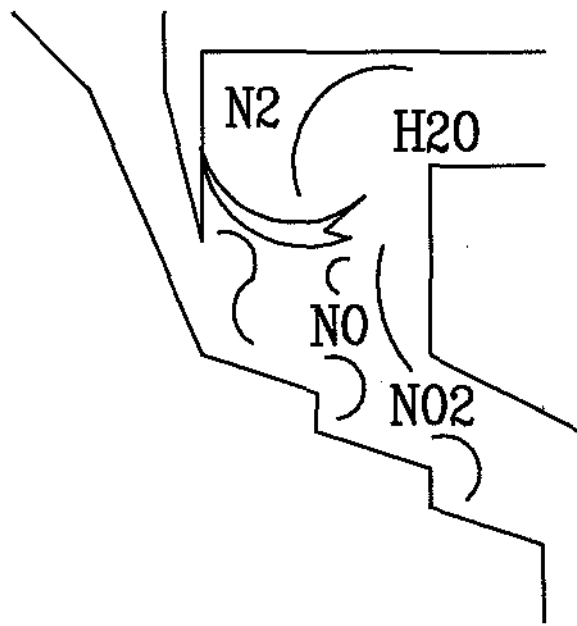
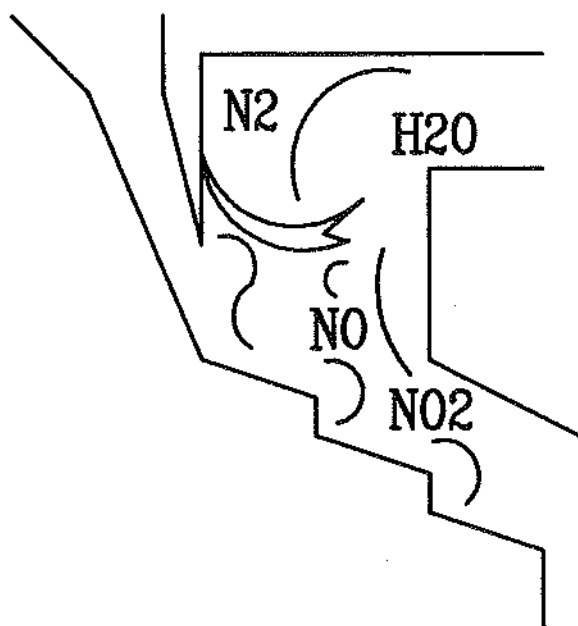


Reburning med naturgas i större kommunala avfallsförbränningsanläggningar



SWEDEGAS AB

REBURNING MED NATURGAS I STÖRRE KOMMUNALA AVFALLSFÖRBRÄNNINGSANLÄGGNINGAR



AF Energikonsult AB
Slutrapport 890907
Lars Wrangsten

RAPPORT

1 (43)

Uppdragsgivare / Client	Datum / Date	Utgåva / Issue	Order - alt regnr / Order No - Reg No
SWEDEGAS AB	1989-09-04	2	769492 LWN/sap
Anläggning / Plant	Sektion / Dept	Handläggare / Prepared by	Telefonnr / Telephone No
	4660	L. Wrangsten	08-57 13 72
Ärende / Subject			

REBURNING MED NATURGAS I STÖRRE KOMMUNALA AVEALLSFÖRBRÄNNINGSANLÄGGNINGAR.

- 1 SAMMANFATTNING

- 2 INLEDNING

- 3 REBURNING
 - 3.1 Tekniskläge och pilotskaleförsök
 - 3.2 Destruktion av dioxiner/furaner
 - 3.3 Fullskaleprov

- 4 ANDRA KONCEPT FÖR NO_x-REDUKTION
 - 4.1 Selektiv katalytisk rening
 - 4.2 Andra metoder
 - 4.3 Ekonomisk jämförelse med reburningkonceptet

- 5 REBURNING I SVENSKA ANLÄGGNINGAR
 - 5.1.1 Högdalen
 - 5.1.2 Hedenverket, Karlstad
 - 5.1.3 SYSAV, Malmö
 - 5.1.4 Gärstadsverket, Linköping
 - 5.1.5 Sävenäsverket, Göteborg
 - 5.1.6 Uppsala
 - 5.1.7 Karlskoga
 - 5.1.8 Köping
 - 5.1.9 Halmstad
 - 5.2 Kommentarer

- 6 REFERENSER

1 SAMMANFATTNING

ÅF-Energikonsult AB har fått i uppdrag av Swedegas AB som ett FUD-projekt att beskriva teknikläget och samla in kunskaper om naturgasbaserad reurning i sopförbränningsanläggningar.

En datasammanställning skall också göras över svenska avfallsanläggningar, där reurningkonceptet kan vara applicerbart.

Med reurning avses en flerstegsförbränning, där naturgasen tillsätts sekundärt efter huvudförbränningen på rostern. Gasen tillsätts i sådan mängd att ett luftunderskott bildas för att möjliggöra reduktion av redan bildade kväveoxider. Recirkulerad rökgas kan användas för att skapa god omblandning vid gastillsatsen. Institute of Gas Technology (IGT) och The Gas Research Institute (GRI) i USA bedriver för närvarande forskningsprojekt inom reurningtekniken i samband med sopförbränning.

Pilotskaleförsök har bl a givit följande resultat:

- * Upp till 70 % NO_x -reduktionsgrad
- * Ungefär 15 % tillsats av naturgas räknat på totalt tillförd energimängd erfordras.
- * Luftfaktor 0,9 i reurningzonen synes tillräcklig.
- * Eventuellt kan totala luftöverskottet minska från cirka 70 % och ned till 30 %, vilket ger en verkningsgradsförbättring.
- * Effektiv utbränning av CO och kolväteföreningar.
- * Vid försök med destruktion av dioxiner och furaner har inledande tester med 10 % gastillsats givit 50 % reduktionsgrad.

Ett program med fortsatta fullskaleprov i kommersiella anläggningar är nu under utarbetande. Dels kommer prov att utföras i en panna för hushållsavfall i Minnesota (100 ton sopor/dag) och dels kommer försök att göras i en RDF-eldad anläggning med tyngdpunkt på dioxinreduktion.

Ett räkneexempel med en kostnadsjämförelse pekar på cirka 2 MSEK lägre årskostnad för reurningkonceptet, vid naturgaspris 100 kr/MWh, jämfört med katalytisk NO_x -rening (SCR).

En annan fördel med reurning utöver den ekonomiska är att kemikaliehanteringen undviks vid rökgasrening.

En genomgång av svenska anläggningar visar att flera står inför kommande emissionskrav för NO_x -utsläpp.

Sopförbränningsanläggningen i Högdalen skall presentera en utredning innan årets slut över vilka möjligheter som finns för att begränsa NO_x -utsläppen. Reburning i Högdalen har beräknats ge en naturgaspotential på mellan 8,2-12,3 milj $\text{m}^3/\text{år}$ vid en antagen drifttid av 7 500 h per år.

Uppsala har vid remissyttrande fått förslag på 100 mg/Nm^3 (cirka 60 mg/MJ) som NO_x -krav.

Naturgaspotentialen vid reburning är maximalt beräknad enligt följande för övriga större anläggningar:

- Uppsala	9,8 milj $\text{m}^3/\text{år}$
- Karlstad	2,1 "-
- SYSAV, Malmö	6,3 "-
- Gärstadsverket, Linköping	5,8 "-
- Sävenäsverket, Göteborg	11,8 "-
- Karlskoga	1,8 "-
- Köping	2,5 "-
- Halmstad	2,5 "-

Sammanfattningsvis är den totala årliga maximala naturgaspotentialen beräknad till cirka 55 milj m^3 för dessa anläggningar om reburning skulle tillämpas.

Förslag till fortsättningsprojekt

Studie vid exempelvis Högdalens avfallsförbränningsanläggning (eller Karlstads) med följande huvudmoment.

- Detaljstudie hur reburningkonceptet kan appliceras
- Beräkning av investeringskostnader
- Övriga ekonomiska konsekvenser, sopdestruktion och alternativbränslen
- NO_x -reduktion och påverkan på övriga emissioner
- Fortsatta testresultat i USA bevakas samtidigt med studien.

Rapporten är beställd av Thomas Carlqvist, Swedegas AB och ingår i Swedegas FUD-program för 1989. Studien är genomförd av Lars Wrangensten och Eric Norelius vid ÄF-Energikonsult AB i samarbete med Thomas Carlqvist, Swedegas AB.

2 INLEDNING

NO_x-emissionskrav för avfallsförbränningsanläggningar börjar aktualiseras i samband med skärpta regler för andra typer av förbränningsanläggningar. För flera anläggningar diskuteras framtida skärpta NO_x-krav.

ÅF-Energikonsult AB har fått i uppdrag av Swedegas AB att samla in kunskap och data om reburning med naturgas som en metod för emissionsreduktion i avfallsförbränningsanläggningar. Ett underlag över teknikläget skall tas fram och eventuella möjligheter till en fortsatt typstudie i samarbete med en större avfallsförbränningsanläggning skall redovisas. Rapporten är beställd av Thomas Carlqvist, Swedegas AB och ingår i Swedegas FUD-program för 1989. Studien är genomförd av Lars Wrangensten och Eric Norelius vid ÅF-Energikonsult AB i samarbete med Thomas Carlqvist, Swedegas AB.

Nyckeltal:

Omvandlingsfaktorer: ppm till mg/MJ: ca 1,3 (vid 11 % O₂)
mg/Nm³ till mg/MJ: ca 0,6

3 REBURNING

3.1 Teknikläge och pilotskaleförsök

Med reburning avses en flerstegsförbränning, där ett tillsatsbränsle som förbränns under luftunderskott bildar kolväteföreningar, som kan reducera kräveoxider från förbränningen av huvudbränslet till ren kvävgas, N_2 , och vattenånga. Flera olika bränslen är tänkbara som tillsats- eller reburningbränsle, men naturgasen har flera fördelar framför andra bränslen. Dessa finns närmare beskrivna i exempelvis referens /1/.

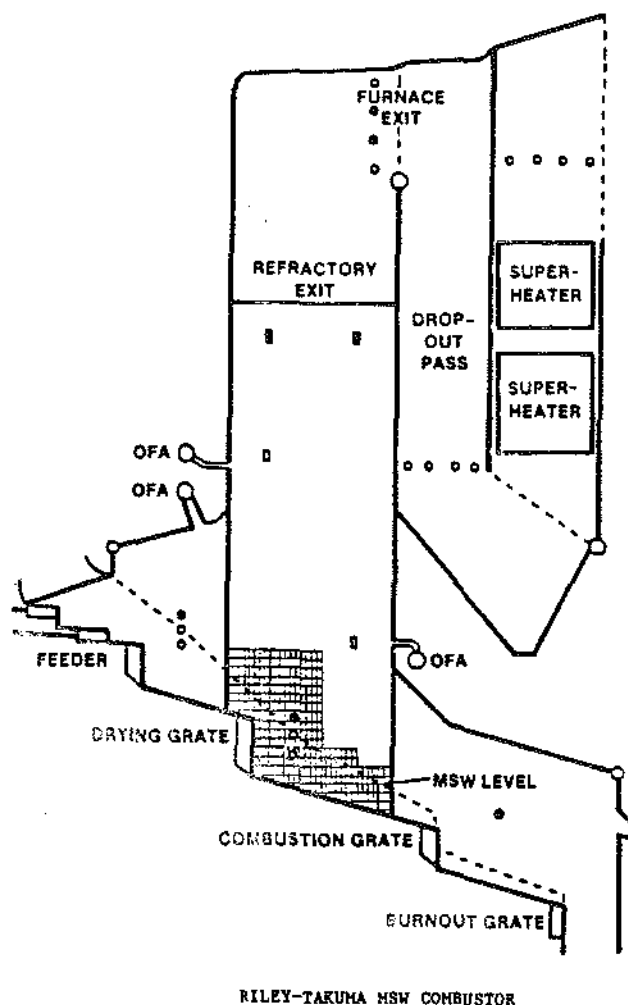
Institute of Gas Technology (IGT), Chicago, USA, bedriver för närvarande ett samarbetsprojekt med The Gas Research Institute, Riley Stoker Corporation och Takuma Company i Japan. Projektet har till syfte att utvärdera hur naturgas kan användas som en teknik att reducera NO_x -emissioner från befintliga sopförbränningsanläggningar.

Projektprogrammet är tänkt att bestå av tre delar:

- Utvärdering med emissionsmätningar på en befintlig anläggning (Rochester, Minnesota) utan naturgastillsats.
- Pilotskaleförsök.
- Prov och demonstration av reburningtekniken i en fullstor sopförbränningsanläggning.

De två första delarna är nu nära nog slutförda. Insamling av basdata och emissionsmätningar vid parametervariationer utfördes vid en av två enheter i Olmsted County-anläggningen i Rochester, Minnesota, vardera med förbränningskapaciteten 100 ton sopor/dag (cirka 4 ton/h).

Pannan är vattenkyld med en roster i tre steg enligt figur 3.1A och producerar cirka 11 ton ånga/h, 42 bar överhettad. Roster- och ugnsdelen kommer från Takuma Company och själva pannan är av fabrikat Riley Stoker Corporation.



Figur 3.1A

Pannan testades under det att last, totalt luftöverskott, primärluftflöden under rostern samt sekundärluftflöden varierades.

NO_x -emissionen varierade mellan 125-175 ppm (motsvarande cirka 170-230 mg/MJ) vid 100 % last och 60 % luftöverskott. Varierades luftöverskottet från 60 % och ned till 23 % genom att sekundärlufttillförseln ströps helt, minskade NO_x -utsläppen ned till 45 ppm men på bekostnad av ökad CO-halt upp till 1300 ppm. Utsläppet av olika kolväteföreningar ökade likaså i takt med CO-halten. Temperaturmätningar visade på stora variationer såväl i tiden som över eldstadens tvärsnitt. Man antog därför att en injicering av naturgas i eldstadens nedre del skulle skapa en jämnare temperaturprofil med bättre utbränning och

möjligheter till NO_x -reduktion torde även finnas genom re-burningprincipen. Figur 3.1B visar hur man tänkt sig re-burningkonceptet för denna typ av panna.

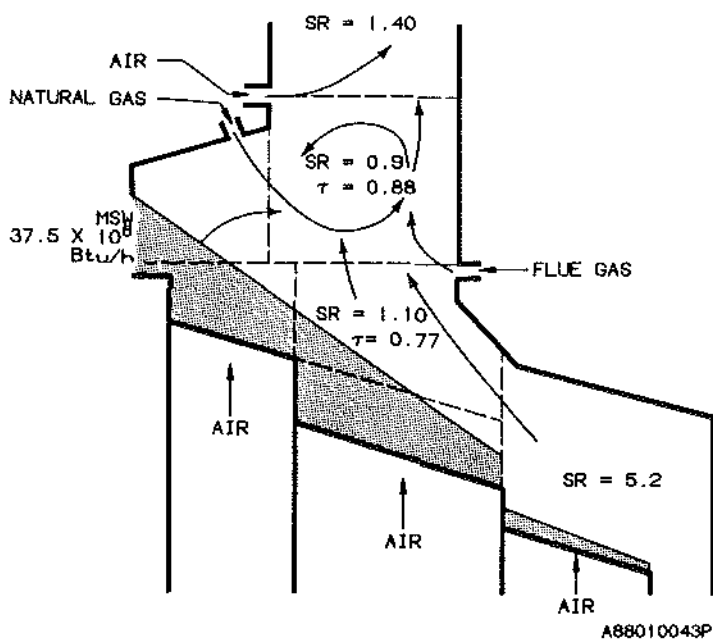


Figure 15. NATURAL GAS INJECTION TO REDUCE EMISSIONS APPLIED TO A RILEY-TAKUMA SYSTEM

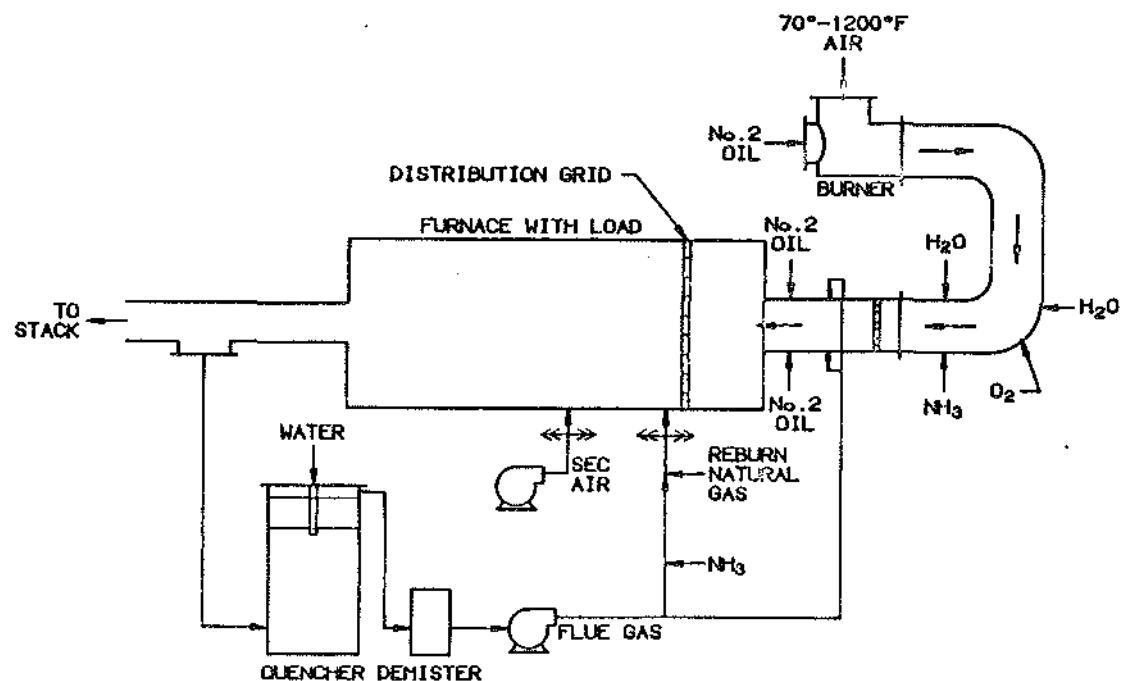
Figur 3.1B

Resultatet från denna datainsamling och utvärdering användes för att dimensionera pilotanläggningar för re-burningförsök.

Pilotförsöken utfördes i två olika anläggningar; en anläggning hos IGT med simulerade sopförbränningsrökgaser och en hos Riley Stoker, en Riley-Takuma-anläggning i pilotskala.

IGT:s pilotförsök

IGT:s pilotförsök har bedrivits i en anläggning, där sopförbränningsrökgaser simulerats genom oljeeldning och tillsats av ammoniak, syre och vatten, se figur 3.2. Ammoniak används för att simulera kväveföreningar som bildas på grund av kväveinnehåll i soporna.



SCHEMATIC DRAWING FOR NGR TESTS ON
IGT'S PILOT-SCALE FURNACE SIMULATOR

Figur 3.2

Eldstadsväggarna är försedda med flyttbara tubpaneler för att kunna variera kylningen och därigenom eldstadstemperaturer. Dessutom finns det ett flertal öppningsluckor, där gas kan injiceras samt där olika mätningar kan utföras. Panneffekten är cirka 500 kW.

De heta rökgaserna leddes in i ena änden av eldstaden och fördelades jämnt med ett fördelningsgaller i keramiskt material. Naturgasen för reburning injicerades tillsammans med kyld recirkulerad rökgas (cirka 65 °C). 100 mm stålroresinjektorer användes för insprutningen av gasblandningen. Mellan 15-25 % recirkulerad rökgas antas behövas i en kommersiell anläggning för tillräcklig omblandning av naturgasen.

Följande variabler undersöktes vid proven:

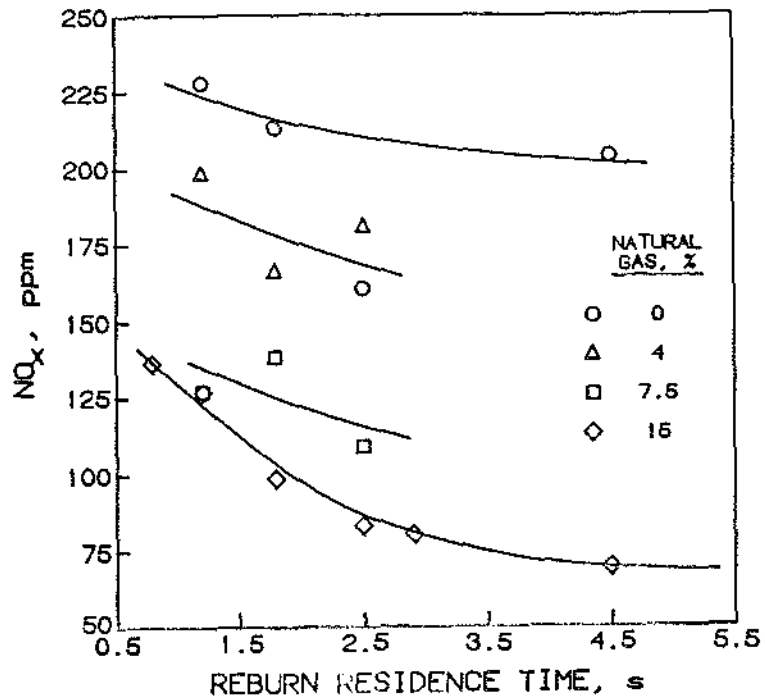
- Uppehållstid, stökiometri och temperatur i reburningzonen
- Erforderlig naturgasmängd
- NH₃-mängd (för att simulera bränslekvävet inverkan)
- Total stökiometri
- Nivå för rökgasrecirkulation

Uppehållstiden i reburningzonen varierades mellan 0,8-5,2 s genom att förskjuta injektormunstycket för sekundärluft längs eldstaden.

Stökiometrin ändrades mellan 0,6-1,3 och temperaturen i reburningzonen ändrades genom att ändra temperaturen på förvärmad luft.

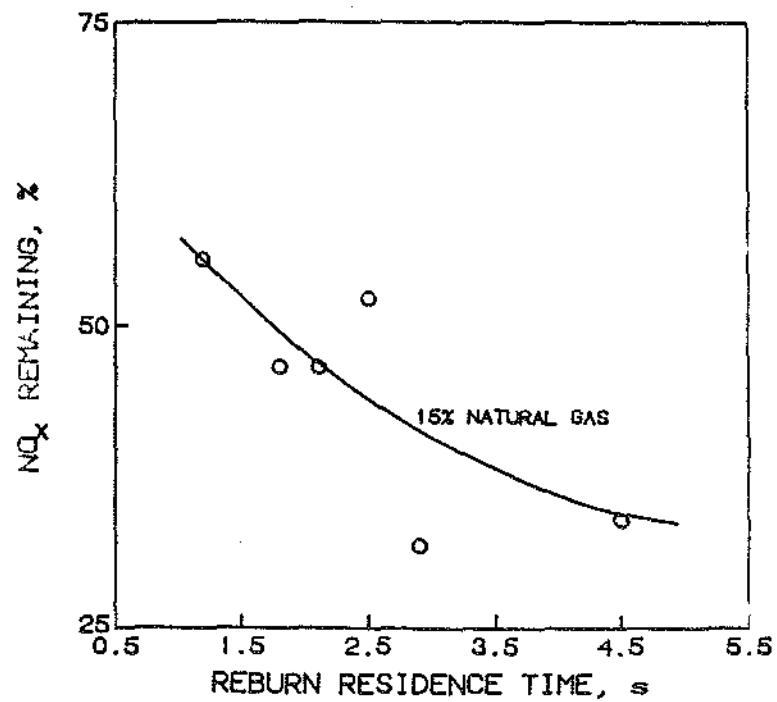
NO_x-halterna varierade mellan 100-350 ppm i de simulerade sopförbränningsrökgaserna och temperaturen i reburningzonen var mellan 1050-1300 °C. Uppehållstiden var mellan 1-4,5 s i reburningzonen.

Testresultaten kan sammanfattas i figurerna 3.3-3.7. Rökgasrecirkulationsflödet (FGR) är uttryckt som procent av totala rökgasflödet som lämnar eldstaden. Angiven NH₃-koncentration avser NH₃ insprutat direkt i reburningzonen. Angiven naturgasmängd är procent av tillförd effekt till pannan.



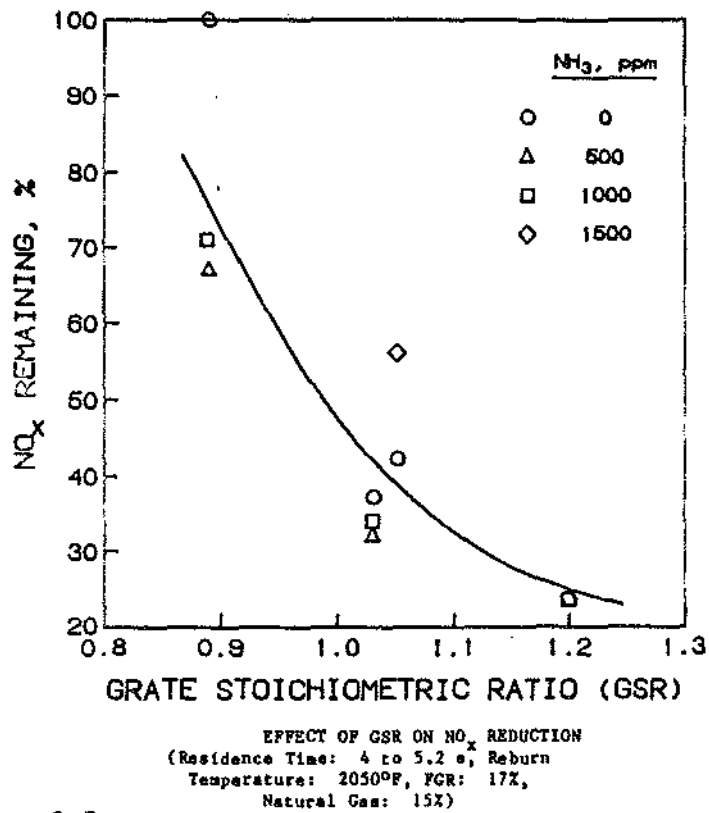
EFFECT OF NATURAL GAS INJECTION AND REBURN ZONE RESIDENCE TIME ON NO_x EMISSIONS (NH₃: 1000 ppm, FGR: 17%, GSR: 1.0)

Figur 3.3

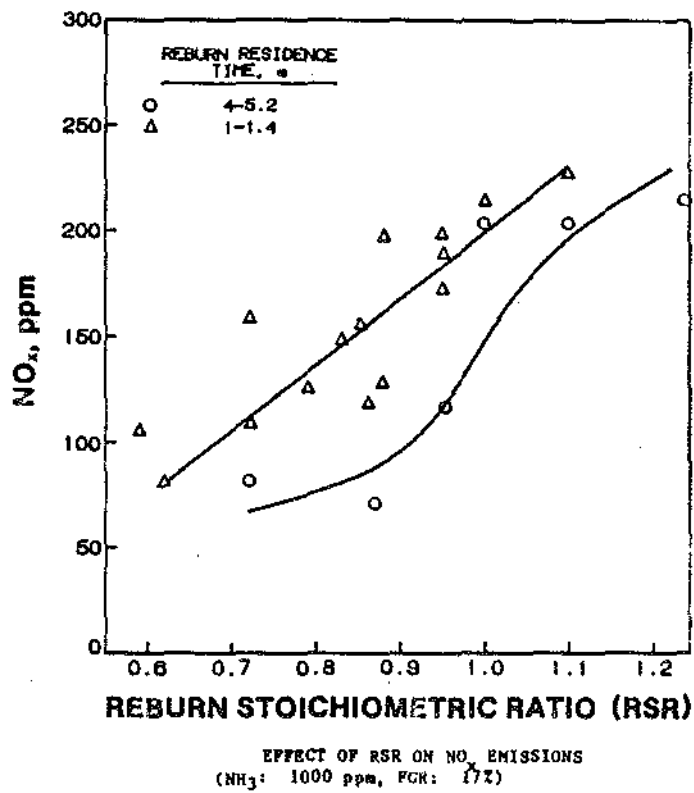


EFFECT OF REBURN RESIDENCE TIME ON NO_x REDUCTION WITH NATURAL GAS INJECTION (NH₃: 1000 ppm, FGR: 17%, GSR: 1.0)

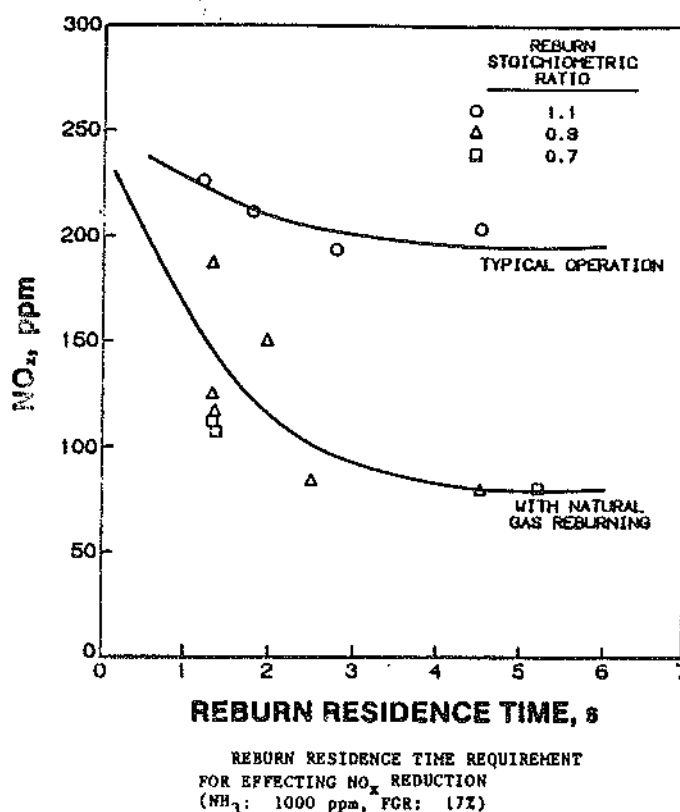
Figur 3.4



Figur 3.5



Figur 3.6



Figur 3.7

Exempelvis visar figur 3.3 att NO_x-halten i utgående rökgas sjunker från 200-225 ppm och ned till mellan 125-75 ppm vid en ökad naturgastillsats från 0 och till 15 % av tillförd effekt.

Uppehållstider längre än 2,5 s synes ha relativt liten inverkan på NO_x-reduktionen. Figur 3.4 belyser detta vid 15 % naturgastillsats.

I figur 3.5 visas inverkan på NO_x-reduktionen som funktion av stökiometrin över rostern. Som framgår är reburning mycket effektiv vid en luftfaktor mellan 1-1,2 över rostern (eller den tänkta rostern i detta simulerade fall).

I figur 3.6 visas utgående NO_x-halt som funktion av stökiometrin i reburningzonen. Luftfaktorer mellan 1,0-1,2 avser här drift utan naturgastillsats. Sänks luftfaktorn i reburningzonen ned till 0,9 motsvarande 15 % naturgastillsats, minskar NO_x-halten från cirka 220 ppm och ned till cirka 70 ppm, dvs cirka 70 % reduktionsgrad. Som framgår här, spelar uppehållstiden i reburningzonen stor roll för reduktionsgraden.

I figur 3.7 visas ytterligare hur uppehållstiden i reurning-zonen påverkar utgående NO_x -halt.

Temperaturen i reurning-zonen varierades mellan 1950-2400 °F (cirka 1050-1300 °C) genom att variera luftförvärmningen. Temperaturvariationer orsakades också av andra parameterändringar (såsom ändrad naturgastillsats, rökgasrecirkulationen, luftfaktorn över rostern). Påverkan av temperaturvariationen på utgående NO_x -halt syntes liten vid proven och dämpades troligen av de andra samtidigta parametervariationerna.

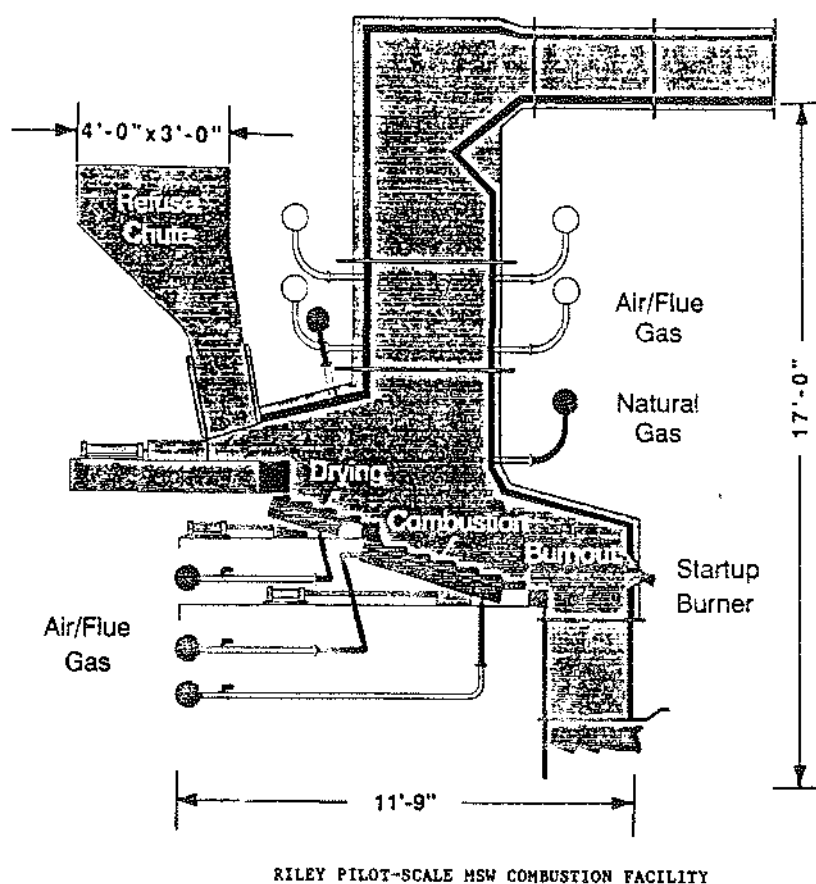
Sammanfattningsvis kom man alltså fram till följande vid IGT:s pilotskaleförsök:

- Upp till 70 % NO_x -reduktionsgrad.
- 15 % naturgastillsats som skapade luftfaktorn 0,9 i reurning-zonen var tillräckligt.
- En uppehållstid över 2,5 s vid en temperatur över 1900 °F (1038 °C) erfordras.
- Vissa testdata tyder på samtidig reduktion av NO_x och CO, vilket torde vara gynnsamt med tanke på utsläpp av andra klorerade kolväteföreningar.
- Temperaturen i reurning-zonen verkade inte markant påverka NO_x -reduktionen.

Riley Stokers pilotskaleanläggning

Pilotanläggningen vid Riley's Research Center med effekten cirka 800 kW var ursprungligen utformad för koleldning men nu kompletterad med en 3-stegs Takuma-roster för förbränning av RDF. (RDF är förbehandlade sopor som krossats och behandlats i magnetavskiljare. Största delen glas har även avskilts.)

Pilotanläggningen visas i figur 3.8 nedan.



Figur 3.8

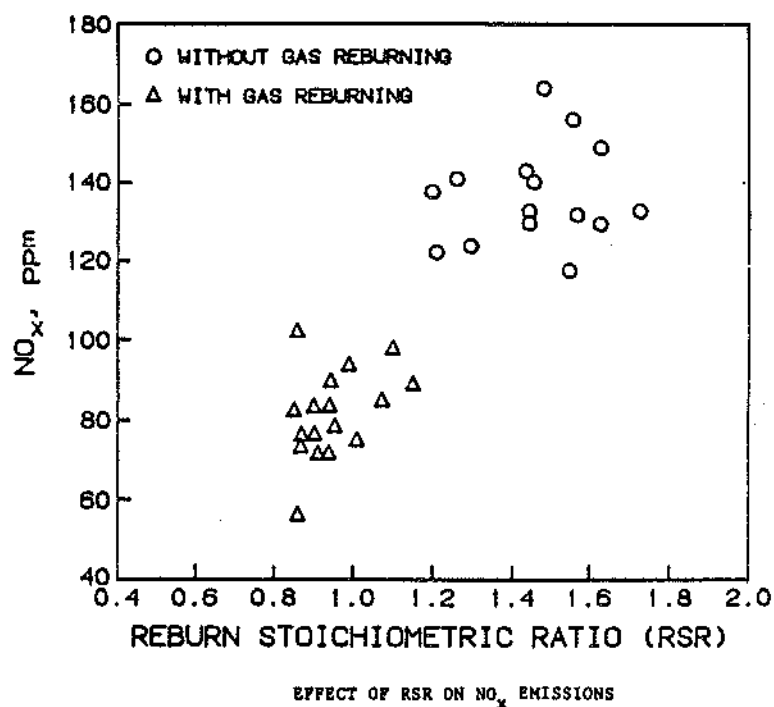
De vattenkylda tubväggarna är beklädda med keramiskt material.

Först utfördes inledande tester utan reburning så att driften vid denna pilotskalanläggning skulle vara jämförbar med en fullstor anläggning.

Överensstämmelsen med förbränningsdata för den ursprungligen testade anläggningen i Rochester, Minnesota, var god utom för uppehållstiden i eldstaden, som var längre för den fullstora anläggningen, vilket torde vara till fördel vid reburning.

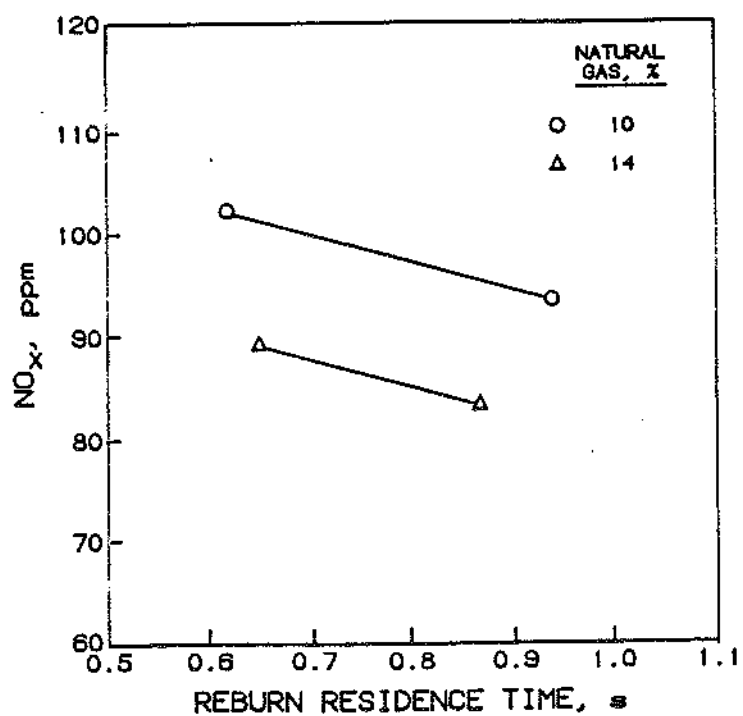
Inledande tester med naturgastillsats har endast utförts, men dessa resultat verkar mycket lovande. Vid en uppehållstid på mindre än 1 s i reburningzonen minskade NO_x -emissionen från cirka 120-165 ppm ned till 70-80 ppm. Naturgastillsatsen var cirka 15 % och reduktionsgraden alltså upp emot 50 %.

Resultatet redovisas i figur 3.9 nedan.



Figur 3.9

I figur 3.10 visas uppehållstidens starka påverkan på



Figur 3.10

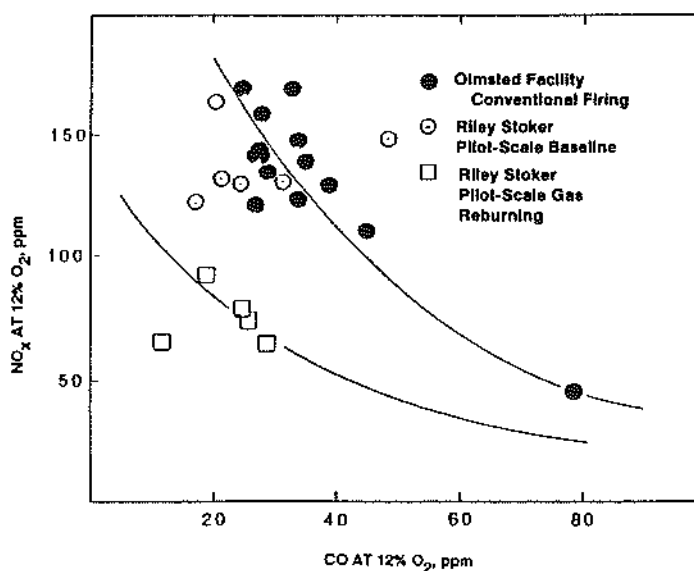
EFFECT OF NATURAL GAS INJECTION AND REBURN ZONE RESIDENCE TIME ON NO_x EMISSIONS

De tester man hittills utfört i Riley Stokers anläggning har bl a visat:

- Luftfaktorn 0,9 i reurningzonen och en uppehållstid längre än 1 s erfordras.
- Effektiv utbränning av CO och kolväteföreningar.
- Det kan vara möjligt att minska det totala luftöverskottet från nuvarande 70 % och ned till 30 % utan att påverka emissionsnivåerna.
- Utgående rökgastemperatur ökade inte nämnvärt vid naturgas tillsatsen.

I figur 3.11 nedan visas utgående NO_x -halt som funktion av CO för fullskaleanläggningen i Rochester, för Riley Stokers pilotanläggning utan reurning samt för Riley Stokers anläggning med reurning. Som framgår fås både låga CO- och NO_x -utsläpp vid reurning i pilotanläggningarna.

NO_x REDUCTION BY NATURAL GAS REBURNING



Figur 3.11

Testerna i Riley Stokers anläggning kommer att fortsätta enligt följande:

- Prov vid ökad uppehållstid i reburningzonen, mer än 1,5 s, kommer att prövas efter ombyggnad av sekundärlufttillförseln som skall ske så högt som möjligt i pannan.
- Bästa möjliga tillförsel av naturgas kommer att undersökas för att minimera både naturgas- och rökgasrecirkulationsåtgången.
- Gassammansättning och temperaturprofiler i eldstaden kommer att kartläggas bättre.
- Om möjligt skall dioxinmätningar göras.

Därefter kommer ett fullskaletestprogram av reburningtekniken att utvecklas.

3.2 Destruktion av dioxiner/furaner

The Gas Research Institute (GRI) har kontrakterat ett företag, Energy and Environmental Research Corporation (EER) i Irvine Kalifornien, för att utveckla naturgaseldad teknik som kan appliceras på befintliga sopförbränningsanläggningar för att minska emissionerna av PCDD och PCDF.

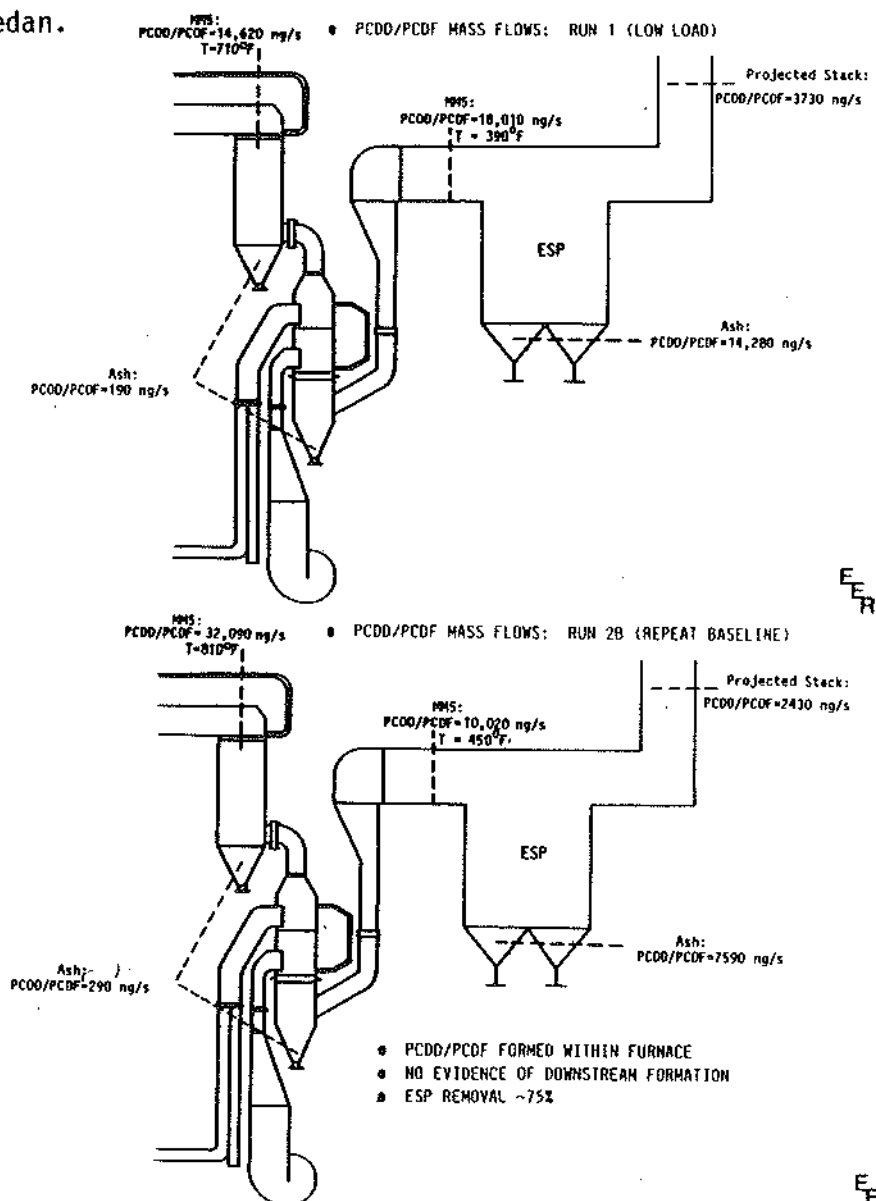
Inledningsvis har man inriktat sig på förbränning av RDF, då man anser att RDF-eldade anläggningar är det största problemområdet i USA i dag. Utvecklingsprogrammet ser likartat ut som det som beskrivits ovan beträffande reburning, dvs man har börjat med studier på en befintlig anläggning för att kartlägga var och hur dioxiner och furaner bildas. Nästa steg var pilotskaleförsök för att sedan fortsätta med prov i en fullstor anläggning.

RDF-bränslet eldas ofta i USA genom att den lätta fraktionen av bränslet blåses in i eldstaden och den resterande tunga delen faller ned på en rörlig rooster. Så mycket som 50 % av bränslet förbränns utan att nå rostern. Eldning av RDF är ofta förknippad med problem som till stor del beror på ojämnheter i

bränslekvalitet och inmatning. Dessa fluktuationer vill man försöka "dämpa" ut genom tillsatseldning med naturgas i eldstaden.

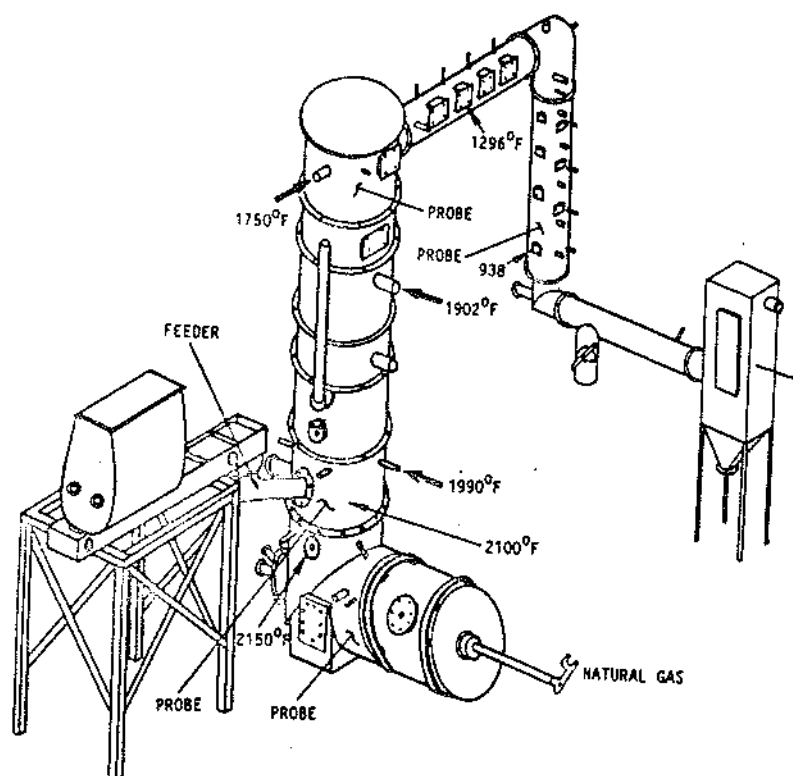
I USA förväntar man sig inom kort stränga emissionsregler för sopförbränningsanläggningar, särskilt vad beträffar PCDD/PCDF, varför problemet är nära nog av akut karaktär.

Den inledande studien av en befintlig fullstor anläggning utfördes vid en RDF-eldad anläggning bestående av två pannenheter (18 MW elproduktion från anläggningen). Slutsatsen från denna utvärdering var att den absolut största delen av PCDD/PCDF bildas i eldstaden, se massbalansen i figur 3.12 nedan.



Figur 3.12

För att undersöka möjligheten att minimera olika oförbrända kolväteföreningar i eldstaden har pilotskaleförsök utförts i en anläggning enligt figur 3.13. Anläggningen i El Toro, Kalifornien, har sopkapaciteten 100 lb/h (45 kg/h) och effekten cirka 150 kW.



Solid fuel pilot scale test facility at EER El Toro test site.

Figur 3.13

RDF-bränslet matas in genom pneumatisk inblåsning i den vertikala eldstaden. En keramisk roster med primärluft underifrån har installerats. Naturgasbrännare är placerade både i nedre delen av eldstaden vid rostern och högre upp ovanför den primära förbränningszonen.

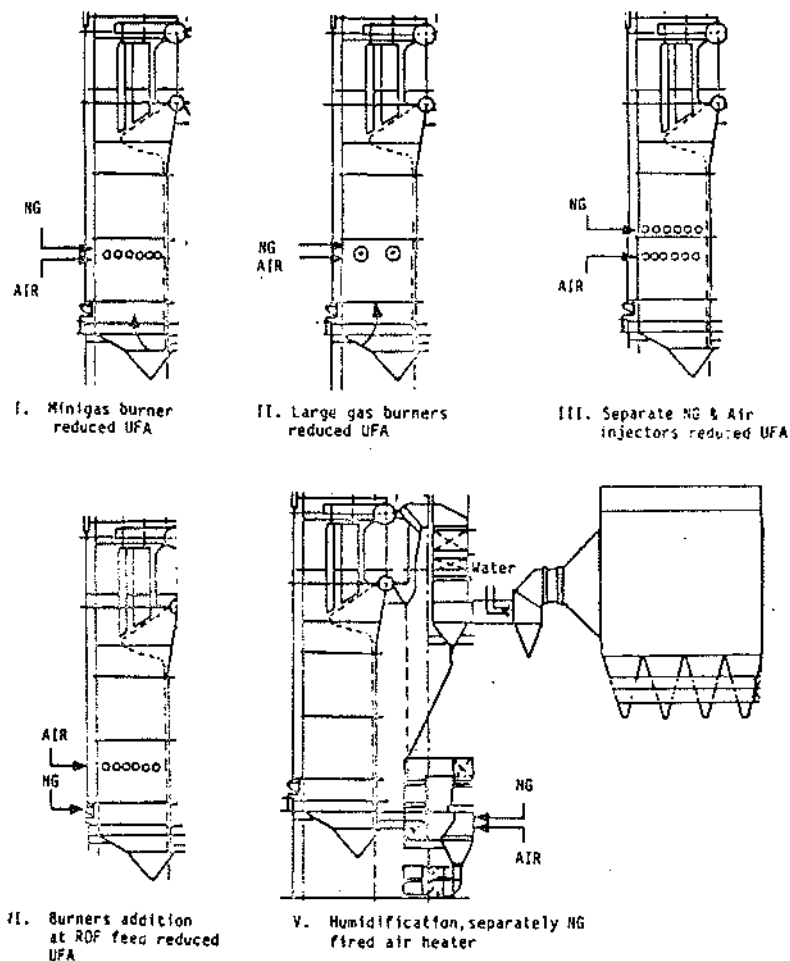
De nedre brännarna används som stödbrännare för att kontrollera temperaturen i systemet. De övre brännarna används för den egentliga tillsatseldningen och utvärderingen av konceptet. I rökgasstråket finns vattenkylda konvektionsytor för att efterlikna en fullstor anläggning.

Bränsletillförsel, naturgasmängd och vattenkyllning varierades för att simulera olika uppehållstider och temperaturförhållanden i en fullstor anläggning. Hittills har man inriktat sig på tester för att försöka efterlikna en fullstor RDF-eldad anläggning. PCDD- och PCDF-emissionerna har varit något högre i denna pilotanläggning än i jämförda större anläggningar. Inledande tester med naturgas har utförts. 10 % naturgastillsats har indikerat över 50 % reduktion av PCDD/PCDF-emissionerna. Högre andel gas förväntas ge 90 % reduktionsgrad. Fortsatta studier skall ha som mål att optimera reduktionsgraden till minsta möjliga naturgasförbrukning.

Man har kommit fram till att i huvudsak följande punkter måste uppfyllas vid utformningen av ett naturgasbaserat tillsatseldningssystem:

- Jämn värmefördelning över eldstaden för att undvika temperaturfluktuationer
- Effektiv inblandning av naturgasen i förbränningszonen
- Reducera medryckningen av partiklar och stoft från eldstadens nedre delar. Utforma systemet så att så lång uppehållstid erhålls som möjligt efter naturgasinjiceringspunkten. Detta för att bränna ut byggstenar (prekursorer) för dioxinbildning
- Undvika att elektrofiltret arbetar inom kritiskt temperaturområde (250-300 °C) för dioxinbildning.

För att uppfylla dessa kriterier utvärderas nu några olika möjligheter till utformning av systemet. Figur 3.14 redovisar kortfattat dessa alternativ.



Natural gas cofiring options for RDF plants for control of PCDD/PCDF.

Figur 3.14

Alternativ III är ett koncept liknande reburningtekniken. Även här kan då recirkulerad rökgas behöva injiceras med rökgasen för att få god ombländning i förbränningszonen.

För det femte alternativet sprayar man in vatten för att sänka temperaturen i elfiltret. Man använder här en naturgaseldad luftförvärmare till skillnad från de övriga koncepten.

3.3 Fullskaleprov

Som framgått av avsnitt 3.1 och 3.2 ovan, bedrivs dels ett program mellan IGT, GRI och Riley Stoker med NO_x -reduktion som huvudsaklig målsättning och dels utförs ett forskningsprogram av GRI/EER i Kalifornien med tyngdpunkt lagd på reduktion av klorerade kolväteföreningar.

Fortsatt försöksverksamhet kan sammanfattas enligt följande:

Reburning för NO_x -reduktion (IGT/GRI/Riley)

- I Fortsatt försöksverksamhet i Riley Stokers pilotanläggning med tyngdpunkt på ökad uppehållstid i reburningzonen.
- II Fullskaleprov på den andra pannen i Rochester, Minnesota, med kapaciteten 100 ton sopor/dag (cirka 4 ton/h). Testprogrammet kommer troligen att utföras under slutet av 1989 och i början av 1990.

Tillsatseldning med naturgas för destruktion av dioxiner m m (GRI/EER)

- I Fortsatta pilotförsök i anläggningen i El Toro med tyngpunkt på optimering av PCDD/PCDF-reduktionsgraden till en minimal naturgasförbrukning (10-15 % av tillförd energi).
- II Förhandlingar pågår med en anläggningsägare om att få utföra fullskaleprov på en RDF-eldad anläggning med kapaciteten 350 ton/dag (cirka 14 ton/h). Försöksverksamheten förväntas pågå de närmaste 18 månaderna, dvs tills slutet av 1990. Målsättningen skall här även vara att utveckla tekniken så att den är applicerbar på andra typer av sopförbränningsanläggningar än denna RDF-eldade typ.

4 ANDRA KONCEPT FÖR NO_x -REDUKTION

För att ge en överblick över vilka andra möjliga utrustningar som finns för i första hand NO_x -reduktion för avfallsanläggningar har nedanstående kortfattade sammanställning gjorts.

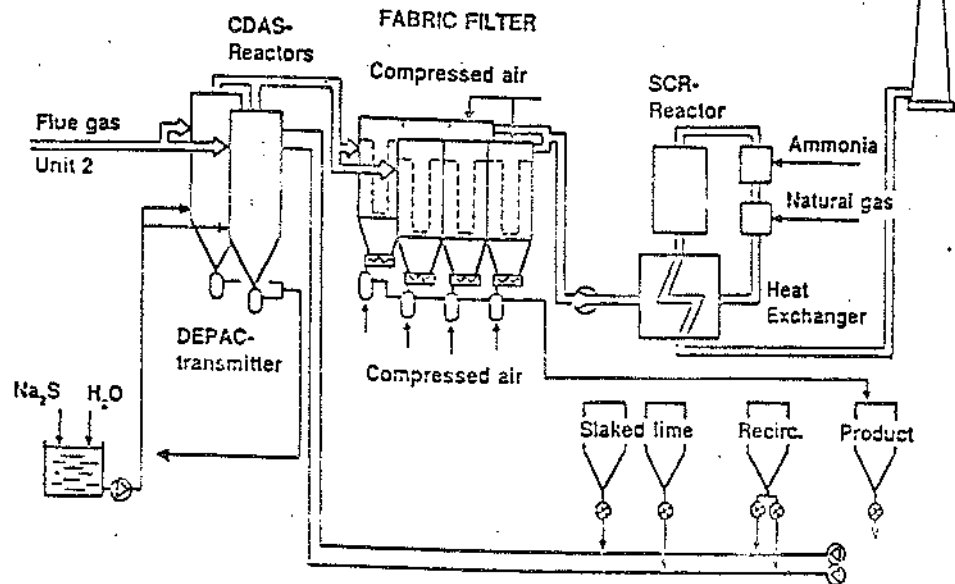
4.1 Selektiv katalytisk rening

SCR (Selective Catalytic Reduction) är den dominerande NO_x -reningsmetoden i dag. Kväveoxider (NO , NO_2) reduceras till kvävgas (N_2) och vatten med hjälp av ammoniak. För att minimera ammoniakåtgången används en katalysator oftast bestående av vanadin- och titanoxider. Reaktionen sker i temperaturintervallet mellan 300-400 °C.

För en sopförbränningsanläggning placeras SCR-utrustningen enligt den sk tail end-principen, dvs efter befintlig rökgasreningsutrustning, där stoft- och partikelbelastningen är låg. Detta är nämligen viktigt för att inte katalysatorn skall försmutsas eller deaktiveras av i första hand zink- och kvicksilverpartiklar. Fina kadmiumpartiklar kan även försmutsa katalysatorn.

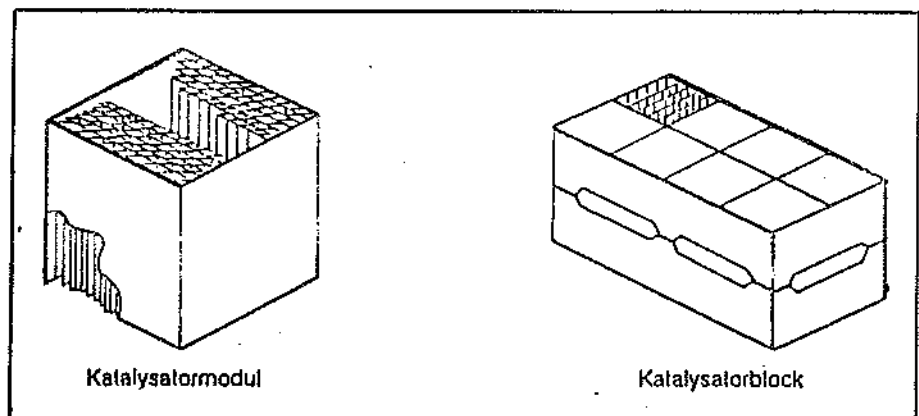
Figur 4.1 visar en principskiss över Fläkt Industri AB:s system som skall installeras på en anläggning i München. Som framgår används naturgas här för att upprätthålla temperaturen vid erforderlig nivå för NO_x -destruktionen (300-400 °C).

APC - for MSW - Incinerator Munich South



Figur 4.1

Katalystorn är i princip uppbyggd i ett antal olika moduler enligt figur 4.2, där rökgasen går i parallella kanaler.



Parallellflödeskatalysator, principskiss.

Figur 4.2

Ammoniakåtgången minskar på grund av att katalysatorn används. Ett molförhållande NH_3/NO_x på 1 ger en avskiljningsgrad på omkring 90-95 % enligt Fläkt Industri AB.

Garantitiden för katalysatorn ligger på 3 år eller 24 000 h. Drifftiden kan dock uppskattas till mellan 3-5 år innan en katalysatormodul måste bytas. Hur mycket oreagerad ammoniak som släpps ut från anläggningen beror på belastningen av katalysatorn. Vid låga och måttliga belastningar ligger utsläppet (NH_3 -slip) mellan 0-5 ppm för att vid ökade belastningar stiga uppemot 5-30 ppm.

För en kostnadsjämförelse, se avsnitt 4.3 nedan.

4.2 Andra metoder

Det finns i dag ett tiotal olika metoder för NO_x -rening. Figur 4.3 nedan visar en tysk sammantällning över olika metoder med ungefärliga reduktionsgrader uppgivna (källa: Dieter O Reimann, referens /4/).

Maßnahmen (Anlagen)	Eingesetzte Chemikalie bzw. Maßnahme	mögl. Abscheidegrad NO _x %	Anforderungen	Verfahren Vorteile	Nachteile
Verbrennungsgasabnahme	Recirculation von gereinigtem Rauchgas (10%)	10 - 20	geringer O ₂ -niedr. Stöchiometrie	einfach Lösung	nicht ausreichende Absenkung $\leq 100 \text{ mg NO}_x/\text{m}^3$
Oxidativ-Na ₂ O ₂ -Verfahren (Mannheim, Ludwigshafen, Vercothanlagen)	Natriumchlorid (NaClO ₂) (DBA) Kaliumpermanganat (KMnO ₄), Ozon (O ₃)	>60	Na ₂ O ₂ -Verfahren	-	hoher Chemikalienbedarf, problematische Restprodukte Nitrate, Nitrite, hohe Kosten, Abwasserbehandlung
	Elektronenstrahlverfahren ohne NH ₃ " mit NH ₃ (AEG)	>60 >70	Strom, Energiequelle	ohne Chemikalienzugabe, andere Schadstoffe werden z.T. gleichz. zerstört	Hohe Sicherheitsmaßnahmen, mögl. Erzeugung von Radikalen (z.B. Cl) dann hoch korrosiv
Reduzierende Na ₂ O ₂ -Verfahren (Bremerhaven, Ludwigshafen)	EDA (Ethylendiamintetraessigsäure)	ca. 60	Na ₂ O ₂ -Verfahren	-	Vergiftungsgefahr, Sauerstoffgehalt im RG, mögliche N ₂ O Bildung bei Reduktion von SO ₂ (~15 DM Kosten/Mg H ₂ O)
Katalytische Verfahren SCR-Verfahren (Kraftwerke, MVA-Wien-Spitteisee, MVA München, MVA-Stuttgart)	Ammoniak NH ₃	70 - 80	Trocken, 250-350°C RG Temperatur	einfache Reaktionen, lange Lebensdauer	große Bausubstanz, Oxidation von SO ₂ zu SO ₃ , Energiebedarf für Aufwärmung, NH ₃ -Lagerung, NH ₃ -Schlupf (<5 mg/m ³), gute Vorreinigung erf.
Nicht katalytische Verfahren SNCR-Verfahren (Bremerhaven, Göttingen)	Ammoniak NH ₃ , (Exxon-DBA)	40 - 80	trocken 750-950°C	niedrige Baukosten, kein bedeutender Platzbedarf,	Temperaturfenster zur Reaktion finden, NH ₃ -Lagerung, NH ₃ -Schlupf
	Ammonium NH ₄ OH 25% wässr. NH ₃ , (v. Roll)	70 - 80	trocken 750-950°C	kein Lagerproblem, Störfallverordnung, einfache Eindüsung, Schlupf mit Dampf aus Na ₂ SO ₄ streifen und erneut einsetzen, keine Vorreinigung erforderl. (1,5 DM/Mg H ₂ O)	Verbrennt bei Temperaturen >950°C (keine Reaktion) Korrosionsfragen im Kessel, Reststoffbelastung Stöchiometrie 2,5-3,0
	Harnstoff (URCA) CO (NH ₂) ₂ , (Fuel tech, Noell)	60 - 80	trocken 900-1050°C		CO (NH ₂) ₂ , teurer als NH ₄ OH
Aktivkokeverfahren (Kraftwerke Arzberg, Düsseldorf, Hamburg-Stapelfeld)	Aktivkoke mit NH ₃ , (Peterson, Uhde, Krantz)	>70 von Kontaktzeit + Stöchiometrie abhängig	trocken 90-120°C	Maskeneffekt, Restreinigung org. Schadstoffe, Hg	Kosten 300-700 DM/Mg Koke, Restbelastung z.B. SO ₂ , problematisch, großer Platzbedarf, Selbstentzündungsgefahr, 2-stufige A-Koke-Verfahren erforderlich, Rauchgeschwindigkeit <0,3 m/s, Überhitzung, Brandherde, Abrieb zu beachten, Reststoffentsorgung oder -aufbereitung
Sonstige Verfahren (Kraftwerk St. André)	Sodazugabe (Wagner Bircó)	Simultanabscheidung SO ₂ und NO _x	trocken >250°C	NO _x -Abscheidung noch nicht ausreichend geklärt	

Abbildung 1: Übersicht zu verschiedenen NO_x-Abscheideverfahren (Stand 1989)

Dieter O. Reimann
Stand April 1989

Figur 4.3 Sammanställning reningsmetoder. Referens /4/.

Som framgår finns det olika metoder som är komplicerade och dyra. Nedan beskrivs två relativt enkla metoder som bedöms finnas inom "kommersiellt räckhåll".

Fuel Tech NO_x out (Petrokraft AB) och Exxon-metoden

NO_x out är en process för termisk reduktion av kväveoxider till kvävgas och vatten. Samtidigt måste biproduktion av ammoniak undertryckas.

Reduktionsmedlet som används har urea ((NH₂)₂ CO) som bas-komponent.

Reduktionsreaktionen sker under normala förhållanden inom ett mycket snävt temperaturintervall, omkring 1 000 °C. Är temperaturen för hög bildas mer NO_x och är den för låg bildas ammoniak. Med hjälp av kemiska additiver breddas detta temperaturområde så att reaktionen för NO_x-reduktionen kan ske mellan 600 °C-1 000 °C. Reduktionsmedel med additiver injiceras i vattenlösning i rökgasströmmen.

NO_x-reduktioner mellan 50-85 % kan erhållas med en ammoniakslip av storleksordningen 5 ppm. Det finns ytterligare en termisk DeNO_x-process som använder ammoniak i stället för urea, Exxon-konceptet.

NO_x out med urea uppges dock ge högre maximal reduktionsgrad samt verkan inom ett större temperaturområde och mindre ammoniakutsläpp.

Kostnaden för NO_x out-processen uppges till cirka 20 000 kr/ton NO_x som avskiljs (referens /4/).

SNCR-metoden - von Roll

SNCR (selektiv icke-katalytisk reduktion) fungerar enligt samma princip som SCR-metoden men utan katalysator.

Med SNCR kan NH₃ insprutas direkt i pannan vid temperaturer mellan 850 °C-1 000 C i form av en vattenlösning.

Överskottsammoniak samt bildade ammoniumsalter avskiljs i efterföljande skrubber- och aerosolavskiljningssteg. Metoden är således utvecklad för att kombineras med en våt rökgasreningsmetod. Den kan även kombineras med ett torrt eller halvtorrt rökgasreningsystem, men då måste en våt NH₃-avskiljning installeras efter det torra systemet.

Kostnaden för detta system är grovt uppskattad till mellan 25 000-30 000 kr/ton reducerat NO_x. Detta torde vara en faktor 3-4 högre kostnader än för SCR-metoden (referens /4/).

4.3 Ekonomisk jämförelse med reburningkonceptet

En mycket grov (ref/4/) ekonomisk jämförelse indikerar följande kostnader för de ovan nämnda NO_x-reningsmetoderna:

Metod	kr/ton avskilt NO _x
SCR (Fläkt)	10 000 ^{*)}
NO _x out (Petrokraft)	20 000
SNCR (von Roll)	25 000-30 000

*) Kostnaden för SCR (Fläkt) förefaller alldeles för låg. Används siffrorna i beräkningen nedan fås 50.000 kr/ton avskilt NO_x.

För att jämföra kostnaderna för SCR-metoden med ett tänkt reburning-koncept görs nedanstående ekonomiska kalkyl:

Förutsättningar:

Panna	cirka 17 MW (exempelvis Karlstad)
Drifttid	8 000 h
Befintlig rökgasrening	Heltorr metod med kalkdosering
Utgående NO _x -halt från panna	200 ppm (283 mg/MJ)
NO _x -reduktion	70 %
Utgående NO _x -halt	85 mg/MJ
Molförhållande NH ₃ /NO _x	0,8 (för SCR)
Drift- och underhållskostnad SCR	1 % av investeringen
Drift- och underhållskostnad reburning	3 % av investeringen
Ammoniakkostnad	2 000 kr/ton
Naturgaspris	100 kr/MWh (inklusive skatt)
Alternativkostnad sopor (Merkostnad för gas för reburning)	35 kr/MWh 65 kr/MWh

Överskottsammoniak samt bildade ammoniumsalter avskiljs i efterföljande skrubber- och aerosolavskiljningssteg. Metoden är således utvecklad för att kombineras med en våt rökgasreningsmetod. Den kan även kombineras med ett torrt eller halvtorrt rökgasreningsystem, men då måste en våt NH_3 -avskiljning installeras efter det torra systemet.

Kostnaden för detta system är grovt uppskattad till mellan 25 000-30 000 kr/ton reducerat NO_x . Detta torde vara en faktor 3-4 högre kostnader än för SCR-metoden (referens /4/).

4.3 Ekonomisk jämförelse med reburningkonceptet

En mycket grov (ref/4/) ekonomisk jämförelse indikerar följande kostnader för de ovan nämnda NO_x -reningsmetoderna:

Metod	kr/ton avskilt NO_x
SCR (Fläkt)	10 000 ^{*)}
NO_x out (Petrokraft)	20 000
SNCR (von Roll)	25 000-30 000

*) Kostnaden för SCR (Fläkt) förefaller alldeles för låg. Används siffrorna i beräkningen nedan fås 50.000 kr/ton avskilt NO_x .

För att jämföra kostnaderna för SCR-metoden med ett tänkt reburning-koncept görs nedanstående ekonomiska kalkyl:

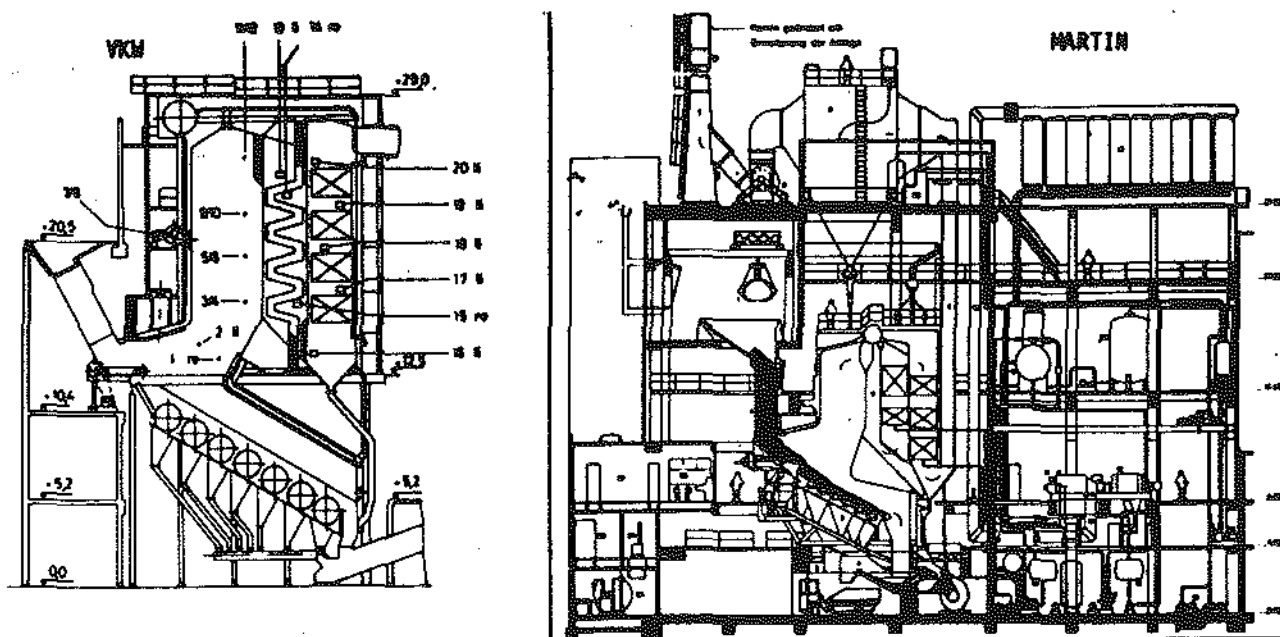
Förutsättningar:

Panna	cirka 17 MW (exempelvis Karlstad)
Drifttid	8 000 h
Befintlig rökgasrening	Heltorr metod med kalkdosering
Utgående NO_x -halt från panna	200 ppm (283 mg/MJ)
NO_x -reduktion	70 %
Utgående NO_x -halt	85 mg/MJ
Molförhållande NH_3/NO_x	0,8 (för SCR)
Drift- och underhållskostnad SCR	1 % av investeringen
Drift- och underhållskostnad reburning	3 % av investeringen
Ammoniakkostnad	2 000 kr/ton
Naturgaspris	100 kr/MWh (inklusive skatt)
Alternativkostnad sopor (Merkostnad för gas för reburning)	35 kr/MWh
	65 kr/MWh

5.1.1

Anläggning
Anläggningsägare

HÖGDALEN
Stockholm Energi



Figur Principskiss pannkonstruktion.

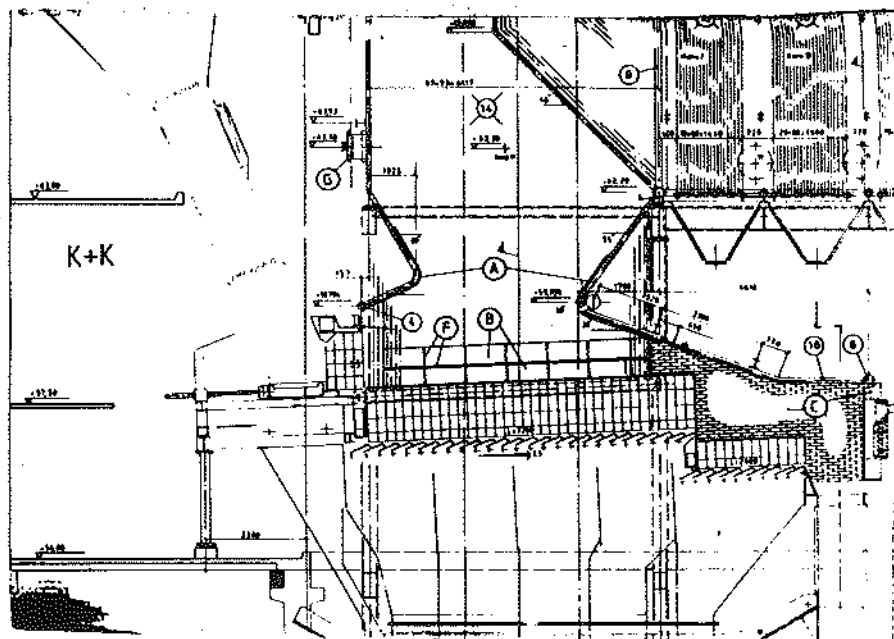
Antal ugnslinjer		3
Fabrikat Rost 1		VKW
" 2		VKW
" 3		Martin
Idrifttagning 1		1970
" 2		1970
" 3		1986
Kapacitet/rost		
ton avfall/h, effekt (MW) 1		11,0--36,0
" 2		11,0--36,0
" 3		15,0--47,0
Kapacitet totalt		
ton avfall/h, effekt (MW)		37,0--119,0
Potentiell naturgasförbrukning		
för reburning: -effekt (MW)		11,9--17,9
1) - per år (milj m ³)		8,2--12,3
Nuvarande NO _x -krav		inga
Typ av rökgasrening		torr kalkinjicering, spärrfilter
Fabrikat rökgasrening		Fläkt

1) Antagen drifttid per år: 7500 h.

5.1.2

Anläggning
Anläggningsägare

HEDENVERKET, KARLSTAD
Tekniska Verken, Karlstad



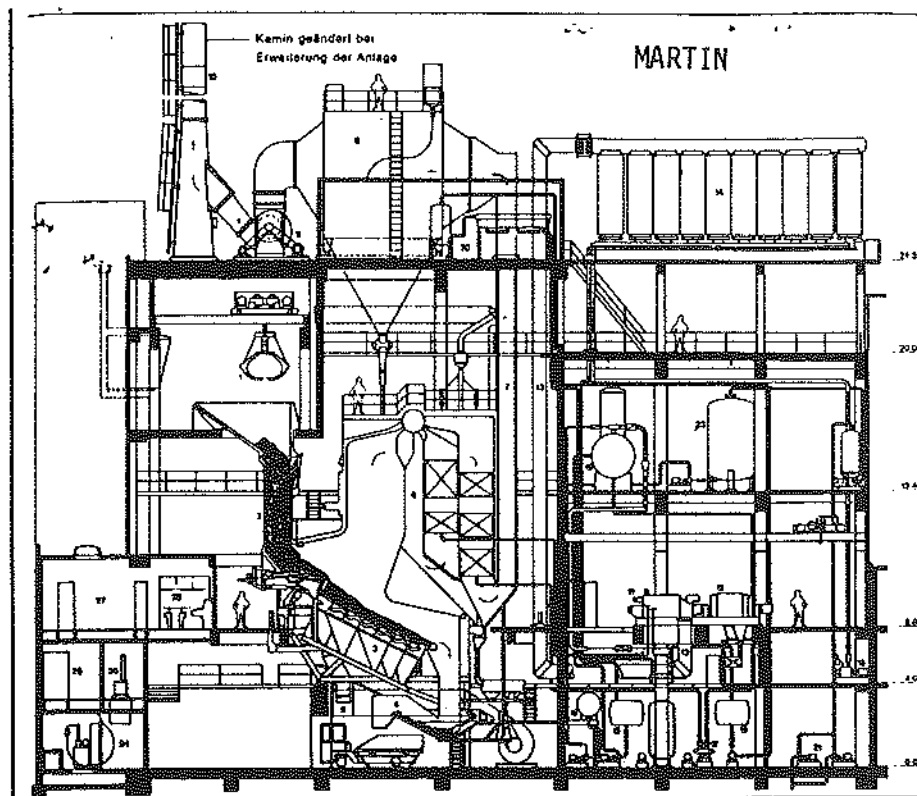
Figur Principskiss pannkonstruktion.

Antal ugnslinjer	1
Fabrikat Rost 1	K+K
Idrifttagning 1	1987
Kapacitet/rost ton avfall/h, effekt (MW) 1	7,0--20,3
Kapacitet totalt ton avfall/h, effekt (MW)	7,0--20,3
Potentiell naturgasförbrukning för reburning: - effekt (MW)	2,0--3,0
- per år (milj m ³)	1,4--2,1
Nuvarande NO _x -krav	inga
Typ av rökgasrening	torr kalkinjicering, spärrfilter
Fabrikat rökgasrening	Fläkt

5.1.3

Anläggning
Anläggningsägare

SYSAV, MALMÖ
SYSAV AB



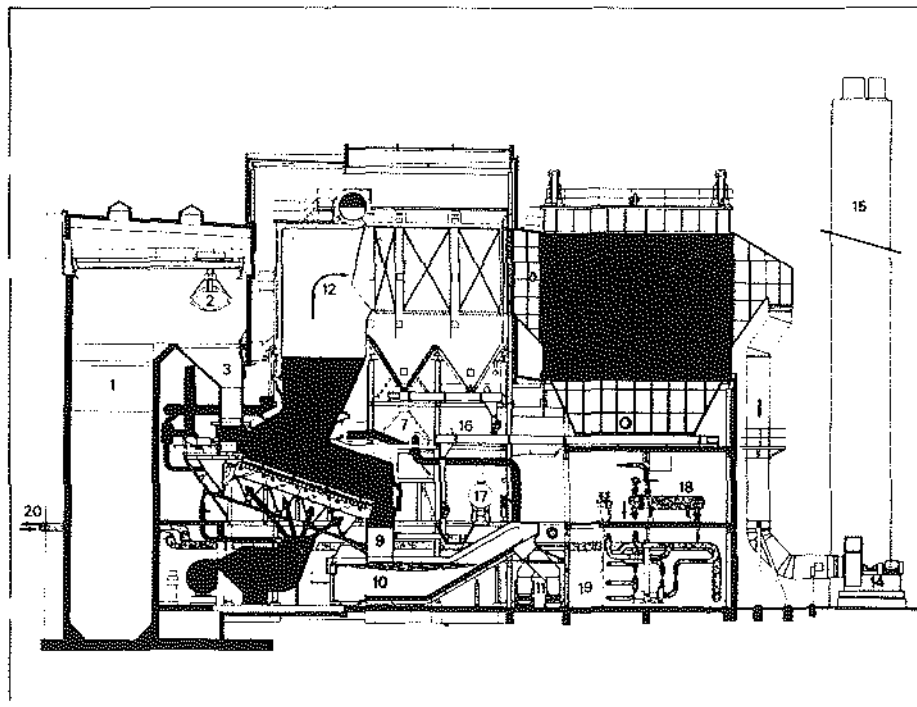
Figur Principskiss pannkonstruktion.

Antal ugnslinjer	2
Fabrikat Rost 1	Martin
"- 2	Martin
Idrifttagning 1	1973
" 2	1973
Kapacitet/rost	
ton avfall/h, effekt (MW) 1	10,5--30,5
"- 2	10,5--30,5
Kapacitet totalt	
ton avfall/h, effekt (MW)	21--61
Potentiell naturgasförbrukning	
för reurning: - effekt (MW)	6,2--9,2
- per år (milj m ³)	4,3--6,3
Nuvarande NO _x -krav	inga
Typ av rökgasrening	torr kalkinjicering, spärrfilter
Fabrikat rökgasrening	Fläkt

5.1.4

Anläggning
Anläggningsägare

GÄRSTADSVERKET, LINKÖPING
Tekniska Verken, Linköping



Längdsnitt genom anläggningen i Linköping

Antal ugnslinjer		2
Fabrikat Rost 1		von Roll
-"- 2		von Roll
Idrifttagning 1		1981
" 2		1981
Kapacitet/rost		
ton avfall/h, effekt (MW) 1		6,0--20,9
-"- 2		12,0--34,8
Kapacitet totalt		
ton avfall/h, effekt (MW)		18,0--55,7
Potentiell naturgasförbrukning		
för reurning: - effekt (MW)		5,6--8,4
- per år (milj m ³)		3,8--5,8
Nuvarande NO _x -krav		inga
Typ av rökgasrening		torr kalkinjicering, spärrfilter
Fabrikat rökgasrening		Fläkt

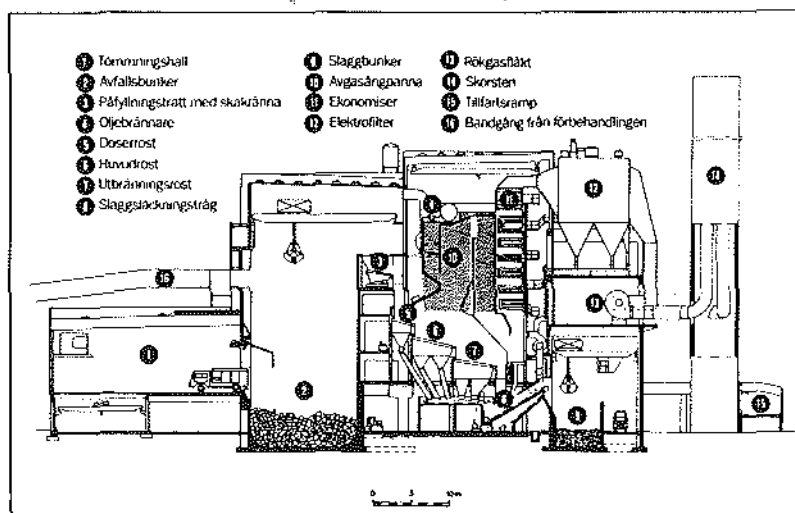
5.1.5

Anläggning
Anläggningsägare

SÄVENÄSVERKET, GÖTEBORG
GRAAB

Sävenäs.

I förbränningsdelen eldar vi hushållsavfall och behandlat grovavfall. Vi tar vara på energin och skickar ut den i form av hetvatten i Energiverkens fjärrvärmenät.



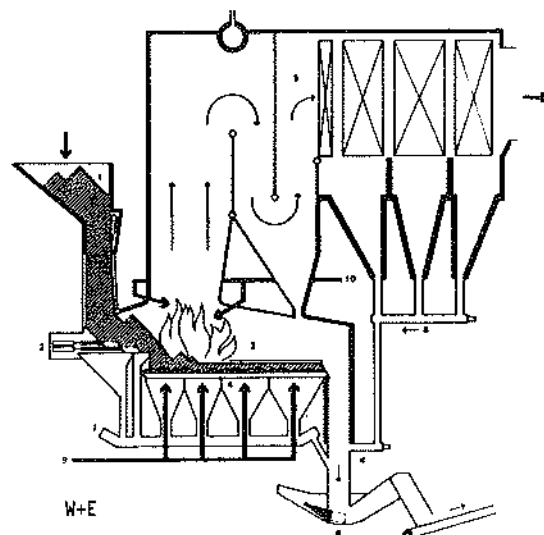
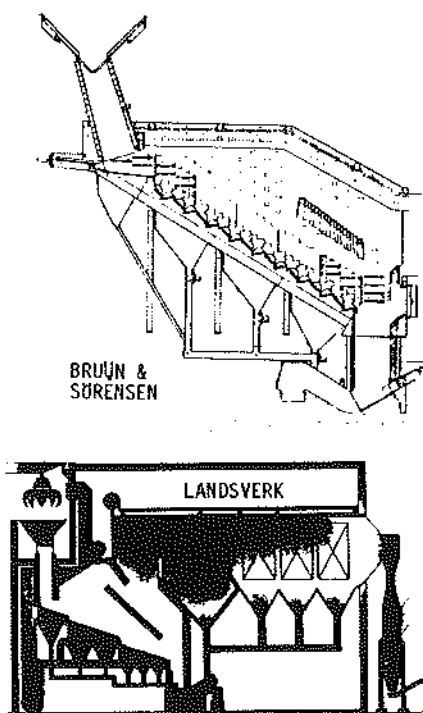
Anläggningen drivs dygnet runt med hjälp av sex skiftlag. Varje lag består av fem män.

Antal ugnslinjer		3
Fabrikat Rost 1		von Roll
-"- 2		von Roll
-"- 3		von Roll
Idrifttagning 1		1972
" 2		1972
" 3		1972
Kapacitet/rost		
ton avfall/h, effekt (MW) 1		14,2--38,3
-"- 2		14,2--38,3
-"- 3		14,2--38,3
Kapacitet totalt		
ton avfall/h, effekt (MW)		42,6--114,9
Potentiell naturgasförbrukning		
för reburning: - effekt (MW)		11,4--17,2
- per år (milj m ³)		7,8--11,8
Nuvarande NO _x -krav		inga
Typ av rökgasrening		rökgaskondensering, värmepump
Fabrikat rökgasrening		Götaverken

5.1.6

Anläggning
Anläggningsägare

UPPSALA
UKAB



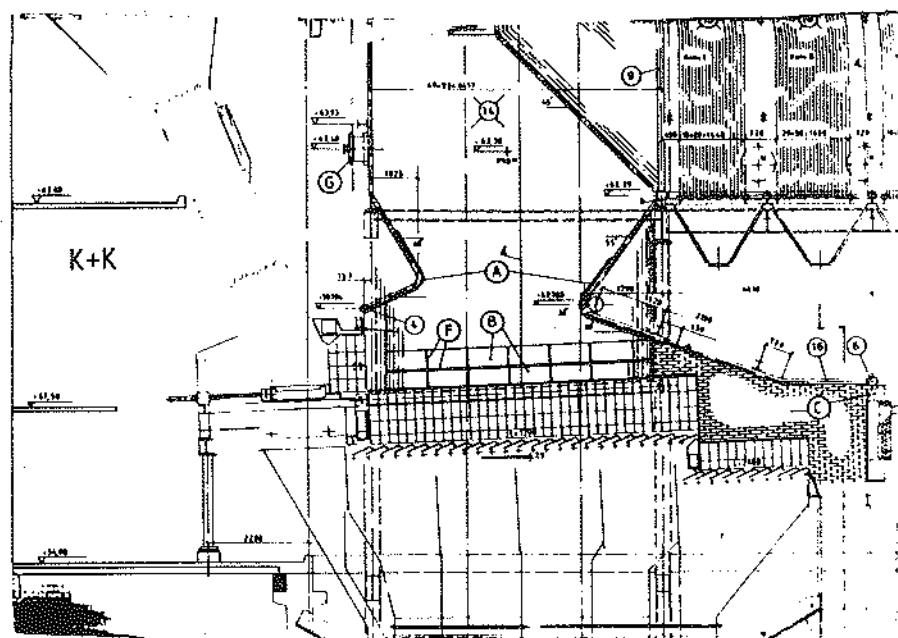
Figur Principskiss pannkonstruktion

Antal ugnslinjer		6
Fabrikat Rost	1	Landsverk
"	2	Landsverk
"	3	Bruun & Sörensen
"	4	W+E
"	5	W+E
Idrifttagning	1	1961
"	2	1961
"	3	1972
"	4	1983
"	5	1985
Kapacitet/rost		
ton avfall/h, effekt (MW)	1	2,7-- 7,2
"	2	3,2-- 8,5
"	3	4,0--10,7
"	4	10,7--28,5
"	5	15,0--40,0
Kapacitet totalt		
ton avfall/h, effekt (MW)		35,6--94,9
Potentiell naturgasförbrukning		
för reurning: - effekt (MW)		9,4--14,2
- per år (milj m ³)		6,5-- 9,8
Nuvarande NO _x -krav		inga
Typ av rökgasrening		rökgaskondensering, värmepump
Fabrikat rökgasrening		Fagersta Energetic AB

5.1.7

Anläggning
Anläggningsägare

KARLSKOGA
Karlskoga Kommun



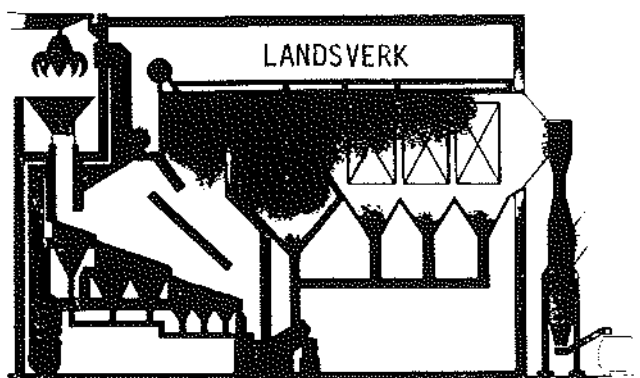
Figur Principskiss pannkonstruktion.

Antal ugnslinjer	1
Fabrikat Rost 1	K+K
Idrifttagning 1	1986
Kapacitet/rost ton avfall/h, effekt (MW) 1	6,0--17,4
Kapacitet totalt ton avfall/h, effekt (MW)	6,0--17,4
Potentiell naturgasförbrukning för reurning: - effekt (MW)	1,8--2,6
= per år (milj m ³)	1,2--1,8
Nuvarande NO _x -krav	inga
Typ av rökgasrening	elektrofilter
Fabrikat rökgasrening	Fläkt

5.1.8

Anläggning
Anläggningsägare

KÖPING
Västra Mälardalens
Renhållnings AB



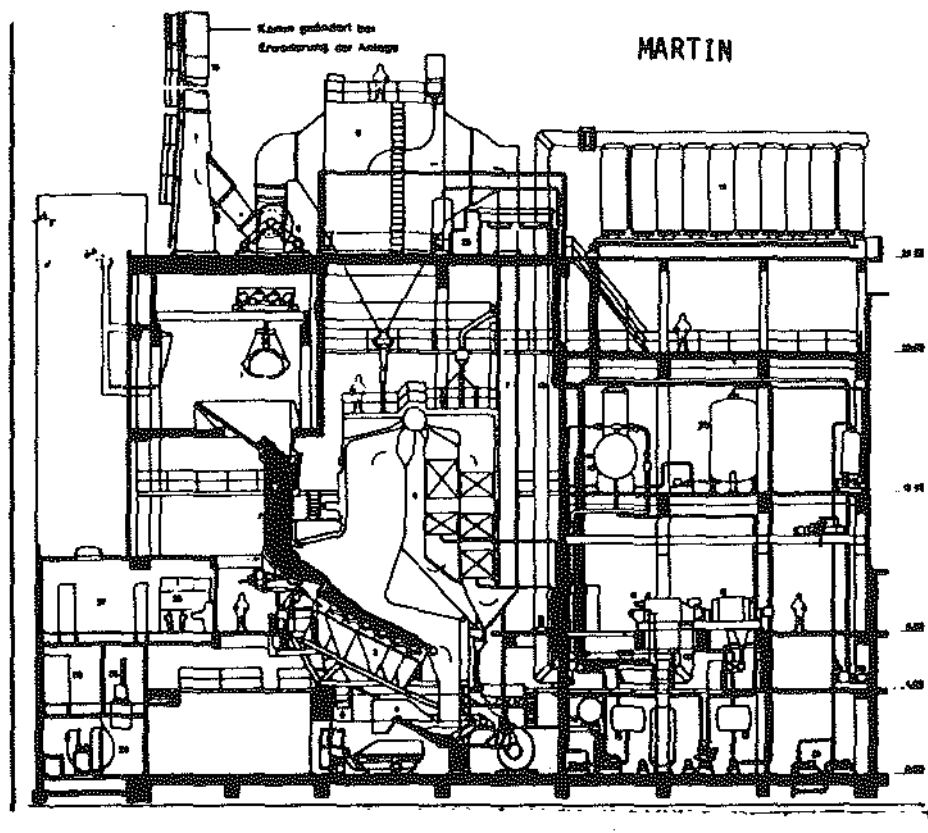
Figur Principskiss pannkonstruktion.

Antal ugnslinjer	2
Fabrikat Rost 1	Landsverk
"- " 2	Landsverk
Idrifttagning 1	1972
" 2	1972
Kapacitet/rost	
ton avfall/h, effekt (MW) 1	4,1--11,9
"- " 2	4,1--11,9
Kapacitet totalt	
ton avfall/h, effekt (MW)	8,2--23,8
Potentiell naturgasförbrukning	
för reburning: - effekt (MW)	2,4--3,6
- per år (milj m ³)	1,6--2,5
Nuvarande NO _x -krav	inga
Typ av rökgasrening	torr kalkinjicering, spärrfilter
Fabrikat rökgasrening	Fläkt

5.1.9

Anläggning
Anläggningsägare

HALMSTAD
Halmstads Kommun



Figur Principskiss pannkonstruktion.

Antal ugnslinjer	2
Fabrikat Rost 1	Martin
-"- 2	Martin
Idrifttagning 1	1972
" 2	1972
Kapacitet/rost	
ton avfall/h, effekt (MW) 1	4,1--12,4
-"- 2	4,1--12,4
Kapacitet totalt	
ton avfall/h, effekt (MW)	8,2--24,8
Potentiell naturgasförbrukning	
för reurning: - effekt (MW)	2,4--3,7
- per år (milj m ³)	1,6--2,5
Nuvarande NO _x -krav	300 mg/nm ³ vid 10 % CO ₂ , torr gas
Typ av rökgasrening	rökgaskondensering spärrfilter
Fabrikat rökgasrening	Andeze

5.2 Kommentarer

Den ombyggnad och utrustningskomplettering som erfordras för att anpassa de redovisade anläggningarna till NO_x -reduktion medelst reburning kan i huvudsak sammanfattas enligt:

- A Gasinjicering i eldstadens rökgaser
- B Strypning av primärluften
- C Ökning samt ompositionering av sekundärluften
- D Utökad stampning/refraktion av pannans första drag
- E Rökgasåterföring

A Gasinjicering

Gastillsättningen bör ske i överdelen av eldstadsutrymmet i region där i dag normalt sekundärluft tillsättes. En god inblandning av den tillsatta gasen är nödvändig och hänsyn till detta måste beaktas.

B Strypning av primärluft

För att erhålla i det närmaste stökiometriskt förhållande ovan förbränningsrosten, vilket är en förutsättning för efterföljande reburningsprocess, erfordras en drastisk reduktion av förbränningsluft genom rosten.

Den huvudsakliga lufttillsättningen (70-80 %) sker i dag normalt genom förbränningsrosten (undantag konstruktion typ K+K) och fyller härvid funktionerna:

- 1) Kylning av rosten
- 2) Torkning av avfallsbränslet
- 3) Upprätthållning av en jämn förbränning med avpassad tillsättning i relation till avfallsbränslets inhomogenitet så att en godtagbar utbränning/oxidering av rökgasen erhålles innan kylning av gasen sker efter inträdet i pannan.

Enligt punkt 1) ovan medför en sänkning av luftmängden genom förbränningsrosten en höjning av rosttemperaturen lokalt, vilket generellt ställer högre krav på materialval för att undgå snabbare förslitning.

Dessa effekter kan reduceras genom en understökiometrisk tillsättning och/eller recirkulation av kyld rökgas.

Enligt punkt 2) ovan medför en sänkning av luftmängden genom förbränningsrosten en minskad torkeffekt och därmed minskat effektuttag.

Torkeffekten påverkas i viss mån positivt genom en högre temperatur och därmed intensivare strålning ovan rosterbädden.

En anpassning av rostens matningshastighet och bäddtjocklek bör även ha en positiv effekt.

Generella lösningar av de negativa effekterna enligt punkt 1 och 2 kan ej anges, utan dessa måste i detalj anpassas respektive anläggning och rostkonstruktion.

Enligt punkt 3) ovan medför en sänkning av luftmängden genom förbränningsrosten en sämre utbränning/oxidering av rökgaserna i eldstaden. I stället sker en utdragen efterförbränning under en längre sträcka upp i första draget, vilket bör innebära en bättre slutförbränning/oxidering än tidigare, med lägre CO- och kolväteemission.

C Ökning samt ompositionering av sekundärluften

Sekundärluften ökas för att uppväga den minskade primärluftmängden. På grund av homogenera förhållanden samt längre uppehållstid i temperatur bör dock den totala luftmängden kunna sänkas, motsvarande en luftfaktor 1,4-1,8.

Sekundärluften tillsätts något högre upp i eldstaden än normalt och en god inblandning är nödvändig och måste beaktas.

D Utökad stampning/refraktion av pannans första drag

För att åstadkomma en slutförbränning/oxidering av oförbrända rökgaser från eldstaden inklusive tillförd gas erfordras en utökning av temperaturzonen en bit upp i pannans första drag. Detta kan åstadkommas genom att pannan kompletteras med stampmassa/murverk högre upp i eldstaden. Denna utökade volym tjänstgör som efterbrännkammare om gaserna hindras att avkylas för snabbt.

E Rökgasåterföring

Genom återföring av kylda rökgaser till eldstaden kan följande positiva effekter erhållas:

- 1) Vid minskad lufttillsättning genom förbränningsrosten kan en rökgasåterföring här upprätthålla god uttorkning av avfallsbränslet utan att luftöverskottet ökar.
- 2) Rökgasåterföring under rosten bör medföra en förbättring av rostens kylning genom ökad strömning.
- 3) Rökgasåterföring ovan förbränningsrosten bör medföra en förbättrad väggkylning och delvis kompensera en minskad primärluftmängd.
- 4) Rökgasåterföring invid gastillsättningen och sekundärlufttillsättningen medför förbättrad turbulens och inblandning av respektive gas och luft i rökgasen från eldstaden.

Rökgasrecirkulation bör dock hållas begränsad och i detalj anpassas respektive anläggning och rost/pannkonstruktion, då den bl a genom lokal ökning av gasströmningen över eldstad/panna påverkar pannverkningsgraden negativt.

Beaktande punkterna A-E enligt ovan anser vi förutsättningarna för NO_x -reduktion medelst reburning vara speciellt goda vid anläggningarna i Karlstad, Karlskoga samt Högdalen (linje 3).

Karlstad och Karlskoga har båda K+K förbränningsrost. Denna rostkonstruktion eldas understökiometriskt, dvs luften är uppdelad dels som underluft rost cirka 40 %, väggluft cirka 40 % samt sekundärluft cirka 20 %.

Högdalen i Stockholm ligger väl till ur naturgassynpunkt. Dessutom är Högdalen en av de största avfallsförbränningsanläggningarna i Sverige och har nyligen kompletterat anläggningen med en förbränningsrost fabrikat Martin (Linje 3).

6 REFERENSER

- /1/ Teknisk marknadsbedömning för reburning med naturgas i fastbränslepannor.
FUD-rapport Swedegas AB, februari 1988,
A-K Hjalmarsson, ÅF-Energikonsult AB.
- /2/ 1989 Joint Symposium on Stationary Combustion
NO_x-Control, 6-9 mars 1989 i San Fransisco, USA.
EPA, EPRI.
- /3/ International Conference on Municipal Waste Combustion,
11-14 april 1989 i Florida, USA.
EPA, Environment, Canada.
- /4/ Konferens om reduktion av kväveoxidutsläpp från
avfallsförbränning, 27 april 1989 i Göteborg.
Svenska Renhållningsverks-Föreningen.
- /5/ NATURGAS SOM TILLSATSMEDEL.
Bedömning av möjligheter att genom tillsats av naturgas
sänka emissionerna vid förbränning.
Sydkraft/Swedegas AB, FUD-rapport.