
Rapport SGC 054

**NO_x-REDUKTION GENOM INJICERING
AV NATURGAS OVANFÖR ROSTERN I
KOMBINATION MED UREAINSPRUTNING
I ELDSTADEN**

**Inledande fullskaleförsök vid SYSAV:s
avfallsvärmeverk i Malmö**

**Bent Karll
Dansk Gasteknisk Center
och
Per-Åke Gustafsson
Miljökonsulterna**

September 1994



Rapport SGC 054
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--54--SE

Rapport SGC 054

**NO_x-REDUKTION GENOM INJICERING
AV NATURGAS OVANFÖR ROSTERN I
KOMBINATION MED UREAINSPRUTNING
I ELDSTADEN**

**Inledande fullskaleförsök vid SYSAV:s
avfallsvärmeverk i Malmö**

**Bent Karll
Dansk Gasteknisk Center
och
Per-Åke Gustafsson
Miljökonsulterna**

September 1994



SGC:s FÖRORD

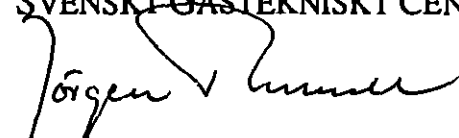
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

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

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid
Inledning	1
Installationer	2
Testkörningar och resultat	4
Ammoniakgenomsläpp	7
Slutsatser	8
Referenser	10
Figurer	
Tabeller	
Bilagor	

INLEDNING

Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag (SYSAV) äger och driver ett avfallsvärmeverk i Malmö, med två rostereldade ugnar som förbränner 220 000 t/år hushålls- och industriellt avfall. Av den producerade värmen levereras årligen 500 GWh till Malmös fjärrvärmenät. Sedan 1991 är ugnarna utrustade med ureadosering för reduktion av kväveoxidutsläppen. Ureadosering är en form av selektiv, icke katalytisk rening, förkortat SNCR (Selective Non Catalytic Reduction).

Den principiella utformningen av ugn och panna framgår av figur 1. Flödesschemat för anläggningen visas i bilaga 1.

Under 1992 utfördes ett fullskaleprov med "reburning" med naturgas i en av ugnsenheterna. Provet utfördes som ett alternativ till ureadoseringen. Syftet med projektet var att visa att en NO_x -reduktion från normalt 350 mg/nm^3 till mindre än 175 mg/nm^3 , dvs en reduktion med minst 50 % var möjlig. (nm^3 avser norm, torr gas vid 10 % CO_2 .)

Proven visade att vid en dosering av naturgas motsvarande 20 % av bränsleeffekten i ugnen i kombination med rökgasåterföring, kunde NO_x -halten i rökgaserna begränsas till 160 mg/m^3 motsvarande en emission av 75 mg/MJ bränsle (naturgas och avfall). För mer detaljerad redovisning av fullskaleprovet hänvisas till referens 1

Baserat på observationer gjorda under reburningproven och på resultat rapporterade på annat håll (ref 2 och 3) beslöts 1993 att flytta inmatningen av naturgasen till en lägre nivå i eldstaden, dvs till en nivå med högre temperatur. Injektionen av naturgas tillsammans med återföring av rökgaserna placerades strax ovanför rostern, och det visade sig möjligt att kombinera detta arrangemang med ureainsprutning i eldstaden.

Avsikten var sedan att göra inledande försök för att se om det var möjligt att uppnå goda driftförhållanden kännetecknade av stabil förbränning, måttliga CO-utsläpp och kraftig NO_x -reduktion. De inledande försöken innefattade ej strukturerade och väldokumenterade upprepade försök, varför projektet i sin helhet ej strikt kan betecknas som en fullskaledemonstration.

Det slutgiltiga målet var att fastställa ett antal parametrar som skulle kunna användas vid planering av ett demonstrationsförsök i full skala och som skulle resultera i en 75 %-ig NO_x -reduktion jämfört med basfallet 168 mg/MJ . Med basfallet menas NO_x -nivån innan några som helst NO_x -reducerande åtgärder vidtagits i pannan.

Konstruktion och installation av nödvändig utrustning för försökens genomförande skedde i samband med sommarrevisionen 1993 och försöken genomfördes under november månad 1993.

De inledande försöken har bekostats av SYSAV och Nordisk Gasteknisk Center. Den ursprungliga rapporten är på engelska (ref 5). Framtagningen av den svenska versionen har finansierats av SYSAV och Svenskt Gastekniskt Center.

Installationer

Avfallet matas via en påfyllningstratt ner på rostern och primärluft blåses in på rosterns undersida.

Ugnen var utrustad för såväl reburning med naturgas som urea injicering redan innan projektet startade. Alla nödvändiga injektionsportar fanns därför på plats, inklusive dysor för sekundärluft på tre olika nivåer (övre, mitt och undre), både i pannans frontvägg och bakre vägg. Placeringen framgår av figur 2.

Ursprungliga sekundärluftdysor fanns i de nedre delarna av frontväggen och den bakre väggen. Varje sådan dysrad består av 14 dysor med diametern 50 mm. I den bakre dysraden är varannan dysa vinklad gentemot den första för att få bättre blandningsförhållanden i zonen ovanför rostern. Två dysor i frontväggen var avstängda.

För detta försök försågs de ursprungliga dysorna i bakre väggen med en egen cirkulationsfläkt för återföring av rökgaserna. För att inte dysorna skulle sättas igen av stoft och flödessensorerna skadas, togs rökgaserna från en punkt efter slangfiltret. Alternativt kunde cirkulationsfläkten blåsa in uteluft.

Injektionen av naturgas skedde i det återförda rökgasflödet, närmare bestämt i den samlingslåda som fördelar rökgaserna till de olika dysorna i bakväggen. Detta ger en god blandning av rökgaser och naturgas innan blandningen når eldstaden.

Cirkulationsfläkten ser till att gasen får tillräcklig fart för att tränga in i förbränningszonen och blandas med rökgaserna där.

Tyvärr hade återföringsfläkten begränsad kapacitet, varför endast 5 % av det totala rökgasflödet kunde återföras. Detta är betydligt mindre än de 8-10 % som gällde för motsvarande försök vid Olmsted avfallsförbränningsanläggning i USA (ref 2). Återföringsflödet var mindre än hälften av det sekundärluftflöde som normalt injiceras genom de undre dysorna i bakväggen och knappast tillräckligt för att nå den andra sidan av eldstaden.

Under flertalet driftfall var det nödvändigt att injicera sekundärluft genom den lägre dysraden i frontväggen för att undvika CO-toppar. Denna inblåsning av luft mitt emot inblåsningen av naturgas och rökgaser reducerade sannolikt effekten av naturgasinjiceringen.

Uppehållstiden i den reducerande zonen under mellanraden av dysor i bakre väggen och den lägre raden av dysor i frontväggen begränsas genom eldstadens utformning till mindre än en sekund. Två sekunders uppehållstid hade i detta sammanhang varit fördelaktigare.

Dysornas diameter är 50 mm och deras antal är följande:

Mittrad, fram - 6 st

Mittrad, bak - 5 st

Övre rad, fram - 6 st

Övre rad, bak - 5 st

Urea kan injiceras genom smala rör med diametern 17 mm och med munstycken i rörens ändar. Sådana rör finns installerade längs centrumaxeln till varje luftdysa i de övre raderna fram och bak samt i mellersta raden bak.

Temperaturen mättes och registrerades på tre ställen - vid främre pannväggen (T_1), vid bakre pannväggen (T_2), och högst upp i eldstaden (T_T), se figur 2. Mätpunkten för temperaturen T_T befann sig efter tubskärmarna räknat i rökgasernas flödesriktning. Tubskärmarna utgörs i princip av konvektiva ytor som hänger ner från pannans topp och ansluter till pannans baksida.

Det automatiska reglersystemet är mycket enkelt. Syreinnhållet i rökgaserna bestäms av operatören liksom lufttillförseln till eldstadens primär- och sekundärdelar, som annars förblir konstant. Dessa inställningar ger sedan inmatningshastigheten för avfallet. Om syrgasinnehållet i rökgaserna skulle bli för stort så ökas automatiskt inmatad avfallsmängd och på motsvarande sätt minskas automatiskt avfallsmängden om syrgasinnehållet blir för lågt.

När naturgas injiceras tillsammans med de återcirkulerade rökgaserna reduceras avfallets inmatningshastighet automatiskt av reglersystemet, eftersom naturgasen orsakar en reduktion av syrgasinnehållet i rökgaserna.

Alla mätvärden registrerades var tredje minut och beräknade värden såsom värmeproduktion och stökiometrin kunde dessutom avläsas på datorskärmar. Detta underlättade

för operatören att bestämma flödeshastigheter för de olika driftfall som skulle undersökas.

Testkörningar och resultat

Försöken utfördes under tiden 29 oktober till 4 november 1993. Olika driftfall testades innefattande variationer i ureatillförsel och naturgasmängd samt drift utan reducerande åtgärder.

Vid SYSAV:s anläggning kan urea injiceras på flera olika ställen och på olika höjder, varför det är möjligt att välja den bästa positionen med hänsyn till temperatur och bästa blandningsförhållande. Helt allmänt visade mätningarna att NO-reduktionen är starkt beroende av inmatningshastigheten för urea och att ökat molförhållande ger ökad NO-reduktion, se figur 3. Molförhållandet, som det används i denna rapport, definieras som

$$\frac{\text{Urea mol}}{2 \times \text{NO mol}}$$

där NO mol alltid är basvärdet. Det aktuella molförhållandet är alltid högre än vad mättalet anger när proven utförs med reducerad NO.

Inga försök har gjorts för att anpassa injiceringen under de individuella proven till de snabba temperaturfluktuationer som uppträder under drift. Distributionen av urea ändrades emellertid från fall till fall mellan de olika inmatningsställena, så effekten härav är alltså inkluderad i experimentresultaten.

Vid injicering av ett ämne för att reducera NO-utsläppen får man i allmänhet ökade emissioner av andra ämnen. Vid injicering av urea kan man förvänta sig genomsläpp av ammoniak ("ammonia slip") och bildning av dikväveoxid (N₂O) som är en svår och långlivad växthusgas.

Pilotskaleprov som utförts på ett koleldat kraftverk i Danmark (ref 4) visade på stort ammoniakgenomsläpp och maximal N₂O-bildning endast 50°C under optimal NO-reduktionstemperatur.

Ammoniakgenomsläpp är en av de parametrar som uppmätts och registrerats i försöket, medan däremot N₂O-bildningen ej följts upp. Det skall observeras att mätpunkterna är placerade före utrustningen för kalkinjicering och rökgasrening och eftersom merparten av ammoniakken fastnar i textilfilterna tillsammans med kalk och flygaska är skorstensvärdena mycket lägre än vad mätvärdena visar.

Under de senaste åren med ureadrift har ammoniakgenomsläppet genom skorstenen ej överstigit den uppsatta gränsen på 10 mg/nm³. Inga myndighetskrav finns beträffande flygaskan, som för närvarande deponeras. Ammoniakgenomsläppet hålls dock fortfarande under uppsikt eftersom andra anläggningar, med andra typer av rening, arbetar med lägre utsläppsgränser.

18 försöksresultat har valts ut här för utvärdering och kommentarer. Urvalet har skett så att så många olika driftfall som möjligt täcks in. Vidare var urvalskriteriet sådant att drifttillståndet för varje redovisat försök skulle vara stabilt och representativt. Varje försök varade i genomsnitt 30 minuter och under denna tid medhans 10 mätningar av samtliga parametrar.

I tabellerna 1.1. och 1.2 visas medelvärden för de intressantaste parametrarna för alla 18 fallen.

Nedan redovisas och kommenteras de olika försöken.

Fallen 6 och 7. Ingen naturgas, ingen urea

Belastningen var hög (106 %) och den termiska uteffekten 34 MW. Normalt är syrehalten 6,5 - 7,0 %, sekundärluften stegad och lufttillförseln till de bakre, lägre dysorna tillgodosedd genom återcirkulationsfläkten. NO_x-utsläppet (mätt som NO₂) uppgick till 175 mg/MJ i fall 6 och 161 mg/MJ i fall 7. Detta motsvarar en 20 %-ig reduktion jämfört med basfallets 168 mg/MJ vid 28 MW. Detta bekräftar också de observationer som gjordes under reurningprogrammet, nämligen att stegvis tillförsel av sekundärluften reducerar NO_x-emissionerna.

Jämförelsen inkluderar det förhållande mellan NO_x-utsläpp och termisk belastning som återfinns i ref 1, där en NO_x-reduktion på 10 mg/nm³ och MW inom området 34 till 26 MW rapporteras. Detta motsvarar 5 mg/MJ per MW.

Fallen 5, 8, 9 och 10. 4 - 8 MW naturgaseffekt, ingen urea

De olika fallen representerar olika naturgaseffekter. Lägsta NO_x-emissionen var 144 mg/MJ, och en reduktion på 14 % uppnås i fall 9 med 6 MW gas motsvarande 15 % av den termiska inmatade effekten.

Värden som ligger nära basfallet uppvisas i fallen 5 och 10, där det stökiometriska förhållandet vid rostern, $SR_G > 1,0$ och det stökiometriska förhållandet i zon 1 (se figur 2), $SR_1 > 0,9$, samt i fall 8 där gaseffekten endast är 4 MW. Medelvärdet i de fyra fallen är 155 mg/MJ, en reduktion med 8 %.

Fallen 1 och 3. Naturgaseffekten noll. molförhållandet för urea $\approx 1,1$

(Definition på molförhållandet för urea, se sid 4).

Endast urea tillsattes i dessa försök. Den termiska lasten låg under medelvärdet och mycket lågt i fall 1 med en termisk uteffekt på endast 23 MW. Detta skall enligt ref 1 medföra en kraftig NO_x -minskning.

NO_x -emissionerna uppgick i fall 1 till 71 mg/MJ och i fall 3 till 90 mg/MJ, vilket motsvarar reduktioner på 57 % respektive 46 %.

Fallen 2, 4, 11, 12, 13 och 16. Naturgaseffekt 6 MW och urea molförhållande 1,0 - 1,1

Alla fallen innefattar således både gastillförsel och ureainjektion. Parametervariationen mellan fallen är begränsad.

Medelvärdet på NO_x -emissionerna var 74 mg/MJ, dvs en reduktion med 56 %.

Av skäl som ej kan förklaras av driftparametrarna, hade fall 1 en märkbart högre NO_x -emission än de övriga fallen – 94 mg/MJ jämfört med medelvärdet på 74 mg/MJ.

Fall 2 hade en märkbart lägre NO_x -emission än de övriga – 56 mg/MJ, vilket är en reduktion med 67 %. Ej heller detta kan förklaras med hjälp av de mätta parametrarna. Det stökiometriska förhållandet var högt, vilket är ogynnsamt för reduktion med hjälp av gasinjektionen. Eldstadstemperaturen T_1 var låg, 952°C jämfört med 1026°C för de övriga fallen. Skillnaden på 74°C kan ha betydelse, men någon liknande reduktion kunde ej upptäckas i fall 3 där man arbetade med samma låga temperatur men utan gastillförsel.

Fallen 14 och 15. Naturgaseffekt 6 MW, molförhållandet för urea 0,7 - 0,9

Med undantag av urea molförhållandet var driftbetingelserna samma som i föregående sex fall. NO_x -emissionerna blev 93 mg/MJ, en reduktion med 45 %, dvs något lägre än ovan, vilket dock kunde förväntas med hänsyn till det lägre molförhållandet.

Fallen 17 och 18. Naturgaseffekt 6 MW, molförhållandet för urea 1,5 - 1,6

Dessa fall kännetecknas ej enbart av högre molförhållande utan även av ändrade driftförhållanden så tillvida att lufttillförseln till dysorna i lägre frontraden (mitt emot gasinjektionsdysorna) stängts av med undantag av ett mycket begränsat kylflöde. Primärlufttillförseln hade också reducerats, vilket resulterade i ett stökiometriskt förhållande i den undre delen av eldstaden som var avsevärt lägre än i de andra fallen, eller $\text{SR}_G \leq 0,9$ och $\text{SR}_1 < 0,8$.

NO_x -emissionerna blev mycket låga, 59 mg/MJ i fall 17 och 43 mg/MJ i fall 18 motsvarande reduktioner med 65 % respektive 74 %. En tendens till ökande CO-utsläpp noterades under dessa försök.

Ammoniakgenomsläpp

Inget ammoniakgenomsläpp kunde detekteras i basfallet och ej heller då enbart gasinjicerades. Ammoniakgenomsläpp upptäcktes emellertid alltid då urea användes.

Figur 4 visar NO_x -reduktionen samt utsläppen av NH_3 , N_2O och CO som funktion av temperaturen vid ett urea molförhållande på 1,3 (ref 4). Av figuren framgår att man får en kraftig ökning av ammoniakgenomsläppet vid temperaturer under 1000°C , dvs nära den temperatur där NO_x -reduktionen är som störst.

I alla försök som relaterats ovan fann man att ammoniakgenomsläppet var starkt korrelerat till NO_x -reduktionen och med en brant ökning i genomsläppet vid låga NO_x -nivåer. Denna korrelation har noterats inte enbart mellan medelvärden för fall med liknande driftförhållanden utan också mellan enskilda mätvärden som registrerats under den tid ett prov utfördes, dvs treminutersvärdena.

I figurerna 5 och 6 är treminutersvärdena för ammoniakgenomsläppen plottade mot NO-utsläppet.

I figur 5 kan två mätresultatgrupper jämföras med varandra. Den ena gruppen, markerade med kvadrater, omfattar fallen 1 och 3 vilka var utan naturgastillsats, medan den andra gruppen, markerade med kulor, omfattar fallen 4, 12, 13 och 16 vilka utfördes med 6 MW gaseffekt. Båda grupperna har samma ureatillsats.

Som framgår av figuren och tidigare diskussion förbättras NO-reduktionen från 52 till 56 % genom gastillsatsen samtidigt som ammoniakgenomsläppet reduceras med hela 45 %.

I figur 6 visas på motsvarande sätt två grupper med olika ureatillsats men med samma gastillförsel. Gastillförseln är 6 MW men det stökiometriska förhållandet är avsevärt lägre i fallen 17 och 18.

Den låga ureatillförseln i fallen 14 och 15 tillsammans med injektionen av naturgas ger en NO-reduktion på 45 % med lågt genomsläpp av ammoniak.

Den stora ureatillförseln i fallen 17 och 18 i kombination med låg stökiometri ger de lägsta NO-emissionerna under alla försöksperioderna motsvarande en NO-reduktion med mellan 65 och 74 %. Ammoniakgenomsläppet har dock ökat med 50 % i förhållande till resultaten i fallen 1 och 3.

Slutsatser

Försöken har bekräftat att effektiv NO_x -reduktion kan åstadkommas med ureainsprutning på rätta ställen i pannan, men försöken har också visat att detta medför ammoniakgenomsläpp. Genomsläppet ökar med ökat ureamolförhållande och vid konstant ureamolförhållande varierar genomsläppet i tiden med stark koppling till storleken på NO-reduktionen. Eftersom ammoniakgenomsläpp betraktas som ett miljöfarligt utsläpp så är det viktigt att redovisa genomsläppet samtidigt med redovisning av reduktionen av NO-utsläppen.

Effekten av enbart naturgastillsats i kombination med rökgasåterföring är marginell, vilket står i motsats till resultat från andra projekt (ref 2) där 60 % NO-reduktion erhållits. Förklaringen tros ligga i otillräcklig penetrering och blandning av den till rökgasåterföringen tillsatta naturgasen. Den sekundärluft som tillförs genom de lägre frontdysorna mitt emot naturgasdysorna motverkar sannolikt gaspenetreringen ytterligare. Den korta uppehållstiden på mindre än en sekund i den reducerande zonen är en annan begränsande faktor, betingad av ugnens utformning.

Kombinationen av ureainsprutning och naturgastillsats orsakade en kraftig nedgång i ammoniakgenomsläppet jämfört med enbart ureatillsats.

I fallet med högt urea molförhållande i kombination med lågt stökiometriskt förhållande i gasinjektionszonen erhöles en NO-reduktion på mer än 70 %. Ammoniakgenomsläppet och CO-utsläppet ökade dock något.

Även om resultaten är uppmuntrande vad gäller ammoniakgenomsläppet så är resultaten från NO-reduktion med enbart gas ej tillfredsställande.

Innan ett fullskaleprov av demonstrationskaraktär genomförs på SYSAV-anläggningen så bör driften med naturgastillsats och rökgasåterföring åter utvärderas och göras till föremål för förbättringar.

Följande förändringar bör beaktas:

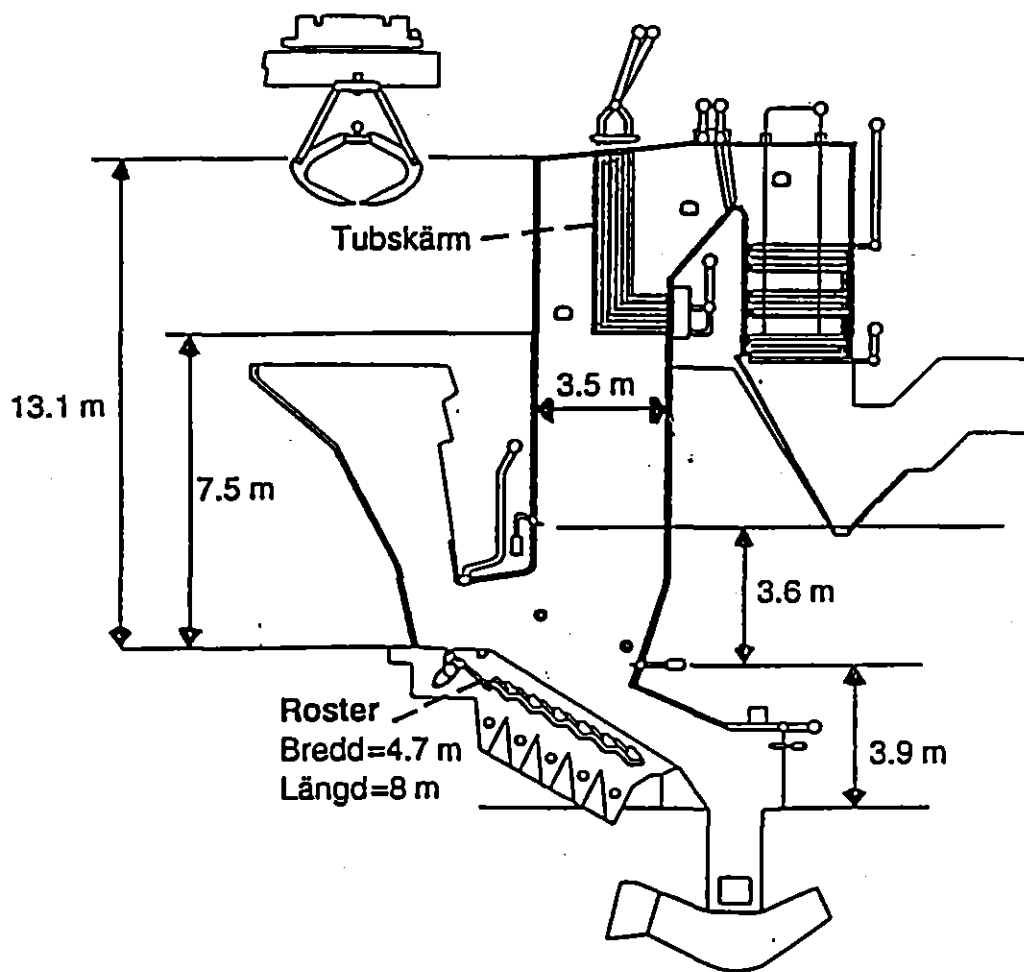
- Kapaciteten på fläkten för rökgasåterföringen fördubblas i testsammanhang för att förbättra penetreringen och blandningen i eldstadens nedre del.
- Den lägre dysraden i bakväggen på pannan riktas en aning mer mot rostern för att få bättre penetrering av gas och rökgaser in i primärzonen.
- Utbränningskapaciteten för luften vid mellannivåer och de högre nivåerna ökas så att en bättre slutförbränning av CO kan erhållas.
- De delar av de vattenkylda pannväggarna som befinner sig ovanför rostern kläs med eldfast tegel upp till dysorna vid mellannivån. Denna åtgärd vidtas för att öka temperaturen och utjämna temperaturprofilen i den lägre delen av eldstaden.

Om några av förändringarna ovan genomförs torde det vara möjligt att uppnå resultat som motsvarar de i ref 2. En kraftig NO-reduktion i storleksordningen 40 - 50 % jämfört med basvärdet kan förväntas med enbart naturgas och rökgasåtercirkulation.

Syftet med ett demonstrationsprojekt skulle vara att visa att en NO-reduktion på minst 75 % kan uppnås vid en kombination av naturgas/rökgasåterföring och ureatillsats, och med ett begränsat ammoniakgenomsläpp. En sådan NO-reduktion innebär en måttlig förbättring jämfört med de resultat som redovisats här och bör inte vara svår att uppnå om man väl kan uppnå förväntad reduktion med hjälp av enbart gas och rökgasåterföring.

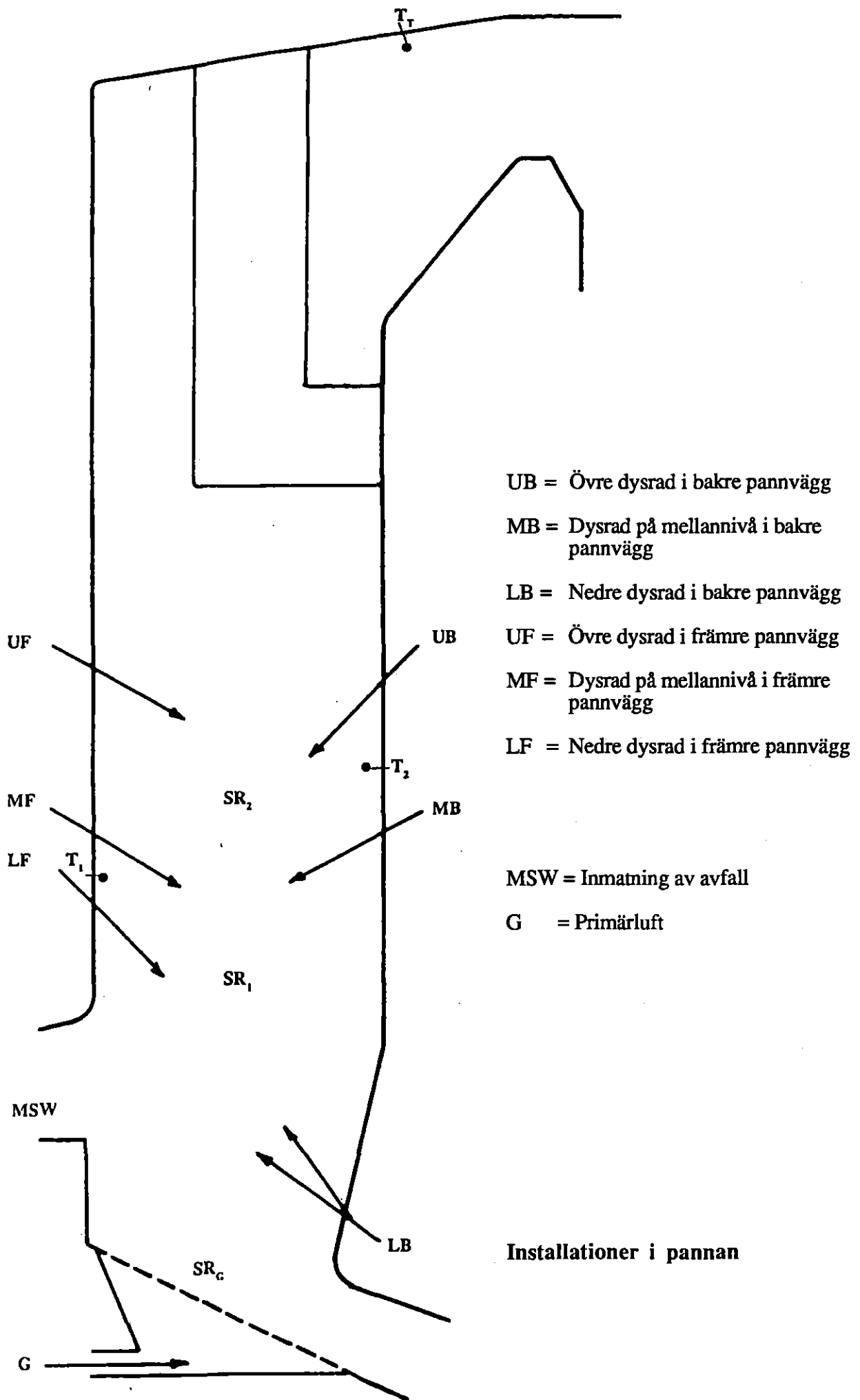
Referenser

- 1 **NO_x Reduction using Reburning with Natural Gas – Final Report from Full-scale Trial at SYSAV's Waste Incineration Plant in Malmö.**
Jan Bergström, Miljökonserterna.
(Nordic Gas Technology Centre, September 1993)
- 2 **Emissions Reduction from MSW Combustion Systems using Natural Gas.**
Hamid Abbasi, Institute of Gas Technology.
Frank J. Zone, Riley Stoker corporation.
(Gas Research Institute, December 1992)
- 3 **Advanced NO_x reduction using -NH and -CN Compounds in conjunction with Staged Air Addition.**
S.L. Chen, J.A. Cole, M.P. Heap, J.C. Kramlich, J.M. McCarthy, D.W. Pershing, Energy and Environmental Research Corporation.
(Twenty-Second Symposium on Combustion 1988, pp 1135)
- 4 **Pilot-Scale Experiments with Ammonia and Urea as Reductants in selective Non-Catalytic Reduction of Nitric Oxide.**
Morten Jødal, Carsten Nielsen, Ålborg Boilers A/S.
Tore Hulgaard, Kim Dam Johansen, Department of Chemical Engineering, Technical University of Denmark.
(Twenty-Third Symposium on Combustion 1990, pp 237)
- 5 **NO_x Reduction by Injection of Natural Gas above the Grate, in Combination with UREA Injection in the Furnace. Introductory Full-Scale Trial at SYSAV's Waste Incineration Plant in Malmö.**
Bent Karll, Danish Gas Technology Centre and
Per-Åke Gustafsson, Miljökonserterna
NGC Report, September 1994, pp 20



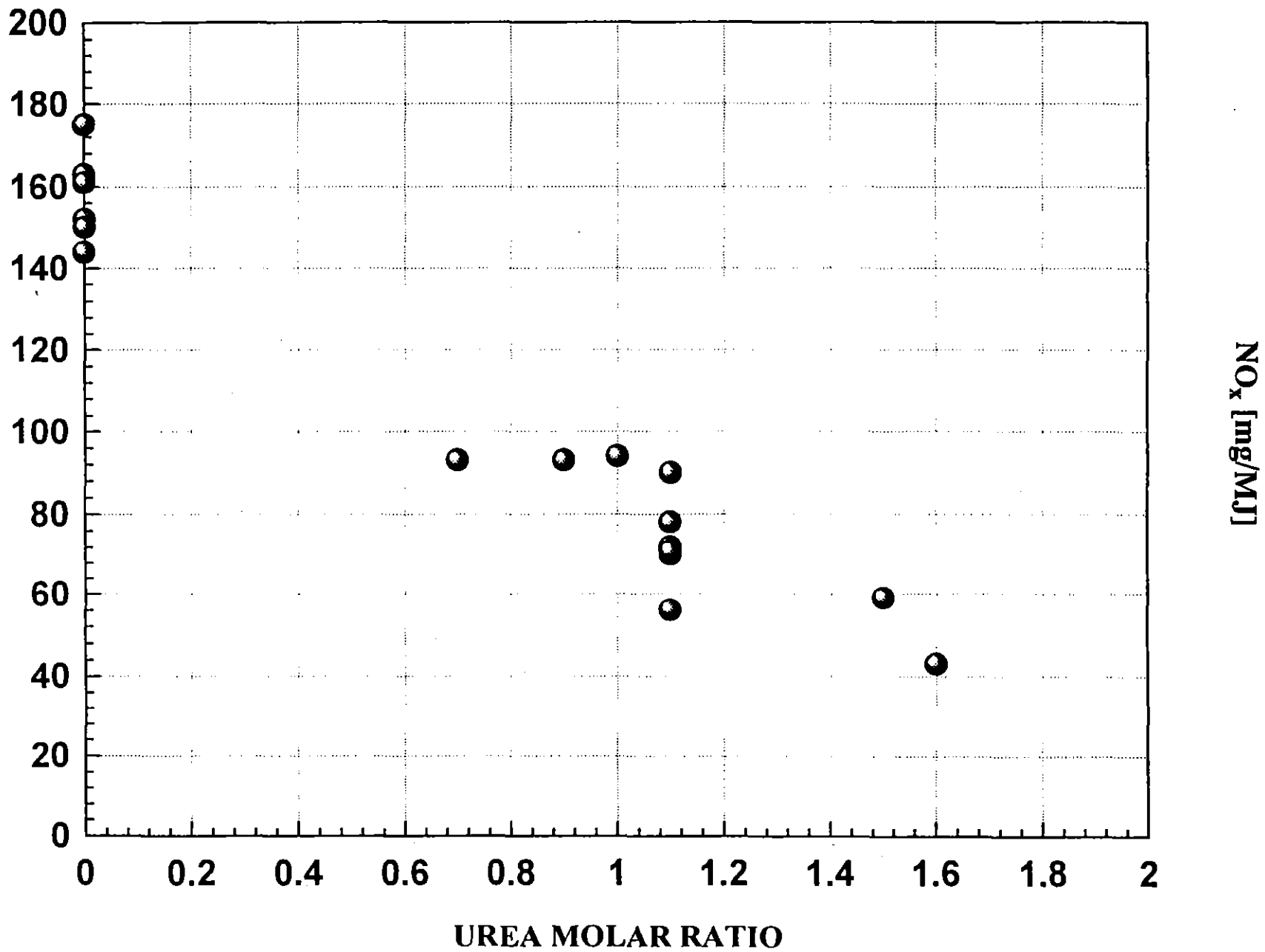
Ugn och panna i SYSAV:s avfallsvärmeverk

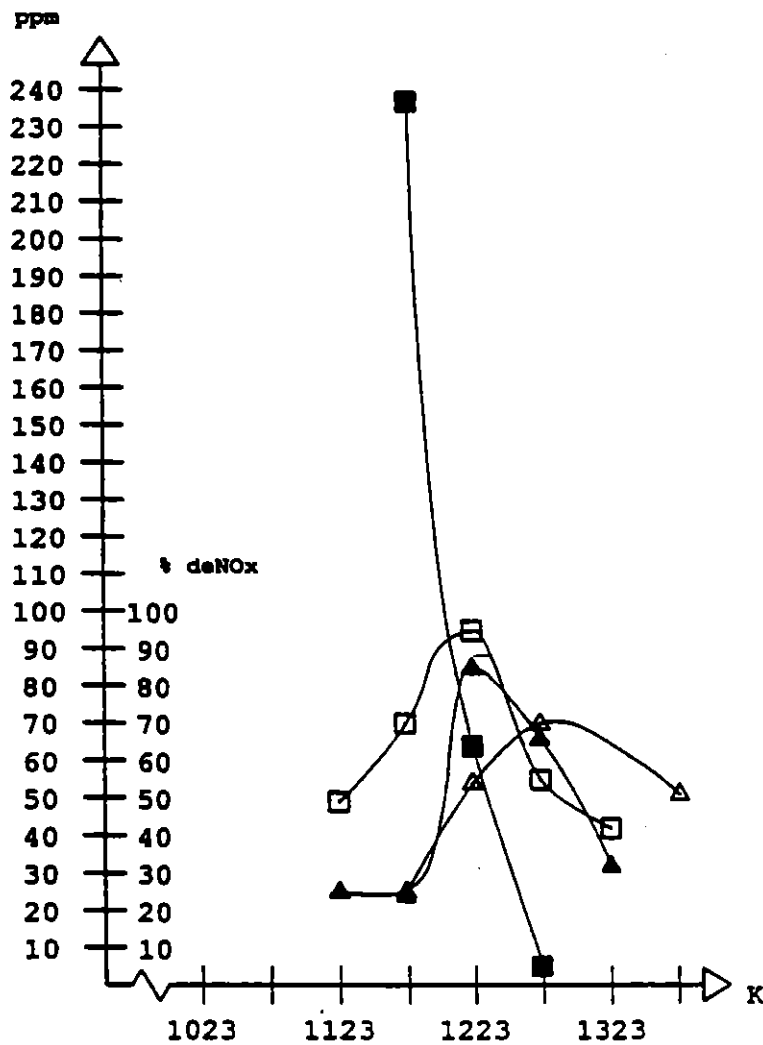
Figur 1



Figur 2

Figur 3





NO_x-reduktion (% deNO_x) samt utsläpp av NH₃, N₂O och CO som funktion av temperaturen. Urea molförhållande = 1,3

- △ NO_x-reduktion i %
- Ammoniakgenomsläpp
- ▲ Utsläpp av dikväveoxid
- Utsläpp av koloxid

Figur 4

- Case 1-3
- Case 4-12-13-16

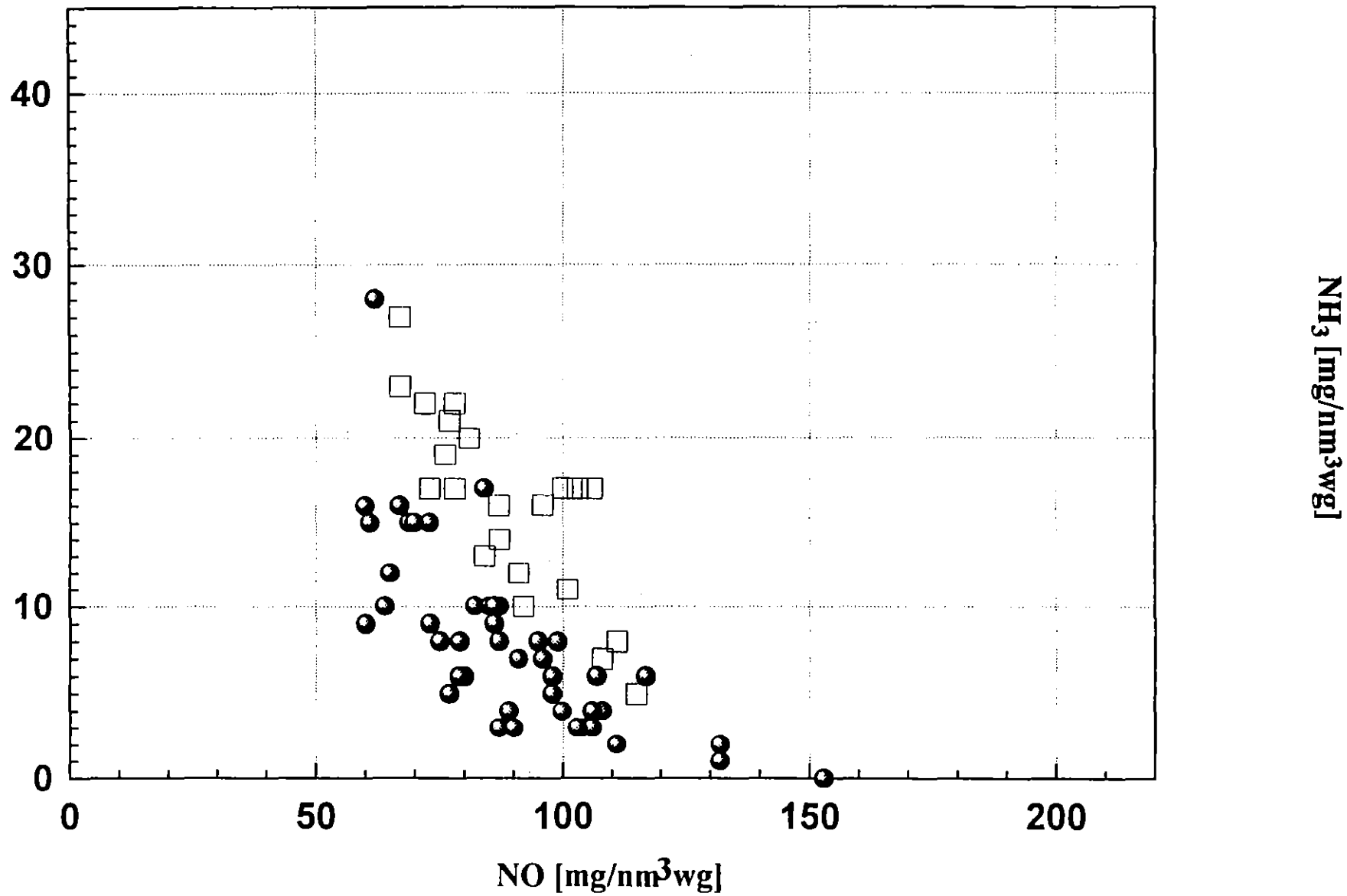


Figure 5

NH_3 [mg/nm³wg]

- Case 14-15
- Case 17-18

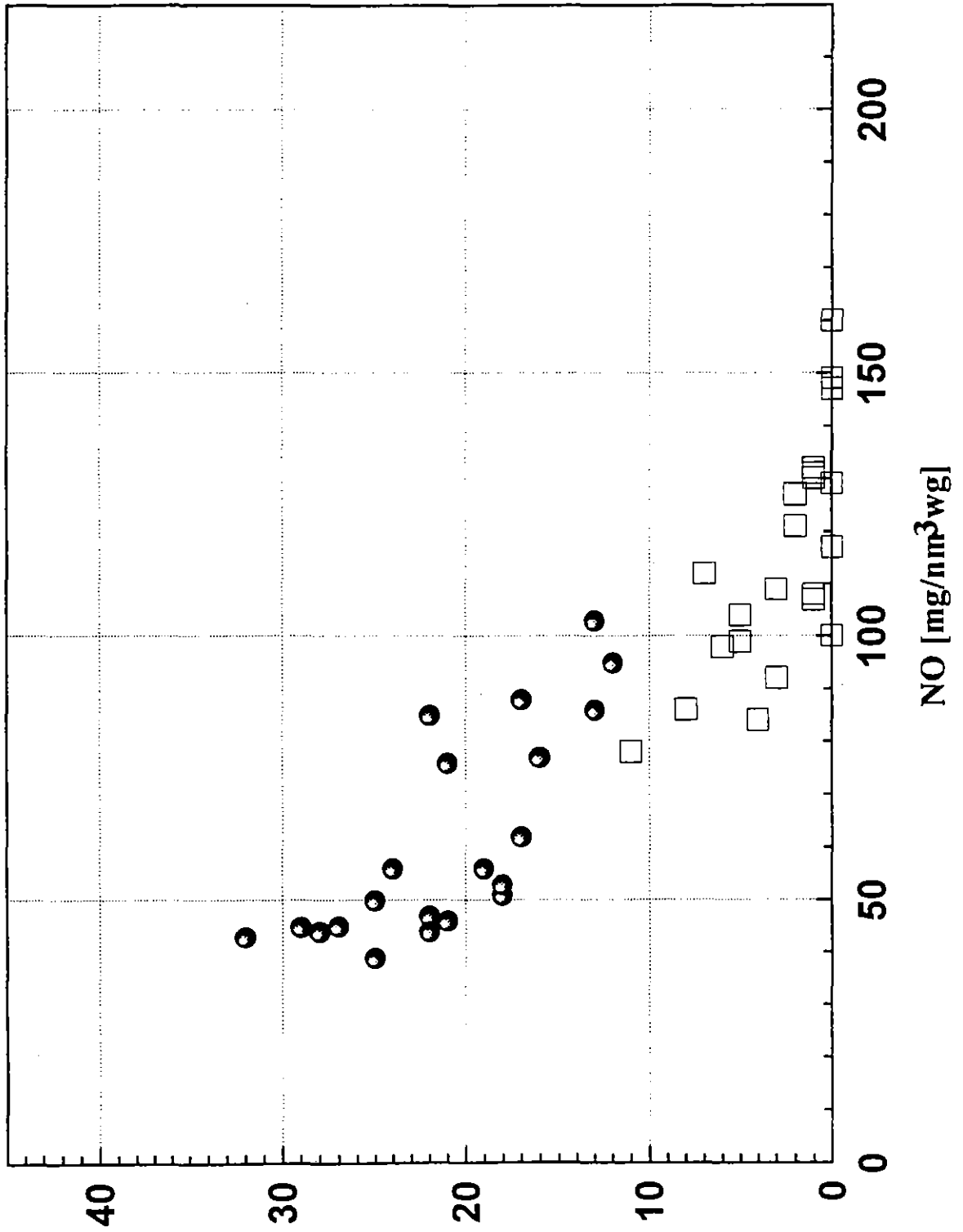


Figure 6

**INLEDANDE FULLSKALEFÖRSÖK VID SYSAV
UTVALDA DRIFTFALL**

PARAMETER	ENHET / FALL NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gasinflöde	MW	0,0	6,0	0,0	5,6	6,0	0,0	0,0	4,0	6,0
Urea molförhållande	urea mol / 2*NO mol	1,1	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stökiometri SRg	-	0,82	1,15	0,91	1,00	1,03	0,83	0,75	0,93	0,97
Stökiometri SR1	-	1,01	1,01	1,07	0,90	0,91	0,97	0,88	0,87	0,86
Stökiometri SR2	-	1,32	1,27	1,33	1,13	1,14	1,21	1,10	1,11	1,08
Primärluft (G)	nm3/h	19501	32155	29376	29645	31827	28879	29111	28941	27595
Sekundärluft (LF)	nm3/h	4725	4598	4655	4544	4623	4811	4808	4816	4734
Sekundärluft (MF)	nm3/h	747	1199	939	898	912	929	933	932	1285
Sekundärluft (UF)	nm3/h	4006	3294	2983	4382	3556	3359	3237	3233	3873
FGR/sekundärluft (LB)	nm3/h	5544	3720	5934	3956	3405	560,3	5663	3833	3673
FGR/sek.luft O2 % (LB)	vol % våt gas	20,3	8,5	20,2	8,2	7,8	19,9	19,9	7,5	7,7
Sekundärluft (MB)	nm3/h	3019	3612	3681	3584	3599	3693	3709	3703	2475
Sekundärluft (UB)	nm3/h	1320	1655	1388	1637	1634	1664	1669	1663	1623
Rökgas	knm3/h våt gas	64	76	74	73	78	77	75	76	73
Rökgas O2 %	vol % våt gas	7,7	7,4	7,2	6,9	6,5	7,0	6,5	6,0	6,1
Rökgas CO	ppm våt gas (O2=0%)	85	162	129	393	69	132	188	84	102
Ammoniakgenomsläpp	mg/nm3 våt gas	17	27	12	8	0	0	0	0	0
Kväveoxider, som NO	mg/nm3 våt gas (O2=0%)	197	156	251	195	452	487	446	422	401
Kväveoxider, som NO2	mg/MJ bränsle	71	56	90	70	163	175	161	152	144
Termisk uteffekt	MW	23,4	29,5	29,0	31,9	33,0	32,2	36,6	32,3	31,7
Avfallsbränsle	MW	28,9	32,0	37,1	34,2	35,5	40,2	44,7	36,1	33,2
Temperatur T1	grader C	900	952	914	1065	986	980	1141	984	972
Temperatur T2	grader C	819	835	853	887	913	897	954	911	896
Temperatur Tt	grader C	628	728	719	709	726	692	722	716	715
Urea (MB)	l/h	39	46	45	44	0	0	0	0	0
Urea (UB)	l/h	77	90	89	88	0	0	0	0	0
Urea (UF)	l/h	39	46	45	43	0	0	0	0	0
Urea totalt	l/h	155	182	179	175	0	0	0	0	0

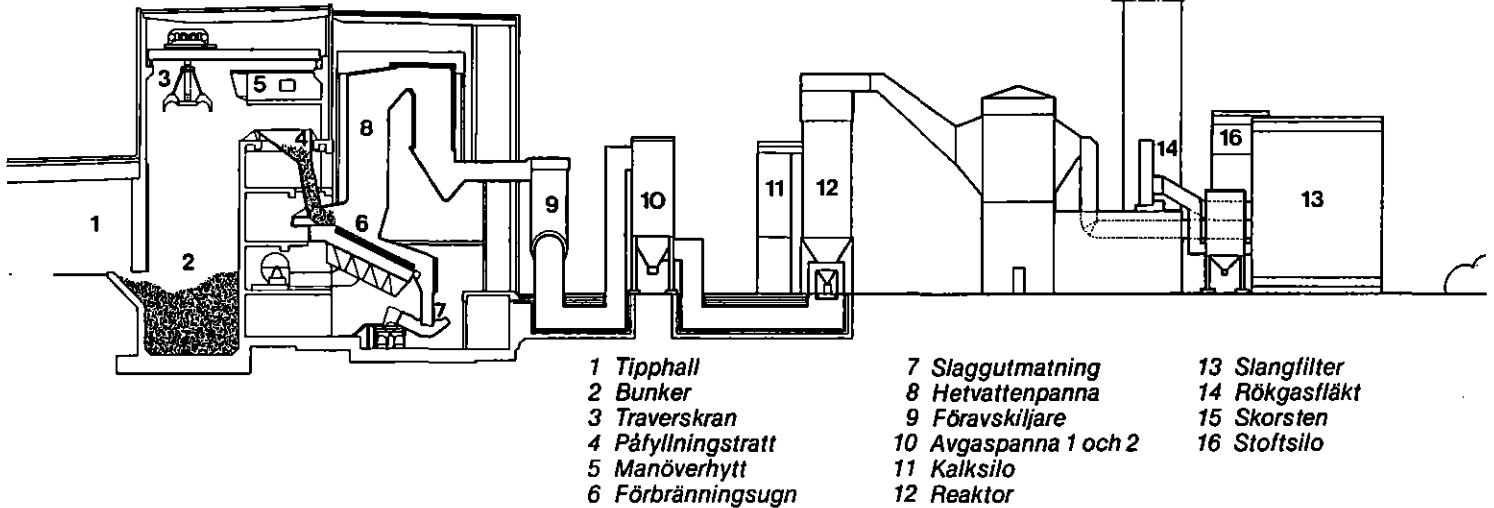
**INLEDANDE FULLSKALEFÖRSÖK VID SYSAV
UTVALDA DRIFTFALL**

PARAMETER	ENHET / FALL NR	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gasinflöde	MW	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Urea molförhållande	urea mol / 2*NO mol	0,0	1,0	1,1	1,1	0,7	0,9	1,1	1,5	1,6
Stökiometri SRg	-	1,09	1,01	0,98	0,98	1,00	0,98	1,01	0,90	0,84
Stökiometri SR1	-	0,90	0,90	0,87	0,87	0,89	0,87	0,90	0,79	0,74
Stökiometri SR2	-	1,14	1,13	1,09	1,08	1,12	1,10	1,14	0,95	0,90
Primärluft (G)	nm3/h	30125	30822	30083	30217	30706	30790	30789	26330	23854
Sekundärluft (LF)	nm3/h	4648	4658	4383	4322	4607	4597	4655	1315	995
Sekundärluft (MF)	nm3/h	965	973	913	894	972	968	971	1362	1409
Sekundärluft (UF)	nm3/h	4032	3905	6104	6536	4015	4197	4133	7555	7650
FGR/sekundärluft (LB)	nm3/h	3514	3675	3582	3614	3603	3604	3672	2704	2713
FGR/sek.luft O2 % (LB)	vol % våt gas	7,8	7,8	7,8	7,8	8,0	7,8	8,0	8,1	8,0
Sekundärluft (MB)	nm3/h	3697	3720	3521	3474	3722	3698	3713	3626	3632
Sekundärluft (UB)	nm3/h	1759	1777	1556	1536	1646	1642	1583	1641	1647
Rökgas	knm3/h våt gas	75	76	78	78	76	77	77	76	74
Rökgas O2 %	vol % våt gas	6,2	6,0	6,5	6,6	6,8	6,5	6,5	7,0	6,9
Rökgas CO	ppm våt gas (O2=0%)	62	99	98	117	83	154	198	287	383
Ammoniakgenomsläpp	mg/nm3 våt gas	0	15	10	10	1	4	4	19	23
Kväveoxider, som NO	mg/nm3 våt gas (O2=0%)	417	261	199	196	259	258	216	164	121
Kväveoxider, som NO2	mg/MJ bränsle	150	94	72	71	93	93	78	59	43
Termisk uteffekt	MW	32,0	32,8	33,2	33,4	33,4	34,0	32,8	32,7	32,3
Avfallsbränsle	MW	31,9	34,9	35,5	35,7	35,4	36,1	34,9	34,5	33,7
Temperatur T1	grader C	987	1016	1013	1035	1048	1066	1001	1063	1039
Temperatur T2	grader C	899	899	932	935	941	932	899	901	855
Temperatur Tt	grader C	705	713	736	734	735	700	702	712	715
Urea (MB)	l/h	0	0	0	0	0	56	123	79	0
Urea (UB)	l/h	0	0	60	60	122	103	61	0	82
Urea (UF)	l/h	0	168	127	126	0	0	0	176	174
Urea totalt	l/h	0	168	187	186	122	159	184	255	256

AVFALL GER FJÄRRVÄRME

SYSAV svarar för den regionala avfallshanteringen i Sydvästra Skåne. Brännbart hushålls- och industriavfall tas om hand vid Malmö avfallsverk. Anläggningen som består av två ugnslinjer togs i drift 1973. För att ytterligare minska rökgasutsläppen kompletterades befintlig rening med avancerad rökgasrening 1981. Två år senare infördes ytterligare avgaspannor, för att öka värmeutbytet från soporna.

Malmö avfallsverk producerar ca 500.000 MWh årligen i form av hetvatten. Detta motsvarar 25% av fjärrvämebehovet i Malmö—Burlöv. I anslutning till förbränningsanläggningen finns också en mindre specialugn för kremering av riskavfall, döda smådjur, mm och en särskild gaseldad hetvattenpanna som eldas med gas från avfallsupplaget.



- 1 Tiphall
- 2 Bunker
- 3 Traverskran
- 4 Påfyllningstratt
- 5 Manöverhytt
- 6 Förbränningsugn

- 7 Slaggutmatning
- 8 Hetvattenpanna
- 9 Föravskiljare
- 10 Avgaspanna 1 och 2
- 11 Kalksilo
- 12 Reaktor

- 13 Slangfilter
- 14 Rökgasfläkt
- 15 Skorsten
- 16 Stoftsilo

TEKNISKA DATA

Läge	Spillepengen. Tel 040-93 64 55
Senaste tillstånd	Koncessionsnämnden för miljöskydd 1986-09-19
Idrifttagande	1973 (2 enheter)
Utbyggnad	1981 (rökgasrening) 1983 (avgaspannor)
Kapacitet	2 x 14 ton/tim
Anslutna invånare	470.000
Avfallsförbränning	220.000 ton/år
Drifttid	Kontinuerligt treskift, ca 8.000 tim/år
Vågar	5 st Flintab
Bunker	11.000 m ³
Traverser	3 st Århus, 1 st Kone
Förbränningsrost	Martin återskjutrost bruttovärmelast 2 x 40 MW förbränningstemp ca 1.000°C
Pannor	Wagner-Biro 2 x 32 MW Generator 2 x 3,75 MW

Värme utnyttjande	Fjärrvärme, ca 500.000 MWh/år
Värmeutbyte	2,4 MWh/ton avfall
Slagg, aska	Martin slaggläckare slagg till sortering ca 60.000 ton/år aska till deponering ca 4.000 ton/år
Rökgasrening	Cyklon, kalkreaktor (torrt system), slangfilter, Fläkt Industri
Skorsten	Betong, höjd 74 m
Utsläpp	Stoft 10 mg/nm ³ Klorväte 150 mg/nm ³ Kviksilver 0,005 mg/nm ³ Dioxiner icke mätbara, mindre än 0,1 ng/nm ³
Tryck 16 atö, hetvattentemp in	120°C och ut 160°C, rökgastemp efter skorsten 140°C

SYSAV

Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag
Östergatan 30, 211 22 Malmö Tel. 040-10 19 20

94-11-28

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
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 Driftekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa 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
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100

94-11-28

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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 AF-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
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150

94-11-28

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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 reburning med naturgas. Full- skaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonserterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med läggingsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material 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
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150

94-11-28

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings.(På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Center of Gas Technolog	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karl, DGC Per-Åke Gustafsson, Miljökonsult	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare	Nov 94	Johansson, M Stenström S m fl Lunds Tekniska Högskola	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

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