

---

---

*Rapport SGC 106*

**DEMONSTRATION OCH UTVÄRDERING  
AV  
SENERTEC MIKROKRAFTVÄRMEVERK**

©Svenskt Gastekniskt Center - Februari 2000

Sören Dahlin  
Malmö Högskola, Teknik och Ekonomi

---

---

Rapport SGC 106 ISSN 1102-7371 ISRN SGC-R--106--SE

## SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

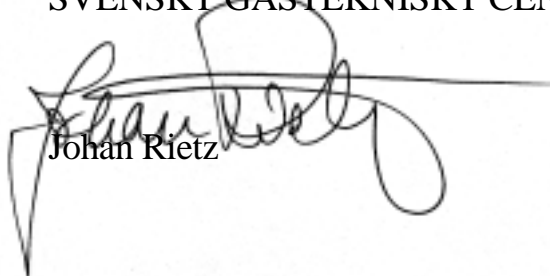
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC´s hemsida [www.sgc.se](http://www.sgc.se).

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydgas AB  
Danskt Gastekniskt Center A/S  
Göteborg Energi AB  
SE Gas AB  
Vattenfall Naturgas AB  
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

## SAMMANFATTNING

För att skaffa erfarenhet av små enheter för samtidig produktion av kraft och värme har Sydgas AB under hösten 1997 installerat två mikrokraftvärmeverk, Sachs HKA 5,5 från SenerTec GmbH. Dessa enheter är placerade i Sydkraft Värme Malmö AB:s värmecentral (gamla gasverkstomten) på Nobelvägen i Malmö och den kommunala sport- och badanläggningen i Svedala.

Den totala drifttiden för de båda enheterna är ca. 14000 timmar, vardera. Utnyttjningsgraden skulle kunna vara nära 100 % för båda enheterna eftersom systemen de är installerade i har ett väldigt stort värmebehov i förhållande till den värmemängd som HKA producerar. Den verkliga utnyttjningsgraden är ca. 85 % i Malmö respektive 82 % i Svedala. Denna skillnad i teori och praktik har i stort sett ingen koppling till aggregaten i sig utan beror på andra faktorer. Så har t.ex. en olycklig utformning av anslutningen för kylvatten i Svedala gett upphov till driftstörningar.

Effekter och verkningsgrader redovisas i nedanstående tabell som medelvärden för perioden 971104 – 990929. Värdena hänför sig till enheten i Malmö där separata mätare för el och värme har installerats.

Bränsleeffekt	21,1	kW <sub>br</sub>
Eleffekt, separat elmätare	5,24	kW <sub>el</sub>
Värmeeffekt, separat värmemätare	12,7	kW <sub>v</sub>
Elverkningsgrad, separat elmätare	24,8	%
Värmeverkningsgrad, separat värmemätare	60,9	%
Totalverkningsgrad, separata mätare	85,6	%

Personal från Dansk Gasteknisk Center (DGC) har vid fyra olika tillfällen genomfört mätningar på de båda aggregaten. Resultaten från dessa mätningar redovisas i fyra olika mät-rapporter utgivna av DGC.

Aggregaten är utrustade med en oxidationskatalysator som effektivt reducerar emissionerna av brännbara beståndsdelar.

Emissionerna till omgivningen av CO, UHC (Unburned Hydro Carbon), NO<sub>x</sub> och aldehyder framgår av nedanstående tabell. Samtliga emissioner ligger under gränsvärdena enligt den tyska anvisningen TA-luft.

Avgaskomponent	HKA Malmö	HKA Svedala	Gränsvärde ("TA-luft") mg/MJ tillfört bränsle
CO mg/MJ	< 2	< 2	204
UHC mg/MJ <sup>1)</sup>	20	31	470
NO <sub>x</sub> mg/MJ	56	83	157
Aldehyder mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> avgas <sup>2)</sup>	3,5	-	-
<sup>1)</sup> CH <sub>4</sub> - ekvivalenter inkl. metan <sup>2)</sup> ca. 90 % utgörs av formaldehyd			

En ny installation kostar i dag ca. 160 kkr inkl. moms vilket gör att den producerade elektriciteten kostar ca. 1,3 kr/kWh.

Vid beräkningarna har använts 6 % kalkylränta och 7 års kalkyltid, gaspris 391 kr/MWh inkl. moms och den producerade värmen värderas till 421 kr/MWh inkl. moms.

Slutsatsen är att det i dagsläget är svårt att ekonomiskt motivera en installation av mikro-kraftvärmeverk.

## SUMMARY

In order to gain experience of small units for simultaneous production of power and heat Sydgas AB has, during the autumn of 1997, installed two micro combined power and heating plants (micro-CHP), Sachs HKA 5,5 from SenerTec GmbH. These units are located in Sydskraft Värme Malmö AB's district heating plant (the old gasworks site) at Nobelvägen in Malmö and the municipal sports- and swimming facility in Svedala.

The total number of operating hours for these both units is approximately 14 000 hours each. The utilisation degree could be close to 100 % for both units since the systems, in which they are installed, have a very large heating demand in relation to the heating output of the HKA. The real utilisation degree is approximately 85 % in Malmö and 82 % in Svedala respectively. This difference between theory and practice has on the whole no connection to the units but depends on other factors. An unfortunate design of the connection for cooling water in Svedala has for example caused operational disturbances.

Efficiency and output data for the engine are displayed, as average values for the period 4/11/97—29/9/99, in the table below. The values relate to the unit in Malmö, where separate meters for electricity and heat have been installed.

Fuel input	21,1	kW <sub>fuel</sub>
Electricity output, separate meter for electricity	5,24	kW <sub>el</sub>
Heat output, separate meter for heat	12,7	kW <sub>heat</sub>
Electricity efficiency, separate meter for electricity	24,8	%
Heat efficiency, separate meter for heat	60,9	%
Total efficiency, separate meters	85,6	%

Personnel from Danish Gas Center (DGC) have on four different occasions conducted measurements on both units. The results from these measurements are displayed in four different measuring reports published by DGC.

The units are equipped with an oxidation catalyst, which effectively reduces the emissions of combustible components.

The emissions of CO, UHC (Unburned HydroCarbon), NO<sub>x</sub> and aldehydes to the environment are displayed in the table below. All emissions are below the limits according to the German instruction TA-Luft.

Emission component	HKA Malmö	HKA Svedala	Limit ("TA-Luft") mg/MJ fuel
CO mg/MJ	< 2	< 2	204
UHC mg/MJ <sup>1)</sup>	20	31	470
NO <sub>x</sub> mg/MJ	56	83	157
Aldehydes mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> exhaust <sup>2)</sup>	3,5	-	-
<sup>1)</sup> CH <sub>4</sub> - equivalents including methane <sup>2)</sup> app. 90 % consists of formaldehyde			

At present a new installation costs approximately 160 000 SEK including VAT, which means that the produced electricity costs is approximately 1,3 SEK/kWh, 6 % interest calculated for costing purposes and 7 years calculated time.

The conclusion is that it at present is difficult to financially motivate an installation of micro-CHP.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING .....	8
1.1	Målsättning .....	8
1.2	Genomförande.....	9
1.2.1	UTVÄRDERINGSPROGRAM - DRIFT .....	9
1.2.2	UTVÄRDERINGSPROGRAM – EKONOMI .....	9
1.2.3	UTVÄRDERINGSPROGRAM – EMISSIONER .....	10
2	SACHS HKA 5,5 .....	11
2.1	Inkoppling till värmesystemet. ....	11
2.2	Tekniska data för Sachs HKA 5,5.....	13
2.2.1	VERKNINGSGRAD – FÖRLUSTER.....	14
2.3	Service, tillsyn och underhåll. ....	14
3	INSTALLATIONERNA I MALMÖ OCH SVEDALA.....	16
3.1	Anslutning till värmesystemet. ....	16
3.1.1	ANSLUTNING TILL VÄRMESYSTEMET I MALMÖ.....	16
3.1.2	ANSLUTNING TILL VÄRMESYSTEMET I SVEDALA. ....	17
3.2	Avgassystem.....	19
3.3	Anslutning till naturgassystemet.....	19
3.4	Anslutning till elsystemet. ....	19
3.4.1	ENBART LEVERANS TILL DET INTERNA ELSYSTEMET.....	20
3.4.2	LEVERANS TILL ELDISTRIBUTIONSSYSTEMET. ....	20
4	RESULTAT.....	22
4.1	Drifterfarenheter.....	22
4.1.1	HKA I MALMÖ. ....	22
4.1.2	HKA I SVEDALA.....	23
4.1.3	SERVICE.....	24
4.2	El- och värmeproduktion samt verkningsgrad.....	26
4.3	Emissioner.....	27
4.3.1	EMISSIONSREGLERING.....	27
4.3.2	LUFTFAKTOR – LUFTÖVERSKOTT.....	28
4.3.3	EMISSION AV KOLOXID, KVÄVEOXIDER OCH KOLVÄTEN.....	29
4.3.4	EMISSION AV OLJEAEROSOLER OCH SOTPARTIKLAR.....	31
4.3.5	EMISSION AV ALDEHYDER.....	32
4.3.6	LUKTNIVÅ OCH LUFTINTENSITET. ....	32
4.3.7	START – STOPP FÖRLOPPET.....	32
4.3.8	LJUD – BULLER. ....	33
5	GASUNIE PROJEKT .....	34
6	EKONOMI.....	36
6.1	Gas- och elpris. ....	37
6.1.1	GASPRIS, SPORTANLÄGGNINGEN I SVEDALA.....	37
6.1.2	ELPRIS, SPORTANLÄGGNINGEN I SVEDALA.....	38
6.2	Ekonomisk kalkyl.....	39
6.2.1	KALKYLFÖRUTSÄTTNINGAR. ....	39
6.2.2	KALKYLER ENLIGT ANNUITETSMETODEN.....	40
7	NATURGAS. ....	44
	REFERENSER .....	46

## BILAGOR

- 1 Bilder över HKA 5,5
- 2 Serviceprotokoll
- 3 Kamaxel
- 4 Interiör från DCG:s mätbuss
- 5 Mätresultat, utdrag från DGC:s mätprotokoll
- 6 Stopp- – Startförlopp
- 7 Utdrag från SenerTec:s beräkningsprogram



# 1 INLEDNING

Decentraliserad kraftvärmeproduktion är ett område som tilldrar sig mer och mer uppmärksamhet, framför allt på kontinenten. Det finns mångårig erfarenhet av ”större” gasmotorbaserad kraftvärmeproduktion.

Allt eftersom man får erfarenhet från installation och drift av dessa enheter ökar intresset för att tillvarata även mindre värmeunderlag som t.ex. skolor, flerbostadshus, sportanläggningar och t.o.m. villor.

Sydgas AB har under hösten 1997 installerat två mikrokraftvärmeverk, Sachs HKA 5,5 från SenerTec GmbH, med placering i Sydkraft Värme Malmö AB:s värmecentral (gamla gasverkstomten) på Nobelvägen i Malmö och den kommunala sport- och badanläggningen i Svedala.

För att få bättre kännedom om hur denna typ av enheter skall installeras och drivas i ett befintligt värmesystem samt för att få kännedom om drift- och miljödata för ovan nämnda kraftvärmeaggregat har Svenskt Gastekniskt Center (SGC) formulerat en projektbeskrivning som ligger till grund för denna rapport.

Projektid 980901 – 991031, 14 månader.

Finansiärer för projektet är:

- Sydgas AB
- Vattenfall Naturgas AB
- Dansk Gasteknisk Center a/s(DGC)
- Göteborg Energi AB
- Stockholm Energi AB
- STEM

Aggregat för samtidig produktion av el och värme betecknas fortsättningsvis CHP ( Combined Heat and Power unit) alternativt HKA (Heiz-Kraft-Anlage).

## 1.1 Målsättning

Målsättningen med projektet är att utvärdera driften av ovan nämnda installationer.

Resultat från projekt avseende samma kraftvärmeaggregat som bedrivs i Holland redovisas i rapporten.

Utvärderingsprogrammet skall resultera i dokumenterade data avseende:

- ekonomi
- emissioner
- driftkostnader
- drifttegenskaper
- verkningsgrader

## 1.2 Genomförande

### 1.2.1 UTVÄRDERINGSPROGRAM - DRIFT

Personal från Sydgas AB har sedan driftstarten i november månad 1997 noterat driftdata enligt nedanstående tabell.

Anläggning	Data från aggregatets display	Övriga data
Malmö	Drifttid El, ackumulerad mängd, kWh Värme, ackumulerad mängd, kWh	Datum Gas, ackumulerad gasförbrukning, m <sup>3</sup> El, ack. leverans <u>till</u> nätet, kWh El, ack.lev. <u>från</u> nätet, kWh (startmotor) Värme, ack. leverans, MWh (värmemängdsmätare installerad maj 1999)
Svedala	Drifttid El, ackumulerad mängd, kWh Värme, ackumulerad mängd, kWh	Datum Gas, ackumulerad gasförbrukning, m <sup>3</sup>

Tabell 1 Periodvis noterade driftdata.

De periodvis noterade data samt uppgifter från personalen som utövar tillsyn och service ligger till grund för utvärderingen vad avser driftegenskaper och verkningsgrad.

Kontaktperson har varit Lennart Bengtsson, Sydgas AB, som har det tekniska ansvaret för de båda enheterna.

Båda aggregaten är installerade i värmesystem där värmesänkan kan betraktas som mycket stor i förhållande till den av aggregaten producerade värmeeffekten.

Anläggningen i Malmö har därför utrustats så att möjlighet finns att variera returtemperaturen till aggregatet. På så vis kan returtemperaturen höjas successivt för att simulera situationen i de fall där värmesänkans behov är mindre än den producerade värmeeffekten.

### 1.2.2 UTVÄRDERINGSPROGRAM – EKONOMI

De kostnader som kan hänföras till installationen av aggregaten, drift- och underhållskostnader som har uppstått sedan driftstarten, samt intäkter från el- och värmeproduktionen ligger till grund för den ekonomiska utvärderingen.

Den ekonomiska utvärderingen, med därtill kopplade känslighetsanalyser, genomförs för en ”ny” installation.

### 1.2.3 UTVÄRDERINGSPROGRAM – EMISSIONER

Inom ramen för projektet har personal från Dansk Gasteknisk Center (DGC) genomfört ett omfattande mätprogram för att kartlägga olika typer av emissioner, se nedanstående tabell. Kontaktperson på DGC har varit Brian Schmidt.

Resultaten från dessa mätningar redovisas i fyra olika mätrapporter utgivna av DGC. Utdrag från mätrapporterna redovisas i denna rapport.

Mätning nr - datum	Typ av analys	
	Analyserna 1-5 görs före respektive efter katalysator	
	Svedala (enhet 1)	Malmö (enhet 2)
1. 23-24/9 1998	1. O <sub>2</sub> , Syre 2. CO, Kolmonoxid 3. NO <sub>x</sub> , Kväveoxider 4. CO <sub>2</sub> , Koldioxid 5. UHC, Oförbrända kolväten 6. 7. Ljud/buller	1. O <sub>2</sub> , Syre 2. CO, Kolmonoxid 3. NO <sub>x</sub> , Kväveoxider 4. CO <sub>2</sub> , Koldioxid 5. UHC, Oförbrända kolväten 6. Oljeaerosoler & sotpartiklar
2. 27-28/1 1999	1-5	1-5 8. Aldehyder
3. 16-17/6 1999	1-5 9. 1-5 vid stopp/start förlopp	1-5
4. 28-29/9 1999	1-5 10. Luktnivå	1-5 9. 1-5 vid stopp/start förlopp 10. Luktnivå

Tabell 2 Emissionsmätningar utförda av DGC.

## 2 SACHS HKA 5,5

Det tyska företaget Fichtel & Sachs AG byggde och installerade, för fältprov, 20 stycken små HKA (Heiz-Kraft-Anlage) under 1992. Fältproven utvärderades under tiden fram till 1996. Utvärderingen resulterade i beslut om att starta produktionen av Sachs HKA 5,5.

I samband med beslutet grundades företaget SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH vilket producerar och marknadsför Sachs HKA 5,5.

I dagsläget finns cirka 2600 enheter (inkl. prototyperna) i drift varav cirka 2250 i Tyskland. Försäljningen under 1999 uppgår till cirka 1400 enheter.

De äldsta enheterna har uppnått mer än 60000 drifttimmar.

Den förväntade "livslängden" för Sachs HKA 5,5 är >80000 drifttimmar.

Av bilaga 1 framgår uppbyggnaden av enheten. Anslutningarna till vatten, gas och avgaser är samlade på den bakre konsolen.

Tillverkaren av HKA har utarbetat ganska detaljerade instruktioner om hur aggregatet skall installeras.

För att installation av en Sachs HKA 5,5 skall vara ekonomiskt försvarbar bör enligt leverantören följande villkor vara uppfyllda (tyska förhållanden):

- värmebehovet, inkl. varmvattenberedning,  $P_{v,max} > 50 \text{ kW}_v$  och  $>75 \text{ MWh}_v/\text{år}$
- elbehovet,  $P_{el,max} > 30 \text{ kW}_{el}$  och  $>50 \text{ MWh}_{el}/\text{år}$

Objekt som uppfyller villkoren kan vara av typen större fastigheter (hyreshus, kontor, skolor, sportanläggningar, affärslokaler o.dyl.), mindre fjärrvärmenät och industrier.

SenerTec GmbH tillhandahåller ett beräkningsprogram (Excel) med vars hjälp ekonomiska kalkyler kan ställas upp som översiktligt visar hur utfallet blir. Ett exempel visas i bilaga 7.

### 2.1 Inkoppling till värmesystemet

Inkopplingen av en HKA-enhet till värmesystemet sker vanligen i serie med en eller flera pannor. En inkoppling av HKA på returledningen till pannan gör att denna kommer att fungera som "grundlastenhet" och pannan "spetsar" vid behov med värme så att den önskade framledningstemperaturen till värmesystemet erhålls.

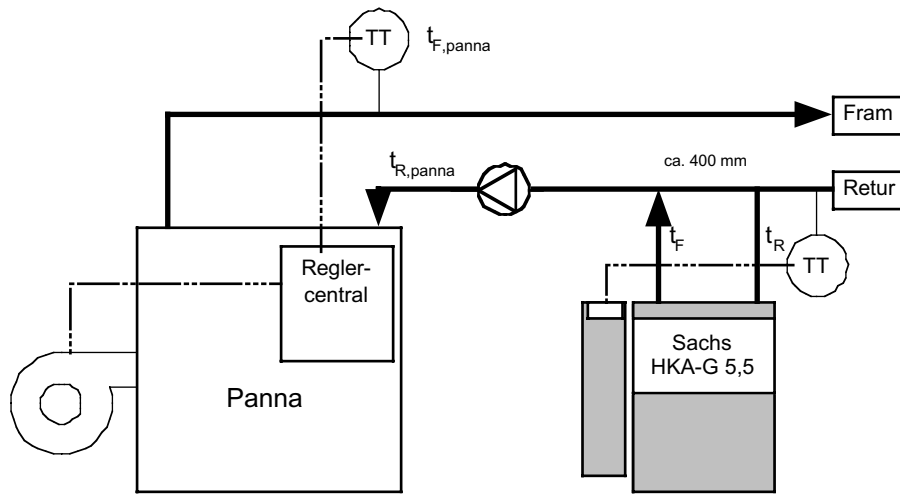
1. I fallet att man har ett befintligt värmesystem med ett värmebehov som är relativt stort,  $P_{v,max} > 150 \text{ kW}_v$ , kopplas HKA in som en helt separat värmeproducent, se figur 1.

Värmebehovet är under en stor del året  $>12 \text{ kW}_v$  och elbehovet är mestadels  $> 5,5 \text{ kW}_{el}$ .

Reglerparametrar:

- ON/OFF reglering med avseende på returtemperaturen. HKA stängs av om  $t_R > 70 \text{ °C}$ . Start vid  $t_R < 70 \text{ °C}$ , med fördröjning.
- ON/OFF reglering med avseende på eleffekten. Om anläggningens elbehov  $< 5,5 \text{ kW}_{el}$  stängs HKA av och startar igen då behovet är  $> 5,5 \text{ kW}_{el}$ . Tidsstyrning är möjligt. Denna reglerfunktion används naturligtvis inte om elöverskottet levereras till nätet.

Detta fall kan sägas gälla för de aktuella installationerna i Malmö och Svedala.



Figur 1 Principiellt flödesschema för inkoppling av HKA i befintligt värmesystem.

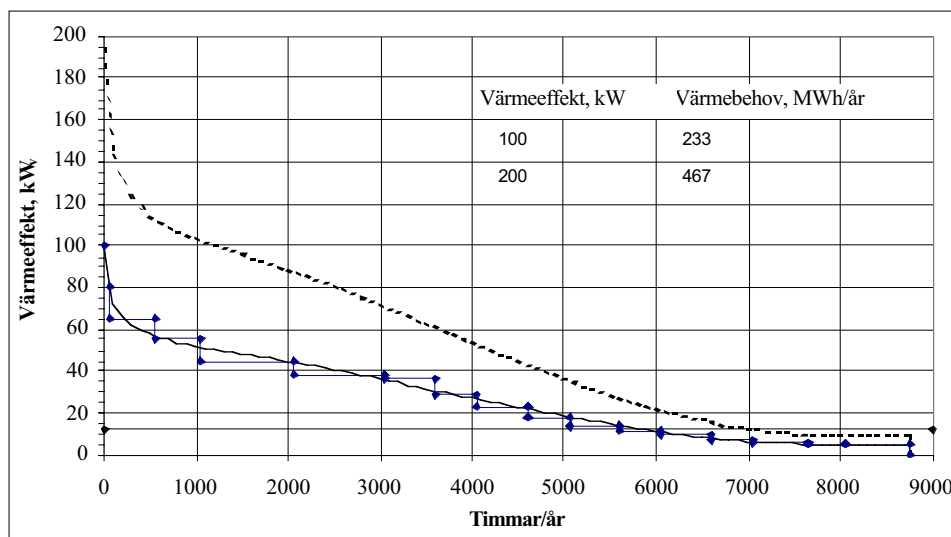
Framledningstemperaturen från HKA regleras av en termostat så att  $t_F = 80 - 85 \text{ }^\circ\text{C}$  erhålls. Delflödet genom HKA blandas med huvudflödet vilket ger returtemperaturen till pannan  $t_{R,panna} \leq t_F$ .

- HKA är utrustad med en mikroprocessor som även kan fungera som övergripande reglercentral. Värmeleveransen till värmesystemet styrs från HKA, insignaler är retur- och framledningstemperaturen samt utetemperatur. Denna lösning kan vara lämplig vid nyinstallation och mindre värmebehov,  $P_{v,max} = 60 - 150 \text{ kW}_v$ .

Den konsekutiva belastningskurvan för en installation med maximal värmeeffekt  $100 \text{ kW}_v$  resp.  $200 \text{ kW}_v$ , inkl. tappvattenberedning, visas i figur 2. Enligt den undre kurvan kommer drifttiden för HKA att bli ca. 6000 timmar/år vid  $P_{v,max} = 100 \text{ kW}_v$ . Ytan under grafen utgör det årliga värmebehovet vilken uppgår till  $233 \text{ MWh/år}$ . Fullast tiden ( $\tau_{Fullast}$ ) är 2330 timmar/år vilket kan anses vara normalt för denna typ av objekt.

För att erhålla 8000 drifttimmar/år måste  $P_{v,max} > 200 \text{ kW}_v$ .

$$\tau_{Fullast} = \frac{\text{Årligt värmebehov}}{\text{Maximal värmeeffekt}} = \frac{233000}{100} = 2330 \text{ tim / år}$$

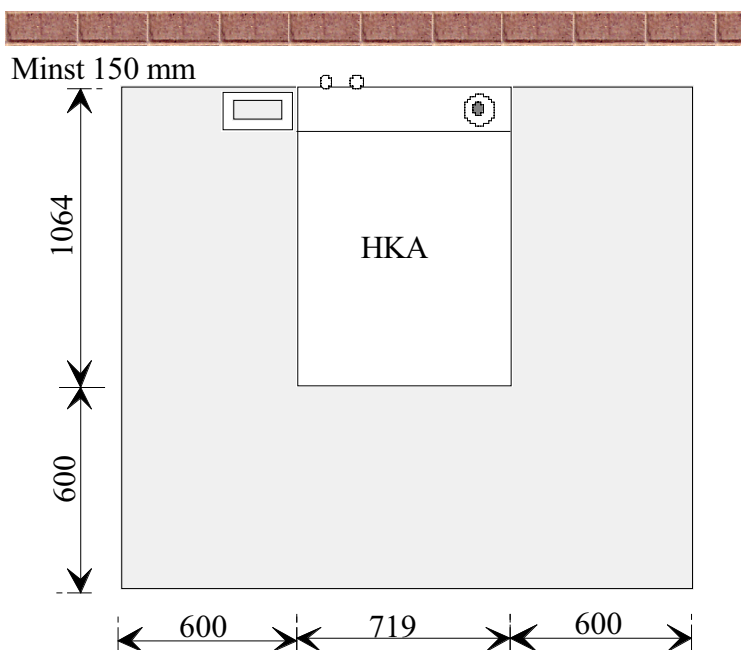


Figur 2 Konsekutiv belastningskurva för ett värmeunderlag av typen hyreshus [1].

## 2.2 Tekniska data för Sachs HKA 5,5

Motor	1-cylindrig, 4-takts motor, med 579 cm <sup>3</sup> slagvolym. Konstant varvtal 2450 rpm			
Bränsle	Naturgas grupp H och L (Gasol och diesel möjligt)			
Effekt	5,5 kW <sub>el</sub> 12,7 kW <sub>v</sub> vid 30°C returtemperatur			
Avgaskylare	4,9 kW <sub>v</sub> vid Δt = 410°C, sänkning av avgastemperaturen från 570°C till 160°C			
Katalysator	Oxidationstyp. Emissionsvärden enl. provprotokoll från TÜV Bau- und Betriebstechnik			
	Ämne	ppm (7,8 % O <sub>2</sub> , λ=1,53)	mg/m <sup>3</sup> (5 % O <sub>2</sub> )	mg/MJ <sub>br</sub>
	CO	15	22	7
	NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> ) NMHC <sup>1</sup>	143 6	349 13	115 4
Generator	400 V/50 Hz vattenkyld asynkron generator, 3000 rpm. Direkt drift via växel. cos φ = 0,9. 93 % verkningsgrad vid max. 70°C returtemperatur			
Verkningsgrader	Enligt provprotokoll från TÜV Bau- und Betriebstechnik Elverkningsgrad, η <sub>el</sub> = 27,4 %. Värme, η <sub>v</sub> = 60,6 %. Totalt, η <sub>tot</sub> = 88 % vid t <sub>R</sub> / t <sub>F</sub> = 60/83°C och t <sub>Avgas</sub> = 148°C			
Mått/vikt	1019 x 1064 x 1000 (bredd*djup*höjd). Vikt ca. 520 kg Av figur 3 framgår rekommenderad installationsyta, ca. 3,5 m <sup>2</sup> , med tanke på service o.dyl.			

Tabell 3 Tekniska data för Sachs HKA 5,5 [1].



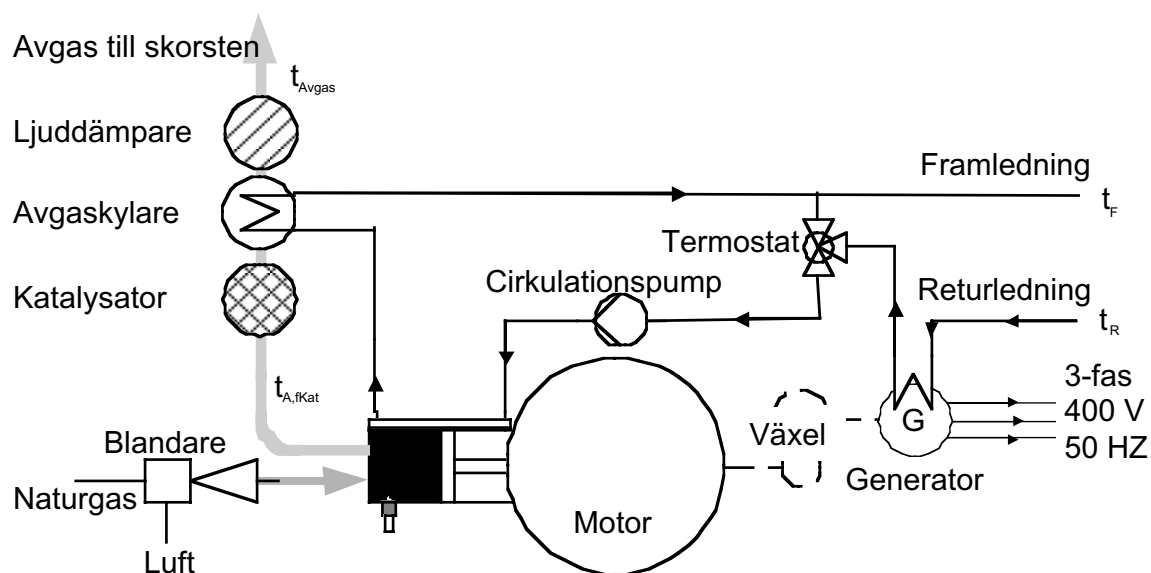
Figur 3 Installationsutrymme, rekommenderad yta ca. 3,5 m<sup>2</sup> [1].

<sup>1</sup> NMHC = Non Methane HydroCarbons

### 2.2.1 VERKNINGSGRAD – FÖRLUSTER

Samtliga data som redovisas här nedan är hämtade från fabrikantens datablad.

Av den genererade eleffekten,  $P_{el} = 5,5 \text{ kW}$ , åtgår en del internt till cirkulationspump och elektronik vilket innebär att leveransen till elnätet blir  $P_{el,nät} = 5,35 \text{ kW}$ . Det interna behovet är alltså ca. 150 W.



Figur 4 Principiellt flödesschema över kylsystemet.

Den tillförda bränsleeffekten är ca. 21 kW och den avgivna värmeeffekten är ca. 12,7 kW. Nyttig effekt är alltså  $5,3 + 12,7 = 18 \text{ kW}$ .

Elverkningsgraden är  $5,3/21 \cdot 100 = 25,2 \%$  och totalverkningsgrad är  $18/21 \cdot 100 = 86 \%$ .

Förluster till omgivningen (avgasförluster och övrig värme) och egenförbrukning motsvarar alltså ca. 3 kW eller 14 % av tillfört.

Avgasförlusten är ca. 7 % ( $\lambda=1,53$  och  $\Delta t_{Avgas}=130^\circ\text{C}$ ) vilket lämnar kvar ca. 7 % eller 1,5 kW till egenförbrukning och värmeförluster från HKA.

### 2.3 Service, tillsyn och underhåll

Service genomförs regelmässigt efter 3500 drifttimmar (grundunderhåll). Ett räkneverk räknar ner tiden från föregående service och när tiden är inne för ny service så tänds en lysdiod på panelen. Som en del av arbetet ingår att återställa räkneverket.

Vid varannan service byts tändstiftet.

Leverantören har utarbetat ett protokoll för servicearbetet, se bilaga 2.

Arbetet underlättas mycket tack vare en väl anpassad verktygsats.

Omfattningen av servicearbetet:

- Intervall 3500 timmar. Grundunderhåll.
  - byte av olja (12 liter)
  - byte av olje- och luftfilter
  - kontroll/justering av ventilspel
  - smörjning av generatorlager
  - täthetskontroll (avgas, gas, olja, vatten)
- Intervall 7000 timmar (vart annat grundunderhåll):
- Grundunderhåll plus byte av tändstift.
- Intervall 18000 timmar eller 4 år:
- Byte av slangar o.dyl. för vatten och avgas, internt och externt.
- Intervall 10 år:
- Byte av gas/luftblandningsslang.
- Intervall ca. 40000 timmar:
- Utbyte av slitdelar (ej närmare spec.) för att uppnå en ”livslängd” av ca. 80000 timmar.

Själva servicearbetet tar ca. 1 timme i anspråk. Inkluderas beställning av servicesats (olja och filter) samt framkörning m.m. kan man ansätta att den totala arbetstiden är ca. 2 timmar per service (grundunderhåll + byte av tändstift). Byte av tändstift är en enkel operation som tar någon minut.

Vad avser tillsyn skall HKA i princip kunna betraktas som en gaspanna.

Processorn i HKA erbjuder möjlighet att via modem ansluta en PC. Programvara finns för övervakning och kommunikation med HKA.



### 3 INSTALLATIONERNA I MALMÖ OCH SVEDALA

Här redovisas kort anslutningen till de olika systemen (värme, gas, avgas, el) samt värme-sänkans egenskaper i Svedala.

#### 3.1 Anslutning till värmesystemet

##### 3.1.1 ANSLUTNING TILL VÄRMESYSTEMET I MALMÖ

Värmecentralens värmeunderlag är så stort, sett över hela året, att värmesänkan för HKA kan betraktas som oändligt stor. Eleffekt behovet är också alltid större än HKA:s produktion. I ett sådant system kan utnyttjningsgraden för HKA teoretiskt bli 100 %.

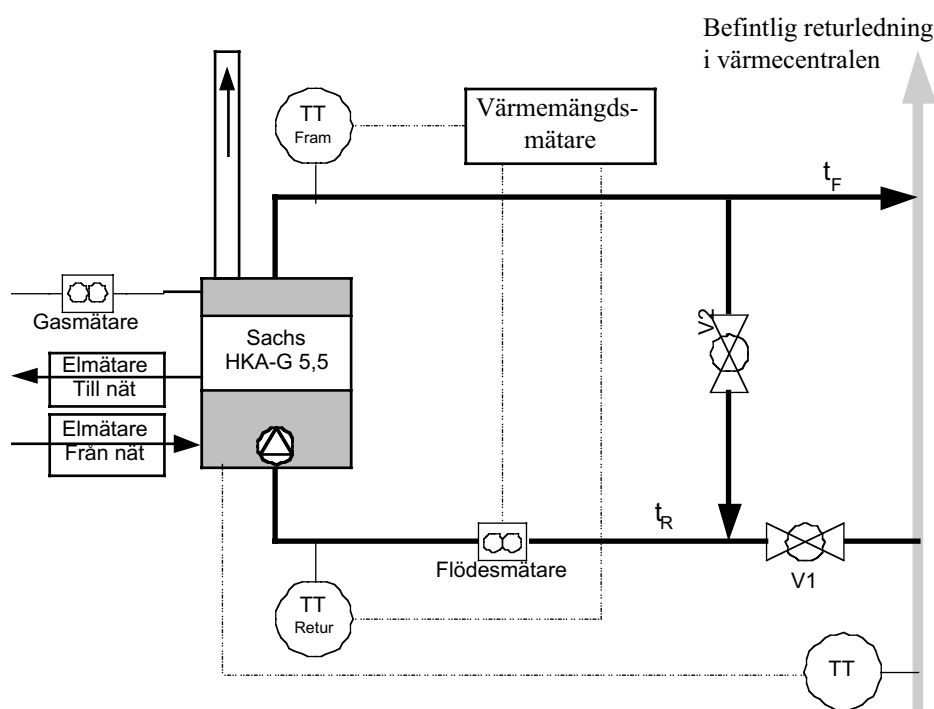
Anslutningarna till det befintliga värmesystemet är utförda på en vertikal ledning, med grov dimension, vilken passerar några meter från HKA.

Returtemperaturen pendlar kring 60°C. Under projektets gång har inte något driftfall med  $t_R > 70^\circ\text{C}$  noterats.

Under projektets gång har ett ventilarrangemang som gör det möjligt att simulera en höjning av returtemperaturen till HKA samt en värmemängdsmätare installerats, se figur 5.

Vid simulering öppnas by-pass ventilen V2 fullt och ventilen V1 stängs successivt tills  $t_R > 70^\circ\text{C}$  erhålls och HKA gör ett ”normalt” stopp.

V1 öppnas åter för fullt och HKA genomför ett ”normalt” startförlopp.



Figur 5 Principskiss över inkopplingen till det befintliga värmesystemet, Malmö.

### 3.1.2 ANSLUTNING TILL VÄRMESYSTEMET I SVEDALA

Gasförbrukningen under perioden 1982 – 1996 kan i detta fall sägas återspegla hur det totala värmebehovet varierar under samma period. Panninstallationen är relativt ny och utrustad med en kondenserande avgaskylare varför verkningsgraden under perioden kan ansättas till 100 %, figur 6.

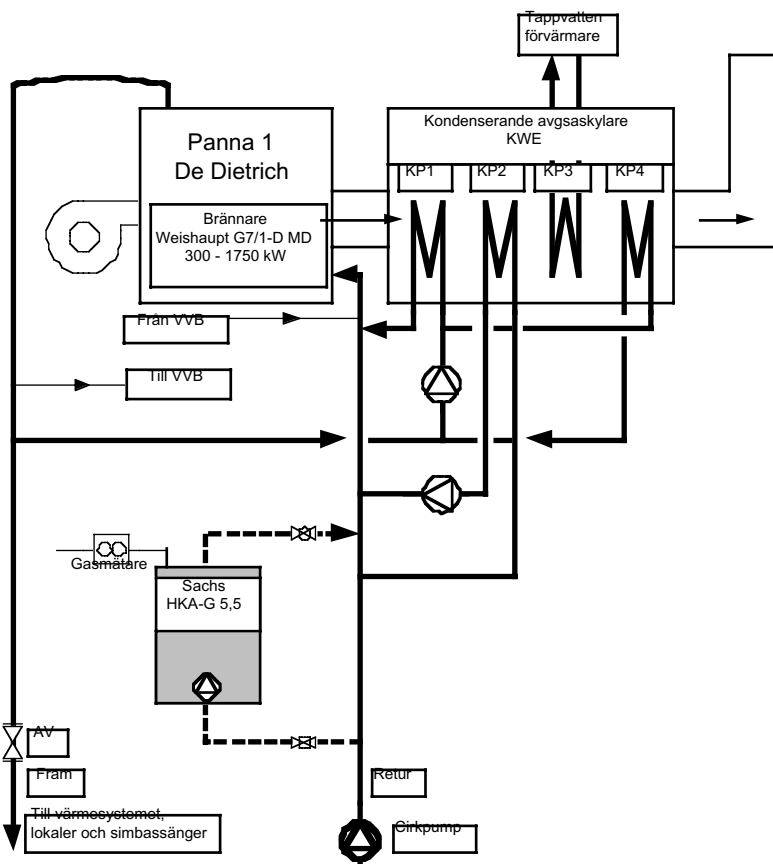
Av figur 7 framgår att värmebehovet under de olika månaderna är större än produktionen från HKA (värmemängd och värmeeffekt). Utnyttjningsgraden borde sett ur detta perspektiv vara 100 %.

Det ovanliga förbrukningsmönstret beror på att man under sommarmånaderna värmer utomhusbassänger vilka ligger i anslutning till sporthallen. Värmen går till varmvattenberedning för duschar o.dyl. samt för att hålla en ”behaglig” temperatur i bassängerna.

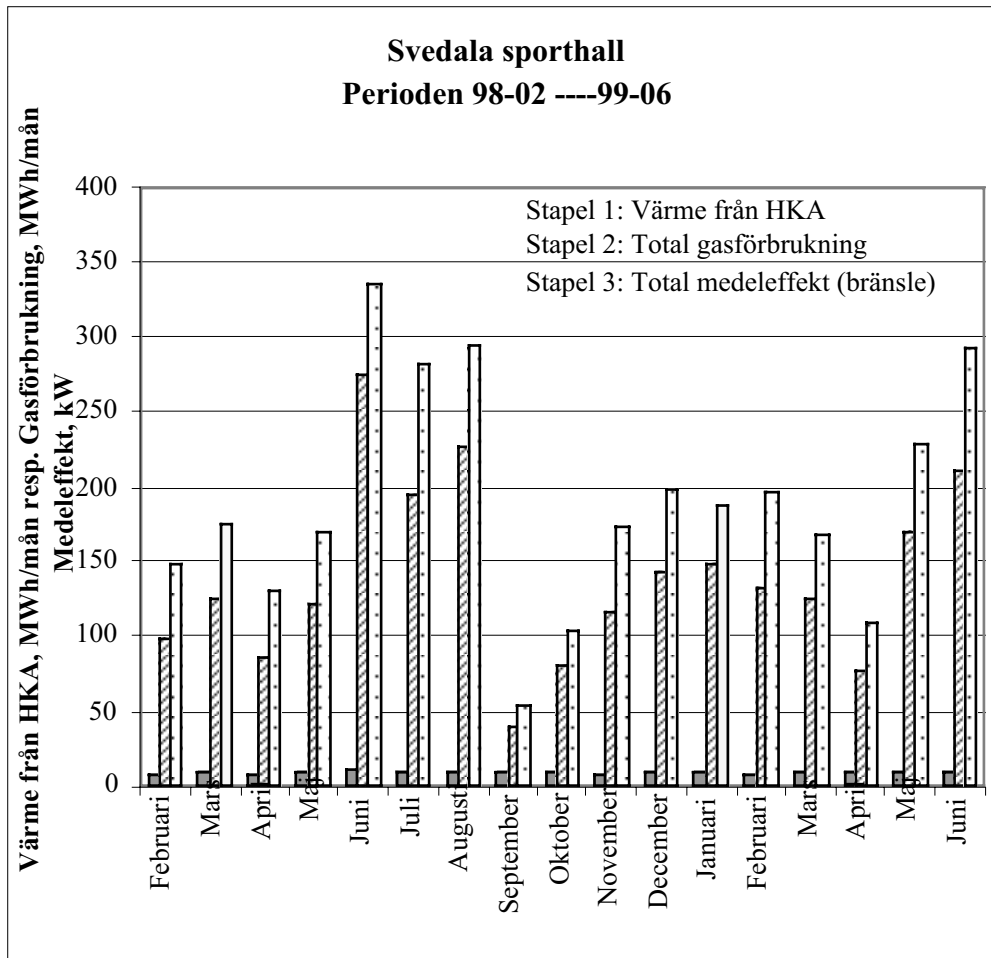
Under perioden september till april kan förbrukningsmönstret betraktas som ”normal” uppvärmning av en fastighet med stort tappvattenbehov.

I perioder då behovet för lokaluppvärmning är litet eller obefintligt och värmningen av bassängerna samtidigt är avstängd uppstår problem med driften av HKA. Flödet till värmesystemet är då avstängt vilket leder till att HKA går i ”kortsloten” drift, se figur 6. Något värmebidrag från HKA erhålls överhuvudtaget inte i detta driftfall eftersom flödet i returledningen till pannan är noll i anslutningspunkten (Cirkpump och AV stängda).

För att undvika denna för HKA olämpliga driftsituation bör personalen stänga av HKA samtidigt som cirkulationspumpen stängs.



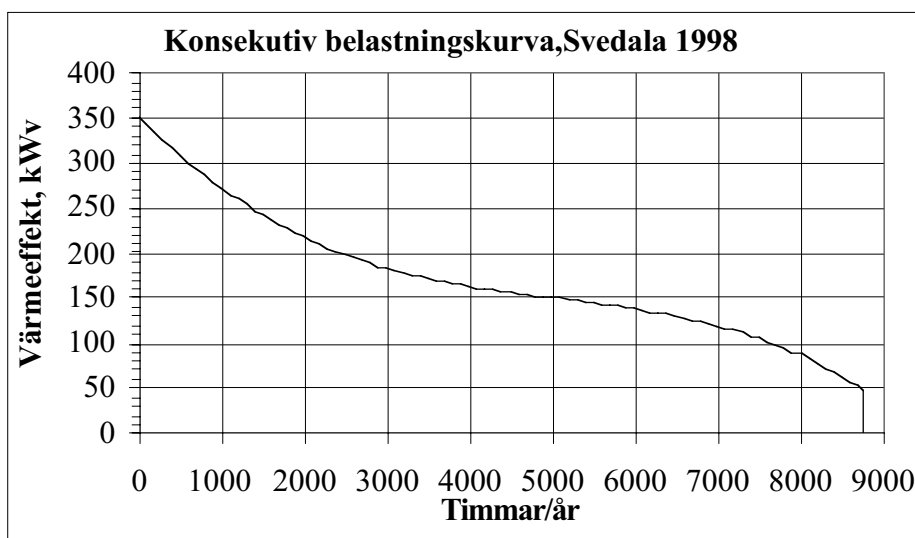
Figur 6 Principskiss över inkopplingen till det befintliga värmesystemet, Svedala.



Figur 7 Total gasförbrukning, medelbränsleeffekt samt värme från HKA under perioden 9802 – 9906.

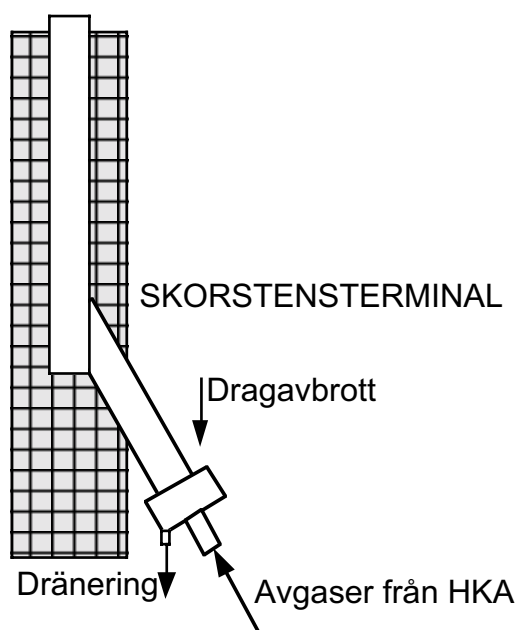
Den konsekutiva belastningskurvan som beskriver ett objekt med stort varmvattenbehov, typ badanläggningar, visas i figur 8.

Kurvan är skapad med värden från figur 7 vilket innebär att värmebehovet ungefärligt motsvarar det i Svedala, ca. 1488 MWh<sub>v</sub> under 1998. Maximalt värmeeffektbehov är ca. 350 kW<sub>v</sub> enligt figuren.



Figur 8 Konsekutiv belastningskurva för ett värmeunderlag med högt varmvattenbehov.

### 3.2 Avgassystem



I Malmö är HKA placerad i direkt anslutning till en befintlig skorsten. Rördragningen från HKA till skorstensterminalen är ca. 1 m, vertikalt. Skorstenspipan har försetts med ett insatsrör.

Avståndet i Svedala är ca. 8 m mellan HKA och skorstensterminal.

Rördimension 1", svart standardrör, från HKA till skorstensterminal.

Figur 9 Anslutning av HKA till skorsten.

### 3.3 Anslutning till naturgasset

Anslutningstrycket skall vara mellan 20 och 50 hPa(e). Anslutningens dimension är R 1/2". För installationens utförande gäller Energigasnormer 94 (EGN 94) utgiven av Svenska Gasföreningen.

HKA i Malmö är placerad ett plan över det utrymme där de gaseldade pannorna är placerade. Rördragningen är relativt lång, ca 30 m, och besvärlig. I Svedala är rördragningen ganska kort och okomplicerad.

### 3.4 Anslutning till elsystemet

Den elektriska installationen skall uppfylla de nationella kraven enligt nedan [13]:

- Starkströmsföreskrifterna ELSÄK FS 1994:7
- Anvisningar för anslutning av lågspänningsinstallationer till elnätet IBL 96 (SS 437 01 40)
- Anslutning av mindre produktionsanläggningar till elnätet AMP 1999
- Spänningsgodhet i lågspänningsnät för allmän distribution, SS 421 18 11

HKA har regler- och säkerhetsutrustning för reglering samt övervakning av genererad elfekt, spänning, frekvens och fasföljd.

I samband med installationen måste det företag som, enligt ellagen SFS 1997:857, har det tekniska ansvaret, nämligen nätkoncessionären (nätägaren) kontaktas.

För- och färdigamölan, besiktning, registrering och dokumentation av den elektriska installationen skall ske. Faktiska kostnader för detta arbete debiteras anläggningsägaren.

Från fall till fall måste en bedömning göras om huruvida den befintliga gruppcentralen behö-

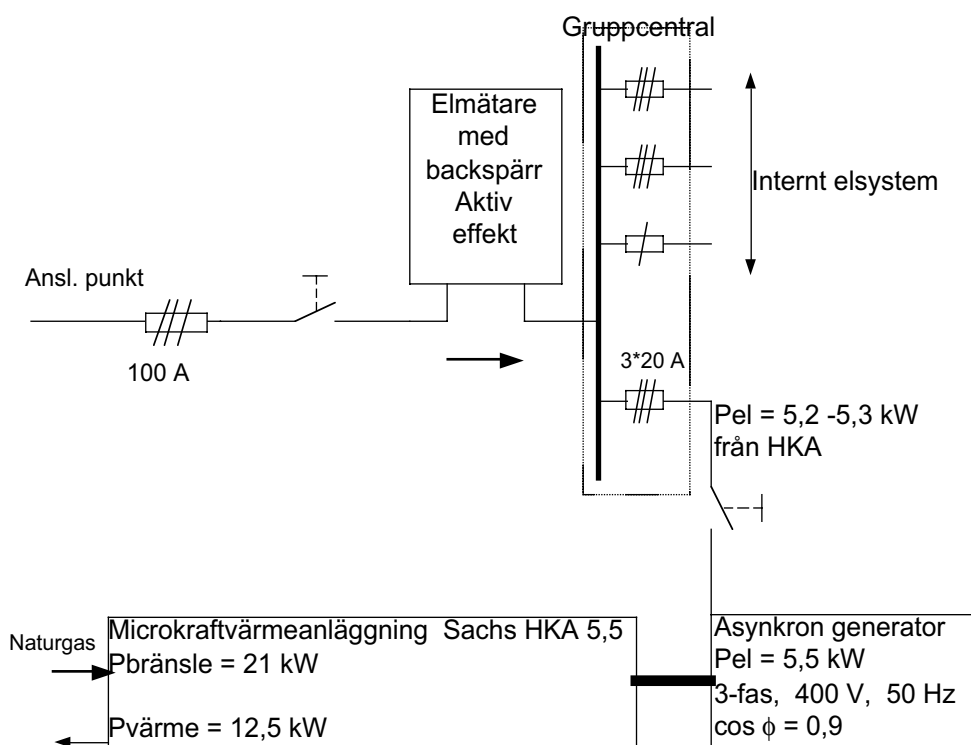
ver kompletteras eller bytas och om gängsäkringar (huvudsäkring) skall bytas mot kniv-alternativt automatsäkring.

Eventuellt måste nytt avtal skrivas med elleverantören och nätägaren.

### 3.4.1 ENBART LEVERANS TILL DET INTERNA ELSYSTEMET

Elmätaren måste vara utrustad med backspärr. Om det interna elbehovet är mindre än elproduktionen från HKA så stannar elmätaren och el levereras till eldistributionsnätet utan att någon ersättning från elleverantören erhålls.

Den principiella uppbyggnaden av elinstallationen framgår av figur 10.



Figur 10 Elinstallation då el enbart levereras till det interna elsystemet.

### 3.4.2 LEVERANS TILL ELDISTRIBUTIONSSYSTEMET

Kontakt med det företag som har leveranskoncessionen på orten måste tas i avsikt att upprätta avtal om elleverans.

Tidigare gällde att leveranskoncessionssystemet gav ett särskilt skydd för produktionsanläggningar som kan leverera en effekt om högst 1500 kW. Leveranskoncessionären var skyldig att köpa el till ett skäligt pris. För skälighetsbedömningen svarade Statens Energimyndighet (STEM).

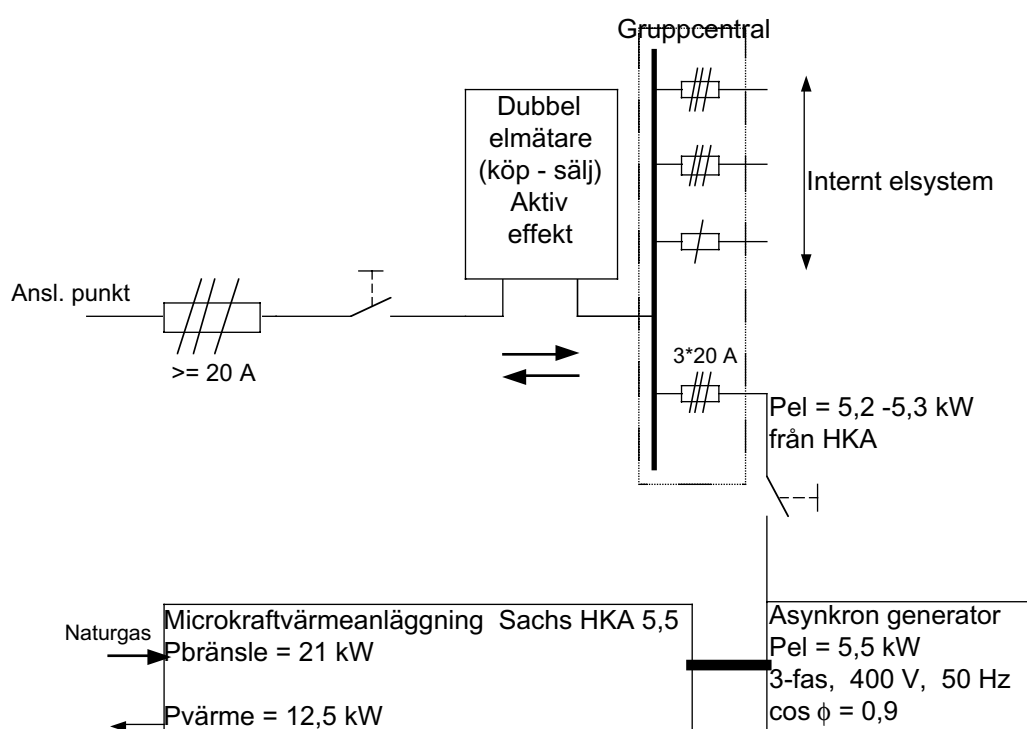
I regeringens proposition om införande av schablonberäkning på elmarknaden (prop. 1998/99:137) föreslås ändringar i ellagen som möjliggör undantag från grundprincipen om timvis mätning för övervägande delen av alla elanvändare. Propositionen har antagits och förändringen i ellagen trädde i kraft den 1 november 1999. Härigenom upphör det tidigare skyddet för den småskaliga elproduktionen. I leveranskoncessionsutredningens (dir. 1998:37, 1998:82, 1999:19) uppdrag ingår att föreslå åtgärder som också på längre sikt tillförsäkrar de små producenterna det skydd som bedöms nödvändigt.

Efter 1 november 1999 och fram till utgången av 2000 betalar elleverantören (elhandlaren) ca. 14 öre/kWh<sub>el</sub>. Till detta kommer ett produktionsstöd på 9 öre/kWh<sub>el</sub>.

Den lokalt producerade elektriciteten behöver ej distribueras över högspänningsnätet vilket gör att överföringsförlusterna till stor del bortfaller. Dessutom erhålls ett effekttillskott i elnätet vilket är speciellt värdefullt vintertid. Nätägaren ersätter därför småskalig elproduktion med ca. 3 öre/kWh<sub>el</sub> minus administrationskostnader vilket ger ca. 1,7 öre/kWh<sub>el</sub> i detta fall.

Inklusive produktionsstöd blir producentens ersättning ca. 25 öre/kWh<sub>el</sub>.

I det fall elleverans sker till eldistributionssystemet måste utrustning för dubbelriktad elmätning installeras, figur 11. Enligt förslag i samband med schablonmätning skall samtliga produktionsanläggningar förses med timmätning. En nedre gräns på 50 kW<sub>el</sub>, för krav på timmätning, har diskuterats. Utrustning för timmätning monteras därför tillsvidare inte då elleveransen är < 50 kW<sub>el</sub> [13].



Figur 11 Elinstallationer då del av elproduktionen levereras till distributionssystemet.

Man kan också tänka sig ett fall där ett utomstående företag, t.ex. elleverantören, åtar sig att sköta värmeleveransen till objektet/kunden och att detta delvis sker med en eller flera CHP. Hela elproduktionen levereras då till eldistributionssystemet och kunden köper el på vanligt sätt.

## 4 RESULTAT

### 4.1 Drifterfarenheter

#### 4.1.1 HKA I MALMÖ

Driften av HKA har varit mer eller mindre problemfri sen starten i november 1997. Utnyttjningsgraden enligt tabell 4 indikerar att HKA ej har varit i drift hela tiden under vissa perioder. Medelutnyttjningsgraden räknat från starten är 85 %. Detta beror ej på driftproblem utan driftstoppen beror på andra faktorer, framförallt att HKA har utnyttjats för demonstration och experiment av olika slag.

Värmecentralen på "Gasverket" i Malmö								
Avlästa värden			Beräknade värden					
Datum	Drifttid motor	Värmevärde Hi	Bränsle effekt	Eleffekt motor	Värme motor	Eleffekt elmätare	Värme mätare	Utnytt grad
	h	kWh/m <sup>3</sup> n	kW <sub>br</sub>	kW <sub>el</sub>	kW <sub>v</sub>	kW <sub>el</sub>	kW <sub>v</sub>	%
97-11-04	1							
97-11-12	126	11,05	20,5	5,6	12,4			65
98-01-20	1764	11,06	20,9	5,6	12,6	5,2		99
98-01-30	2000	11,06	20,8	5,6	12,6	5,2		98
98-03-02	2744	11,07	21,0	5,6	12,5	5,2		100
98-03-25	3293	11,10	21,0	5,6	12,6	5,2		99
98-04-01	3456	11,10	21,1	5,6	12,5	5,2		97
98-04-29	4125	11,10	21,2	5,6	12,5	5,2		100
98-06-02	4942	11,06	21,0	5,6	12,4	5,2		100
98-06-30	5618	11,10	21,3	5,6	12,4	5,2		101
98-08-02	6403	11,10	21,4	5,7	12,4	5,2		99
98-09-30	7708	11,10	21,4	5,6	12,4	5,2		92
98-11-02	8500	11,07	21,1	5,6	12,4	5,2		100
98-11-27	9099	11,07	21,4	5,7	12,4	5,2		100
98-12-30	9890	11,05	21,3	5,6	12,4	5,2		100
99-02-02	10594	11,03	21,1	5,6	12,4	5,2		86
99-02-26	11174	11,04	21,2	5,6	12,4	5,2		101
99-05-03	11753	11,07	1)	5,7	12,4	5,3		37
99-05-31	12418	11,06	1)	5,7	12,4	5,2		99
99-06-09	12635	11,10	1)	5,9	12,4	5,3		100
99-06-16	12794	11,10	1)	5,7	12,4	5,2	12,5	95
99-06-16	Motorn stängs av p.g.a. felaktigt monterad katalysator.							
99-08-04	Start av motor. Reservdelar anlänt och katalysator monteras.							
99-08-20	13210	11,20	21,0	5,7	12,4	5,2	12,6	27
99-09-02	13521	11,20	21,5	5,7	12,4	5,2	12,7	100
99-09-22	13955	11,20	20,7	5,7	12,4	5,2	12,7	90
99-09-28	14078	11,20	20,9	5,7	12,4	5,2	12,8	85

1) Gasmätaren trasig. Ny gasmätare monterad 990615

Tabell 4 Driftdata för HKA i Malmö.

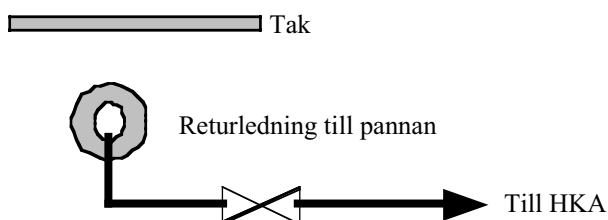
$$\text{Utnyttjningsgrad} = \frac{\text{Drifttid under perioden}}{\text{Total tid under perioden}} * 100 \%$$

Antalet starter är som medeltal 1,05 starter/dygn, sen drifttagning. HKA:s processor är programmerad för att genomföra ett automatiskt stopp/start förlopp per dygn som funktionskontroll.

Denna information indikerar att det kontinuerligt finns avsättning för den producerade el- och värmeeffekten samt att HKA har fungerat bra.

#### 4.1.2 HKA I SVEDALA

Anslutningen av retur- och framledningen till HKA i Svedala är riktade nedåt, delvis på grund av utrymmesbrist, se figur 12.



Figur 12 Anslutning av HKA till värmesystemet.

Detta är olyckligt eftersom föroreningar, i form av järnoxider m.m., ansamlas i HKA och skapar problem med vattencirkulationen i motorn. Följdverkningen av för dålig cirkulation är att framledningstemperaturen ( $t_F$ ) stiger och motorn stannar (blockering). Motorn är utrustad med ett antal säkerhetsfunktioner, varav för hög framledningstemperatur är en, som leder till blockering. Vid utlösning av någon av säkerhetsfunktionerna måste återställning (reset) ske manuellt.

Renspolning av motorns kylsystem har skett ett antal gånger under 1999. Vid kontroll av termostaten befanns denna vara full med smuts. Ny termostat installerades i augusti 1999 och ett filter, i returledningen till HKA, installerades i november 1999.

En horisontell eller uppåtriktad anslutning hade sannolikt gjort att dessa problem ej hade uppstått.

Medelutnyttjningsgraden är 82 % sen start. Av tabell 5 framgår att utnyttjningsgraden har varit nära 100 % under flertalet av perioderna. De tidigare omnämnda problemen med kylvattnet började visa sig under våren 1999.

Trots att HKA har nästan 100 % drifttid under vissa perioder så är antalet starter 4 – 6 per dygn vilket är anmärkningsvärt. Möjligen kan detta bero på de momentana spänningsvariationer som kan uppstå då ett stort antal belysningsarmaturer tänds eller släcks. Säkerhetsfunktionen för övervakning av spänningen från HKA träder in.

Vid två tillfällen har motorn stannat (blockering) av skäl som inte är kopplade till lågt kylvattenflöde.

1. Under det första året var smörjoljeförbrukningen onormalt stor. Vid ett tillfälle har påfyllning av olja skett, inga andra åtgärder vidtogs.
2. I januari 1999 havererade tändstiftet, se figur 13. Leveranstiden är ca. 2 veckor.





Figur 13 Förkammartändstift med 5 öppningar.

<b>Sporthallen i Svedala</b>								
<b>Avlästa värden</b>			<b>Beräknade värden</b>					
Datum	Driftid	Antal	Värmevärde	Br.effekt	Eleffekt	Värme	Utnytt	Antal
	motor	starter	Hi		motor	motor	grad	starter
	h		kWh/m3n	kW br	kWel	kWv	%	per dygn
97-11-04	0							
98-01-15	1676		11,05	20,6	5,6	12,4	97	
98-03-03	2800	543	11,06	20,6	5,6	12,5	100	4,6
98-04-30	4181	792	11,10	20,7	5,6	12,5	99	4,3
98-06-02	4950	902	11,10	20,9	5,6	12,5	97	3,3
98-08-28	6906	1296	11,10	21,2	5,6	12,5	94	4,5
98-10-26	8306	1604	11,10	21,1	5,6	12,6	99	5,2
98-12-28	9808	1960	11,07	20,7	5,6	12,5	99	5,7
99-01-25	10142	2047	11,06	20,6	5,6	12,4	50	3,1
99-02-25	10851	2232	11,04	20,6	5,6	12,4	74	6,0
99-03-24	11473	2404	11,06	20,6	5,6	12,4	96	6,4
99-04-01	11661	2448	11,08	20,6	5,8	12,4	98	5,5
99-04-30	12346	2570	11,09	20,7	5,7	12,4	98	4,2
99-05-31	12997	2717	11,07	20,5	5,7	12,4	88	4,7
99-06-17	13151	2790	11,10	20,7	5,7	12,4	81	4,3
99-08-25	13546	3051	11,16	21,0	5,7	12,3	24	3,8
99-09-29	13600	3128	11,20	21,3	5,8	12,2	6	2,2

Tabell 5 Driftdata för HKA i Svedala.

#### 4.1.3 SERVICE

Grundunderhåll (3500 timmar) har genomförts vid totalt 4 + 4 tillfällen. Erfarenheten från detta arbete är att den tillhandahållna serviceutrustningen underlättar arbetet högst väsentligt.

Den ”känsligaste” operationen är kontroll av ventilspelet och eventuellt byte av mellanlägg, se bilaga 3.

Vid den senaste servicen i Malmö byttes mellanlägg från 4,00 mm till 3,60 mm, detta för att erhålla det önskade spelet på 0,6 mm, se bilaga 2.

Omfattningen av servicearbetet:

- Intervall 3500 timmar. Grundunderhåll.
- byte av olja (12 liter)
- byte av olje- och luftfilter
- kontroll/justering av ventilspeglar
- smörjning av generatorlager
- täthetskontroll (avgas, gas, olja, vatten)

Smörjoljeförbrukningen har varierat ganska kraftigt. I Svedala var i ett fall förbrukningen ca. 10 liter mellan två servicetillfällen vilket ledde till det tidigare omnämnda stoppet. Om smörjoljenivån sjunker till motsvarande ca. 4 liter stannar motorn (blockering) på grund av lågt smörjoljetryck. Vid den senaste servicen, i början av oktober 1999 (totalt 14000 drifttimmar), visade sig smörjoljeförbrukningen vara ca. 7 liter per 3500 drifttimmar.

I Malmö har smörjoljeförbrukningen varierat mellan 1,5 – 4 liter per 3500 drifttimmar. Det högre värdet motsvarar ca. 1 g/drifttimme vilket får betraktas som en låg smörjoljeförbrukning. Erfarenheter från drift med 10 stycken HKA i Tyskland visar en smörjoljeförbrukning på 1,2 g/drifttimme [1].

Efter det senaste oljebytet i Malmö (totalt 14000 drifttimmar) sändes oljeprov, ett prov med ny olja som referens och ett prov med använd olja, till Mobil Oil:s laboratorium i Sundsvall för analys. Resultatet framgår av nedanstående tabell.

Analys	Referens	Använd olja, 3500 drifttimmar	Enhet
Viskositet	11,65	12,79	cSt vid 100 °C
Bastal	7,0	5,5	mg KOH/g
Syratal	1,4	2,5	mg KOH/g
Vatten	<0,1	<0,1	%
Filtrering, 1,2 µ	<0,05	<0,05	vikts-%
Fosfor	384	374	ppm

Tabell 6 Resultatet av oljeanalys.

Metallanalysen (bly, koppar, kisel, järn, krom, aluminium, tenn, natrium) visade inga signifikanta förhöjningar av någon metall.

Kommentarer:

- Viskositeten har ökat något. Gräns ca. 14,5 cSt vid 100°C.
- Bastalet har sjunkit något. Gräns ca. 2 mg KOH/g.
- Syratalet närmar sig den övre gränsen.
- Fosfor (additiv). OK.

Analyserna visar att smörjoljan är i tämligen god kondition efter 3500 timmar samt att det mekaniska slitaget är mycket litet.

## 4.2 El- och värmeproduktion samt verkningsgrad

Resultaten från den ca. 23 månader långa drifttiden sammanfattas i nedanstående tabell 7. Värdena anges som medelvärde från starten i november 1997 till sista avläsningen enligt tabell 4 – 5.

Installationen i Malmö försågs från början med två elmätare, en för mätning av tillförd el och en för levererad el. Tillförd el, för drift av startmotorn, är enligt elmätare 22 kWh, motsvarande ca. 30 Wh/start, vilket kan anses vara försumbart. I juni 1999 kompletterades installationen i Malmö med en värmemängdsmätare. Dessa ”extra” mätare ger god möjlighet att bestämma olika verkningsgrader och trovärdigheten hos de av HKA:s processor angivna värdena.

Beräknad storhet Medelvärde för perioden 971104 – 990929	Värmecentralen i Malmö	Sporthallen i Svedala	Enhet
Bränsleeffekt	21,1	20,8	kW <sub>br</sub>
Eleffekt, motorns display	5,65	5,64	kW <sub>el</sub>
Eleffekt, separat elmätare	5,24	-	kW <sub>el</sub>
Värmeeffekt, motorns display <sup>*)</sup>	12,4	12,5	kW <sub>v</sub>
Värmeeffekt, separat värmemätare <sup>**)</sup>	12,7	-	kW <sub>v</sub>
Elverkningsgrad, motorns display	26,7	27,1	%
Elverkningsgrad, separat elmätare	24,8	-	%
Värmeverkningsgrad, motorns display	58,9	59,9	%
Värmeverkningsgrad, separat värmemätare	60,9	-	%
Totalverkningsgrad, motorns display	85,6	87,0	%
Totalverkningsgrad, separata mätare	85,6	-	%
<sup>*)</sup> Momentan värmeeffekt och ackumulerad värmemängd, som kan läsas av på HKA:s display, är beräknade med en algoritm. Indata i algoritmen är $t_R$ , cylinderblockets temp. ( $t_f$ ) och $P_{el}$ .			
<sup>**)</sup> Mätperiod för värmemängdsmätaren från 9906.			

Tabell 7 El- och värmeproduktion samt verkningsgrad för HKA i Malmö och Svedala.

Man kan konstatera att den uppmätta eleffekten (5,24 kW) är något lägre än den angivna (5,35 kW). Eleffekten enligt motorns display mäts direkt på generatorklämmorna, alltså innan avtappning för egenförbrukning. Egenförbrukning och ”elektriska” värmeförluster uppgår alltså till ca. 400 W eller 7 % av genererad eleffekt.

Den uppmätta värmeeffekten är något högre än angivet på motorns display vilket gör att totalverkningsgraden blir exakt den samma (85,6 %).

Leverantören anger följande procentsatser:

- Elverkningsgrad 27 % (5,5 kW<sub>el</sub>), 25,2 % (5,3 kW<sub>el</sub>) till elnätet
- Värmeverkningsgrad 61 % (12,5 kW<sub>v</sub>)
- Totalverkningsgrad 88 %

God överensstämmelse råder mellan uppmätta och angivna värden.

Det enda anmärkningsvärda är att man måste studera tillgänglig information från leverantören mycket noga för att finna uppgiften om den till nätet levererade eleffekten (5,3 kW<sub>el</sub>). I all ”vanlig” information från leverantören anges eleffekten till 5,5 kW.

### 4.3 Emissioner

Personal från Dansk Gasteknisk Center (DGC) har vid fyra olika tillfällen genomfört mätningar på de båda aggregaten.

DGC:s ”mätbuss” är utrustad för att kunna göra fältmätningar med avseende på de gasformiga ämnena O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> och kolväten (UHC, Unburned Hydro Carbon). Bild i bilaga 4 visar interiören i mätbussen, i bakgrunden syns mätutrustningen och på sidorna står flaskor med kalibrergas.

Analyserna av oljeaerosoler, sotpartiklar och aldehyder sker i laboratorium på prov tagna genom isokinetisk utsugning av provet.

Mätning av ljudnivå/buller och vibrationer har skett vid ett tillfälle.

Ett problem som har uppmärksamrats i Danmark är att produktionsenheter med gasmotorer ”luktar”. En procedur för att bedöma ”styrkan” på denna doft har utarbetats. I denna procedur ingår en panel med ”representativa näsor” vilken bedömer avgasernas doft och doftintensitet. Prover härför tas direkt från avgaskanalen och samlas i diffusionstäta plastpåsar.

I samband med mätningarna 27 januari 1999 i Malmö byttes den befintliga katalysatorn ut mot en ny katalysator levererad av motortillverkaren. Detta för att kunna jämföra funktionen hos en använd katalysator med en ny och därmed dra slutsatser om huruvida någon ”åldring” har förekommit. Det visade sig att den nya katalysatorn har sämre reduktionsförmåga för samtliga ämnen (CO, UHC och aldehyder).

Detta är naturligtvis anmärkningsvärt och kan bero på att:

- katalysatorn har en ”inkörnings tid” (bortfaller om problemet kvarstår)
- spridning mellan olika individer, vid tillverkning
- felaktigt montage, läckflöde förbi katalysatorn

#### 4.3.1 EMISSIONSREGLERING

Emissionen av kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och kolväten (UHC) från gasmotorer i denna storleksklass är ej reglerad i Sverige. Ofta anses emissionen av nämnda ämnen vara acceptabel om villkoren i den tyska anvisningen ”TA-luft” (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 1986) är uppfyllda. Gränsvärden enligt ”TA-luft” framgår av tabell 8 (avser egentligen gasmotorinstallationer  $\geq$  1 MW bränsle).

I Danmark finns gränsvärden för gasmotorer och gasturbiner (CHP) med en bränslereffekt  $>$  120 kW utgivna av Miljöstyrelsen, bekendtgörelse nr 720, 1998-10-05. Gränsvärdena anges i den högra kolumnen, tabell 8. Den danska hållningen är att kungörelsen även gäller mindre CHP typ Sachs HKA 5,5.

DGC har under projektiden övergått från att ange UHC som CH<sub>4</sub> – ekvivalenter till C – ekvivalenter.

Vid omräkning av UHC har metanhalten i bränslet ansatts till 90 vol-%.

Ämne	TA-luft Gränsvärde mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> vid (O <sub>2</sub> ) <sub>t</sub> = 5 %	TA-luft Gränsvärde mg/MJ tillfört bränsle	Danmark Gränsvärde mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> vid (O <sub>2</sub> ) <sub>t</sub> = 5 %
NO <sub>x</sub>	500	157	550
CO	650	204	500
UHC (utom CH <sub>4</sub> )	150		
Omräkning till UHC inkl CH <sub>4</sub>			
UHC (CH <sub>4</sub> – ekvivalenter)	1500	470	
UHC (C – ekvivalenter)	1120	350	1500 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Gäller vid en elverkningsgrad av 30 %.			

Tabell 8 Gränsvärden enligt "TA-luft" för 4-taktmotorer  $\geq 1 \text{ MW}_{br}$  och danska gränsvärden för gasmotorer och gasturbiner (CHP) med en bränsleeffekt  $> 120 \text{ kW}$ .

Omräkning, med avseende på torra avgaser, sker med nedanstående samband.

$$E(\text{mg} / \text{MJ}) = [E(\text{mg} / \text{m}_n^3)] * (g_{ot} + (\lambda_{referens} - 1) * l_{ot}) / H_{i,n}$$

Luftfaktorn vid (O<sub>2</sub>)<sub>t</sub> = 5 % är  $\lambda_{referens} = 1,28$ .

Exempel med omräkning av CO.

$$E_{CO} = 650 * (9,518 + (1,28 - 1) * 10,579) / 39,83 = 204 \text{ mg} / \text{MJ}$$

#### 4.3.2 LUFTFAKTOR – LUFTÖVERSKOTT

Syre- alternativt koldioxidhalten kan, under antagandet att förbränningen är fullständig, användas för att beräkna luftfaktorn. Förutsättningen är att bränslets egenskaper är känt, se kapitel 7.

Luftfaktor.

$$\lambda = 1 + \frac{g_{ot}}{l_{ot}} * \frac{(O_2)_t}{[20,9 - (O_2)_t]}$$

$g_{ot}$  teoretisk torr rökgasvolym, m<sup>3</sup><sub>n</sub>tA / m<sup>3</sup><sub>n</sub>B

$l_{ot}$  teoretiskt torrt luftbehov, m<sup>3</sup><sub>n</sub>tL / m<sup>3</sup><sub>n</sub>B

(O<sub>2</sub>)<sub>t</sub> uppmätt syrehalt i torra avgaser, vol-%

Efter katalysatorn kan förbränningen anses vara

fullständig. Syrehalten (O<sub>2</sub>)<sub>t</sub> är ca. 7,6 vol-% vilket ger luftfaktorn  $\lambda = 1,51$  och ett luftöverskott av 51 %.

$$\lambda = 1 + \frac{9,52}{10,58} * \frac{7,6}{[20,9 - 7,6]} = 1,51$$

Av tabell 9 framgår att syrehalten sjunker några tiondels procent samt att koldioxidhalten ökar något då avgaserna passerar katalysatorn. Detta beror på den katalytiska förbränningen (oxidationen) av brännbara ämnen i avgaserna.

#### 4.3.3 EMISSION AV KOLOXID, KVÄVEOXIDER OCH KOLVÄTEN

I rapporterna från DGC [2,3,4,5] är emissionerna angivna som uppmätt koncentration i ppm samt omräknat till  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{n}}$  [normalkubikmeter, 0 °C och 1013 hPa(abs)] vid  $(\text{O}_2)_t = 5 \text{ vol-\%}$ .

Omräkning från ppm till mg/MJ sker med vidstående samband.

I tabell 9 redovisas resultaten från den första mätningen 23 - 24/9 1998. Halten UHC före och efter katalysatorn anges även som % av tillfört. Det framgår att 2–3 % av tillfört bränsle passerar motorn och att större delen oxideras i katalysatorn.

En sammanställning över resultaten från alla mätningarna finns i figur 14 och som bilaga 5.

Omräkning från ppm till mg/MJ.

$$E = \rho * \frac{g_{ot}}{H_i} * \frac{20,9}{[20,9 - (\text{O}_2)_t]} * (K)_t \text{ mg / MJ}$$

$g_{ot}$  teoretisk torr rökgasvolym,  $\text{m}^3_{\text{n}}/\text{tA} / \text{m}^3_{\text{n}}\text{B}$

$H_i$  effektivt värmevärde,  $\text{MJ}/\text{m}^3_{\text{n}}$

$(\text{O}_2)_t$  uppmätt syrehalt i torra avgaser, vol-%

$(K)_t$  uppmätt koncentration av det

aktuella ämnet, ppm

$\rho$  densitet för det aktuella ämnet,  $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{n}}$

$\text{NO}_x$  2,07  $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{n}}$  som  $\text{NO}_2$

$\text{CO}$  1,25  $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{n}}$

$\text{CH}_4$  0,72  $\text{kg}/\text{m}^3_{\text{n}}$  (icke oxiderade kolväten som  $\text{CH}_4$ -ekvivalenter)

Ämne	HKA Malmö		HKA Svedala		Kommentarer
	Medelvärde (korttidsmätning) före katalysator	En timmes medelvärde efter katalysator	Medelvärde (korttidsmätning) före katalysator	En timmes medelvärde efter katalysator	
$\text{O}_2$ [vol-%]	$8,0 \pm 0,3$	$7,7 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,3$	$7,6 \pm 0,3$	
$\text{CO}$ [ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{n}}$ ]	$855 \pm 43$	$< 8 \pm 3$	$1045 \pm 47$	$< 7 \pm 3$	2,3
$\text{CO}_2$ [vol-%]	$7,4 \pm 0,3$	$7,6 \pm 0,3$	$7,4 \pm 0,3$	$7,7 \pm 0,3$	
$\text{NO}_x$ [ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{n}}$ ]	$152 \pm 11$	$174 \pm 11$	$203 \pm 12$	$260 \pm 13$	1,2,3
UHC [ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{n}}$ ]	$1520 \pm 70$	$65 \pm 4$	$2100 \pm 170$	$98 \pm 5$	2,3,4
UHC [%]	$2,3 \pm 0,1$	$0,10 \pm 0,01$	$3,1 \pm 0,3$	$0,15 \pm 0,01$	3,5
Kommentarer:					
1. $\text{NO} + \text{NO}_2$ , $\text{NO}$ viktsmässigt räknat som $\text{NO}_2$					
2. Omräknat till $(\text{O}_2)_t = 5 \text{ vol-\%}$					
3. Osäkerhet i mätningen av syrehalten är inräknad					
4. Total mängd oförbrända kolväten, angivet som $\text{CH}_4$ -ekvivalenter					
5. Total mängd oförbrända kolväten, omräknat till % av tillförd gasmängd					

Tabell 9 Resultat från mätningen 23 – 24 september 1998, 7500 drifttimmar [2].

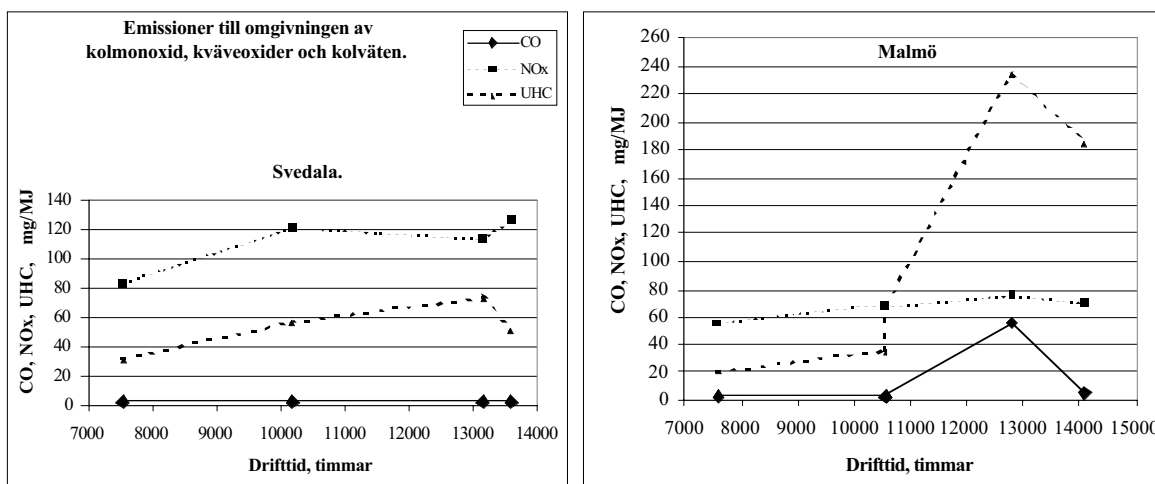
Angivna osäkerheter inkluderar hela mätsystemet, för mer information hänvisas till mät-rapporterna [2,3,4,5].

Emissionen till omgivningen av kolmonoxid, kväveoxid och oförbrända kolväten (UHC) uttryckt som mg/MJ framgår av tabell 10. För jämförelse anges även gränsvärdena enligt "TA-luft".

Avgaskomponent	HKA Malmö	HKA Svedala	Gränsvärde ("TA-luft") mg/MJ tillfört bränsle
CO mg/MJ	< 2	< 2	204
UHC mg/MJ <sup>1)</sup>	20	31	470
NO <sub>x</sub> mg/MJ	56	83	157
<sup>1)</sup> CH <sub>4</sub> -ekvivalenter			

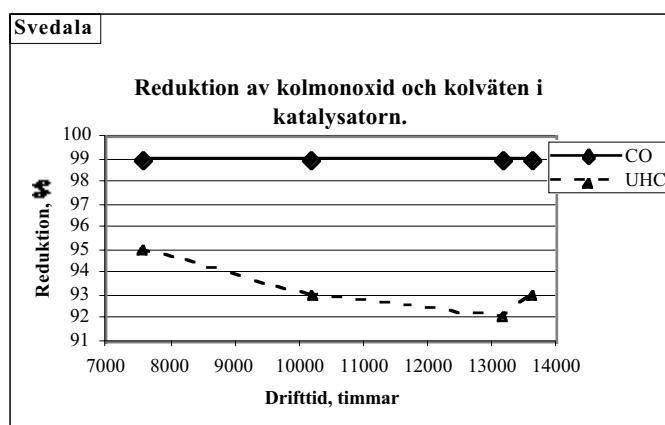
Tabell 10 Omräkning av resultat från mätningen 23 – 24 september 1998.

Sammanställningen, från de fyra mätningarna, i figur 14 visar att katalysatorn fungerar mycket bra vad avser reduktionen av kolmonoxid om man bortser från den 3:e mätningen i Malmö. Halten av UHC (Svedala) visar en ökande tendens vilket tyder på en viss "åldring". De höga halterna av UHC i Malmö tyder på att katalysatorn fortfarande är fel monterad. Katalysatorns egenskaper uttryckt som reduktion av CO och UHC visas i figur 15.

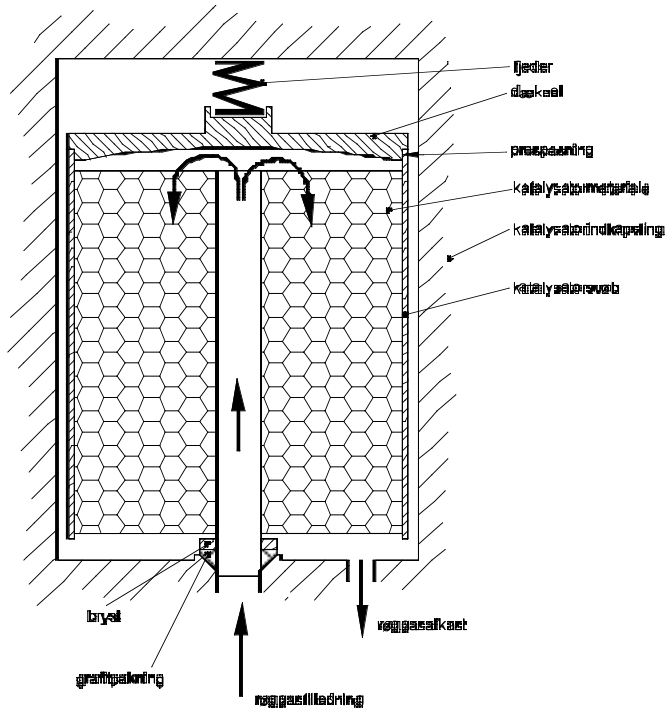


Figur 14 Uppmätta emissioner vid fyra tillfällen, 980923 – 990929.

Mätningarna visar att emissionerna från de båda HKA ligger väl under gränsvärdena enligt "TA-luft", även när katalysatorn inte fungerar som avsett.



Figur 15 Reduktion av CO och UHC i katalysatorn.



Katalysatorn består av en cylindrisk behållare med korrugerade plåtar vilka är belagda med ämnen som har en katalytisk effekt på oxidationen av brännbara ämnen. För att leda avgaserna genom katalysatorn så finns dels ett gjutet lock (däksel) och dels en grafitpackning. Locket har presspassning mot den cylindrisk behållaren och grafitpackningen måste placeras rätt.

Figur 16 Katalysator [4].

#### 4.3.4 EMISSION AV OLJEAEROSOLER OCH SOTPARTIKLAR

Vid ett tillfälle (2 prover) uppmättes emissionen av oljeaerosoler och sotpartiklar på HKA i Malmö. Resultaten redovisas i tabell 11.

Prov nr	Sotpartiklar mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> torr avgas	Oljeaerosoler mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> torr avgas
1	0,77 ± 0,24	2,9 ± 0,9
2	1,08 ± 0,26	2,9 ± 0,9
Medelvärde	0,93 ± 0,37	2,9 ± 0,9

Tabell 11 Emissionen av oljeaerosoler och sotpartiklar [2].

Om man antar att emissionen härrör från smörjoljan så kan en beräkning göras av hur stor smörjoljeförbrukning detta motsvarar under 3500 drifttimmar.

Gasförbrukningen är ca. 1,94 m<sup>3</sup><sub>n</sub> B/h

Teoretisk torr avgasvolym,  $g_{ot} = 9,52 \text{ m}^3_{n} \text{ tA} / \text{m}^3_{n} \text{ B}$

Teoretiskt luftbehov,  $l_{ot} = 10,58 \text{ m}^3_{n} \text{ tL} / \text{m}^3_{n} \text{ B}$       Luftfaktor,  $\lambda = 1,51$

$$(0,93 + 2,9) * 1,94 * (9,52 + (1,51 - 1) * 10,58) * 3500 / 1000 \approx 400 \text{ g (ca. 0,5 liter)}$$

Denna beräkning kan alltså inte förklara smörjoljeförbrukningen.



#### 4.3.5 EMISSION AV ALDEHYDER

Vid ett tillfälle, 27 januari 1999 i Malmö, togs prover (provflaskor) för analys med avseende på aldehyder. Proverna lämnas till separat laboratorium för analys av nio olika aldehyder. Av de analyserade aldehyderna har formaldehyd den högsta andelen, ca. 90 vikts-%.

Mätpunkt	Aldehydkoncentration mg/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> avgas	Reduktion i katalysatorn, %
Före katalysator	61	-
Efter katalysator 10500 drifttimmar	0,28	≈100
Efter katalysator Nyinstallerad	3,5	94

Tabell 12 Total mängd aldehyder i avgaserna samt reduktion i katalysatorn [3].

Emissionen av aldehyder till omgivningen är alltså mycket låg i normalfallet.

#### 4.3.6 LUKTNIVÅ OCH LUFTINTENSITET

Vid det sista mättillfället togs dubbla luktprover från båda enheterna [5].

Luktemissionen bestämdes till:

- Svedala 2900 resp. 2200 LE/m<sup>3</sup>
- Malmö 1100 resp. 1400 LE/m<sup>3</sup>

Slutsatsen är att luktnivån är låg.

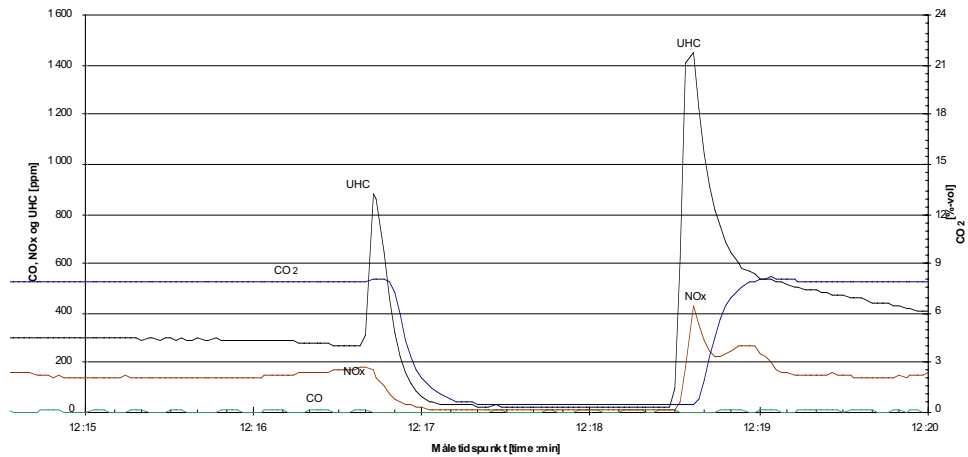
Luktemissioner förekommer alltid i samband med gaseldade motorer. Basnivån är 2000 – 5000 LE/m<sup>3</sup> avgas [19]. Som jämförelse kan nämnas att det vid större CHP enheter är normalt med en luktemission på 5000 – 10000 LE/m<sup>3</sup>. Luktemissioner på upp till 30000 LE/m<sup>3</sup> är uppmätta från större enheter.

#### 4.3.7 START- – STOPPFÖRLOPPET

Mätningar har genomförts vid stopp- – startförloppet. Startförloppet har studerats med varm såväl som kall motor.

Emissionerna av CO och UHC ökar kraftigt. Vid stopp är emissionen kortvarig, storleksordningen 10 - 20 sekunder. Då den ”varma” motorn startar igen tar det ca. 2 minuter innan emissionen är nere på ”normal” nivå, figur 17. Se även bilaga 6.

Svedala, 17.06.1999  
stop/start-förloeb målt efter katalysator



Figur 17 Emissioner ved stopp – start med varm motor [4].

Vid start med kall motor är emissionstoppen högre och varaktigheten med förhöjda värden längre. Det tar 3 – 4 minuter innan fortvarighet inträder, se bilaga 6.

#### 4.3.8 LJUD – BULLER

Ljudnivåmätningar enligt ISO 3746 har genomförts på anläggningen i Svedala. I panncentralen i Malmö är bakgrundsniån så hög att det inte är meningsfullt att mäta där.

Den totala ljudnivån beräknades till 57 dB(A) [2].

Tillverkaren anger ljudnivån till 52 dB(A) enligt DIN 45 635.

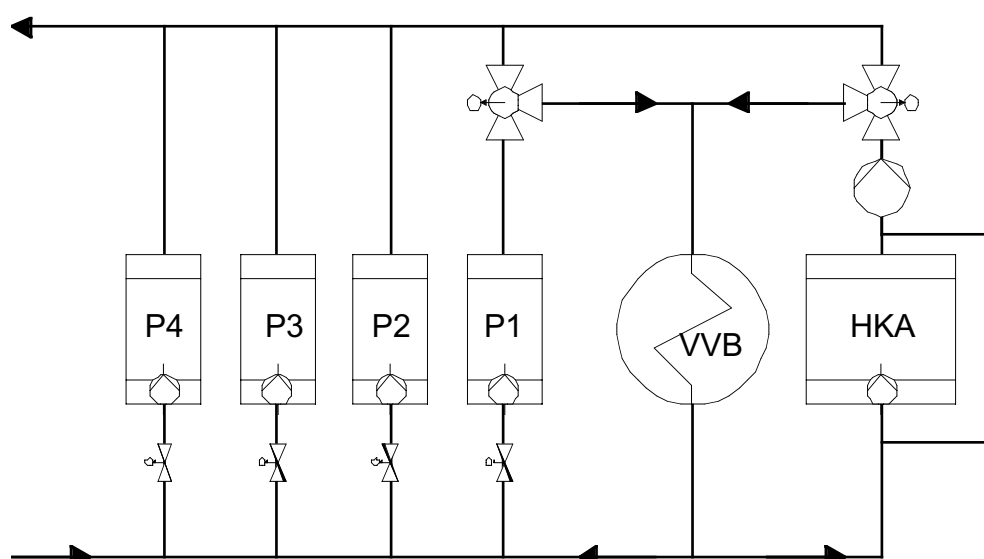
Någon studie har ej genomförts för att utröna skillnaden mellan de olika metoderna att bestämma ljudnivå.

## 5 GASUNIE PROJEKT

Det holländska gasbolaget GASUNIE har genomfört ett liknande projekt [6] med driftstart den 17 april 1996. Objektet är ett hyreshus i Groningen, Holland, med en panncentral som från början var utrustad med fem stycken gaspannor. En Sachs HKA 5,5 installerades parallellt med fyra stycken befintliga gaspannor om  $40 \text{ kW}_v$  per styck, se figur 18. Den indirekt värmda varmvattenberedaren (VVB) har en volym på 500 liter. Två av pannorna ( $P_1 + P_2$ ) är av kondenserande typ medan de båda andra är ”vanliga” pannor. Styrsystemet prioriterar först HKA därefter startar pannorna i stigande ordning så att HKA och de kondenserande pannorna, med högst verkningsgrad, får längst gångtid.

HKA levererar enbart el till fastighetens interna elsystem.

Från driftstart till den 1 oktober 1998 har HKA 19500 drifttimmar vilket motsvarar en utnyttjningsgrad av 90 %.

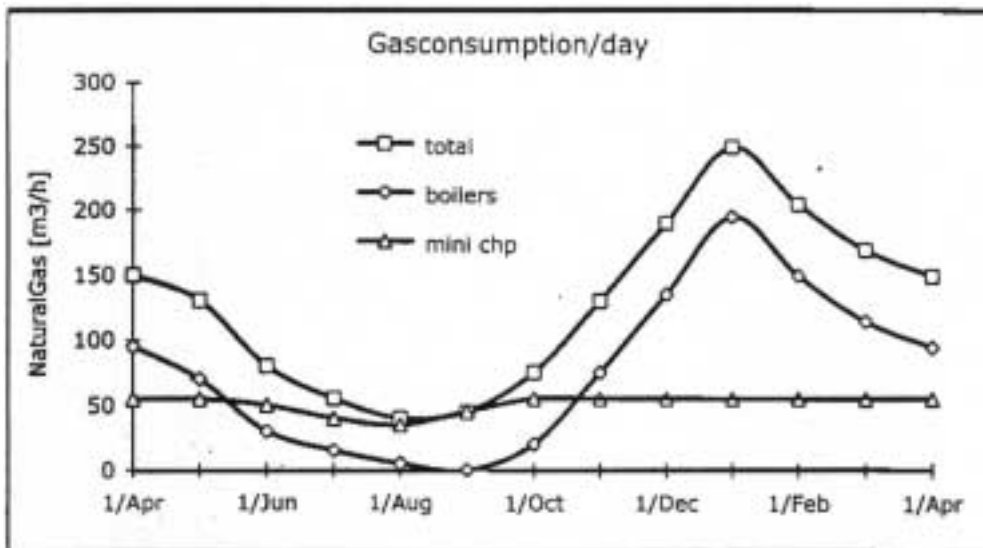


Figur 18 Principiellt flödesschema för installationen med HKA och fyra kaskadkopplade gaspannor [6].

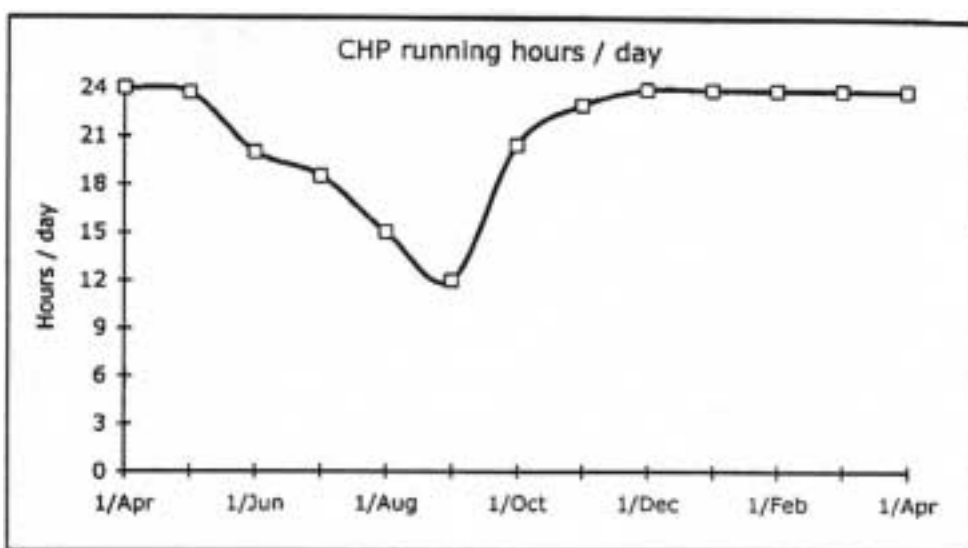
Under ett år (april 96 – april 97) har en drifttid på 7645 timmar, motsvarande en utnyttjningsgrad på 87 %, uppmätts. Gasförbrukningen och drifttiden, månadsmedelvärde, framgår av figur 19 - 20. Den lägsta utnyttjningsgraden, per månad, är 50 %.

Den totala gasförbrukning till panncentralen fördelas på 36 % till HKA och resten till gaspannorna. Enligt uppgift blir 65 % av HKA:s bränsleeffekt värme. Om man ansätter att pannornas årsverkningsgrad är 100 % så kan HKA:s andel av värmeproduktionen bestämmas till  $36 \cdot 0,65 = 23$  %.

Elverkningsgraden anges till 23 %.



Figur 19 Gasförbrukning över ett år (månadsmedelvärde) [6].



Figur 20 Drifttid över ett år, anges som drifttimmar/dygn (månadsmedelvärde) [6].

Uppmätta emissioner av  $\text{NO}_x$ , CO och UHC från HKA redovisas i tabell 13.

Det hävdas i rapporten [6] att man ur ett större perspektiv får en 25 % besparing av primäre energi i samband med installationen av HKA. Man utgår då från att den egen producerade elektriciteten ersätter el producerad i ett kraftverk med låg verkningsgrad och de förluster som uppstår då el distribueras.

Ämne	Emission mg/MJ
Kväveoxider, $\text{NO}_x$	45
Kolmonoxid, CO	0,5
Kolväten ( $\text{CH}_4$ ), UHC	60

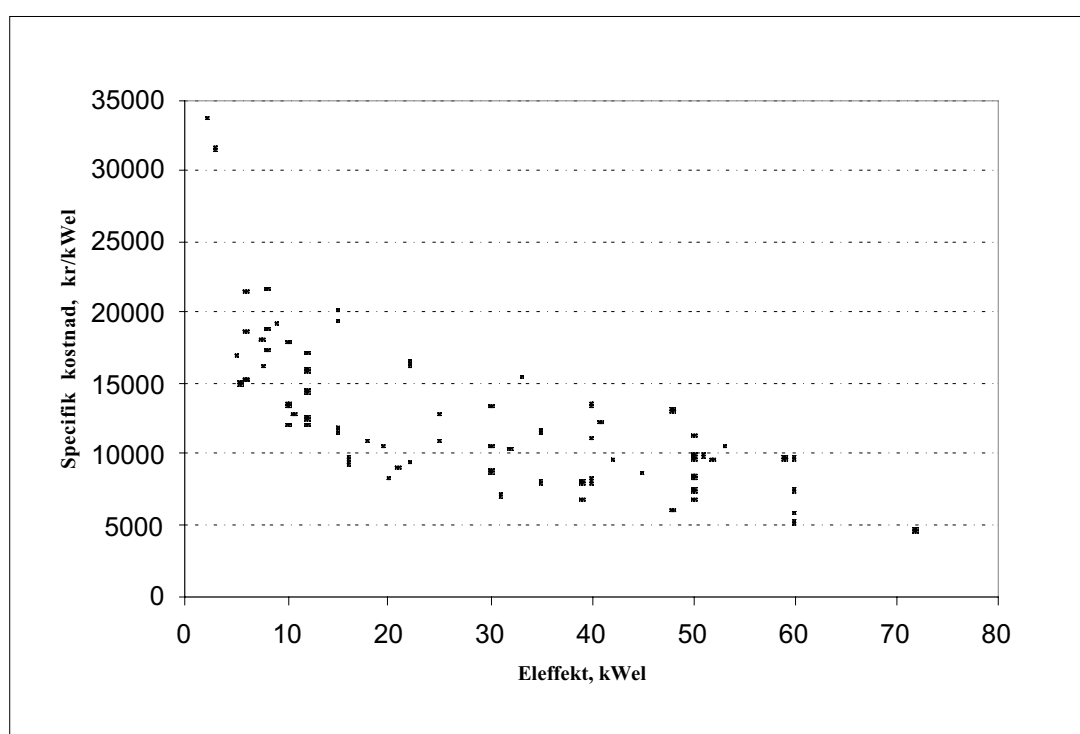
Tabell 13 Emissioner från HKA [6].

Den ekonomiska kalkylen visar att "pay back" tiden är fem år vilket är lika med den antagna livslängden. Trots ganska högt elpris och lågt gaspris så är kommentaren att denna teknologi inte ännu är tillräckligt attraktiv ur ekonomisk synvinkel.

## 6 EKONOMI

Man kan konstatera att småskalig el- och värmeproduktion är förknippad med hög specifik installationskostnad. Generellt sett ökar inköpspriset (kr/kW<sub>el</sub>) för CHP med minskande effekt. Sambandet mellan eleffekt och inköpspris för några på marknaden befintliga CHP framgår av figur 21.

Uppgifterna är huvudsakligen hämtade från Internet [7] och sammanställda i samband med ett examensarbete [8].



Figur 21 Specifik kostnad för CHP med naturgas och eldningsolja som bränsle [8].

Aggregat i den aktuella klassen har en specifik kostnad av 15 – 22 kkr/kW.

Sachs HKA 5.5 kostar ca. 100 kkr exkl. moms, 1999 års pris [9] vilket ger  $100/5,5 = 18,2$  kkr/kW.

Inhämtade uppgifter som redovisas i tabell 14 avser en ny installation av en Sachs HKA 5.5. Prisuppgifter i den högra kolumnen är hämtade från den av SenerTec tillhandahållna Excel-filen WIBER 99-08. Omräkningskurs 4,50 Skr/DM.

Kostnadsslag	kr exkl. moms priser från [9]	kr exkl. moms SenerTec program
Sachs HKA 5.5	98663	89100
Installationssats	3488	
Installationsarbete ca. (2 m till skorsten och gruppcentral)	25000	20250
Summa	127151	109350

Tabell 14 Kostnader vid nyinstallation av Sachs HKA 5.5, 1999 års priser.

De båda aggregaten i Malmö och Svedala inköptes direkt från det tyska företaget SenerTec GmbH, Schweinfurt. Utgifter i samband med installationerna redovisas i tabell 15, 1997 års priser [14].

Typ	Malmö kr exkl. moms	Svedala kr exkl. moms
Motor Sachs HKA 5.5	73000	73000
Frakt	1000	1000
Rörinstallation	13500	8000
Skorsten	5000	5000
Isolering	4800	6000
Elanslutning	14000	14000
<b>Totalt, kr</b>	<b>111300</b>	<b>107000</b>

Tabell 15 Utgifter i samband med installationen av HKA i Malmö och Svedala [14].

## 6.1 Gas- och elpris

Gaspriset är kopplat till hur stor förbrukningen är per år och hur gasleveransen är fördelad över året samt vilket bränslealternativ gaskunden har. Gaskunder som har en relativt jämn gasförbrukning över året och/eller relativt stor förbrukning under sommarperioden kan premieras med ett lägre gaspris. Stora gaskunder har naturligtvis en bättre förhandlingsituation än mindre.

Den naturgas prislista som kan tänkas vara aktuell för kunder med en HKA installation är NG250 [10]. Prislistan avser leveranser  $\leq 250$  MWh/år och maximalt ansluten bränsleeffekt på 200 kW till kunder som ej omfattas av speciella skatteregler.

Prislista NG250 gällande från 1 april 1999	
Abonnemangsavgift	1300 kr/år
Energiavgift	300 kr/MWh
Tillkommande	Moms Anslutningsavgift

Tabell 16 Naturgasprislista NG250 [10].

Prislista för större gaskunder saknas, förhandling från fall till fall.

På den avreglerade elmarknaden har alla elkunder möjlighet att välja elleverantör. Detta gör att stora elkunder av typen fastighetsbolag, kommuner o.dyl. har speciellt goda möjligheter att förhandla fram ett bra elpris.

Den fortsatta framställningen fokuserar på HKA i Svedala eftersom denna typ av el- och värmeunderlag bäst beskriver de installationer där HKA kan komma ifråga.

### 6.1.1 GASPRIS, SPORTANLÄGGNINGEN I SVEDALA

Idrottsanläggningen i Svedala hade under 1998 en naturgasförbrukning motsvarande  $1560 \text{ MWh}_{\text{br}}$  varav ca.  $180 \text{ MWh}_{\text{br}}$  gått till HKA. Utnyttjningsgraden under 1998 är 98 %.

$$20,9 \cdot 8760 \cdot 0,98 \cdot 10^{-3} = 180 \text{ MWh}_{\text{br}}$$

Av den tillförda bränsleenergin överförs ca. 60 % till värmesystemet vilket innebär ett bidrag från HKA på ca. 108 MWh<sub>v</sub>.

Årsverkningsgraden för varmvattenpannan med kondenserande avgaskylare är ca. 100 % (103 % maj – augusti, 97 % övrig tid) [11].

Den totala värmeproduktionen är

$$(1560-180)*1.0+108 = 1488 \text{ MWh}_v/\text{år}$$

Det procentuella värmebidraget från HKA är alltså ca 7,3 % under 1998.

$$108/1488*100 = 7,3 \%$$

Abonnerad effekt uppgår till 760 kW<sub>br</sub>.

Gaspriset (Svedala) fördelas på abonnemangsavgift och energiavgift enligt tabell 17.

Kostnadsslag	kr/MWh	öre/kWh
Energiavgift (gaspris)	291,90	29,19
Abonnemangsavgift	21,00	2,10
Summa	312,90	31,29

Tabell 17 Gaspris, sporthallen i Svedala, inkl. skatter men exkl. moms [15].

I gaspriset ingår energi- och koldioxidskatt med totalt 9,5 öre/kWh<sub>br</sub>.

#### 6.1.2 ELPRIS, SPORTANLÄGGNINGEN I SVEDALA

El inköpet under 1998 var ca. 387 MWh<sub>el</sub>, elanslutning 160 A/400 V (110 kVA).

Den aktuella tariffen betecknas D1 vilket bland annat innebär att mätningen är differentierad över dygnet, veckan och året enligt tabell 18. Fasta avgifter tillkommer, storleken på den fasta avgiften påverkas inte av att viss el produceras internt.

HKA har under 1998 levererat ca. 180\*0,25 = 45 MWh (25 % elverkningsgrad) till det interna nätet vilket innebär att 10 % av den totala elförbrukningen erhålls från HKA.

$$45/(45+387)*100 = 10 \%$$

Elpris, sportanläggningen i Svedala, 1999 års priser			
Nätavgift	Vinter, nov – mars, vardagar 06 - 22	30,56 öre/kWh	1600 tim/år
	Övrig tid	6,35 öre/kWh	7160 tim/år
	Medelvärde över året	<b>10,8 öre/kWh</b>	8760 tim/år
Elenergi	Vinter, <b>hög</b> , nov – mars, vardagar 06-22	22,85 öre/kWh	1600 tim/år
	Vinter, <b>låg</b> , nov – mars, övrig tid	19,7 öre/kWh	2024 tim/år
	April, sept, okt, vardagar 06-22	17,9 öre/kWh	1072 tim/år
	Övrig tid	12,9 öre/kWh	4064 tim/år
	Medelvärde över året	<b>16,9 öre/kWh</b>	8760 tim/år
Elskatt		<b>15,1 öre/kWh</b>	
Totalt	Medelvärde över året	<b>42,8 öre/kWh</b>	exkl. moms

Tabell 18 Elpris, sporthallen i Svedala, inkl skatt men exkl. moms [16]

Beräknat medelpris för inköpt el, 42,8 öre/kWh<sub>el</sub> exkl. moms, kommer att användas som referens i den ekonomiska kalkylen vad avser den av HKA producerade elektriciteten. Förutsättningen är då att elproduktionen är jämnt fördelad över året.

## 6.2 Ekonomisk kalkyl

Investeringen i samband med installation av en HKA studeras med hjälp av annuitetsmetoden.

### 6.2.1 KALKYLFÖRUTSÄTTNINGAR

Enligt lagen om skatt på energi (LSE 1994:1776), 11 kap. 1§, är elektrisk kraft som förbrukas i Sverige skattepliktig, om inte annat följer av 2§.

Elektrisk kraft är inte skattepliktig om den framställs i Sverige av en producent som förfogar över en installerad generatoreffekt av mindre än 100 kW<sub>el</sub> och som inte yrkesmässigt levererar elektrisk kraft enligt 11 kap. 2§2 LSE.

I det aktuella fallet är alltså den internt producerade och använda elektriciteten befriad från elskatt (15,1 öre/kWh). Däremot betalas full energi- och koldioxidskatt på det använda bränslet, totalt 9,5 öre/kWh<sub>br</sub>.

Underhållskostnaderna består i huvudsak av de i tabell 19 redovisade posterna. Genom att bestämma vilka utgifter som uppstår under ett års drift (två servicetillfällen) kan den specifika underhållskostnaden i öre/kWh<sub>el</sub> beräknas.

Kostnadsslag, 1999 års priser	kr/år exkl. moms
Grundservicesats (olja, filter), 2 st	1200
Tändstift, 1 st	1150
Servicearbete, 2 tim a 380 kr/tim *2	1520
Grundavgift, 208 kr/st *2	416
Bilkostnad, 36 kr/mil, 5 mil *2	360
Summa	4646
Specifik underhållskostnad vid en produktion av 45000 kWh <sub>el</sub> /år. Avrundat.	<b>11 öre/kWh<sub>el</sub></b>

Tabell 19 Underhållskostnad.

SenerTec:s beräkningsprogram anger en något högre specifik underhållskostnad, 13 öre/kWh<sub>el</sub> eller 72 öre/drifttimma, bl.a. beroende på att även de större underhållsinsatserna är invägda.

Värmen som produceras av HKA värdesätts som den rörliga delen av värmepriset,  $31,3 * 1,25 = 39,1$  öre/kWh<sub>v</sub> inkl. moms, vid värmeproduktion i gaspannan med 100 % årsverkningsgrad.

Ett påslag för underhåll o.dyl. görs med 3 öre/kWh<sub>v</sub> inkl. moms.

Den producerade elektriciteten värderas till  $42,8 * 1,25 = 53,5$  öre/kWh<sub>v</sub> inkl. moms.

Kalkyltiden ansätts till 7 år vilket är 3 år mindre än den angivna tekniska livslängden på ca. 10 år (80000 timmar).

Den reala kalkylräntan ansätts till 6 %.

Beräkningarna genomförs med moms (25 %) på bränsle, el och grundinvestering.



### 6.2.2 KALKYLER ENLIGT ANNUITETSMETODEN

Med utgångspunkt från grundinvestering, real kalkylränta, kalkyltid samt drift- och underhållskostnader kan den totala årskostnaden för el- och värmeproduktionen bestämmas. Om den årliga intäkten, som investeringen genererar, överstiger årskostnaden är detta en indikation på att investeringen är lönsam.

Kalkylen, med angivande av förutsättningarna, framgår av tabell 20. I förutsättningarna ingår att värmen kan produceras i en befintlig panna. Eventuella kapitalkostnader för denna panna tas ej med i beräkningen eftersom den är befintlig.

Restvärdet för HKA vid kalkyltidens slut är noll.

Det framgår med all önskvärd tydlighet att investeringen inte är lönsam, se tabell 20. Utbetalningen för bränsle och underhåll, ca. 77 kkr/år, är större än värdet av genererad el och värme, 70 kkr/år. Det ekonomiska utfallet av investeringen är -36 kkr/år.

Den av HKA genererade elektriciteten kostar 1,33 kr/kWh<sub>el</sub> inkl. moms, att jämföra med priset på inköpt el som är 0,54 kr/kWh<sub>el</sub> inkl. moms.

<b>Kalkyl för HKA, inkl. moms.</b>		HKA	Panna	
Eleffekt	kW <sub>el</sub>	<b>5,24</b>		
Värmeeffekt	kW <sub>värme</sub>	<b>12,7</b>	12,7	
Utnyttjningsgrad		<b>98%</b>		
Verkningsgrad		<b>86%</b>	<b>100%</b>	<b>Indata</b>
Bränslepris	kr/MWh <sub>br</sub>	<b>391</b>	391	
Elpris	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>535</b>		
Driftstid	h/år	8585	8585	
Bränslebehov	MWh <sub>br</sub> /år	179,9	109,0	
Elproduktion	MWh <sub>el</sub> /år	45,0		
Värmeproduktion	MWh <sub>v</sub> /år	109,0	109,0	
Underhållskostnad	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>138</b>	<b>30,0</b>	kr/MWh <sub>v</sub>
Investering	kkr	<b>163</b>	<b>0</b>	
Kalkyltid	år	7		
Real kalkylränta		<b>6%</b>		
Annuitetsfaktor		0,1791		
Kostnader				
	-kapital	29,1	0,0 kkr/år	
	-bränsle	70,4	42,6 kkr/år	
	-underhåll	6,2	3,3 kkr/år	
	Summa	105,7	45,9 kkr/år	
Värdet av den genererade				
	Värmen	45,9 kkr/år	421 kr/MWh <sub>v</sub>	
	Elektriciteten	24,1 kkr/år		
	Summa intäkter	70,0 kkr/år		
	Ekonomiskt utfall	-35,7 kkr/år		
El som genereras i HKA kostar:			59,8 kkr/år	
	eller		1328 kr/MWh <sub>el</sub>	

Tabell 20 Kalkyl enligt annuitetsmetoden, inkl. moms.

En känslighetsanalys har genomförts genom att studera utfallet vid enskild variation av några förutsättningar, se tabell 21. Resultatet visar att utfallet för all del förbättras under gjorda antaganden men att det är långt till ett positivt utfall. Den specifika investeringen på 18 kkr/kW<sub>el</sub> enligt tabellen nedan innebär en investering på ca. 100 kkr inkl. moms.

Variabel		Utfall	
Grundförutsättning		-35,7	kk/år
Kalkyltid	10 år	-28,7	kk/år
Real kalkylränta	4%	-33,6	kk/år
Kalkyltid/real kalkylränta	10 år/4 %	-26,6	kk/år
Specifik investering	18 kkr/kW <sub>el</sub>	-24,3	kk/år
Elkostnad, + 20 %	642 kr/MWh <sub>el</sub>	-30,9	kk/år
Naturgaspris, -10 %	352 kr/MWh <sub>br</sub>	-32,9	kk/år
Pannans årsverkningsgrad	80%	-25,0	kk/år
Värmeeffekten produceras i ny panna, jämför GASUNIE kap 5. Investering 50 kkr, 90 % årsverkningsgrad		-22,0	kk/år

Tabell 21 Känslighetsanalys, inkl. moms.

I framtiden kommer med stor säkerhet elpriset att öka. Om man antar en ganska kraftig ökning, så att den totala elkostnaden blir 90 öre/kWh<sub>el</sub>, och undersöker vilken investering som kan klaras av så erhålls en indikation på om dessa enheter kan bli intressanta investeringsobjekt den närmaste framtiden. Övriga förutsättningar som tidigare. Se tabell 22.

Beräkningen i tabell 22 visar att en investering på ca. 55 kkr, inkl. moms, kan klaras av under givna förutsättningar. Investeringen på 44 kkr exkl. moms motsvarar en specifik investering på 8 kkr/kW<sub>el</sub> vilket ligger i nivå med betydligt mycket större aggregat. Slutsatsen är att en mycket kraftigt elprisökning inte räcker utan investeringen måste också sänkas radikalt.

Ett annat fall som kan vara av intresse att studera är en helt ny installation där ett koncept av den typ som visas i kapitel 5 väljs.

Hur mycket får HKA kosta vid nyinstallation då alternativet är en investeringen i en panninstallation av storleksordningen 13 kW<sub>v</sub> med årsverkningsgraden 93 %?

Investeringen i panninstallationen ansätts till 55 kkr, inkl. moms, med 10 års kalkyltid. Restvärdet vid kalkyltidens slut är noll.

Den årliga kostnaden för att producera värme, 100 MWh<sub>v</sub>/år vid 90 % utnyttjningsgrad, i en ny panna beräknas till 52,6 kkr/år eller 525 kr/MWh<sub>v</sub>, se tabell 23.

Värmen som produceras i HKA värderas till samma belopp och den investering som ger elpriset 900 kr/MWh<sub>el</sub> kan beräknas till 109 kkr inkl. moms.

Ett elpris på denna nivå kommer sannolikt att öka efterfrågan på mikro-CHP vilket i sin tur kan leda till lägre priser. Det är alltså inte orimligt att tänka sig en marknad för mikro-CHP i en inte allt för avlägsen framtid, speciellt då vid nyinstallation enligt ovan.

<b>Kalkyl för HKA, inkl. moms.</b>				
		HKA	Panna	
Eleffekt	kW <sub>el</sub>	<b>5,24</b>		
Värmeeffekt	kW <sub>värme</sub>	<b>12,7</b>	12,7	
Utnyttjningsgrad		<b>98%</b>		
Verkningsgrad		<b>86%</b>	<b>100%</b>	<b>Indata</b>
Bränslepris	kr/MWh <sub>br</sub>	<b>391</b>	391	
Elpris	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>900</b>		
Driftstid	h/år	8585	8585	
Bränslebehov	MWh <sub>br</sub> /år	179,9	109,0	
Elproduktion	MWh <sub>el</sub> /år	45,0		
Värmeproduktion	MWh <sub>v</sub> /år	109,0	109,0	
Underhållskostnad	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>138</b>	<b>30,0</b>	kr/MWh <sub>v</sub>
Investering	kkr	<b>55</b>	<b>0</b>	
Kalkyltid	år	<b>7</b>		
Real kalkylränta		<b>6%</b>		
Annuitetsfaktor		0,1791		
Kostnader				
	-kapital	9,9	0,0 kkr/år	
	-bränsle	70,4	42,6 kkr/år	
	-underhåll	6,2	3,3 kkr/år	
	Summa	86,4	45,9 kkr/år	
Värdet av den genererade				
	Värmen	45,9 kkr/år	421 kr/MWh <sub>v</sub>	
	Elektriciteten	40,5 kkr/år		
	Summa intäkter	86,4 kkr/år		
	Ekonomiskt utfall	0 kkr/år		
El som genereras i HKA kostar:			40,5 kkr/år	
	eller		900 kr/MWh <sub>el</sub>	

Tabell 22 Kalkyl enligt annuitetsmetoden med ett elpris av 90 öre/kWh<sub>el</sub>.

<b>Kalkyl för HKA, inkl. moms.</b>				
		HKA	Panna	
Eleffekt	kW <sub>el</sub>	<b>5,24</b>		
Värmeeffekt	kW <sub>värme</sub>	<b>12,7</b>	12,7	
Utnyttjningsgrad		<b>90%</b>		
Verkningsgrad		<b>86%</b>	<b>93%</b>	<b>Indata</b>
Bränslepris	kr/MWh <sub>br</sub>	<b>391</b>	391	
Elpris	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>900</b>		
Driftstid	h/år	7884	7884	
Bränslebehov	MWh <sub>br</sub> /år	165,2	107,7	
Elproduktion	MWh <sub>el</sub> /år	41,3		
Värmeproduktion	MWh <sub>v</sub> /år	101,1	101,1	
Underhållskostnad	kr/MWh <sub>el</sub>	<b>138</b>	<b>30,0</b>	kr/MWh <sub>v</sub>
Investering	kkr	<b>109</b>	<b>55</b>	
Kalkyltid	år	<b>7</b>	<b>10</b>	
Real kalkylränta		<b>6%</b>	<b>6%</b>	
Annuitetsfaktor		0,1791	0,1359	
Kostnader				
	-kapital	19,4	7,5 kkr/år	
	-bränsle	64,6	42,1 kkr/år	
	-underhåll	5,7	3,0 kkr/år	
	Summa	89,8	52,6 kkr/år	
Värdet av den genererade				
	Värmen	52,6 kkr/år	525 kr/MWh <sub>v</sub>	
	Elektriciteten	37,2 kkr/år		
	Summa intäkter	89,8 kkr/år		
	Ekonomiskt utfall	0,0 kkr/år		
El som genereras i HKA kostar:			37,2 kkr/år	
	eller		900 kr/MWh <sub>el</sub>	

Tabell 23 Alternativ investering, HKA kontra ny panna.

## 7 NATURGAS

Naturgasens sammansättning varierar något med tiden vilket gör att det effektiva värmevärdet också varierar. Uppgifter från Sydgas [17] ligger till grund för tabell 24 och beräkningar enligt tabell 26.

Månad	Effektivt Värmevärde Hi, kWh/m <sup>3</sup>	Wobbetal Wi, kWh/m <sup>3</sup>
jan-98	11,09	12,14
feb-98	11,08	12,09
mar-98	11,14	12,13
apr-98	11,13	12,16
jun-98	11,08	12,18
jul-98	11,14	12,16
aug-98	11,09	12,13
sep-98	11,13	12,16
okt-98	11,03	12,09
nov-98	11,09	12,10
dec-98	11,04	12,12
jan-99	11,05	12,12
feb-99	11,09	12,09
mar-99	11,06	12,11
apr-99	11,07	12,07
maj-99	11,03	12,06
jun-99	11,19	12,21
jul-99	11,11	12,06
aug-99	11,20	12,16
sep-99	11,12	12,13
Medelvärde	11,10	12,12
Standardav	0,046	0,041

Det effektiva värmevärdets medelvärde för hela perioden är 11,10 kWh/m<sup>3</sup><sub>n</sub> med standardavvikelsen 0,046.

Bränsleeffekten är proportionell mot Wobbetalet vid i övrigt likartade förhållande.

Vad avser bränsleeffekten/ Wobbetalet så framgår det av tabellen att variationerna är försumbara.

I samband med att utvinning av naturgas från ett nytt gasfält (Syd-Arne) blev aktuellt genomfördes en utredning i Danmark om hur varierande gassammansättning påverkar gaskundernas gasinstallationer.

Resultatet av utredningen blev att slutförbrukaren inte kommer att påverkas i nämnvärd omfattning, se tabell 25.

Metantalet är motsvarigheten till bensinens oktantal och anger gasformiga bränslens knackningsegenskaper vid användning i förbränningsmotorer.

Det i tabell 25 angivna metantalet är beräknat med en algoritm framtagen av DGC.

Tabell 24 Effektivt värmevärde och Wobbetal månadsmedelvärde under perioden 1981 – 1999 [17].

	Effektivt värmevärde MJ/m <sup>3</sup> <sub>n</sub> kWh/m <sup>3</sup> <sub>n</sub>	Metantal
Dygnsmedelvärde under 1998	39,20 – 40,44 10,89 – 11,23	68,7 – 73,0
Från hösten 1999		
Dominerande tillförsel, > 99 % av tiden	39,2 – 40,8 10,9 – 11,3	67 – 73
Alternativ tillförsel, < 1 % av tiden	40,9 – 42,7 11,4 – 11,9	62,6 – 66

Tabell 25 Effektivt värmevärde och metantal [18].

DANSK NATURGAS, 99-11-15						
Komponent	vol-andelar	vikts-andelar	Förbränningsberäkningar			
Metan, CH <sub>4</sub>	0,87186	0,7435	v(O <sub>2</sub> ) <sub>o</sub>	2,219	m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> B	
Etan, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,06960	0,1112	v(CO <sub>2</sub> ) <sub>o</sub>	1,163	m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> B	
Propan, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,02751	0,0645	v(H <sub>2</sub> O) <sub>o</sub>	2,137	m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup> B	
i-Butan, C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00432	0,0133	v(N <sub>2</sub> ) <sub>o</sub>	8,378	m <sup>3</sup> N <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> B	
n-Butan	0,00596	0,0184	lot	10,597	m <sup>3</sup> tL/m <sup>3</sup> B	
Pentan, C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00199	0,0076	lot	0,956	m <sup>3</sup> n tL/kWh	
Koldioxid, CO <sub>2</sub>	0,01584	0,0371	got	9,541	m <sup>3</sup> tA/m <sup>3</sup> B	
Kväve, N <sub>2</sub>	0,00291	0,0043	got	0,861	m <sup>3</sup> n tA/kWh	
Syre, O <sub>2</sub>	0,00000	0,0000	go	11,677	m <sup>3</sup> fA/m <sup>3</sup> B	
Väte, H <sub>2</sub>	0,00000	0,0000	go	1,053	m <sup>3</sup> n fA/kWh	
Kolmonoxid, CO	0,00000	0,0000	(CO <sub>2</sub> ) <sub>ot</sub>	12,19	vol-%	
Vattenånga, H <sub>2</sub> O	0,00000	0,0000				
Summa	1,0000	1,0000	Avgasernas sammansättning, λ = 1,00			
Molmassa	18,81		CO <sub>2</sub>	9,96	vol-%	
Densitet	0,845	kg/m <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> O	18,30	vol-%	
Relativ dens	0,653		N <sub>2</sub>	71,74	vol-%	
Kalorimetriskt	44,099	MJ/m <sup>3</sup>	SUMMA	100,00		
Värmevärde, H <sub>s</sub> *	12,25	kWh/m <sup>3</sup>	* Referenstemperatur 25 °C			
Effektivt	39,904	MJ/m <sup>3</sup>				
Värmevärde, H <sub>i</sub> *	11,08	kWh/m <sup>3</sup>	Vattendagpunkt			
Wobbeindex, W <sub>s</sub>	54,56	MJ/m <sup>3</sup>	tDagg	58,5	°C (metod 1)	
W <sub>s</sub>	15,16	kWh/m <sup>3</sup>	tDagg	58,5	°C (metod 2)	
W <sub>i</sub>	49,37	MJ/m <sup>3</sup>				
W <sub>i</sub>	13,71	kWh/m <sup>3</sup>				
Förbränningsluftens relativa fuktighet						
RH	30	% vid 20 °C	wl	0,006977	m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup> tL	
Alla volymangivelser vid normaltillstånd, 0 °C och 1013 hPa(a)						

Tabell 26 Datablad för Dansk naturgas, 99-11-15

## REFERENSER

1. SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt, Tyskland, Diverse broschyrer, manualer m.m.
2. Dansk Gasteknisk Center a/s, SACHS 5,5 kW<sub>e</sub> lean-burn mini KV-anlæg. *Målerapport 1* reviderede udgave, maj 1999. Sagsnr. 718.94.
3. Dansk Gasteknisk Center a/s, SACHS 5,5 kW<sub>e</sub> lean-burn mini KV-anlæg. *Målerapport 2*, maj 1999. Sagsnr. 718.94-2.
4. Dansk Gasteknisk Center a/s, SACHS 5,5 kW<sub>e</sub> lean-burn mini KV-anlæg. *Målerapport 3*, juli 1999. Sagsnr. 718.94-3.
5. Dansk Gasteknisk Center a/s, SACHS 5,5 kW<sub>e</sub> lean-burn mini KV-anlæg. *Målerapport 4*, november 1999. Sagsnr. 718.94-4.
6. Gasunie Research, Holland, *A modular approach to hydronic central heating systems with CHP in commercial buildings*, rapport redovisad vid IGRC 1998.
7. Internet, <http://www.fen.baynet.de/~xx596/herstell.htm>, april-maj 1999.
8. Ann-Christine Johansson DRI-96, *Teknik och ekonomi för mikrokraftvärme*, examensarbete vid Malmö Högskola, Teknik och samhälle, 1999.
9. Svensk Motorservice Gaskoncept AB, samtal och skriftväxling med Flemming Friberg.
10. Sydgas, Naturgaspris NG250, 1 april 1999.
11. KW Energiprodukter AB, samtal med Kjell Wanzelius.
12. Sydgas, samtal med Lennart Bengtsson.
13. Sydkraft, samtal och skriftväxling med Bo Hansson.
14. Sydgas, samtal och skriftväxling med Staffan Ivarsson.
15. Sydkraft, samtal och skriftväxling med Einar Jönsson.
16. Sydkraft, samtal och skriftväxling med Richard Ekholm.
17. Sydgas, samtal och skriftväxling med Nils Widing.
18. DONG, Gaskvalitet, Internet, <http://www.dong.dk>.
19. Dansk Gasteknisk Center a/s, *Lugtgener fra stationære gasmotorer*, augusti 1998. ISBN 87-7795-152-2.

## BILAGA 1. BILDER ÖVER HKA 5,5



Detalj med termostat, avgaskylare, oljefilter och mätsondens placering vid uttag av avgaser före katalysatorn.



Mätsond för utsug av avgaser, efter avgasventilen men före katalysatorn

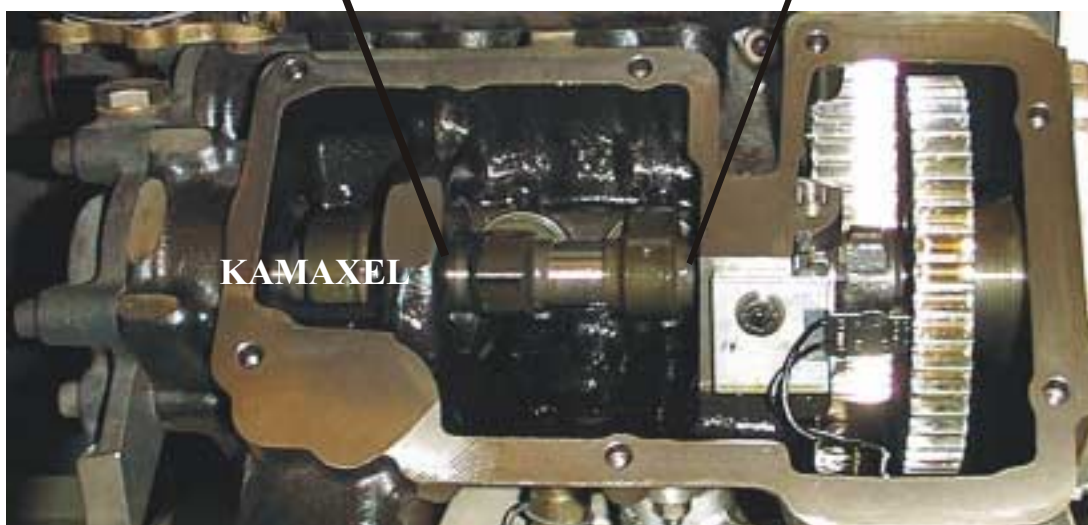
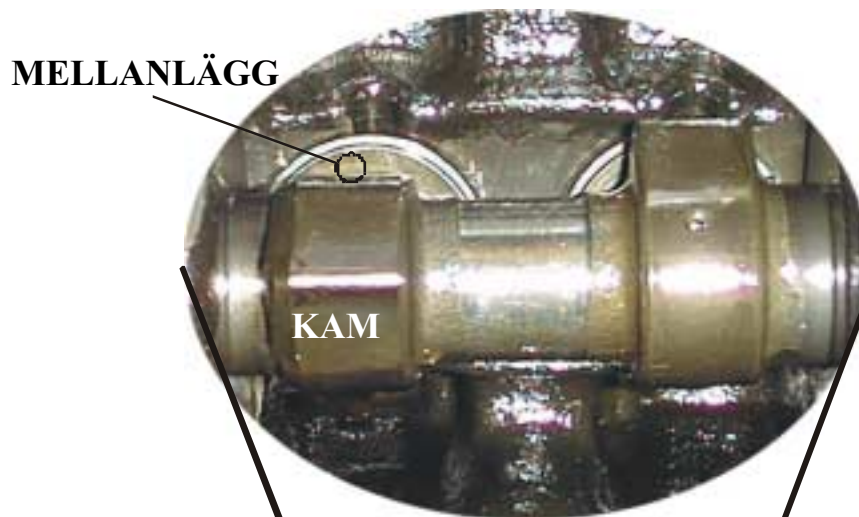


**BILAGA 2. SERVICEPROTOKOLL.**

<b>SenerTec</b>		<b>Wartungsprotokoll</b> der ... <u>4</u> ... Wartung Gas - HKA Wartungsintervall: 3500 + 300 h			Betreiber: ..... ..... .....	
Betriebsst. letzte Wartung: <u>3514</u>		Betriebsst.: <u>13954</u>		Fabr.-Nr.:		Anlagentyp:
Pos.	Durchgeführte Arbeiten:	Ja	Nein	Bemerkungen:		
1	Betriebszustände/Störungen (Display/Laptop) Schalkkapsel öffnen			<u>49</u>		
2	Geräuschverhalten i.O.	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	Gas-/Abgassystem dicht Anlage abschalten (Hauptschalter)	<input checked="" type="checkbox"/>				
4	Schmieröl dicht	<input checked="" type="checkbox"/>				
5	Heizwasser dicht	<input checked="" type="checkbox"/>				
6	Ventildeckel öffnen Schmierölfilter gewechselt	<input checked="" type="checkbox"/>				
7	Verschlußschraube Schmieröltank öffnen Schmieröl abgesaugt Verschlußschraube Schmieröltank schließen	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>10,5 liter</u>		
8	Ventilspiel geprüft	Einstellmaß		Antriefszustand	nach Wartung	
		Einlaß: 0,3 +/- 0,05 mm (rechtes Ventil)		<u>0,30</u>	-	
		Auslaß: 0,6 +/- 0,05 mm (linkes Ventil) <small>Nachstellen, wenn Spiel kleiner 0,5 mm</small>		<u>0,20</u>	<u>0,60</u>	
9	Ventilspiel nachgestellt	Ventilplatte: Einlaß: 3,25 ..... 4,8 mm (rechtes Ventil)				
		Ventilplatte: Auslaß: 3,25 ..... 4,8 mm (linkes Ventil)		<u>4,00</u>	<u>3,60</u>	
Wenn Ventilplatte kleiner als 3,5 mm ist, bitte Rücksprache mit SenerTec nehmen.						
10	Zündkerze-stecker gewechselt (bei jeder 2. Wartung)	<input checked="" type="checkbox"/>				
11	Luftfilter gewechselt	<input checked="" type="checkbox"/>				
12	Generatorlager nachgefettet	<input checked="" type="checkbox"/>				
13	Schmieröl eingefüllt (12 l) Ventildeckel schließen / Probelauf	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>12 liter</u>		
14	Schmierölstand geprüft	<input checked="" type="checkbox"/>				
15	Dichtheitskontrolle (Ventildeckel, Schmierölfilter, Verschlußschraube fest)	<input checked="" type="checkbox"/>				
16	Wartung bestätigt (am Display oder Laptop) Anlage schließen und einschalten	<input checked="" type="checkbox"/>				
Aktionen (alle 18.000 h)		int./ext. Heizwasserschlauch getauscht				
		int./ext. Abgaskompensator getauscht				
Besonderheiten: ..... ..... .....						
Datum: <u>990922</u>	Betreiber: <u>Sten Pae-Larsson</u> (Unterschrift)			KD-Monteur: <u>Beutsson</u> Partnerfirma: (Unterschrift / Stempel)		

**BILAGA 3. KAMAXEL**

Allt eftersom ventil och ventilsäte slits kommer spelet mellan kam och mellanlägg att minska. Spelet mäts med bladmått då kammen är i läge enligt den vänstra delen av figuren nedan.



**BILAGA 4. INTERIÖR FRÅN DGC:S MÄTBUSS**



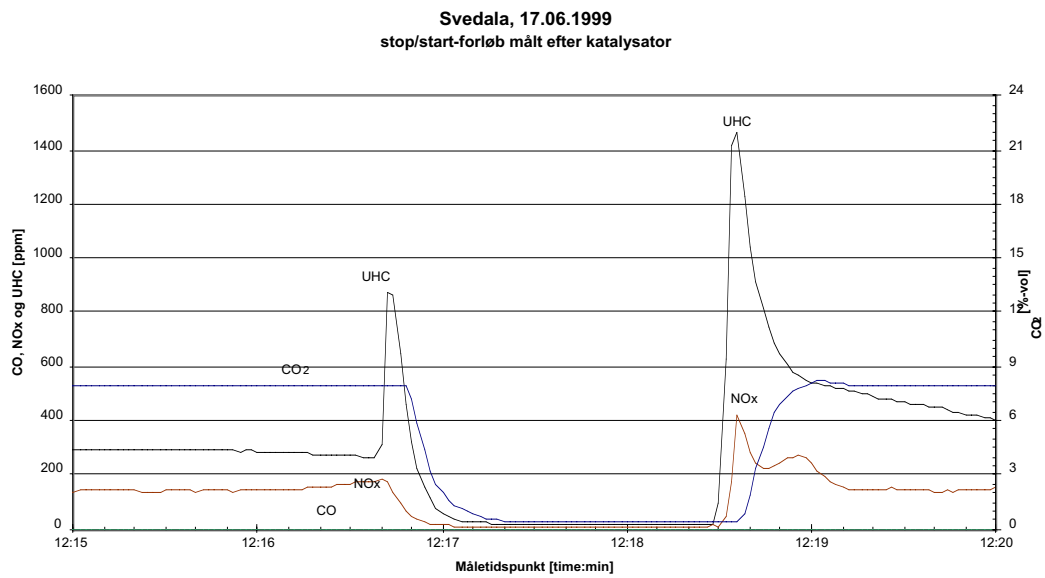
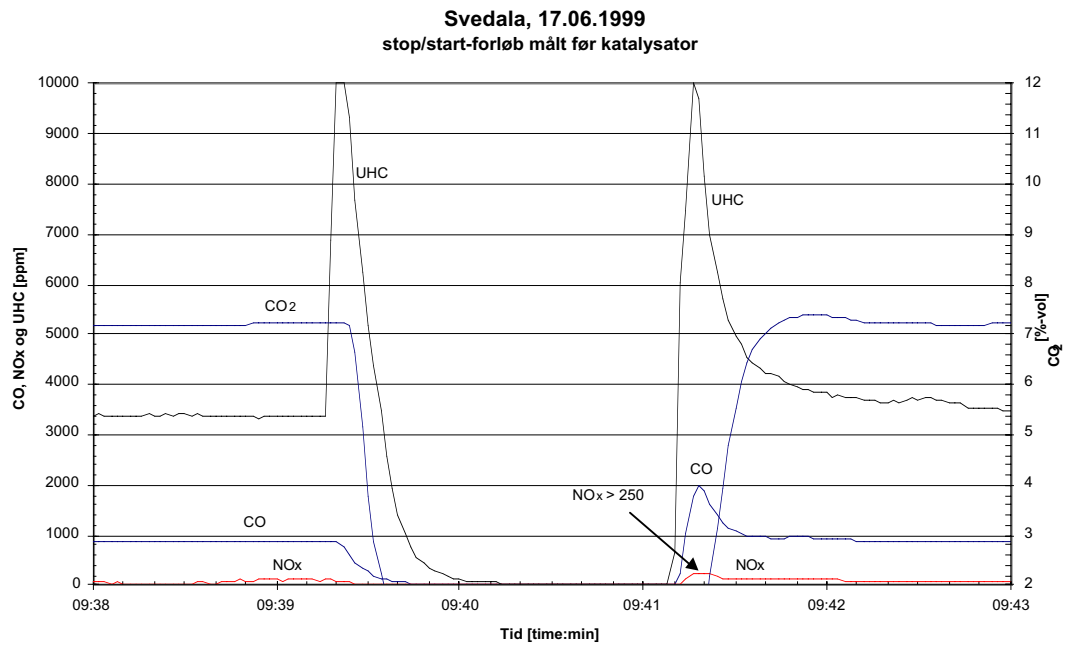
## BILAGA 5 MÄTRESULTAT, UTDRAG UR DGC:s MÄTRAPPORTER

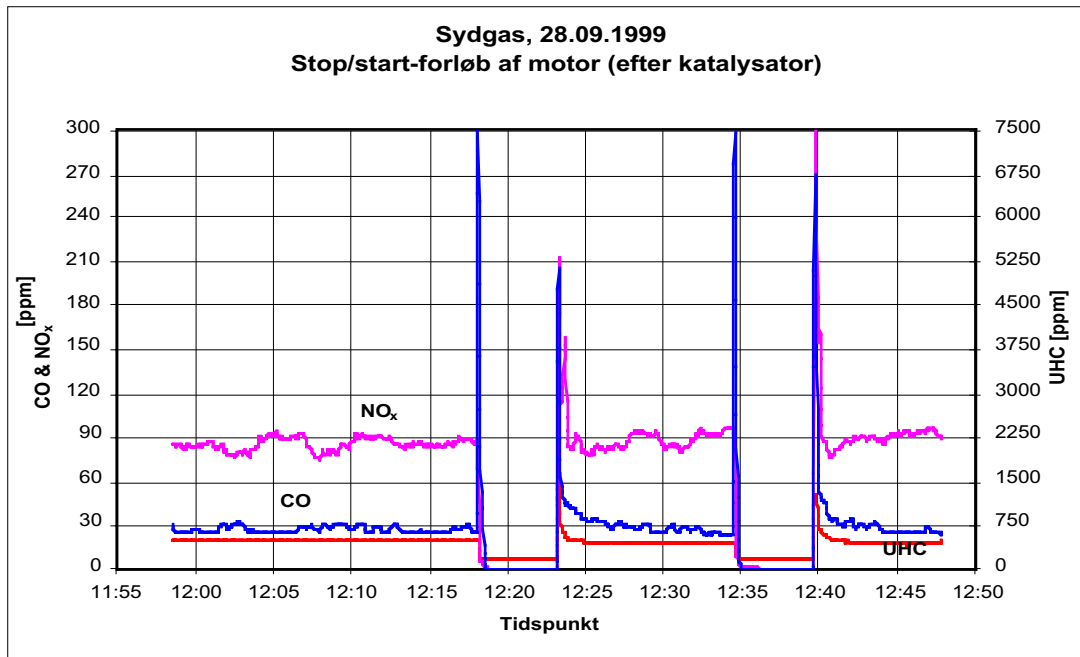
SVEDALA, enhet 1		Uppmätt efter katalysator				Omräknat till mg/m <sup>3</sup> n CH4 vid 5% syre i torra avgaser								Omräknat till mg/MJ					
		Nr	Datum	Drifttid	% O <sub>2</sub>	ppm CO	ppm NOx	ppm UHC	Före CO	Efter CO	Före NOx	Efter NOx	Före UHC	Efter UHC	Reduktion, % CO	Reduktion, % UHC	Efter CO	Efter NOx	Efter UHC
1	980924	7539	7,6	5	105	115	1045	7	203	260	2100	98	99	95	2	83	31		
2	990128	10187	7,6	5	153	210	1143	7	226	378	2680	179	99	93	2	121	57		
3	990617	13153	7,5	5	145	275	1409	7	249	356	2929	235	99	92	2	114	73		
4	990929	13600	7,4	5	162	192	Ej	7	Ej	395	Ej	163	99	93	2	126	51		
MALMÖ, enhet 2																			
1	980923	7580	7,7	5	70	75	855	8	152	174	1520	65	99	96	2	56	20		
2a	990127	10563	7,7	5	86	129	1115	8	160	215	2050	111	99	95	2	69	35		
2b	990127	10564	7,7	5	84	250		8		210		215	99	90	2	67	68	1)	
3	990616	12798	7,6	119	95	870	691	178	199	234	1402	748	74	48	56	75	234	2)	
4	990928	14078	7,3	11	90	701	732	16	186	217	1227	590	97	53	5	70	185		

## Anmärkningar

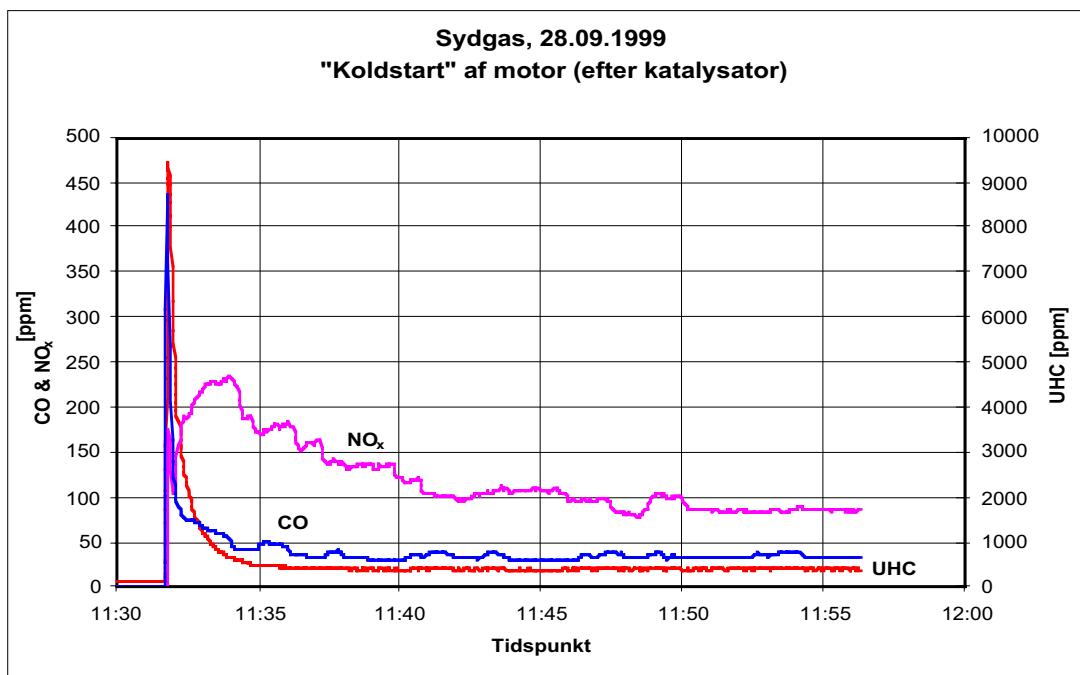
- 1) Mätning efter att ny katalysator monterats
- 2) Felmonterad katalysator

## BILAGA 6. STOPP – START FÖRLOPP.





**Sydgas, 28.09.1999**  
**Stop/start-forløb af motor (efter katalysator)**



**Sydgas, 28.09.1999**  
**"Koldstart" af motor (efter katalysator)**





**BILAGA 7. UTDRAG FRÅN SENERTEC:S BERÄKNINGSPROGRAM.**

**Zusammenfassung: So wirtschaftlich ist der Betrieb Ihrer 1 HKA-G 5,5 kW** Variante: Gas-A

Projekt, Betreiber: Hallenbad, Gemeinde Musterhausen Anzahl der HKA-Module: 1

Ihre Kessel- bzw. Wärmeleistung: 360 kW (Fernwärme I) Jahreslaufzeit je HKA-Modul: ca. 7 884 Std.

Neben der/ den HKA werden folgende Energiesparmaßnahmen realisiert:

<b>"Kosten"</b>			
Brennstoff:	Erdgas		
Brennstoffverbrauch HKA:	16 162 m³/Jahr		42 398 kWhel pro Jahr
(*) Erdgas mit Hu = 10 kWhel; Propan mit Hu = 6,9 kWhel gerechnet			nicht relevant
Brennstoffkosten:	3 1283 pro m³		
<b>Brennstoffkosten/ Jahr:</b>	<b>50 500</b>		
Berücksichtigte Servicekosten:	Inspektion und Wartung		
Kosten "Kleine Wartung":	1 662		
Kosten "Große Wartung":	2 847		
spezif. Servicekosten je kWhel oder je Bh und Modul	0,1303 pro kWhel 0,7 169 pro Bh		
<b>Servicekosten/ Jahr:</b>	<b>5 602</b>		
<b>Summe "Kosten"</b>	<b>56 212</b>		<b>76 898</b>
<b>Statische Amortisation</b>			
Investition HKA brutto:	110 000		56 212
(incl. Installation, incl. Sonderkosten)			42 179
minus Fördermittel:	0		
minus Einsparung Kessel:	0		14 033
Investition netto:	110 000		
<b>"Pay-Back"-Zeit:</b>	<b>5,5 Jahre</b>		
<b>Kapitalkosten (bei Fremdfinanzierung)</b>			
Kalkulationszins:	6,0 %		

<b>"Gewinn"</b>		
Stromerzeugung HKA (einstig):	42 398 kWhel pro Jahr	
Verfügbarkeit HKA:	nicht relevant	
bei Lastmanagemententsatz zusätzl. Leistungsreduz.:		
Stromtarif:	Haushaltstarif	
Mittlerer Strompreis-Arbeit (HT/MT):	0,8000 pro kWhel	
Strompreis Leistung (pro Jahr):	0,00 pro kWhel	
Rückpreisung:	0	
<b>Stromgewinn/ Jahr:</b>	<b>33 919</b>	
Wärmeerzeugung HKA (+ ev. AWT):	99 MWh/ht/Jahr	
Wärmepreis:	428,00 pro MWh/ht	
<b>Wärmegeinn/ Jahr:</b>	<b>42 179</b>	
<b>Mineralöl- und Stromsteuer/ Jahr:</b>	<b>0</b>	
<b>Summe "Gewinn"</b>	<b>76 898</b>	
<b>Stromerzeugungskosten der HKA</b>		
Kosten (Brennstoff + Service):	56 212	
minus Gewinn (zur Wärme):	42 179	
Kosten Stromerzeugung:	14 033	
<b>Strompreis HKA:</b>	<b>0,3310 pro kWhel</b>	
<b>Umweltbilanz</b> (51 % Brennstoff- und 47 % CO <sub>2</sub> -Einsparung)		
Die HKA(s) sparen während einem Jahr sowie Primärenergie bzw. CO <sub>2</sub> -ein		

<b>Betriebsergebnis</b> (ohne Kapitalkosten)	19 686
= 2,52 pro Bh und HKA	
<b>Gewinn über Nutzungsdauer</b> (Summe Jahresgewinn minus Investitionskosten)	



**SE-205 09 MALMÖ ● TEL 040-24 43 10 ● FAX 040-24 43 14**  
**[www.sgc.se](http://www.sgc.se) ● [info@sgc.se](mailto:info@sgc.se)**

---

---