
Rapport SGC 038

**NO_x-REDUKTION GENOM "REBURNING"
MED NATURGAS**

**Fullskaleförsök vid SYSAV:s avfalls-
värmeverk i Malmö**

Jan Bergström

Miljökonsulterna i
Studsvik AB

Augusti 1993



Rapport SGC 038
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--38--SE

Rapport SGC 038

**NO_x-REDUKTION GENOM "REBURNING"
MED NATURGAS**

**Fullskaleförsök vid SYSAV:s avfalls-
värmeverk i Malmö**

Jan Bergström

Miljökonsulterna i
Studsvik AB

Augusti 1993



SGC:s FÖRORD

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

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat och dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

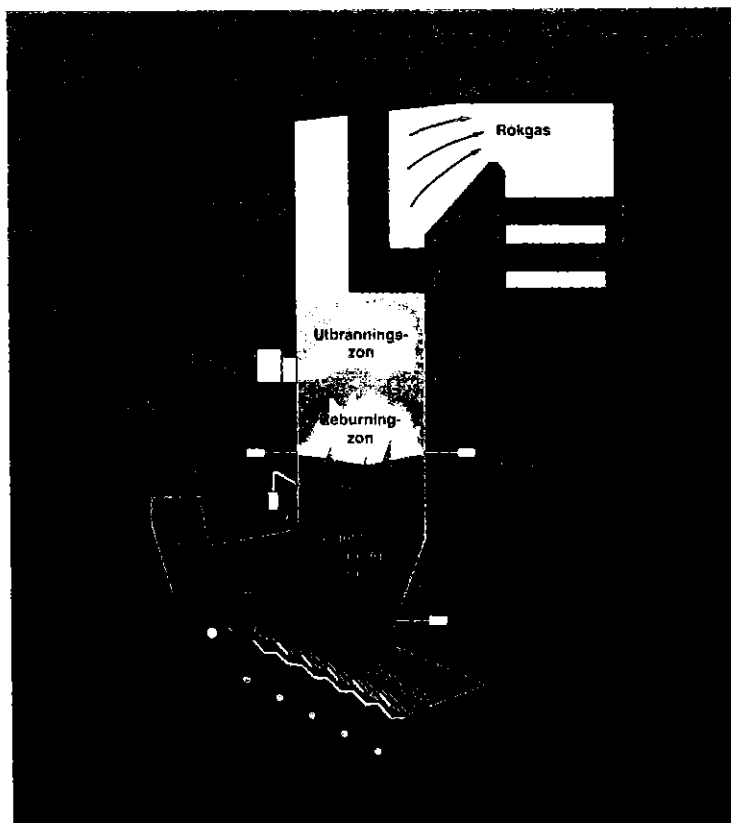
Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Thunell

NO_x REDUKTION GENOM "REBURNING" MED NATURGAS

**FULLSKALEFÖRSÖK VID SYSAV:s
AVFALLSVÄRMEVERK I MALMÖ**



RAPPORT MKS-93/53

MILJÖKONSULTERNA

F Ö R O R D

SYSAV beslutade i december 1991 att tillsammans med åtta medfinansiärer genomföra ett fullskaleförsök vid Malmö avfallsvärmeverk för att reducera kväveoxider (NO_x) i rökgaserna.

Metoden i detta fullskaleförsök benämnes "Reburning" som innebär att naturgas/ /deponigas tillsättes i eldstaden för att skapa en reducerande zon.

Reburningmetoden har provats i USA i laboratorieskala och ett fullskaleförsök med avfallsförbränning som då visat på en NO_x- reduktion upp till 60% med måttlig gastillsats.

Målsättningen i detta fullskaleförsök var att uppnå en NO_x- reduktion på minst 50% utan att andra skadliga ämnen i rökgaserna ökade.

Total budget för projektet är 8,5 miljoner svenska kronor.

För projektets övergripande ansvar och ledning tillsatte finansiärerna en styrgrupp med följande sammansättning:


Kaj Jönsson	ordförande	SYSAV
Jörgen Thunell	sekreterare	SGC
Kerstin Larsson		NUTEK
Karin Persson		SEU
Bo Drougge		Naturvårdsverket
Bent Karl		NGC (representerar även GRI)
Christer Pettersson		REFORSK
Kjerstin Ekvall		RVF

För projektets praktiska genomförande tillsattes en projektgrupp med följande sammansättning:

Erik Nord	projektledare	SYSAV
Kaj Jönsson	bitr proj ledare	SYSAV
Juhani Sirviö		SYSAV
Bent Karl		NGC
Lars Nilsson		Sydgas

Installationer för reburningsystemet och fullskaleförsök har utförts under 1992 och som resulterat i denna slutrapport.

Malmö juni 1993
SYSAV AB


Kaj Jönsson
Ordförande i styrgruppen


Erik Nord
Projektledare

1993-08-18

SAMMANFATTNING

Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag (SYSAV) har i Malmö ett avfallsvärmeverk med två rosteldade ugnar som årligen förbränner 220 000 t hushålls- och industriavfall. Sedan 1991 är ugnarna utrustade med ureadosering för reduktion av kväveoxiderna.

Som alternativ eller komplement till ureadoseringen beslöt SYSAV på hösten 1991 att tillsammans med ett antal medfinansierande organisationer i full skala prova sk reburning med naturgas. Reburning innebär att man med dosering av naturgas åstadkommer en reducerande zon i ugnen där de kväveoxider som bildats vid avfallsförbränningen ombildas till kvävgas. Efter den reducerande zonen tillsätts förbränningsluft i tillräcklig mängd för att slutförbränning skall uppnås.

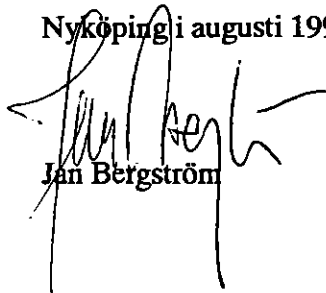
Projekteringen av reburningsystemet utfördes av Energy and Environmental Research Corporation (EER) i Kalifornien, USA i samarbete med Nordisk Gasteknisk Center i Danmark. I projekteringen ingick även modifikationer av ugnens luftportar samt komplettering med rökgasåterföring till ugnens eldstad.

Målsättningen med projektet var att visa att man med de nämnda åtgärderna skulle kunna sänka NO_x -halten i rökgaserna från normala ca 350 mg/m^3 till mindre än 175 mg/m^3 dvs med minst 50% (m^3 avser norm torr gas vid 10% CO_2).

Proven visade att vid en dosering av naturgas motsvarande 20% av bränseffekten i ugnen i kombination med rökgasåterföring, kunde NO_x -halten i rökgaserna begränsas till 160 mg/m^3 . Dock var då ugnsdriften mindre stabil än tidigare och frekvensen av CO-toppar högre.

NO_x -halten 160 mg/m^3 motsvarar i SYSAV-fallet ett NO_x -utsläpp av 75 mg/MJ bränsle (naturgas och avfall). Samma utsläppsnivå erhålles vid en dosering av 4 kg urea per ton avfall i ugnen.

Nyköping i augusti 1993



Jan Bergström



MILJÖKONSULTERNA

Miljökonsulterna i Studsvik AB, Box 154, (Ö Längdg 7)
611 24 NYKÖPING Tel: 0155-22 25 00 Fax: 0155-21 03 84

1993-08-18

SUMMARY

Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag (SYSAV) operates a waste-to-energy plant in Malmö with two units, incinerating 220.000 tons/year of municipal and industrial waste. These furnaces are since 1991 equipped with urea injection to reduce emissions of nitrogen oxides.

In the autumn of 1991 SYSAV decided together with a number of co-funding organizations to perform full-scale testing of "reburning" with natural gas, as an alternative or complement to urea injection. Reburning means injection of natural gas to produce a reducing zone in the furnace where already formed nitrogen oxides are converted to nitrogen. Combustion air in sufficient quantity to accomplish complete combustion is added after the reducing zone.

The reburning system was designed by the Energy and Environmental Research Corporation (EER) in California, USA, in co-operation with the Nordic Gas Technology Centre in Denmark. In the design were also included modifications of the air jets of the furnace and supplementing with flue gas recirculation to the furnace.

The aim of the project was to demonstrate that the above mentioned measures could reduce the concentration of nitrogen oxides in the flue gas from normal 350 mg/m³ down to less than 175 mg/m³, i.e. with more than 50% (m³ means standard dry gas corrected to 10% CO₂).

The results showed that with injection of natural gas corresponding to 20% of the thermal input to the furnace and in combination with flue gas recirculation it is possible to reduce the concentration of nitrogen oxides in the flue gas to 160 mg/m³. The operating conditions of the furnace were however less stable than before and the frequency of carbon monoxide peaks increased.

160 mg/m³ of nitrogen oxides correspond for SYSAV to an emission of 75 mg/MJ thermal input (waste and natural gas). The same emission level is achieved with injection of four kg of urea per ton of waste.

1993-08-18

INNEHÅLL

	<u>Sid</u>
FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
INNEHÅLL	5
1 INLEDNING	6
1.1 Allmänt	6
1.2 Målsättning	6
1.3 Projektet	7
1.4 Slutrapporten	7
2 BAKGRUND - REBURNING	8
2.1 Reburning-processen	8
2.2 Olmsted-försöken	9
3 SYSAV-PROJEKTET	11
3.1 Bakgrund	11
3.2 Första förslaget till reburninginstallation	12
3.3 Förväntad NO _x -reduktion	14
4 GENOMFÖRANDE AV PROJEKTET	16
4.1 Dimensionering	16
4.2 Beräkningsresultat	19
4.3 Konstruktion och planläggning	19
4.4 Driftresultat	20
4.4.1 Testkörning 1	22
4.4.2 Testkörning 2	24
5 SLUTSATSER	28
5.1 Primärförbränningen	28
5.2 Den reducerande zonen	28
5.3 Slutförbränning	29
5.4 Drifterfarenheter	29
5.5 Måluppfyllelse för projektet	30
6 ALTERNATIVA NO _x -REDUKTIONSMETODER	31
6.1 SNCR för NO _x -reduktion	31
6.2 METHANE de NO _x	31
6.3 Kombination SNCR/Reburning	34

Referenser

Bilagor

1993-08-18

1 INLEDNING

1.1 Allmänt

Försumning och gödningsverkan genom de kväveoxider (NO_x) som släpps ut vid förbränning är konstaterad och åtgärder för att minska NO_x -utsläppen är prioriterade. Avfallsvärmeverken bidrar endast med en liten del av utsläppen i Sverige, men kraftiga begränsningar fastställs numera som villkor vid miljöprövning. Från 1992 har också miljöavgift införts för utsläpp av NO_x . Intresset för att finna kostnadseffektiva metoder för NO_x -reduktion är därför stort.

Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag (SYSAV) har i Malmö ett avfallsvärmeverk med två rosteldade ugnslinjer som varje år tillsammans förbränner 220 000 ton hushålls- och industriavfall. Från pannorna levereras årligen ungefär 500 GWh värmeenergi till Malmös fjärrvärmnät. Under 1991 installerade SYSAV vid båda ugnslinjerna ureadosering för reduktion av NO_x -utsläppet. Installationen togs i drift december 1991. Systemet med direkt insprutning av urea i förbränningsrummet brukar betecknas SNCR (Selective Non Catalytic Reduction).

SYSAV var också intresserade av att låta en av sina ugnar bli värdanläggning för ett fullskaleförsök med NO_x -reduktion genom "Reburning". Reburning innebär att naturgas doseras i ugnen varvid en sekundär förbränningszon med reducerande förhållanden skapas där kväveoxider, som bildats vid förbränningen ovanför rosten bryts ner. Nordisk Gasteknisk Center hade 1991 låtit utföra en studie (1) som visade reburningteknikens användbarhet vid SYSAVs ugnar och med denna som grund beslutades att ett fullskaleförsök skulle genomföras.

1.2 Målsättning

Målet var att genom reburningsteknik och vissa andra åtgärder vid en av förbränningsugnarna reducera utsläppet av kväveoxider med minst 50% från 350 mg/m^3 till 175 mg/m^3 i rökgasen beräknat på norm, torr gas vid 10% CO_2 . Detta skulle uppnås utan att utsläppen av andra skadliga ämnen ökade eller att driftproblem uppstod.

De reducerande förhållandena i ugnen skulle skapas med naturgas och/eller deponigas som reburningbränsle. Deponigasen har ett lokalt intresse eftersom den utvinns på SYSAVs huvuddeponeringsplats helt nära avfallsvärmeverket.

1993-08-18

1.3 Projektet

Projektet var budgeterat till MSEK 8.5. Förutom SYSAV finansierades projektet av åtta samverkande organisationer. I bilaga 1 ges en kortfattad presentation av dessa.

Projektplanen var uppdelad i åtta etapper:

1. Fastställande av grundförutsättningar
2. Tekniska utredningar
3. Retrofitting av förbränningsugnen
4. Testkörning
5. Optimering av reurningprocessen
6. Utvärdering av resultat
7. Långtidsprestanda
8. Avrapportering

Projektets tidplan sträckte sig från juni 1991 till november 1992. Den innefattade en driftperiod om ca 90 dygn med gas för att studera långtids-effekterna av reurning. Denna körning genomfördes inte eftersom korttidsproven bedömdes ge tillräcklig information. Ej heller gjordes testen med deponigas på grund av otillräcklig tillgång på sådan gas.

1.4 Slutrapporten

Inom projektets ram har framtagits ett antal underlags- och delrapporter, vilket framgår av referenslistan. Dessa rapporter har legat till grund för föreliggande slutrapport som sammanställts av Miljökonsulterna i Studsvik.

I slutrapporten redovisas även Miljökonsulternas bedömningar av de uppnådda resultaten och i ett slutkapitel diskuteras tre alternativa metoder för NO_x-reduktion i avfallsvärmeverk.

1993-08-18

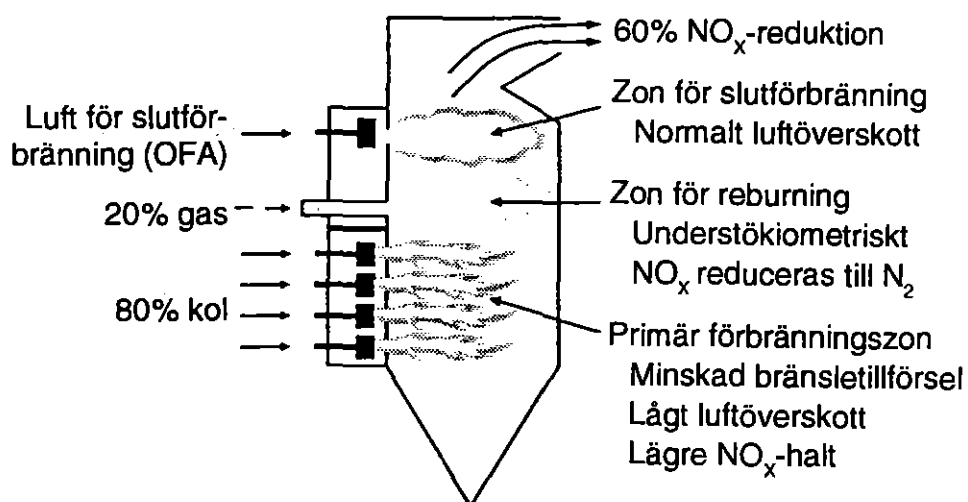
2 BAKGRUND - REBURNING

Begreppet reburning i denna rapport är hämtat från engelskans "natural gas reburning technology". För att underlätta förståelsen av projektets planering och tolkningen av resultaten ges nedan en beskrivning av reburningtekniken och av de processvariabler som påverkar NO_x -reduktionen. Vi redovisar även de fullskaleförsök som genomförts med avfall vid Olmsted avfallsvärmeverk i Rochester, Minnesota USA.

2.1 Reburning-processen

Beskrivningen av reburningprocessen är hämtad från en projektrapport publicerad av Nordisk Gasteknisk Center (3).

Det har länge varit känt att kolväteradikaler reagerar snabbt med kvävemonoxid i förbränningsgaser och under 80-talet har man försökt utnyttja detta som låg- NO_x -teknik. Genom att tillsätta ett gasformigt bränsle skapas reducerande förhållanden i ugnen innan förbränningsluft tillsätts för slutförbränningen. Därmed sker förbränningen i tre steg. Figur 1 visar reburning i en kolpulverpanna där 20% av bränseffekten utgörs av naturgas.



Figur 1
Reburningteknik vid kolpulvereldning

1993-08-18

I det första förbränningssteget eldas kol med tillräckligt luftöverskott för att undvika stor mängd oförbränt. Naturgas blandas därefter in i de heta förbränningsgaserna i en mängd som ger en bränslerik gas med kolväteradikaler och inget syre. Den bästa NO-reduktionen erhålls vid ett luftunderskott motsvarande ett stökiometriskt förhållande (SR) kring 0.9. På ett lämpligt avstånd från doseringsnivån för naturgasen tillförs förbränningsluft i den mängd som fordras för att uppnå slutförbränning med ett kontrollerat luftöverskott.

Denna trestegsförbränning är en effektiv metod att reducera NO-halten särskilt i kolpannor. Kol ger ofta en hög halt NO direkt i det första steget av förbränningen. Genom att blanda in naturgas i förbränningsgasen förbrukas syreöverskottet och naturgasen bidrar med metanradikaler som reagerar med syret i NO samtidigt som N₂ bildas. Sker reduktionen vid hög temperatur och med tillräcklig uppehållstid kan NO_x-utsläppet reduceras med upp till 70%.

Huvudbränslets sammansättning och blandningen med förbränningsluften avgör vilken temperaturnivå och vilket luftöverskott som erhålles i den förbränningsgas som avges från primärsteget. Är luftöverskottet inte större än SR = 1.1 räcker naturgas motsvarande 20% av den totala bränsleeffekten för att ge SR = 0.9 i den reducerande zonen.

Upphållstiden för gasen i den reducerande zonen är ofta en begränsande faktor då reburningstekniken appliceras i befintliga pannor. De undersökningar som finns från laboratorie- och pilotstudier med kolpulvereldning visar att 0.5 sek är tillräcklig uppehållstid. Det är dock uppenbart att den nödvändiga uppehållstiden i praktisk förbränning mycket avgörs av blandningsförhållandena mellan naturgasen och förbränningsgasen från primärzonen.

Hög gastemperatur i den reducerande zonen gynnar NO_x-reduktionen men det finns rapporter som visar bra effekt också vid så låg temperatur som 1000°C.

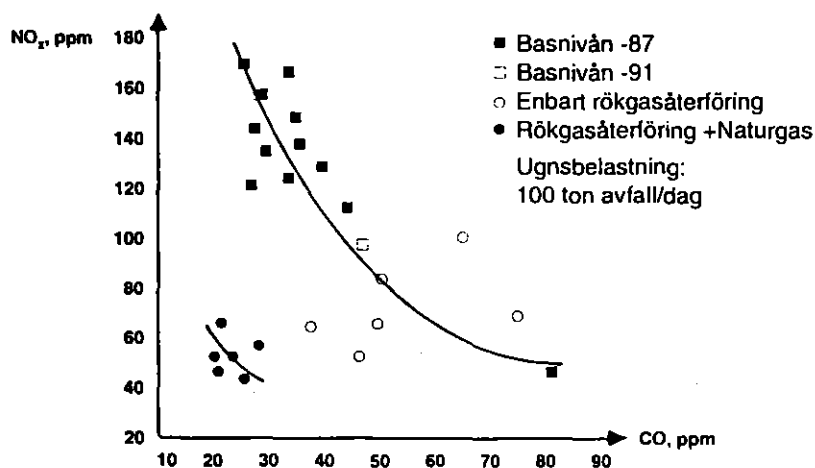
2.2 Olmsted-försöken

Ett omfattande forskningsprogram startade 1987 i USA för att undersöka möjligheterna att reducera utsläpp av NO_x från avfallsförbränning med hjälp av naturgas. Avsikten var att minimera NO_x-utsläppet genom att dosera na-

1993-08-18

turgas strax ovanför rosten i avfallsugnen och optimera driften med minimerat luftöverskott vid slutförbränningen. Forskningsprogrammet har genomförts av Institut of Gas Technology (IGT) och Riley Stoker Corporations (Riley) i samarbete med Olmsted Waste-to-Energy Facility Rochester. Arbetet har genomförts med laboratorietester vid IGT, pilotförsök vid Riley Research och fullskaletester i Olmsted. Fullskaleförsöken med reburning eller som det numera kallas METHANE de NO_x systemet genomfördes i Olmsted i december 1990 och januari 1991. De slutredovisades i december 1992 (4).

Resultaten från Olmsted var mycket goda, reduktionen av NO_x och CO sammanfattas i figur 2.



Figur 2
NO_x och CO reduktion i Olmsted

Projektledningen för SYSAV-projektet har besökt Olmsted och tagit del av erfarenheterna (5). Den ombyggda ugnen var på 12 MW och visade driftresultat motsvarande de man funnit i pilotskaleförsöken. Vid inblandning av naturgas motsvarande 12-15% av bränseffekten och 8% av rökgasen återförd till ugnen för att förbättra gasblandningen har det totala luftöverskottet kunnat minska från 100% till 40%. Förbränningen blev stabilare så att genomsnittshalten av CO halverats från 50 till 20 ppm. Åtgärderna medförde tillsammans att NO_x -utsläppet reducerats med 60%. Den emitterade rökgasen hade NO_x halten 50-60 ppm (vid 12% O_2).

METHANE de NO_x systemet behandlas vidare i rapportens sista avsnitt.

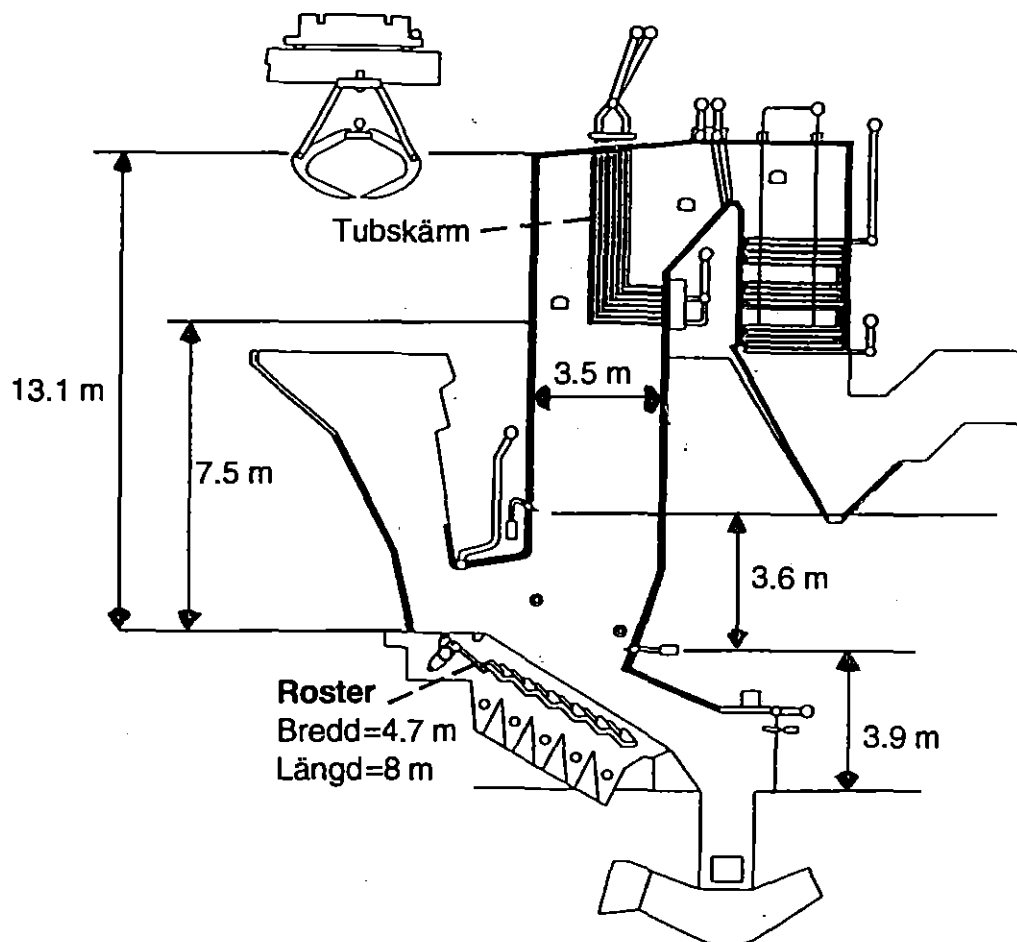
1993-08-18

3 SYSAV-PROJEKTET

3.1 Bakgrund

Då projektet beslutades förelåg förstudier från EER (1) och erfarenheterna från fullskaleförsöken vid Olmsted hade inhämtats genom studiebesöket (5).

EER konstaterar att SYSAVs anläggning är en utmärkt värdeanläggning för demonstration av reburning då osorterat hushållsavfall eldas tillsammans med brännbart industriavfall. Anläggningens utformning och avfallets sammansättning gör att resultaten kan vara giltiga för många anläggningar. Utformning av ugn och panna i Malmö framgår av figur 3. Anläggningens totala flödesschema visas i bilaga 2.



Figur 3
Ugn och panna i SYSAV:s avfallsvärmeverk

1993-08-18

EER markerar, som en möjlig svårighet, att ugnen är försedd med tubskärm i ugnstoppen vilket reducerar uppehållstiden. Man räknar dock med att det kompenseras genom att ugnen kan drivas med litet luftöverskott och hög ugnstemperatur jämfört med anläggningar i USA.

EER hänvisar till de undersökningar som refererats här då man redovisar under vilka förhållanden som NO_x -reduktion uppnås. Den mängd naturgas som behövs anges till 15-25% av den totala bränsleeffekten i ugnen.

Betydelsen av effektiv blandning av gaserna, både i reburningzonen och vid slutförbränningen, understryks. Man räknar med att det blir möjligt att reducera det totala luftöverskottet genom god blandning och ändå uppnå låg halt CO och liten halt oförbränt kol i flygaskan.

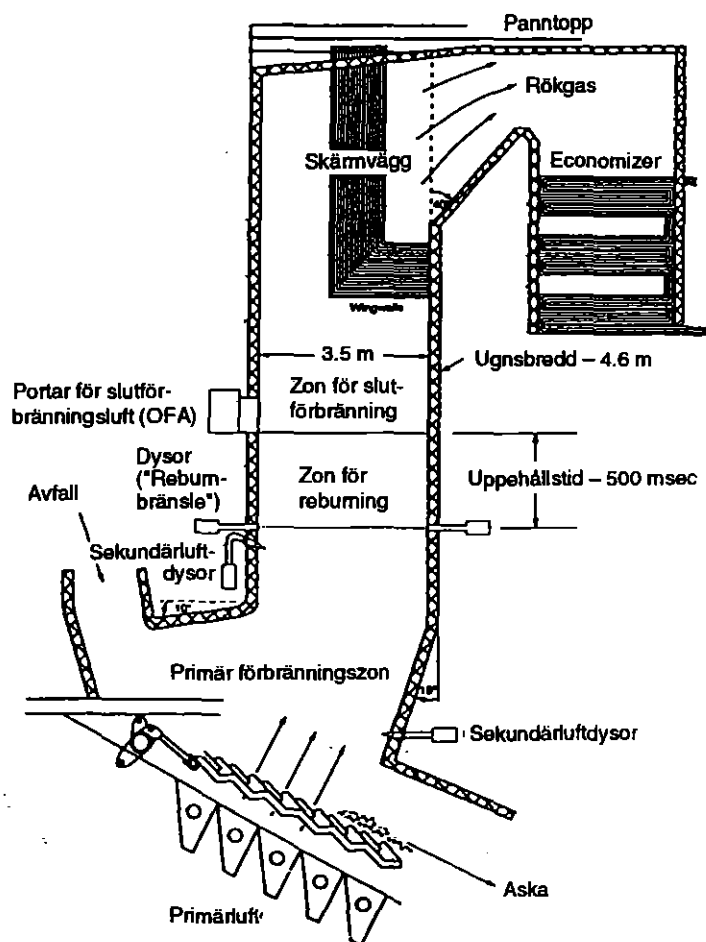
Hög temperatur i reburningzonen gynnar NO_x -reduktionen, men naturgasdoseringen skall ske på en nivå där primärluften hunnit oxidera huvuddelen av de flyktiga kolvätena från bränslebädden. Gastemperaturen där slutförbränningsluften tillförs påverkar inte reburningprocessen, men den måste vara så hög att oxidation av kolmonoxid och kolväten från reburningzonen sker.

Betydelsen av uppehållstiden i reburningzonen poängteras. Den måste vara tillräcklig för blandning av gaserna och för reburning och anges till 0.3-0.5 sekunder. EER refererar till den längre uppehållstid som IGT/Riley undersökningarna indikerat för avfallsförbränning, men konstaterar att dessa resultat beror på andra reaktioner än reburning.

3.2 Första förslaget till reburninginstallation

Baserat på de överväganden EER gjort presenterades ett förslag till utformning av reburninginstallationen. Detta framgår av figur 4.

1993-08-18



Figur 4
EERs första förslag till reburningsinstallation

EERs förslag innebär i princip att

- Naturgas doseras både vid frontvägg och bakvägg strax över nivån för sekundärluften på frontväggen.
- Rökgas återförs och blandas med naturgasen.
- Slutförbränningsluft tillförs genom nya rektangulära luftportar på frontväggen på den nivå där gasen uppnått ungefär 0.5 sekunders uppehållstid i reburningszonen.
- Sekundärluft tillförs genom de befintliga dysorna på bakväggen. Ingen sekundärluft tillförs genom de befintliga sekundärluftdysorna på frontväggen. Rökgas kan behöva tillföras för kylning av dysorna.

1993-08-18

- Rökgas kan också behöva återföras till primärluften i det fall reducerat primärluftflöde leder till överhettning av rosten.

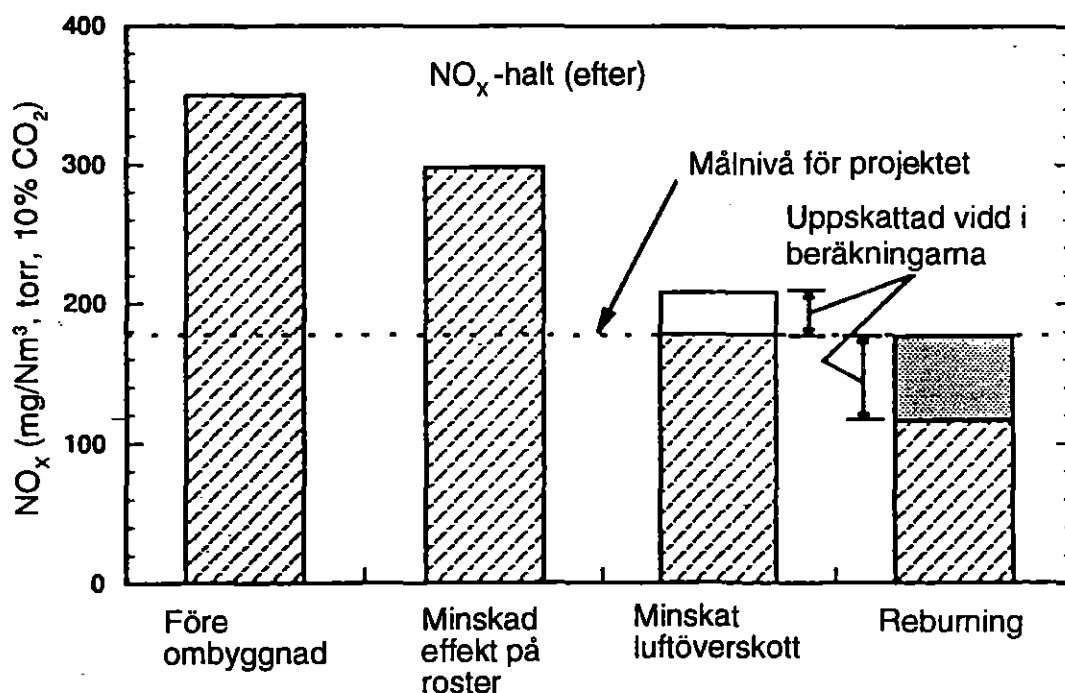
Reburningsystemet föreslås bli dimensionerat så att naturgasen utgör 23% av ugnens totala bränsleeffekt. Av rökgasflödet återförs 3% och blandas med naturgasen för att uppnå god inblandning i ugnsgasen.

3.3 Förväntad NO_x-reduktion

Den förväntade reduktionen i NO_x-halten har tre orsaker

- 1) Lägre bränsleeffekt i den primära förbränningszonen. Eftersom pannans totaleffekt är begränsad måste den tillkommande effekten i reburningzonen kompenseras genom motsvarande lägre effekt i den primära förbränningszonen.
- 2) Minskat luftöverskott i slutförbränningszonen
- 3) Reburningen

Förhållandena illustreras i figur 5.



Figur 5
Förväntad NO_x-reduktion

1993-08-18

Den minskade bränsleeffekten i den primära förbränningszonen beräknas sänka NO_x -halten från 350 till 300 mg/nm^3 . Den sammansatta effekten av minskat luftöverskott i slutförbränningen och reurning beräknas med lätthet ge halvering av NO_x -halten till 175 mg/nm^3 . Den beräknade effekten av alla faktorer som bidrar till NO_x -reduktionen borde kunna ge en NO_x -halt ner mot 100 mg/nm^3 (torr gas vid 10% CO_2).

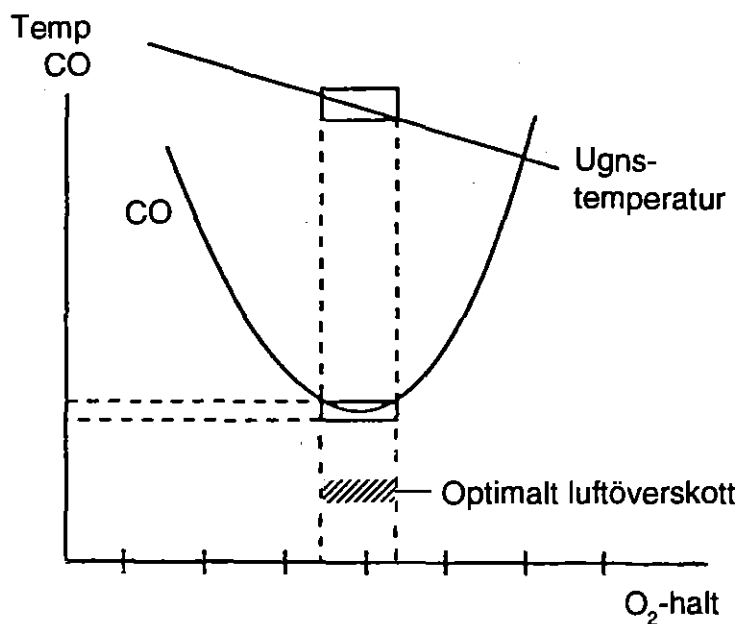
1993-08-18

4 GENOMFÖRANDE AV PROJEKTET

4.1 Dimensionering

Då projektet etablerats utförde EER tillsammans med SYSAV de studier vid anläggningen som gav underlag för den slutliga dimensioneringen och projekteringen av reburningsystemet. Arbetet redovisas i en separat rapport (6). Utformningen av anläggningen för reburning komplicerades något genom att SYSAV samtidigt installerade SNCR systemet med ureadosering.

Basdata för utformningen av reburningsystemet togs fram genom mätningar i anläggningen. Den styr- och reglerstrategi som används vid anläggningen innebär att luftöverskottet kontrolleras inom ett givet intervall med låg CO-halt genom att styra matningen av avfallsflödet till rosten. Sambandet O_2 , CO och ugnstemperatur åskadliggörs i figur 6.

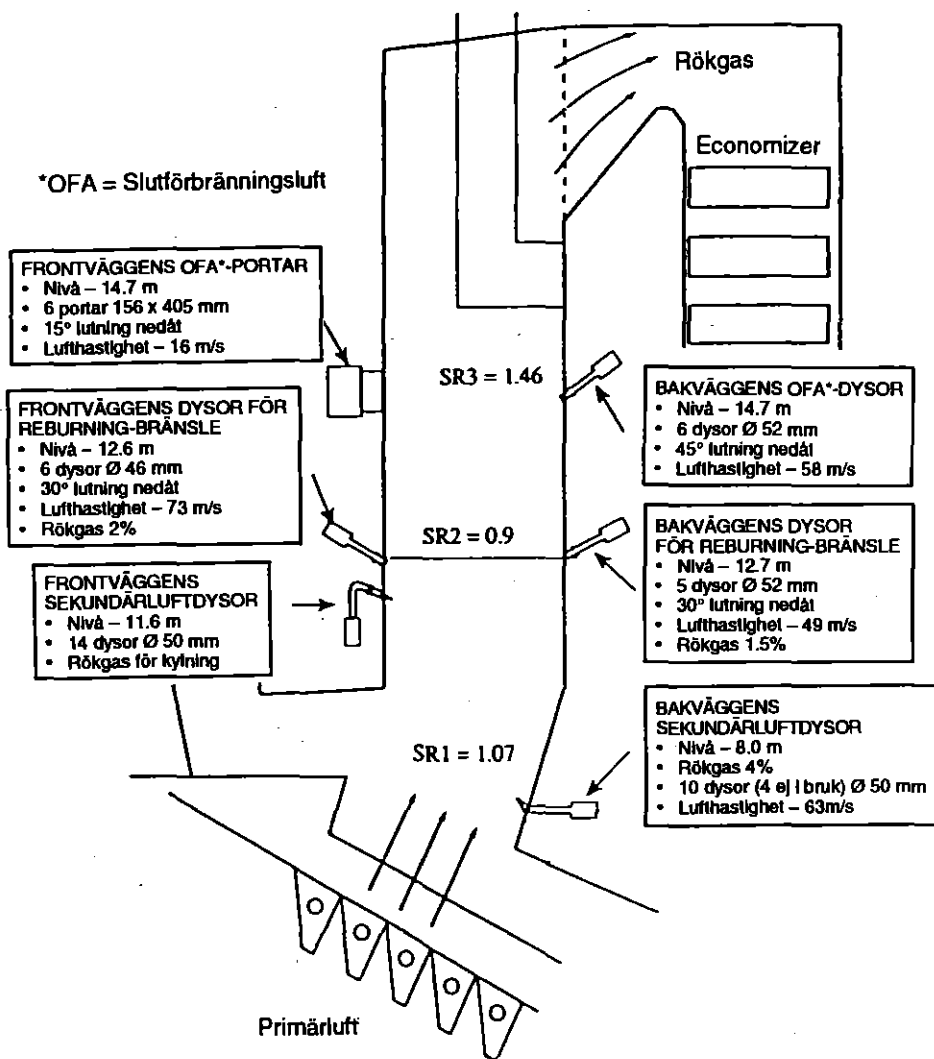


Figur 6
Styr- och reglerparametrar

Processutformningen för reburning fastställdes genom att strömningsförhållandena i ugnen simulerades i en plexiglasmodell. De termiska förhållandena i ugnen och värmebelastningen på tuberna simulerades i datormodeller. Med stöd av resultaten från modellstudierna bestämdes utformning och placering

1993-08-18

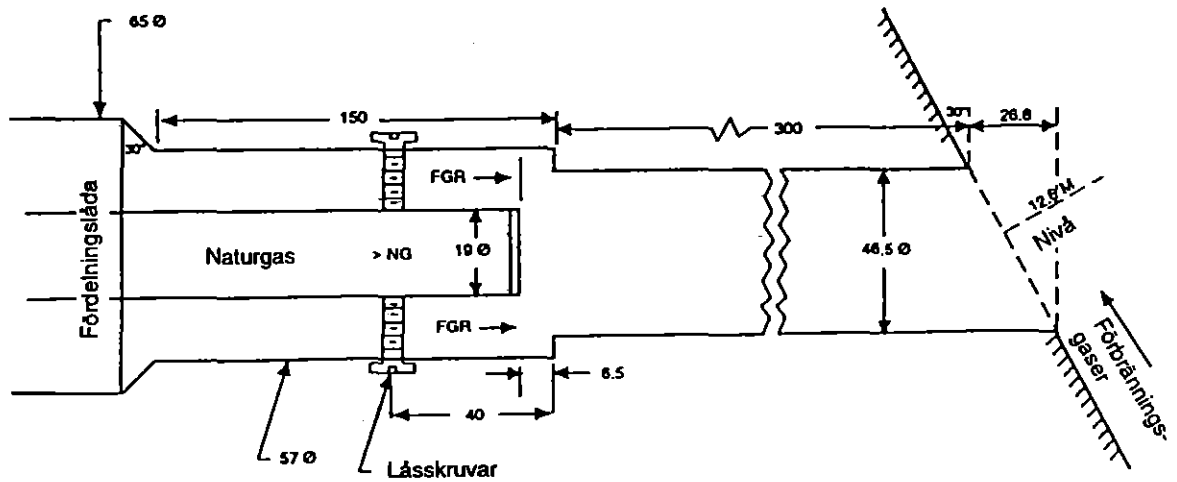
av dysorna för tillförsel av recirkulerad rökgas, naturgas och förbränningsluft i ugnen. Figur 7 visar en sammanställning av de viktigaste dimensionerade data som EER föreskrev för projektet.



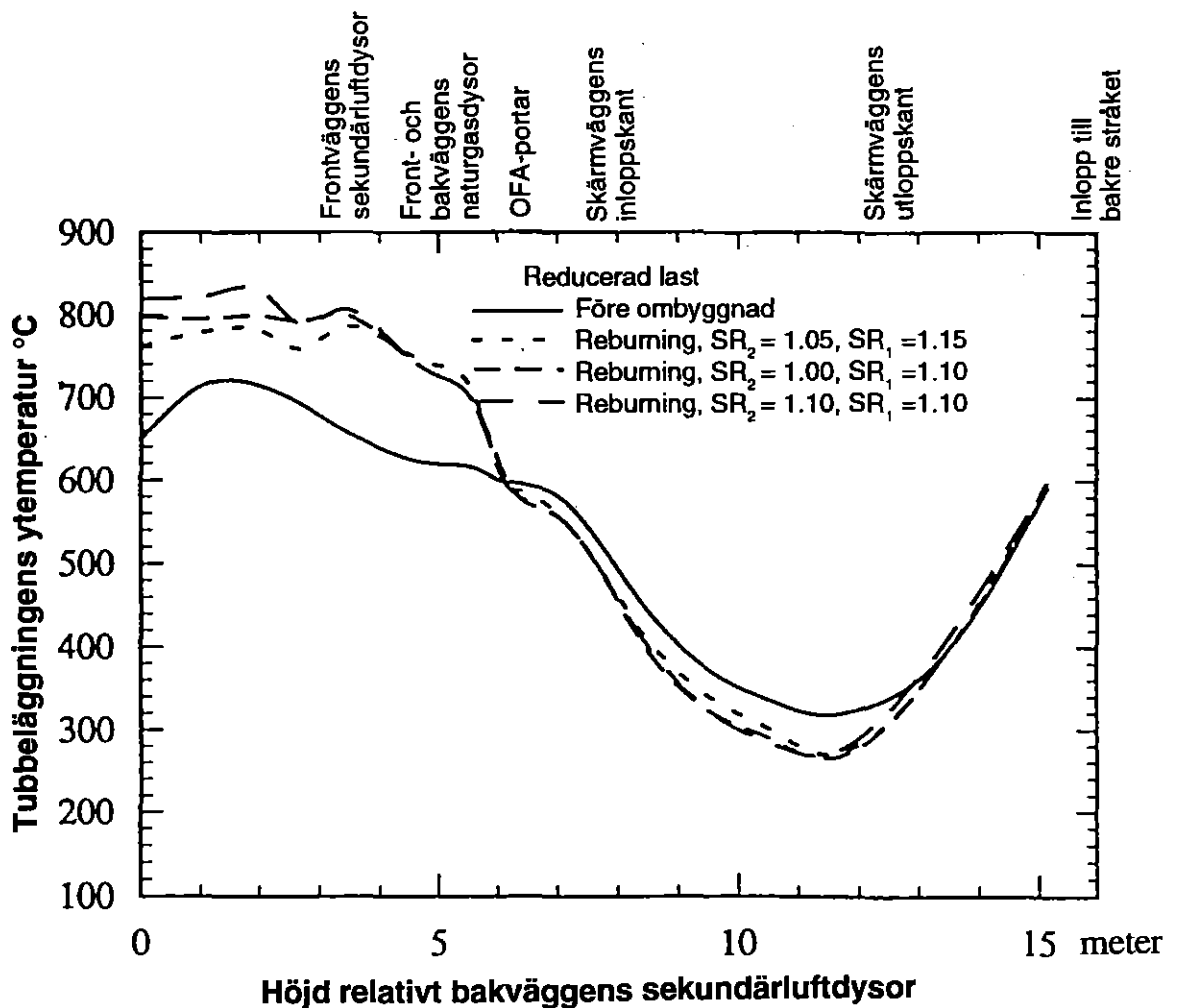
Figur 7
Slutlig processutformning

Figur 8 visar utformningen av dysorna för naturgas med rökgasåterföring med placering på frontväggen. Dysutformningen och placeringen valdes för att ge den bästa fördelningen av luft, rökgas och naturgas med stöd av modellförsöken.

1993-08-18



Figur 8
Dysa för naturgas och rökgas



Figur 9
Yttemperatur i ugnen vid olika fall av reburning med reducerad last

1993-08-18

4.2 Beräkningsresultat

EER beräknade temperaturprofilen i ugnen för ett antal olika driftfall. Ett exempel framgår av figur 9. Figuren visar att temperaturen på ugnsväggen enligt modellberäkningen höjs ungefär 100°C i ugnens nedre del vid drift med reburning jämfört med före ombyggnad. Någon ökad temperatur förväntades inte uppstå uppe vid skärmväggen. Temperaturnivån ökar med den termiska lasten men temperaturprofilen ser ungefär likadan ut oberoende av lasten.

SINTEF i Norge genomförde oberoende av EER en matematisk modellering av förhållandena i SYSAVs ugn med reburning (7). Man simulerade sex olika driftfall. Resultaten visade att god blandning av gaserna kunde förväntas i den reducerande zonen men sämre i slutförbränningszonen. Modellen förutsade att höga temperaturopppar skulle uppstå nära skärmväggen samtidigt med höga halter kolmonoxid.

4.3 Konstruktion och planläggning

Detaljkonstruktion med framtagning av ritningar för naturgas/deponigassystemet, rökkanaler, säkerhetsutrustning samt mät- och reglerutrustning utfördes av SYSAV i samarbete med Sydkraft Konsult AB i Malmö. Ett P&I-diagram för processen redovisas i bilaga 3. En detaljerad funktionsbeskrivning upprättades för anläggningens styr- och reglersystem av Sören Lundh Konstruktionsbyrå AB (8).

Installationsarbetet var krävande eftersom tillgängligt utrymme för ledningsdragning var begränsat i anläggningen. Intrimningen av systemen och iordningställande av processdatorfunktionen för mät- styr- och reglerutrustning blev tidskrävande. Anläggningen var klar för intrimning i maj och för provdrift i juli 1992.

NGC genomförde en planläggning för utprovning av reburningsystemet. Det var ett omfattande mätprogram som skulle klarlägga gränserna för reburningdriften och fastställa optimala driftförhållanden (9). De huvudparametrar som skulle studeras var ugnbelastning, luftöverskottet i primärzonen och stökiometrin i reburningzonen. Försöken planerades att omfatta totalt 27 olika driftfall. Programmet innehöll omfattande provtagning och mätning av alla parametrar av intresse för att utvärdera reburningen. Mätningarna skulle även visa hur reburning påverkar gassammansättning och oförbränt i flygaskan. För

1993-08-18

samtliga driftfall ingick i provprogrammet att bestämma förekomsten av dioxiner i rökgasen efter pannan. Genom utvärderingar av resultaten från provprogrammet skulle de optimala förhållandena för långtidsprestanda bestämmas. Mätningarna enligt denna planläggning kom inte till genomförande eftersom tillräckligt stabila förbränningsförhållanden inte uppnåddes.

4.4 Driftresultat

I april 1992 togs anläggningen i drift sedan ombyggnader och kompletteringar av utrustningen genomförts enligt projektplanen. Kalibrering av mätdonen och intrimning av styr- och reglersystemen tog längre tid än beräknat varför den första testkörningen med naturgas inte kom till stånd förrän i juli 1992.

För att den modifierade ugnen skulle kunna eldas med enbart avfall måste ett basdriftfall utan naturgas etableras direkt efter ombyggnaden. Med den nya utformningen av dysor och luftportar i ugnen kunde nämligen inte godtagbar slutförbränning uppnås med rökgasåterföring. Därför utfördes ett extra arrangemang så att luft och rökgas i valfri blandning kunde tillföras ugnen genom dysorna för rökgasåterföringen.

Med primärluften omfördelad så att större andelar tillfördes de två första rosterzonerna och med enbart luft i dysorna för rökgasåterföring kunde ett godtagbart basdriftfall etableras. Tabell 1 visar typiska data för basdriftfallet.

1993-08-18

Tabell 1
Basdriftfall

Storhet	Värde	Enhet
Panneffekt	28	MW
Primärluft	33000	nm ³ /h
Sekundärluft		
slutför- bränning	3300	nm ³ /h
fram	0	nm ³ /h
bak	1500	nm ³ /h
Recirkulation (luft)		
totalt	9000	nm ³ /h
fram	1900	nm ³ /h
bak	1100	nm ³ /h
Eldstadstemperatur	850	°C
Bränsleeffekt		
avfall	35	MW
naturgas	0	MW
Rökgaser:		
flöde	69500	nm ³ /h
temperatur	260	°C
O ₂	6.6	vol% våt gas
fukt	13.5	vol% våt gas
CO	66	mg/nm ³ våt gas
NO	210	mg/nm ³ våt gas
NO ₂	3	mg/nm ³ våt gas

Den förändring av blandningsförhållandena för gaserna som blev följden av förändrade dysor och luftportar innebar att förbränningen blev mindre stabil. Frekvensen av tillfällen då slutförbränningen av rökgasen försämrades ökade, vilket registrerades med antalet CO-toppar. Detta var särskilt tydligt då ugnen inte kördes med maximal rostbelastning. Samtidigt konstaterades att NO_x-halten under dessa basdriftförhållanden uppgick till 275 mg/m³ beräknat som NO₂ i torr gas vid 10% CO₂. NO_x-halten var alltså lägre än de 350 mg/m³ som gällde före tillkomsten av reburningsystemet.

Den ändrade luftfördelningen i ugnen har därmed i sig medfört en viss NO_x-reduktion till priset av mindre stabila förbränningsförhållanden.

1993-08-18

För att klarlägga inverkan av rökgasåterföring och reburning med naturgas genomfördes två testkörningar med ett stort antal driftfall då datainsamling och utvärderingar genomfördes.

Den första testkörningen genomfördes i juli/augusti 1992 av SYSAV i samarbete med Miljökonsulterna. Den andra testkörningen genomfördes i november 1992 av SYSAV tillsammans med EER.

4.4.1 Testkörning 1

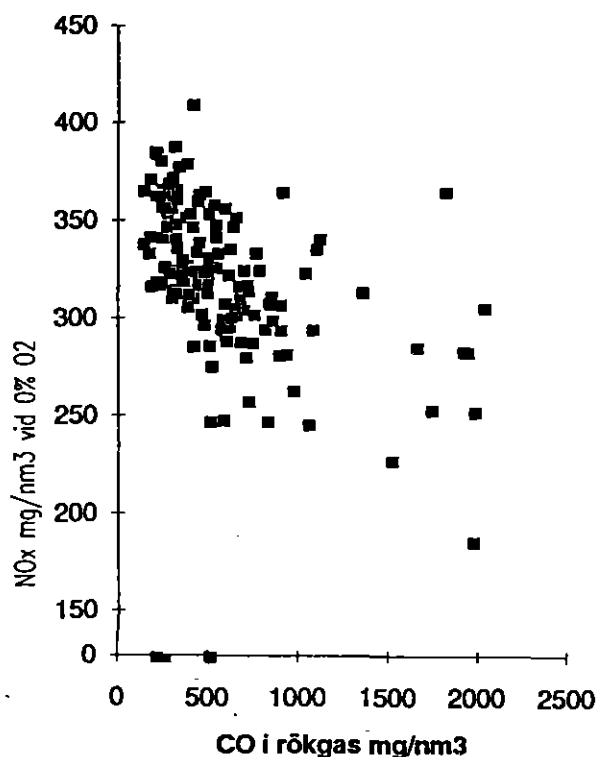
I samband med testkörningen genomfördes kalibreringar av mätdonen och justerades reglersystemen. Anläggningens processdator hade stor beräkningskapacitet. Därmed kunde utvärderingen av de olika driftfallen utföras direkt under provtiden. Ett stort antal driftfall med olika luftfördelningar kunde därmed provas och utvärderas inom ramen för enstaka dagars mätningar (10).

Som framgår av tabell 1, uppnåddes med 9000 m³/h luft genom de nedre sekundärluftdysorna tillräcklig mängd syre och tillräcklig turbulens för att åstadkomma bra slutförbränning.

Då denna luft ersattes med rökgas upprätthölls hastigheten i dysorna på ugnsväggarna men massflödet av gas minskade med höjd temperatur. Eftersom rökgasen innehåller mindre mängd syre än vad luft gör, medförde detta att slutförbränningen av CO i förbränningsgasen inte kontinuerligt nådde den nivå som krävs för ordinarie drift.

Trots systematiska försök att optimera fördelningen av återförd rökgas mellan dysraderna kunde inte CO-halten bringas ner under 100 mg/m³. Därmed var driftsättet inte godtagbart. Det visade sig inte heller möjligt att uppnå bra slutförbränning genom att öka lufttillsatsen i portarna för slutförbränning högt uppe i ugnen. De driftperioder då försöken att optimera slutförbränningen med rökgasåterföring genomfördes konstaterades att låg NO_x-halt förelåg då CO-halten var hög. Detta har dock inget praktiskt intresse eftersom anläggningen inte kan köras med förhöjd CO-halt i rökgasen. Sambandet mellan CO och NO_x framgår av figur 10.

1993-08-18



Figur 10
Sambandet mellan CO- och NO_x-halt

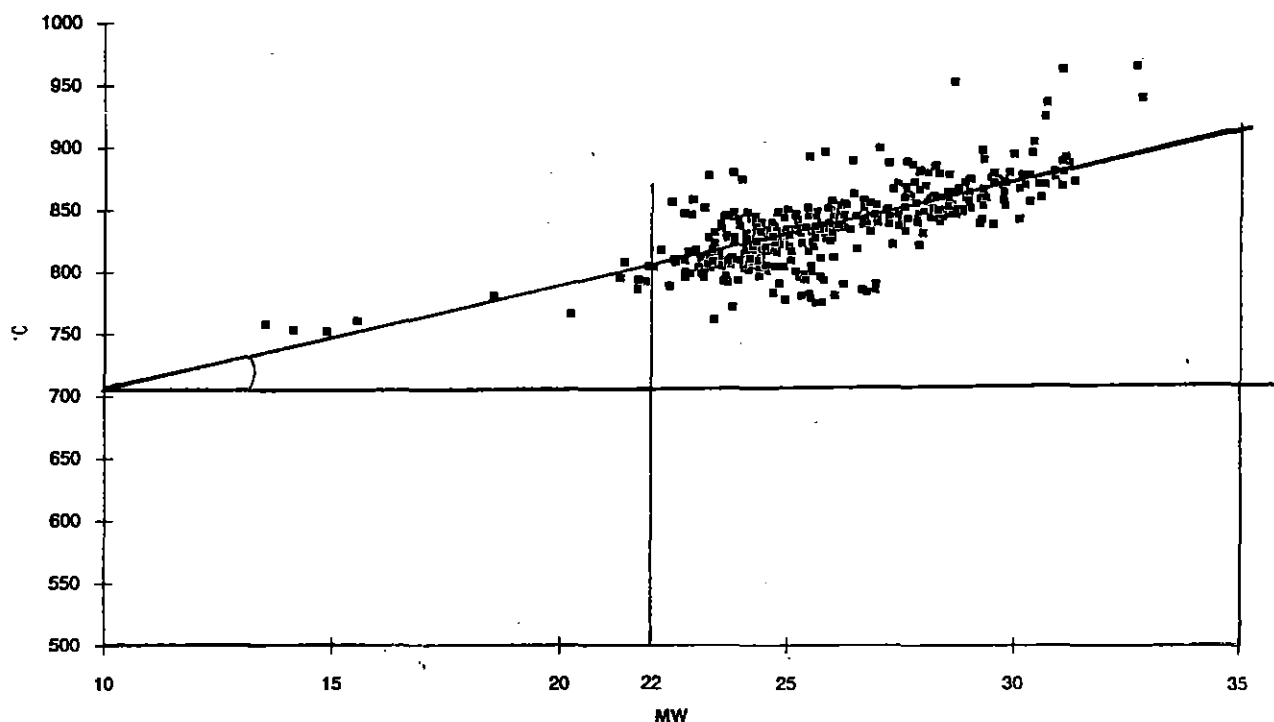
Då naturgas tillfördes ugnen erhöles ingen förbättring i slutförbränningen. Det var inte möjligt att finna ett driftfall med rökgasåterföring och naturgas som varaktigt kunde upprätthållas med så god slutförbränning att CO-halten blev lägre än 100 - 150 mg/nm³.

De prov som genomfördes med naturgas uppvisade minskade NO_x-halter. Med 15% naturgas som andel av bränsleeffekten uppmättes en NO_x-halt motsvarande 150 mg/nm³ vid 10% CO₂. Dock låg i detta fall halten CO på nivån 400 mg/nm³. Naturgas och rökgasåterföring hade alltså den eftersträ-vade effekten att halvera NO_x-utsläppet, men det ändrade driftsättet gav inte den avsedda slutoxidationen av förbränningsgasen. Förklaringen till detta ligger med stor sannolikhet i temperaturförhållandena i ugnen.

De uppmätta temperaturerna i ugnen är låga. Vid basdriftförhållanden registrerades 850-900°C som högsta temperatur vid en panneffekt på 30 MW. Ugnstemperaturen ökar med ca 8°C per MW panneffekt, se figur 11. Värme-

1993-08-18

överföringen till pannväggarna innebär att gastemperaturen är avsevärt lägre då den når skärmväggen i ugnstoppen.



Figur 11

Ugnstemperatur som funktion av panneffekten

Ugnstemperaturen är registrerad med oskyddade termoelement. Gastemperaturen kan därför vara ett hundratal °C högre. Dock kvarstår att värmeöverföringen till pannväggarna i stor omfattning sker redan i ugnens nedre del och att de reaktioner som gynnas av hög gastemperatur t ex slutoxidation av CO inte fortgår i avsedd omfattning i ugnens övre del. Naturgasen höjer inte heller gastemperaturen nämnvärt. 6 MW naturgas (15% av bränsleeffekten) ökar den registrerade gastemperaturen före skärmväggen med endast 80°C.

Den låga gastemperaturen medför att blandningsförhållandena i ugnens nedre del får avgörande inflytande på hur stor mängd oförbrända gaser som följer med till reburningzonen och som slutligen måste hinna oxidera i slutförbränningen före skärmväggen.

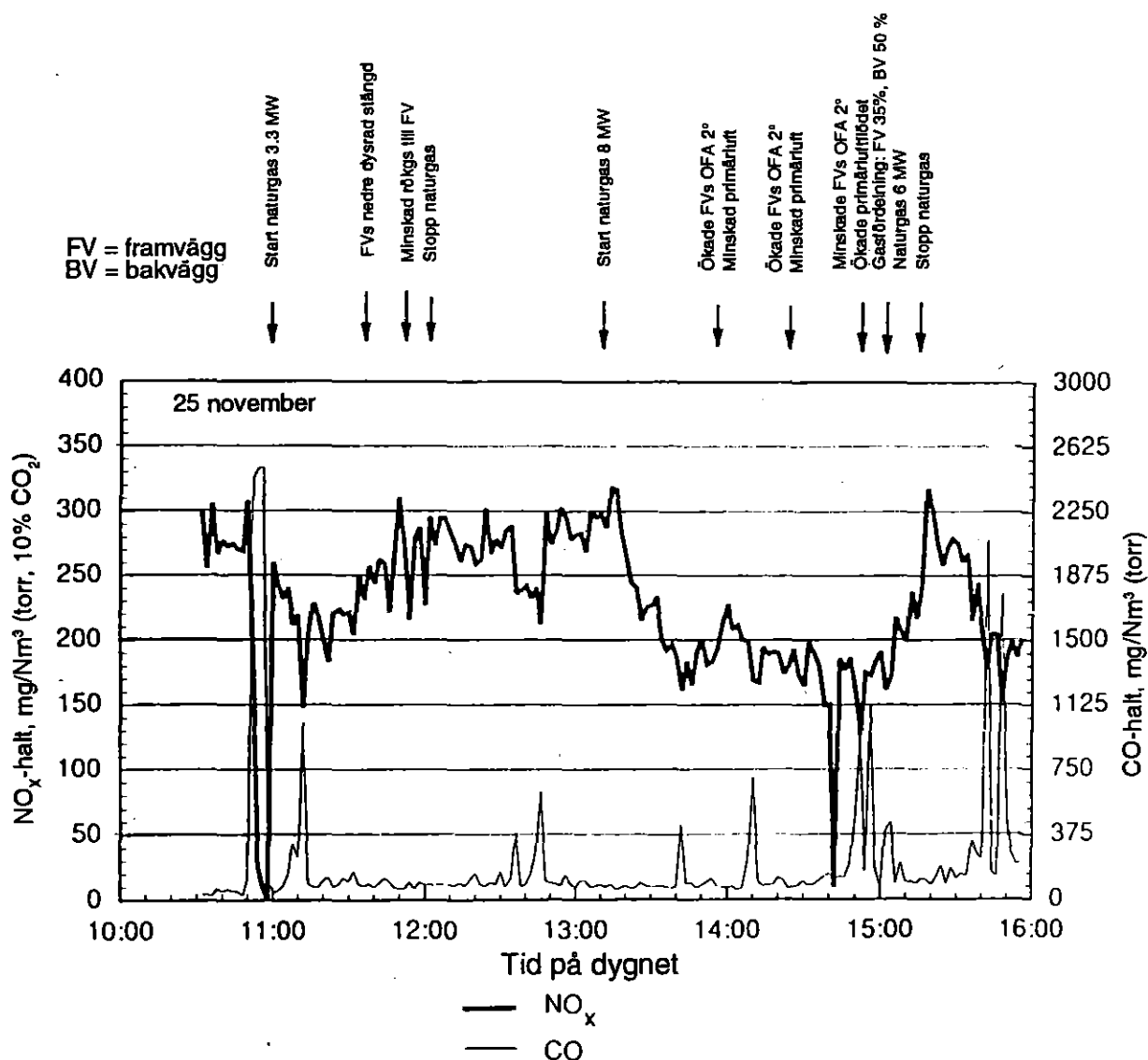
4.4.2 Testkörning 2

Mätresultaten från testkörning 1 utvärderades av EER. De genomförde därefter en serie nya prov under fyra dagar i november 1992. (11) Proven inrik-

1993-08-18

tades dels på att klarlägga hur fördelningen av primärluft, sekundärluft och rökgasåterföring påverkade slutförbränningen av CO dels på hur naturgasmängd och fördelning minskade NO_x -halten.

Proven bekräftade att stabil förbränning endast kunde uppnås med luft i de nedre dysorna på bakväggen. Under dessa förhållanden gjordes prov med reburning. Figur 12 visar NO_x - och CO-halter under ett femtimmarsprov.

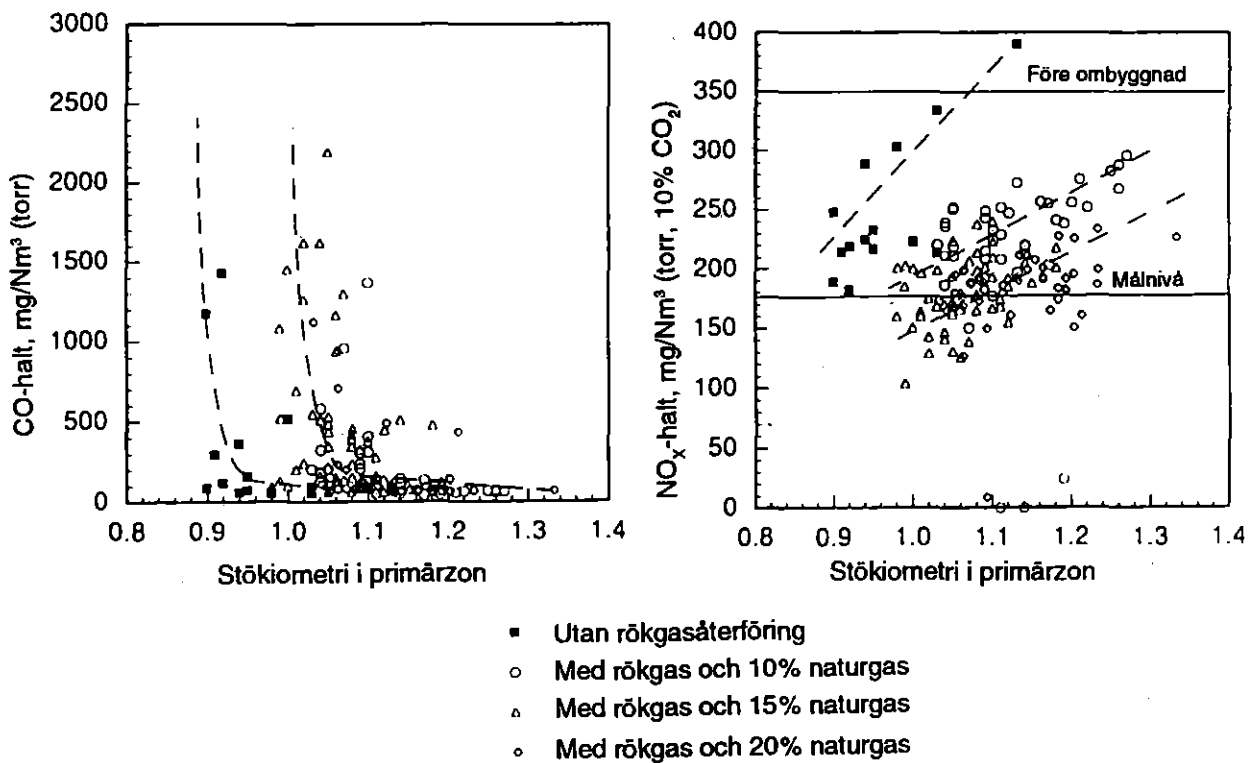


Figur 12
 NO_x - och CO-halter vid reburning med luft genom de nedre luftportarna

1993-08-18

För att uppnå tillräcklig hög grad av slutförbränning med låg CO-halt fordras ett luftöverskott i primärgasen under reburningförhållanden. Luftmängden behöver motsvara minst $SR = 1.1$. Därav följer att naturgasmängden måste bli relativt stor för att reducerande förhållanden skall uppnås i reburningzonen. Figur 13 visar betydelsen av SR i primärzonen vid olika naturgastillsats.

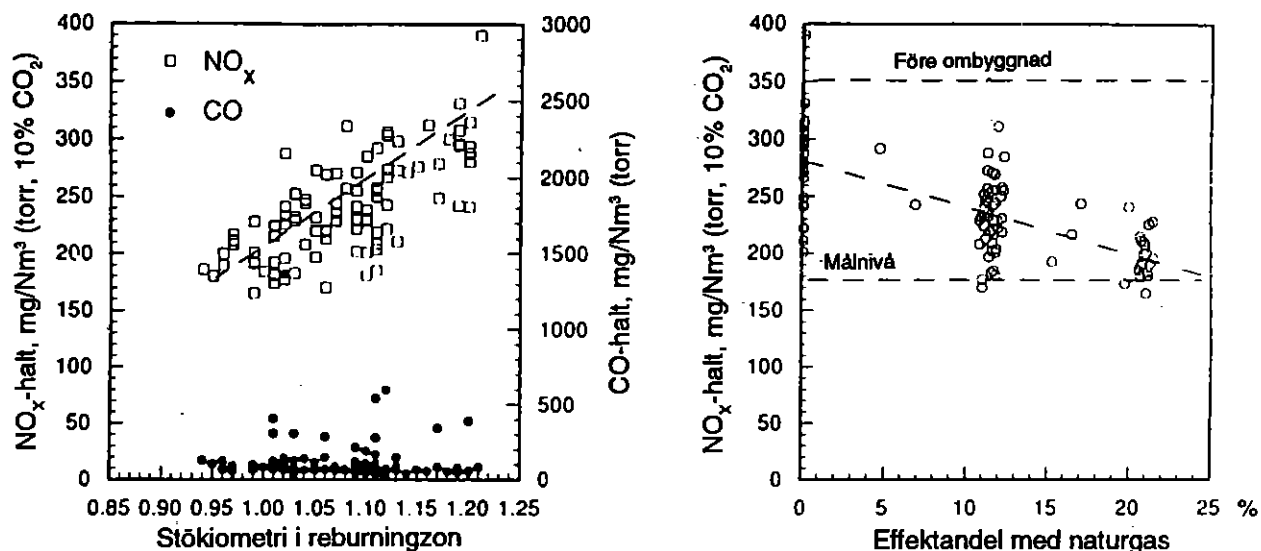
Figur 14 visar de NO_x - och CO-halter som uppmättes med SR i primärzonen inom intervallet 1.1-1.2. Låg CO-halt kan bibehållas även då reducerande förhållanden skapas i reburningzonen. Ökad mängd naturgas ger därvid minskade NO_x -halter.



Figur 13
Stökiometrins inverkan på CO- och NO_x -halterna

1993-08-18

Panneffekt: 25 – 30 MW
SR i primärzon = 1.1 – 1.2



Figur 14

NO_x- och CO-halterna som funktion av stökiometrin och andelen naturgas

Med den maximalt tillförda mängden naturgas, motsvarande 8 MW eller 20% av bränsleeffekten kunde NO_x-halten reduceras till nivån 160 mg/nm³ torr gas vid 10% CO₂. Detta uppnåddes med ett luftöverskott efter den primära förbränningszonen motsvarande SR = 1.1. Under sådana förhållanden låg CO-halten på en tillfredsställande låg nivå.

1993-08-18

5 SLUTSATSER

Tack vare att den modifierade ugnen utrustades med omfattande mätsystem och kraftfulla processberäkningsresurser är det möjligt att dra slutsatser av reburningsystemets möjligheter trots att den totala drifttiden med naturgas varit begränsad.

5.1 Primärförbränningen

Avfallsförbränningen på rosten ger upphov till en rökgas med mycket varierande sammansättning och olika luftöverskott från det ena ögonblicket till det andra liksom stora skillnader över ugnens tvärsnitt. Förbränningen är mycket olik den som sker i en kolpulverflamma för vilken reburningeffekten med naturgas ursprungligen är dokumenterad. I kolpulverflamman är temperaturen hög och termiskt bildad NO utgör en väsentlig del av den NO_x som blandas med naturgas i reburningzonen.

Vid avfallsförbränning uppstår på rosten en relativt kall förbränningsgas med i tiden och rummet varierande luftöverskott. Den begränsade mängd luft eller rökgas som kan tillföras genom sekundärluftdysorna förmår inte skapa en homogen gasblandning före reburningzonen. Stabil förbränning uppnås därför då rostbelastningen är hög och primärluftmängden motsvarar ett SR på minst 1.1. Då täcker bränslebädden rostytan väl och luften fördelas förhållandevis jämnt samtidigt som tillräcklig temperatur uppnås i förbränningsgasen. Hög temperatur på gasen som lämnar bränslebädden fordras för att tillräcklig utbränning skall ske i primärzonen. Temperatursänkningar ges snabbt genom värmeöverföringen till ugnsväggarna.

Projektet underskattade primärförbränningens inverkan och inom projektets ram har inte de åtgärder kunnat vidtas som väsentligt ändrar förbränningen på rosten.

Hög rostbelastning medför stor NO_x-bildning. Utvärderingen av mätresultaten från testkörning 1 visade att NO_x-halten ökar med 10 mg/nm³ per MW som pannlasten höjs i intervallet 26 till 34 MW.

5.2 Den reducerande zonen

Naturgasen som doseras till ugnen förbrukar syre i förbränningsgasen och ger därmed ett värmetilskott som höjer gastemperaturen. Värmeöverföringen till ugnsväggarna är emellertid så stor att temperaturer över 1000°C inte uppstår.

1993-08-18

Gastemperaturen i reburningzonen är lägre än den som beräknats i EER och SINTEF:s modeller. Mätningarna i ugnen registrerade de högsta temperaturerna i intervallet 850 – 900°C. Det är väsentligt lägre temperaturnivå än den som vid reburning i kolpulverpannor ger bra NO_x-reduktion.

Mätningarna visar emellertid att doseringen av naturgas ger reduktion av NO. Däremot blir reduktionen inte bättre om naturgasen sänker stökiometrin från hög nivå t ex SR 1.2 till 1.1 eller från SR 1.0 till 0.9. Vid minskat SR med 0.1 reduceras NO_x-halten 60 mg/nm³ inom hela det undersökta intervallet. Det framgår av figur 14.

Uppehållstiden i reburningzonen kan inte varieras mer än genom laständring. Projektet ger därmed inget svar på uppehållstidens betydelse för NO_x-reduktionen.

5.3 Slutförbränning

Rökgasen har förhållandevis låg temperatur då den blandas med slutförbränningsluft. Naturgasen höjer, som tidigare nämnts, inte temperaturnivån mer än marginellt. Vid förbränning med naturgas i ugnen behövs samma nivå på luftöverskott som utan naturgas för att uppnå bra slutförbränning med låg halt CO i rökgasen. O₂-halten efter pannan uppgår till 6 – 7 vol-% våt gas. Halten O₂ påverkar emellertid inte NO_x-utsläppet särskilt mycket. En ökning av O₂-halten från 5 till 8 vol-% i våt gas bidrar endast med en förhöjd NO_x-halt på mellan 25 och 40 mg/nm³ torr gas vid 10% CO₂.

5.4 Drifterfarenheter

Driftförhållandena i pannan påverkades genom införande av reburningsystemet. Efter intrimning fann man ett basdriftfall som fungerade tillfredsställande. Sedan mätgivarna kalibrerats och styr- och reglersystemet trimmats in fungerade anläggningen bra.

1993-08-18

Den rökgas som återförs till dysorna på ugnen hämtas efter föravskiljaren där den ännu har ett betydande stoftinnehåll. Stoftet medför att

- dysorna för rökgasåterföringen måste rensas med jämna mellanrum
- beläggningar tidvis ger vibrationsstörningar i fläkten för rökgasåterföringen
- stoftavlagringar uppstår i kanalerna för rökgasåterföringen
- stoftbeläggningar uppstår på flödesgivarna vid låg rökgastemperatur.

5.5 Måluppfyllelse för projektet

Inom projektets ram har framgångsrikt genomförts planerade installationer och arrangemang vid avfallsvärmeverket. Anläggningen har därefter fungerat väl i ordinarie drift.

Projektets primära mål att visa på halverat NO_x -utläpp från nivån 350 mg/nm^3 till 175 mg/nm^3 har uppnåtts. De ändrade driftförhållandena genom nya luftportar i ugnen medförde att NO_x -halten vid drift utan naturgas minskade till nivån 275 mg/nm^3 . Med naturgas motsvarande 20% av bränsleeffekten reduceras NO_x -halten till nivån 160 mg/nm^3 . NO_x -halten avser genomgående ekvivalent halt NO_2 räknat på torr gas vid 10% CO_2 .

Den ändrade luftfördelningen i ugnen i samband med installation av reburning medförde att förbränningen blev mindre stabil. Det är svårare att uppnå god slutoxidation ur rökgasen i ugnen och frekvensen av CO -toppar över 150 mg/m^3 har ökat. Huruvida utsläpp av andra skadliga ämnen därmed påverkats har inte undersökts men sannolikt har inte utsläppet av tyngre aromatiska föreningar med rökgasen efter slangfiltret ökat på ett mätbart sätt.

1993-08-18

6 ALTERNATIVA NO_x-REDUKTIONSMETODER

Alternativ från reburningmetoden för att minska NO_x-utsläppet är SNCR-systemet med ureadosering samt METHANE de NO_x metoden som IGT utvecklat och provat vid Olmsted-anläggningen i USA.

Principiellt kan också selektiv katalytisk rening (SCR) tillämpas men det medför då väsentligt högre kostnader såväl investeringsmässigt som driftmässigt. Tänkbart är också kombination av SNCR och reburning med naturgas.

I följande avsnitt beskrivs SNCR, METHANE de NO_x samt kombinationen SNCR/Reburning något närmare.

6.1 SNCR för NO_x-reduktion

Vid Malmö avfallsvärmeverk är sedan december 1991 båda ugnarna försedda med utrustning för att bereda urealösning och dosera denna med dysor på två nivåer i ugnarna. Därmed uppnås en betydande NO_x-reduktion. Vid den periodiska besiktningen av anläggningen i augusti 1992 (12) uppmättes i rökgasen från ugnslinje 2 NO_x-halten 125 mg/nm³ torr gas vid 10% CO₂. Det motsvarar 60 mg/MJ bränsle.

Ureadoseringen som uppgår till storleksordningen 4 kg/ton avfall medför ett mätbart utsläpp av ammoniak med rökgasen och kan ha ökat halten lustgas (N₂O). Vid besiktningen var halten NH₄-joner i rökgasen före filter 13-19 mg/nm³ torr gas vid 10% CO₂. Årsmedelvärdet för NO_x-utsläppet vid anläggningen är något större än besiktningvärdet och uppgår till 80 mg/MJ bränsleenergi. Årsmedelvärdet av ammoniakutsläppet är lägre än vid besiktningen.

Dosering av 4 kg urea per ton avfall till ugnen ger alltså samma NO_x-reduktion som reburning med 20% naturgas. Ureadoseringen har den fördelen att den inte begränsar ugnens kapacitet att elda avfall men medför i stället ett ammoniakutsläpp.

6.2 METHANE de NO_x

Ombyggnaden av avfallsvärmeverket i Olmsted och komplettering med naturgasförbränning gav som resultat upp till 60% reduktion av NO_x-utsläppet.

1993-08-18

Samtidigt halverades luftöverskottet i rökgasen liksom halten CO. De resultat som uppnåddes genom det fleråriga utvecklingsarbetet framgår av tabell 2.

Tabell 2
Driftdata från avfallsförbränningen i Olmsted (13)

Storhet	Enhet	Basnivå		Endast med rökgasrecirkulation (FGR)	Med FGR och naturgas vid normal basnivå	
		Test 1987	Test 1991		1987	1991
Avfallsflöde*	kg/h	2930	3580	3360	3020	3220
Naturgasflöde	%	0	0	0	14.8	12.9
Total tillförd effekt	MW	9.8	12.1	11.3	11.9	12.5
Rökgasrecirkulation	%	0	0	7,9	8.7	10.6
Totalt rökgasflöde	kg/h	21000	27000	21000	22000	21000
Ångflöde	kg/h	10700	12800	12400	13000	13800
Gastemperatur efter ekonomiser	°C	214	218	221	217	217
Gashalter före elfilter						
O ₂	%	9.3	10.5	8.9	6.5	5.9
CO vid 7% O ₂	vppm	47	72	100	35	33
NO _x vid 7% O ₂	vppm	210	185	150	75	75

* beräknat

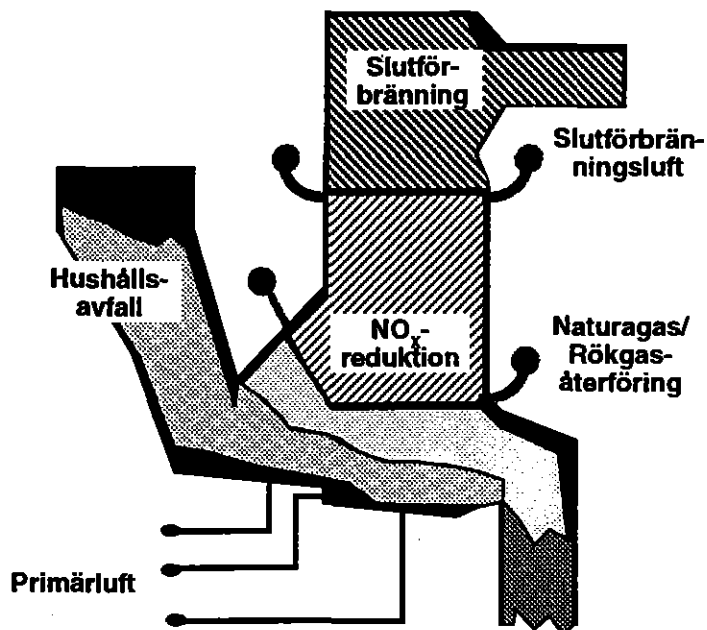
Utvecklingen av tekniken för METHANE de NO_x byggde på de grundläggande erfarenheterna med reburning i kolpulverpannor. Reburning innebär att primärt bildat NO reduceras vid hög temperatur då reducerande förhållanden skapas genom att naturgas tillförs. Arbetet har emellertid visat att andra faktorer har stor betydelse för NO_x-reduktion vid avfallseldningen.

I ugnar för avfallseldning bildas endast en mindre del av kväveoxiderna primärt som NO över bädden. Det är därmed inte avgörande för slutresultatet om man lyckas skapa en syrefri rökgas med hög temperatur eller ej. I stället

1993-08-18

bidrar naturgasen som doseras till att minska O_2 -halten och därigenom minimeras NO_x -bildningen från andra kväveföreningar som NH_3 och HCN .

Principen för processen installerad vid Olmsted-anläggningen framgår av figur 15.



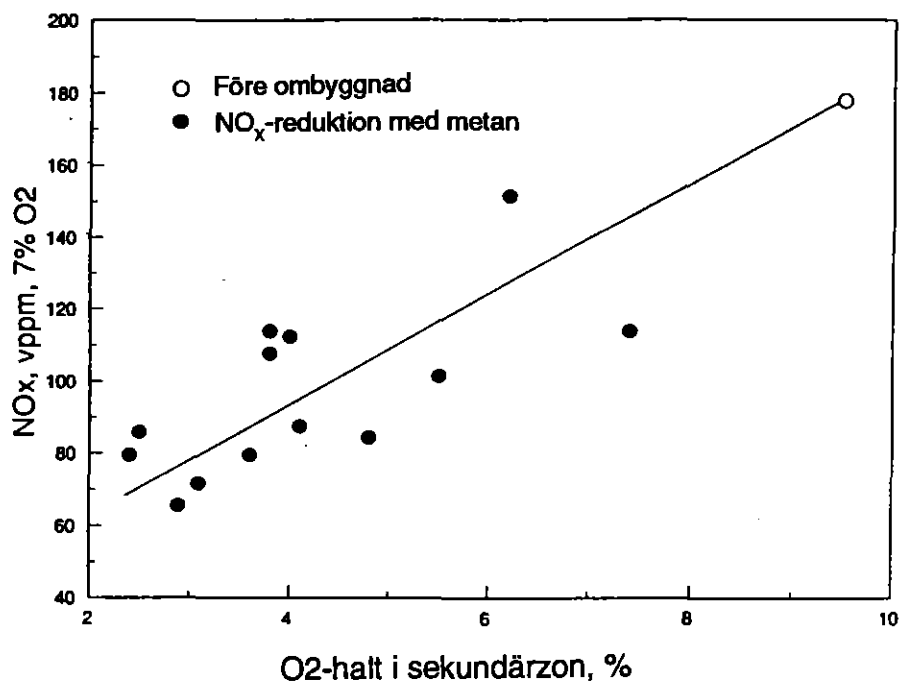
Figur 15

Princip för processen vid Olmsted-anläggningen

Naturgas med återförd rökgas doseras i förbränningsgaserna i nära anslutning till rosten och slutförbränningsluften tillförs högt uppe i ugnen.

För att uppnå gynnsam effekt av naturgasen fordras att förbränningen på rosten sker på ett kontrollerat sätt och att skillnaderna i luftöverskott minimeras mellan de olika delarna av rostyten. Rökgas återförs för att utgöra ett blandningsmedium, skapa turbulens och minska luftöverskottet i den reducerade zonen. I Olmsted uppnåddes de goda driftresultaten med 12-14% av rökgasflödet återförd. Figur 16 visar att rökgasen i den reducerande zonen inte är syrefri men att NO_x -reduktionen ändå sker. Det är samma förhållanden som påvisades vid fullskaleförsöken vid SYSAV.

1993-08-18



Figur 16

NO_x-halten som funktion av syrehalten i den reducerande zonen i Olmstedanläggningen

Rökgasens uppehållstid i den reducerande zonen har avgörande betydelse för NO_x-reduktionen. I Olmsted ugnen var uppehållstiden 1.1–2 s. Vid kortare uppehållstid blev NO_x-reduktionen inte lika bra.

Sammanställningen av "gaspaketen" som lämnar bädden och inblandningen av naturgasen så att en homogen gasblandning utbildas i den reducerande zonen är avgörande för att man framgångsrikt skall kunna utnyttja METHANE de NO_x systemet.

Resultaten som erhållits vid Malmö avfallsvärmeverk överensstämmer med resultaten från Olmsted även om inverkan av uppehållstiden inte kan verifieras. Den stora betydelsen av blandningsförhållandena för att åstadkomma en homogen förbränning innebär att varje ugn och dess drift måste optimeras enskilt för att maximal NO_x-reduktion skall kunna uppnås genom naturgas-tillsats.

6.3 Kombination SNCR/Reburning

Dosering av naturgas kan relativt enkelt kombineras med tillförsel av urea eller ammoniak i en och samma ugn (SNCR). Därmed borde NO_x-reduktio-

1993-08-18

nen kunna bli större än vid det enskilda systemet. EER har patenterat kombinationen under beteckningen "Advanced reburning". Metoden är i första hand tänkt för kolpulvereldning. I en pilotanläggning har man visat att med 10% av bränslet som naturgas och med urea inblandad i slutförbränningsluften kunde ungefär 80% NO_x -reduktion uppnås (14).

Tillsatsen av kväverika föreningar som urea hindrar att ny NO bildas då rökgasen slutoxideras. Den kombinerade effekten av att utnyttja både SNCR och reburning som NO_x -reducerande teknik är mycket bra om pannan kan modifieras så att man erhåller fördelaktiga temperaturzoner och uppehållstider.

Fullskaleförsöken med avfallsförbränning visar att naturgasens gynnsamma effekt primärt inte beror på reducering av NO från primärzonen. Naturgasens huvudsakliga inverkan är att bidra till en homogen gasblandning med litet luftöverskott. I den gasblandningen hindras antagligen kväveföreningar som NH_3 och HCN från att brytas ner innan de når temperaturnivåer där de bidrar till SNCR-reaktionerna. Huruvida ett extra tillskott av kväveföreningar genom dosering av urea eller ammoniak förstärker NO_x -reduktionen på samma sätt som vid kolpulvereldning är inte klarlagt

Det är emellertid uppenbart att SYSAVs anläggning genom de installationer som gjorts för fullskaleförsöken har förutsättningar att med en serie prover enkelt klarlägga vilka additiva effekter som kan uppnås i den ugnen.

1993-08-18

REFERENSER

- 1 **Technical Support for Field Evaluation of MSW Combustion with Natural Gas Reburning
Phase 1 – Final Report
Energy and Environmental Research Corporation
June 1991**

- 2 **NO_x reduktion genom Reburning med naturgas/deponigas
Fullskaleförsök vid SYSAVs avfallsvärmeverk i Malmö
Projektbeskrivning
Nordisk Gasteknisk Center (NGC)
Juni 1991**

- 3 **Reburning
Process Parameters, Implementation and NO_x-reduction Potential
Peter Glarborg, Technical university of Denmark
Bent Karll, Nordic Gas Technology Centre
September 1991**

- 4 **Emissions Reduction from MSW Combustion Systems Using Natural Gas
Task 3, Field Evaluation
Hamid A. Abbasi, Institute of Gas Technology
Frank J. Zone, Riley Stoker Corporation
December 1992**

- 5 **Reserapport, Dnr SGD-9104-12
Besök på – Olmsted Waste – to Energy – Municipal solid Waste Unit,
Rochester, Minnesota, USA
Lars Nilsson, Sydgas
Erik Nord, Sysav
Maj 1991**

- 6 **Technical Support for Field Evaluation of MSW Combustion with
Natural Gas Reburning
Phase II – Final Report
Energy and Environmental Research Corporation
November 1991**

- 7 **Mathematical Modelling and Numerical Simulation of the Reburning
Process in Waste Incinerators
Description of Methods and Application to the SYSAV Incinerator
B. Lakså, S. Byggstøyl, S. Aune, B.F. Magnussen, SINTEF
December 1992**

1993-08-18

- 8 **SYSAV AB Malmö Avfallsverk Funktionsredovisning
Reburning Panna 2
Sören Lundh konstruktionsbyrå AB
April 1992**

- 9 **Choice of Operating Parameters and Test Design for Phase 5
Peter Blinksbjerg, dkTEKNIK
Bent Karll, Gas Technology Center
Henrik Madsen, DPI
September 1991**

- 10 **SYSAV REBURNING Lägesrapport juli/augusti 1992
PM/MKS-92/159B
Jan Bergström, Miljökonsulterna i Studsvik AB
Augusti 1992**

- 11 **Technical Support for Field Evaluation of MSW Combustion with
Natural Gas Reburning
Energy and Environmental Research Corporation
November 1992**

- 12 **Periodisk besiktning 1992
MKS-92/128
Per-Åke Gustafsson, Miljökonsulterna i Studsvik AB
December 1992**

- 13 **Field Evaluation of Methane de-NO_x at Omsted Waste-to-Energy Facility
Richard Biljetina and Hamid A. Abbasi, Institute of Gas Technology
Michael E. Cousino and Rob Dunnette, Olmsted County, Minnesota
January 1992**

- 14 **Large Pilot Scale Testing Results of the COMBINO_x Process
J.N. Pont, A.B. Evans, G.C. England, R.K. Lyon and W.R. Seeker,
Energy and Environmental Research Corporation
Charles Schmidt, Department of Energy-Pittsburgh Energy
Technology Center**

1993-08-18

Finansierande organisationer

Nordisk Gasteknisk Center ägs av en rad stora energiföretag i Norge, Sverige, Finland och Danmark. NGC:s uppgift är att främja användning av naturgas i Norden genom nordiska forskningsprojekt.



Nordisk Gasteknisk Center

Gas Research Institute, Chicago, är en medlemsorganisation för naturgasdistributörer i USA. GRI planerar, leder och finansierar forskning inom utvinning, transport, lagring och användning av naturgas.

GRI

Svenskt Gastekniskt Center AB ägs av ett antal svenska gas och energiföretag samt Svenska Gasföreningen. SGC:s uppgift är att samordna och effektivisera den svenska gasbranschens FUD-verksamhet.

SGC  Svenskt Gastekniskt Center AB

Svensk Energiutveckling AB är ett utvecklingsbolag som ägs av svensk kraftindustri, och har till uppgift att främja utveckling av miljövänlig och ekonomisk energiteknologi.



SVENSK ENERGI UTVECKLING

Närings- och teknikutvecklingsverket i Sverige.

NUTEK

Swedish National Board for Industrial and Technical Development

Statens Naturvårdsverk i Sverige.

Naturvårdsverket

Statens, kommunernas och industrins gemensamma forsknings- och utvecklingsorgan inom avfalls och återvinningsområdet i Sverige.

Stiftelsen
REFORSK

Renhållningsverksföreningen. Interesseorganisation för kommuner och företag med verksamhet som knyter an till den offentliga sektorns avfallshantering och renhållning.

R.V.F.

Sydvästra Skånes avfallsaktiebolag är ett kommunalt företag, som svarar för avfallshanteringen i 9 kommuner med sammanlagt 470 000 invånare och en avfallsmängd på 500 000 ton/år.

SYSAV

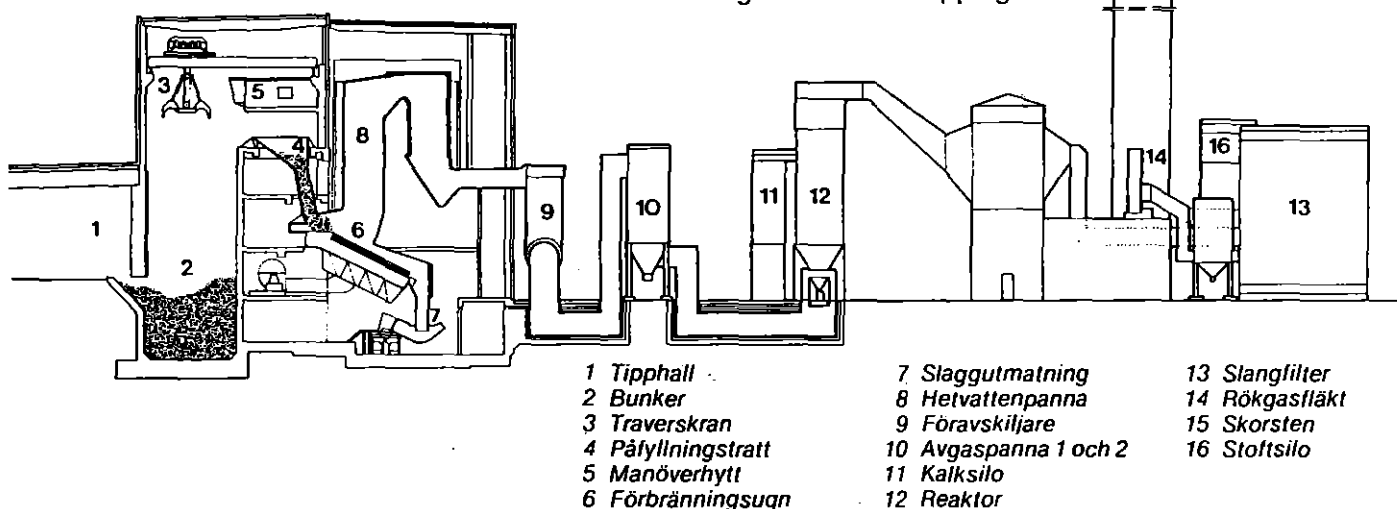
Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag

1993-08-18

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.

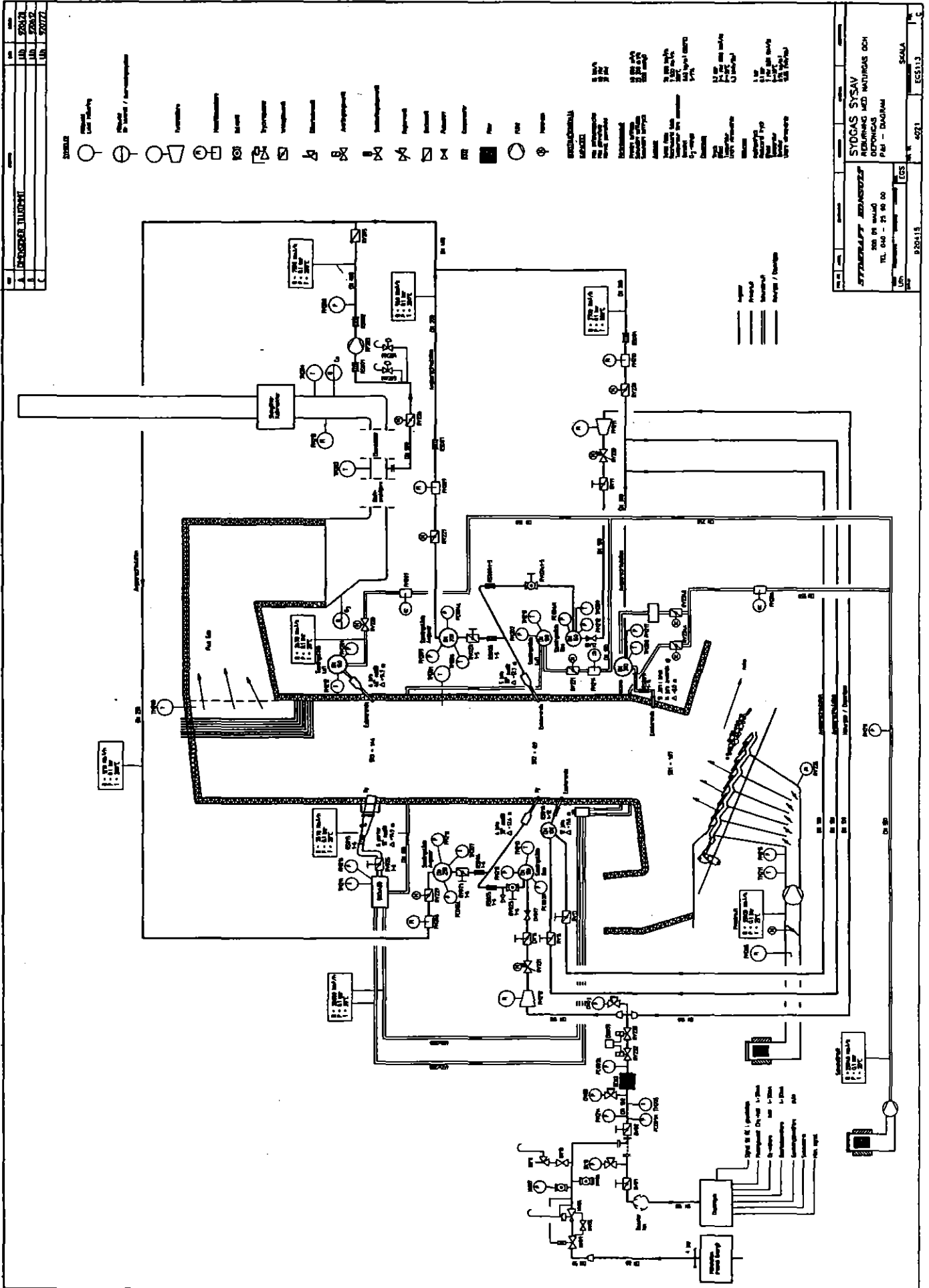


- | | | |
|--------------------|-----------------------|----------------|
| 1 Tippvall | 7 Slaggutmatning | 13 Slangfilter |
| 2 Bunker | 8 Hetvattenpanna | 14 Rökgasfläkt |
| 3 Traverskran | 9 Föravskiljare | 15 Skorsten |
| 4 Påfyllningstratt | 10 Avgaspanna 1 och 2 | 16 Stoftsilo |
| 5 Manöverhytt | 11 Kalksilo | |
| 6 Förbränningsugn | 12 Reaktor | |

TEKNISKA DATA

Läge	Spillepengen. Tel 040-93 64 55	Tryck 16 atö, hetvattentemp in	120°C och ut 160°C, rökgastemp
Senaste tillstånd	Koncessionsnämnden för miljöskydd 1986-09-19	efter skorsten 140°C	
Idrifttagande	1973 (2 enheter)	Värme utnyttjande	Fjärrvärme, ca 500.000 MWh/år
Utbyggnad	1981 (rökgasrening) 1983 (avgaspannor)	Värmeutbyte	2,4 MWh/ton avfall
Kapacitet	2 x 14 ton/tim	Slagg, aska	Martin slaggsläckare slagg till sortering ca 60.000 ton/år aska till deponering ca 4.000 ton/år
Anslutna invånare	470.000	Rökgasrening	Cyklon, kalkreaktor (torrt system), slangfilter, Fläkt Industri
Avfallsförbränning	220.000 ton/år	Skorsten	Betong, höjd 74 m
Drifttid	Kontinuerligt treskift, ca 8.000 tim/år	Utsläpp	Stoft 10 mg/nm ³ Klorväte 150 mg/nm ³ Kvicksilver 0,005 mg/nm ³ Dioxiner icke mätbara, mindre än 0,1 ng/nm ³
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		

1993-08-18



93-08-26

RAPPORTFÖRTECKNING

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

93-08-26

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen AF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen 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 Triumph Triumpf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150

93-08-26

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Full- skaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

**Box 50525, 202 50 MALMÖ
Telefon: 040-700 40
Telefax: 040-30 50 82**