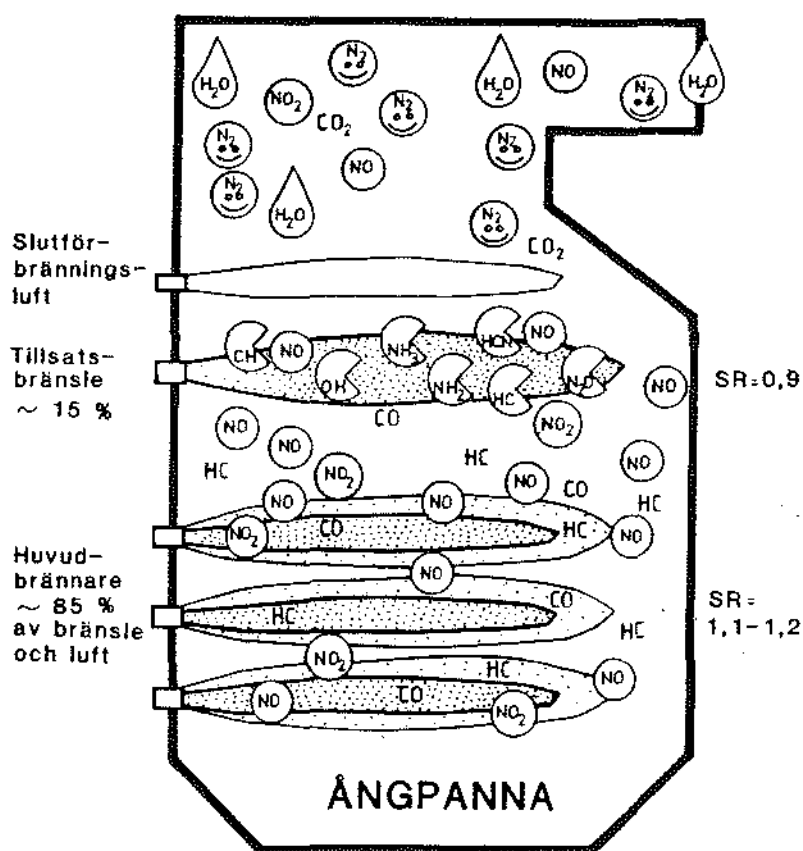


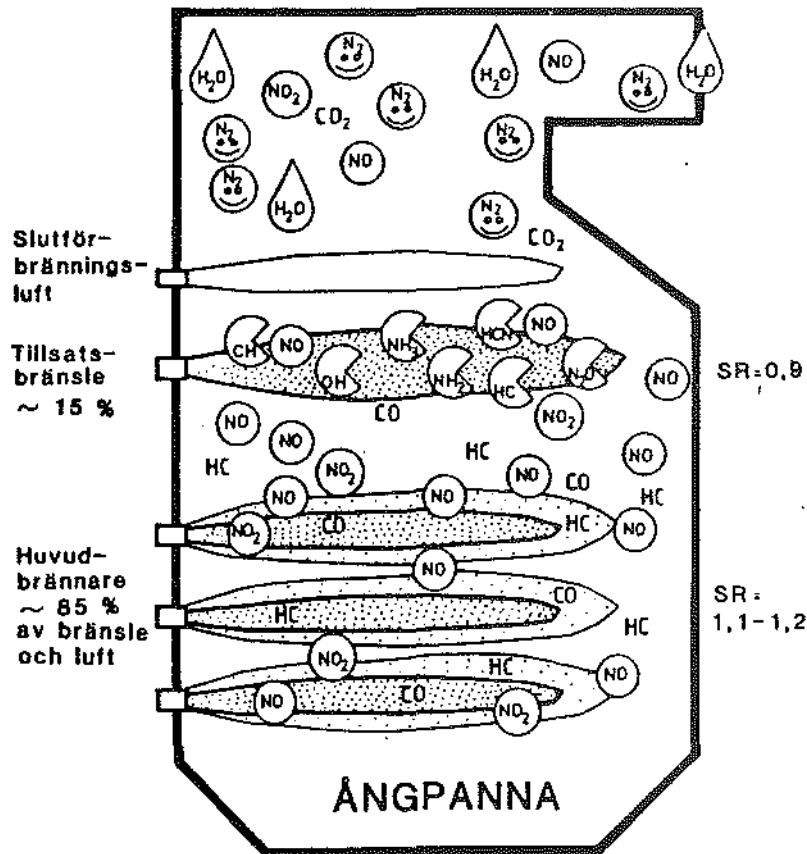
# Teknisk marknadsbedömning för reburning med naturgas i fastbränslepannor



**FUD**

FORSKNING • UTVECKLING • DEMONSTRATION

# TEKNISK MARKNADSBEDÖMNING FÖR REBURNING MED NATURGAS I FASTBRÄNSLEPANNOR



ÅF-ENERGIKONSULT AB

Anna-Karin Hjalmarsson

Stockholm 1988-02-11

## SAMMANFATTNING

Rapporten är beställd av Bengt Adilstam, Swedegas och ingår i Swedegas FUD program för 1987. Studien är genomförd av Anna-Karin Hjalmarsson i samarbete med Thomas Carlqvist, Swedegas.

Naturvårdsverket och Statens Energiverk har föreslagit en skärpning av utsläppsvillkor för kväveoxider. Det kommer att krävas extra åtgärder för att minska kväveoxidemissionerna från de flesta större förbränningsanläggningarna.

Ett möjligt alternativ kan då vara så kallad reurning, flerstegsbränsleförbränning. Reurning förväntas ge som bäst en maximal minskning av  $\text{NO}_x$  med 50 %. Reurningbränslet beräknas utgöra ca 15 % av totala bränsleförbrukningen, räknat på ingående energimängd. Gasformiga bränslen ter sig mer fördelaktiga än andra tänkbara reurningbränslen. Naturgas anses som ett nästan idealt reurningbränsle.

I dag finns endast ett fåtal installationer i världen med reurning på befintliga anläggningar, inga finns i Sverige. Underlag för att göra bedömningar på befintliga pannor saknas. Olika åsikter finns om huruvida reurning är effektivt som kväveoxidbegränsande åtgärd.

Om alla befintliga fastbränslepannor inom planerade naturgasområdet i Sverige utrustas med naturgasreurning skulle de förbruka 245 norm  $\text{m}^3$  naturgas per år. Efter en diskussionsmässig bedömning av tänkbara pannors lämplighet för naturgasreurning erhålls på motsvarande sätt en uppskattad maximal förbrukning på 100 miljoner norm  $\text{m}^3$  naturgas per år.

De troligtvis mest intressanta pannorna för reurning med naturgas är mindre koleldade pannor med pulvereldning, wanderrost och spreaderstoker samt större kolpulvereldade pannor med hörnbrännare.

Det pågår och planeras några reurningprojekt i Sverige bland annat i Limhamn och Norrköping.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 1 Inledning
  - 2 Pågående reburningprojekt inom Sverige
    - 2.1 Värmeforskprojekt - Förprojektering av storskalig reburning vid Limhamnsverket
    - 2.2 Värmeforskprojekt - Försök med inhemska bränslen som reburningbränsle
    - 2.3 Planer för Härdelöverket i Norrköping
  - 3 För reburning tänkbara, befintliga fastbränsleanläggningar
  - 4 NO<sub>x</sub>-emissioner från anläggningar i Sverige
  - 5 Bedömning av tänkbara pannors lämplighet för reburning
  - 6 Uppskattning av naturgasförbrukning vid reburning i svenska fastbränsleanläggningar
  - 7 Uppskattning av investeringskostnader
  - 8 Litteraturförteckning
- Bilaga 1 Förslag till emissionsgränser för NO<sub>x</sub> enligt Naturvårdsverket och Statens Energiverk

## 1 INLEDNING

Rapporten har beställts av Bengt Adilstam, Swedegas och ingår i Swedegas FUD program 1987. Studien har genomförts av Anna-Karin Hjalmarsson, ÅF Energikonsult i samarbete med Thomas Carlqvist, Swedegas.

Syftet med uppdraget är att med utgångspunkt från tidigare utförda studier (1) se referenslista, göra en uppräknig av de befintliga fastbränsleeldade pannor inom planerade naturgasområden som är tänkbara för reburning med naturgas i syfte att minska kväveoxidemissionerna. En diskussionsmässig bedömning är gjord över tänkbara pannors lämplighet för reburning. Vidare har naturgasförbrukning för respektive anläggning uppskattats och pågående projekt inom Värmeforsk m m beskrivits.

I dag finns endast ett fåtal installationer i världen med reburning på befintliga anläggningar. Vid jämförelse med övriga reburningbränslen ter sig gasformiga mer fördelaktiga.

Några förutsättningar och synpunkter som finns beskrivet i svensk litteratur beträffande reburning med naturgas återges nedan:

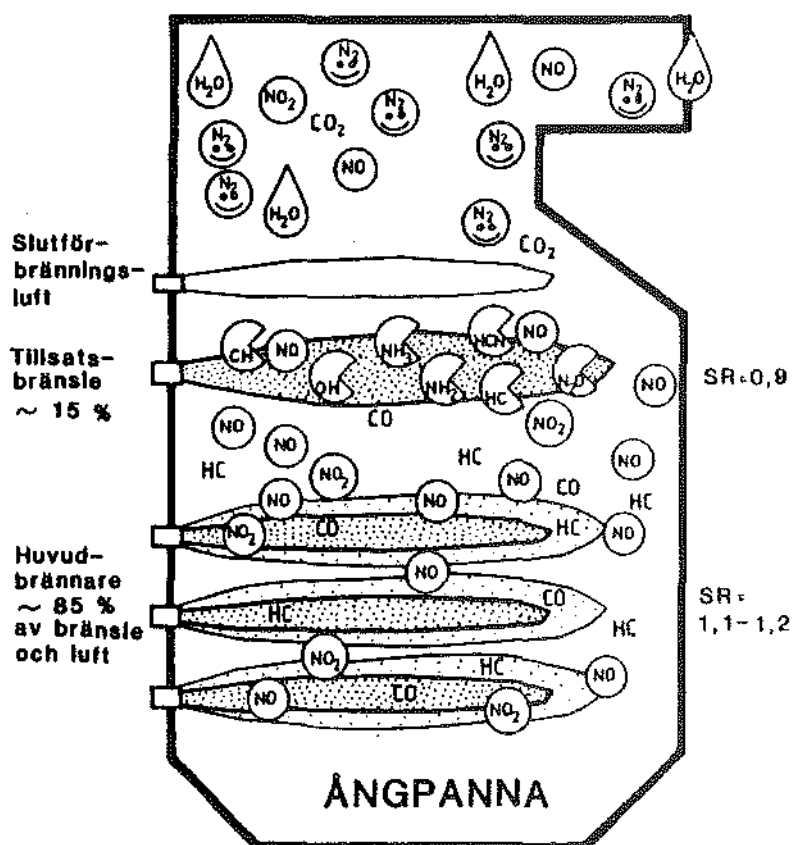
Enligt ref 2. Reburning förutsätter ganska höga temperaturer i reburning-zonen, sannolikt 1100°C eller mer för att inte konkurrerande reaktioner ska störa och att tillräcklig hastighet skall erhållas. Uppehållstiden i reburning-zonen måste också vara tillräckligt lång (0,5 - 1 sek).

Flera skäl gör att naturgas och likartade gasformiga bränslen sannolikt är nästan ideala reburningbränslen:

- bränslet innehåller ej kväve
- bränslet behöver ej transportgas
- bränslet har hög energitäthet
- inga minerala komponenter finns som kan ge beläggings- och korrosionsproblem
- bränslet är snabbantänt

Enligt ref 3. Flerstegsbränsleförbränningens goda möjligheter att minska kväveoxidutsläppen har lett till att ett omfattande utvecklingsarbete pågår. Nuvarande kunskaper som är viktiga för att erhålla goda effekter av reburning sammanfattas i följande punkter:

- Minimera överskottsluften i den första zonen.
- Minimera det tillgängliga syret i transportluften.
- Använd speciellt recirkulerad rökgas som transportmedium om det är möjligt. Luft som transportmedium kan höja  $\text{NO}_x$ -nivån.
- Maximera uppehållstiden i den bränslerika zonen.
- Separera sekundärzonen från primärzonen så att det primära bränslet bränns ut fullständigt.
- Injicera det sekundära bränslet i så het omgivning som möjligt.
- Använd ca 15 % sekundärbränsle.
- Använd naturgas som sekundärbränsle när  $\text{NO}_x$ -halterna från primärzonen är låga.



*Kväveoxiden (NO) som bildas vid förbränning i huvudbrännarna kan till viss del reduceras till kvävgas ( $\text{N}_2$ ). Genom att tillsatsbränslet förbränns med underskott av luft ( $\text{SR} = 0,9$ ) kommer ett antal kolväte- och kväveföreningar ( $\text{CH}$ ,  $\text{NH}$ ) att bildas. Dessa föreningar är mycket reaktiva och kan reducera kväveoxiden till bl a kvävgas ( $\text{N}_2$ ) och vatten ( $\text{H}_2\text{O}$ ).*

## 2 PÅGÅENDE REBURNINGPROJEKT INOM SVERIGE

### 2.1 Värmeforskprojekt - Förprojektering av storskalig reburning vid Limhamnsverket

Förprojekteringen har bestått av att planera genomförande och ta in pris på de olika ombyggnads-, mättnings- och beräkningsmomenten samt att finna finansiering för projektet.

Ett förslag till slutrapport har lämnats från detta första skede av projektet. Inga beslut finns om att fullfölja projektet bl a beroende på avsaknad av finansiärer.

Förslag har framlagts att dela in projektet i följande delstap:er:

- 1) Modellprovning och datorsimulering
- 2) Konstruktion och panningrepp
- 3) Nulägesmätningar
- 4) Tillverkning, leverans och montage av utrustning
- 5) Genomförande av provningar

Pannan i Limhamn är en pulvereldad hetvattenpanna på 125 MW försedd med hörnbrännare, levererad av Götaverken, som ger låga  $\text{NO}_x$ -emissioner ca 150 mg  $\text{NO}_2/\text{MJ}$ .

Reburningsbränslet planeras svara för ca 15 % av maxeffekten.

Genomförandet kräver omfattande inledande arbete såsom modellprovning av strömningsförhållanden och datorberäkningar (simulering av strömnings- och förbränningsförlopp).

Installationsarbetena är även ganska betydande och måste utföras under ett sommarstopp.

De fördelar som anges som gör Limhamnspannan till en lämplig anläggning är:

- Rymlig eldstad
 

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| volymbelastning      | 154 kW/m <sup>3</sup>  |
| tvärsnittsbelastning | 2,84 MW/m <sup>2</sup> |

- Avstånd från övre brännarnivå till eldstadsutlopp, knappt två gånger eldstadsdjupet.
- Ungefärlig uppehållstid från OFA (over fire air) till konvektionsytan är ca 2 sekunder.
- Låga begynnelseemissioner av NO<sub>x</sub>.
- Lång drifttid (sommarsoppet ger tillräcklig tid för erforderliga ombyggnader).
- Naturgas (40 MW) är framdraget in i pannhuset.
- Pannkonstruktionen synes vara framgångsrik och har troligen framtiden för sig om och när pulvereldning blir aktuell.

Kostnader för projektet, som kan vara giltiga vid generella ombyggnadsprojekt.

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Ombyggnadsarbeten                   | ca 5,2 Mkr |
| Modellprov och datorsimuleringar    | ca 1 Mkr   |
| Mätningar för att fastlägga nuläget | ca 0,4 Mkr |



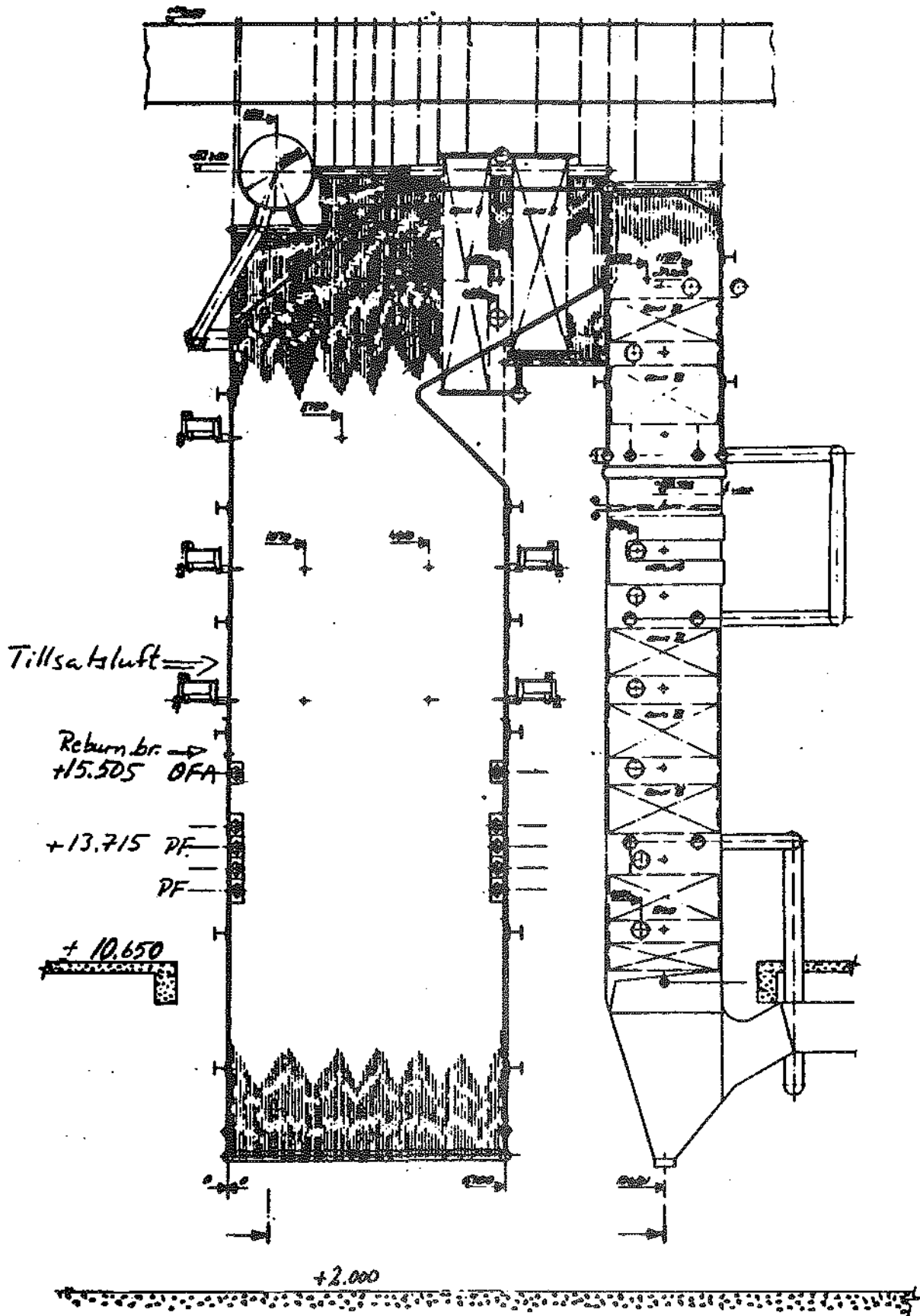


BILD 2 Limhamnsverket. Förslag till installation av reburning

## 2.2 Värmeforskprojekt - Försök med inhemska fasta bränslen som reburningbränsle

Försök utförs i liten skala av Studsvik Energiteknik i en modellugn för att studera reburningeffekten då trä- eller torvpulver används som reburningbränsle.

För närvarande finns endast en litteraturstudie publicerad, ref 2. Några resultat från försöken är ännu inte publicerade från denna studie.

## 2.3 Planer för Händelöverket i Norrköping

I Norrköping finns för närvarande 4 st fungerande wanderrostpannor. 2 st av dessa är placerade i den äldre kraftvärmeanläggningen i anslutning till inre hamnen (2 x 28 MW) och 2 st wanderrostpannor är placerade i den Nya Händelöanläggningen (2 x 125 MW).

Till dags dato uppmätta timmedelvärden för  $\text{NO}_x$  uppges ha legat i området 130 - 140 mg/MJ bränsle beräknat som  $\text{NO}_2$ .

I framtiden tror man sig kunna komma ner i värden under 100 mg  $\text{NO}_2$ /MJ och hoppas kunna nå ner till i storleksordningen 70 till 80 mg  $\text{NO}_2$ /MJ.

Denna förbättring förväntas uppnås genom bl a en kolvändare som vid experiment givit en utspridning och omblandning till både jämnare och bättre utbränning av kolet och risken för lokala, heta och syrerika zoner har minskats. När de varma och syrerika zoner har minskats, har också mängden termiskt bildad  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ) minskat.

För att ytterligare minska  $\text{NO}_x$ -emissionerna avser man att göra experiment med reburning under 1988.

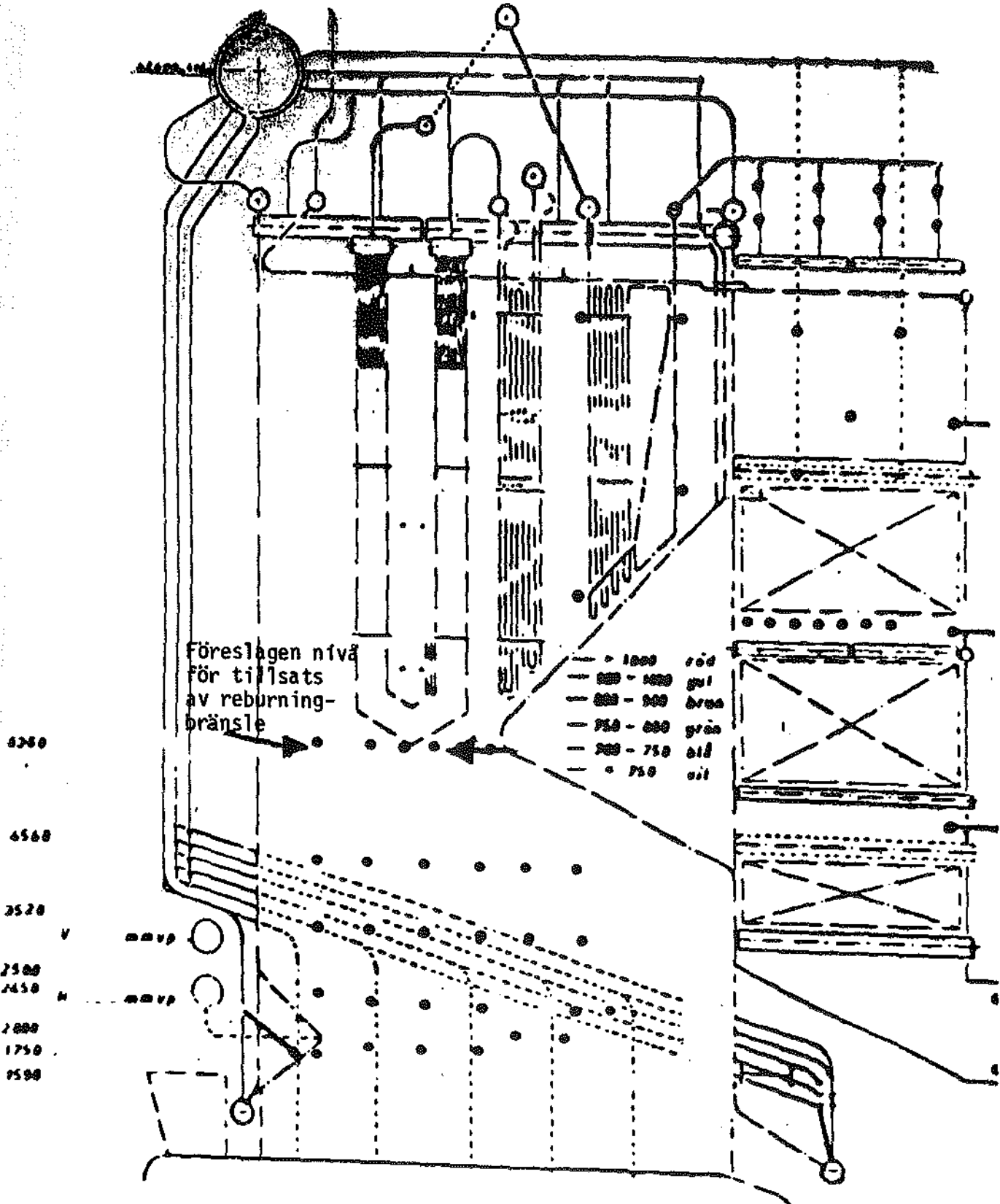


BILD 3 Händelöverket Norrköping

Utrustning för reburning planeras att monteras in under sommaren 1988. Testerna planeras att genomföras under efterföljande driftsäsong med gasol som reburningbränsle (maximalt 5 % av totala energimängden).

Reburningbränslet avses tillföras vid "näsan" se bild 3, där uppges temperaturen vara inom lämpligt område. Ovanligt omfattande temperaturmätningar är utförda på denna panna. Gasolen kan ersättas med naturgas i framtiden om försöken ger tillfredsställande resultat.

### 3 FÖR REBURNING TÄNKBARA, BEFINTLIGA FASTBRÄNSLE- ANLÄGGNINGAR

I bilaga 1 redovisas de utsläppsnivåer som Naturvårdsverket och Statens Energiverk föreslår som gränser för kväveoxid-emissioner. För befintliga anläggningar gäller dessa nivåer från och med 1 januari 1995. Det är dessutom mycket troligt att dessa nivåer tillämpas vid förnyad koncession för anläggningar för vilka koncessionen går ut redan tidigare.

Vår bedömning är att man med förbränningstekniska åtgärder, t ex användning av låg-NO<sub>x</sub>-brännare, ej torde vara i behov av reburningtekniken eller andra NO<sub>x</sub> begränsande åtgärder för anläggningar mindre än 30-35 MW. För en sådan anläggning torde inte det årliga utsläppet av kväveoxider överstiga 150 ton, som är en gräns för befintliga anläggningar.

Nedan finns sammanställt uppgifter om större fastbränsle-anläggningar över 30 MW inom befintliga och "planerade" naturgasområden. Som framgått är det dessa som kan vara aktuella för reburning.

Startår nedan avser i vissa fall övergång till koleldning i gamla befintliga pannor.

## STOCKHOLMS LÄN

## Stockholm, Högdalen

Bränsle: Avfall  
 Panntyp: Valsroster, Gegenschubrost  
 Effekt: 2x27 MW  
 Fabrikat: VKW, Martin  
 Startår: 1970

Utsläppen av kväveoxider från olika anläggningar för förbränning av avfall varierar mellan 200-400 mg/nm<sup>3</sup> (tg vid 10 % CO<sub>2</sub>). Detta motsvarar cirka 130-260 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

Anläggningen omfattar avfallsugnar med avgaspannor. Anläggningen har cyklon samt elfilter. Elproduktion.

## Stockholm, Hässelby

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Kolpulver  
 Effekt: 3x93 MW  
 Fabrikat: Svenska Maskinverken  
 Startår: 1959, ombyggda 1983

Mätningar på kolpulveranläggningar visar NO<sub>x</sub>-emissioner på i storleksordningen 200-300 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

## Södertälje, Igelsta

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Kolpulver  
 Effekt: 3x120 MW  
 Fabrikat: Götaverken  
 Startår: P1 och P2 1982, P3 1983

NO<sub>2</sub>-emissioner under 200 mg NO<sub>2</sub>/MJ.  
 Redovisat årsmedel för 1986 är 137 g NO<sub>2</sub>/MJ.

## Haninge, Jordbro

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Kolpulver  
 Effekt: 2x30 MW  
 Fabrikat: Gustafsberg, kolpulverbrännare Asea Stal  
 Startår: 1987

Gamla ombyggda oljepannor.

## UPPSALA LÄN

## Uppsala

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Pulver  
 Effekt: 330+100 MW  
 Fabrikat: Burmeister & Wain  
 Startår: 1985

Övergång till torv 1988 planeras.  
 100 MW-pannan är ny och 330 MW-pannan är en ombyggd oljepanna.

## Uppsala

Bränsle: Avfall  
 Panntyp: Avgaspannor  
 Effekt: 2x10 + 22 + 33 MW  
 Fabrikat: P2 och P3 Svenska Maskinverken  
 P1 och P4 BWE  
 Startår: 1961

Ångproduktion.  
 Avfallet förbränns i ugnar med rörlig rooster.  
 Anläggningen har elfilter.

## SÖDERMANLANDS LÄN

## Nyköping

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Fluidbädd  
 Effekt: 2x40 MW  
 Fabrikat: CFB Götaverken  
 Startår: 1984

Utredning indikerar emissioner under 100 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

## Eskilstuna

Bränsle: Kol/flis  
 Panntyp: Cirkulerande fluidbädd  
 Effekt: 50 MW  
 Fabrikat: Generator  
 Startår: 1985

Enligt mätningar 80-120 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

## ÖSTERGÖTLANDS LÄN

## Linköping

Bränsle: Kol, flis, torv  
 Panntyp: Spreaderstoker  
 Effekt: 80 MW  
 Fabrikat: Generator  
 Startår: 1985

## Ombyggda oljepannor

Mätningar på spreaderstokeranläggningar visar högsta värden för kol, 230-260 mg NO<sub>2</sub>/MJ, lägre för flis och blandningar kol/flis, cirka 150 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

På uppdrag från Värmeforsk genomför ÅF-Energikonsult för närvarande en studie av NO<sub>x</sub>-emissionerna från spreaderstokeranläggningar.



## Linköping

Bränsle: Avfall  
 Panntyp: Avgaspannor  
 Effekt: 16 + 26 MW  
 Fabrikat: Generator  
 Startår: 1981-82

Avfallet förbränns i ugnar med rörlig rooster. Fabrikat, von Roll. Anläggningen har elfilter.

## Norrköping, Händelöverket

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Wanderrost  
 Effekt: 2x125 MW  
 Fabrikat: Vølund  
 Startår: 1983

Nya pannor, anpassad teknik, cirka 100 mg NO<sub>2</sub>/MJ med rökgasåterförening.

## Norrköping, NE stationen

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Wanderrost  
 Effekt: 3x30 MW  
 Fabrikat: -  
 Startår: Gamla pannor. Troligen ombyggda på senare tid, nystart 1980

## JÖNKÖPINGS LÄN

## Jönköping, Munksjö

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Pulver  
 Effekt: 68 MW  
 Fabrikat: Burmeister & Wain, brännare  
 Startår: 1984

Senare övergång till torv.

## MALMÖHUS LÄN

## Malmö, Öresundsverket

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Pulver  
 Effekt: 150 MW  
 Fabrikat: Troligen Steinmüller  
 Startår: 1983

Gammal ombyggd panna.  
 Många pannor finns i anläggningen.

## Malmö, Limhamn

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Pulver  
 Effekt: 125 MW  
 Fabrikat: Götaverken  
 Startår: 1984

Ny panna.

## Malmö, SYSAV

Bränsle: Avfall  
 Ugn: Gegenschubrost  
 Effekt: 60 MW  
 Fabrikat: Martin  
 Startår: 1974

Många mätningar har gjorts på anläggningen.  
 Avgaspannor 2x32 MW, fabrikat Wagner biro

## Helsingborg

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Pulver  
 Effekt: 174 MW  
 Fabrikat: Götaverken  
 Startår: 1983

Emissioner på cirka 160-230 mg NO<sub>2</sub>/MJ.

## GÖTEBORGS OCH BOHUS LÄN

## Göteborg, Sävenäs Värmeverk

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Wanderrost  
 Effekt: 2x37 MW  
 Fabrikat: -  
 Startår: Gamla ombyggda pannor, nystart 1982

Bränsle: Kol  
 Panntyp: Spreaderstoker  
 Effekt: 120 MW  
 Fabrikat: Generator  
 Startår: 1985

Enligt uppgift planeras försök med naturgas som reburningbränsle.  
 200-250 g NO<sub>2</sub>/MJ

## Göteborg, Sävenäs avfallsförbränning

Bränsle: Avfall  
 Panntyp: Rost  
 Effekt: 3x32 MW  
 Fabrikat: von Roll  
 Startår: 1970

Avgaspannor, Generator Eckrohr.  
 Rökgasrening med elfilter.

## Uddevalla

Bränsle: Kol, flis, torv  
 Panntyp: Cirkulerande fluidbädd  
 Effekt: 40 MW  
 Fabrikat: Götaverken  
 Startår: 1985

## Mölndal

Bränsle: Kol/flis/torv  
 Panntyp: Snabb fluidbädd  
 Effekt: 40-50 MW  
 Fabrikat: Götaverken  
 Startår: 1984

Emissioner på 100-150 mg NO<sub>2</sub>/MJ med kol.

## ÄLVSBORGS LÄN

## Borås

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| Bränsle:  | Kol, flis            |
| Panntyp:  | Spreaderstoker       |
| Effekt:   | 2x71 MW              |
| Fabrikat: | Götaverken           |
| Startår:  | 1984 efter ombyggnad |

Ombyggda oljepannor. Beträffande NO<sub>x</sub> jämför med Linköping.

## ÖREBRO LÄN

## Örebro, Åbyverket

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| Bränsle:  | Kol, torv, flis |
| Panntyp:  | Fluidbädd       |
| Effekt:   | (180 MW)        |
| Fabrikat: | Generator       |
| Startår:  | 1988            |

Panna beställd med avbeställningsrätt.

## Örebro, Åbyverket

|           |            |
|-----------|------------|
| Bränsle:  | Kol        |
| Panntyp:  | Wanderrost |
| Effekt:   | 2x40 MW    |
| Fabrikat: | Götaverken |
| Startår:  | 1982       |

## Karlskoga

|           |                        |
|-----------|------------------------|
| Bränsle:  | Torv, kol              |
| Panntyp:  | Cirkulerande fluidbädd |
| Effekt:   | 2x40 MW                |
| Fabrikat: | Götaverken             |
| Startår:  | 1985                   |

## VÄSTMANLANDS LÄN

## Västerås

Bränsle: Kol  
Panntyp: Pulver  
Effekt: 2x135 MW  
Fabrikat: Motala/Götaverken  
Startår: 1981

Gamla pannor från 1963.  
Konverterade till kol 1981 av Peabody.

## Västerås

Bränsle: Kol  
Panntyp: Pulver  
Effekt: 380 MW  
Fabrikat: Götaverken  
Startår: 1983

Driftstart 1974.

#### 4 NO<sub>x</sub>-EMISSIONER FRÅN ANLÄGGNINGAR I SVERIGE

Med anledning av bl a Naturvårdsverkets och Statens Energi-  
verks förslag till skärpta krav på emissioner av kväveoxider  
(se bilaga 1) har intresset för utsläpp från befintliga  
anläggningar ökat. I dag finns inga generella riktlinjer för  
NO<sub>x</sub>-emissioner. Få anläggningar är utrustade med kontinuerligt  
mätande NO<sub>x</sub>-instrument, så de flesta redovisade resultaten är  
från speciella mätningar vid fullast (s k paradvärden).

I bild 4 redovisas värden för koleldade anläggningar i Sverige  
med de anläggningsstorlekar som denna studie omfattar och  
värdena är från enstaka mätningar. Resultaten redovisas för  
olika typer av förbränningsanläggningar. Förväntade emissions-  
krav på bilden motsvarar de värden som föreslagits av Natur-  
vårdsverket och Statens Energiverk.

I bild 5 anges även förväntade värden för nya anläggningar i  
framtiden. Gränser för små och stora anläggningar erhålls ur  
bilaga 1.

Vid en första diskussion om vilka pannor och typer som kan  
vara aktuella med naturgasreburning för reduktion av kväve-  
oxider bör man studera nivå på emissioner i dag och förväntade  
emissionskrav. Reburning med naturgas kan förväntas ge en  
reduktion av max 50 %. För de pannor där emissionerna måste  
sänkas finns flera tänkbara åtgärder att vidta dels i samband  
med förbränning och dels rening av rökgaser.

Exempel på åtgärder i samband med förbränning är minskning av  
luftöverskott, rökgascirkulation, stegvis förbränning, rebur-  
ning, tillsats av additiv som ex urea. Det har redovisats  
mycket goda resultat från försök med urea. Försöken har ut-  
förts av Sydkraft i Malmö.

Den vanligaste metoden för rökgasdenitrifiering är katalytisk  
reduktion med ammoniaktillsats.

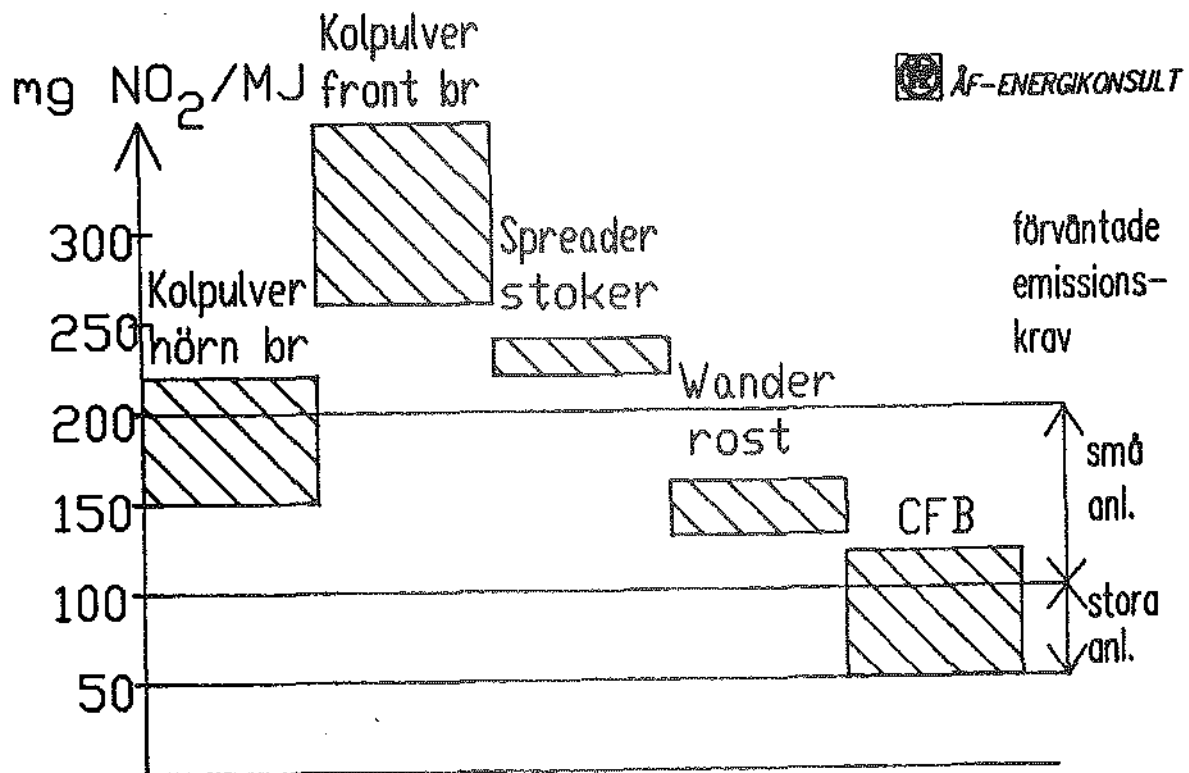


BILD 4

Svenska anläggningar fullastprov 

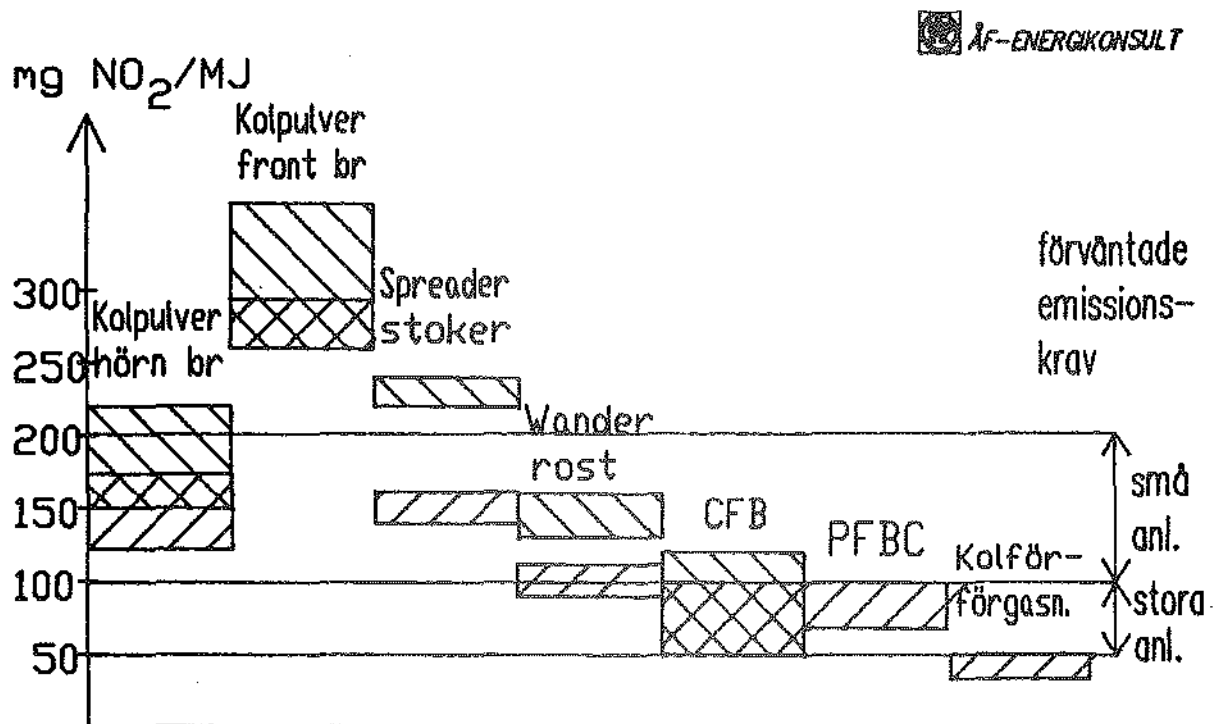


BILD 5

Svenska anläggningar fullastprov  framtid 

## 5 BEDÖMNING AV TÄNKBARA PANNORS LÄMPLIGHET FÖR REBURNING

I Sydkrafts state of the art rapport (1) och övrig litteratur omnämns endast reburning i samband med eldning med brännare. Övrig förbränningsteknik (ex wanderrost, cirkulerande fluidbädd, spreaderstoker) torde även vara lämpad såvida övriga förutsättningar innehålls beträffande temperatur, uppehållstider och geometri i övrigt.

Generella bedömningsgrunder:

- Tillsats av reburningbränsle efter det att fastbränslet är utbränt i största möjligaste mån och vid hög temperatur ca 1100°C.
- Naturgasen måste fördelas väl över hela tvärsnittet.
- Lång uppehållstid i reburningzonen (0,5 - 1 s).
- Därefter tillsats av luft för slutförbränning fördelat över hela tvärsnittet.

Som utgångspunkt för bedömning har vidare använts de emissioner som i dagsläget rapporteras från befintliga pannor (se bild 4) samt de förslag till skärpta riktlinjer för NO<sub>x</sub>-emissioner som föreligger (se bilaga 1).

För att göra en korrekt bedömning av pannor måste mer detaljerade underlag föreligga bland annat med avseende på temperaturprofiler och hur temperaturen varierar med last, strömbild osv. Innan man vet temperaturområdena är det svårt att göra bedömning om erforderliga uppehållstider kan erhållas.

Vid för korta uppehållstider kan det bli aktuellt att reducera lasten, för att nå önskad effekt.

Eventuellt kan reburning medföra förändringar i behov och fördelning av värmeupptagande ytor.

I samband med NO<sub>x</sub>-emissioner diskuteras för närvarande bildningen av N<sub>2</sub>O, vilket även bör belysas vid reburning.



### Kolpulvereldade pannor

Kolpulvereldade pannor med hörnbrännare ger en tämligen låg nivå på kväveoxidemissioner. En minskning av den nivån med naturgasreburning kan vara tillräckligt som enda åtgärd och är därför intressant.

Rotationen som åstadkommes vid hörnbrännare gör att det blir lättare att blanda in reburningbränsle och luft.

Pannor med hörnbrännare är Limhamn, Igelsta, Västhamnsverket och Västerås' stora panna.

För större kolpulvereldade pannor med frontbrännare eller dylikt torde inte reburning vara tillräckligt som enda åtgärd för att minska kväveoxidemissionerna till nivå med föreslagna riktlinjer. Från pannor av denna typ ute i Europa redovisas t o m ännu högre  $\text{NO}_x$ -värden än de som erhållits i Sverige.

Eftersom omblandningen vanligtvis inte är så god över hela eldstadsytan vid eldning med frontbrännare så är det svårare att få god inblandning i en större panna utrustad med frontbrännare än en med hörnbrännare.

Av dessa orsaker bedöms dessa större fronteldade pannor ej som så intressanta för närvarande.

Mindre anläggningar med frontbrännare eller dylikt kan däremot vara intressanta då en högre emissionsnivå accepteras för dessa såsom Jordbro, Munksjö och Kvarnsveden. I Kvarnsveden eldas även inhemska bränslen och då erhålls betydligt lägre  $\text{NO}_x$ -emissioner. Fastbränslepannorna i Jordbro är av ovanlig typ, lådpannor med torn efter eldstaden.

### Cirkulerande fluidbäddar

De senast installerade cirkulerande fluidbäddarna ger så låga  $\text{NO}_x$ -värden vid koleldning (även vid samtidig avsvavling) att extra åtgärder inte behövs. I flera av anläggningarna eldas inhemska bränslen, dessa ger vanligtvis lägre  $\text{NO}_x$ -emissioner än kol.

Förbränning i CFB sker dessutom vid jämförelsevis låga temperaturer, ca  $900^\circ\text{C}$ .

Reburning med naturgas anses inte aktuellt för CFB.

### Spreaderstokerpannor

Utsläppen av  $\text{NO}_x$  från spreaderstokerpannor är tämligen höga.

Pannorna i Borås eldas ofta med en kombination av skogsbränslen och kol,  $\text{NO}_x$ -emissionerna sjunker då till  $150 \text{ mg NO}_2/\text{MJ}$ .

Pannan i Jordberga, som är under projektering, är även dimensionerad för både kol- och skogsbränsle.

Det torde vara svårare att blanda in reburningbränsle och luft på grund av att spreaderpannor vanligtvis har större tvärsnittsarea i jämförelse med pulvereldade pannor.

Om bl a en god inblandning kan erhållas är de flesta spreaderstokerpannor av den storleken att 50 %  $\text{NO}_x$ -reduktion är tillräcklig.

### Wanderrostpannor

$\text{NO}_x$ -emissionerna från wanderrostpannor är från de svenska pannorna i en sådan nivå att en reduktion med 50 % ger ett värde inom området för föreslagna riktlinjer gällande stora anläggningar.

I Norrköping avser man göra prov med gasol som reurning-bränsle på Händelöverket (se punkt 3). Det synes vara lättare att tillsätta och blanda in luft-reurningbränsle i wanderrostpannor än spreaderstokerpannor, om de är försedda med näsa som t ex i Norrköpings.

På Energiverken i Göteborg är man positiv till att göra försök med reurning med naturgas, när naturgasen kommer upp till Göteborg (gäller även spreaderstokerpannan i Sävenäs).

Rostpannor har stor tvärsnittsyta i jämförelse med pulvereldade pannor, vilket ger sämre förutsättningar för att erhålla god inblandning av reurningbränslet. Om pannorna är försedda med strypning i form av näsan som på Norrköpingspannan, blir förutsättningarna gynnsammare.

Wanderrostpannorna anses även vara av intresse för mer ingående studier av möjlighet till reurning.

### Avfall

Enligt Statens Energiverk och Naturvårdsverkets publikation 1986:6, Energi ur avfall förväntas inga åtgärder krävas för att minska kväveoxiden från avfallsförbränning.

Enligt SNV är emissionerna 200 - 400 mg NO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> rökgas (torr gas 10 % CO<sub>2</sub>) motsvarar ca 140 - 280 mg/MJ<sub>br</sub>.

Det finns inte speciellt mycket siffror publicerade från mätningar för sopor.

Generellt gäller för samtliga avfallspannor att temperaturerna i eldstaden sjunker snabbt och är under 1100°C. Förbränningstemperaturen ska upp över 900°C för att få god förbränning, därefter önskar man att kyla så snabbt som möjligt för att slippa beläggningar i eldstaden. Dessutom är luftöverskotten är oftast höga, varför reurning med naturgas troligtvis inte blir aktuellt vid avfallsförbränning.

Ofta riskerar man, vid förbränningstekniska åtgärder för att begränsa kväveoxidutsläppen, att öka utsläppen av organiska föroreningar, exempelvis dioxiner. Stödelning med naturgas kan vara mer effektivt för att få bort dioxiner än reurning. Försök hos Institute of Gas Technology i Chicago pågår för närvarande angående detta.

6 UPPSKATTNING AV NATURGASFÖRBRUKNING VID REBURNING I SVENSKA FASTBRÄNSLEANLÄGGNINGAR

Uppskattning av naturgasförbrukning är baserad på en årlig fullasttid på 4 000 h som medelvärde (årlig fullasttid är den totala produktionen omräknad till maximalproduktion). Naturligtvis varierar fullasttiden från anläggning till anläggning, men siffrorna ger en uppskattning av nivån. Reburningbränslet förutsätts utgöra 15 % av totala bränsleförbrukningen räknat på energimängden (för naturgas 10,8 kWh/Nm<sup>3</sup>).

Förbrukningen redovisas dels för naturgasreburning i samtliga pannor och dels vid naturgasreburning i de pannor som i kapitel 5 anses som lämpliga.

| 1   | Kolpulver                                   | MW       | miljoner m <sup>3</sup> norm/år |               |
|-----|---|----------|---------------------------------|---------------|
|     |   |          | max                             | enl värdering |
| 1.1 | Tangentialeldade                            |          |                                 |               |
|     | Limhamn Malmö                               | HP 125   | 8                               | 8             |
|     | Västhamsverket, Helsingborg                 | ÅP 175   | 10                              | 10            |
|     | Igelsta, Södertälje                         | HP 3x120 | 23                              | 23            |
|     | Västerås                                    | ÅP 380   | 24                              | 24            |
| 1.2 | Front, toppbrännare m m                     |          |                                 |               |
|     | Hässelby                                    | ÅP 3x93  | 18                              | -             |
|     | Sydkraft                                    | ÅP 150   | 9                               | -             |
|     | Munksjö, Jönköping                          | ÅP 68    | 1                               | 1             |
|     | Västerås                                    | ÅP 2x135 | 17                              | -             |
|     | Jordbro                                     | HP 2x30  | 4                               | 4             |
|     | Uppsala 1)                                  | ÅP 330   | 21                              | -             |
|     | Uppsala 1)                                  | HP 100   | 6                               | -             |
|     | Kvarnsveden                                 | ÅP 66    | 4                               | -             |
|     | Summa kolpulver                             |          | 145                             | 70            |
|     | 1) Avser övergå till eldning med torvpulver |          |                                 |               |
| 2   | Wanderrost                                  |          |                                 |               |
|     | Händelöverket Norrköping                    | ÅP 2x125 | 15                              | 15            |
|     | Norrköping                                  | ÅP 2x30  | 5                               | -             |
|     | Sävenås ÅP 1 o 2, Göteborg                  | ÅP 2x37  | 5                               | 5             |
|     | Örebro                                      | ÅP 2x40  | 5                               | -             |
|     | Summa wanderrost                            |          | 30                              | 20            |

| 3 | Spreaderstoker        | MW       | miljoner m <sup>3</sup> norm/år |               |
|---|-----------------------|----------|---------------------------------|---------------|
|   |                       |          | max                             | enl värdering |
|   | Linköping             | ÅP 80    | 5                               | -             |
|   | Sävenäs HP3, Göteborg | HP 120   | 8                               | 8             |
|   | Borås                 | ÅP 2x71  | 9                               | -             |
|   | Jordberga Sockerbruk  | ÅP 70    | 4                               | 4             |
|   | Summa spreaderstoker  |          | 26                              | 12            |
| 4 | CFB                   |          |                                 |               |
|   | Nyköping              | ÅP 2x40  | 5                               | -             |
|   | Eskilstuna            | HP 50    | 3                               | -             |
|   | Uddevalla             | HP 40    | 3                               | -             |
|   | Mölnadal              | HP 40    | 3                               | -             |
|   | Karlskoga             | HP 2x40  | 5                               | -             |
|   | Hyltebruk             | ÅP 49    | 3                               | -             |
|   | Summa CFB             |          | 22                              | -             |
| 5 | Avfall                |          |                                 |               |
|   | Högdalen              | ÅP 2x27  | 4                               | -             |
|   | Linköping             | 16+26    | 3                               | -             |
|   | Sydkraft, Malmö       | 60       | 4                               | -             |
|   | Sävenäs, Göteborg     | 3x32     | 6                               | -             |
|   | Uppsala               | ÅP 2x10+ | 5                               | -             |
|   |                       | 22+33    |                                 |               |
|   | Summa avfall          |          | 22                              | -             |
|   | Totalt, maximalt      |          | 245                             | 102           |

HP = hetvattenpanna

ÅP = ångpanna

## 7 UPPSKATTNING AV INVESTERINGSKOSTNADER

Kostnader är svårt att bedöma eftersom en detaljstudie måste föregå en installation av reburning.

Värden framtagna för Värmeforsk, Linhamm kan dock ses som riktvärden.

Noggranna mätningar och eventuella modellprov måste föregå en installation. Kostnadsuppskattning 0,5 - 1,5 Mkr.

Kostnader för ombyggnader av anläggning är mycket anläggningsspecifika. Nivån förväntas vara ca 5 - 10 Mkr, förutsatt att naturgas är framdraget till anläggningen.

## 8 LITTERATURFÖRTECKNING

- 1 Reburning och efterförbränning med naturgas, Swedegas, Sydkraft FUD-rapport 87.  
(Tillgänglig först våren 1988)
- 2 Reduktion av  $\text{NO}_x$  genom tillsatseldning med trä eller torvpulver, Göran Blomqvist, Niklas Berge, Stiftelsen för värmeteknisk forskning nr 239.
- 3 Mindre kväveoxider från förbränning, Statens Energi-  
verk, Naturvårdsverket Rapport 3312, 1978:3.

Förslag till emissionsgränser för NO<sub>x</sub> enligt  
Naturvårdsverket och Statens Energiverk (3)

*Utsläppsvärden*

De miljöproblem som orsakas av kväveoxidutsläppen från energisektorn är i första hand regionala, inte lokala. Den erforderliga utsläpps begränsningen kan därför anges med hänsyn till de regionala effekterna. Eftersom det i många fall finns alternativa vägar att minska utsläppen och den tekniska utvecklingen på området är snabb har vi inte differentierat utsläppsvärdena med hänsyn till förbränningsteknik, bränsle m m. Åtgärder kan genomföras på ett mer kostnadseffektivt sätt om anläggningsägarna fritt kan välja mellan olika metoder att klara angivna utsläppsnivåer.

Vi räknar med att följande utsläppsnivåer skall kunna klaras och föreslår att de skall tas till utgångspunkt vid prövningen enligt miljöskyddslagen. Utsläppen av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) avser ekvivalent mängd NO<sub>2</sub>.

|   |  |
|---|--|
| <i>Nyanläggningar i hela landet</i>   | <i>Fr o m 1 juli 1987</i>                        |
| - med ett årligt utsläpp av kväveoxider överstigande 300 ton  | 0,05-0,10 g NO <sub>x</sub> /MJ tillfört bränsle |
| - övriga  | 0,10-0,20 g NO <sub>x</sub> /MJ tillfört bränsle |
| <i>Befintliga anläggningar med undantag av anläggningar i norrlandslänen, Värmlands län och Kopparbergs län</i> | <i>Fr o m 1 januari 1995</i>                     |
| - med ett årligt utsläpp av kväveoxider överstigande 600 ton  | 0,05-0,10 g NO <sub>x</sub> /MJ tillfört bränsle |
| - övriga med ett årligt utsläpp av kväveoxider överstigande 150 ton   | 0,10-0,20 g NO <sub>x</sub> /MJ tillfört bränsle |

Anläggningarna inom ett fjärrvärmenät bör kunna (men behöver inte) ses som en enhet, s k bubbla, vid tillämpningen av de ovan angivna värdena. Motsvarande bör kunna gälla för flera pannheter inom en industri.

För anläggningar med kontinuerlig mätning och registrering av kväveoxidutsläppet bör utsläppet få räknas som årsmedelvärde (totalt utsläppt mängd NO<sub>x</sub> dividerad med totalt tillfört bränsle).

Med nyanläggning avser vi nyinstallationen, dvs oftast en panna. Det är således utsläppen från den eller de nyinstallerade pannheterna som bör räknas vid tillämpningen i prövningsärendena. Med befintlig anläggning avses hela anläggningen ('verket'). Om utsläppen av kväveoxider från samtliga pannor inom en befintlig anläggning överstiger 600 ton bör således den lägre utsläppsnivån gälla.

Eftersom värdena är knutna till miljöskyddsprövningen berörs endast prövningspliktiga anläggningar, dvs anläggningar med en effekt på minst 10 MW. För befintliga anläggningar bör de angivna värdena - som framgår av uppställningen - gälla anläggningar som släpper ut mer än 150 ton kväveoxider per år,

dvs i huvudsak anläggningar med en effekt över 50 MW. Vi har bedömt att mer erfarenhet behöver vinnas vad gäller såväl tekniska möjligheter och kostnader för kväveoxidbegränsning som bieffekter i form av utsläpp av andra föroreningar innan generella värden för befintliga, mindre anläggningar kan anges. Den utsläppsnivå som angivits för befintliga anläggningar med ett årligt utsläpp mellan 150 och 600 ton bör dock kunna vara vägledande vid den enskilda prövningen enligt miljöskyddslagen.

Vi har inte behandlat avfallseldade anläggningar i utredningen. Mätresultat från dessa anläggningar tyder dock på att flertalet klarar de angivna utsläppsnivåerna. Värdena bör därför kunna vara vägledande även vid miljöskyddsprövningar av denna typ av anläggningar. Man måste dock uppmärksamma risken för att förbränningstekniska åtgärder för att begränsa

ningar ligger – räknad per ton avskild kväveoxid – på ungefär samma nivå som kostnaden för att minska kväveoxidutsläppen från de tunga fordonen genom förbättrad avgasrening. Dessa fordon svarar för en väsentlig och – sedan kraven på personbilarnas avgasrening skärpts – ökande andel av kväveoxidutsläppen från trafiken. Eftersom bilparken förnyas långsamt tar det dock lång tid innan åtgärder på fordonen får full effekt. Vi menar mot denna bakgrund att det är motiverat att minska kväveoxidutsläppen inom såväl energisektorn som trafiksektorn. Vi föreslår ett handlingsprogram som medför att utsläppen från energianläggningarna begränsas, särskilt i de södra och mellersta delarna av Sverige.

Naturvårdsverket kommer i april 1987 att lägga fram förslag om skärpta avgaskrav för tunga fordon. I den översyn av aktionsplanen mot luftföroreningar och förurning som genomförs under våren 1987 av naturvårdsverket i samråd med övriga berörda myndigheter kommer också andra åtgärder för att minska kväveoxidutsläppen som ändrad fördelning mellan olika trafikslag, hastighetsbegränsningar m m att tas upp.