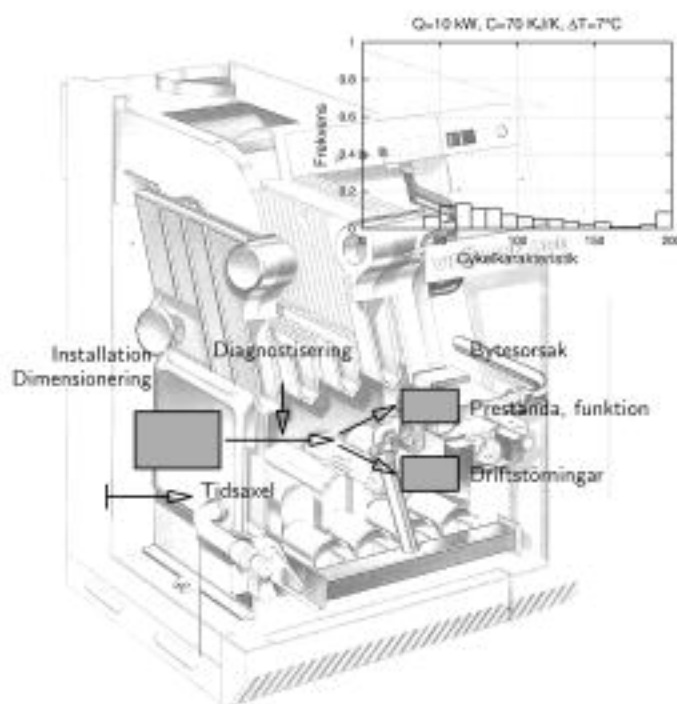


# Diagnostisering av gasvärmesystem i småhus



Mikael Näslund  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

## **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 och 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  
Öresundskraft AB  
Lunds Energi AB  
Göteborg Energi AB  
Birka Värme AB

**SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB**

Johan Rietz

# Sammanfattning

Energibranschen har blivit allt mer kundorienterad och kunderna erjuds idag tjänster utöver rena energileveranser. En tjänst där energileverantören kan peka på om uppvärmningsanläggningen fungerar som förväntat kan vara en sådan. Den genomsnittlige husägaren prioriterar dock inte uppvärmningen i jämförelse med andra funktioner i huset. Metoder för att bedöma om uppvärmningssystemet fungerar som förväntat, diagnostisering, behöver därför vara enkla och billiga utan att husägaren behöver delta aktivt i datainsamlingen.

Rapportens första del beskriver möjligheterna att diagnostisera anläggningen med utgångspunkt från kundregister och de enkla mätningar som görs vid den regelbundna kontrollen av anläggningen, typiskt avgastemperatur och luftöverskott. Här kan funktionen hos gaspannan (stationära värden), risken för kondensering och korrosion i avgaskanalen. Troligen krävs relativt stora avvikelser från önskad funktion och prestanda för att kunna detekteras med säkerhet utifrån kundregistrets data.

Den andra delen beskriver en nyutvecklad metod där en idag ej utvecklad mätenhet registrerar drifttiden varje gång brännaren är i drift och skapar en fördelning över en given period, en cykelkaraktistik. En modell för beräkning av en idealfördelning har utvecklats och utvärderas i rapporten. Modellen är en förenkling av en tidigare utvecklad detaljerad dynamisk datormodell. Modellen beskrivs i [6]. Med denna fördelning tycks det vara fullt möjligt att identifiera exempelvis en felaktigt inställd reglerkurva. Det har inte varit möjligt att formulera gränserna för larmgränser när cykelkaraktistiken används.

Framtida arbeten som identifierats är fältförsök för utvärdering av cykelkaraktistiken samt djupare studier av försmutsning i gaspannors värmeväxlare.

# Summary

The energy companies have become more customer oriented and the customers are today offered services beyond energy deliveries. One service may be to give information to the customer about the heating system operation and performance. The common house owner does not consider the heating system more important than other building functions. Methods to evaluate the heating system operation and performance must thus be low-cost, simple and without the need of house owner involvement in the data acquisition.

The first part of this report deals with the possibilities to make a diagnosis of a residential boiler operation using customer data and basic measurements during annual controls. These measurements comprise for example the flue gas temperature and the excess air ratio. Here it is possible to evaluate the boiler performance (steady-state values), the risk of condensation and corrosion in the flue system and the gas meter. It will probably have to be quite large deviations from the desired performance to be detected.

A new method to use a not yet developed measuring unit for on-line monitoring of the burner operation and water temperatures is developed. The result is a data distribution reflecting the operating conditions for a certain period, for example one year. This distribution is called the cycle characteristic. A model for calculation of an ideal distribution is developed and evaluated. This model is a simplification of a detailed dynamic boiler model. The more detailed model is described in [6]. The cycle characteristic seems possible to use to identify badly adjusted supply temperature. However, it has not been possible to determine the limits where the cycle characteristic shall indicate adjustments on the heating system.

Some possible future studies are identified. These are a field test for evaluation of the cycle characteristic model and a study of fouling in the boiler heat transfer.

# Innehåll

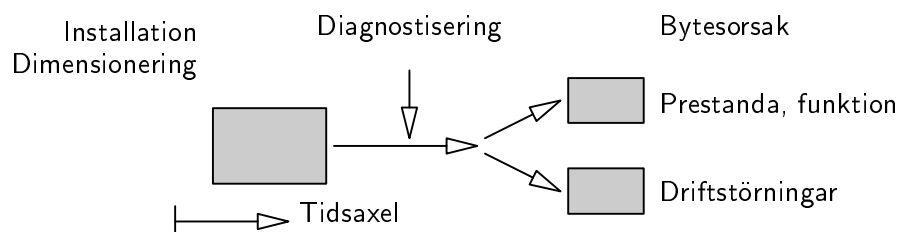
<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Diagnostisering med kundregister</b>	<b>4</b>
2.1	Vad skall kunna bedömas? . . . . .	4
2.2	Värmepanna . . . . .	6
2.2.1	Stationära värden . . . . .	6
2.2.2	Säsongsprestanda . . . . .	6
2.2.3	Försmutsning . . . . .	8
2.3	Avgaskanal . . . . .	11
2.3.1	Modeller för temperaturer i avgaskanaler . . . . .	11
2.3.2	Möjlig lösning . . . . .	13
2.4	Avläst gasförbrukning . . . . .	14
2.4.1	Felvisning . . . . .	14
2.4.2	Hög verklig gasförbrukning . . . . .	14
2.5	Varmvattenberedning . . . . .	15
2.6	Sammanfattande ord . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Online-diagnostisering av värmepannan</b>	<b>17</b>
3.1	Modell . . . . .	17
3.1.1	Beräkning av idealfördelning . . . . .	18

3.2	Beräkningar . . . . .	19
3.2.1	Pannor med enstegsbrännare . . . . .	20
3.2.2	Pannor med modulerande brännare . . . . .	20
3.2.3	Cykelkaraktistik vid förändrade driftsituationer . . . . .	20
3.2.4	Uppvärmning och varmvatten . . . . .	30
3.3	Analys och tolkning . . . . .	35
3.3.1	Framtida arbete . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>38</b>
	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>40</b>

# Kapitel 1

## Inledning

Diagnostisering av gasinstallationer berör dels säkerhetsaspekter som ofullständig förbränning, det vill säga CO-bildning dels funktionsaspekter som pannans prestanda, korrekt debitering m m. Denna rapport berör funktionsaspekterna. Diagnostiseringens plats i pannans livscykel illustreras i figur 1.1. Pannan dimensioneras vid byggnationen eller vid byte. Den byts ut när antingen driftproblem uppstår eller när nya pannor bedöms vara ett bättre alternativ ur prestanda- och komfortskäl. Diagnostiseringen av systemet sker under tidsperioden mellan dessa tillfällen.



Figur 1.1: Diagnostiseringens plats i värmepannans livscykel

En metod för diagnostisering bör innehålla två huvuddelar:

1. Identifiering av god eller mindre god funktion
2. Möjlighet att identifiera den eventuella felkällan

Under den första punkten är det viktigt att klarlägga möjligheter och frågeställningar rörande diagnostisering baserad på kontinuerliga mätningar i jämförelse med diagnostisering utifrån enstaka mätningar. Den andra punkten kan också omfatta en

diskussion om hur diagnostisering kan användas för att förutsäga kommande problem kring funktion och säkerhet.

Under senare år har kundservice i form av diagnostisering aktualiserats allt mer. Vid till exempel 1998 International Gas Research Conference presenterades olika former av arbeten med beröring till kundservice. Detta har gällt fjärrdiagnostisering av värmepumpar som hjälp för reparationer i fält [1]. Vidare fanns ett bidrag om produkter att kommunicera med gasapparater i hushåll [2]. Arbetet ingår i EUs ESPRIT-program och har syftat till att utveckla produkter som kan installeras till en låg kostnad och som använder ett standardiserat protokoll för kommunikationen, EHS (European Home System). Produkterna som beskrevs berör inomhusklimat, gasläckagedetektering, fjärravläsning av gasmätare, samt sammankoppling av diskmaskin och tvättmaskin till gaspannan. Dessutom fanns andra funktioner som exempelvis inbrottslarm, brandlarm och vattenläckagedetektor. En fransk rapport berörde elektronik i gaspannor [3]. Här diskuteras gaspannans reglering utifrån mätdata. Inget nämns om diagnostisering men rapportens innehåll utgör en bas för diagnostisering av det slag som redovisas senare i denna rapport.

Exempel på diagnostisering i fjärrvärmeinstallationer finns i en norsk doktorsavhandling [4]. I denna behandlades fjärrvärmecentraler och hur felaktiga flödesmätare, försmutsning i värmeväxlare, felaktig framledningstemperatur i värmesystemet samt felaktiga reglerparametrar. För att kontrollera flödesmätaren monterades strypflänsar på fjärrvärmecentralens primär- och sekundärsida. Övervakningssystemet är tänkt att bestå av en separat dator varför det är relativt kostsamt för en liten anläggning. Slutatserna är i korthet att diagnostiseringen är fullt möjlig men ett problem är hur larmgränserna skall bestämmas.

En studie av datorbaserad energiövervakning i hem publicerade vid LTH i april 2000 [5]. Här konstateras att det finns ett flertal system för styrning av hushållets olika apparater, belysning och uppvärmning. Inga uppgifter finns om att det finns någon funktion för övervakning av uppvärmningssystemets prestanda. Det är knappast troligt att de allmänna system som diskuteras i rapporten kan användas för diagnostisering av värmesystem i olika utföranden. Denna funktion får troligen finnas i värmepannan eller där driftdata samlas och kan bearbetas.

Dagens tydliga inriktning mot att erbjuda även energitjänster kan bland annat innebära att leverantören även ger service i form av diagnostisering eller kommentarer om anläggningens funktion och prestanda. Denna rapport avser att belysa olika vägar för gasleverantören att erbjuda denna service. Rapporten är indelad i två separata delar, som kan läsas helt var för sig.



Den första delen beskriver möjligheterna att diagnostisera anläggningen med utgångspunkt från kundregister och de enkla mätningar som görs vid den regelbundna kontrollen av anläggningen, typiskt avgastemperatur och luftöverskott.

Den andra delen beskriver en nyutvecklad metod där en idag ej utvecklad mätenhet registrerar drifttiden varje gång brännaren är i drift och skapar en fördelning över en given period. Fördelningen jämförs med en idealfördelning som kan beräknas. Metoden utnyttjar resultat från omfattande beräkningar med en dynamisk datormodell. Modellen beskrivs i [6].

Två grundläggande frågeställningar berör tillgängligheten till data samt insamlingen och behandlingen av dessa. Data om boendeyta, eventuell tilläggsisolering, avgaskanalens mått och liknande torde inte vara några problem att samla in. Data om de boende, såsom antal och ålder kan man inte räkna med att få tillgång till på samma sätt. Dessa data kan dessutom ge en bild av brukarvanorna. Den tekniska utvecklingen inom datorer och datorkommunikation går snabbt framåt. Vi hör dagligen bredband, det vill säga teknik för snabbare informationsöverföring över Internet än med modem, och till en fast månadskostnad. Ericssons intelligenta telefonjack och e-post till gasleverantören är andra möjliga vägar för informationsöverföring.

Vidare riskerar mängden data att bli mycket stor vid en kontinuerlig diagnostisering och insamling, och bearbetning av dessa kan kräva tillgång till en PC eller liknande. Användning av en separat PC kräver dock ett nätverk av något slag och väl fungerande system för viloläge för datorn i syfte att minimera energianvändningen i datorn. Dessa funktioner kommer troligen att finnas i framtiden men i detta arbete förutsätts därför att:

*... insamling och bearbetning av diagnostiseringsdata görs i värmepannan*

Den snabba tekniska utvecklingen på området gör dock att överföring och bearbetning av data troligen kan utföras via kontinuerlig dataöverföring inom ett fåtal år. Det är osäkert om detta är ett önskvärt mål.

## Kapitel 2

# Diagnostisering med kundregister

En del data om en naturgasinstallation för uppvärmning finns redan idag hos gasleverantören. Det vore enklast om dessa data kunde vara lämpliga för diagnostiseringen. Exempelvis innehåller Sydgas kundregister data om installationen som pannmodell, brännare och gasmätare. Driftdata om avgastemperatur och luftöverskott finns också. I figur 2.1 visas ett besiktningsprotokoll med ett utsnitt av uppmätta förbränningsdata. Förbränningsdata, 203°C och högt luftöverskott (97%), antyder att brännaren behöver justeras. Vi ser också att delar som kan betraktas som en del av installationen, såsom avgaskanalen, inte är omnämnda.

I den följande texten förutsätts att databasens uppgifter kan användas som indata i beräkningsmoduler kopplade till databasen. Här skall visas på olika slags modeller och beräkningsprogram som kan användas för diagnostisering av installationens olika delar. Nödvändiga indata och resultatets kvalitet diskuteras.

### 2.1 Vad skall kunna bedömas?

Kundens intresse för anläggningen gäller om pannan fungerar korrekt, den avlästa gasförbrukningen är den verkliga förbrukningen och att anläggningen ger den komfort som önskas. Distributörens intresse är främst säkerheten och korrekt debitering, men också en god funktion som kunden är nöjd med. Att komforten säkerställs ligger inte inom detta arbetes ram. Genomgången omfattar värmepannan, avgaskanalen och gasmätningen och avser primärt anläggningens funktion.

Utlåtande		Förklaringar till utlåtande	
<input checked="" type="checkbox"/>	Godkänd	<input type="checkbox"/>	Ombesiktning
<input type="checkbox"/>	Godk. med anm.	<input type="checkbox"/>	Ej godkänd
Utfört datum: 1995-08-29		Godkänd = Anläggningen godkänd utan anmärkning	
Utfört av: [REDACTED]		Godk. med anm. = Anläggningen godkänd med anmärkning, åtgärdas snarast.	
Ombes. datum:		Ombesiktning = Anmärkningar åtgärdas före ombesiktning (se Ombes. datum)	
		Ej godkänd = Anläggningen avställd, åtgärd och ombesiktning före omstart.	

B. Pannrum, Apparatur		Förklaringar till sifferkoder i B och C	
Kontroll av elinstallation	1	1	1 = Godkänd
Kontroll rörlledning	1	2	2 = Påpekande, åtgärd erfordras (eventuellt med tidsfrist och ombesiktning)
Kontroll av märkning	1	3	3 = Anläggningen ställs av, åtgärd och ombesiktning före återstart
<input type="checkbox"/> Tryckprovning			
<input checked="" type="checkbox"/> Täthetskontroll	1		
<input type="checkbox"/> Täthetskontroll vid drifttryck	1		
Korrosionsskyddskontroll	1		
Kontroll av tilluftsventilation	1		
Kontroll av frånluftsventilation	1		
Kontroll av tillförsel av förbränningsluft	1		

Flödesmätare	Mätarnr 700081	Volymomvandlare	Mätarnr
Benämning	Flödesmätare	Benämning	
Fabrikat	ROMBACH	Fabrikat	
Typ	G4	Typ	
Avläst	15311 m3	Vn	m3
Placering	PANNRUM	V	m3
		P	mbar
		T	°C

Applikation	Brännare
Benämning	PANNA
Fabrikat	TASSO
Typ	GAS 3S
Märkeffekt	kW
Tillv. år	1983
Benämning	Brännare
Fabrikat	TASSO
Typ	3S
Märkeffekt	14 kW
Tillv.nr	

C. Brännare, Applikation / Förbränningskontroll		Förbränningskontroll efter service:	
Utvärderingstid	sek	<input type="checkbox"/>	Koldioxidhalt (CO <sub>2</sub> ) minlast: _____ %
Tändning	sek	<input type="checkbox"/>	Koldioxidhalt (CO <sub>2</sub> ) maxlast: 6.1 % <input checked="" type="checkbox"/>
Säkerhetstid vid start	sek	<input type="checkbox"/>	Syrehalt (O <sub>2</sub> ) minlast: _____ %
Säkerhetstid vid drift	25 sek	<input checked="" type="checkbox"/>	Syrehalt (O <sub>2</sub> ) maxlast: 10.1 % <input checked="" type="checkbox"/>
Funktionskontroll av brännarregulator:		<input type="checkbox"/>	Koloxidhalt (CO) minlast: _____ ppm
Reg. tryck: minlast	mbar	<input type="checkbox"/>	Koloxidhalt (CO) maxlast: 1 ppm <input checked="" type="checkbox"/>
Reg. tryck: maxlast	mbar	<input type="checkbox"/>	Avgasttemperatur minlast: _____ °C
Dys. tryck: minlast	mbar	<input type="checkbox"/>	Avgasttemperatur maxlast: 203 °C <input checked="" type="checkbox"/>
Dys. tryck: maxlast	8.8 mbar	<input checked="" type="checkbox"/>	Panntemperatur minlast: 40 °C <input checked="" type="checkbox"/>
Kontroll av gastrycksvakt	mbar	<input type="checkbox"/>	Omgivningstemperatur minlast: 20 °C <input checked="" type="checkbox"/>
Kontroll av högt gastrycksvakt	mbar	<input type="checkbox"/>	Effekt minlast: _____ kW
Kontroll av lufttrycksvakt	mbar	<input type="checkbox"/>	Effekt maxlast: 14.5 kW <input checked="" type="checkbox"/>
Kontroll av drag i panna vid undertryckseldning		<input type="checkbox"/>	Förbr.verkn.grad minlast: _____ %
Kontroll av avgasspjäll, avgasfläkt och dragavbrott		<input checked="" type="checkbox"/>	Förbr.verkn.grad maxlast: 87.3 % <input checked="" type="checkbox"/>
Kontroll av termostater och reglerutrustning		<input checked="" type="checkbox"/>	Flamövervakning minlast: _____ µA
Vid behov rensning av gas och vattenfilter		<input type="checkbox"/>	Flamövervakning maxlast: _____ µA
		<input type="checkbox"/>	Drifttid minlast: _____ h
		<input type="checkbox"/>	Drifttid maxlast: _____ h
Förbränningskontroll före service:			
Koloxidhalt (CO) minlast:	ppm		
Koloxidhalt (CO) maxlast:	ppm		

Anmärkningar, kommentarer

Förbränningskontroll efter service:			
Koldioxidhalt (CO <sub>2</sub> ) minlast:	_____ %		
Koldioxidhalt (CO <sub>2</sub> ) maxlast:	6.1 %	<input checked="" type="checkbox"/>	
Syrehalt (O <sub>2</sub> ) minlast:	_____ %		
Syrehalt (O <sub>2</sub> ) maxlast:	10.1 %	<input checked="" type="checkbox"/>	
Koloxidhalt (CO) minlast:	_____ ppm		
Koloxidhalt (CO) maxlast:	1 ppm	<input checked="" type="checkbox"/>	
Avgasttemperatur minlast:	_____ °C		
Avgasttemperatur maxlast:	203 °C	<input checked="" type="checkbox"/>	
Panntemperatur minlast:	40 °C	<input checked="" type="checkbox"/>	
Panntemperatur maxlast:	_____ °C		
Omgivningstemperatur minlast:	20 °C	<input checked="" type="checkbox"/>	
Omgivningstemperatur maxlast:	_____ °C		
Effekt minlast:	_____ kW		
Effekt maxlast:	14.5 kW	<input checked="" type="checkbox"/>	
Förbr.verkn.grad minlast:	_____ %		
Förbr.verkn.grad maxlast:	87.3 %	<input checked="" type="checkbox"/>	
Flamövervakning minlast:	_____ µA		
Flamövervakning maxlast:	_____ µA		
Drifttid minlast:	_____ h		
Drifttid maxlast:	_____ h		

Figur 2.1: Exempel på besiktningssprotokoll av en villainstallation från Sydgas

## 2.2 Värmepanna

Varje panna och brännare ställs in för att passa installationen. Pannor med integrerade brännare är avsedda för en given maximal brännareffekt medan fläktgasbrännare i viss mån kan anpassas effektmässigt till installationens effektbehov. Den nedre gränsen sätts av brännarens arbetsområde och av kondenseringsrisken i pannan.

### 2.2.1 Stationära värden

Den allra enklaste diagnostiseringen är en kontroll av att stationära värden är korrekta, och överensstämmer med tillverkarens data och/eller de data som uppmättes vid driftsättningen. Nackdelen med dessa värden är att de inte är representativa för den normala driften och inte ger någon information om det dynamiska förloppet. Stationära mätdata visades i besiktningens protokoll i figur 2.1. Försmutsning i värmeväxlaren är möjlig att identifiera utifrån stationära mätvärden. Detta berörs närmare i avsnittet 2.2.3 på sidan 8.

### 2.2.2 Säsongsprestanda

En pannas säsongsprestanda kan beräknas utifrån ett flertal olika angreppssätt. Två huvudtyper är baserade på antingen stationära tillstånd eller en dynamisk simulering av pannan. Den senare kräver betydligt mer detaljerade indata samt längre beräkningstider än de förra, som lämpar sig väl för exempelvis beräkningar av årsverkningsgraden.

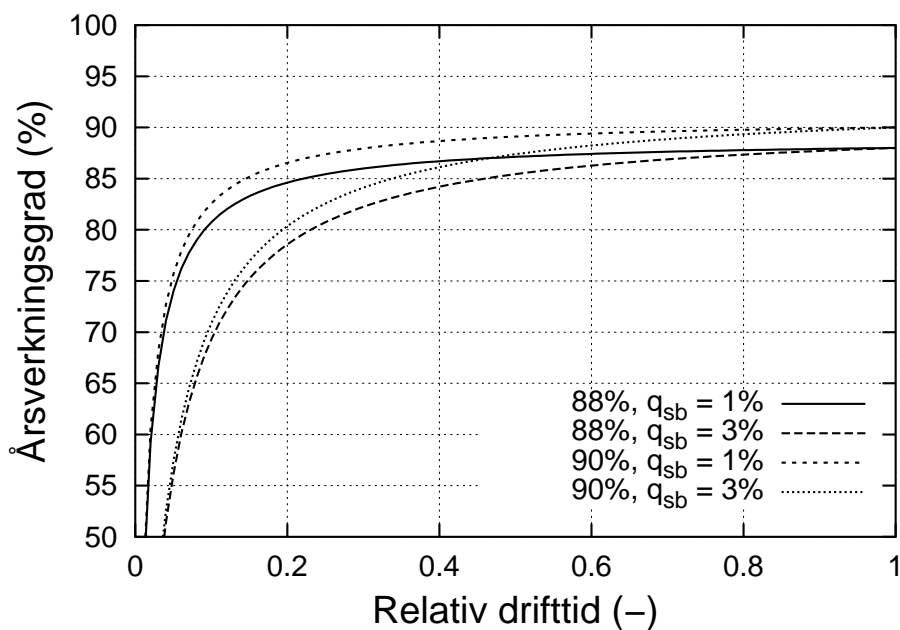
#### Dittrich metod

En av de tidigaste metoderna att förutsäga en anläggnings säsongsprestanda är Dittrich metod från 1972 [7]. I denna metod beräknas årsverkningsgraden  $\eta_{ann}$  för en panna med konstant temperatur som

$$\eta_{ann} = \frac{\eta_p}{1 + \left(\frac{t_{tot}}{t_{till}} - 1\right) q_{sb}} \quad (2.1)$$

där  $\eta_p$  är pannans verkningsgrad vid fullast med strålnings- och konvektionsförluster inräknade,  $q_{sb}$  är pannans stilleståndsförluster uttryckt som andel av brännareffekten. Tiderna  $t_{till}$  och  $t_{tot}$  anger brännarens drifttid och periodens längd. För att använda

modellen måste strålnings- och konvektionsförluster samt stilleståndsförluster vara kända medan uppmätt avgastemperatur exklusive strålnings- och konvektionsförlusterna kan tas från besiktningsprotokollet. Metoden kan enkelt utvecklas att ta hänsyn till hur värmeförlusterna förändras då glidande panntemperatur utnyttjas [8]. Figur 2.2 illustrerar hur årsverkningsgraden varierar för olika drifttider för brännaren. En överdimensionerad panna återfinns till höger i figuren. De fyra kurvorna avser två verkningsgrader  $\eta_p$  med två olika stilleståndsförluster  $q_{sb}$  (angivna som andel av brännareffekten). Vi ser i figuren att en överdimensionering kan reducera årsverkningsgraden betydligt mer än vad en felsinställd brännare gör.



Figur 2.2: Årsverkningsgrad beräknad med Dittrich modell

## DYBOS

Bakom programnamnet DYBOS (Dynamic Boiler Simulation) döljer sig en dynamisk pannmodell utvecklad av författaren. Modellen har använts i några projekt för exempelvis bedömning av förluster eller vinster i samband med förändrad cykelfrekvens för brännaren och hur värmesystemet påverkar pannans prestanda. Modellen beskrivs i [9]. I korthet delas pannan in i tre delar där temperaturerna för värmväxlar material, vatten och avgaser beräknas för varje tidssteg. Värmeöverföringen beräknas genom att bland annat avgastemperaturen ges som indata. Dynamiska egenskaper kräver indata om bland annat materialegenskaperna.

## SAVE-metoden

SAVE-metoden kallas den metod som utvecklats inom EU-programmet SAVE. Deltagarna kommer från Sverige, Danmark, Tyskland, Nederländerna, Belgien, Storbritannien, Frankrike och Italien och många av dem har anknytning till gasindustrin. Modellen bygger på stationära värmebalanser med korrektion för dynamiska effekter. Indata till verkningsgradsmodellen utgörs av ett begränsat antal mätvärden. Arbetet pågår kontinuerligt och idag är moduler utvecklade för årsverkningsgrad och bedömning av energibesparing vid pannbyte. Hittills gjort arbete finns beskrivet i [10, 11]. I programmet BoilSim har verkningsgradsmodellen samlats med en databas innehållande panndata och klimatdata för olika platser i Europa samt värmesystemsberäkningar. Programmet ger möjlighet att beräkna årsverkningsgraden för en panna i olika installationer och olika klimat. Figur 2.3 visar exempel på årsverkningsgraden för åtta olika pannor i fem skilda installationer, som skiljer sig åt avseende värme- och reglersystem.

### 2.2.3 Försmutsning

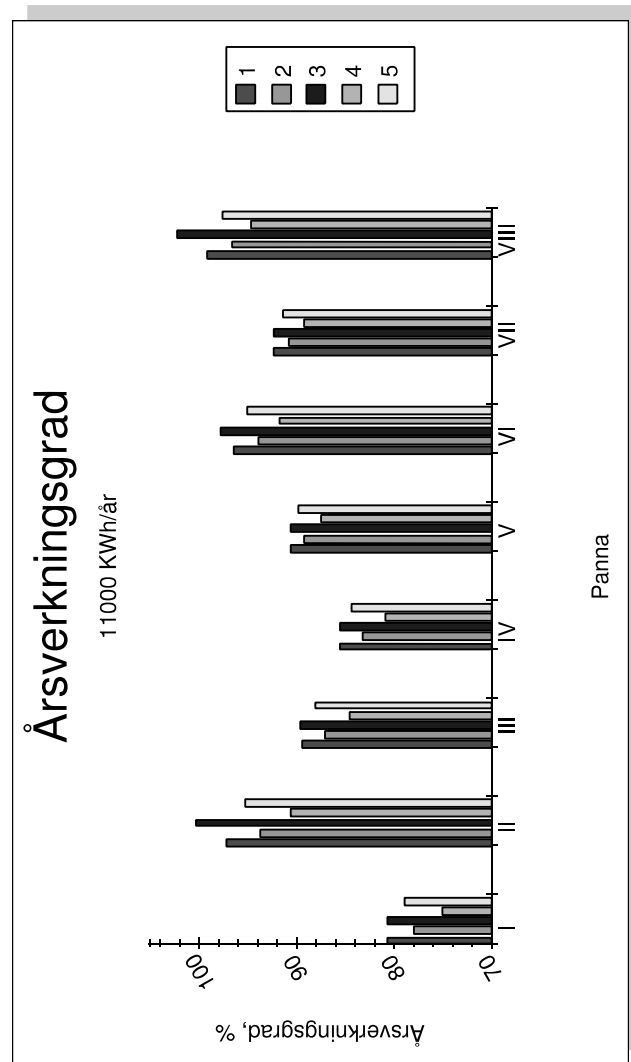
Försmutsning eller ”fouling” innebär att en beläggning uppstår på värmeväxlarens yta, se figur 2.4. Beläggningen kan bildas genom kalkutfällning, partikelavlagring eller mikrobiell försmutsning. Kalkutfällning förekommer oftast på varmvattensidan i varmvattenberedare. I värmepannor kan kalkutfällning uppträda då obehandlat hårt vatten fyllts på i radiatorsystemet. En litteratursökning i Energigasinstitutets bibliotek (EGIL) gav inga träffar om försmutsningsstudier i gaspannor. En studie av plattvärmeväxlare i fjärrvärmecentraler gjordes vid LTH 1995 [12]. I denna studie inspekterades bland annat ett antal fjärrvärmväxlare som varit i drift under flera år. Dessa laboratorieundersökningar visade endast på obetydlig eller måttlig försmutsning.

Försmutsningen innebär att temperaturskillnaden över värmeväxlarytan ökar. Överförd värmeeffekt  $\dot{Q}$  genom en plan värmeväxlaryta kan beskrivas med

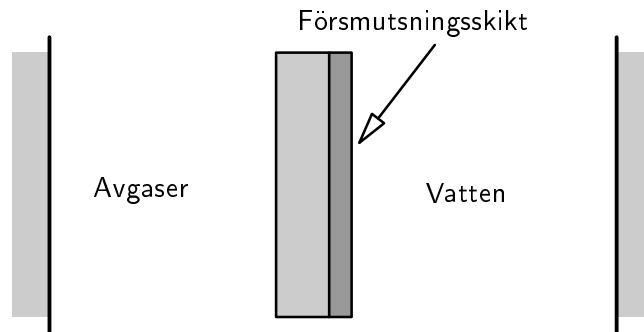
$$\dot{Q} = k A \Delta T_m \quad (2.2)$$

där

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_{avgas}} + \frac{1}{\alpha_{vatten}} + \frac{d}{\lambda} + \frac{d_s}{\lambda_s} \quad (2.3)$$



Figur 2.3: Årsverkningsgraden för några olika villagaspannor. Staplarna avser 8 olika pannor i 5 skilda installationer.



Figur 2.4: Försmutsningsskikt på vattensidan i en gaspannas värmeväxlare

vilket innebär att för en gaspanna så ökar avgastemperaturen vid en försmutsad värmeväxlare. Försmutsningens betydelse för värmeöverföringen beror på värmeväxlarens utformning. Försmutsningsfaktorn  $R$  definieras som

$$R = \frac{d_s}{\lambda_s} \quad (2.4)$$

I värmeväxlare för fjärrvärme är värmeöverföringskoefficienten av samma storleksordning på båda mediesidorna. I en gaspanna är däremot värmeöverföringen på avgassidan avsevärt lägre än på vattensidan där försmutsningen uppstår. Det torde därför inte innebära någon större försämring av värmeöverföringen i den händelse försmutsning uppträder på vattensidan.

I gaspannor kan försmutsning uppträda i samband med konvertering då partiklar från värmesystemet kan täppa igen kanaler, särskilt i pannor med små kanaler. En sil förhindrar detta. I jämförelse med fjärrvärmeväxlare finns det större risk för lokal överhettning. Detta kan uppstå i värmeväxlare med tunna släta väggar som i väggpannor. Här kan försmutsning i form av kalkutfällning uppstå.

Om man studerar ekvation 2.3 så är det faktorn  $1/\alpha_{avgas}$  som är styrande för värmeöverföringen och det måste vara en mycket kraftig försmutsning för att värmeöverföringen skall påverkas att verkningsgraden sjunker märkbart, det vill säga åtminstone 2–3%. Det är troligt att exempelvis partiklar från ett gammalt värmesystem orsakar försämrade cirkulation genom pannan än försämrade värmeöverföring.



## Sammanfattande ord

Hur kan en modell över värmepannan utnyttjas för diagnostisering av pannans prestanda under en given period? Om gasförbrukningen, värmepannans egenskaper och klimatet under den aktuella perioden är kända kan nettouppvärmningsbehovet och årsverkningsgraden beräknas genom ett antal iterationer. Det torde vara fullt tillräckligt att använda en enklare verkningsgradsmodell för detta. Det är dock inte säkert att en sådan modell kan ta hänsyn till effekterna av en dålig installation och därför inte ger korrekt nettouppvärmningsbehov och årsverkningsgrad.

Det tycks dock finnas ett behov av att undersöka försmutsning i gamla pannor och hur prestanda påverkas.

## 2.3 Avgaskanal

Syftet med diagnostisering av avgaskanalens funktion gäller främst risken för kondensering och korrosion och därmed risken för avgasläckage och fuktskador. Tidigare SGC-rapporter har berört orsakerna till korrosion i insatsrör [13] och rekommendationer för installationen [14].

Korrosion riskerar att uppstå i zoner där kondensering och upptorkning omväxlande sker. Även rostfria syrafasta stål kan snabbt angripas av punktkorrosion om klorider förekommer i förbränningsluften. Det är alltså inte naturgasen utan förbränningsluften som innehåller grunden till de korrosiva ämnena. Detta, i samband med naturgasförbränningens höga vattendaggpunkt och önskan att höja verkningsgraden genom sänkt avgastemperatur, kan ge förhållanden som är gynnsamma för korrosion.

Avgastemperaturen i avgaskanalen bestäms av brännarens effekt och luftöverskott, utloppstemperatur från pannan, avgaskanalens längd och tvärsnittsarea samt slutligen avgaskanalens tjocklek och material, det vill säga isoleringsgrad. En överdimensionerad panna medför att temperaturerna i avgaskanalen blir lägre.

### 2.3.1 Modeller för temperaturer i avgaskanaler

Här skall tre olika modeller och beräkningsprogram diskuteras. De är KW [16], SKORSTEN av författaren [17] och VENT-II från Battelle [18]. De representerar ”beräkningar” med såväl stationära som dynamiska modeller samt ett mellanting mellan dessa, en semistationär ansats.

## KW

Modellen beräknar avgas- och väggtemperaturer under antagande om kontinuerlig brännardrift [16]. Den innehåller således samband för värmeöverföringen från avgaser till skorstensmaterial, värmeledning genom skorstenen och värmeöverföring från skorstenen till omgivningen. Indata till modellen är brännareffekt, luftöverskott, skorstenshöjd, avgaskanalens tvärsnittsytta samt skorstensmaterialet och eventuell isolering.

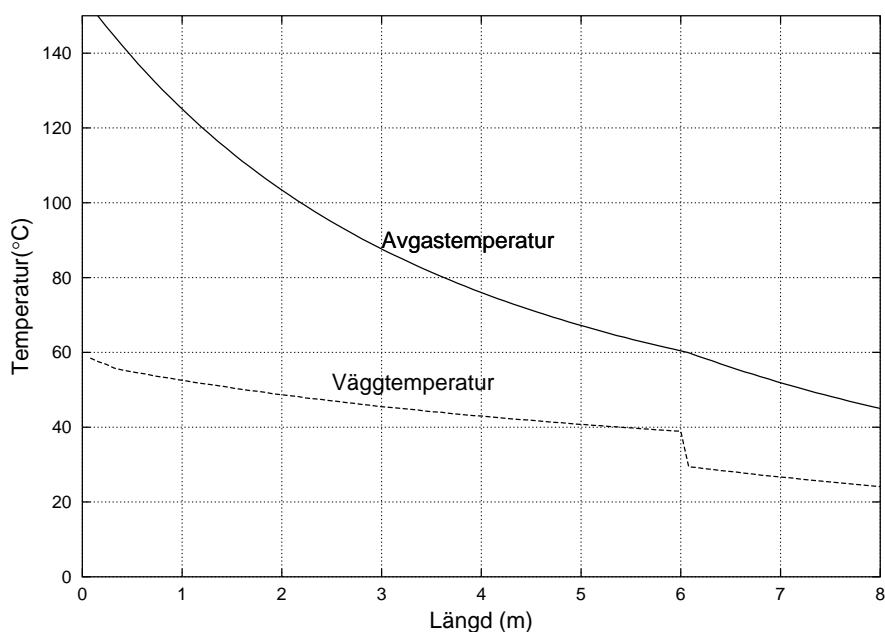
## SKORSTEN

Detta program beräknar de genomsnittliga vägg- och avgastemperaturerna längs skorstenen med hjälp av en kvasistationär ansats. Det antas att värme tillförs skorstensmaterialet under brännarens drifttid och bortförs från utsidan under hela tiden. Genom att ange uppvärmningsbehov vid dimensionerande utomhustemperatur, brännareffekt och aktuell utomhustemperatur kan brännarens drifttid beräknas som andel av den totala tiden. I figur 2.5 visas beräknade genomsnittliga temperaturer för skorstensmaterialet och avgaserna längs en 8 m hög skorsten, varav 2 m är utomhus. Skorstenen är i tegel och oisolerad med en cirkulär avgaskanal med 120 mm diameter. Utomhustemperaturen är 0°C. Pannan har 15 kW effekt och en avgastemperatur vid stationärt tillstånd på 150°C. Det aktuella värmebehovet är 4 kW.

Övriga indata är avgaskanalens dimensioner och värmeledningsförmåga, luftöverskottet vid förbränningen och eventuell utspädning från ett dragavbrott. En jämförelse [19] mellan denna modell och en mer detaljerad och dynamisk modell (VENT-II) som beskrivs i nästa avsnitt visade på mycket små skillnader i beräkningsresultat under förutsättning att avgasernas medeltemperatur under brännarens drifttid användes som indata i programmet SKORSTEN.

## VENT-II

Battelle i Columbus (USA) har under många år utvecklat beräkningsprogrammet VENT-II. Det beräknar tidsupplöst avgas- och materialtemperaturer samt masstransport i avgaskanalen, som delas upp i ett fåtal element. De betraktas som enkla värmekapaciteter. Förutom indata som i de tidigare modellerna krävs en kurva över avgastemperaturen vid värme pannans utlopp under brännarens drifttid.



Figur 2.5: Avgas- och väggtemperaturer i en villaskorsten beräknade med programmet SKORSTEN

### 2.3.2 Möjlig lösning

Genomgången visar att alla modeller kräver kännedom om avgasflöde och temperatur in till avgaskanalen. Vidare krävs data om avgaskanalens material så att värmeledningen genom materialet kan beräknas. Dynamiska beräkningar kräver kunskap om tiderna för brännarens drift och stillestånd samt även avgastemperaturens tidsberoende efter brännarens start. Vi har också sett att en kvasistationär modellansats kan ge resultat med en kvalitet som är tillräcklig för en bedömning av risken för korrosion i avgaskanalen. Den kvasistationära ansatsen är betydligt mindre datorintensiv, vilket är en klar fördel.

För att kunna utnyttja kundregister för diagnostisering av avgaskanalen krävs kompletterande data om avgaskanalens tvärsnitt och längd, eventuellt insatsrör och isolering runt detta. Uppgifter om brännarens drifttid för enstegsbrännare kan beräknas ur den årliga gasförbrukningen och klimatdata.

Används en enklare stationär modell kan en lägsta temperatur vid någon punkt i avgaskanalen användas som kriterium. Denna beräknade temperatur kommer att vara högre än den som skulle ha uppmätts i en verklig situation med intermittent brännardrift. Alltså måste en säkerhetsmarginal bestämmas om en stationär modell används.

Detta behövs inte om en semistationär eller dynamisk modell används, men detta kräver också mer indata.

## 2.4 Avläst gasförbrukning

Att den avlästa gasförbrukningen ger anledning till misstanke om felaktig funktion bygger på att den förväntade gasförbrukningen antingen skulle vara markant högre eller lägre. Ett svårare problem är ett fel som påverkar den avlästa gasförbrukningen så att den fortfarande ligger inom ett förväntat intervall.

### 2.4.1 Felvisning

Arbeten vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) och Luleå Tekniska Universitet (LTU) har resulterat i två metoder för att peka ut felaktiga gasmätare [15]. Den ena modellen baseras på att debiteringsavläsningar i anläggningar med byggnadsuppvärmning jämförs med en utvald population. Ett "Load Index" för anläggningen jämförs med populationens medelvärde och avvikelser kan på detta sätt indikera en felaktig mätare. Typiska fel som kan detekteras är läckage av olika slag. I metoden används 5% respektive 95%-percentilerna som gränser.

I undersökningen antogs att all gasförbrukning användes för byggnadsuppvärmning och helt beroende på klimatet, utomhustemperaturen. En förfining av modellen kan vara ett enkelt samband för periodens verkningsgrad och hänsynstagande till varmvattenberedning. I en databas kan ett verkningsgradssamband baseras på vilken pannmodell som är installerad. Antalet boende ger en indikation på hur stor andel av gasanvändningen som används för varmvattenberedning.

Vidare användes kvartalsavläsningar i undersökningen. I småhus används idag årsavläsningar. Tätare avläsningar kan vara möjliga med fjärravläsning av gasmätaren. Det kan kanske förväntas vid användning av gasmätare med mer elektronik än dagens bälleggasmätare, till exempel ultraljudsmätare.

### 2.4.2 Hög verklig gasförbrukning

Visar en kontroll att gasmätaren inte har några fel får man anta att förbrukningsdata att korrekta och orsaken får sökas i pannan och byggnaden. En hög verklig gasförbrukning är kopplad till pannans prestanda och nettoenergiebehovet inkluderat brukarvanor. Om man antar att bränslet förbränns fullständigt kräver en analys av

hög verklig gasförbrukning ett antal steg. Ett första steg är att kontrollera stationära värden, det vill säga brännareffekt, luftöverskott och avgastemperatur. Om dessa är rimliga får pannans dynamiska driftförhållanden studeras, eventuellt med hjälp av den on-line-diagnostisering som presenteras i nästa kapitel. Slutligen bör också nettoenergianvändningen beräknas med hjälp av en verkningsgradsmodell. Utifrån detta kan brukarvanorna analyseras.

## **2.5 Varmvattenberedning**

Varmvattenberedning svarar för en allt större andel av gasförbrukning ju lägre uppvärmningsbehovet är. I diagnostisering utifrån data i kundregistret tycks det inte vara möjligt att separera uppvärmnings- och varmvattenprestanda. Av denna anledning har varmvattenberedning hittills inte berörts i detalj.

## **2.6 Sammanfattande ord**

Genomgången har visat att det finns goda möjligheter att diagnostisera en anläggning utifrån kundregistrets data. Dock lider dessa data av en allvarlig brist, de dynamiska driftförhållandena kan inte utläsas.

När man använder en begränsad mängd data som är fallet i denna diskussion behöver deras kvalitet bedömas. Gasförbrukningen måste normalårskorrigeras och kan bara jämföras med förbrukning för samma boende så att brukarvanorna kan förutsättas vara rimligt oförändrade. Troligen kan bara stora avvikelser från förväntad funktion och prestanda identifieras utifrån data i kundregistret. Dock är det en enkel och billig metod som kan appliceras på varje kund.

Tabell 2.1: Sammanställning av möjlig diagnostisering med kundregister och detaljerad studie av installationen

Egenskap/Anläggningsdel	Potentiellt problem	Lösning	Användbarhet
Verkningsgrad	Effektiv energianvändning	Verkningsgradsmodell Mätning	Analys, förklaring Troligt klarläggande av orsak
Avgaskanal	Korrosion	Temperaturberäkning	Riskbedömning
Avläst gasförbrukning	Felvisning Hög nettoförbrukning	Load Index Byggnadsåtgärder, brukarvanor	Stora fel kan indikeras Sänkta driftkostnader

## Kapitel 3

# Online-diagnostisering av värmepannan

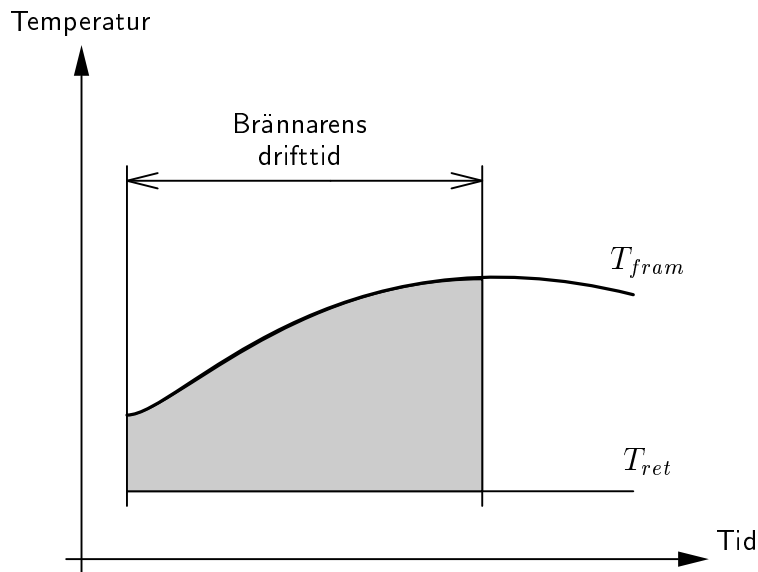
I kapitlet redovisas en nyutvecklad metod lämplig att användas för kontinuerlig mätning av det dynamiska förloppet. Syftet är att söka identifiera alltför korta drifttider och på så sätt förhindra låg verkningsgrad och onödigt slitage på armaturer. Valet av diagnostiseringsmetod har gjorts med tanke på enkel och tillförlitlig mätteknik. Temperaturer har då bedömts vara det bästa alternativet.

### 3.1 Modell

Den föreslagna modellen för diagnostisering bygger på att brännarens drifttid mäts tillsammans med fram- och returtemperaturen. Detta ger ett mått på energin som överförs till pannan varje gång brännaren är i drift. Ett förändrat vattenflöde märks i form av en förändrad drifttid, men denna påverkas också av brännareffekten och termostaterns karakteristik. En förutsättning för modellen är att den felfunktion man skall kunna identifiera finns under en längre tid och att den har ett konstant värde.

Med utgångspunkt från några karakteristiska egenskaper för värmepannan, klimatdata (normalårsdata), radiatordimensioneringen och det årliga nettouppvärmningsbehovet beräknas en idealfördelning eller cykelkarakteristik. Inget idealvärde definieras i denna rapport utan här beskrivs hur olika driftsituationer avspeglas i cykelkarakteristiken. Avsikten är att kunna identifiera oönskad drift och inte avhjälpa uppkomna problem.

Systemet tänks bestå av två temperaturgivare, en klocka och elektronik. Temperaturgivarna placeras vid pannans inlopp och utlopp. Under tiden från brännarens start tills dess den stannar integreras det skuggade området i figur 3.1. Resultatet lagras sedan för senare analys.



Figur 3.1: Del av drifttid för on-line diagnostisering

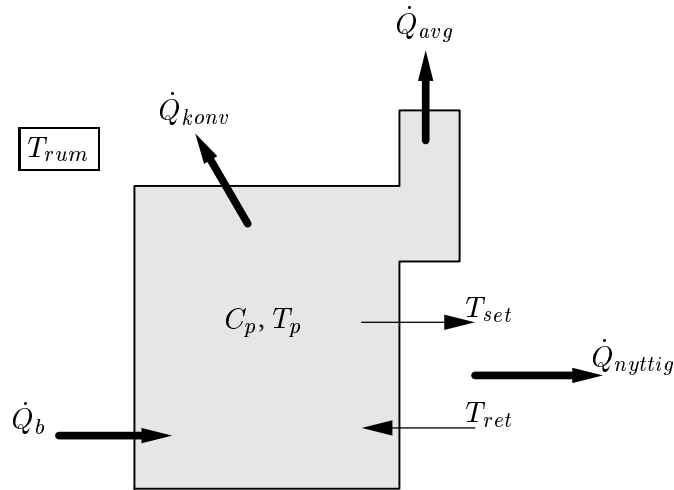
### 3.1.1 Beräkning av idealfördelning

En idealfördelning tas fram genom att betrakta värmepannan som en värmekapacitet. Syftet är att se hur väl olika driftsituationer kan urskiljas i den beräknade fördelningen. Värmeflöden till och från pannan illustreras i figur 3.2.

Pannan tillförs bränsleeffekten  $\dot{Q}_b$ . Värmeförlusterna  $\dot{Q}_{avg}$  och  $\dot{Q}_{konv}$  representerar avgasförlust samt strålnings- och konvektionsförlust. De betraktas som konstanta under brännarens drifttid men beroende av panntemperaturen. Den nyttiga energin till värmesystemet  $\dot{Q}_{nyttig}$  är proportionell mot skillnaden mellan framledningstemperatur (panntemperatur) och returtemperaturen. Pannan betraktas som en värmekapacitet med givet värde  $C_p$ . Detta ger följande differentialekvation för pannans temperaturförändring.

$$\frac{dT_p}{dt} = \dot{Q}_b - \dot{Q}_{avg} - \dot{Q}_{konv} - \dot{m}_{H_2O} c_{p,H_2O} (T_p - T_{ret}) \quad (3.1)$$





Figur 3.2: Värmepanna betraktad som en enkel värmekapacitet för beräkning av idealfördelning

där avgasförlusten  $\dot{Q}_{avg}$  är linjärt beroende av värmesystemets returtemperatur och strålnings- och konvektionsförlusten  $\dot{Q}_{konv}$  beskrivs enligt

$$\dot{Q}_{konv} = C_1 \left( \frac{T_{set} - T_{ret}}{2} - T_{rum} \right)^{1,3} \quad (3.2)$$

där konstanten  $C_1$  är unik för varje pannmodell och  $T_{set}$  sätts lika med termostattinställningen för den aktuella driftsituationen.

Den integrerade ytan i figur 3.1 divideras sedan med pannans värmekapacitet  $C_p$ .

## 3.2 Beräkningar

Beräkningarnas syfte är att utröna om idealfördelningen enligt den enkla modellen kan särskilja olika driftsituationer som specificeras i beräkningarnas indata. Enbart uppvärmning studeras. Resultaten presenteras i intervall och exemplifierar olika pannutformningar och driftsituationer.

Beräkningar har gjorts för brännare med 10, 15 och 20 kW brännareffekt. Modulerande brännare antas här ha ett moduleringsområde på 1:3. Luftöverskottet antas till 20% och pannverkningsgraden (avgasförluster vid kontinuerlig brännareffekt och

strålningsförluster) antas till 93%. En ändring av dessa data innebär endast en liten förändring av driftkarakteristiken. Vidare har uppvärmningsbehov (netto) på 10, 15 och 20 MWh/år omfattats av beräkningarna. Vattenflödet är 0,239 l/s (860 liter/h). Panntermostatens hysteres har varierats med värdena 3, 5 och 7°C.

### **3.2.1 Pannor med enstegsbrännare**

Enstegsbrännare finns i pannor med stora vatteninnehåll och de berörs inte så ofta av de problem som föranlett denna studie. Beräkningsresultaten visas i figurerna 3.3–3.6. Ett stort vatteninnehåll i relation till brännareffekten ger en hög specifik värmekapacitet. Figurerna visar de stora skillnader i driftmönster som cykelkarakteristiken återspeglar som kan erhållas med olika utformningar av värmepannan.

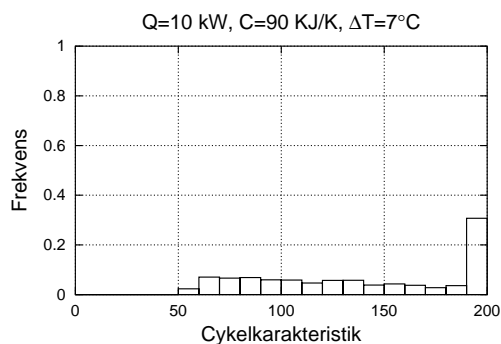
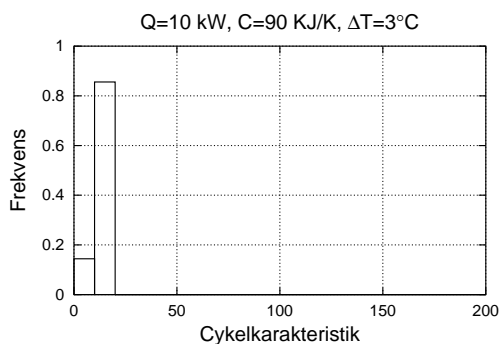
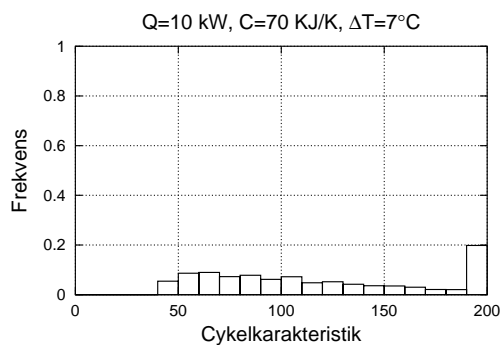
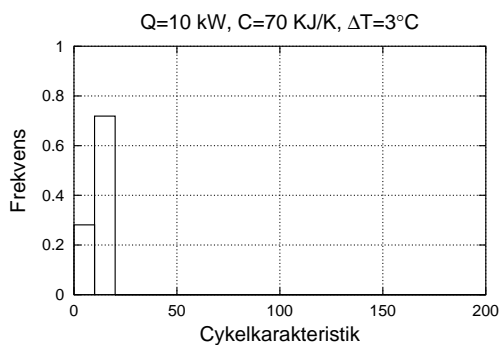
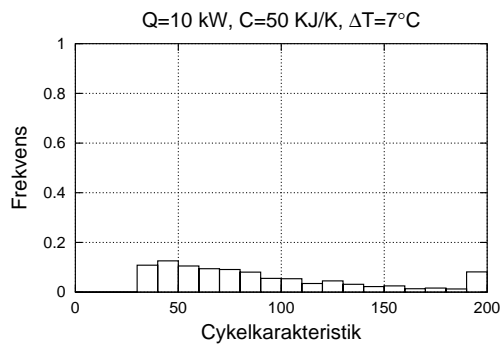
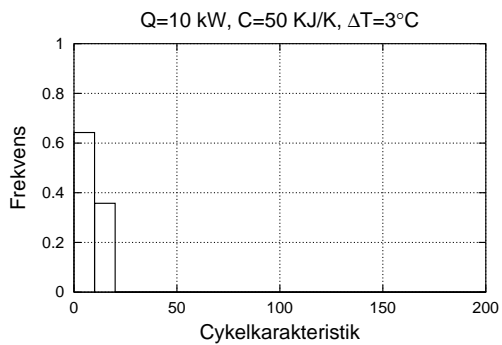
Beräkningarna visar att en ökad termostathysteres förändrar cykelkarakteristiken betydligt. En högre värmekapacitet förskjuter fördelningen åt höger i figuren. Ett högre uppvärmningsbehov ger högre effektbehov och längre drifttider, vilket framför allt ses vid en jämförelse av fallen med låg termostathysteres.

### **3.2.2 Pannor med modulerande brännare**

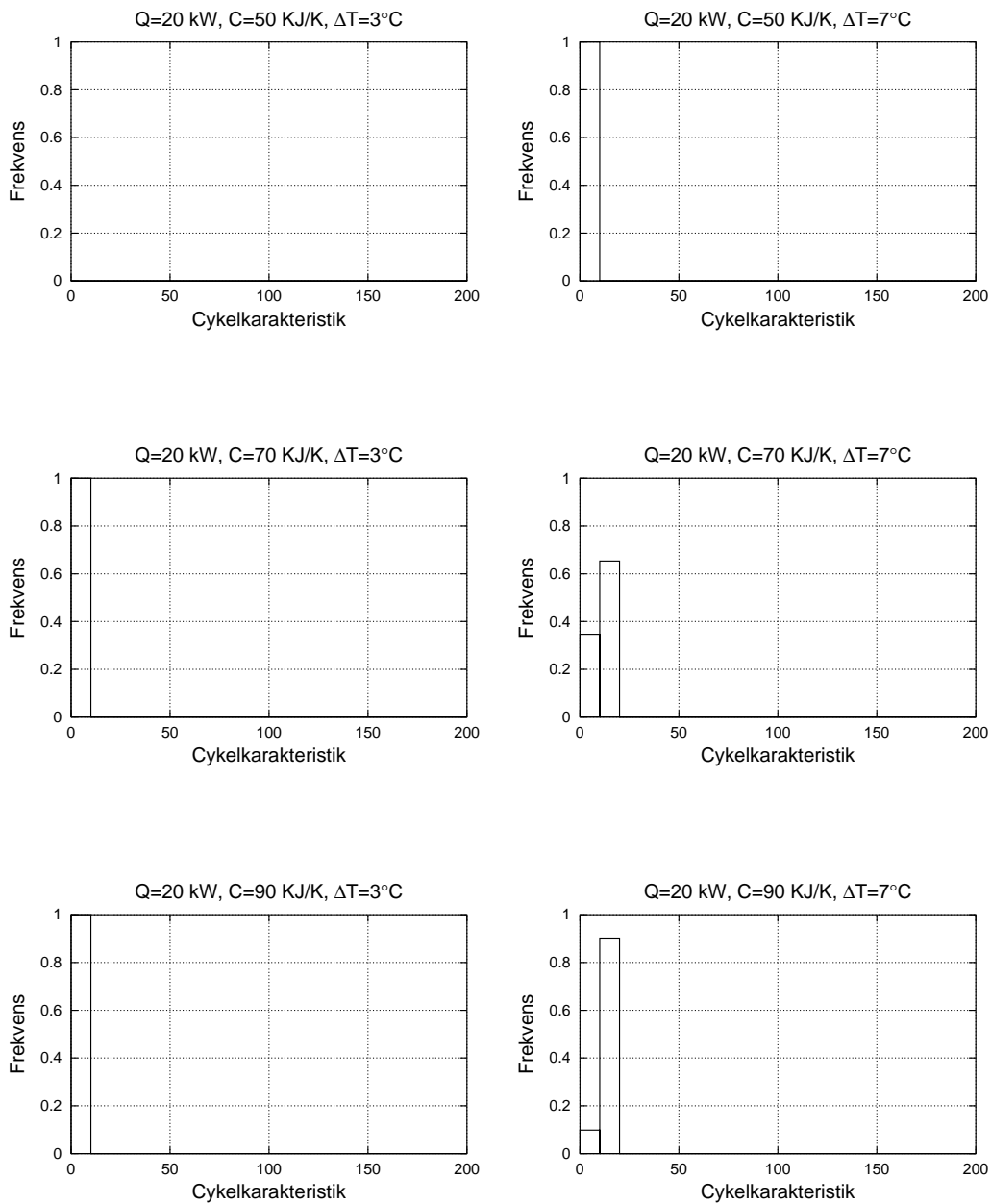
Modulerande brännare finns huvudsakligen stora pannor som inte berörs i denna undersökning och i villapannor med små värmekapaciteter, till exempel väggpannor. Modulerande brännare kan styras på olika sätt. Till exempel kan brännaren först starta på den maximala effekten för att sedan reglera till en lämpligare effekt eller starta på den lägsta effekten för att sedan reglera. Brännareffekten kan sedan styras av skillnaden mellan fram och returledningstemperatur. Här har valts två reglermetoder, inledningsvis en start på maximal eller minimal brännareffekt för att sedan reglera effekten proportionellt mot skillnaden mellan framlednings- och returledningstemperatur. Resultat med dessa två reglerstrategier visas i figurerna 3.7–3.11. Vi kan tydligt urskilja att cykelkarakteristiken påverkas av reglerstrategin. Särskilt märks detta vid en liten termostathysteres.

### **3.2.3 Cykelkarakteristik vid förändrade driftsituationer**

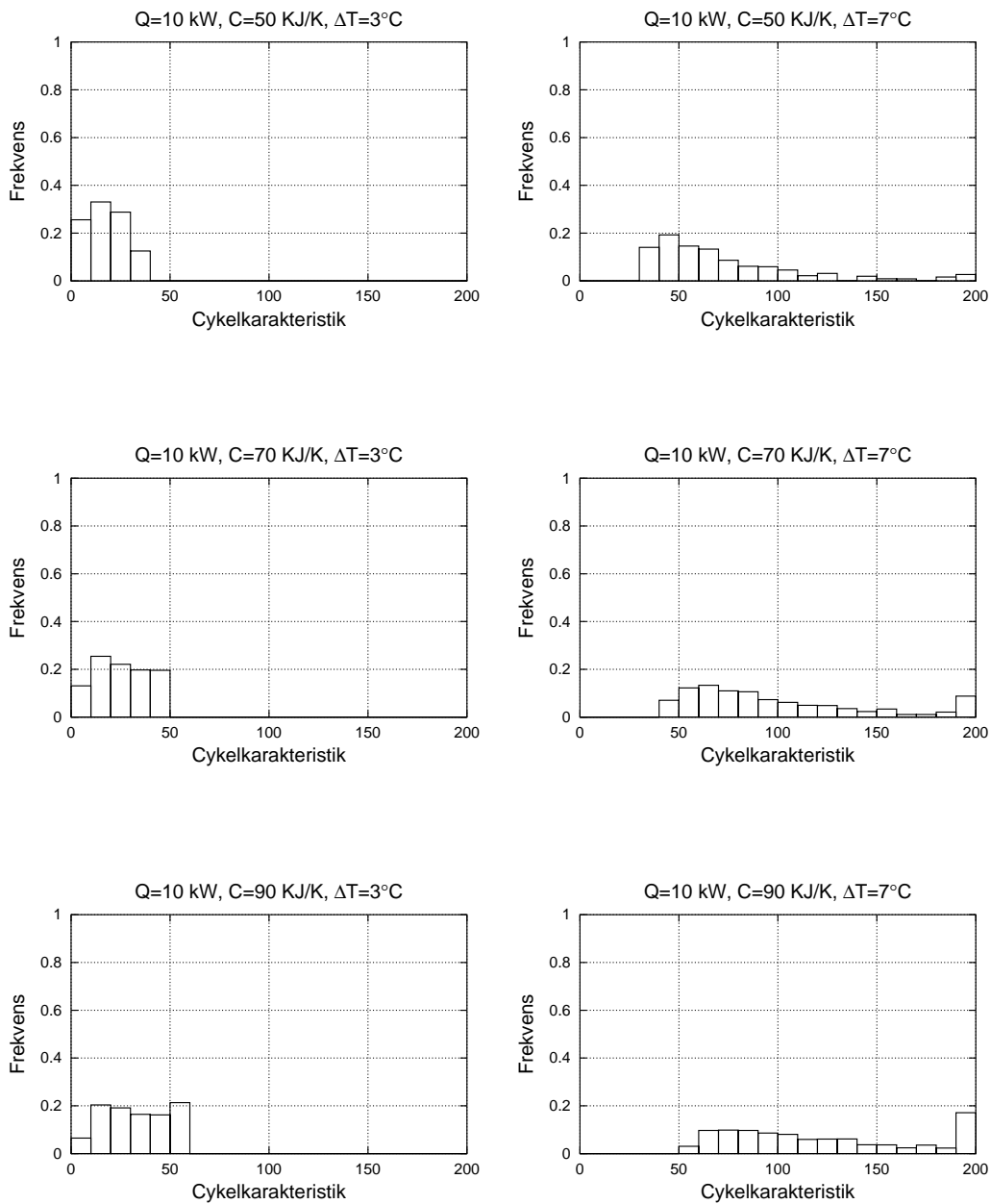
Hittills har beräkningarna avsett goda driftsituationer. Cykelkarakteristiken förändras av andra driftsituationer, som dels orsakas av förändrat uppvärmningsbehov dels orsakas av oönskade förutsättningar.



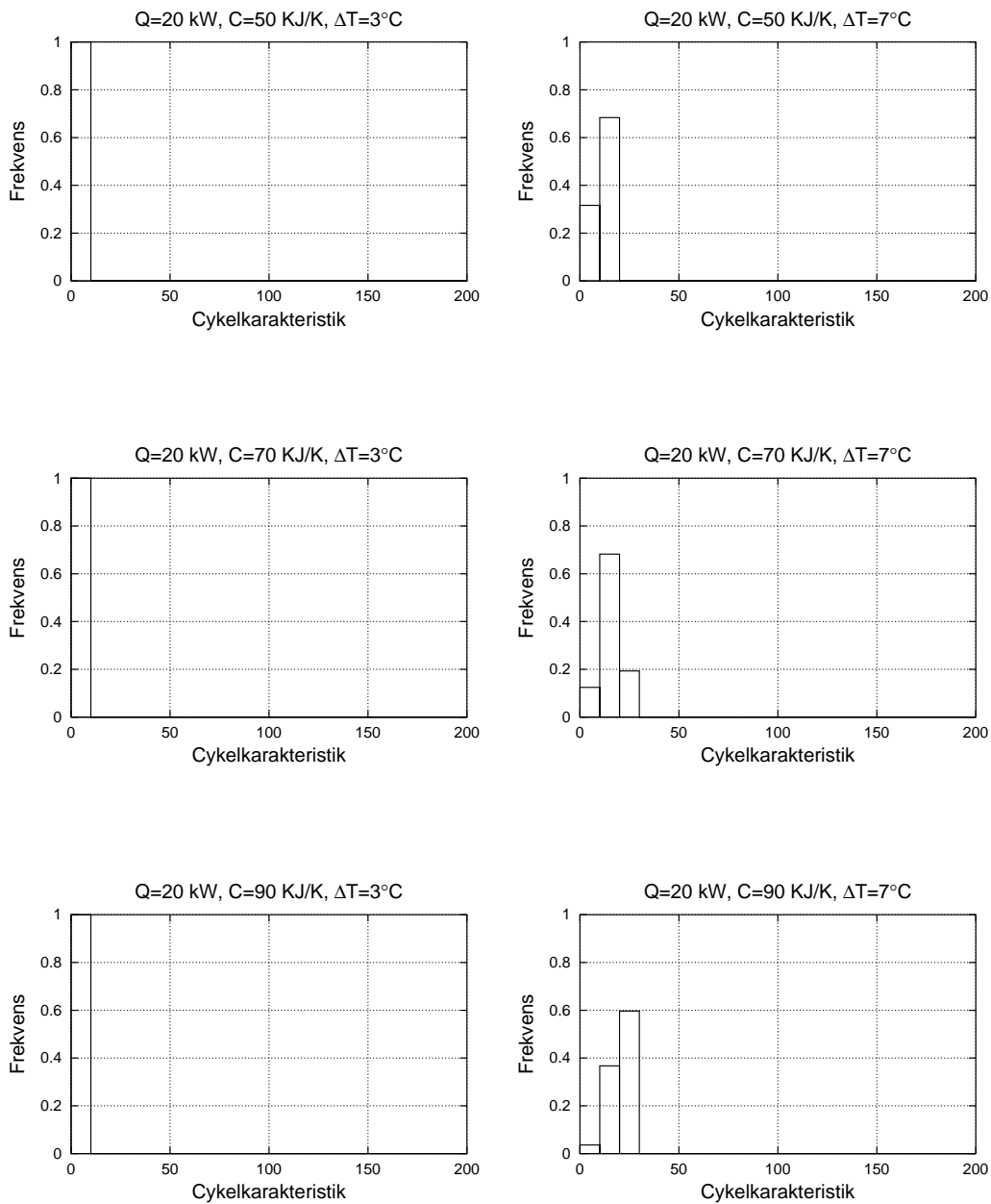
Figur 3.3: Enstegsbrännare, 10 kW. Uppvärmningsbehov 10 000 kWh/år



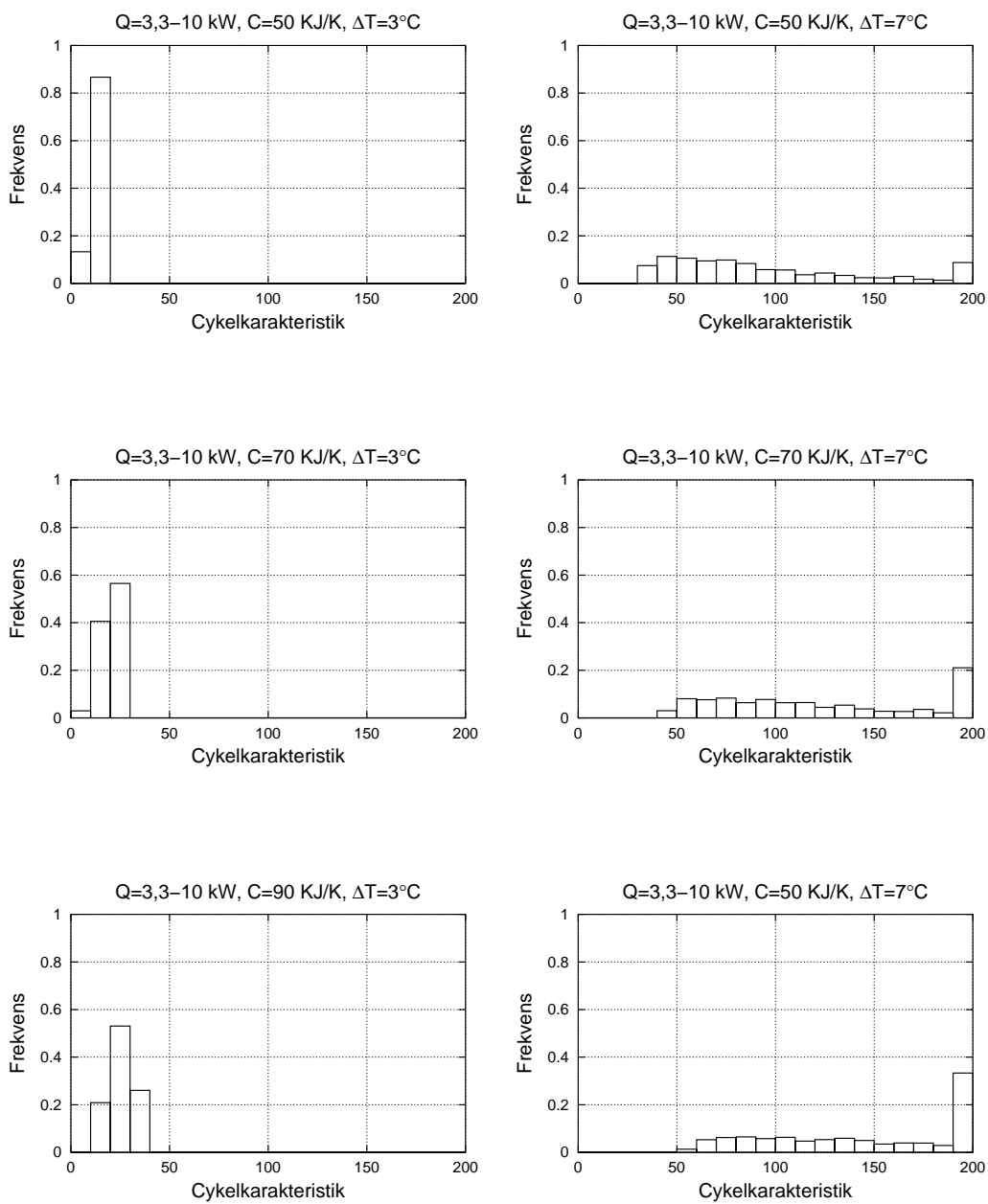
Figur 3.4: Enstegsbrännare, 20 kW. Uppvärmningsbehov 10 000 kWh/år



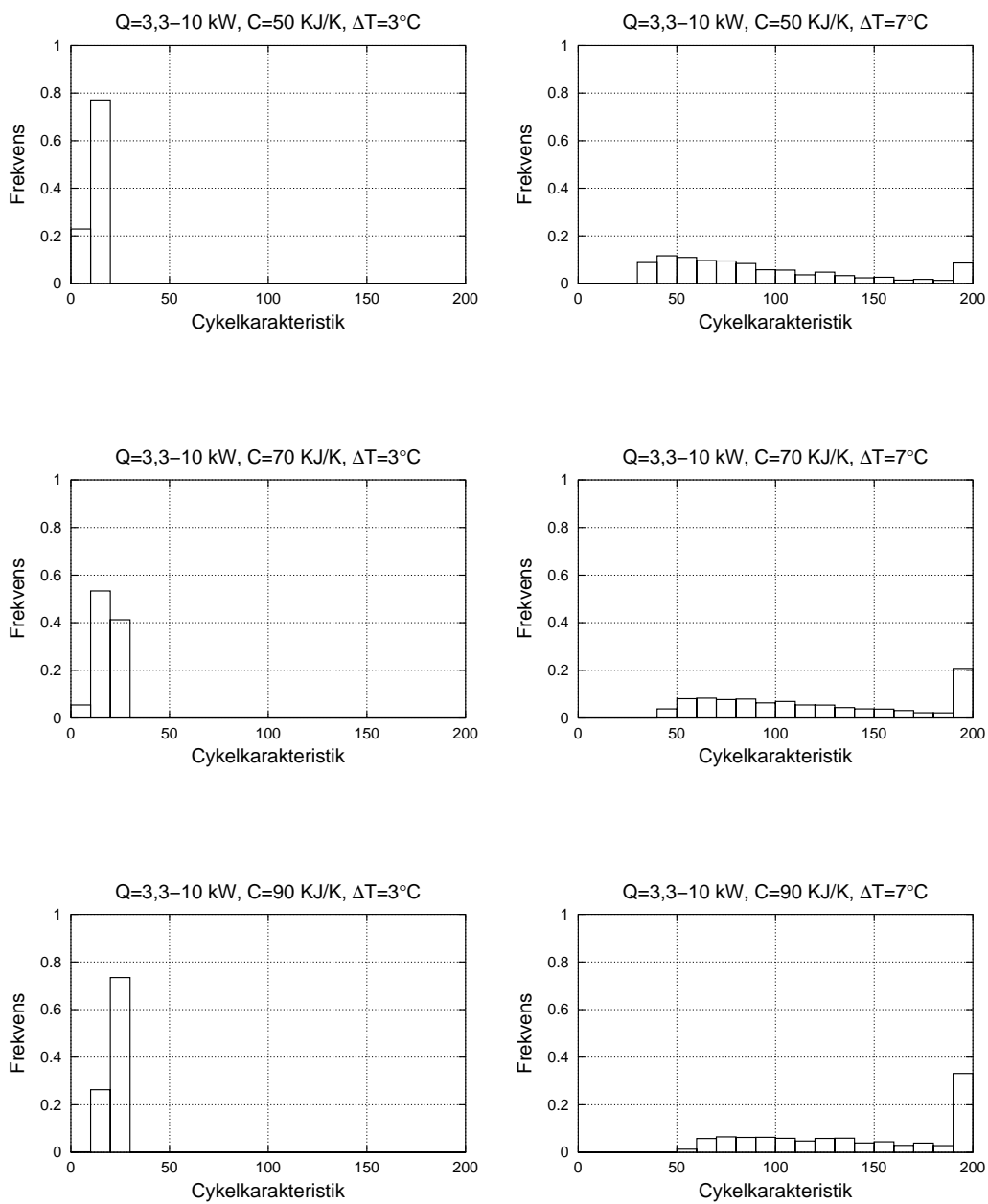
Figur 3.5: Enstegsbrännare, 10 kW. Uppvärmningsbehov 20 000 kWh/år



Figur 3.6: Enstegsbrännare, 20 kW. Uppvärmningsbehov 20 000 kWh/år

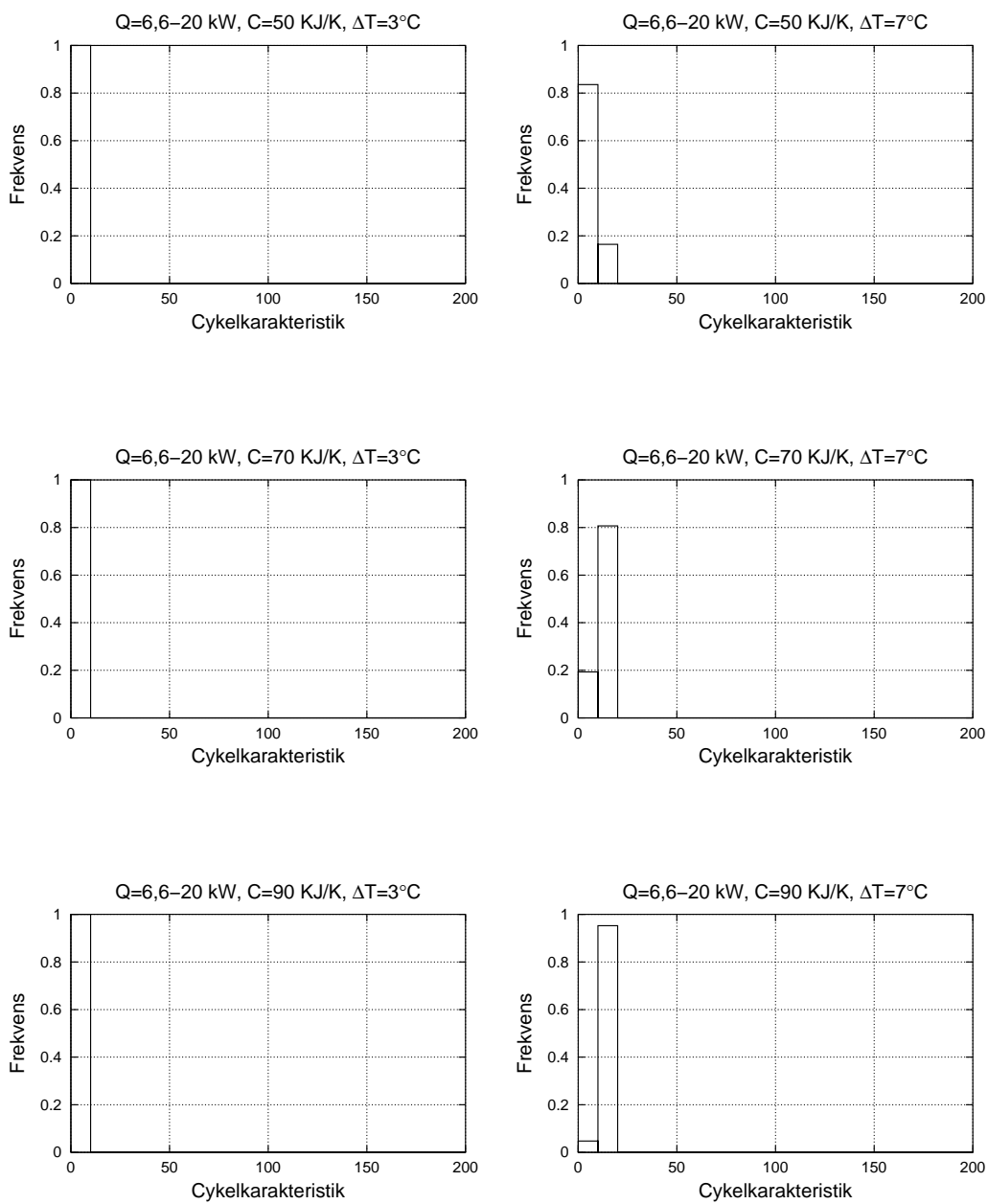


Figur 3.7: Modulerande brännare. Maxeffekt 10 kW. Moduleringsområde 1:3. Uppvärmningsbehov 10 000 kWh/år. Brännaren startar på mineffekt.

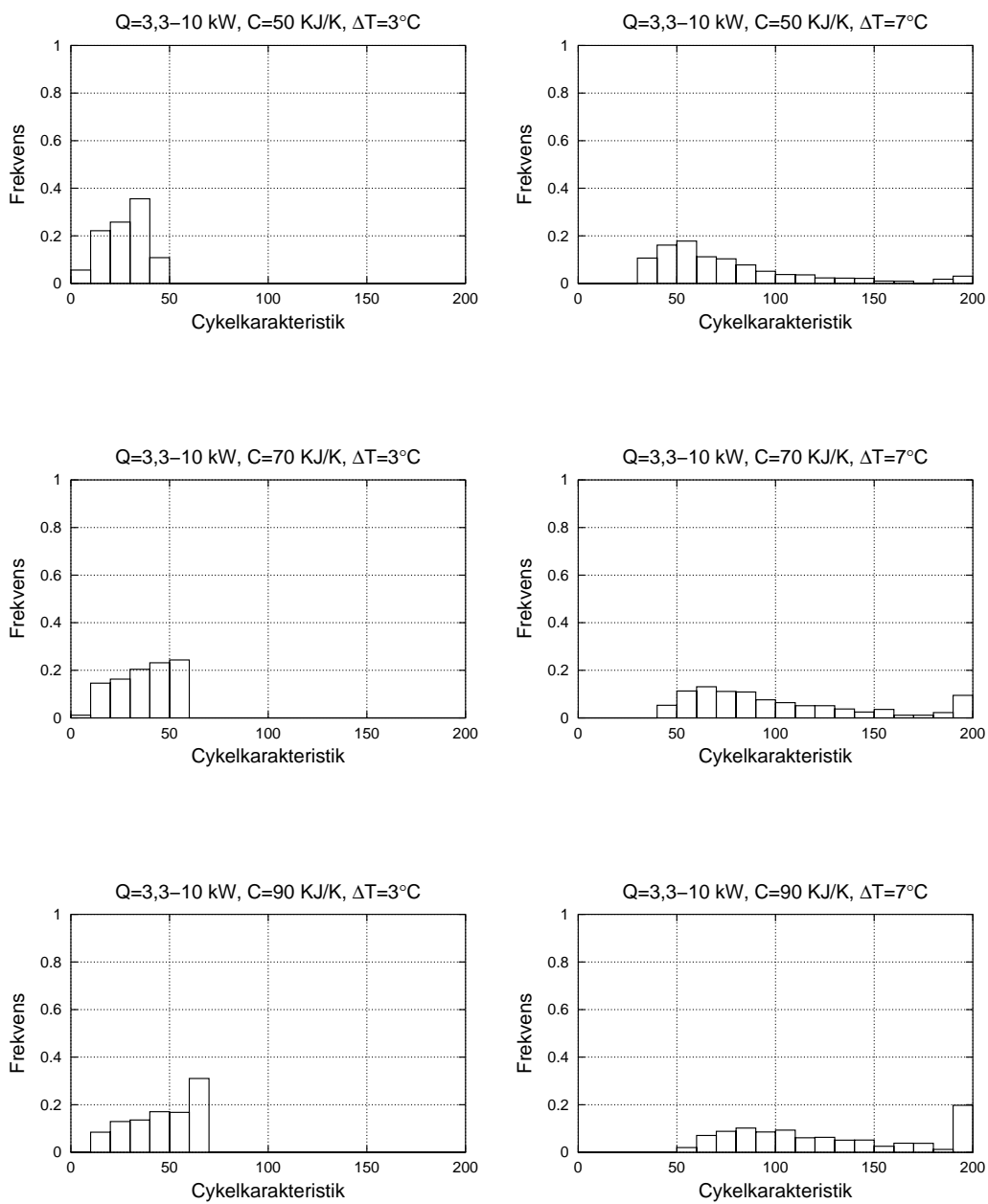


Figur 3.8: Modulerande brännare. Maxeffekt 10 kW. Moduleringsområde 1:3. Uppvärmningsbehov 10 000 kWh/år. Brännaren startar på maxeffekt.

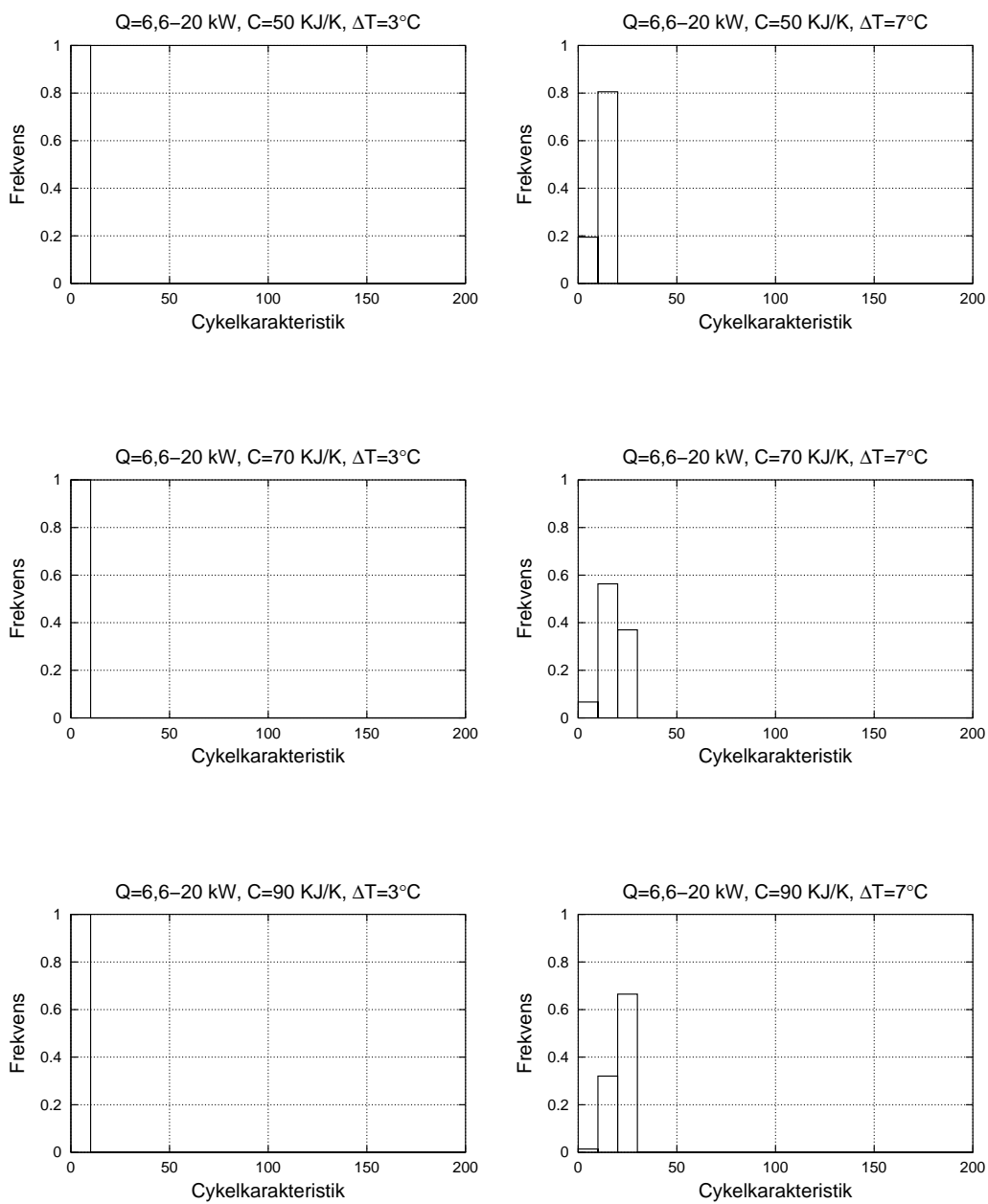




Figur 3.9: Modulerande brännare Maxeffekt 20 kW. Moduleringsområde 1:3. Uppvärmningsbehov 10 000 kWh/år. Brännaren startar på mineffekt.



Figur 3.10: Modulerande brännare. Maxeffekt 10 kW. Moduleringsområde 1:3. Uppvärmningsbehov 20 000 kWh/år. Brännaren startar på mineffekt.



Figur 3.11: Modulerande brännare Maxeffekt 20 kW. Moduleringsområde 1:3. Uppvärmningsbehov 20 000 kWh/år. Brännaren startar på mineffekt.

## Period av annat klimat

I beräkningarna har hittills använts normalklimatet enligt SMHIs statistik för Malmö. För att se om en kort period med annorlunda utomhustemperatur påverkar cykelkaraktistiken visas här resultat för pannor med enstegsbrännare och modulerande brännare. Under en vecka i februari ersätts normaltemperaturen (ca 0°C) med en genomsnittlig dygnstemperatur på -10°C. En jämförelse med tidigare beräkningar visar endast på små skillnader. Beräkningsresultaten visas i figurerna 3.12–3.13.

## Förhöjd framledningstemperatur och reducerat vattenflöde

En reglercentral som ställts in med högre framledningstemperatur än vad som krävs för att ge ett fullgott inomhusklimat kan resultera i strypning i radiatortermostaterna och reducerat radiatorflöde. Returtemperaturen och radiatorflödet kan beräknas på ett enkelt sätt utifrån att den logaritmiska medeltemperaturdifferensen  $\Delta T_m$  mellan radiator och rum är konstant vid oförändrad värmeeffekt. Därefter beräknas radiatorflödet när vattentemperaturerna är kända.  $\Delta T_m$  beräknas som

$$\Delta T_m = \frac{T_{fram} - T_{retur}}{\log\left(\frac{T_{fram} - T_{rum}}{T_{retur} - T_{rum}}\right)} \quad (3.3)$$

Vid en höjning av framledningstemperaturen med 5°C kan radiatorflödet halveras. I beräkningarna av effekterna av förhöjd framledningstemperatur antas att flödesreduktionen även gäller för flödet genom pannan och att ingen överströmningsventil kompenserar för det reducerade flödet genom värmesystemet. Beräkningsresultaten visas i figurerna 3.14–3.15.

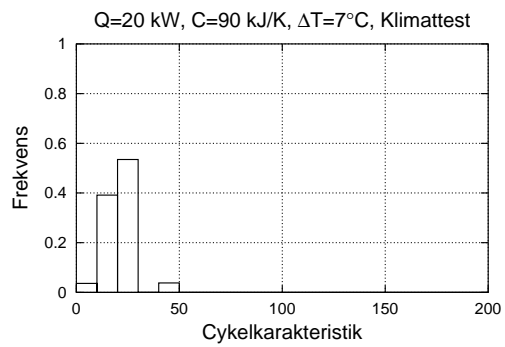
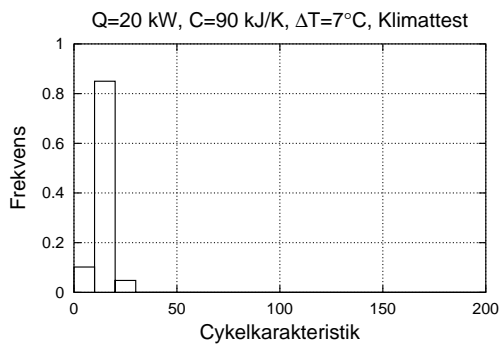
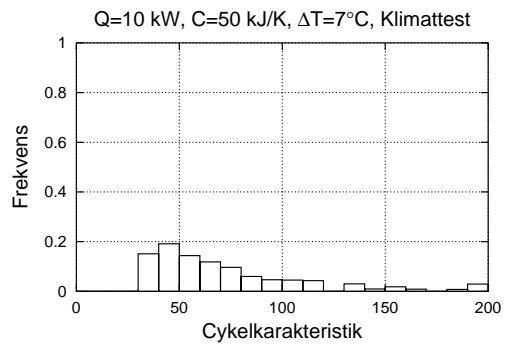
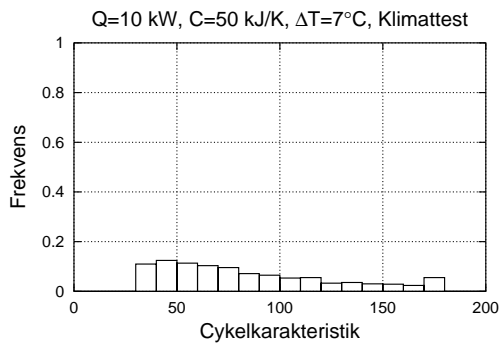
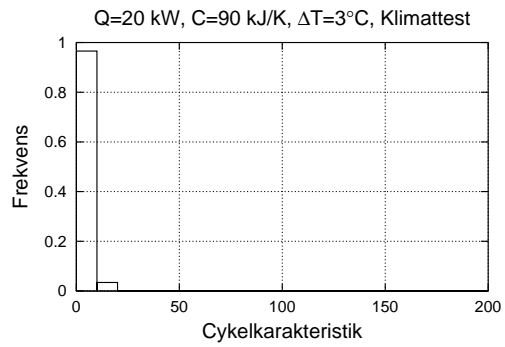
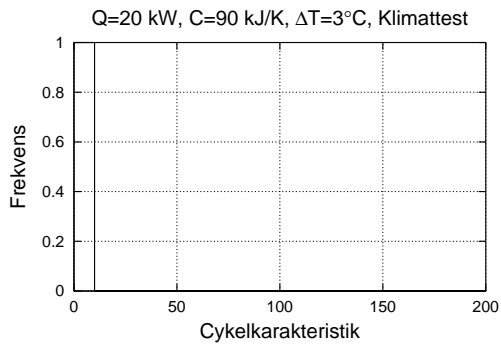
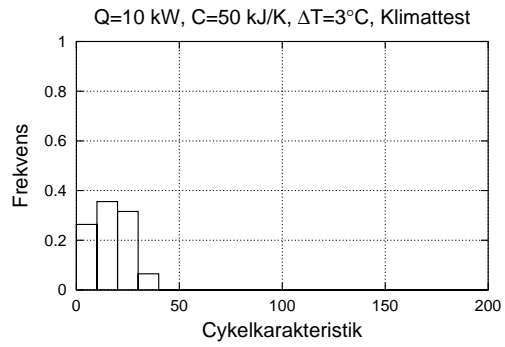
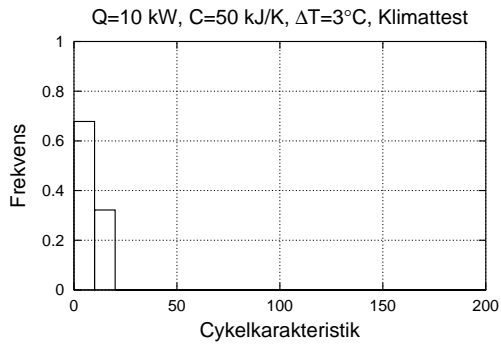
### 3.2.4 Uppvärmning och varmvatten

I de flesta fall svarar värmepannan även för värmningen av varmvattenberedaren. Till skillnad från uppvärmningsfunktionen är brännarens drift som en följd av tappningar beroende av brukarmönstret och inte jämnt fördelat under dygnet. Under uppvärmningssäsongen torde varmvattenberedningen inte påverka brännarens drifttid i nämnvärd omfattning. Under den tid som inget uppvärmningsbehov finns styrs brännarens drift av brukarvanor och varmvattenberedarens storlek.

Om vi förutsätter att drifttiderna vid värmning av varmvattenberedare är långa i jämförelse med uppvärmningsfunktionens drifttider, vilket är ett rimligt antagande,

10000 kWh/år

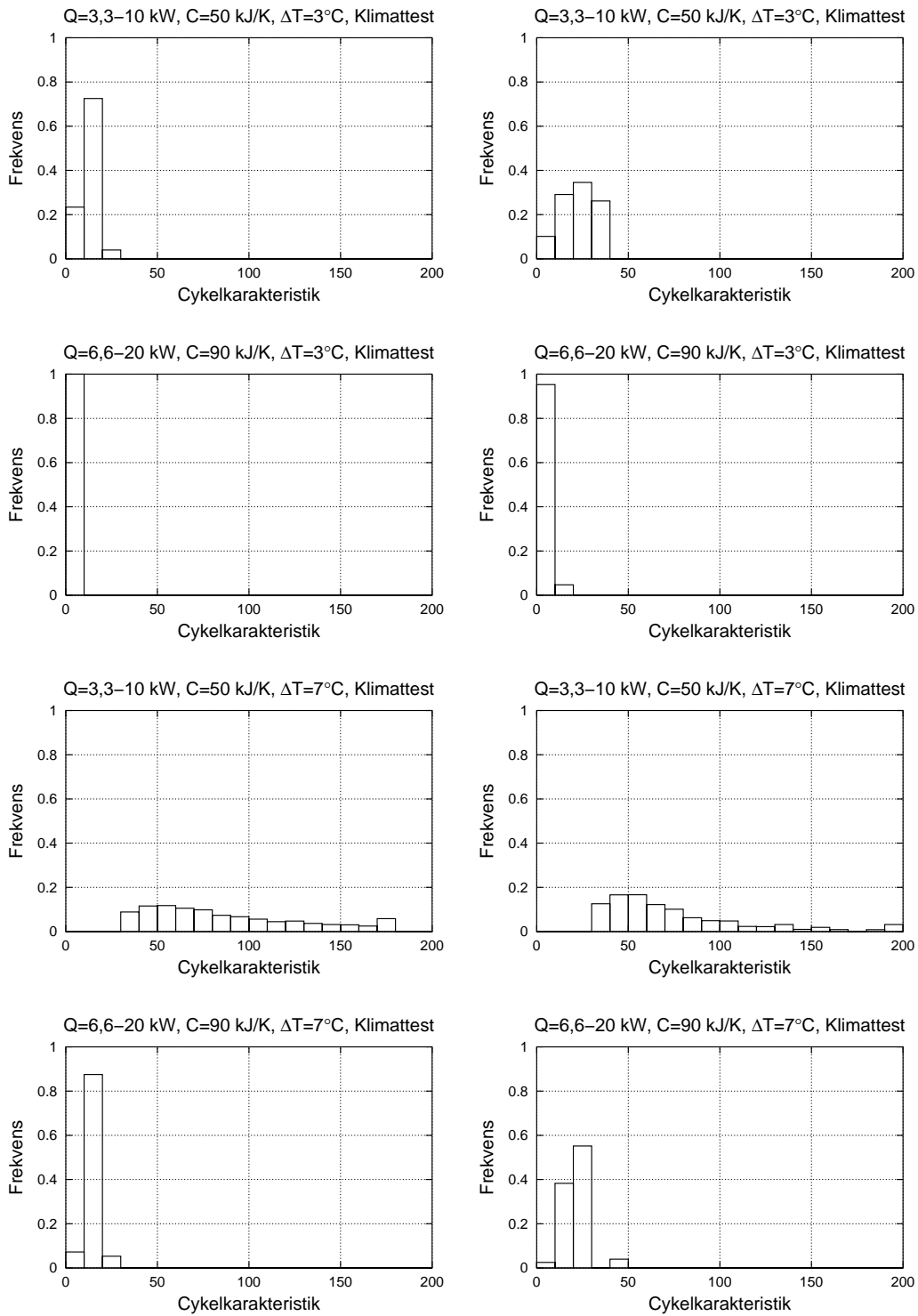
20000 kWh/år



Figur 3.12: Enstegsbrännare. En kall vecka i februari

10 000 kWh/år

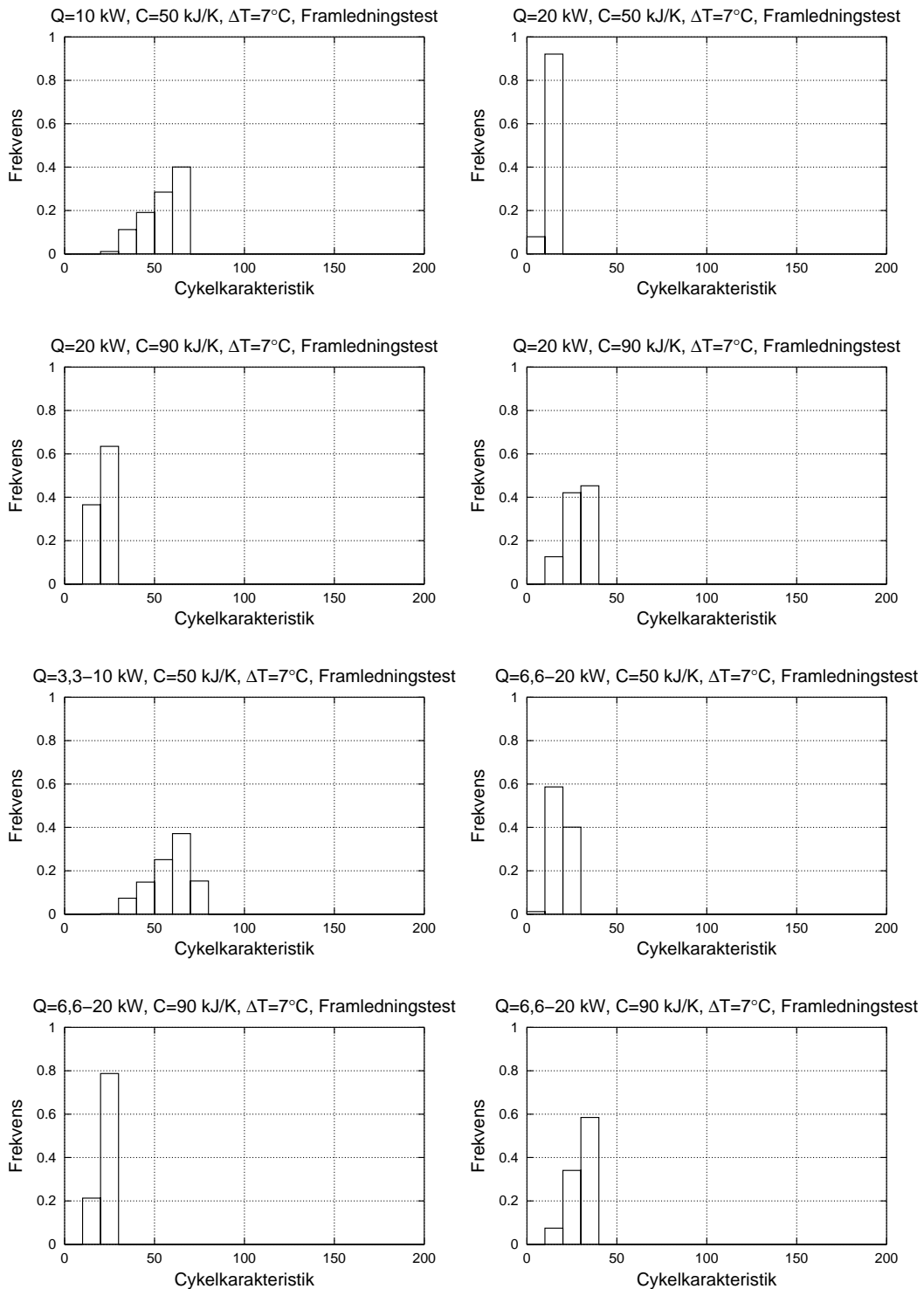
20 000 kWh/år



Figur 3.13: Modulerande brännare. Moduleringsområde 1:3. Brännaren startar på mineffekt. En kall vecka i februari

10000 kWh/år

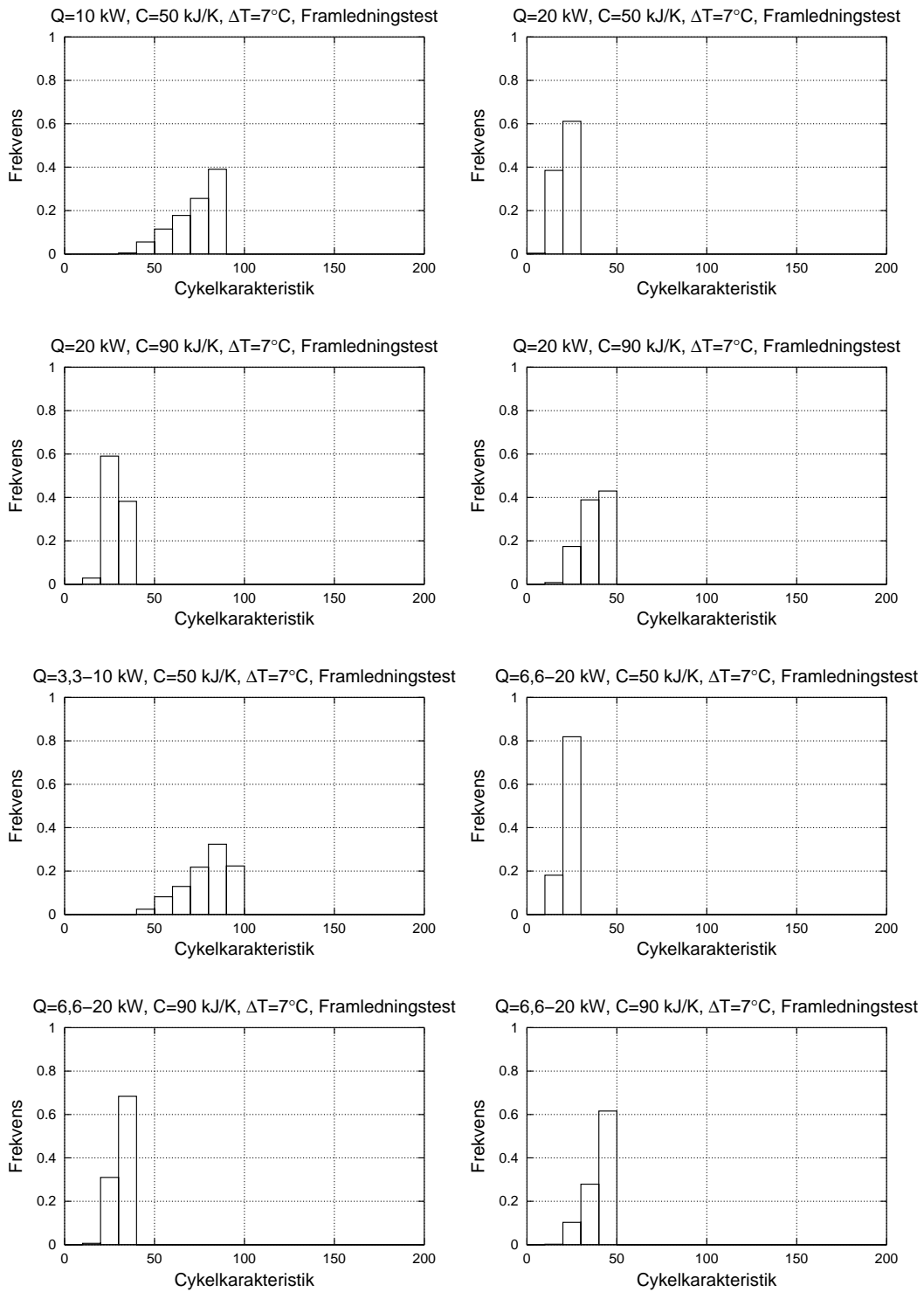
20000 kWh/år



Figur 3.14: Simulering av förhöjd framledningstemperatur, konstant  $3^{\circ}\text{C}$ . De fyra översta diagrammen avser enstegsbrännare, de nedre modulerande brännare.

10000 kWh/år

20000 kWh/år



Figur 3.15: Simulering av förhöjd framledningstemperatur, konstant  $6^{\circ}\text{C}$ . De fyra översta diagrammen avser enstegsbrännare, de nedre modulerande brännare.



kommer det att skapas staplar som ligger till höger i de skapade diagrammen. Någon modell för hur långa drifttiderna är vid varmvattensberedning har inte gjorts, men det antas att staplarna lätt kan separeras från uppvärmningsfunktionens karakteristik.

### 3.3 Analys och tolkning

Vi har nu sett en serie diagram över cykelkarakteristiken vid olika driftfall. Här kombineras grundfallet med beräkningarna för en kall vecka i februari och beräkningarna för förhöjd framledningstemperatur och reducerat vattenflöde. I figurerna 3.16–3.17 samlas dessa tre beräkningsfall för några olika pannkonstruktioner. Avsikten är att se om de olika driftfallen tydligt kan urskiljas vid en direkt jämförelse. Framledningstemperaturen är konstant 3°C förhöjd i alla beräkningarna. Det syns tydligt att den kalla veckan i februari inte påverkar cykelkarakteristiken på ett markant sätt. Däremot kan vi urskilja en klar skillnad mellan värmesystemets grundutförande, som antas vara väldimensionerat, och när framledningstemperaturen är förhöjd. Det synes finnas goda möjligheter att identifiera en sådan felinställning. Beräkningarna antyder också att detta skulle vara tydligare vid små uppvärmningsbehov. Vi ser likartade resultat för pannor med antingen enstegsbrännare eller modulerande brännare. Det går dock inte att här avgöra hur gränsen för acceptabel drift skall väljas.

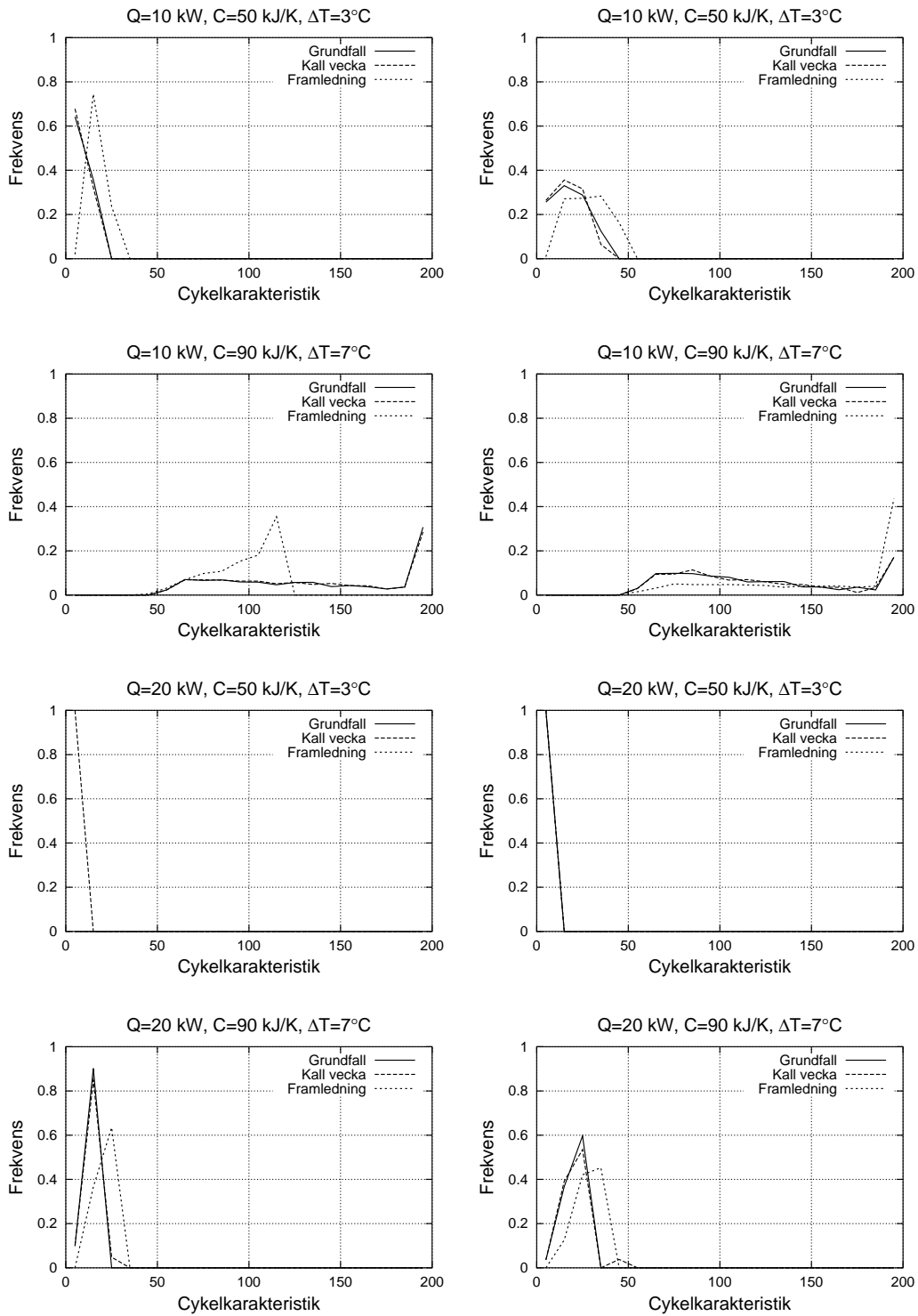
#### 3.3.1 Framtida arbete

En naturlig fortsättning för den utvecklade diagnostiseringsmetoden är att prova den i laboratorie- eller fältprov. Då kan också varmvattensfunktionens inflytande på fördelningen klarläggas närmare.

Diagnostiseringen kan utvecklas ytterligare genom att närmare studera möjligheterna att använda neurala nätverk (ANN, Artificial Neural Networks). Vid institutionen studeras ANN med tillämpningar på kraftgenerering. En översiktsrapport har skrivits [20] och den innehåller några exempel på ANN applicerat på energiprocesser. Ett exempel är simulering av en kombicycle där prestanda kan förutsägas utifrån förändringar hos de olika komponenterna. En stor fördel med ANN jämfört med traditionella mass- och energibalansmodeller är den kortare beräkningstiden, vilket underlättar övervakning i realtid. Samma argument anges i en studie av ANN för instabiliteter i en brännkammare.

10000 kWh/år

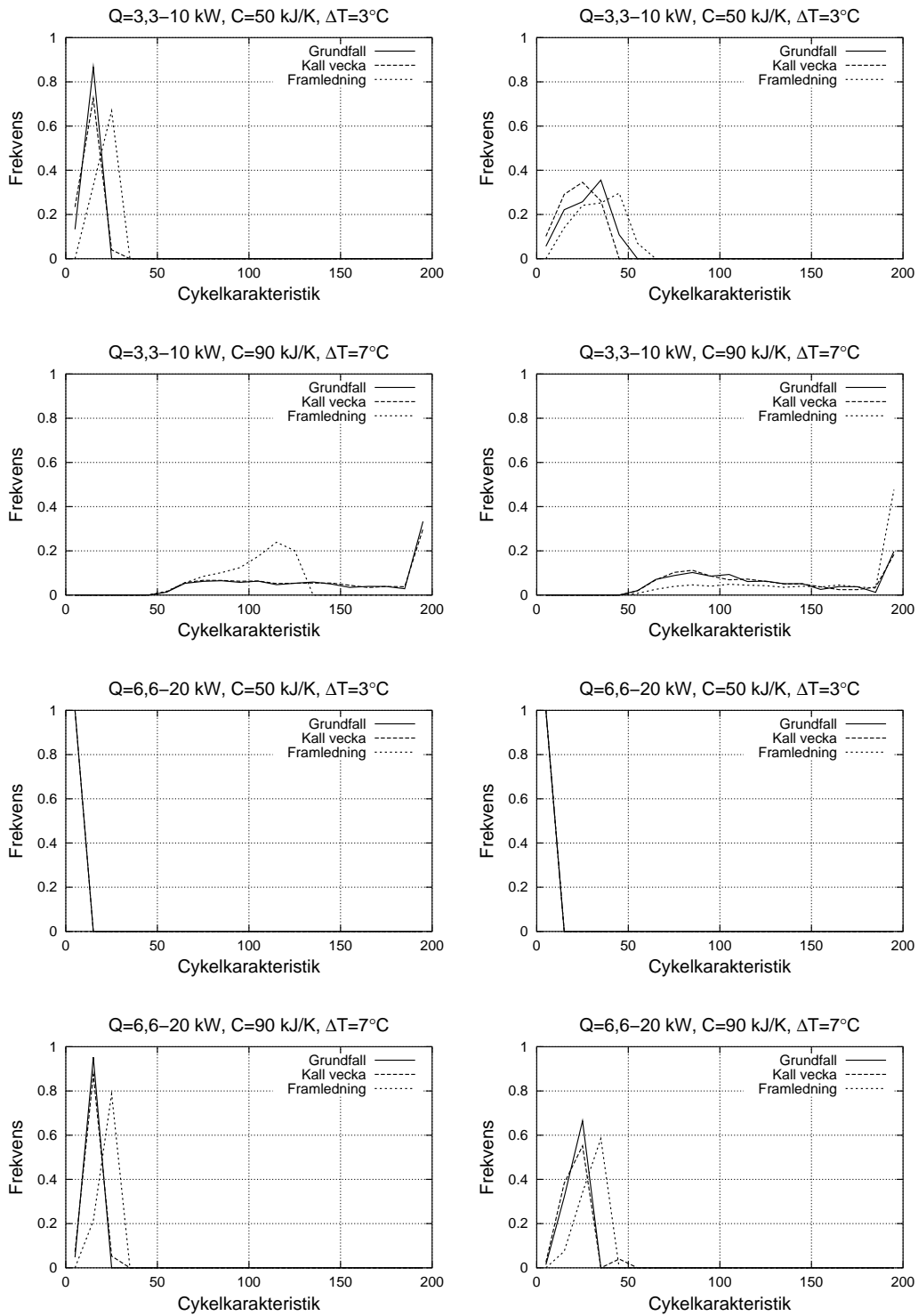
20000 kWh/år



Figur 3.16: Sammanställning av cykelkaraktäristiken för grundfallen och vid annat klimat och förhöjd framledningstemperatur. Enstegsbrännare.

10000 kWh/år

20000 kWh/år



Figur 3.17: Sammanställning av cykelkaraktäristiken för grundfallen och vid annat klimat och förhöjd framledningstemperatur. Modulerande brännare.

# Kapitel 4

## Slutsatser

Rapporten har tagit upp möjligheterna att diagnostisera gasvärmeinstallationer från två utgångspunkter, utifrån data i kundregistret och genom en enkel kontinuerlig mätning i pannan som avläses periodiskt. Olika ”intelligenta” styrsystem för hushåll finns idag antingen som förslag eller färdiga lösningar. Dessa omfattar inte övervakning av apparaternas prestanda utan snarare möjligheten att styra värmen, larm av olika slag med mera. Vidare ger datorutvecklingen nya möjligheter men det förutsätts i detta arbete att automatiskt insamlade data bearbetas på plats, det vill säga i gaspannan.

En diagnostisering utifrån befintliga data är en enkel form av diagnostisering. Kundregistret kan utnyttjas för att diagnostisera funktionen hos pannan (stationära värdben), avgaskanalen samt gasmätaren. Om man inte har enstaka nyckeltal för funktionen hos dessa delar av installationen krävs att kundregistrets data används i beräkningsprogram. Dessa finns tillgängliga men används idag inte för detta ändamål. Den största begränsningen är att med den begränsade mängd data som kundregistret innehåller så kan endast relativt stora avvikelser från önskad funktion identifieras, och främst då under stationära förhållanden. Det är dock viktigt att kundregistrets fåtaliga data värderas noggrant.

Försmutsning i gaspannor är ett område som inte tycks ha berörts i litteraturen. Det kan inte direkt bedömas hur försmutsning i praktiken påverkar prestanda. Mätningar vid stationärt tillstånd ger möjlighet att identifiera försmutsning i värmeväxlaren då den är så omfattande att verkningsgraden påverkas. Här är data i kundregistret tillräckliga. Dock tycks det finnas behov av fördjupade studier av försmutsning i gaspannor.

En önskad funktion som alltför korta drifttider för brännaren kan troligen inte identifieras utifrån kundregistrets nuvarande data. Här krävs kunskap om de dynamiska driftsituationerna och detta kan inte uppnås utan tillgång till mätningar och mätdata. I detta arbete har en metod utvecklats som enligt simuleringar tycks ge möjlighet att identifiera exempelvis alltför låga vattenflöden, vilket ger upphov till ökat slitage på pannans armaturer. Metoden kräver kontinuerlig mätning av framlednings- och returledningstemperaturerna under brännarens drifttid. Mätpunkterna har valts med hänsyn till enkel, billig och pålitlig mätteknik.

# Litteraturförteckning

- [1] Jané, R. och F. Valle, *Remote Diagnostics to Support In-Field Repair of Gas Heat Pumps through Intranet Communication*, 1998 Int. Gas Res. Conf., 8–11 november 1998, San Diego, USA
- [2] Ganet, R. E. och G. Sauba, *Communicating Products for Domestic Gas-Based Applications, GAP European ESPRIT Project*, 1998 Int. Gas Res. Conf., 8–11 november 1998, San Diego, USA
- [3] Jimenez, M. och D. Di Paola, *The Domestic Communicating Boiler: Marrying Natural Gas and Electronics Successfully*, 1998 Int. Gas Res. Conf., 8–11 november 1998, San Diego, USA
- [4] Hoel, T.I., *Systems, methods and computer tools for diagnosing and operation of district heating consumer systems*, Doktorsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet NTNU, Trondheim, 1999
- [5] North, G., *A Review of Residential Computer Oriented Energy Control Systems*, Inst. för Värme- och Kraftteknik, LTH, 2000
- [6] Näslund, M., *Optimering av gaspannor och radiatorer i småhus*, SGC Rapport 115, maj2001
- [7] Dittrich, A., *Zum Jahreswirkungsgrad von Ein- und Mehrkesselanlagen*, HLH, **23**(1972), Nr 12, pp. 381–386
- [8] Plate, P. och J. Tenhumberg, *Theoretische und experimentelle Ermittlung des Nutzungsgrades von Wärmeerzeugern – Ein Vergleich*, HLH, **35**(1984), Nr 3, Mars, pp. 95–99
- [9] Näslund, M., *Description of Boiler Performance Models and Software – DYBOS, CONDBOIL and STATBOIL*, opubl. rapport, Värme- och Kraftteknik, LTH

- [10] Schweitzer, J., *Annual Efficiency Calculation Method for Domestic Boilers*, SAVE Contract XVII/4.1031/93-008, slutrapport, Dansk Gasteknisk Center, 1996
- [11] Tveit, D. och O. Paulsen, *Estimation of energy savings by replacement of fuel oil- and gas-fired boilers*, SAVE Contract XVII/4.1031/Z/96-072, slutrapport, Dansk Teknologisk Institut, maj 1999
- [12] Wollerstrand, J. och S. Frederiksen, *Försmutningsförlopp i plattvärmväxlare för fjärrvärmeabonmentcentraler*, Värmeforsk Rapport 546, 1995
- [13] Nilsson, U.; Näslund, M. och K.-H. Andersson, *Korrosion i flexibla rostfria insatsrör*, SGC Rapport 050, december 1993
- [14] Hedéen, L. och G. Björklund, *Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar*, SGC Rapport 060, maj 1995
- [15] Nilsson, U., *New Methods for Metering Quality Assurance in Natural Gas Grids*, lic.rapport, avd. för Systemteknik, LTU 1997, ISBN: LTU-LIC-1997/37-SE
- [16] Wanselius, K., *Avgassystem vid naturgassystem*, Värmeforsk Rapport 359, 1989
- [17] Näslund, M., *Utveckling av en värmeöverföringsmodell för skorstenar vid gaseldning*, Värmeforsk Rapport 542, 1995
- [18] Rutz, A. L.; Paul, D. D.; Crisafulli, J. J.; Fischer, R. D.; Talbert, S. G. och G. R. Whitacre, *User's manual for VENT-II (Version 4.1) with diskettes: An interactive personal computer program for design and analysis of venting systems for one or two gas appliances*, Battelle Laboratories, GRI-90/0178, 1990
- [19] Näslund, M., *Avgasåtervärmning i små kondenserande gaspannor*, licentiatrapport, Värme- och Kraftteknik, Lunds Tekniska Högskola, 1991
- [20] Olausson, P. och J. Arriagada, *General Overview of the Artificial Neural Network Engineering for Energy Systems Applications*, Värme- och Kraftteknik LTH, augusti 2000



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

---

---