
Rapport SGC 045

**METODER ATT HÖJA VERKNINGSGRADEN
VID AVGASKONDENSERING**

Kjell Wanselius
KW Energiprodukter AB

December 1993



Rapport SGC 045
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--45--SE

PROJEKT SGC 90.68

METODER ATT HÖJA VERKNINGSGRADEN VID AVGASKONDENSERING.

1993-11-26

Kjell Wanselius

K W ENERGIPRODUKTER AB
Peter Myndes Backe 12 5tr
118 46 STOCKHOLM
tel 08- 644 4245 fax 08-642 2641
Malmökontor 040-975271

SGC:s FÖRORD

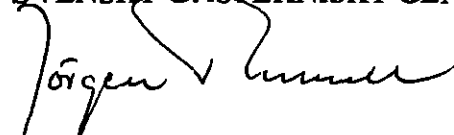
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

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 i slutet på denna rapport.

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 f n följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Malmö Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Thunell

1993-11-26
K W ENERGIPRODUKTER AB
Kjell Wanselius

METODER ATT HÖJA VERKNINGSGRADEN VID AVGASKONDENSERING (PROJEKT SGC 90.68).

Innehållsförteckning:

- Sammanfattning.
- Läsanvisning.
- 1. Bakgrund och syfte.
- 2. Metod och avgränsningar.
- 3. Definitioner.
- 4. Teori.
 - 4.1 Förbränning.
 - 4.2 Verkningsgrader över 100%?
 - 4.3 Luftöverskott i avgaser.
 - 4.4 Förbränningsluftens temperatur.
 - 4.5 Förbränningsluftens luftfuktighet.
 - 4.6 Jämförelse: naturgas, gasol, stadsgas och olja.
 - 4.7 Verkningsgradsmätning genom kondensatmängdsmätning "hinkmetoden".
 - 4.8 Vad innehåller kondensatet.
- 5. Några tumregler för ekonomisk optimering vid avgaskondensering.
- 6. Principer vid avgaskondensering.
 - 6.0 Praktiska utföranden av avgaskondensorer.
 - 6.0.1 Indirekt eller direkt kylning.
 - 6.0.2 Separat AKO eller AKO inbyggd i pannan.
 - 6.1 Hela pannvattenflödet genom AKOn.
 - 6.2 Returvatten från ett radiatorsystem.

- 6.3 Tvåstegskylning, returvatten från radiator-system och förvärmning av tappvarmvatten.
- 6.4 Returvatten från radiatorsystem samt värmewäxlare för förvärmning av tappvarmvatten.
- 7 Verkningsgradshöjning utöver kylning med vatten.
- 7.1 Förvärmning av förbränningsluften.
- 7.2 Koppla in värmepump.
- 7.3 Befuktning och förvärmning av förbränningsluften.
- 8. Exempel på pannsystem som utnyttjar befuktning av förbränningsluften.
- 8.1 Fagersta Energetics
- 8.2 Franska 1, INNOREX från SECCACIER.
- 8.3 Franska 2, SYSTEM EQUIPTECHNIC.
- 9 Slutsatser och förslag till praktiska försök.

Referenser.

Bilaga 1. Verkningsgradstabell.

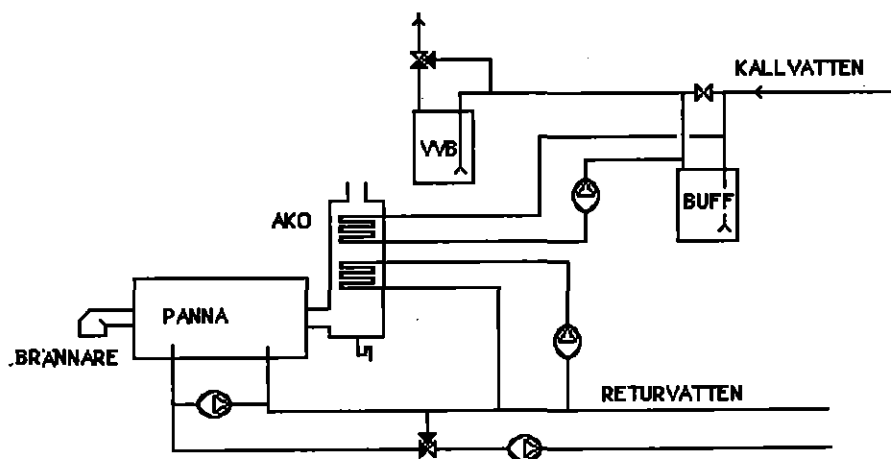
SAMMANFATTNING.

För att få ordentlig kondensering av avgaserna bör vid tunga driftfall avgaserna kylas till 40 grader C eller lägre. Avgaskondenseringen sker i en avgaskondensör (AKO).

Om avgaserna kyls till	Blir förbränningsverkningsgraden (gäller naturgas med 20% luftöverskott = λ 1,2)
80 grader C	97,1%
70 - " -	97,6%
60 - " -	98,1%
50 - " -	101,1%
40 - " -	105,3%
30 - " -	107,9%
20 - " -	109,6%

För t ex lokaluppvärmning är förhållandena vid utomhustemperaturen 0 grader C ett tungt driftfall.

Val av metod att åstadkomma god kylning av avgaserna beror på anläggningens förutsättningar. Generellt är det mest ekonomiskt att först kyla med vatten (returvatten, förvärmning av tappvarmvatten etc) så långt det går.



Exempel på avgaskondensering i bostadsfastighet där avgaserna kyls i två steg. Första steget med värmesystemets returvatten och i andra steget med blivande tappvarmvatten. I tunga driftfall kyls avgaserna till ca 34 grader C vilket motsvarar 107% förbränningsverkningsgrad.

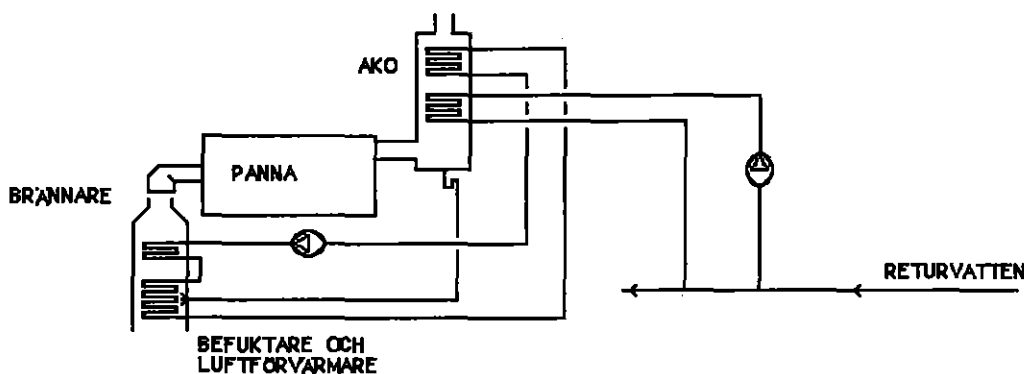
Förutom kylning med vatten visas tre metoder att ytterligare kyla avgaserna för att på så sätt höja verkningsgraden:

- förvärmning av förbränningsluften,
- inkoppling av värmepump,
- befuktning och förvärmning av förbränningsluften.

Metoden att befukta och förvärma förbränningsluften är mest intressant i följande fall:

- avgaserna kan endast kylas med returvatten
- returvattnets temperatur ligger mellan 45 till 52 grader C.

Detta förhållande gäller för många fjärrvärme-centraler, blockcentraler och industriella panncentraler.



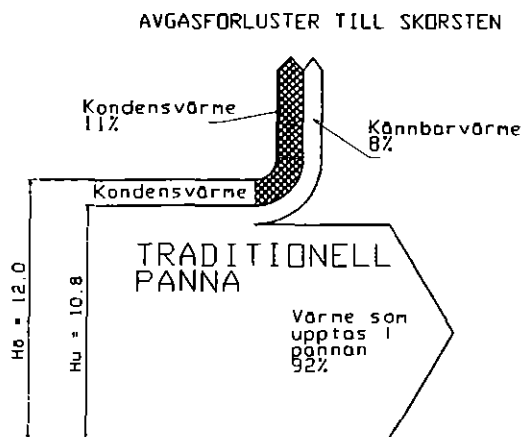
AKO och befuktning av förbränningsluften.

50 gradigt returvatten i första steget. I normala fall utan befuktning kyls avgastemperaturen till ca 52 grader C vilket innebär 99,9% i förbränningsverkningsgrad

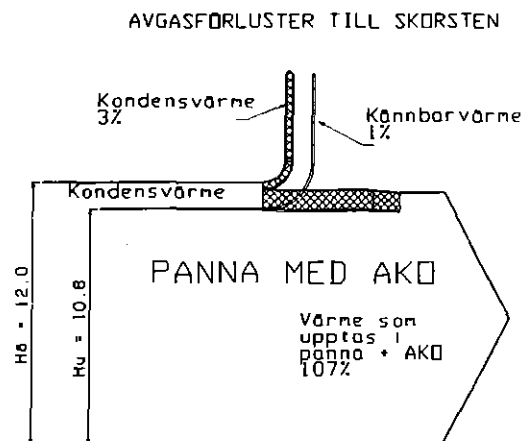
Andra kylsteget i AKOn lämnar värmeenergi till en anordning för förvärmning och befuktning för förbränningsluften. Därmed kommer mer kondensenergi att fällas ut på det första kylsteget i AKOn relativt om ingen befuktning sker. Avgastemperaturen efter AKOn blir ca 43 grader C vilket ger en förbränningsverkningsgrad om 104,3%. Befuktningen höjer således verkningsgraden med 4,4%-enheter.

I Sankeydiagram visas energiflödena för:

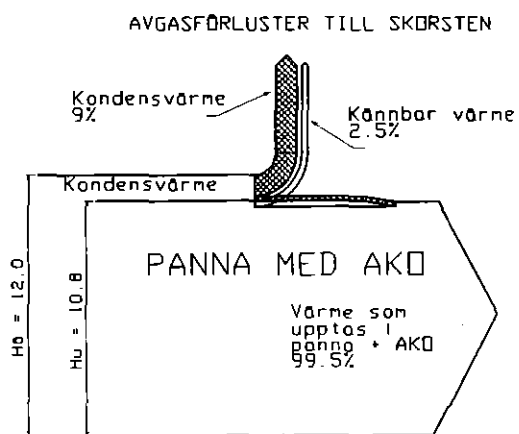
- en traditionell panna
- en traditionell panna + AKO i bostadshus
- en traditionell panna + AKO och 50 gradigt kylvatten
- en traditionell panna + AKO och 50 gradigt kylvatten + befuktare.



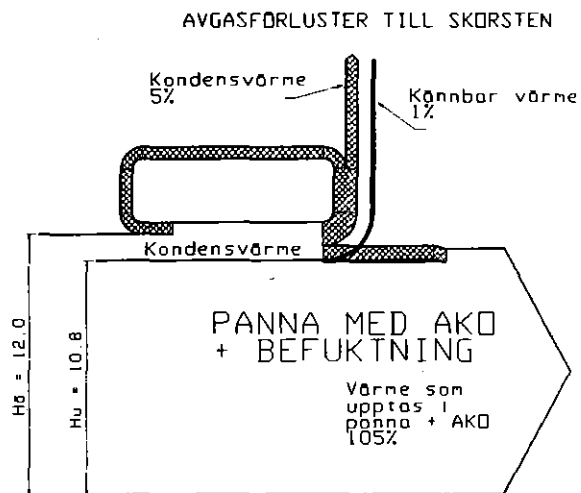
1. Energiflöde i en traditionell värme-panna.



2. Energiflöde i en traditionell värme-panna och AKO installerad i bostads-hus. Kylning både med radiatorvatten och förvärmning av tappvarmvatten. Förbränningsverkningsgraden blir mycket hög ca 107% vid tunga driftfall.



3. Energiflöde i en traditionell värme-panna med 50 gradigt returvatten. System som förekommer block- och fjärrvärmecentraler.



4. Samma system som fig 3 kompletterat med befuktning vilket resulterar i en verkningsgrad jämförbar med fig 2.

En metod att på ett mycket enkelt sätt mäta förbränningsverkningsgraden vid avgaskondensering presenteras. Metoden går ut på att mäta mängden kondensat och mängden gasenergi under en period och att räkna fram specifika kondensatmängden per kWh förbrukad energi. Ur ett diagram kan sedan förbränningsverkningsgraden avläsas. Det enda instrument som behövs för mätningen är en hink. Därför kallas metoden för "hinkmetoden".

En lyckad anläggning med avgaskondensering, dvs en anläggning med god ekonomi, innebär systemtänkande. Själva AKOn är endast en del i systemet.

Tillverkare av AKO och befuktare levererar enheterna normalt som separata delar. Standardpannor kan användas och vissa standardbrännare kan också användas. Ett franskt företag tillhandahåller allt i ett paket dvs brännare-panna-AKO-befuktare.

Marknaden för anläggningar där befuktning är ekonomiskt attraktivt är störst om man kan använda befintliga brännare och pannor. Därför föreslås att ett praktiskt försök görs i en befintlig panncentral i storleksordningen 1-2 MW.

LÄSANDISNING.

Börja med att läsa sammanfattningen och sedan avsnitt 3 som handlar om definitioner.

Därefter kan du direkt gå till avsnitt 6 och 7. Genom att skumma igenom detta avsnitt får du dig en bild av olika inkopplingsmöjligheter.

Nu är det dags att gå till avsnitt 4 som handlar om teori. Här läser du valda delar. Senare när du vill fördjupa dig i någon av de principer som visas i avsnitten 6 och 7 blir du tvungen att gå tillbaka till teoriavsnittet.

Avsitt 8 visar på några tillverkare som marknadsför system för befuktning av förbränningsluften.

Avsnitt 9 ger några slutsatser av rapporten samt visar på förslag till praktiska försök med befuktning av förbränningsluften.

I rapporten numreras bilder och diagram först efter det kapitel med underavsnitt de tillhör och därefter med en bokstav i alfabetisk ordning. Ex diagram 4.2B är andra diagrammet i kapitel 4.2.

1. BAKGRUND OCH SYFTE.

Avgas (rökgas) kondensering utnyttjas allt oftare i pannanläggningar. Med gas som bränsle är avgaskondensering ekonomiskt intressant redan vid relativt små anläggningar, ca 50 kW.

Inkopplingssystemen till avgaskondensatorerna (AKOna) varierar dels beroende på tillverkare av AKO och dels beroende på anläggningens förutsättningar. En del tillverkare bygger in AKOn i pannan till en färdig enhet.

Olika metoder finns att förbättra kondenseringen med hjälp av kompletteringsutrustning. Den nyaste av dessa hjälpsystem är anordning för att befukta och förvärma förbränningsluften.

Syftet med rapporten är att:

- Visa på olika sätt att kyla avgaserna med vatten.
- gå igenom tre metoder att höja verkningsgraden med hjälpmedel.
 - 1) Förvärmning av förbränningsluften.
 - 2) Inkoppling av värmepump.
 - 3) befuktning av förbränningsluften.
- Visa på företag som marknadsför produkter som utnyttjar befuktning av förbränningsluften.
- Ge förslag till praktiska försök.

2. METOD OCH AVGRÄNSNINGAR.

Med hjälp av teoretiska beräkningar visas i tabeller och diagram konsekvenser av olika åtgärder. Befintliga erfarenheter används för att visa på olika sätt att kyla avgaserna med vatten. Broschyrer används för att redovisa produkter som utnyttjar tekniken att befukta förbränningsluften.

Rapporten behandlar naturgas i första hand. En del jämförelser görs med gasol, stadsgas och olja.

Studien avgränsas till värmepannor och ångpannor med normala luftöverskott i förbränningen.

Metoder att förhindra kondens i skorstenar vid avgaskondensering behandlas ej.

3. DEFINITIONER.

RÖKGASFÖRLUSTER.

Innebär den värmeenergi som går ut i skorstenskanalen. Rökgasförlusterna påverkas av avgas-temperaturen och luftöverskottet hos avgaserna.

FÖRBRÄNNINGSVERKNINGSGRAD eller ELDNINGSTEKNISK VERKNINGSGRAD.

Innebär den värmeenergi som upptas av pannan och eventuell AKO i förhållande till tillförd bränsleenergi. Fås fram genom att från den tillförda bränsleenergin dra ifrån rökgasförlusterna. (Ej att förväxla med kemisk förbränningsverkningsgrad som används inom fastbränsleeldningstekniken.)

STRÅLNINGS- OCH KONVEKTIONSFÖRLUSTER.

Innebär den värmeenergi som pannan lämnar ifrån sig till pannrumsluften i form av strålning och konvektion.

PANNVERKNINGSGRAD.

Innebär den energi som momentant lämnar pannan i form av uppvärmt vatten i förhållande till tillförd bränsleenergi.

AVGASKYLARE.

En värmväxlare som kyler avgaserna efter en panna utan att uppnå kondensering.

RÖKGASKYLARE.

Lika avgaskylare men avsedd för icke gasformiga bränslen.

EKONOMISER (EKO).

Lika rökaskylare och avgaskylare men ordet används i första hand vid ångpannor och då kylmediet är matarvatten.

AVGASKONDENSOR (AKO).

En avgaskylare som kyler avgaserna till så låg temperatur att vattenånga i avgaserna kondenserar.

RÖKGASKONDENSOR.

Lika avgaskondensor men avsedd för icke gasformiga bränslen

KONDENSATIONSPANNA.

En färdig enhet med brännare+panna+AKO. Uttrycket används oftast för pannor med atmosfärsbrännare.

BEFUKTNING.

Inbegriper även att förbränningsluften uppvärms.

Hu = undre (effektiva) värmevärdet.

Hö = övre (kalorimetriska) värmevärdet.

Hö = Hu + kondensvärmen från den vattenånga som bildas vid förbränningen.

4. TEORI.

4.1 FÖRBRÄNNING.

För att förbränna 1 m³ naturgas behövs 10,5 m³ luft. Gasblandningen som erhålls är en perfekt (stökiometriskt) gasblandning och betyder att all naturgas blir förbränd. I praktiken behövs lite mer luft för att förbränningen skall bli bra dvs utan att ofullständig förbränning uppstår. Ett vanligt värde är att fläktgasbrännare brinner med 20% luftöverskott (=lambda 1,2) vilket i bild 4.1A betyder ca 2,1 m³ luft.

Luften består av 20,9% syre och 79,1% kväve (inkl ädelgaserna). Det är endast syret i luften som tillsammans med naturgasen brinner och ger energi. Kvävet och luftöverskottet passerar rakt igenom pannan utan att vara till någon nytta.

När naturgas och syre brinner bildas värme. Förbränningsprodukterna består vid stökiometrisk förbränning av 9,8% koldioxid och 18,8% vattenånga.

Observera att då avgasanalys tas så är den teoretiskt maximala koldioxidhalten 12,0% i stället för 9,8%. Detta beror på att den volym vattenången utgör inte är med i analysprovet. Vattenången i avgaserna har kondenserat ut i själva analysapparaten.

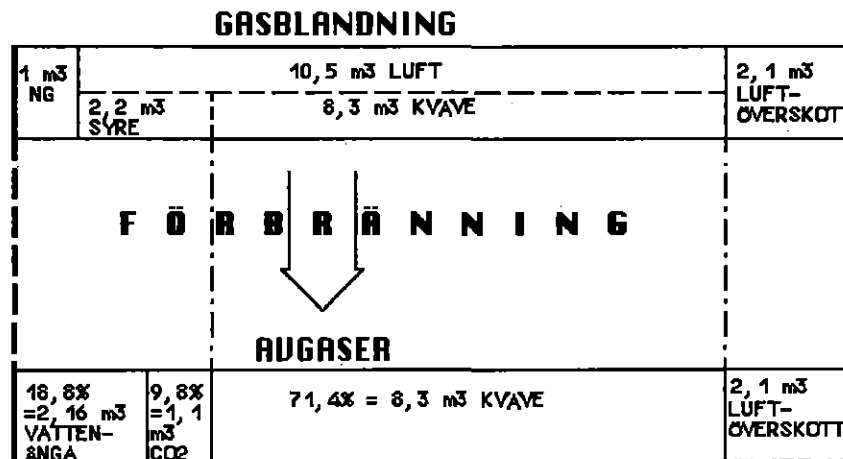


Bild 4.1A.

Brännbar gasblandning brinner och blir avgaser. Procentsiffrorna härrör från stökiometrisk förbränning.

4.2 VERKNINGSGRADER ÖVER 100% ?

Normalt utnyttjas endast bränslets kännbara (sensibla) värme i pannanläggningar. Detta har lett till att man i Europa (utom England) har definierat verkningsgraden till bränslets undre (effektiva) värmevärde, Hu.

Om avgaserna kyls till så låg temperatur att en del av vattenånga i avgaserna kondenserar ut utvinns även en del av kondensvärmen (latent värme).

Det är mycket energi som frigörs då vattenånga kondenserar. Ex för att värma 1 liter vatten från 0 till 100 grader C åtgår 116 Wh (100 kcal). För att förångas 1 liter 100 gradigt vatten till 100 gradig ånga, alltså ingen temperaturhöjning utan endast fasförändring, åtgår 628 Wh (540 kcal). Denna fasförändringsenergi vinner man tillbaka då vattenånga kondenserar.

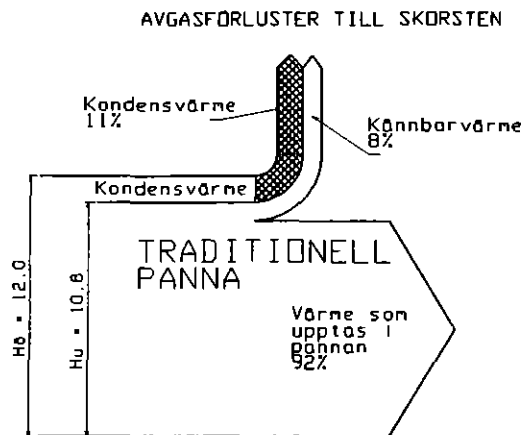
Kondensvärmen är således en energimängd utöver den kännbara värmen. Om kondensvärmen inräknas tillsammans med den kännbara värmen erhålls bränslets övre (kalorimetriska) värmevärde, Hö.

Om man tar tillvara en del av kondensvärmen leder detta till att man med traditionell verkningsgradsberäkning erhåller verkningsgrader över 100%.

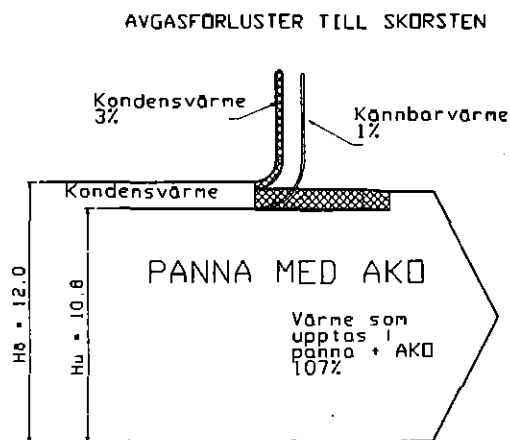
Om vi i Sverige och övriga Europa hade räknat verkningsgraden till det övre värmevärdet, som England och USA, så skulle vi slippa förklara det mystiska med att uppnå över 100% verkningsgrad. Men det finns fördelar med att hålla sig till det undre värmevärdet vilket visas senare.

Några bränslens värmevärden.

	Hu kWh/mn3	Hö kWh/mn3	Kondensvärme	
			kWh/mn3	i % av Hu
Naturgas (dansk)	10,8	12,0	1,2	11,1
Gasol-propan	26,1	28,4	2,3	8,8
Stadsgas (Stockholm)	4,7	5,3	0,6	12,8
Eldningsolja 1	9900	10500	600	6,1

**Bild 4.2A.**

Energiflöde för en traditionell värmepanna. Bränsle = naturgas.

**Bild 4.2B.**

Energiflöde för en panna med avgaskondensator. Bränsle = naturgas.

Förbränningsverkningsgraderna som anges i bilderna 4.2A och 4.2B förekommer ofta men kan i det enskilda fallet avvika kraftigt. En dålig systemlösning, panna + AKO, kan ha lägre förbränningsverkningsgrad än en välgjord traditionell panna.

Fördelar och nackdelar med att räkna verkningsgrader till det undre värmevärdet.

Tabellerna nedan visar förbränningsverkningsgrader baserat på undre (Hu) respektive övre (Hö) värmevärdet för några intressanta värden.

	Förbränningsverkningsgrad	
	Hu	Hö
Naturgas	90%	= 81,0% *
Gasol-propan	90%	= 82,7%
Stadsgas (Stockholm)	90%	= 79,8%
Eldningsolja 1	90%	= 84,9%
Naturgas	111,1%	= 100%
Gasol-propan	108,8%	= 100%
Stadsgas (Stockholm)	112,8%	= 100%
Eldningsolja 1	106,1%	= 100%

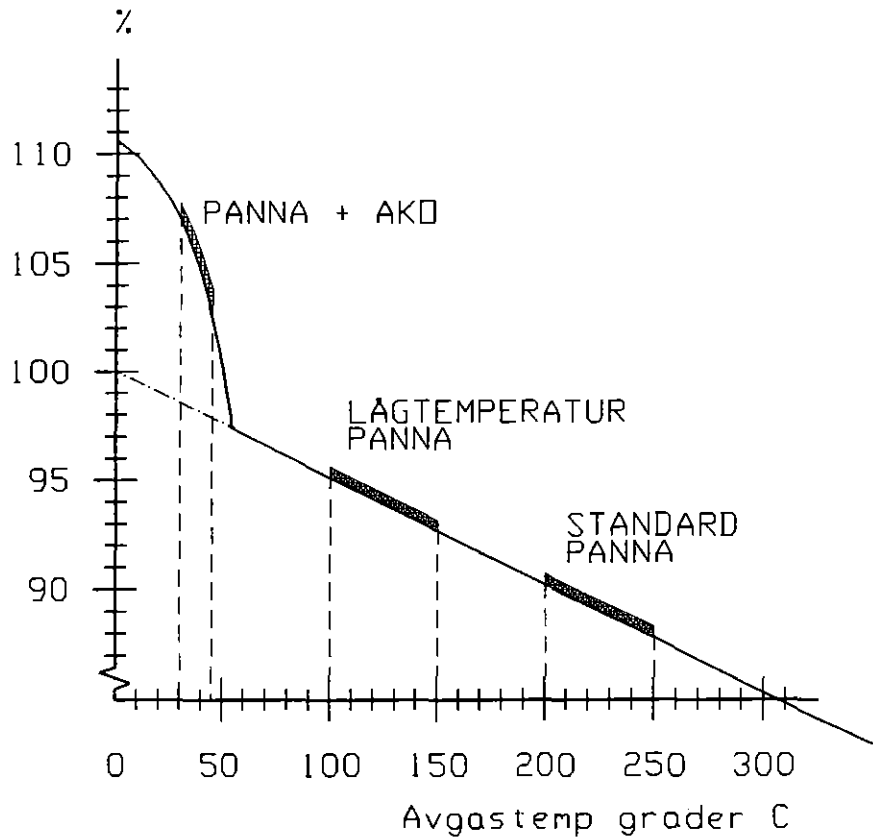
* Omvandling av förbränningsverkningsgraden 90%, baserat på undre värmevärdet, till motsvarande baserat på övre värmevärdet. Antag naturgas.

$$90\% * 10,8/12,0 = 81,0\%$$

Fördelen med att räkna verkningsgraden till det undre värmevärdet är att det är enklare att jämföra två bränslen i en värmepanna. T ex om en panna eldas med 100 kW olja med 90% förbr.verkn.grad så upptar pannan 90 kW. Om samma panna matas med 100 kW naturgas och har 90% förbr.verkn.grad. så upptas även här 90 kW.

Räknar man till det övre värmevärdet måste man i oljefallet elda med 106 kW till 84,9% förbr.verkningsgrad för att pannan ska ta upp 90 kW. Med naturgas blir motsvarande värden 111 kW till 81% förbränningsverkningsgrad för att pannan skall ta upp 90 kW.

Det är således enklare att jämföra olika bränslen då verkningsgradsberäkningarna sker mot det undre värmevärdet. Nackdelen är, som nämnts tidigare, att det kan vara svårt att förklara att man kan komma över 100% i verkningsgrad.

Förbrännings-
verkningsgrad**Bild 4.2C.**

Förbränningsverkningsgradens förändring med temperaturen på avgaserna.
Bränsle = naturgas. Luftöverskott 20% eller lambda 1,2.

Diagram på bild 4.2C visar hur förbränningsverkningsgraden förändras med avgastemperaturen. Kurvan är beräknad för 20% luftöverskott (= lambda 1,2) i avgaserna och att förbränningsluftens temperatur är 0 grader C. Kondenseringen börjar där kurvan viker av vid ca 55 grader C.

Om man drar ut den räta linjen, innan kondenseringen börjar, kommer linjen att träffa punkten 100% på den lodräta axeln. Alltså, om ingen kondensvärme finns i avgaserna, blir verkningsgraden 100% då avgaserna kyls till 0 grader C.

I bilaga 1 finns förbränningsverkningsgraderna i tabellform för 5 olika luftöverskott i avgaserna.

4.3 LUFTÖVERSKOTT I AVGASER.

Luftöverskottet i avgaserna vid förbränning (bild 4.1A) är en barlast som bör minimeras. Detta gäller i synnerhet vid avgaskondensering. Ju större luftöverskott ju lägre daggpunkt. Detta innebär att vid en viss temperatur på kylvattnet i AKOn faller allt mindre kondensvatten ut (=sänkt verkningsgrad) ju större luftöverskottet är.

Brännaren får dock inte trimmas till så lågt luftöverskott att risk uppstår för ofullständig förbränning.

Konsekvenserna av varierande luftöverskott visas i diagram 4.3A. Antag att vi har en överdimensionerad avgaskondensator som kyler avgaserna till 40 grader oavsett variationer i luftöverskott. Vid luftfaktorn lambda 1,1 erhålls förbränningsverkningsgraden 106,2% och vid lambda 1,5 erhålls 104,6%. Detta innebär en skillnad på 1,6%-enheter alltså en icke obetydlig inverkan.

I brännarens minlastläge är det svårast att hålla låga luftöverskott utan att förbränningen försämras. Emellertid är det ur årsverkningsgradssynpunkt viktigare att minlasten har lågt luftöverskott än att maxlasten har det. Därför är det utomordentligt viktigt att kontrollera minlastens värde.

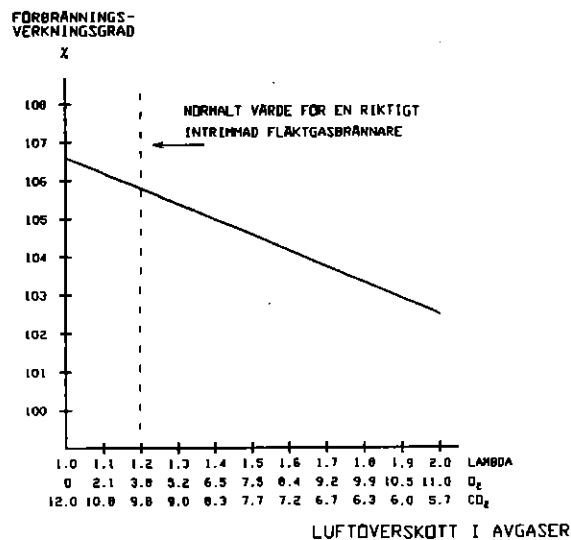


Bild 4.3A

Förbränningsverkningsgradens förändring med luftöverskottet då avgaserna har kylts till 40 grader C. Förbränningsluftens temp = 20 grader C. Naturgas.

4.4 FÖRBRÄNNINGSLUFTENS TEMPERATUR.

Bestämning av ett bränsles värmevärde, vilket verkningsgradsberäkningar baseras på, antar att förbränningsluften har temperaturen 0 grader C. Om förbränningsluften är varmare än 0 grader ökar verkningsgraden givet att avgastemperaturen är lika.

Normalt är dock förbränningsluftens temperatur +20 grader C vilket verkningsgradstabeller och diagram ofta har tagit hänsyn till.

Standardbrännare brukar maximalt tåla en förbränningsluftstemperatur på 50-60 grader C. Är högre temperatur aktuell måste speciellt utformade brännare användas.

Ju varmare förbränningsluften är ju högre verkningsgrad uppnås.

Värma förbränningsluft.

"Hur många grader måste förbränningsluften värmas för att förbränningsverkningsgraden skall öka 1%-enhet?"

$$C_p \text{ (luft)} = 1 \text{ kJ/kg } \circ \text{ K}$$

$$\text{Täthet (luft)} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

För att värma 1 m³n luft 1 K åtgår

$$1 \text{ m}^3 \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ kJ}/(\text{kg } \circ \text{ K}) \cdot 1 \text{ K} = 1,293 \text{ kJ}$$

$$= 1,293/3,6 \text{ Wh} = 0,359 \text{ Wh}$$

För att förbränna 1 kWh naturgas krävs 0,97 m³n luft. Vid lambda 1,2 i luftöverskott krävs 1,2 * 0,97 = 1,164 m³n luft.

1% av 1 kWh naturgas = 10 Wh

Antag temphöjning på luften till x K

$$10 = 0,3592 \cdot 1,164 \cdot x$$

$$x = 23,9 \text{ K}$$

Således vid luftöverskottet lambda=1,2 måste förbränningsluften värmas 23,9 K för att verkningsgraden skall öka med 1 %-enhet.

Diagram bild 4.4A visar ovanstående vid varierande luftöverskott.

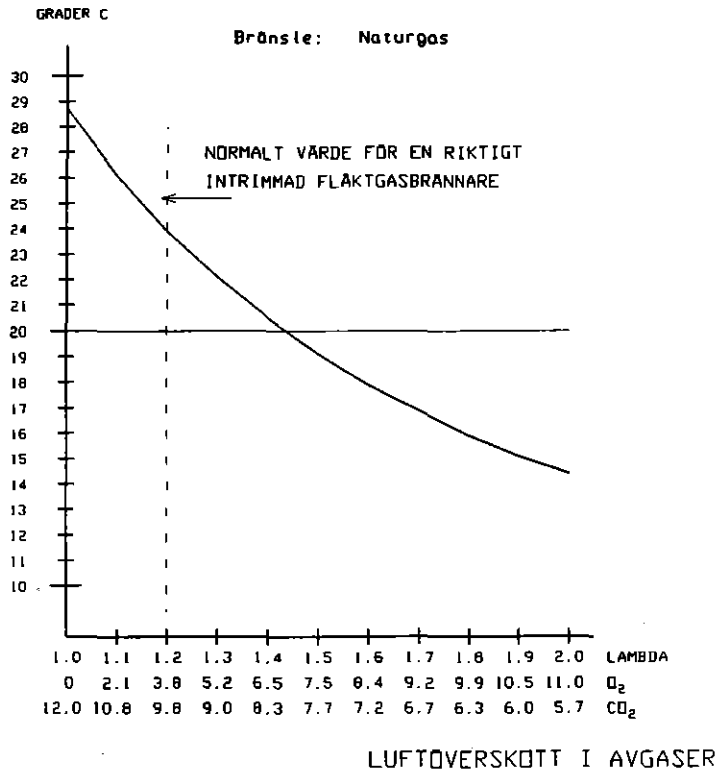


Bild 4.4A.

Erforderlig värmning av förbränningsluften, vid olika luftöverskott i avgaserna, för att förbränningsverkningsgraden skall öka 1%.

4.5 FÖRBRÄNNINGSLUFTENS FUKTHALT.

I detta avsnitt beskrivs vad som händer när förbränningsluften befuktas. Vi repeterar först förbränning med torr förbränningsluft.


GASBLANDNING			
1 m ³ NG	10,5 m ³ LUFT		2,1 m ³ LUFT- ÖVERSKOTT
	2,2 m ³ SYRE	8,3 m ³ KVAVE	
F Ö R B R Ä N N I N G  AVGASER			
18,8% = 2,16 m ³ VATTEN- ÅNGA	9,8% = 1,1 m ³ CO ₂	71,4% = 8,3 m ³ KVAVE	2,1 m ³ LUFT- ÖVERSKOTT

Bild 4.5A. Normal förbränning.

Om vi befuktat förbränningsluften så att den vid 40 grader C har 100% relativ fuktighet innebär det ca 0,9 m³ vattenånga i exemplet nedan.


GASBLANDNING			
0,9 m ³ H ₂ O	1 m ³ NG	10,5 m ³ LUFT	2,1 m ³ LUFT ÖVERSKOTT
	2,2 m ³ SYRE	8,3 m ³ KVAVE	
F Ö R B R Ä N N I N G  AVGASER			
24,6% = 3,0 m ³ H ₂ O	9% = 1,1 m ³ CO ₂	66,4% = 8,3 m ³ KVAVE	2,1 m ³ LUFT ÖVERSKOTT

Bild 4.5B.

Vi har nu 3,0 m³ vattenånga i avgaserna mot tidigare 2,16 m³. Detta leder till högre daggpunkt och att mer vattenånga fälls ut givet att avgaserna kyls till samma temperatur som för fallet med torr förbränningsluft.

Nyttan av att använda befuktning av förbränningsluften är störst då temperaturen på kylvattnet är mellan 45-52 grader C.

Har kylvattnet lägre temp än 45 grader kan man uppnå hög förbränningsverkningsgrad med enbart AKO. Den kondensenergi som finns kvar kan endast till en mindre del utnyttjas till befuktning.

Om kylvattnet är över ca 52 grader C, dvs endast 2-3 grader lägre än daggpunkten för avgaserna, finns risk för att energi förloras då förbränningsluften befuktas. Kondensering måste vara möjlig i en normal AKO för att man inte skall förlora energi vid befuktning.

Principutförandet av en anläggning med befuktning av förbränningsluften visas i kapitel 7.3.

Bild 4.5C och 4.5D visar energiflödena med hjälp av Sankeydiagram.

Bild 4.5C.

Kylning med 50 gradigt vatten så att avgaserna kyls till 52 grader C.

AVGASFÖRLUSTER TILL SKORSTEN

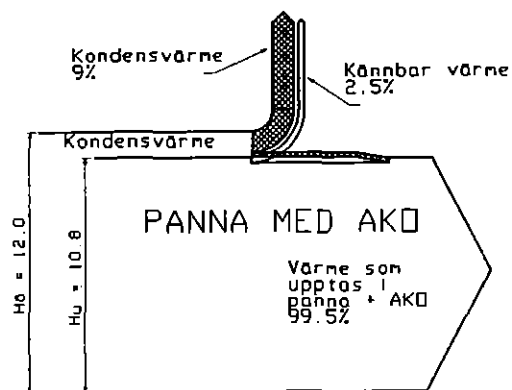


Bild 4.5D.

En del av kondensvärmen som skulle gå ut i skorstenen används till att värma och befukta förbränningsluften. Detta innebär att avgaserna kyls till ca 40 grader C i AKOns andra steg. Med den fuktiga förbränningsluften blir det mer fukt i avgaserna. Därmed höjs daggpunkten och mer kondens fälls ut då avgaserna kyls till 52 grader C i AKOns första steg (samma temp som bild 4.5C).

AVGASFÖRLUSTER TILL SKORSTEN

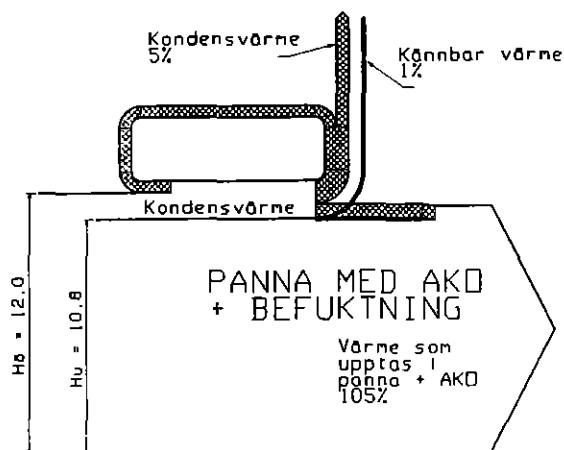


Bild 4.5E visar mängden vattenånga som avgaserna kan innehålla vid olika avgastemperaturer.

I diagrammet visas även avgasernas daggpunkt vid varierande fukthalt i förbränningsluften. Luftöverskottet i avgaserna är i samtliga fall 20% (=lambda 1,2).

Den fuktiga förbränningsluften anges vid den daggpunktstemperaturen här. Ex 40 grader C betyder att luften har 100% luftfuktighet vid temperaturen 40 grader C.

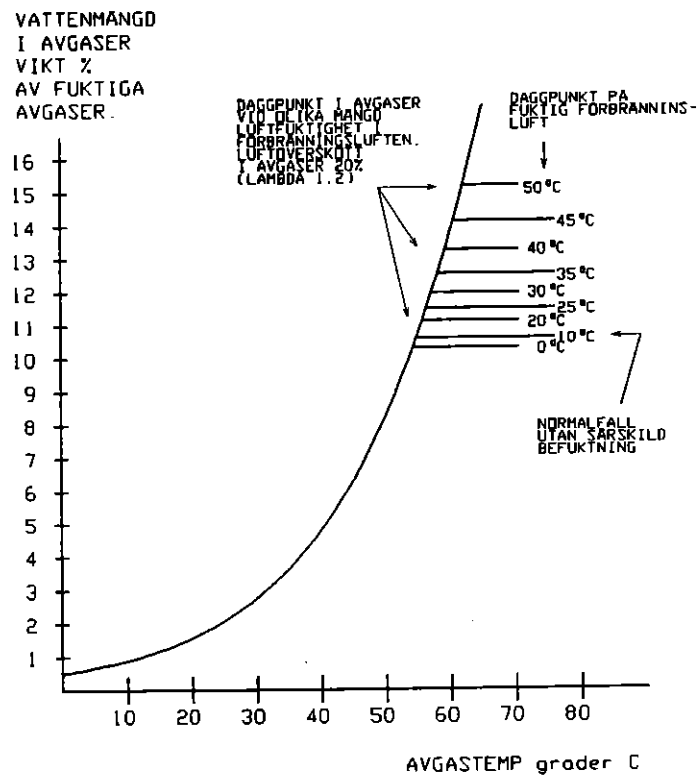


Bild 4.5E.

Vatteninnehåll i avgaser vid olika avgastemperaturer samt avgasernas daggpunkt vid olika fukthalt i förbränningsluften.

Av diagrammet framgår att avgasernas daggpunkt höjs ju mer fukt förbränningsluften innehåller.

Nu visas steg för steg vad som händer fram till befuktning av förbränningsluften.

Bild 4.5F är ett exempel med en AKO som har en värmeväxlingsringa. Kylvattentempär 50 grader C och avgaserna kyls till 52 grader C i AKOn. Ur diagrammet utläses att avgaserna från början hade 10,6 vikt% vattenånga och efter kondensering 9,1%. Således har 1,5%-enheter fällts ut i AKOn.

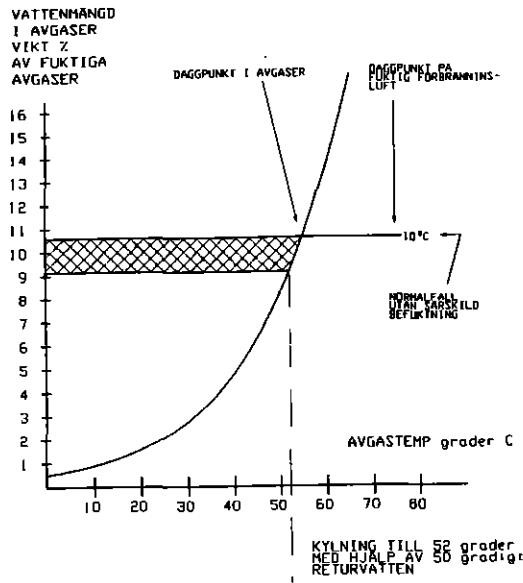


Bild 4.5F

Vatteninnehåll i avgaser då avgaserna kylts i ett steg i en AKO till 52 grader C. Obs ingen befuktning av förbränningsluften.

Nu förser vi AKOn med ytterligare ett kylsteg som koler avgaserna till 43 grader C (bild 4.5G). Vatteninnehållet i avgaserna är efter detta andra kylsteg 5,6%. Alltså har 3,5%-enheter vattenånga fällts ut i andra kylsteget. Värmeenergin från detta andra kylsteg avlämnas till en förvärmare/befuktare som visas senare.

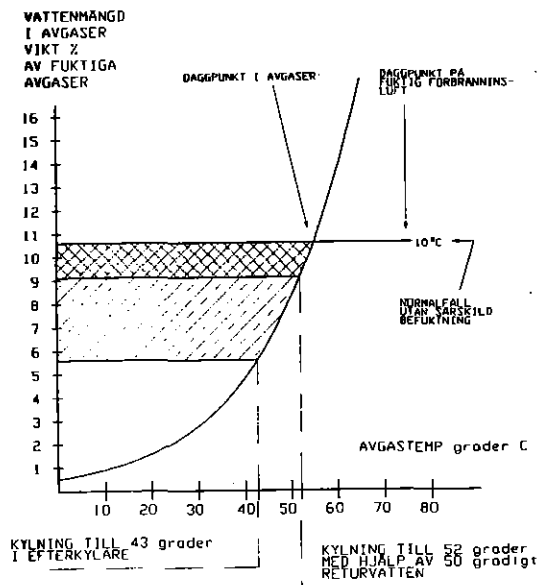


Bild 4.5G

Vatteninnehåll i avgaser efter kylning i ett andra kylsteg.

Bild 4.5H visar vad som händer då förbränningsluften förvärms och befuktas. I exemplet har förbränningsluften 100% luftfuktighet vid temperaturen 45 grader C. Vatteninnehållet i avgaserna ökar då från 10,6% till 14,1% dvs 3,5 % enheter, samma som kondenserades ut i andra kylarsteget enligt bild 4.5G. Energimässigt flyttas vattenångan från A till B. Mer kondensenergi kan nu tas upp till det 50-gradiga returvattnet.

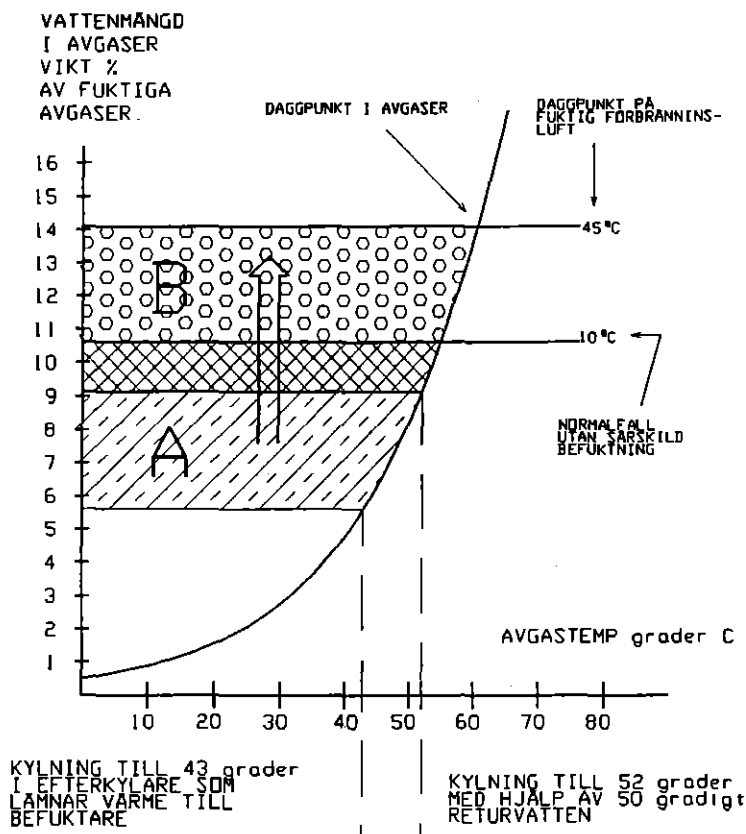


Bild 4.5H

Förbränningsluften förvärms och befuktas vilket ger en höjning av vatteninnehållet i avgaserna vilket leder till höjd daggpunkt. Energin till att befukta förbränningsluften tas ur andra kylsteget där avgaserna kondenserar. Således flyttas kondensenergi från A till B. Det hela leder till att mer kondensenergi kan tas upp till det 50-gradiga returvattnet jämfört med om ingen befuktning görs.

4.6 JÄMFÖRELSE MELLAN NATURGAS, GASOL-PROPAN, STADSGAS OCH OLJA.

Förbränningsverkningsgraden vid några olika bränslen då avgas (rökgas) temperaturen kylts till 40 grader C. Gäller vid luftfaktorn λ 1,1.

Stadsgas (Sthlm)	108,6%
Naturgas	105,8%
Gasol-propan	103,7%
Eldningsolja 1	101,1%

Av tabellen framgår att det finns mest kondensvärme att återvinna med stadsgas som bränsle och minst med olja.

Förutom att minst energi finns att återvinna vid oljeeldning är kondensatet mycket surt. Detta leder till att dyrare material måste väljas i avgaskondensorn samt att kondensatvattnet måste neutraliseras.

4.7 VERKNINGSGRADSMÄTNING.

Traditionell metod.

Den traditionella metoden att mäta förbränningsverkningsgraden vid avgaskondensering är att först mäta luftöverskottet i avgaserna samt avgastemperaturen. Dvs en helt vanlig rökgasanalys som utförs på traditionella pannor. Därefter mäts daggpunkten i avgaserna med daggpunktsmätare.

Med kännedom om luftöverskott och daggpunkt kan förbränningsverkningsgraden avläsas i tabell bil 1. Om det är en skillnad mellan daggpunktstemp och avgastemp kan man betrakta detta som att avgaserna har eftervärmats en bit över daggpunktstemp. "Eftervärmningen" är således en förlust som skall dras från den förbr.verkn.grad man fått fram vid daggpunktstemp. Enklast beräknas "eftervärmningsförlusten" genom att använda traditionell formel (se sid 13 i Värmeforskrappport 359 "Avgassystem vid naturgaseldning") för beräkning av avgasförlust utan kondensering.

För AKO med stora kylytor i förhållande till inmatad bränsleeffekt blir daggpunkttemp och avgastemp i stort sett lika.

Hinkmetoden.

Den här beskrivna metoden har utvecklats av Kjell Wanselius.

Genom att mäta mängden kondensat och mängden gasenergi under en period kan specifika kondensatmängden per kWh förbrukad naturgas beräknas. Ur diagram 4.7A kan sedan medelförbränningsverkningsgraden under mätperioden avläsas.

Exempel: för att fylla en 10 liters hink med kondensat har en gasbrännare förbrukat 105 kWh. Tidsåtgången har ingen betydelse. Specifika kondensatmängden blir 10 liter/105 kWh = 0,095 l/kWh. Ur diagrammet avläses medelförbränningsverkningsgraden till 105,5%.

Vill man mäta under en längre tidsperiod kan en vattenmätare installeras som mäter mängden kondensatvatten.

Metoden är giltig för λ 1,0-1,5 (0-50% luftöverskott) vilket täcker in de flesta pannanläggningarna med AKO. Det teoretiska felet är endast $\pm 0,1\%$. Diagrammet är beräknat för att förbränningsluften är 20 grader C.

Metoden kräver att kondensering sker under hela mätperioden och att ingen eftervärmning av avgaserna görs. För anläggningar där kondensering uteblir under vissa perioder ger metoden för hög verkningsgrad.

Avgashastigheten i AKOn får inte vara så hög att vattendroppar följer med ut i skorstenen. Om så sker registrerar hinkmetoden för låg verkningsgrad. Avgashastigheten bör inte överstiga 2,0 m/s i AKOns sista kyldel.

Fördelen med hinkmetoden är att den är enkel, kräver ingen dyrbar mätutrustning samt är noggrann. Mätningen kan dessutom göras under längre perioder om kondensatvattnet kontinuerligt mätes i en vattenmätare.

Kontinuerlig kondensmätning är ett alternativ till att installera värmemängdsmätare. Det är inte ovanligt att värmemängdsmätare visar fel. Några av felkällorna är: för liten temperaturdifferens mellan fram och returledning samt att vattenmätardelen blivit försmutsad.

Kontinuerlig kondensatmätning är avsevärt billigare och driftsäkrare. Det är dock inte samma verkningsgrad som mätes som med värmemängdsmätare. Strålnings och genomströmningsförluster mäts ej med kontinuerlig kondensatmätning.

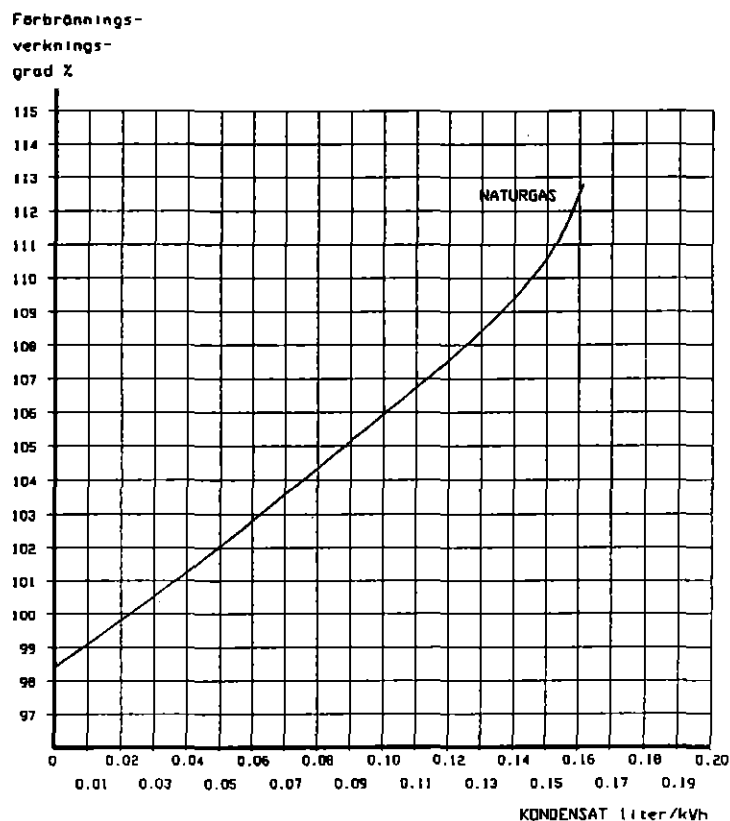


Bild 4.7A

Förbränningsverkningsgrader enligt hinkmetoden.

4.8 URD INNEHÅLLER KONDENSATET?

Avgaserna från naturgas, gasol och stadsgas är nästan svavelfria. Det lilla svavel som finns kommer från luktämnet som tillsätts. En del av svavlet fälls ut i kondensatet i form av svavelsyra.

Under förbränningsförloppet bildas NOx (kväveoxider). Ca 5-10% av NOx är NO2 som tillsammans med vatten bildar nitrit och nitrat som är sura föreningar. Det mesta av den NO2 som bildas fälls ut i kondensatet.

Klorider, t ex salt havsluft, som kan komma med förbränningsluften in till förbränningen bildar HCl (saltsyra) tillsammans med kondensatvattnet.

Avgaserna från förbränningen innehåller ca 10% CO2 (koldioxid). Koldioxid tillsammans med vatten bildar kolsyra (vichyvatten).

Det finns således produkter i avgaserna som bildar syror i kondensatet. Därför blir kondensatet svagt surt. Surheten varierar med hur mycket kondensat som fälls ut från avgaserna. De första dropparna kondensat är mer sura än de följande. pH-värdet på kondensatet är högst (minst surt) i de fall där kondenseringen är riklig dvs där avgaserna kyls till låg temperatur. Att pH-värdet då höjs beror på att syror som tvättas ur avgaserna blir mer utspädda av kondensatvattnet.

Exempel på mätvärden av pH.

1977 S:Göran, Stockholm	pH 5,2
1983 Magnolian, Svedala	pH 3,9
1986 Äldermannen, Trelleborg	pH 4,2
1986 Fagerängen, Trelleborg	pH 4,5
1992 Industri i Lund	pH 4,0
1993 Vandraren 1, Stockholm	pH 3,9

I Holland har GASTEC (fd WEG-GASINSTITUT) gjort mätningar på kondensatet för villaanläggningar. pH varierade mellan 3,5-4,3. Nederbörden i Holland har samma surhet.

Jämförande pH-värden.

För att få en uppfattning om hur surt kondensatet är visas här några mätningar på alldagliga vätskor.

Vattenledningsvatten i Malmö	pH 7,6
Neutralt vatten	pH 7,0
Kaffe	pH 5,2
Appelsinjuice	pH 3,9
Socketdricka	pH 3,3

VA-normen och gränsen pH 6,5.

Enligt VA-normen får inte avloppsvatten släppas ut i det kommunala ledningsnätet om pH understiger 6,5. Emellertid blir kondensatet mycket väl utspädd av husets normala avloppsvatten som dessutom är basiskt dvs det neutraliserar det svagt sura kondensatvattnet.

Ett räkneexempel:
som tumregel gäller att av 1 kWh naturgas bildas ungefär 0,1 liter kondensat. En lägenhet förbrukar ca 15 000 kWh/år för värme och tappvarmvatten vilket ger kondensatmängden 1,5 m³/lägenhet o år.

Normalförbrukningen av kallvatten är ca 100 m³/lägenhet o år vilket betyder att kondensatmängden utgör endast 1,5% av den totala avloppsmängden under ett år. Kondensatet blir således väl utspädd innan det når kommunens avloppsnät. Undantag kan vara kalla vinternätter då kondensatflödet är rikligt med ingen eller endast mycket liten övrig vattenförbrukning i huset.

5. TUMREGLER FÖR EKONOMISK OPTIMERING VID AVGASKONDENSERING.

Verkningsgraden i en anläggning med avgaskondensator varierar med årstid och tid på dygnet. Variationerna är betydligt större än för vanliga pannor utan kondensering.

Kondenseringen varierar med:

- radiatorvattnets temperatur. Ju lägre temperatur ju högre verkningsgrad.

- brännarbelastningen. Ju lägre belastning på AKOn ju bättre kylning.

- tappvarmvattenförbrukningen. I de fall tappvarmvattnet förvärms i AKOn kyls avgaserna mest då vattenförbrukningen är stor och sämst under nätter då buffertberedarna är fulladdade.

De är således mycket svårt att beräkna vilken årsverkningsgrad en anläggning med AKO får. Det är dock nödvändigt att uppskatta denna för att kunna optimera valet av utrustning. En tumregel som visat sig i praktiken fungera mycket bra är:

DIMENSIONERING AV EN ANLÄGGNING MED AVGASKONDENSATOR SKALL UTGÅ FRÅN ETT DYGN MED UTMOMHUSTEMPERATUREN 0 GRADER C.

Ett sådant dygn väger mycket tungt för årsenergin. Dygnsverkningsgraden vid 0 grader C utomhus har visat sig vara mycket nära årsverkningsgraden för hela panncentralen.

Med denna modell är det avsevärt enklare att beräkna lönsamheten för marginalinvesteringar t ex om en större AKO skall väljas än den som passar till den panna AKOn skall monteras till. Likaså kan man få fram lönsamheten i att inreglera radiatorsystemet för att uppnå lägre returtemperatur och därmed bättre kylning av avgaserna.

6. PRINCIPER VID AVGASKONDENSERING.

6.0 PRAKTISKA UTFÖRANDEN AV AVGASKONDENSORER.

6.0.1 INDIREKT ELLER DIREKT KYLNING.

Avgaskondensorer kan indelas i indirekt kyllda och direkt kyllda. Vid indirekt kylning används en värmeväxlare mellan avgaserna och kylmediet. Vid direktylning kyls avgaserna genom direkt kontakt med vatten som oftast duschas över avgaserna sk skrubber. Värmen i duschvattnet överförs sedan i en värmeväxlare till t ex radiatorreturvattnet.

Indirekt kylning är vanligast för naturgaseldade anläggningar. Direkt kylning har vissa fördelar i de fall avgaserna skall renas t ex vid avfallsförbränning.

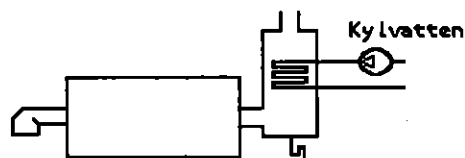


Bild 6.0A.
Indirekt kylning

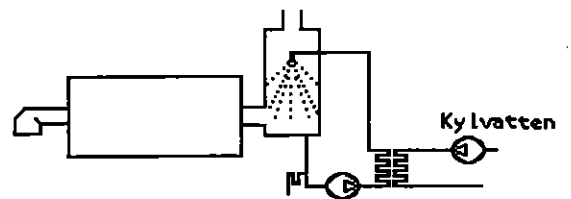


Bild 6.0B.
Direkt kylning

Vid indirekt kylning kan man utföra AKOn så att kondensatet rinner motströms avgasströmmen eller så att kondensatet rinner medströms avgasströmmen.

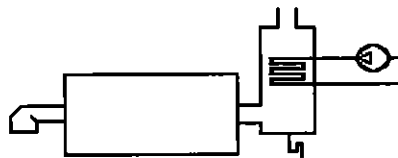


Bild 6.0C.
Kondensatet rinner motströms avgasströmmen.

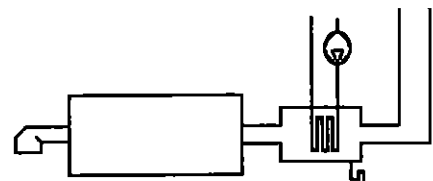


Bild 6.0D.
Kondensatet rinner medströms avgasströmmen

6.0.2 SEPARAT AKO ELLER AKO INBYGGD I PANNAN.

Pannor med inbyggda AKO finns framförallt bland pannor med atmosfärsbrännare. Vanligtvis kallas dessa sammanbyggda enheter för kondensationspannor.

Det är ingen principiell skillnad om AKOn är inbyggd i pannan eller om den installeras separat. I de följande avsnitten visas endast pannor med separat AKO eftersom dessa är lättare att förstå.

Att pannor med atmosfärsbrännare är de som förses med inbyggda AKO istället för separat AKO beror på att atmosfärspannor måste ha gastypgodkännande på hela enheten dvs brännare, panna, AKO samt dragavbrott (eller fläkt).

Det är således ej tillåtet att komplettera en panna med atmosfärsbrännare med separat AKO. En möjlighet finns dock om AKOn installeras efter gaspannans dragavbrott. Nackdelen är då att luftutspädningen i dragavbrottet gör att daggpunkten i avgaserna sjunker och mindre kondensvärme återvinns.

En fördel med att leverera ett komplett paket med brännare, panna och AKO är att leverantören av utrustningen ej behöver använda tid på den enskilda kundanläggningens speciella förhållanden. Detta är särskilt viktigt vid mindre anläggningar där det ekonomiska utrymmet för konsultation är mycket litet.

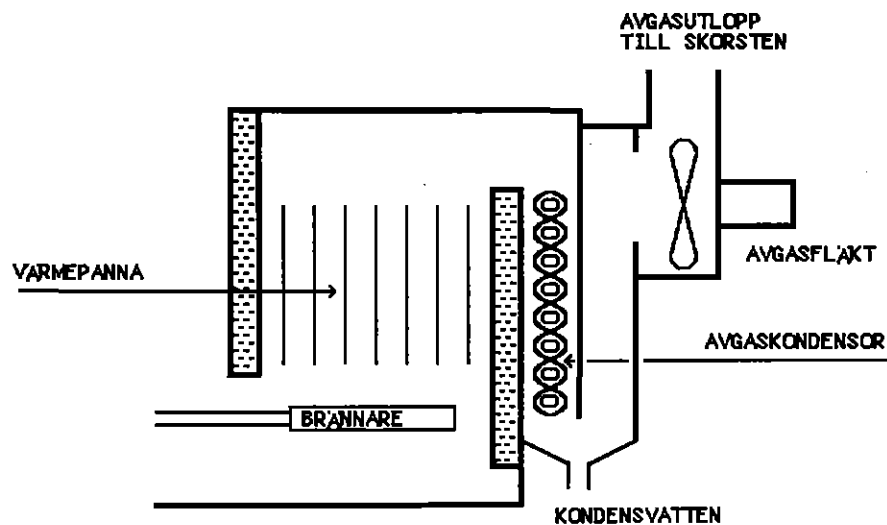


Bild 6.0E.

Kondensationspanna dvs en komplett enhet med brännare-panna-AKO. Bilden visar en panna med atmosfärsbrännare.

6.1 HELA PANNVATTENFLÖDET GENOM AKOn.

Genom att låta hela pannvattenflödet ledas genom AKOn blir installationen ofta billigare än andra lösningar. Nackdelen är att man inte alltid kan koppla in AKOn på det kallaste vattnet i panncentralen vilket leder till lägre verkningsgrad.

För anläggningar med mindre goda möjligheter till kondensering, t ex där returvattnet varierar mellan 50-70 grader, är principen med hela pannvattenflödet en god ekonomisk lösning.

Nästan samtliga kondensationspannor, dvs de kompletta enheterna som innehåller brännare-panna-AKO, använder denna princip.

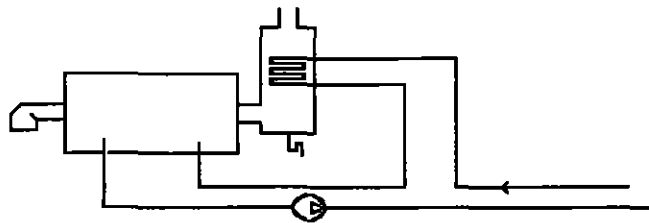
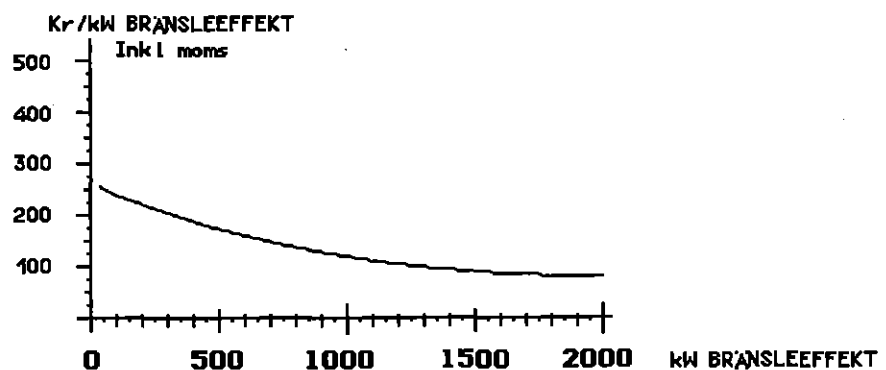


Bild 6.1A

Kylning med hela returvattenflödet.

Om ingen kondensering av avgaserna är möjlig lönar det sällan att välja lika effektiv avgaskylare som är optimal vid kondensering. Det är relativt billigt av välja utrustning som kyler avgaserna till 15-20 grader över kylvattentemperaturen.

Diagrammet nedan visar specifika merinvesteringen för en komplett installation avgaskylare/AKO inkl. intrimning etc (exkl ev skorstenskostnad).



6.2 RETURVATTEN FRÅN ETT RADIATORSYSTEM.

Normalt når man det kallaste kylvattnet till AKOn om man kopplar enligt bild 6.2A. Ofta finns det flera shuntgrupper i en panncentral och genom att välja den med lägsta temperaturen uppnås bästa kylning av avgaserna i AKOn.

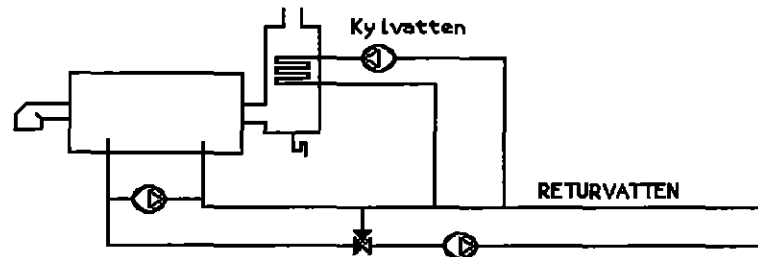


Bild 6.2A

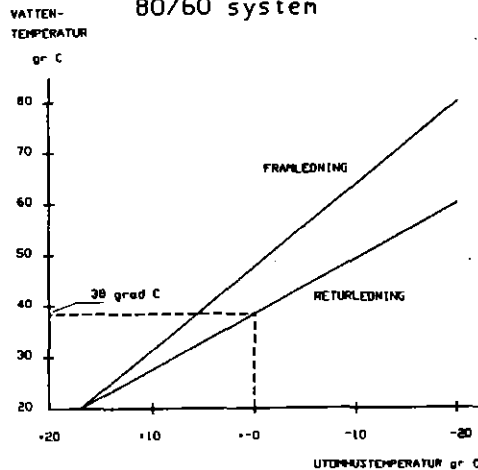
Kylning med radiatorsystemets returvatten.

Betydelsen av temperaturnivå på radiatorsystemet.

För att få god kondensering och därmed god ekonomi är det viktigt att returvattentemperaturen är så låg som möjligt.

Diagrammen visar fram- och returtemperaturen för tre fall:

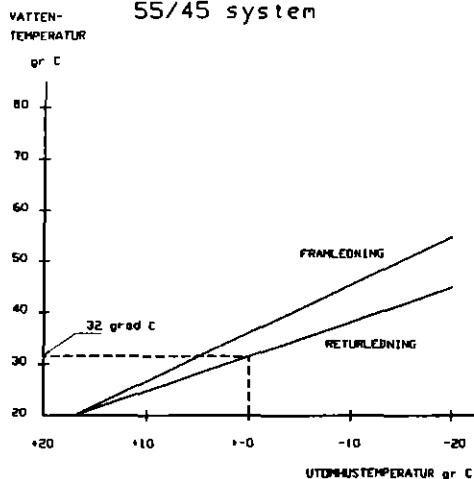
VANLIGT
80/60 system



80/60 system,

vilket innebär att framledningstemperaturen den kallaste dagen på året är 80 grader C samtidigt som returtemperaturen är 60 grader. Temperaturfallet över radiatorerna är således 20 grader. Returtemperaturen vid utomhustemperaturen 0 grader C är då 38 grader. 80/60 systemet har varit det vanligaste sättet att dimensionera värmesystem på i Sverige fram till början av 80 talet.

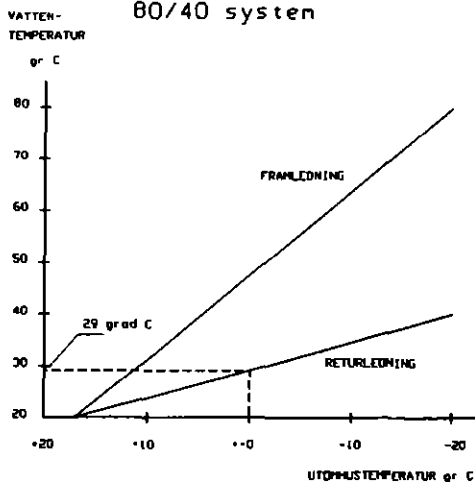
LAGTEMPERATUR
55/45 system



55/45 system,

är det system som Nybyggnadsreglerna idag kräver för de flesta hus vid nybyggnad eller ombyggnad. Vid 0 graders utetemperatur blir returtemperaturen 32 grader vilket är en lägre temp än det 80/60 systemet ger. Det är således fördelaktigare för kondenseringen i en AKO att använda ett 55/45 system än ett 80/60 system.

LAGFLODES
80/40 system



80/40 system,

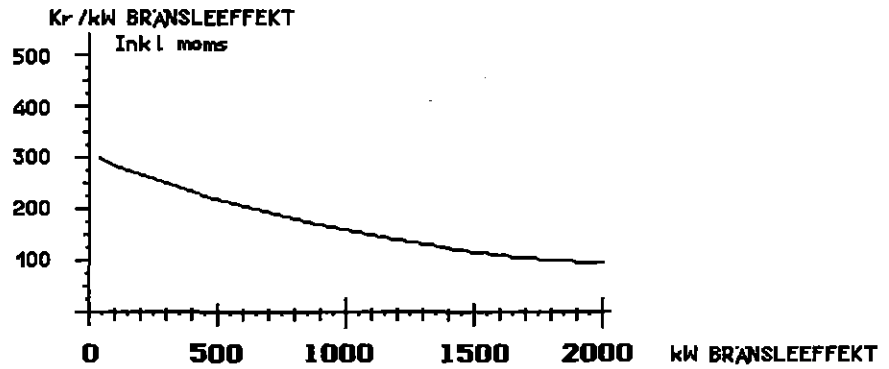
innebär hög framledningstemperatur och låg returtemperatur. Ofta åstadkoms detta system då äldre överdimensionerade radiatorsystem inregleras enligt lågflödesprincipen (Kirunametoden). Detta system ger bästa förutsättningar för kondensering eftersom returtemperaturen vid 0 grader utomhus är 29 grader vilket är den lägsta returtemperaturen av de tre fallen som visats här.

PRIMÄRVATTEN.

Ibland kommer man inte åt returvattnet på sekundärsidan. Det är sådana system där primärvatten matas ut till shuntgrupper i undercentraler. Vanligtvis kan man genom att bygga om till tvåvägsventiler erhålla kallt returvattnet på primärvattnets retur. Därmed förbättras förutsättningarna för avgaskondensering.

Investering.

Diagrammet visar specifika merinvesteringen för en komplett installation med intrimning etc. Skorstenskostnad och eventuell ombyggnad till tvåvägs-shuntar ingår ej.



6.3 TVÅSTEGSKYLNING, RETURVATTEN FRÅN RADIATOR-SYSTEM OCH FÖRVÄRMNING AV TAPPVARMVATTEN.

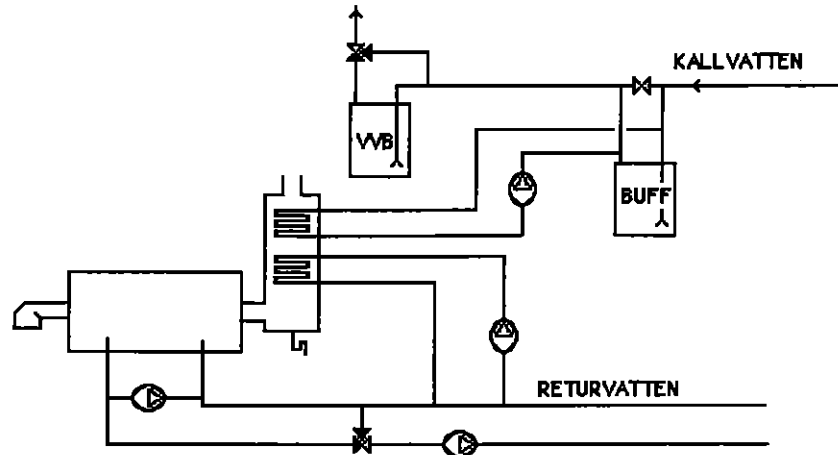


Bild 6.3A

Avgaserna kyls i två steg. Först med radiatorsystemets returvatten och sedan med det blivande tappvarmvattnet. Buffertberedaren ingår i systemet för att fördela den ojämna tappvarmvattenförbrukningen över dygnet.

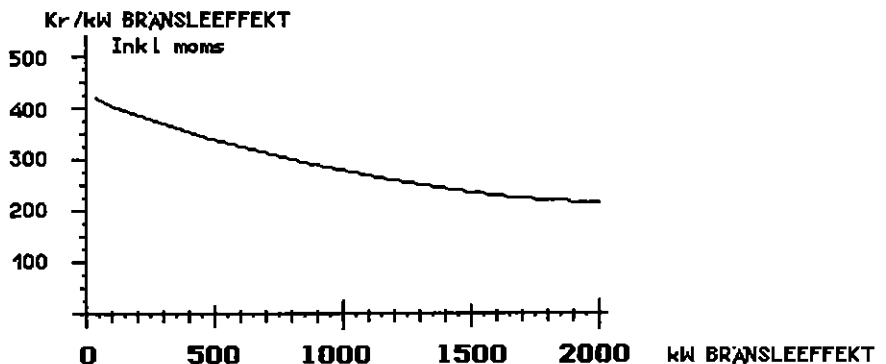
Med detta system kan ca 15-25% lägre effekt på brännare/panna väljas jämfört med en traditionell panna/brännare. Effektminskningen beror på:

- 1) Pannpåslaget för tappvarmvattenberedningen kan reduceras med ca 50%. Detta beror på att under de kallaste vinterdagarna går pannan med AKO för fullt och buffertberedarna blir då som mest laddade med förvämt tappvarmvatten (ca 40-45 grader C).
- 2) Förbränningsverkningsgraden är ca 100% mot ca 88-92% för en standardpanna den kallaste dagen på året.

I de fall en AKO installeras efter en befintlig panna ökar kapaciteten på tappvarmvattnet genom buffertberedarnas lager.

Investering.

Diagrammet visar specifika merinvesteringen för en komplett installation med intrimning etc. Skorstenskostnad ingår ej.



6.4 RETURVATTEN FRÅN RADIATORSYSTEM SAMT VÄRMEVÄXLARE FÖR FÖRÄRMNING AV TAPPVARMVATTEN.

Systemet liknar tvåstegskylningen i avsnitt 6.3. I detta fall har man dock inte två kylsteg i AKOn utan måste utnyttja en mellanväxlare. Styrningen av mellanväxlaren kan utföras på olika sätt. Princip-schemat visar en möjlighet.

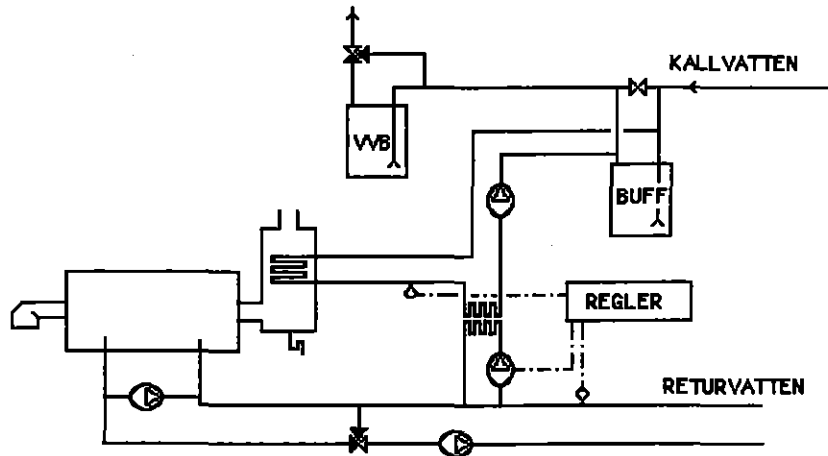
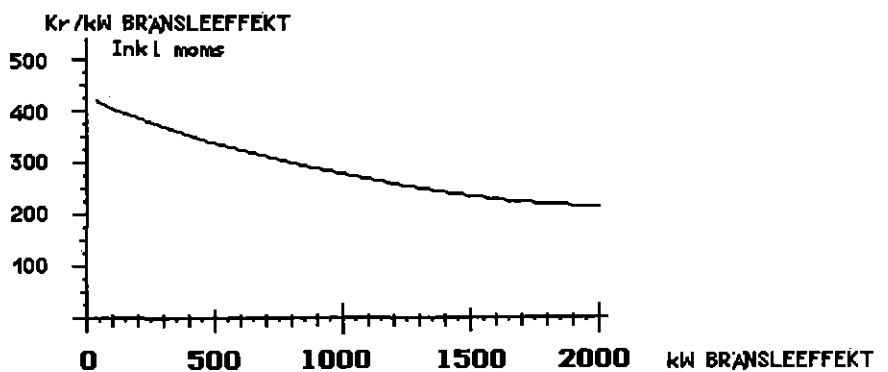


Bild 6.4A

Enstegskylning där både returvatten och förvärmning av tappvarmvatten utnyttjas.

Investering.

Diagrammet visar specifika merinvesteringen för en komplett installation med intrimning etc. Skor-stenskostnad ingår ej.



7. VERKNINGSGRADSHÖJNING UTÖVER KYLNING MED VATTEN.

7.1 FÖRVARMNING AV FÖRBRÄNNINGSLUFTEN.

Under kapitel 4.4 visas verkningsgradshöjningen som är möjlig genom att förvärma förbränningsluften.

Anläggningar med ångpannor är de mest intressanta för förvärmning av förbränningsluft genom att det sällan finns tillräckliga kylmöjligheter för en AKO.

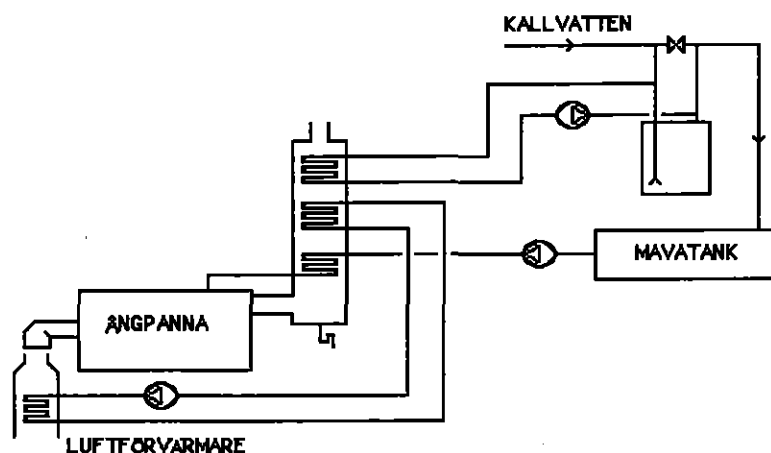
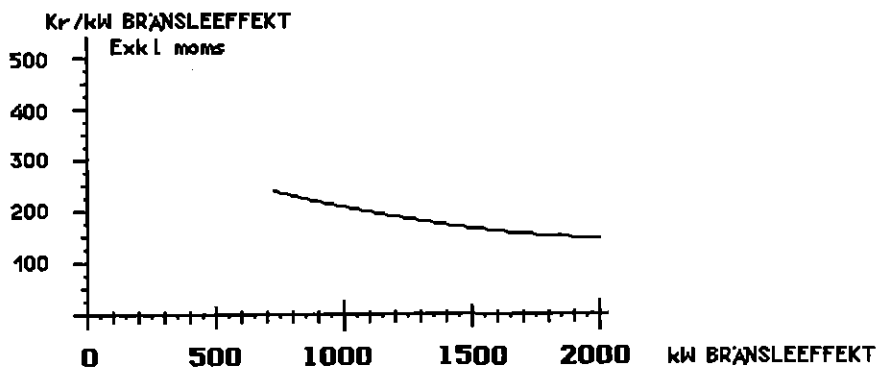


Bild 7.1A

AKO med flerstegskyldning där även förvärmning av förbränningsluften utnyttjas.

Investering.

Diagrammet visar specifika merinvesteringen för en komplett installation med samliga tre värmeväxlarstegen i AKOn samt luftförvärmare. Skorstenskostnad ingår ej.



7.2 VÄRMEPUMP.

Ett sätt att förbättra kondenseringen i en AKO är att i ett andra kylsteg koppla in en värmepump. Kondensvärmen i avgaserna är då en spillvärmekälla vilken som helst åt värmepumpen.

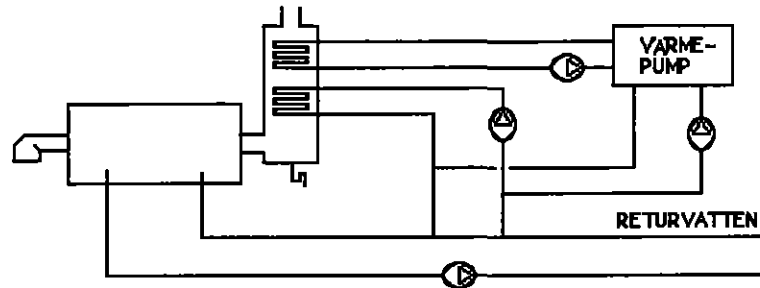
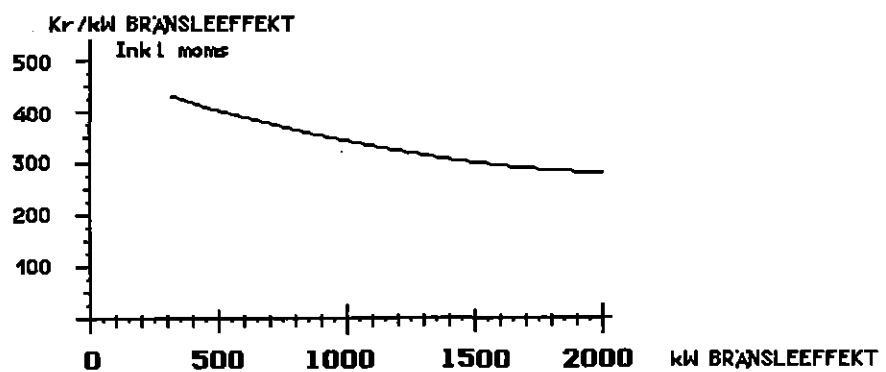


Bild 7.2A

Avgaserna kyls i två steg. Först med returvatten och sedan med hjälp av en värmepump.

Investering.

Diagrammet visar specifika merinvesteringen för en komplett installation med AKO, värmepump samt intrimning etc. Ev skorstenkostnad ingår ej.



8. EXEMPEL PÅ PRODUKTER SOM UTNYTTJAR BEFUKTNING AV FÖRBRÄNNINGSLUFTEN.

8.1 Fagersta Energetics.

Fagersta Energetics har två system för förvärmning och befuktning av förbränningsluften.

1. Rökgaskylare med luftfuktare.

En flerstegs rökgaskondensor kopplas till en separat luftfuktare som förvärmer och befuktat förbränningsluften. En 8 MW anläggning för fliseldning finns i Kungsbacka sedan 1988.

1. Rökgaskylare med rotor.

En traditionell enstegs rökgaskondensor kopplas till returvattensystemet. Efter rökgaskondensorn leds rökgaserna till en roterande värmeväxlare där avgasernas värme och fukt växlas mot förbränningsluften. Reglering av befuktningen sker genom att reglera hastigheten på värmeväxlarhusjulet.

En anläggning till en 18 MW flispanna finns installerad i Tranås.

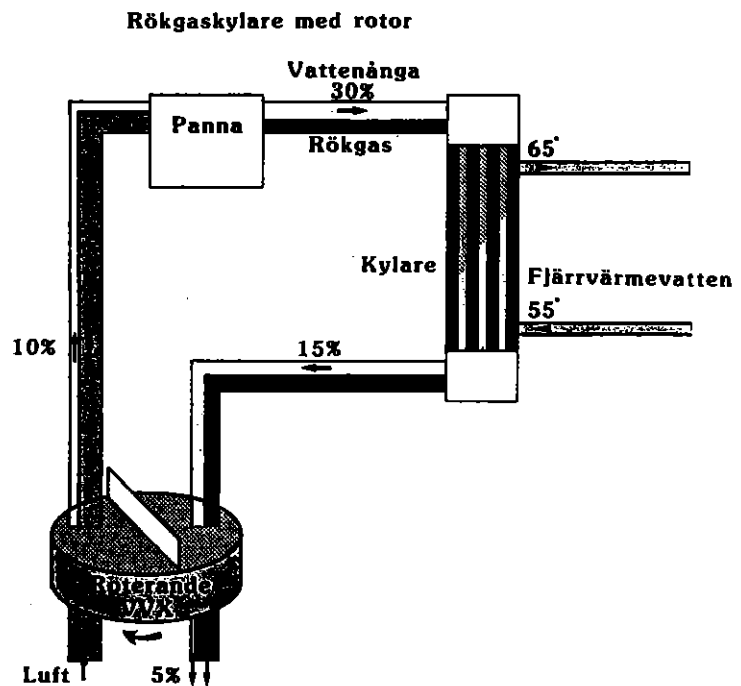


Bild 8.1A

Rökgaskondensor kompletterad med roterande värmväxlare som överför rökgasernas värme och fukt till förbränningsluften.

8.3 Franska 2, SYSTEM EQUIPTECHNIC.

Systemet består av en traditionell panna/brännare med AKO som kompletteras med en speciell anordning som överför avgasernas värme och fukt till förbränningsluften. Denna anordning kallas för ångpump.

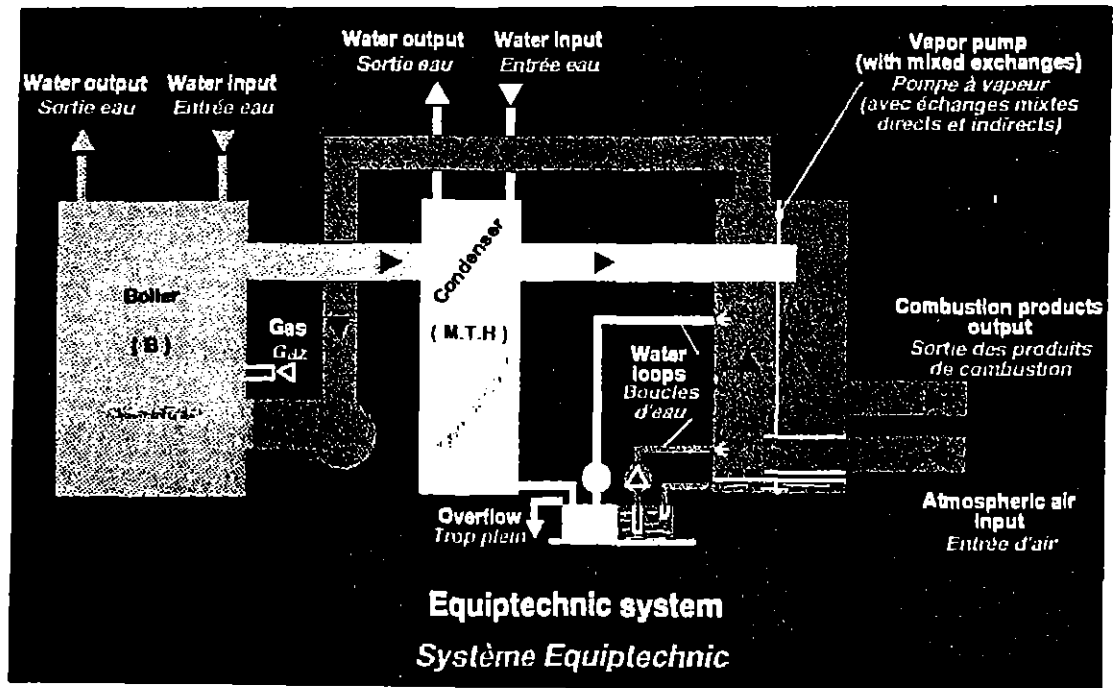


Bild 8.3A

System Equiptechnic. En särskild anordning "ångpump" överför avgaserna värme och fukt till förbränningsluften

9. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL PRAKTISKA FÖRSÖK.

Systemtänkande.

En lyckad anläggning med avgaskondensering, dvs en med god ekonomi, innebär systemtänkande. Själva avgaskondensornär endast en del i systemet.

I första hand bör avgaserna kylas med vatten från värme- och tappvarmvattensystemen.

I andra hand kan verkningsgraden ökas med hjälp av förvärmning av förbränningsluften, värmepump eller befuktning av förbränningsluften.

I de fall kylvattnet har temperaturen 45-52 grader, vilket är vanligt hos fjärrvärmeverk och blockcentraler, är befuktning av förbränningsluften mest intressant ur ekonomiskt synvinkel.

Förslag till praktiskt försök med förvärmning och befuktning av förbränningsluften.

Marknaden för kommersiella anläggningar är störst om man kan använda befintliga pannor och brännare. Därför föreslås att ett praktiskt försök görs i en befintlig panncentral i storleksordningen 1-2 MW. Osäkerheten är kostnaden för en robust befuktningsanläggning inklusive styrutrustning. Ett önskemål är att värmecentraler ned till 1 MW skall vara ekonomiska att komplettera. Till skillnad mot fjärrvärmecentraler måste de mindre blockcentralerna kunna köras utan övervakning.

REFERENSER.

AKO-MANUALEN 1992 av Kjell Wanselius

"Så här mäter man verkningsgraden med en vanlig hink" av Kjell Wanselius. Artikel i Energimagasinet 3:90.

"Corrosion in h.e. boilers and analysis of flue gas condensate". Rapport IGRC/D05-83 från 1983 vid International Gas Research Conference. Av A.G.C. Kobussen, The Netherlands, Pays-Bas.

"VAPOR PUMP AND CONDENSING HEATER", GAZ DE FRANCE.

Broschyrer från tillverkare av system för befuktning av förbränningsluft.

BILAGA 1. FÖRBRÄNNINGSVERKNINGSGRADER

Bränsle: Naturgas
 Omgivningstemp 20 grader C
 Relativ fuktighet 40% vid 20 grader C
 Fullständig förbränning

Avgas- temp grader C	LUFTÖVERSKOTT					← Lambda ← CO2 ← O2
	1,0 12,0% 0,0%	1,1 10,8% 2,1	1,2 9,8% 3,8	1,3 9,0% 5,2	1,5 7,7% 7,5	
-10	112,0%	112,1%	112,2%	112,4%	112,6%	
0	111,4	111,5	111,6	111,6	111,8	
5	111,1	111,1	111,2	111,2	111,3	
10	110,7	110,7	110,7	110,7	110,7	
15	110,3	110,2	110,2	110,2	110,1	
20	109,8	109,7	109,6	109,5	109,3	
22	109,5	109,4	109,3	109,2	108,9	
24	109,3	109,1	109,0	108,9	108,6	
26	109,0	108,8	108,7	108,5	108,1	
28	108,7	108,5	108,3	108,1	107,7	
30	108,4	108,1	107,9	107,7	107,2	
32	108,0	107,8	107,5	107,2	106,7	
34	107,6	107,3	107,0	106,7	106,1	
36	107,2	106,9	106,5	106,2	105,4	
38	106,7	106,3	105,9	105,5	104,7	
40	106,2	105,8	105,3	104,9	103,9	
42	105,7	105,1	104,6	104,1	103,1	
44	105,0	104,5	103,9	103,3	102,1	
46	104,3	103,7	103,0	102,4	101,1	
48	103,6	102,8	102,1	101,4	99,9	
50	102,7	101,9	101,1	100,3	98,6	
52	101,8	100,8	99,9	99,0	98,1	
54	100,7	99,7	98,7	98,3	98,0	
56	99,5	98,4	98,3	98,2	97,9	
58	98,4	98,3	98,2	98,1	97,8	
60	98,4	98,2	98,1	97,9	97,7	
62	98,3	98,1	98,0	97,8	97,5	
65	98,2	98,0	97,8	97,7	97,4	
70	97,9	97,7	97,6	97,4	97,0	
75	97,7	97,5	97,3	97,1	96,7	
80	97,5	97,3	97,1	96,9	96,4	
85	97,3	97,0	96,8	96,6	96,1	
90	97,1	96,8	96,6	96,3	95,8	
100	96,6	96,4	96,1	95,8	95,2	
120	95,8	95,5	95,1	94,8	94,0	
140	95,0	94,5	94,1	93,7	92,8	
160	94,1	93,6	93,1	92,7	91,7	
180	93,3	92,7	92,2	91,6	90,5	
200	92,5	91,8	91,2	90,6	89,3	
220	91,6	90,9	90,2	89,5	88,1	
240	90,8	90,0	89,2	88,5	86,9	
260	89,9	89,1	88,3	87,4	85,7	
280	89,1	88,2	87,3	86,4	84,5	
300	88,3	87,3	86,3	85,3	83,3	
320	87,4	86,4	85,3	84,3	82,1	
340	86,6	85,5	84,3	83,2	80,9	
360	85,8	84,5	83,4	82,2	79,7	

93-12-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Asa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

93-12-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult AB	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150

93-12-08

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reurning med naturgas. Full- skaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Företag och organisationer med koppling till gasteknisk FUD-verksamhet	Okt 93	Jörgen Thunell Sv Gastekn Center AB	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med läggningsbox	Nov 93	Göran Lustig ElektroSandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastvaruindustrin. Handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material i ledningar för gasdistribution	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 19011, 200 73 MALMÖ
Telefon: 040- 37 55 90
Telefax: 040- 37 55 96