

NATURGAS SOM TILLSATSMEDEL

**Bedömning av möjligheter att
genom tillsats av naturgas
sänka emissionerna vid
förbränning**

SYDKRAFT

 **swedegas ab**

FUD

FORSKNING • UTVECKLING • DEMONSTRATION

SYDKRAFT

NATURGAS SOM TILLSATSMEDEL

**BEDÖMNING AV MÖJLIGHETER ATT GENOM TILLSATS
AV NATURGAS SÄNKA EMISSIONERNA VID FÖRBRÄNNING**

**MATS RENNTUN
CHRISTER NILSSON**

Förord

Denna rapport utgör en sammanställning av tre utredningar om naturgas som tillsatsmedel vid förbränning av bl a kol och hushållsavfall samt vid destruktion av lösningsmedel.

Arbetets primära målsättning har varit att utreda om naturgastillsats kan utgöra ett tekniskt och ekonomiskt alternativ för att sänka emissioner vid förbränning.

Arbetet har genomförts under ledning och finansiering av Swedegas AB och Sydkraft Naturgas AB.

Sammanfattning

Det framgår av de tre utredningarna att det finns en teoretisk potential för att uppnå sänkta emissionsvärden när naturgas används som tillsatsmedel under kontrollerade betingelser. Absoluta utsläppsvärden måste dock bestämmas genom försök.

Vid en totalbedömning måste också tekniska och ekonomiska avväganden göras, såväl vid ombyggnad av befintliga anläggningar som vid nybyggnad. En s k cost-benefit-analys där olika tillgängliga möjligheter jämförs måste genomföras på varje tillämpningsfall.

INNEHÅLL

REBURNING MED NATURGAS

AVFALLSFÖRBRÄNNING MED TILLSATS AV NATURGAS

**DESTRUKTION AV LÖSNINGSMEDEL I GASFAS GENOM
INSATS AV NATURGAS**

Från		Dokumentnamn		Sida	
VÄRMETEKNIK TVK		RAPPORT		1 (3)	
Datum		Dnr			
871104		TV-8711-09			
Författare		Utskr		Tillstyrkt	
Mats Renntun <i>Ren</i>		Chn			
Titel del		Godkänt			
TM		MEG Rån Pcn		TVK TVP Lhr Lac Åha	

Arende	Ref
<u>Reburning med naturgas</u>	0000.300

Denna rapport är en bedömning av reburningtekniken baserat på en litteraturstudie gjord av Studsvik, en del övrig litteratur om reburning samt leverantörs-kontakter.

1 Vad är reburning?

Genom s k reburning är det möjligt att minska utsläppen av kväveoxider (NOx) vid förbränning. Reburning innebär att bränslet tillförs i två steg i pannan. Huvudbränslet, 85-90 %, tillförs på vanligt sätt genom huvudbrännarna. Reburningsbränslet, 10-15 %, tillförs i ett andra steg högre upp i pannan. Längst upp tillförs sedan ytterligare luft, för slutförbränningen.

Reburningbränslet kan vara samma bränsle som huvudbränslet, men behöver inte vara det. Naturgas har visat sig vara det bästa reburningsbränslet, på grund av dess låga kvävehalt, och kan t ex användas när huvudbränslet är kol.

Enkelt uttryckt kan man säga att naturgasen brinner med hjälp av syret i den kväveoxid som har bildats vid kolförbränningen, dvs kväveoxider från kolförbränning utgör "förbränningsluft" för naturgasen. I verkligheten är det dock komplicerade kemiska reaktioner som äger rum vid reburning.

2 Teknikens status idag

Idén med reburning har funnits i åtminstone 10-15 år. Försök har genomförts framförallt i Japan, USA och Västtyskland. I laboratorieskala har även Studsvik genomfört försök.

Den mest bekanta och mest prövade reburningtekniken är MACT-systemet som utvecklats av Mitsubishi (MACT = Mitsubishi Advanced Combustion Technology). Uppbyggnaden framgår av bilaga 1.

MACT finns idag installerat i fullskala på cirka 10 st pannor i Japan, från 50 MWth till kraftverks-pannor på 600 MW el. Den första togs i drift 1981 och två pannor är oljeeldade, de övriga koleldade.

Troligen används i alla pannor samma reburning-bränsle som huvudbränsle. Vid en av anläggningarna, den första, är MACT installerat i efterhand. De övriga pannorna konstruerades från början med MACT. Det är viktigt att notera, då MACT kräver en större eldstad än normalt för att fungera bra.

Man bör nog för närvarande vara ganska skeptisk inställd till reburningtekniken, av nedanstående skäl.

Frågan man bör ställa är: Vad ger reburning (dvs både stegvis bränsle- och lufttillförsel) för NOx-reduktion jämfört med enbart stegvis lufttillförsel?

Deutsche Babcock har gjort omfattande prov med reburning och deras slutsats är att reburning endast ger en marginell NOx-reduktion jämfört med enbart stegvis lufttillförsel. Man kan tolka Mitsubishi's agerande på samma vis. De har numera gått över till s k Advanced MACT i stället för MACT. Advanced MACT innebär enbart lufttillförsel i flera steg, dvs ingen reburning.

3 NOx-reduktion

För nya pannor, dvs konstruerade från början med MACT, anger Mitsubishi för konceptet låg-NOx-brännare + MACT så låga värden som 10-20 ppm vid gaseldning, 45-60 ppm vid oljeeldning och 60-150 ppm vid koleldning. Troligtvis är huvud- och reburning-bränslet detsamma.

Vilken NOx-reduktion kan förväntas i befintliga kol- eller oljeeldade pannor där reburning med naturgas installeras i efterhand?

I litteraturen anges NOx-reduktioner på uppåt 50 % vid de försök som har gjorts. Problemet är emellertid ganska komplext då pannorna har olika förutsättningar för reburning. För att få en bra effekt av reburning krävs att reburningbränslet ej tillförs för nära huvudbränslet. Uppehållstiden för rökgaserna i reburningszonen måste också vara av en viss längd innan den sista förbränningsluften tillförs. Allt detta gör att det behövs ordentligt med plats i eldstäderna, vilket inte alltid är fallet i befintliga pannor, för att reburning skall fungera bra.

Om man ändå skall generalisera för alla pannor kan man utifrån redovisade resultat i litteraturen anta en NOx-reduktion på cirka 25-50 % som ett troligt intervall. Om NOx-halten redan från början är låg från huvudförbränningen, dvs efter låg-NOx-brännare, är kvävehalten i reburningsbränslet en viktig

faktor. Naturgasen har m a o de bästa förutsätt-
ningarna.

4 Försök i Limhamnspannan

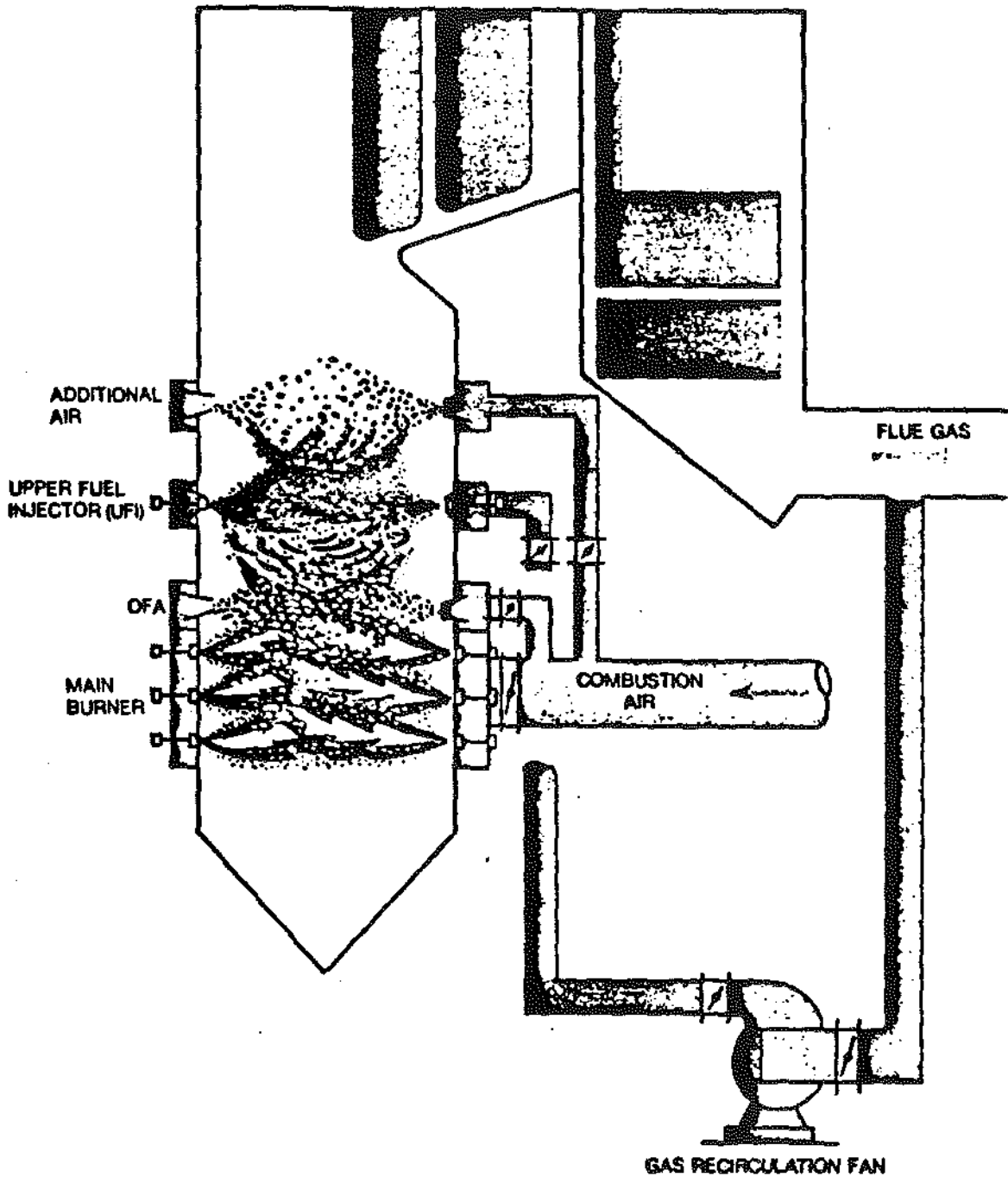
Via Värmeforsk finns planer att säsongen 88/89 genomföra ett fullskaleförsök, med bl a naturgas som reurningbränsle, i den koleldade Limhamnspannan. Pannan är på 125 MW, tangentialeldad och med låg-NOx-brännare. Ombyggnadskostnaden är beräknad till cirka 5 Mkr för naturgasalternativet. Naturgas finns redan idag indraget till pannhuset.

5 Slutsatser

Som det ser ut idag bör man nog vara rätt tveksam till reurningtekniken som ett bra alternativ för NOx-reduktion vid befintliga pannor. Skälet är både tekniskt och ekonomiskt.

Ett tekniskt problem är det troligen i många pannor då reurning kräver en större eldstad än normalt.

För en anläggningsägare ter sig troligen andra alternativ att reducera NOx som ekonomiskt förmånligare. Dessa alternativ är bl a stegvis lufttillförsel, rökgasrecirkulation och låg-NOx-brännare.



MACT

Dokumentnamn UTREDNING		Sida 1 (7)
Från VÄRMETEKNIK TVK	Datum 870320	Dnr TV-8703-84
Författare Christer Nilsson	Utskr Mil	Tillstyr <i>[Signature]</i>
Till K	Info: T TU TV TVK KF KG	

Ärende Avfallsförbränning med tillsats av naturgas	Ref 0000.1331
--	------------------

Sammanfattning Insatser av naturgas vid avfallsförbränning bör ske i syfte att begränsa emissioner av dioxiner. Bildningen av dessa sker efter komplexa och delvis okända faktorer, med den sammantagna bedömningen är att låga och stabila halter kan uppnås vid tillsats av naturgas.

Förutsättningen är dock att tillsatsen sker på ett kontrollerat sätt och under optimala betingelser. Huruvida dioxinvärdena kan sänkas under dagens bästa värden är en öppen fråga och det är mycket tveksamt om dioxinerna helt kan elimineras. För att nå låga halter bör sannolikt kostnadskrävande konstruktions åtgärder sättas in.

@

1 Bakgrund

Föreliggande studier har utförts på uppdrag av koncernplanering. Utredningen skall belysa och bedöma möjligheten att begränsa emissionen av föroreningar från avfallsförbränning genom tillsats av naturgas. Information och uppgifter nedan kommer från publikationer eller intervjuer med specialister.

2 Emissioner från sopförbränning

Uppkomsten av föroreningar vid avfallsförbränning är mycket komplex och beroende av bränslesammansättningen. Precis som vid "normal" förbränning uppkommer också här kväveoxider, koloxid, stoft och i vissa fall (beroende på bränslet) svaveldioxid.

Specifikt för avfallsförbränning är att en mängd organiska ämnen, däribland klorföreningar, bildas samt att av kvicksilver och saltsyra förekommer i rökgasen. Se också tabell 1 (ref 7).

Kloreringsreaktionerna vid förbränning av ett ton avfall ger upphov till ungefär 250 mg klor, som är bundet i kloraromater. Dessa ämnen (i synnerhet klorbensener och klorfenorer) är sannolikt byggstenarna för de uppmärksammade ämnena dioxiner och fulaner (ref 1,3).

[Handwritten signature]

3 Naturgasens roll

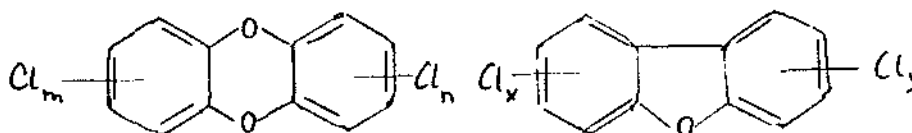
Bedömningen nedan inriktar sig på möjligheten att sänka emissionen av dioxiner och övriga organiska föroreningar genom tillsats av naturgas. Detta får sannolikt konsekvensen att kväveoxidbildningen ökar något på grund av en hetare eldstad. (Vill man sänka kväveoxidinnehållet i rökgasen tar man i stället till stegvis förbränning och så kallad reburning. Enligt samstämmiga bedömare leder en sådan åtgärd till ökad dioxinbildning).

Statens Naturvårdsverk har beaktat denna motsats-situation och förordar på kort sikt (ref 2) att dioxinfrågan skall "väga tyngst" vid förbrännings-tekniska åtgärder i avfallsugnar.

4 Dioxiner och furaner

4.1 Egenskaper

Dioxiner och furaner är samlingsnamnet på ett stort antal föreningar bestående av två bensenringar, syre och ett antal kloratomer i olika positioner.



Dioxin (PCDD)

Furan (PCDF)

Av dioxiner finns ca 75 isomerer varav tolv är särskilt toxiska ("the dirty dozen"). Samlingsbenämningen på dessa tolv är TCDD. Kunskapen om dessa ämnens förekomst och bildnings- eller nedbrytningsmekanismer är i dag mycket ofullständig.

4.2 Uppkomst

Även om enstaka utredningar tyder på att dioxiner finns i avfallet före förbränningen, är flertalet experter ense om att den viktigaste dioxinkällan är förbränningsanläggningen. I det heta moln av klorerade kolväten som uppkommer bildas och nedbryts mera komplicerade molekyler, t ex dioxiner. Bildnings- respektive nedbrytnings-hastigheterna kommer att bestämma sluthalten.

Viktiga faktorer som styr halten antas vara:

- halten s k prekursorer ("byggstenar")
- temperaturen
- uppehållstiden
- omblandningen
- sothalten

Prekursorer är de föreningar, troligen klorbensener och klorfenoler, ur vilka dioxinerna bildas. Bästa förhållanden för att nå maximal dioxinhalt är (enligt laborietester, ref 3) ca 500-700⁰C, mer än 0,8 s uppehållstid och 8% syre. Man anser också att sot har en katalyserande verkan och utgör kondensationskärnor för dioxiner (ref 4,5,6).

Flera källor uppger att vid temperaturer över 800⁰C reduceras dioxinhalten kraftigt på grund av nedbrytningsreaktioner.

Rapporterade uppgifter tyder också på att rökgasens avkylningsfas har stor betydelse för dioxinproduktionen. Närvaron av sot och prekursorer bidrar till att goda betingelser finns för bildning i vissa temperaturintervall i pannans konvektionsdelar. Dioxin bindes också till stoftet. Uppgifter om andelen varierar kraftigt, från 10% till 80% (ref 1).

4.3 Insats av naturgas i anslutning till förbränningen

Hur kan en sådan insats påverka nedbrytningen av dioxiner? Vid bedömning måste också den tekniska rimligheten invägas.

De flesta experter anser att naturgasinsatsen bör göras omedelbart efter förbränningen i en efterbrännkammare. Av de faktorer som påverkar bildnings- och nedbrytningsmekanismerna är rökgastemperaturen den som primärt ändras. Den övre gränsen sätts av stoftets sintringsbenägenhet och anses ligga vid ca 900⁰C (ref 4).

En sekundär effekt kan eventuellt uppstå om sothalten minskar och om en lätt sintring av askpartiklarna sker så att aktiv yta för dioxinbildning försvinner.

Uppmätning av dioxinhalten i rökgas från avfallsförbränningsanläggningar antyder att dioxintopparna sammanfaller med CO- topparna, dvs förbrännings-

förloppet har stor betydelse för dioxinmissionen. Generellt är temperaturen starkt varierande på grund av variationer i fukthalt och bränslekvalitet (ref 1). Sannolikt skulle efterförbränning med gas, vars uteffekt styrs så att variationerna kompenseras, leda till att dioxintopparna minskar.

4.4 Naturgasens inverkan på dioxinbildningen i konvektionsdelen.

Vid återbildningen i konvektionsdelen anses sot och aska i rökgasen katalysera reaktionerna och medverka till att dioxin bildas också vid relativt låg temperatur. Ovan beskrivs hur naturgastillsatsen kan påverka sothalten och askan.

En viktig faktor vid återbildning är halten prekursorer. Man vet att förhöjd förbränningstemperatur minskar denna halt, men detaljerade förhållanden är ofullständigt kartlagda. 100^o höjning av förbränningstemperaturen medför en femfaldig minskning av klorfenoler, som antas utgöra byggstenar vid dioxinbildningen (ref 1). Den optimala drifttemperaturen för denna nedbrytning är inte känd men ligger sannolikt i intervallet 900 - 1000^o C, dvs över askans sintringspunkt. Se också fig 1.

Slutligen bör framhållas vikten av en snabb nedkylning av rökgasen. Dioxinbildningen tycks vara ett relativt långsamt förlopp (sekundskala) varför en snabb passage av det "farliga" intervallet är viktigt.

5. Tekniska faktorer

Den allmänna bedömningen ovan indikerar att emissionen av dioxin och övriga organiska föreningar minskar vid tillsatseldning med naturgas. Det är dock viktigt att också den tekniska aspekten läggs in i bedömningen.

Erfarenheterna från ENA-utredningen (ref 1) tyder på att det är möjligt att genom förbränningstekniska åtgärder begränsa dioxinmissionen från dagens anläggningar (1986, rörlig rost) ner till nivån 5-15 ng/nm³. Den aktuella knäckfrågan blir därför om man med naturgas kan nå ännu lägre emissioner.

En god omblandning (turbulens) i kombination med varma ugnsväggar är sannolikt nödvändigt för att säkerställa frånvaron av kalla gasstråk och sotavsättning av väggarna. Också uppehållstiden, dvs i förlängningen utrymmets geometri och storlek förväntas vara en kritisk parameter.

För att nå optimala förhållanden vid insats av naturgas räcker det därför troligen inte att utan vidare sätta in en brännare ovanför förbränningszonen i en befintlig panna. Mätningar i Alidens sopförbränningsanläggning (se avsnitt 6) bekräftar detta.

Sannolikt måste konstruktiva åtgärder vidtas så att efterförbränningen sker i särskilt utrymme med väggar av eldfast tegel, god omblandning och tillräcklig volym. Anläggningen kommer därmed att förökas, vilket måste beaktas vid en totalbedömning.

6. Erfarenheter från befintliga processer

I en undersökning på uppdrag av SVF (ref 7) av Alidhems sopförbränningsanläggning i Umeå uppmättes effekten av stödoljeeldning vid låg ugnstemperatur. Se tabell 1.

Stödoljeeldningen uppges ha en gynnsam effekt på koloxid, total kolvätehalt och klorerade kolväten, däribland klorbensener och klorfenoler utom för dioxin där ingen påverkan kunde uppmätas vid kontinuerlig drift. (Startförloppet är undantaget, en markant sänkning av dioxinhalten uppnås om starten sker med stödolja).

Kommentar: Försöket med stödoljebrännare visar problemets komplexa natur. Enligt (obekräftade) muntliga uppgifter var oljebrännarens placering inte optimal vad anser dioxinminskning.

Norsk Hydro Plast (Stenungsund) driver en destruktionsugn för klorerat organiskt avfall. Förbränningstemperaturerna är 950^o C och avkylningsfasen är snabb (<1s). Inga dioxiner har spårats vid mätningar i rökgasen (ref 6).

Borås Söppelförbränningsanläggning uppvisade höga emissioner av dioxin, som kraftigt reducerades genom att kalla stråk (läckluft) eliminerades från förbränningszonen (ref 4).

En destruktionsanläggning för PCB och dioxinhaltigt avfall (fabrikat Shirco) har godkänts i USA. Avfallet förs genom en IR-strålningszon, där det uppvärms och förgasas. Gaserna leds sedan genom en propaneldad efterbrännkammare vid 1300^o C.

7. Slutsatser

Sannolikt när man låga och stabila emissioner av dioxiner genom att tillsätta naturgas vid avfallsförbränning. Förutsättningen är dock att tillsatsen sker på ett kontrollerat sätt och under optimala betingelser. Huruvida dioxinhaltgen kan sänkas under dagens bästa värden (5 ng/nm^3) är en öppen fråga och det är mycket tveksamt om dioxinerna helt kan elimineras.

Några försök av "trial and error" - karaktär har utförts med oljeförbränning efter eldstaden som resulterat i stabilare men inte lägre dioxin-emissioner. Vid en allmän bedömning är det inte möjligt att särskilja effekten av olje- respektive naturgastillsats. Sannolikt är skillnaden liten och skulle kunna bero på faktorer som reglerbarhet, turbulens och strålningsmönster hos brännarna, samt brännoljanas eventuella innehåll av aromater.

Utredningen ger en bild av problemets komplexa natur och redovisar de paramentrar som tros styra dioxin-emissionen. Om en utvecklings- eller demonstrations-insats planeras, bör den läggas upp så att dessa faktorer analyseras.

REFERENSER

1. Montin, STEV, Förslag till forskningsplan om avfallsförbränning. Mars 1987
2. Hanell, SNV, pers komm.
3. Miller, LTH, The formation of polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans, literature survey, Febr 1987
4. Drougge, SNV, pers komm.
5. Marklund, Umeå Univ., pers komm.
6. Lindfors, IVL, pers komm.
7. Moström et al, Rökasmätningar och analyser utförda vid Alidens sopförbränningsanläggning i Umeå, SVF nr 210, Nov 1985
8. Basta, Hazardous waste incineration - a burning CPI concern, Chem eng. Mars 3, 1986

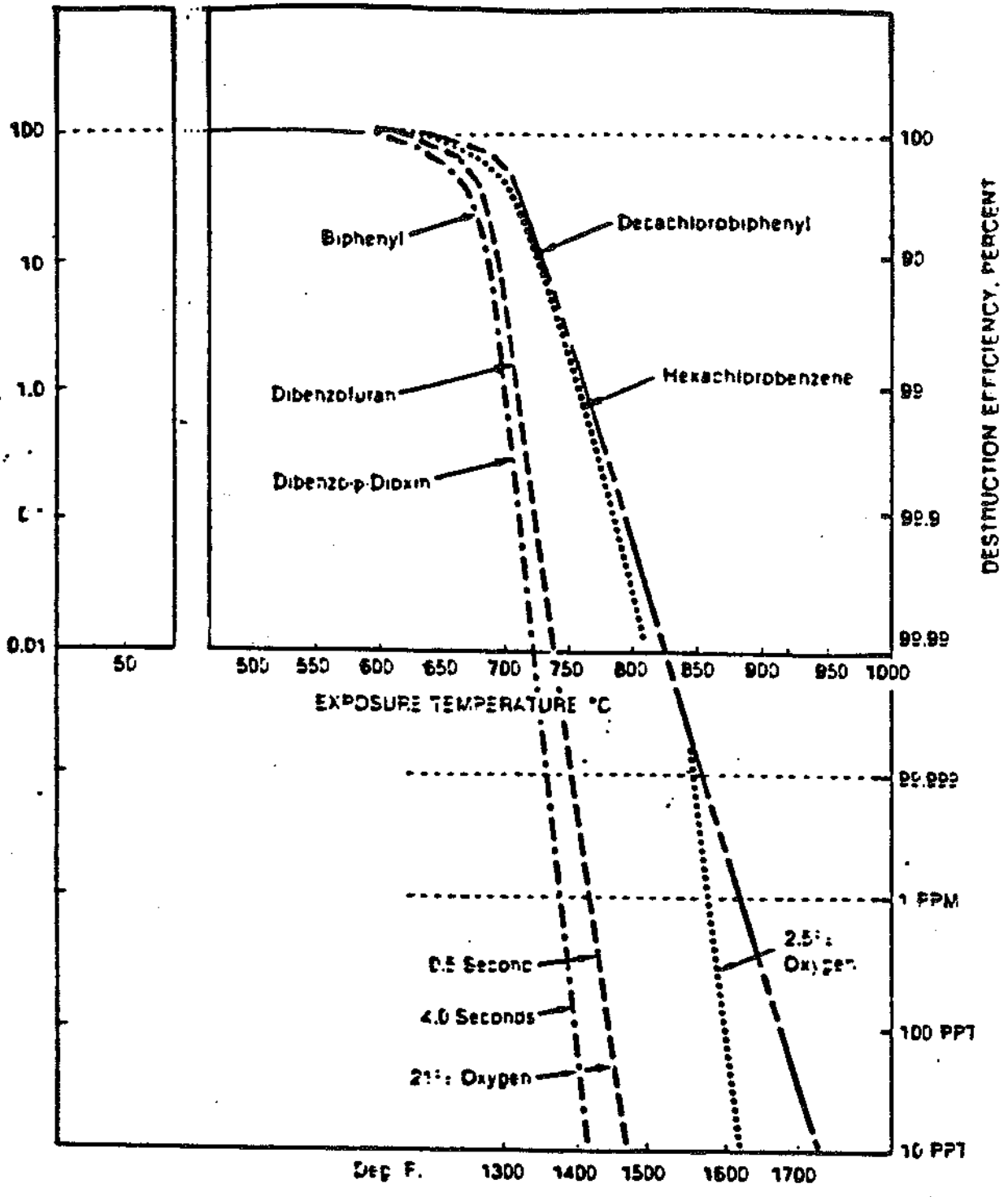


Fig. 1 DESTRUCTION EFFICIENCY OF CHLORINATED HYDROCARBONS VERSUS TEMPERATURE, TIME AND OXYGEN CONCENTRATION

Prov nr	Driftfall	Ugntemp i °C medelvärde (temp spann)	Emissioner normaliserat till 10 % CO ₂ torr gas									
			CO mg/m ³	THC ppm	Hg µg/m ³	Cd µg/m ³	KTor: bensen µg/m ³	KTor: fenol µg/m ³	PAH µg/m ³	KTor: PAH µg/m ³	Total tar µg/m ³	TCOD ⁵⁾ mg/m ³
D 3-5, 16-17	Normalledning	803 (736-846)	549	18	128,6	146	13	73	43	2,1	38	10
D 14-15	Normalledning med skogbrännula	764 (737-790)	748	15	110,9	238 ³⁾	25	89	24	0,5	11	11
D 6-8	Låg ugnstemperatur	539 (484-580)	1055	89	120,9	88	46	204	178	3,0	706	11
D 9-11	Låg ugnstemperatur med stödolja	625 (401-658)	571	30	112,6	170 ⁴⁾	10	118	154	1,0	231 ²⁾	10
D 1-2	Uppeldning (utan olja)	varierande (sluttemp 790)	2365	260	63,9	95	237	65	3341	6,5	41154	54 ⁶⁾
D 13	Uppeldning med stödolja	varierande (sluttemp 816)	374	19	45,8	116	27	62	42	0,6	69	12

- 1) Gasformigt + stoftbundet
2) Prov 09 är extremt högt
3) D 15 gasformigt är extremt högt
4) D 11 "-"
5) Beräkningsmetod Eadon
6) Endast prov D 2, D 1 gick ej att upparbeta p g a för kraftig smulning. Totala värdet för hela uppelldningsfasen torde vara > 54 mg/m³
ppm = parts per million
µg = 10⁻⁶g = 0,000001 g
ng = 10⁻⁹g = 0,000000001 g

Figur 1. Drift- och emissionsdata från Alidhems
sopförbränningsstation (ref 7)

Dokumentnamn UTREDNING		Sida 1 (7)
Från VÄRMETEKNIK TVK	Datum 880406	Dnr TV-8804-09
Författare Christer Nilsson	Utskr Chn	Tagit del
Till GA	TV-Arkiv C5: TV C4: TVK	Tillstyrkt Godkänt

Ärende Destruktion av lösningsmedel i gasfas genom insats av naturgas	Ref 0000.1331
---	-------------------------

Bakgrund

Organiska ämnen, kolväten, är samlingsbeteckningen på substanser av mycket varierande sammansättning som uppkommer genom naturliga processer eller används inom industrin för olika ändamål.

Flera av dessa ämnen påverkar människans hälsa, direkt genom påverkan på organen eller indirekt genom luktproblem och skador i miljön. Dessutom kan jordens klimat påverkas på lång sikt genom t ex drivhuseffekter och skador på ozonskiktet.

I Naturvårdsverkets utredning "Aktionsplan 87" beskrivs nuläget för miljöbelastande utsläpp (däribland kolväten) och lämnas förslag till åtgärder för minskning av dessa utsläpp. Ambitionen från verkets sida är att minska industrins kolväteutsläpp från nuvarande 70 000 till 50 000 ton per år fram till i mitten av 1990-talet.

Lösningsmedlens sammansättning, mängder och användning

Totala emissionen av kolväten uppgick 1985 till cirka 470 000 ton varav drygt hälften hade sitt ursprung i samfärdseln. Industrin svarade för drygt 70 000 ton vilka fördelades enligt tabellen nedan.

Utsläppskälla	Kolväteutsläpp, ton/år
Livsmedelsindustri	2 600
Textil- och läderindustri	600
Trävaruindustri	11 000
Grafisk industri	7 000
Kemisk industri	
- organisk kemisk industri	6 000
- plastbearbetande industri	1 775
- gummivaruindustri	1 100
- läkemedelsindustri	1 650
- färg- och lackfabriker	400
- raffinaderier	7 500
- petrokemisk industri	2 700
Jord- och stenindustri	400
Verkstadsindustri	
Lackering inom bilindustrin	5 000
Övrig lackering	15 000
Avfettning	10 000
TOTALT (avrundat)	73 000

Den kemiska sammansättningen av dessa föreningar varierar. De flesta innehåller kol, väte och (oftast) syre. I vissa tillämpningar används också halogenerade föreningar, dvs föreningar med klor eller flour i molekylen. Vanligast av de sistnämnda är "tri" som svarar för 80 % av halogenföreningarna vid avfettning.

Grovt sett domineras lackerings- och målningsindustrin liksom trävaru- och grafisk industri av kol-väte-syre-kolväten och avfettning av halogenkolväten. Bilden inom den kemiska industrin är mera komplex då föreningarna ofta deltar i kemiska syntesreaktioner.

Om kolväten skall destrueras genom förbränning, är det en fördel om de inte innehåller halogener (giftiga biprodukter kan i så fall bildas). Därför är främst trävaru-, kemisk-, grafisk- och lackeringsindustrin tillämplig och särskilt bilindustrin, vars lackeringsverkstäder är förhållandevis stora enheter och lokalisering överensstämmer med naturgasnätet.

Enligt uppgifter i ref 2 släpper Volvo årligen ut 3 000 ton och SAAB 1 500 ton lösningsmedel.

Reningsmetoder

Fem huvudtekniker för destruktion av lösningsmedel beskrivs nedan. De två första (förbränning) behandlas utförligare längre fram.

- 1 Termisk förbränning. Den förorenade luften leds in i en ugn, som eldas med olja eller gas. Kolvätena förbränns vid cirka 750 °C-1 000 °C.
- 2 Katalytisk förbränning. Genom att använda en katalysator kan förbränningstemperaturen sänkas till cirka 400 °C.

Båda dessa metoder är enkla men dyra i drift. Värmen bör kunna nyttiggöras.
- 3 Utkylning. I denna process kondenserar lösningsmedlet ut genom att daggpunkten underskrids. Mycket låga temperaturer krävs (-60 °C) och praktiska problem uppkommer genom samtidig isbildning. Dyrt.
- 4 Adsorption. Lösningsmedlet fångas med t ex aktivt kol, porösa polymerer eller zeoliter. Genom uppvärmning med vattenånga kan lösningsmedlet återvinnas. Processen har måttligt energibehov men är relativt komplicerad.
- 5 Adsorption och biologisk rening. Luftens föroreningar tas upp i ett skrubbertorn och går med skrubbevättskan (vatten) till en behållare, där bakterier bryter ner lösningsmedlet.

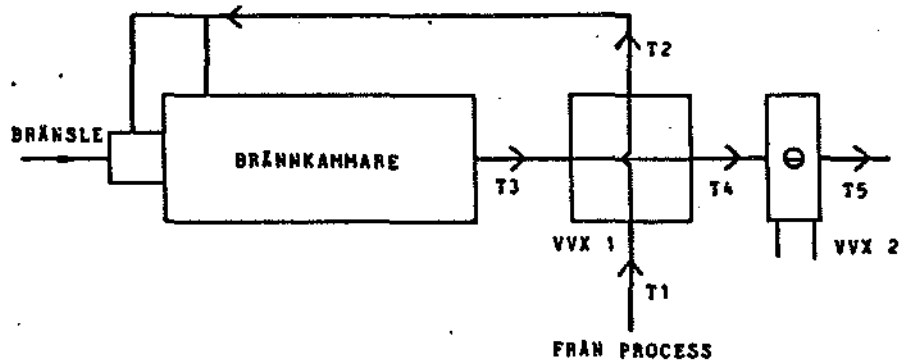
Termisk förbränning

När kolväten och lösningsmedel förbränns bildas koldioxid och vatten. För att nå gott resultat krävs att följande "tre T" uppfylls.

Temperatur	minst 750 °C
Tid	uppehållstid i brännkammaren minst 0,5-0,6 sek
Turbulens	för att undvika stråkbildning

Brännkammaren skall vara utformad för att möta dessa krav. Olika typer finns och några av dessa redovisas i bilaga 1. Det vanligaste bränslet är gasol men olja förekommer också. Bränslepådraget regleras efter utloppstemperaturen.

Brännkammaren integreras normalt med en värmeväxlare enligt fig



I värmeväxlaren förvärms den förorenade luften. Temperaturen maximeras dock till 550 °C för att undvika partiell förbränning.

Bränsleförbrukningen bestäms av gasflödet och erforderlig temperaturökning i brännkammaren. Också lösningsmedlets förbränning bidrar till temperaturökningar i brännkammaren. Detta bidrag kan uppgå till cirka 30 °C/(g/nm³). När lösningsmedlets koncentration är tillräckligt hög krävs inget bränsle för att upprätthålla förbränningen och man använder då begreppet "autoterm drift".

I en termisk förbränningsanläggning finns oftast en värmeåtervinningsanläggning installerad.

Följande typer förekommer:

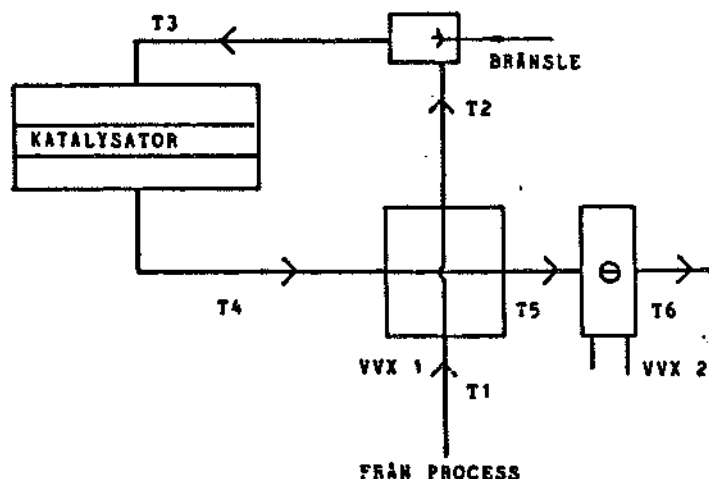
- Förvärmning av det förorenade avgasflödet
- Värmekälla för torkning. Speciellt lackugnar kan utnyttja rökgasen för torkning
- Angproduktion. Processånga, t ex 5 bars tryck, kan produceras och rökgastemperaturen sänkas till cirka 150 °C. Relativt konstant återvinningsbehov
- Hetvattenproduktion. Vanligast näst efter förvärmningen. Hetvattnet används i sin tur för uppvärmning och behovet är koncentrerat till vinterhalvåret. Rökgastemperaturen kan sänkas till cirka 100 °C.
- Uppvärmning av ventilationsluft

Katalytisk förbränning

Med hjälp av en katalysator kan förbränningen ske vid avsevärt lägre temperaturer, cirka 200-350 °C beroende på lösningsmedel och katalysator. Reaktions tiden är dessutom mycket kortare, cirka 0,1 sek. Katalysatorn leder därmed till bränslesparingar. Vanligen används den i form av "honungskakor" eller pellets och består av t ex platina på en bärare av aluminiumoxid.

En nackdel är dock att katalysatorn lätt kan förgiftas av t ex bly, kisel eller klor. Livstiden är begränsad, 12 000-18 000 drifttimmar garanteras vanligen.

Uppkopplingen av en förbränningsprocess framgår av figuren nedan. Processgasen förvärms i en värmväxlare analogt med den termiska processen. Det är också här lämpligt att installera olika former av värmeåtervinning.



Förbränningen kan vara autoterm, vilket uppkommer vid lösningsmedelshalter omkring 2-2,5 g/nm³ vilket kan jämföras med termisk förbränning där omkring 3 gånger högre koncentration krävs för autoterm drift.

Vid en jämförelse mellan termisk och katalytisk förbränning gäller att båda processerna klarar 99 % reduktionsgrad eller utgående halter på < 20 mg/nm³. Den termiska brännkammaren kan bilda viss mängd NO_x. Drifkostnaden är högst för den termiska brännaren medan underhållskostnaden är högst för den katalytiska.

Exempel på installerade processer återfinns i bilaga 2 (termiska) och bilaga 3 (katalytiska).

Användning av naturgas

Naturgas bedöms vara ett utmärkt bränsle i dessa tillämpningar och enligt tillverkare av utrustning är kombinationsbrännare olja/naturgas möjliga att använda.

Naturgasens renhet ger fördelningar framför brännolja i några tillämpningar, t ex när rökgasen recirkuleras för torkning eller vid katalytisk förbränning där ett rent bränsle förlänger katalysatorns livslängd.

Effektbehovet i en anläggning med flödet 10 000 nm³/h och låga koncentrationer av lösningsmedel i avgasen uppgår till 700 kW i den termiska processen och 150 kW i den katalytiska, förutsatt att den förorenade avgasen förvärms enligt ovan.

Kväveoxider och spaltningssprodukter förväntas inte förekomma i ökade mängder som en följd av naturgasen. Bildad NOx efter en mindre NG-brännare (230 kW) uppgår till max 35 mg/MJ enligt uppgifter i ref 6. För befintliga anläggningar uppges lösningsmedlet destrueras till minst 99 %.

Gasmotorer och gasturbiner

Frågeställningen är huruvida den förorenade avgasen tekniskt och med acceptabel ekonomi kan användas som förbränningsluft i gasdrivna motorer eller turbiner.

Teknik. För att en fullständig förbränning skall nås bör ungefär samma villkor som ovan uppfyllas, dvs "3T" (tid, temperatur, turbulens). Temperatur och turbulens är säkert uppfyllt. Däremot är tiden kortare än i de beskrivna ugnarna ovan. Man kan dock förmoda att lösningsmedel, som kemiskt sett liknar bränslet förbränns lika fullständigt. Naturgas brinner långsamt även relativt gasol, vilket innebär att en gasmotor kräver en noggrann inställning av kompression, tändförställning och luftöverskott för att undvika emission av koloxid och oförbrända kolväten.

Temperaturen i gasturbinens kompressorsteg uppgår till maximalt 400 °C vilket inte är tillräckligt för att sönderdela lösningsmedlet före förbränningen. Däremot kan vid höga lösningsmedelskoncentrationer explosionsgränsen uppnås vilket bör undvikas. Följaktligen måste den ingående koncentrationen begränsas och ligga vid högst 25 % av LEL (Lower Explosive Limit) i kompressorn.

Slutligen måste avgasflödet vara filtrerat och fri från t ex damm eller färgpartiklar från processen.

Ekonomi. I tabell 1 jämförs ekonomin för tre alternativ, termisk destruktions, gasmotor och gasturbin.

Bas för uppskattningen är en anläggning med luftbehovet 10 000 nm³/tim och som kan drivas med fullast under 7 000 timmar/år. Vid värmeåtervinningen produceras 5 bars processånga vilken antas ersättas med 25 öre/kWh.

Elproduktionskostnaden beräknas genom att slå ut anläggningens totala årskostnader (fast + rörlig - värmekreditering) på den producerade elenergin.

Slutsatser

Av ovanstående kan följande slutsatser dras.

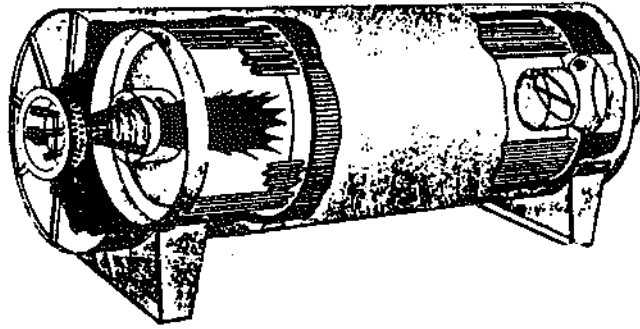
- Naturgas är genom sin renhet ett bränsle som med fördel kan användas vid såväl termisk som katalytisk destruktion av lösningsmedel som baseras på kolväten som innehåller kol, väte och syre.
- Lämpliga avnämare är lackerings-, målnings- och eventuellt grafisk-, trävaru- och kemisk industri.
- Vid destruktion i förbränningsmotorer eller gasturbiner bör hänsyn till vissa tekniska faktorer som brinntid, explosionsgränser och gasrenhet tas.
- I industrier med ett konstant och långvarigt behov av värme/processånga kan destruktionen av lösningsmedel kombineras med drift av gasmotor eller gasturbin. El produceras till låga kostnader relativt annan småskalig elproduktion. Särskilda avvägningar måste göras från fall till fall.

Tabell 1. Kostnader för elproduktion i samband
med destruktion av lösningsmedel med naturgas

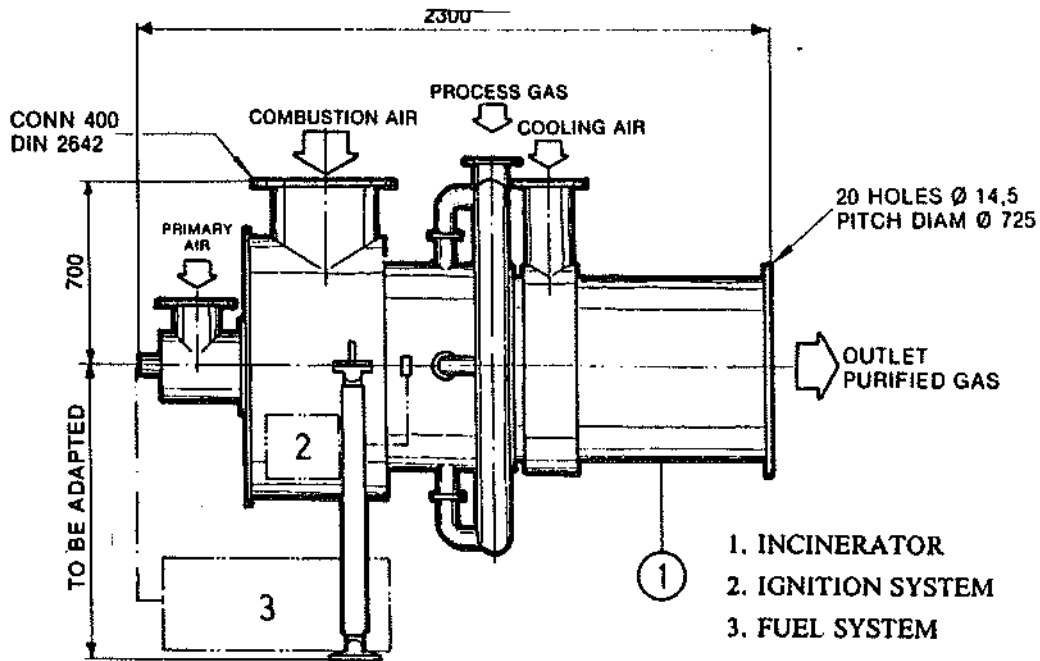
		Termisk förbränning	Gasmotor	Gasturbin (TCG 075)
Investering	(Mkr)	1.5	24	7.5
Värmeeffekt	(kW)	620	3 300	2 310
Eleffekt	(kW)	-	3 000	750
Bränsleeffekt	(kW)	700	7 000	3 600
Bränslekostnad	(kkr/år)	880	7 840	4 280
Kapitalkostnader	(kkr/år)	165	2 500	800
Underhåll	(kkr/år)	40	720	220
Drifftid	(tim/år)	7 000	7 000	7 000
Kred värme (100%)	(kkr/år)	1 085	5 775	4 043
Årskostnad	(kkr/år)	0	5 285	1 257
Elprod	(MWh/år)	-	21 000	5 250
Elkostnad	(kr/MWh)	-	252	239
(Elkostnad vid 50 % värmekred)		-	389	624

Referenser

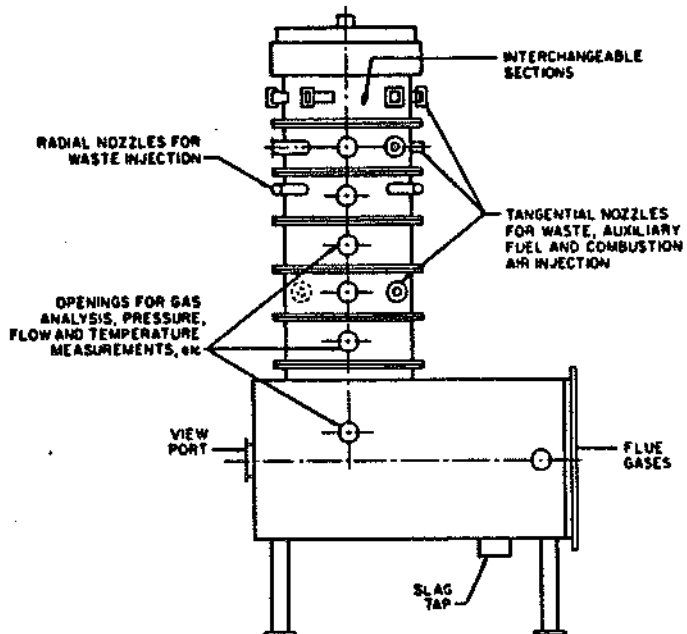
- 1 Aktionsplan '87, SNV rapport 3379
- 2 G Petersson, Ambient hydrocarbons from motor-car
assembly plants in Scandinavia, CTH 1982
- 3 S O Jakobsson, Reningsteknik för kolväten (lösningss-
medel) i luft, CTH 1985
- 4 T Rydberg, Luftreningsteknik, CTH 1987
- 5 L Månsson, Termisk och katalytisk förbränning,
Metlab 1987
- 6 Naturgas, Hälsa, Miljö. Vattenfall 1984



Brännkammare
enl Fläkt AB



SETAB AB



CYCLIN

Process waste in-
cinerator

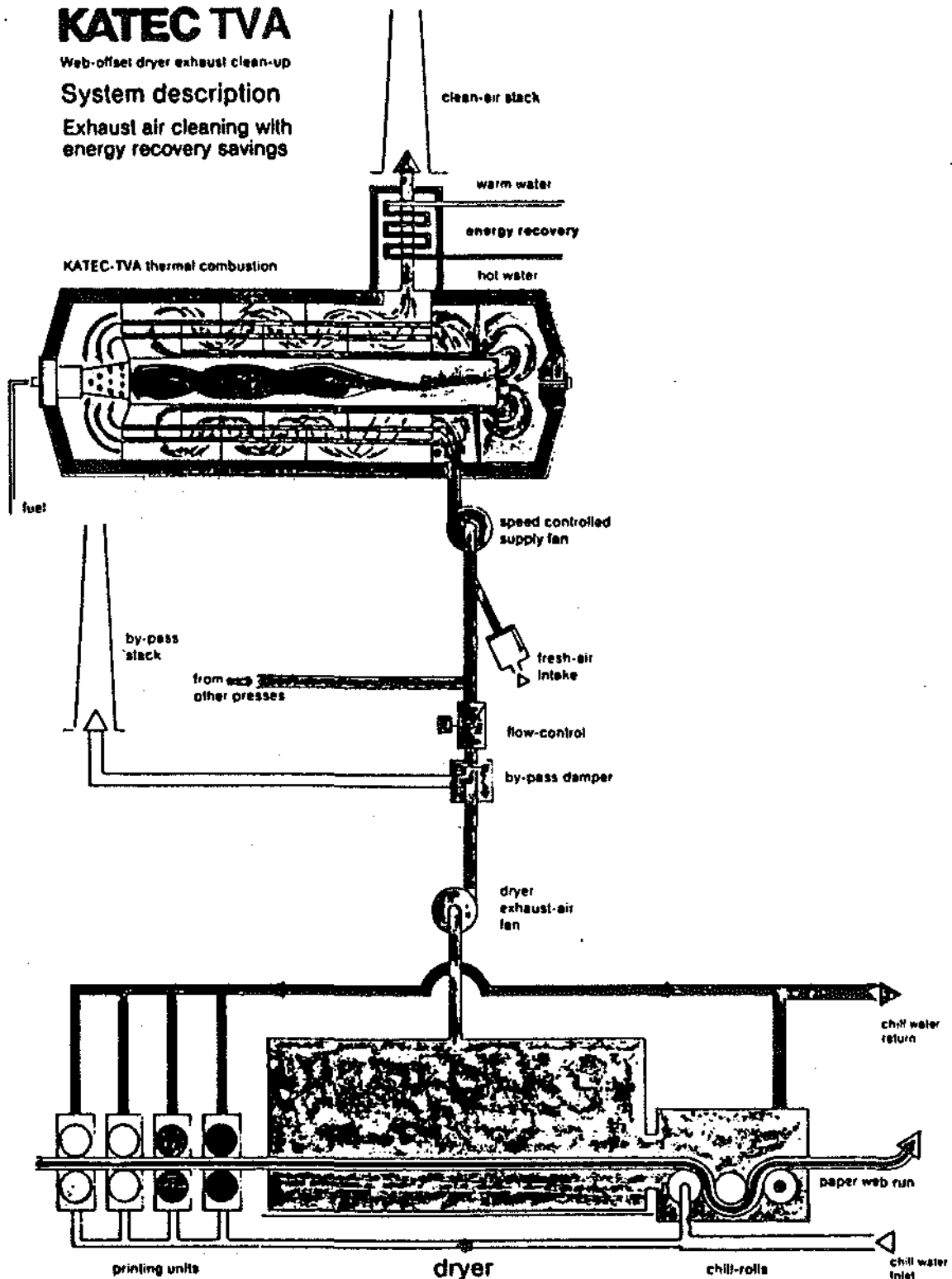


KATEC TVA

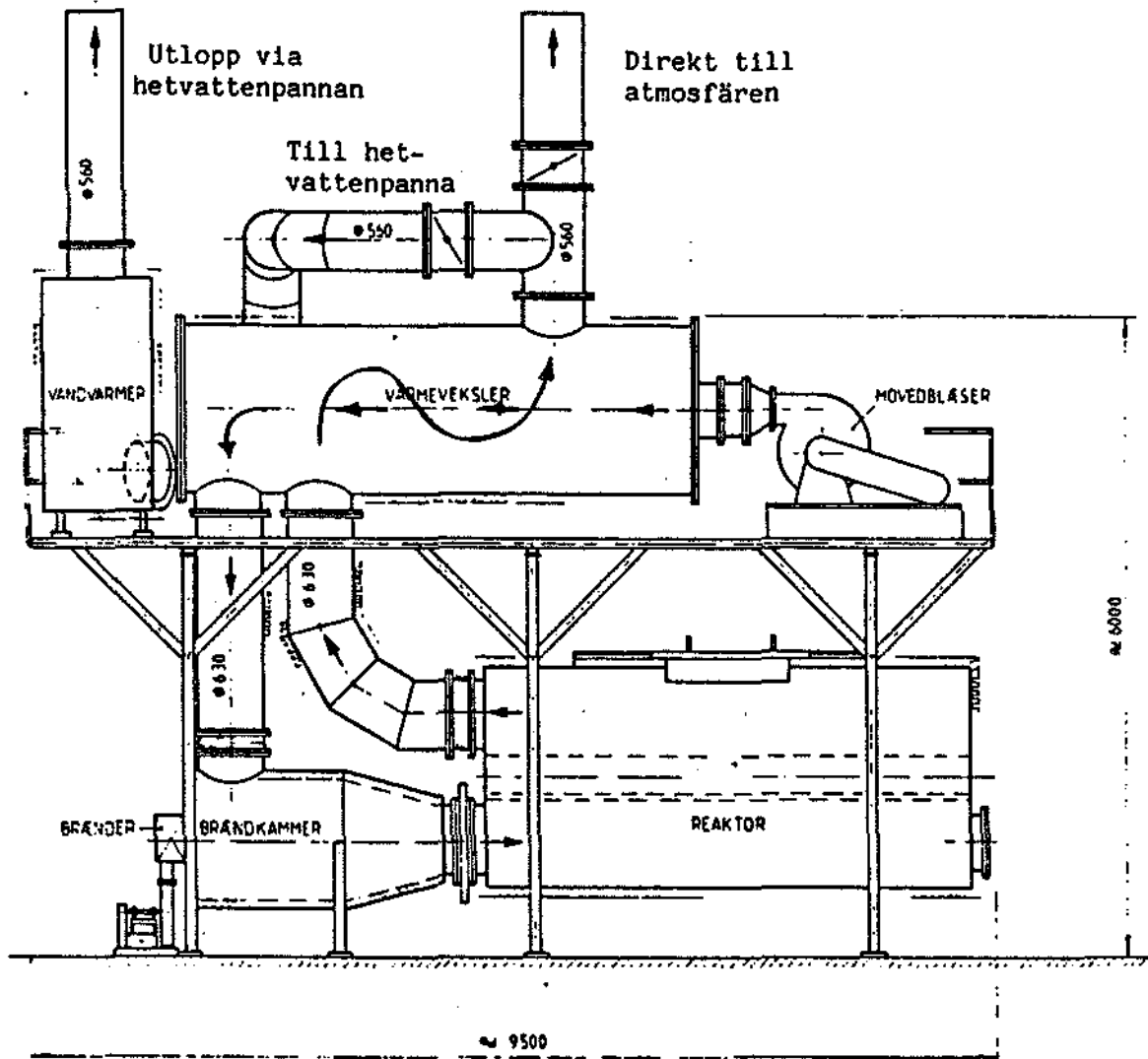
Web-offset dryer exhaust clean-up

System description

Exhaust air cleaning with energy recovery savings



Figuren visar en termisk förbränningsanläggning, fabrikt KATEC, ansluten till en rulloffsettork. I konstruktionen ingår brännare, tubvärmväxlare, och brännkammare. De heta och rena rökgaserna från brännkammaren förvärmer det förorenade avgasflödet genom motströms förvärmning.



Katalytisk förbränningsanläggning enligt Haldor Topsoe A/S.