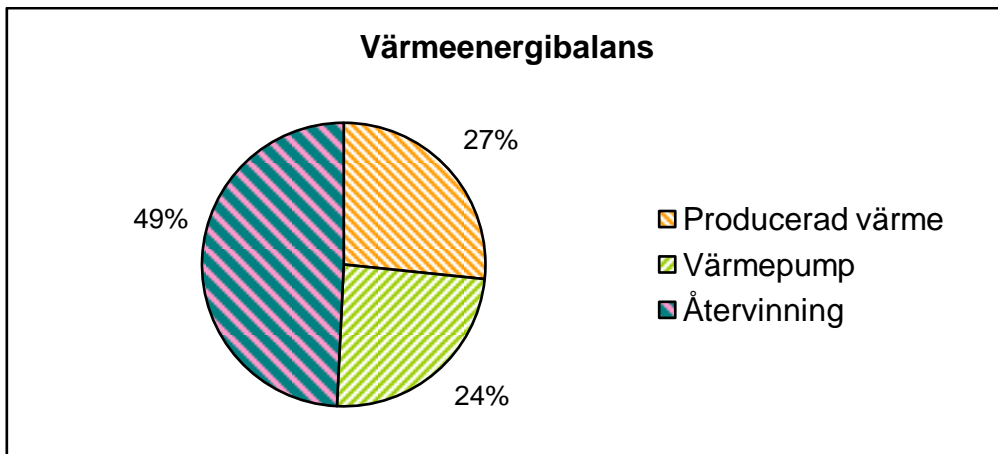
Återvinningstyp	Antal	Totalt flöde l/s
EÅ från processluft	10	151514
VVX	6	38697
Kylvatten	7	147415
Återvinnings saknas	28	16188
<b>Totalt</b>	<b>51</b>	<b>353814</b>

Av de ca 300 frånluftsfläktar som finns på gjuteriet är det 15 st som idag har någon form av återvinning. Sommaren 2007 kommer ytterligare två värmeåtervinningsanläggningar att byggas på gjuteriet. Dessa två nya återvinningssystem har medräknats då varaktighetsdiagrammet nedan har tagits fram, Figur 16.



Figur 16. Varaktighetsdiagram på gjuteriet

Värmeenergibalansen visas i figur 17. I denna kan utläsas hur stora andelar återvinning, värmepump och producerad värme upptar.



Figur 17 Värmeenergibalans gjuteriet

De resultat som erhållits ur varaktighetsdiagrammet kan ses i Tabell 5.

Tabell 5 Energimängder och kostnader/besparingar

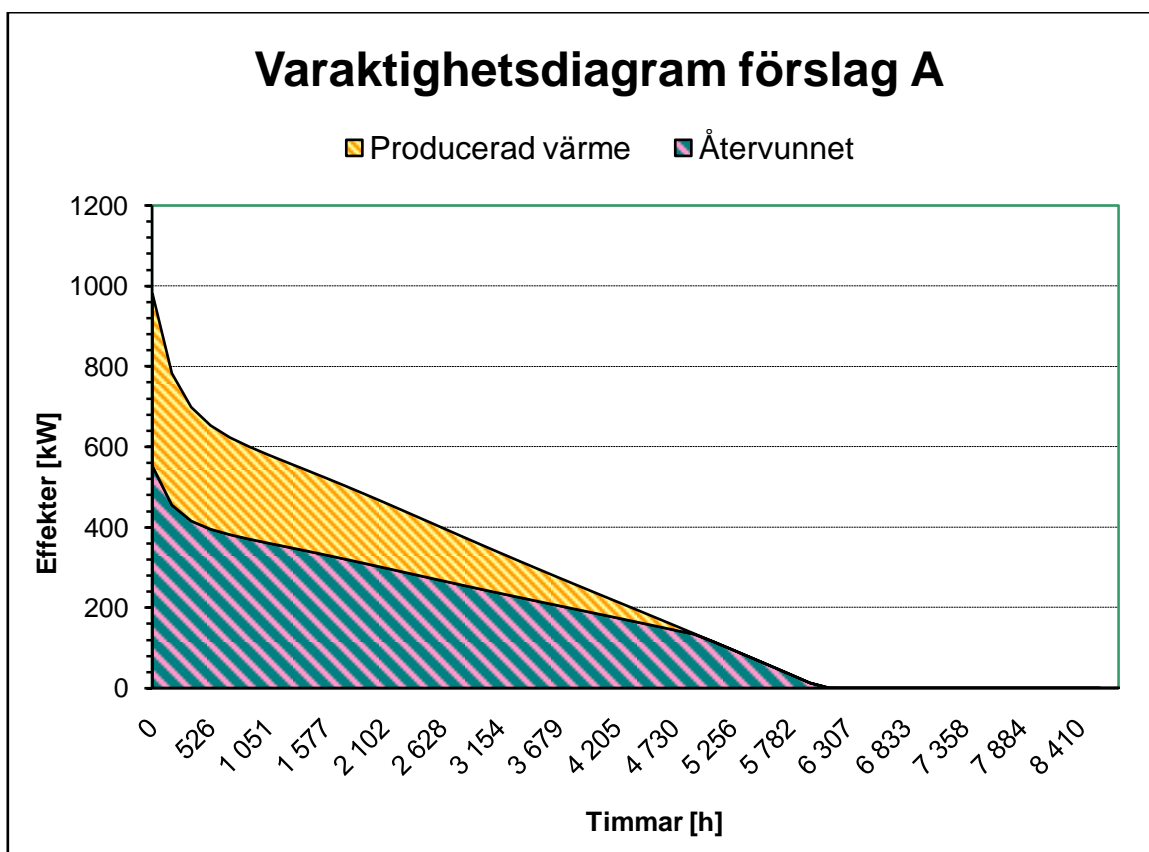
Typ	Pris [kr/MWh]	Energi [MWh/år]	Kostnad/Besparing [kr]
Producerad värme	645 kr	15000	9 600 000 kr
Värmepump	114 kr	13000	1 400 000 kr
Återvinning		23300	15 000 000 kr

## 6 Åtgärdsförslag

Två återvinningsförslag har tagits fram. Dessa förslag har tagits fram efter beräkningar av lönsamhet och varaktighet på olika aggregat. Båda förslagen som tagits fram har värmeåtervinning genom vätskekoppling. De båda förslagen har räknats med 50 % verkningsgrad på värmeväxlingen och med 25°C varm frånluft. Dessa antaganden har gjorts i samråd med [7] eftersom det inte finns några uppgifter på hur varm frånluften är.

### 6.1 Förslag A

Åtgärdsförslag A avser att återvinna energi från frånluftsaggregat 415-0620 till tilluftsaggregat 410-0681. Sträckan mellan dessa är endast 20 meter vilket medför att kostnaden för att ansluta de båda till varandra är relativt låg. Tilluftsaggregatet har ett luftflöde på 22356 l/s och frånluften har ett luftflöde på 17222 l/s, se bilaga 1 och 2. Att tilluftens luftflöde är större än frånluftens är positivt eftersom detta hjälper till att öka avsättningsmöjligheterna. Figur 18 nedan visar hur mycket av tilluften som kan värmas med hjälp av den återvunna energin från frånluften. Där kan också ses att det är bra varaktighet på den återvunna frånluften. Av den totala värmeenergin som går att återvinna i frånluften är det endast 36 MWh/år som det inte finns någon avsättning för.



Figur 18 Varaktighetsdiagram återvinningsförslag A

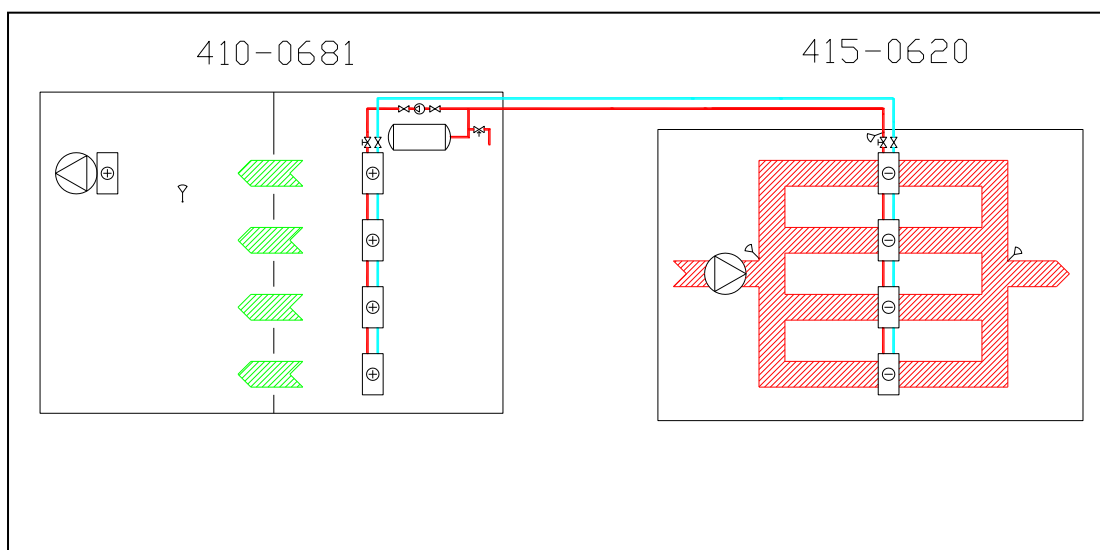
Den totala energimängden som aggregat 410-0681 behöver för att klara av att värma tilluften är 2185 MWh/år och med hjälp av energiåtervinning från återluften behöver endast 720 MWh köpas per år. Besparingen som görs varje år blir då ca 940000 kr enligt Tabell 6.



Tabell 6 Energimängder och kostnad/besparing för förslag A

Typ	Pris [kr/MWh]	Energi [MWh/år]	Kostnad/Besparing [kr]
Producerad värme	645 kr	720	460 000
Återvinning		1465	940 000

För att åskådliggöra hur sammankopplingen av de båda aggregaten skulle kunna se ut, och för att kunna göra en kalkyl på systemet, har en principskiss tagits fram. 410-0681 är ett tilluftsaggregat och där placeras fyra batterier som ska avge värmeenergi. Frånluftsbatterierna kopplas in i frånluften för att där kunna ta upp värmeenergi. Mellan till- och frånluftsbatterierna byggs ett rörsystem upp som ska transportera värmen från frånluften till tilluften. Eftersom en vätska som värms upp blir större i volym, måste även ett expansionskärl sättas in så att inte rörsystemet ska ta skada när vätskan utvidgas. Hur det ovan beskrivna ser ut kan ses i Figur 9. Tilluftsaggregatet 410-0681 finns redan i dag byggt och värmebatterierna antas kunna byggas in i den befintliga byggnaden. I frånluften däremot måste ett hus byggas för att kunna montera frånluftsbatterierna. Det enda som finns i frånluften är en stoftavskiljare och en fläkt. Batterihuset som byggs upp måste byggas på rätt sida om stoftavskiljaren eftersom luften som kommer ut från fabriken vid 415-fläktar är smutsig. Om batterihuset skulle byggas på den smutsiga sidan, innan stoftavskiljaren, skulle batterierna snabbt sättas igen av smuts och tappa i verkningsgrad.



Figur 19 Principskiss på åtgärdsförslag A

### 6.1.1 Kostnad

Mängden rör i kostnadskalkylen i tabell 7 är den ungefärliga längden mellan 415-0620 och 410-0681 gånger två eftersom rören dras fram och tillbaka. Att rörisoleringen är tio meter kortare beror på att ingen isolering behövs inne i aggregatet eftersom värme förlorad där går ut i tilluften som ändå ska värmas. Ventilernas placering kan ses i Figur 19.

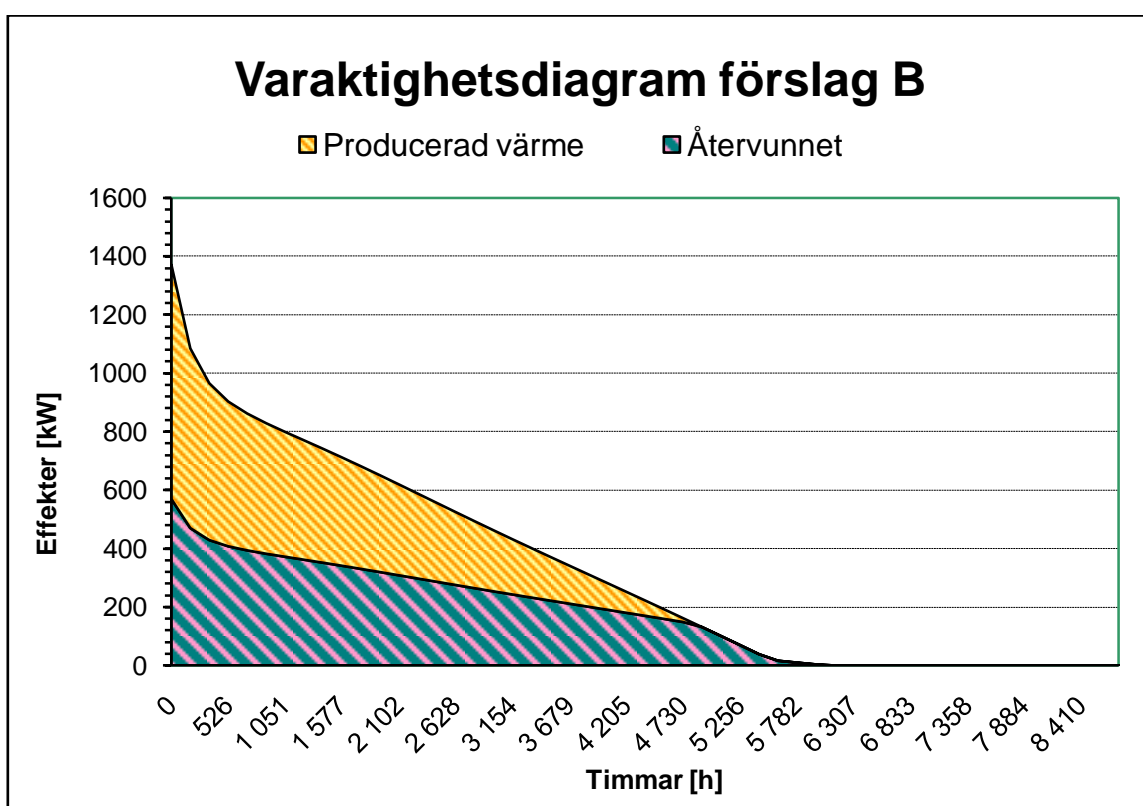
Pumppriset har fått från VM-pumpar [9] efter körning av produktvalsprogram, se bilaga 7a. Batteriernas priser har räknats fram med hjälp av ett beräkningsprogram, se bilaga 6a. Övriga data har tagits fram i samråd med [7] och [8]. Resultatet kan ses i Tabell 7 nedan. Payofftiden blev i denna kalkyl 1,5 år vilket är under Volvos payofftid på 2 år [6].

Tabell 7 Kalkyl på återvinningsförslag A

Komponent	Mängd	Mängdpris	Totalt	
Rör	40	500	20000	Kr
Isolering	30	600	18000	Kr
Frånlufts batteri	4	54626	218504	Kr
Tillufts batteri	4	47212	188848	Kr
Avstängningsvent. DN 50	16	328	5248	Kr
DN 100	2	3685	7370	Kr
Säkerhetsvent.	1	1000	1000	Kr
Expansionskärl	1	2000	2000	Kr
Avluftare	1	1000	1000	Kr
Styr & regler	1	115000	115000	Kr
EI & SÖV	1	100000	100000	Kr
Pump	1	24800	24800	Kr
Batterihus vid frånluft	1	300000	300000	Kr
Smide			40000	Kr
<b>Summa</b>			<b>1041770</b>	<b>Kr</b>
Projektering	30,0%		312531	Kr
Oförutsedda utgifter	10,0%		104177	Kr
<b>Totalt</b>			<b>1458478</b>	<b>Kr</b>
<b>Besparing</b>			<b>~940000</b>	<b>Kr</b>
<b>Payofftid</b>			<b>1,5</b>	<b>År</b>

## 6.2 Förslag B

Åtgärdsförslag B avser att återvinna värmeenergi från frånluftsaggregat 415-0634 och distribuera ut energin till två tilluftsaggregat, 410-0661 och 410-0678. Tilluftsaggregat 410-0661 har ett luftflöde på 6652 l/s och tilluftsaggregat 410-0678 har ett luftflöde på 24639 l/s. Totala luftflödet för tilluften blir då 31264 l/s vilket är mer än frånluftens 17778 l/s, se bilaga 1 och 2. Anledningen till att två tilluftsaggregat har valts är dels att 410-0661 ligger på vägen till 410-0678 och är därför enkel att koppla på, och dels för att varaktigheten förlängs då ett aggregat till kopplas på. Om enbart 410-0678 kopplas in skulle besparingen bli ca 930000 kr/år. Kopplas också 410-0661 in ökar visserligen den initiala kostnaden med ca 90000 kr, se Tabell 9, men besparingen ökar till 960000 kr/år, se Tabell 8. Varaktigheten om de båda tilluftsaggregaten kopplas samman med 415-0634 kan se i Figur 20 nedan. Av den maximala värmeenergin i frånluften saknar endast 66 MWh/år avsättning. Om däremot endast 410-0678 skulle kopplas in skulle 103 MWh/år sakna avsättning.



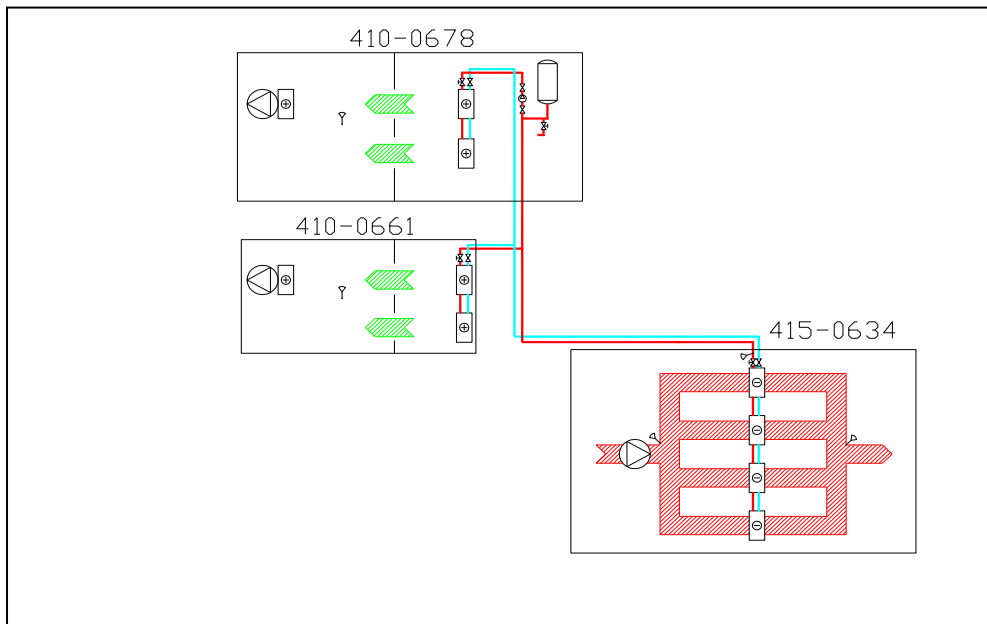
Figur 20 Varaktighetsdiagram återvinningsförslag B

Av den totalt nödvändiga värmeenergin på 2850 MWh/år kan 1483 MWh/år fås ifrån återvunnen värmeenergi. Detta kan ses i Tabell 8 nedan.

Tabell 8 Energimängder och kostnad/besparing för förslag B

Typ	Pris [kr/MWh]	Energi [MWh/år]	Kostnad/Besparing [kr]
Producerad värme	645 kr	1367	880 000
Återvinning		1483	960 000

Även för detta återvinningsförslag har en principskiss tagits fram, se Figur 21. Det som skiljer sig mot det förra förslaget är att vid ihopkoppling av två tilluftsaggregat med två olika luftflöden måste man kunna justera in vätskeflödet i kretsen så att rätt mängd vatten kommer till rätt batteri. Till detta behövs reglerventiler vilka är dyrare än vanliga avstängningsventiler, som kan ses i Tabell 9.



Figur 21 Principskiss över förslag B

### 6.2.1 Kostnad

Kostnadskalkylen för detta återvinningsförslag kan ses i Tabell 9. Kalkylen har tagits fram i samråd med [7] och [8]. Även i denna kalkyl har pumppris erhållits från VM-pumpar[9] efter körning av produktvalsprogram, se bilaga 7b. Priset på batterierna har räknats fram med hjälp av ett beräkningsprogram se bilaga 6b. Payofftiden hamnar i detta fall på 1,8 år.

**Tabell 9 Kalkyl på återvinningsförslag B**

<b>Komponent</b>	<b>Mängd</b>	<b>Mängdpris</b>	<b>Totalt</b>	
Rör	160	500	80000	Kr
Isolering	140	600	84000	Kr
Frånlufts batteri	4	54626	218504	Kr
Tillufts batteri typ 1	2	34703	69406	Kr
Tillufts batteri typ 2	2	89386	178772	Kr
Avstängningsvent. DN 50	8	328	2624	Kr
Avstängningsvent. DN 100	2	3685	7370	Kr
Reglerventil DN 50	8	2175	17400	Kr
Säkerhetsvent.	1	1000	1000	Kr
Expansionskärl	1	2000	2000	Kr
Avluftare	1	1000	1000	Kr
Styr & regler	1	115000	115000	Kr
EI & SÖV	1	100000	100000	Kr
Pump	1	28000	28000	Kr
Batterihus vid frånluft	1	300000	300000	Kr
Smide			40000	Kr
<b>Summa</b>			<b>1245076</b>	<b>Kr</b>
Projektering	30,0%		373523	Kr
Oförutsedda utgifter	10,0%		124508	Kr
<b>Totalt</b>			<b>1743106</b>	<b>Kr</b>
<b>Besparing</b>			<b>~960000</b>	<b>Kr</b>
<b>Payofftid</b>			<b>1,8</b>	<b>År</b>

## 7 Diskussion

År 2006 mättes den producerade energin upp till 33 000 MWh/år. Vid korrigerings till ett normalår beräknades denna till 27 000 MWh/år. I denna mätning var ej mantelkylvattnet och två stycken vätskekopplingar inräknat då dessa inte var byggda eller i drift under hela året. Om hänsyn tas till detta i våra beräkningar beräknas den producerade energin till 26 000 MWh/år. Orsaken till denna differens kan bero på ett flertal olika faktorer.

Den största felkällan är troligen temperaturen på frånluften. Ändringar av dessa ger mycket stora skillnader i återvunnen energi. Ett alternativ till uppskattning hade varit att mäta frånluftstemperaturen. Mätning hade då fått göras flera gånger under en längre period för att få ett tillförlitligt värde. Aktiviteten i lokalerna hade även varit tvungen att kontrolleras då dessa påverkar temperaturen avsevärt. Uppskattad tid för sådana mätningar är ca två veckor. Den eventuella förbättringen av resultat är inte motiverbar för den arbetstiden.

För en helt korrekt beräkning av vätskekopplad återvinning bör ekvation (10) användas. Den parameter som saknas för att använda dessa är UA-värdet. Beräkningarna för dessa är dessutom relativt invecklade. Att hämta UA-värde på samtliga batterier och göra dessa beräkningar hade tagit orimligt lång tid, vilket inte är motiverbart för den eventuella förbättringen av resultat.

Transmissionsförluster genom väggar påverkar något men antagligen mycket marginellt. Den stora mängden tilluft gör att förlusterna blir marginella i sammanhanget.

Utomhustemperaturen beräknades med en empirisk formel som inte ger alltför tillförlitliga värden. För bättre värden kan mer korrekt klimatdata köpas in från t.ex. SMHI.

## 8 Slutsats

Av den värmeenergin som idag används på Gjuteriet är 49 % återvunnen energi, 73 % om värmepumpen räknas med som återvinnare. Endast 27 % av den värmeenergin som idag används är köpt värmeenergi. Detta får anses vara relativt bra jämfört med andra fabriker. Av de aggregat som i dagsläget saknar återvinning är det många som är mindre aggregat. De mindre aggregaten kan vara svårt att installera energiåtervinning på eftersom det då rör sig om små mängder energi som återvinns och därmed minskar den årliga besparingen vilket medför en längre payofftid. Men visst finns det utrymme för att återvinna mer energi än vad som görs idag.

Åtgärdsförslag A som är det billigare av förslagen återvinner 1465 MWh/år och detta ger en årlig besparing på ca 940000 kr. Att den årliga besparingen är så pass hög och avståndet mellan till- och frånluften inte är mer än ca 20 meter medför att den initiala investeringen kan bli större utan att få en alltför lång payofftid. Den initiala investeringen är ca 1460000kr och payofftiden på detta förslag blir då 1,5 år.

Åtgärdsförslag B återvinner 1483 MWh/år och besparingen som då görs är ca 990000 kr per år. Kostnaden för att uppföra detta återvinningsförslag uppgår till ca 1740000 kr. Att detta förslag blir dyrare beror till stor del på att avståndet mellan till- och frånluften har ökat till ca 80 meter. En annan betydande faktor är att detta system behöver reglerventiler vilka är dyrare än vanliga avstängningsventiler. Payofftiden på detta förslag blir trots den högre investeringskostnaden 1,8 år.

De två åtgärder som föreslagits återvinner tillsammans totalt 2948 MWh/år och detta ger en besparing på ca 1,9 Mkr. Den totala investeringskostnaden på ca 3200000 kr är lätt att motivera då payofftiden endast blir 1,7 år. Om de båda återvinningsförslagen byggs kommer hela 55 % av värmeenergin komma från återvunnen energi, värmepumpen kommer att stå för 23 % av energin och 22 % av energin måste produceras eller köpas.

## 9 Referenser

- [1] Warfvinge, Catarina (2001). *Installationsteknik AK för V*. Lund: Lunds tekniska högskola.
- [2] Boles, Michael A & Cengel, A Yunus (2005). *Thermodynamics: an engineering approach*. London: Mcgraw-Hill Education – Europé.
- [3] Kurspärm för kursen Värme och ventilationsteknik, Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- [4] VVS-tekniska föreningen (1974). *VVS tabeller och diagram*. Stockholm: Förlag AB VVS
- [5] SWECO Theorells (1999). *Joulin*. (exceldokument)
- [6] Tomas Haakon, VVS-ansvarig Volvo Powertrain
- [7] Thomas Durell, VVS-ingenjör SWECO Theorells
- [8] Jonas Schön, VVS-ingenjör, SWECO Theorells
- [9] Håkan Simonsson, Försäljningschef, VM Pumpar
- [10] Jan-Olof Copp, VVS-ingenjör, SWECO Theorells



# Bilaga 1

# Tilluftsaggregat

Namn	Tillhörighet	Energi [MWh/år]	Återvinningstyp	Återvinner från	Flöde [l/s]	Driftid [%]
410-0601	Line 3	2615	Kylvatten	Formorkylvatten	21333	100%
410-0602	Line 3	2615	Kylvatten	Formorkylvatten	21333	100%
410-0603	Line 3	1157	Vätskekopplad	415-0637	12861	73%
410-0610	Kontor	64	VVX	413-0601	1461	36%
410-0618	Nordväst	216	Återvinning saknas	-	2444	72%
410-0620	Kontor	64	Återvinning saknas	-	1472	36%
410-0627	Line 4	1512	Vätskekopplad	414-0649	16944	73%
410-0629	Line 4	2156	Vätskekopplad	414-0650	24167	73%
410-0630	Grovrensrum	628	Återvinning saknas	-	7111	72%
410-0631	Line 5	2753	Kylvatten	Mantelkylvatten	26250	86%
410-0632	Grovrensrum	2154	Återvinning saknas	-	24389	72%
410-0633	U-håll	456	Återvinning saknas	-	3722	100%
410-0636	U-håll	749	Återvinning saknas	-	6111	100%
410-0639	Nordväst	184	Återvinning saknas	-	2083	72%
410-0640	Renseri	245	Återvinning saknas	-	2000	100%
410-0644	Nordväst	1428	Återvinning saknas	-	16167	72%
410-0645	Nordväst	962	Återvinning saknas	-	10889	72%
410-0650	Line 4	29	Återvinning saknas	-	325	73%
410-0653	Line 5	1252	Kylvatten	Mantelkylvatten	11944	86%
410-0655	Smältverk	119	Återvinning saknas	-	972	100%
410-0656	Kontor	150	VVX	413-0684	3417	36%
410-0657	Line 4	89	Återvinning saknas	-	1000	73%
410-0660	Smältverk	81	Återvinning saknas	-	658	100%
410-0661	Kärnmakeri	646	Återvinning saknas	-	6625	80%
410-0662	Kärnmakeri	1232	Kylvatten	Mantelkylvatten	11750	86%
410-0663	Modellverkstad	401	Vätskekopplad	413-0696	6472	51%
410-0664	Modellverkstad	577	Vätskekopplad	413-0697	9306	51%
410-0665	Kontor	68	Återvinning saknas	-	1556	36%
410-0666	Renseri	810	Återvinning saknas	-	6611	100%
410-0667	Kärnmakeri	77	Återvinning saknas	-	858	73%
410-0668	Renseri	845	Återvinning saknas	-	6889	100%
410-0669	U-håll	36	Återvinning saknas	-	292	100%
410-0671	Renseri	1595	Vätskekopplad	413-0632	13014	100%

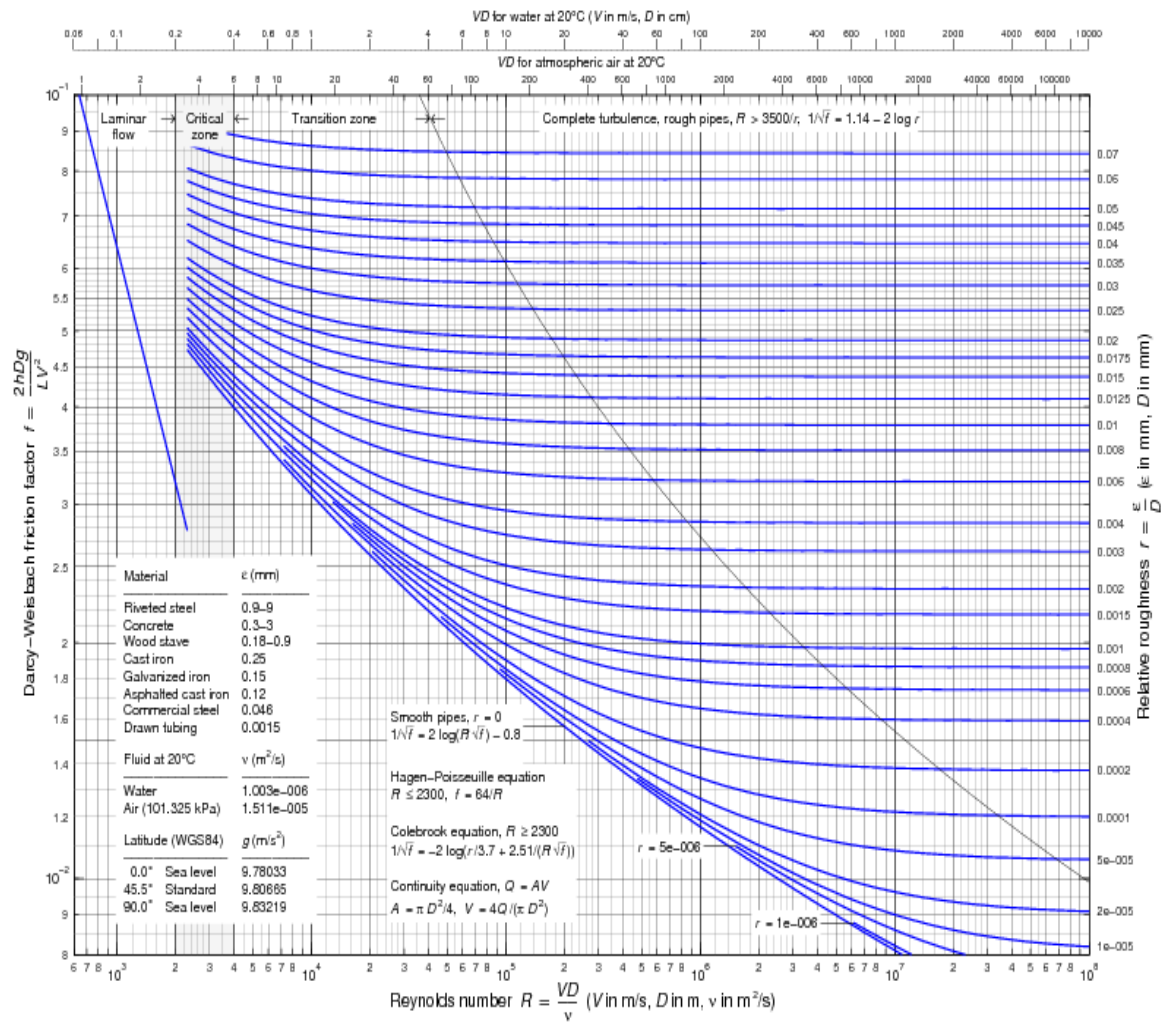
410-0672	Renseri	1624 Vätskekopplad	413-0645	13250	100%
410-0673	Renseri	1643 Vätskekopplad	415-0642	13403	100%
410-0674	Renseri	1743 Vätskekopplad	415-0642	14222	100%
410-0675	Kontor	96 VVX	419-0651	2194	36%
410-0677	Line 5	2843 Kylvatten	Mantelkylvatten	27111	86%
410-0678	Kärnakeri	2199 Återvinning saknas	-	24639	73%
410-0679	Smältverk	180 Återvinning saknas	-	1472	100%
410-0680	Line 5	3395 Kylvatten	Mantelkylvatten	27694	100%
410-0681	Kärnakeri	2181 Återvinning saknas	-	22356	80%
410-0682	Lab	231 Återvinning saknas	-	5278	36%
410-0683	Line 4	2166 Vätskekopplad	415-0621	17667	100%
410-0684	Nordväst	1963 Vätskekopplad	414-0630	22222	72%
410-0685	Kontor	57 Återvinning saknas	-	1306	36%
410-0686	Kontor	68 Återvinning saknas	-	1556	36%
410-0687	Kontor	235 VVX	419-0653	5361	36%
410-0688	Line 3	1282 Vätskekopplad	415-0636	14250	73%
410-0689	Grovrensrum	1347 Återvinning saknas	-	15250	72%
410-0690	Nordväst	39 Återvinning saknas	-	438	72%
<b>Totalt</b>		<b>51257</b>		<b>512095</b>	

## Bilaga 2

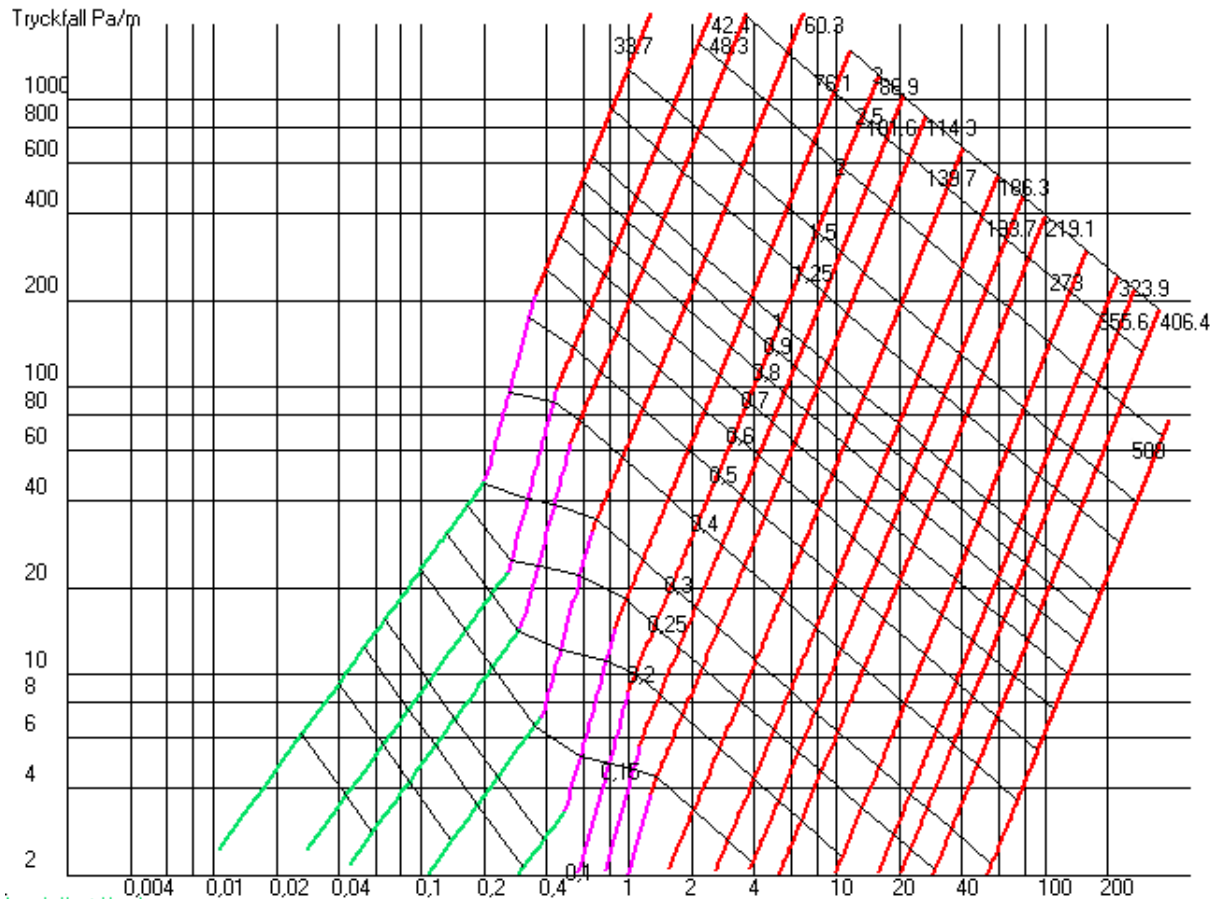
## Aggregat med återvinning

ID	Energi [MWh/år]	Återvinnningstyp	Återvinner till	Verkningsgrad [%]	Flöde [l/s]
412-0609	1442	Kylvatten	Mantelkylvatten	50%	
413-0601	67	VVX	410-0610	75%	1461
413-0632	1309	Batterivärmeväxling	410-0671	50%	11056
413-0645	1333	Batterivärmeväxling	410-0672	50%	8333
413-0684	185	VVX	410-0656	75%	1028
413-0696	304	Batterivärmeväxling	410-0663	50%	5861
413-0697	491	Batterivärmeväxling	410-0664	50%	9444
414-0630	3134	Batterivärmeväxling	410-0684	50%	41667
414-0649	2445	Batterivärmeväxling	410-0627	50%	27778
414-0650	2445	Batterivärmeväxling	410-0629	50%	27778
<b>415-0620</b>	1501	<b>ÅV-förslag A</b>	<b>410-0681</b>	50%	17222
415-0621	1417	Batterivärmeväxling	410-0683	50%	6667
<b>415-0634</b>	1549	<b>ÅV-förslag B</b>	<b>410-0661, 410-0678</b>	50%	17778
415-0636	1059	Batterivärmeväxling	410-0688	50%	11944
415-0637	1428	Batterivärmeväxling	410-0603	50%	16111
415-0642	3010	Batterivärmeväxling	410-0673, 410-0674	50%	30556
419-0651	74	VVX	410-0675	55%	2111
419-0653	247	VVX	410-0687	75%	1306
Formorkylvatten	3066	Kylvatten	410-0601, 410-0602	60%	
Mantelkylvatten	4030	Kylvatten	410-0631, 410-0662, 410-0677, 410-0680, 412-0609, 410-	60%	
<b>Totalt</b>	<b>30537</b>				<b>238101</b>

# Bilaga 3 Colebrook-diagram

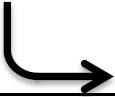












# Bilaga 4 Nomogram



Laminär strömning Flöde l/s =====>  
 Övergång mellan laminär och turbulent strömning  
 Övergångsområde vid naturlig råhet  
 Fullt utvecklad turbulent strömning  
 Rör = Handelstuber SMS1786  
 Vätska = Etylenglykol 30vikt% OC, f-15C

## Bilaga 5 Tabell över engångsförluster

Rördel	Rördel flödesriktning	Tryckfallskoefficient $\xi$
Böj 90°		0,7
Vinkel 90°		1,5
S-rör		0,5
Böj 45°		0,5
Reducering		0,2
Muff/skjutmuff		0
T-rör huvudflöde till avgrening		1,3
T-rör huvudflöde från avgrening		0,9
T-rör huvudflöde rakt igenom		0,3
T-rör huvudflöde till avgrening		3,0
T-rör huvudflöde från avgrening		1,5



Coiltech AB: SE-614 81 Söderköping, Sweden | Phone +46 121 191 00 | Telefax +46 121 101 01  
 Web www.coiltech.com

Er referens

Projekt/Ref.nr Exjobb / EÅ 415-0620\*  
 Vår kontakt

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

<b>Luft</b>	Tilluft	<b>5.6</b>				m <sup>3</sup> /s	
	Frånluft	<b>4.3</b>				m <sup>3</sup> /s	
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol						
	Flöde	<b>1.8</b>				l/s	
	Batteritryckfall	<b>195</b>				kPa	
<b>Prestanda</b>	Tilluftstemperatur in	<b>-20</b>	<b>-5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	°C	
	Tilluftstemperatur ut	<b>-2.9</b>	<b>6.4</b>	<b>9.6</b>	<b>12.8</b>	°C	
	Överförd effekt	<b>116</b>	<b>77</b>	<b>65</b>	<b>52</b>	kW	
	Temperaturverkningsgrad	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	%	
<b>Frostskydd</b>	För att undvika frostbildning på frånluftsbatteri hålles värmeeffekten konstant och verkningsgraden tillåts minska vid uteluftstemperaturer lägre än -14.9 °C. Frostskyddstermostaten på vattensidan ställs in på -2.7 °C. I dimensioneringsfallet gäller då följande data:						
	Tilluftstemperatur ut	<b>-4.8</b>				°C	
	Överförd effekt	<b>103</b>				kW	
	Temperaturverkningsgrad	<b>34</b>				%	
<b>Batteridata</b>	Id	<b>T1</b>	<b>F1</b>				
	Effekt	<b>116</b>	<b>116</b>			kW	
	Luft						
	Flöde	<b>5.58</b>	<b>4.3</b>			m <sup>3</sup> /s	
	Temperatur in	<b>-20</b>	<b>25</b>			°C	
	Fukthalt in					%	
	Temperatur ut	<b>-2.9</b>	<b>5.4</b>			°C	
	Fukthalt ut			<b>72</b>			%
	Hastighet	<b>2.8</b>	<b>2.1</b>			m/s	
	Tryckfall	<b>120</b>	<b>70</b>			Pa	
	Vätska						
	Flöde	<b>1.77</b>	<b>1.77</b>			l/s	
	Temperatur in	<b>11.2</b>	<b>-6.0</b>			°C	
	Temperatur ut	<b>-6.0</b>	<b>11.2</b>			°C	
	Hastighet	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>			m/s	
	Tryckfall	<b>82</b>	<b>113</b>			kPa	
	Vikt	<b>175</b>	<b>195</b>			kg	
Volym	<b>59</b>	<b>65</b>			l		
Anslutningsnummer	<b>32</b>	<b>32</b>					
<b>Batterier</b>	Id	Beställningskod		Pris			
	T1	<b>QFTF-160-110-08-40-20-0-A</b>		<b>47212</b>	SEK		
	F1	<b>QFFF-200-100-08-40-20-0-A</b>		<b>54626</b>	SEK		

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	T1	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>116</b>	kW
	Flöde	<b>5,58</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>-20</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-2.9</b>	°C
	Tryckfall	<b>120</b>	Pa
	Hastighet	<b>2.8</b>	m/s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol		
	Flöde	<b>1.77</b>	l/s
	Temperatur in	<b>11.2</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-6.0</b>	°C
	Tryckfall	<b>82</b>	kPa
	Hastighet	<b>1.1</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>1600</b>	mm
	Höjd	<b>1100</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevägar	<b>20</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 32</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>1.76 / 192</b>	m <sup>2</sup>
	Vikt / Volym	<b>175 / 59</b>	kg / l
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Stål</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFTF-160-110-08-40-20-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri	<b>47212</b>	SEK
	Giltigt till 2006-12-31		



## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	F1	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>116</b>	kW
	Flöde	<b>4,3</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>25</b>	°C
	Temperatur ut	<b>5.4</b>	°C
	Kondensat	<b>5.1</b>	g/s
	Tryckfall, vått	<b>70</b>	Pa
	Hastighet	<b>2.1</b>	m/s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol		
	Flöde	<b>1.77</b>	l/s
	Temperatur in	<b>-6.0</b>	°C
	Temperatur ut	<b>11.2</b>	°C
	Tryckfall	<b>113</b>	kPa
	Hastighet	<b>1.2</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>2000</b>	mm
	Höjd	<b>1000</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevågar	<b>20</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 32</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>2.00 / 218</b>	m <sup>2</sup>
Vikt / Volym	<b>195 / 65</b>	kg / l	
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Stål</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFFF-200-100-08-40-20-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri	<b>54626</b>	SEK
	Giltigt till 2006-12-31		



Coiltech AB: SE-614 81 Söderköping, Sweden | Phone +46 121 191 00 | Telefax +46 121 101 01  
 Web www.coiltech.com

Er referens

Projekt/Ref.nr Exjobb / EÅ 415-0634

Vår kontakt

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

<b>Luft</b>	Tilluft	<b>15.6</b>				m <sup>3</sup> /s
	Frånluft	<b>8.9</b>				m <sup>3</sup> /s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol					
	Flöde	<b>4.9</b>				l/s
	Batteritryckfall	<b>224</b>				kPa
<b>Prestanda</b>	Tilluftstemperatur in	<b>-20</b>	<b>-5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	°C
	Tilluftstemperatur ut	<b>-5.5</b>	<b>4.5</b>	<b>8.0</b>	<b>11.5</b>	°C
	Överförd effekt	<b>273</b>	<b>180</b>	<b>151</b>	<b>122</b>	kW
	Temperaturverkningsgrad	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	%

### Frostskydd

För att undvika frostbildning på frånluftsbatteri hålles värmeeffekten konstant och verkningsgraden tillåts minska vid uteluftstemperaturer lägre än -11.4 °C.

Frostskyddstermostaten på vattensidan ställes in på -2.3 °C. I

dimensioneringsfallet gäller då följande data:

Tilluftstemperatur ut **-8.2** °C

Överförd effekt **223** kW

Temperaturverkningsgrad **26** %

<b>Batteridata</b>	Id	<b>T1-410-0661</b>	<b>T1-410-0678</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	
	Effekt	<b>56.9</b>	<b>216</b>	<b>137</b>	<b>137</b>	kW
	Luft					
	Flöde	<b>3.31</b>	<b>12.32</b>	<b>4.45</b>	<b>4.45</b>	
	Temperatur in	<b>-20</b>	<b>-20</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	°C
	Fukthalt in					%
	Temperatur ut	<b>-5.8</b>	<b>-5.5</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	°C
	Fukthalt ut			<b>78</b>	<b>78</b>	%
	Hastighet	<b>3.0</b>	<b>2.9</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	m/s
	Tryckfall	<b>131</b>	<b>124</b>	<b>76</b>	<b>76</b>	Pa
	Vätska					
	Flöde	<b>1.02</b>	<b>3.85</b>	<b>2.54</b>	<b>2.44</b>	l/s
	Temperatur in	<b>6.5</b>	<b>6.5</b>	<b>-8.3</b>	<b>-8.3</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-8.2</b>	<b>-8.3</b>	<b>6.5</b>	<b>6.5</b>	°C
	Hastighet	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	m/s
	Tryckfall	<b>106</b>	<b>114</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	kPa
	Vikt	<b>108</b>	<b>348</b>	<b>199</b>	<b>199</b>	kg
	Volym	<b>34</b>	<b>129</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	l

<b>Batterier</b>	Id	Beställningskod	Pris	
	T1-410-0661	<b>QFTF-110-090-08-40-30-0-A</b>	<b>34703</b>	SEK
	T1-410-0678	<b>QFTF-200-190-08-40-18-0-A</b>	<b>89386</b>	SEK
	F1	<b>QFFF-200-100-08-40-16-0-A</b>	<b>54628</b>	SEK
	F2	<b>QFFF-200-100-08-40-16-0-A</b>	<b>54628</b>	SEK

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	T1-410-0661	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>56.9</b>	kW
	Flöde	<b>3,31</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>-20</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-5.8</b>	°C
	Tryckfall	<b>131</b>	Pa
	Hastighet	<b>3.0</b>	m/s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol		
	Flöde	<b>1.02</b>	l/s
	Temperatur in	<b>6.5</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-8.2</b>	°C
	Tryckfall	<b>106</b>	kPa
	Hastighet	<b>1.2</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>1100</b>	mm
	Höjd	<b>900</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevägar	<b>30</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 25</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>0.99 / 108</b>	m <sup>2</sup>
	Vikt / Volym	<b>108 / 34</b>	kg / l
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Koppar</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFTF-110-090-08-40-30-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri	<b>34703</b>	SEK
	Giltigt till 2006-12-31		

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	<b>T1-410-0678</b>	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>216</b>	kW
	Flöde	<b>12,32</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>-20</b>	°C
	Temperatur ut	<b>-5.5</b>	°C
	Tryckfall	<b>124</b>	Pa
	Hastighet	<b>2.9</b>	m/s
	<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol	
Flöde		<b>3.85</b>	l/s
Temperatur in		<b>6.5</b>	°C
Temperatur ut		<b>-8.3</b>	°C
Tryckfall		<b>114</b>	kPa
Hastighet		<b>1.2</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>2000</b>	mm
	Höjd	<b>1900</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevägar	<b>18</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 50</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>3.80 / 414</b>	m <sup>2</sup>
	Vikt / Volym	<b>348 / 129</b>	kg / l
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Stål</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFTF-200-190-08-40-18-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri	<b>89386</b>	SEK
	Giltigt till 2006-12-31		

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	F1	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>137</b>	kW
	Flöde	<b>4,45</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>25</b>	°C
	Temperatur ut	<b>3.2</b>	°C
	Kondensat	<b>7.1</b>	g/s
	Tryckfall, vått	<b>76</b>	Pa
	Hastighet	<b>2.2</b>	m/s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol		
	Flöde	<b>2.54</b>	l/s
	Temperatur in	<b>-8.3</b>	°C
	Temperatur ut	<b>6.5</b>	°C
	Tryckfall	<b>110</b>	kPa
	Hastighet	<b>1.3</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>2000</b>	mm
	Höjd	<b>1000</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevägar	<b>16</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 50</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>2.00 / 218</b>	m <sup>2</sup>
	Vikt / Volym	<b>199 / 68</b>	kg / l
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Stål</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFFF-200-100-08-40-16-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri Giltigt till 2006-12-31	<b>54628</b>	SEK

## Värmeåtervinningssystem ECOTERM från Coiltech

	Id	F2	
<b>Luft</b>	Effekt	<b>137</b>	kW
	Flöde	<b>4,45</b>	m <sup>3</sup> /s
	Temperatur in	<b>25</b>	°C
	Temperatur ut	<b>3.2</b>	°C
	Kondensat	<b>7.1</b>	g/s
	Tryckfall, vått	<b>76</b>	Pa
	Hastighet	<b>2.2</b>	m/s
<b>Vätska</b>	Vatten med 30 % Etylenglykol		
	Flöde	<b>2.44</b>	l/s
	Temperatur in	<b>-8.3</b>	°C
	Temperatur ut	<b>6.5</b>	°C
	Tryckfall	<b>110</b>	kPa
	Hastighet	<b>1.3</b>	m/s
<b>Dimensioner</b>	Bredd	<b>2000</b>	mm
	Höjd	<b>1000</b>	mm
	Antal rörrader	<b>8</b>	
	Lamelledning	<b>4.0</b>	mm
	Antal vätskevägar	<b>16</b>	
	Anslutningsnummer	<b>DN 50</b>	
	Frontarea / Värmeyta	<b>2.00 / 218</b>	m <sup>2</sup>
	Vikt / Volym	<b>199 / 68</b>	kg / l
<b>Material</b>	Tubmaterial	<b>Koppar 0.35</b>	mm
	Lamellmaterial	<b>Aluminium 0.25</b>	mm
	Material samlingsrör	<b>Stål</b>	
	Material hölje	<b>Galvaniserat stål</b>	
<b>Beställningskod</b>	<b>QFFF-200-100-08-40-16-0-A</b>		
<b>Pris:</b>	Batteri Giltigt till 2006-12-31	<b>54628</b>	SEK

# Bilaga 7a Pumpvalsdata förslag A

**VM PUMPAR™**  
ETT FÖRETAG I SMEDEGAARDKONCERNEN

[Stäng fönstret](#)

Projekt

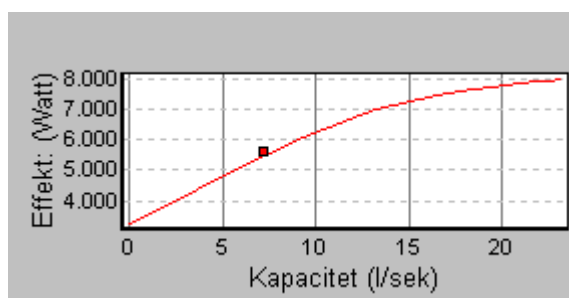
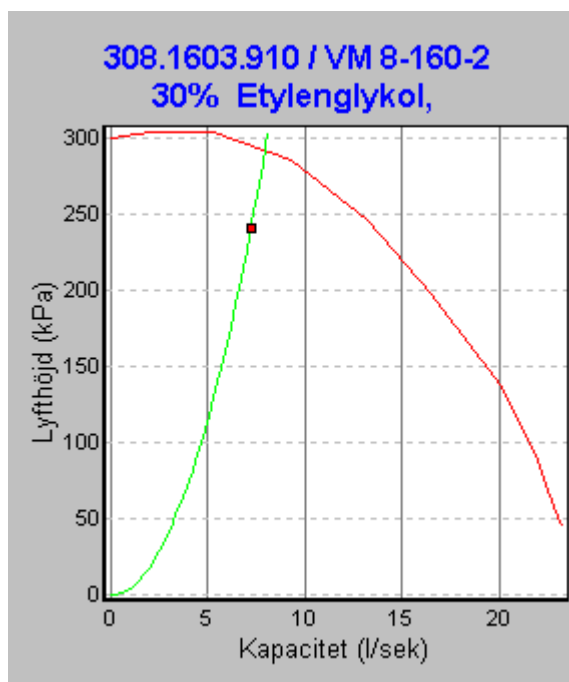
EÅ 415-0620

Typbeteckning: VM 8-160-2  
Produkt nr.: 308.1603.910  
Pumptyp: Enkelpump  
Torrlöpande in-line centrifugalpump (Fast kapacitet eller självreglerande)  
Spänning/ Ampere: 3x400V, 50HZ A: 14,5/118,Start

Motorstorlek: 7,5 kW  
Axeffekt 4.829 kW  
Varvtal: 2890 RPM  
Utlopp: 80 mm Fläns  
Inlopp: 80 mm  
Bygglängd: 390 mm  
Material: Gjutjärn  
Temp. Område: -15 +120 °C  
Max arbetstryck: 10 bar  
Vikt: 85,5 kg  
Dämda punkten: 298,9 kPa  
Flödeshastighet: 1.578 m/s

Upptagen effekt: 5648 W

Önskad kapacitet: 7,2 l/sek, 240 kPa  
Erhållen Kapacitet: 7.936 l/sek, 291.6 kPa



Projekt

EÅ 415-0634

Typbeteckning: VM 8-180-2

Produkt nr.: 308.2003.410

Pumptyp: Enkelpump  
Torrlöpande in-line centrifugalpump  
(Fast kapacitet eller självreglerande)

Spänning/ Ampere: 3x400V, 50HZ A: 21/132,3Start

Motorstorlek: 11 kW

Axeffekt 8.017 kW

Varvtal: 2880 RPM

Utlopp: 80 mm Fläns

Inlopp: 80 mm

Bygglängd: 440 mm

Material: Gjutjärn

Temp. Område: -15 +120 °C

Max arbetstryck: 10 bar

Vikt: 90/95 kg

Dämda punkten: 392 kPa

Flödes hastighet: 2.172 m/s

Upptagen effekt: 9215 W

Önskad kapacitet: 9,8 l/sek, 280 kPa

Erhållen Kapacitet: 10.92 l/sek, 347.8 kPa

