
Rapport SGC 059

MARKNADSPOTENTIAL NATURGAS-
ELDADE INDUSTRIELLA IR-STRÅLARE

Rolf Christensen
Enerkon RC

April 1995



Rapport SGC 059
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--59--SE

Rapport SGC 059

MARKNADSPOTENTIAL NATURGAS- ELDADE INDUSTRIELLA IR-STRÅLARE

Rolf Christensen
Enerkon RC

April 1995

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.

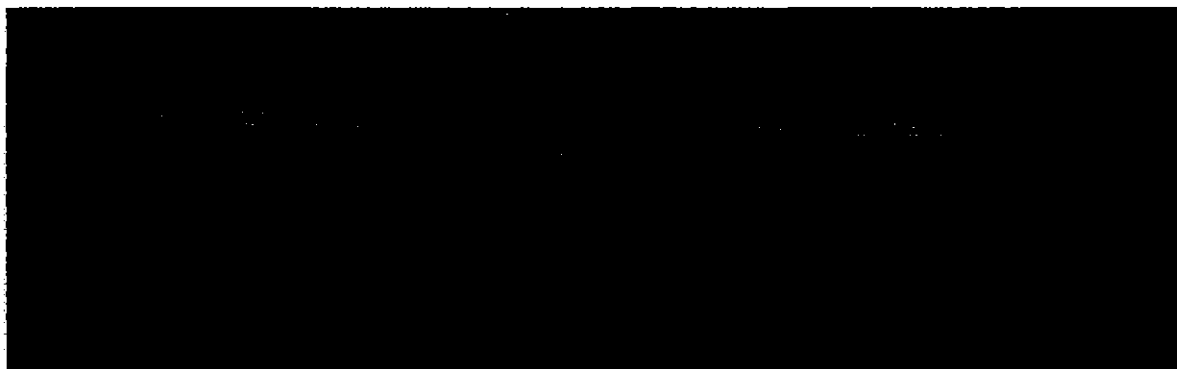
Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas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

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB


Jörgen Thunell

MARKNADSPOTENTIAL NATURGASELDADE INDUSTRIELLA IR-STRÅLARE

Projekt 94.24



Rolf Christensen
APRIL 1995
LTH/MALMÖ
ENERKON RC

SAMMANFATTNING

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center AB har en genomgång och uppdatering av tidigare utförda marknadsanalyser över industriella IR-strålare genomförts innehållande en kortfattad beskrivning av befintlig och kommande IR-teknik med koppling till olika industribranscher och exempel på befintliga installationer, en genomgång av marknadspotentialen inom respektive bransch samt bedömning av behovet av demonstrationsanläggningar.

Marknadspotentialen för naturgaseldade IR-strålare inom det befintliga naturgasområdet är till största delen koncentrerad till pappers- och verkstadsindustrin. Potentialen för dessa industribranscher har bedömts vara drygt 100 GWh/år. Totalt sett har potentialen för IR-applikationer inom existerande naturgasområde uppskattats till knappt 130 GWh/år. Potentialen inkluderar då inte ersättning av elvärma IR-strålare. Inkluderas denna kan potentialen ökas betydligt.

Livsmedels- och dryckesvaruindustrin står för en stor del av industrins naturgasanvändning, cirka 44 % eller 1385 GWh/år. Trots att större delen av energianvändningen inom livsmedelsindustrin relaterar sig till processvärmning är potentialen för IR-strålare liten eftersom applikationsmöjligheterna är små då större delen av livsmedelsindustrins processvärmebehov är relaterat till värmning av vätskor, indunstning samt torkning. Såväl torkning som indunstning sker med apparater som svårligen kan ersättas med IR-strålare.

Med utgångspunkt från marknadspotentialen för naturgaseldade IR-strålare inom naturgasområdet är det främst inom pappers- och verkstadsindustrin som demonstrationsanläggningar kan motiveras. Ser man till befintliga installationer inom dessa industribranscher finns ett stort antal applikationer inom verkstadsindustrin som borde kunna utnyttjas som demonstrationsanläggningar, även om flertalet är gasoeldade. Behovet för demonstration av naturgaseldade IR-strålare inom verkstadsindustrin finns främst inom lack- och färgtorkningsapplikationer med metalliska och keramiska fiberstrålare där inga installationer finns i dagsläget. Demonstrationsanläggningen bör i så fall visa att gaseldade IR-strålare kan installeras i sådana applikationer där höga yteffekter är nödvändiga av utrymmesskal för att möjliggöra ersättning av elvärmda IR-strålare.

Katlytiska strålare i färgtorkningsapplikationer och strålningsstuber i värmebehandlingsugnar finns såväl naturgaseldade som gasoeldade varför demonstrationsbehovet bedöms som ringa.

Massa- och pappersindustrin och deras leverantörer av processutrustning är väl bekanta med gaseldade IR-strålare varför behovet av en demonstrationsanläggning inom naturgasområdet inte kan anses som stort.

I övriga industribranscher inom naturgasområdet är främst i plast- och plastvaruindustrin som möjligheter till naturgaseldade IR-installationer finns. Även här finns en naturgaseldad anläggning som skulle kunna fungera som demonstration av tekniken.

Med hänsyn till att motiven för en stor del av de strålare som installerats i industriella processer i många fall varit produktionstekniska förbättringar (ökad produktionskapacitet, förbättrad produktkvalitet, minskade kassationer mm) bör en utökad marknadsföring av gaseldade IR-strålare belysa de tekniska och ekonomiska fördelar gaseldning kan ge ur produktionssynpunkt. Energitekniska fördelar kommer i detta sammanhang i andra hand.

Kan ett samarbete med leverantörer av processutrustning etableras bör vägen till demonstrationsanläggningar förkortas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND OCH AVGRÄNSNING	2
2	APPARATBESKRIVNING	4
2.1	Metallfiberstrålare	5
2.2	Keramiska strålare	8
2.3	Katalytiska strålare	9
2.4	Exempel på tillverkare och återförsäljare	11
2.4.1	Acotech	11
2.4.2	Alzeta inc.	11
2.4.3	Krieger	12
2.4.4	Maywick	12
2.4.5	Stordy-Marsden	14
2.4.6	Sunkiss Thermoréacteurs	15
2.4.7	Aichelin	17
2.4.8	LBE Beheizungseinrichtungen GmbH	18
2.4.9	Burns Ltd	19
2.4.10	Impact Nordic Systems	20
2.4.11	Solaronics Vaneecke	21
2.4.12	Flaméco-Eclipse	21
2.4.13	Global Environmental Solutions	22
2.4.14	Andra tillverkare och återförsäljare	22
3	DAGSLÄGET FÖR INDUSTRIELLA GASELDADE IR-STRÅLARE INOM DEN SVENSKA INDUSTRIN	23
3.1	Applikationer	23
3.1.1	SNI 31 Livsmedels-, dryckesvaru- och tobaksindustri	23
3.1.2	SNI 32 Textil-, beklädnads-, läder-, och lädervaruindustri	23
3.1.3	SNI 33 Trävaruindustri	23
3.1.4	SNI 34 Massa-, pappers-, pappersvaru-industri, grafisk industri	23
3.1.5	SNI 35 Kemisk-, petroleum-, gummivaru-, plast- och plastvaruindustri	25
3.1.6	SNI 36 Jord- och stenvaruindustri	25
3.1.7	SNI 37 Järn-, stål- och metallverk	25
3.1.8	SNI 38 Verkstadsindustri	26
4	ENERGITEKNISKA ASPEKTER	29
4.1	Verkningsgrader och industrins energisituation	29
4.2	Konkurrerande värmningsalternativ	30
4.3	Kostnader	30
4.4	Försäkrings- och garantiaspekter	31
5	MARKNADSPOTENTIAL OCH FRAMTIDA UTVECKLING	32
6	DISKUSSION	35
7	REFERENSER	37

1 BAKGRUND OCH AVGRÄNSNING

Efter naturgasintroduktionen i Sverige under mitten av 80-talet har möjligheterna för decentraliserad naturgasanvändning i industriella processer rönt ett stort intresse.

Industriella IR-strålare är ett av de områden där insatserna på forskning och utveckling varit stora. Inriktningen har huvudsakligen varit mot pappersindustrin och torkning av papper i bstrykningsmaskiner.

Naturgaseldade industriella anläggningar har dock endast installerats i begränsad omfattning. För lokalvärmning finns ett tiotal applikationer. Det har därför från naturgasbolagens sida funnits önskemål om att genomföra en marknadsöversyn över industriella IR-applikationer samt genomförande av ett eller flera demonstrationsprojekt i industriella processer.

Målsättningen med det i föreliggande rapport avhandlade projektet var att genomföra denna marknadsöversyn av industriella naturgaseldade IR-applikationer innehållande:

- Kortfattad genomgång av befintlig och kommande IR-teknik med koppling till olika industribranscher
- Genomgång och uppdatering av tidigare utförda marknadsanalyser med exempel på befintliga installationer samt genomgång av marknadspotentialen inom respektive bransch
- Behov av och förslag på demonstrationsprojekt i Sverige. Möjligheten att utnyttja befintliga IR-anläggningar utomlands, t.ex. i Danmark, som demoanläggningar beaktas.

Studien avgränsas så att den genomförs inom befintligt naturgasområde och koncentreras till branscher som är representerade i detta område.

2 APPARATBESKRIVNING

En apparat som är avsedd att avge värme genom strålning i det infraröda området, dvs med våglängder mellan 0,76 μm och 1000 μm , kallas i dagligt tal för IR-strålare. IR-strålare delas vanligtvis upp i tre grupper med hänsyn till deras ytemperatur vilket även ger en bild av vid vilken våglängd strålaren har sitt strålningsmaximum.

- **Lågtemperaturstrålare**
Dessa strålare arbetar med ytemperaturer i området 30 - 500 °C, eller uttryckt i våglängder mellan 4 och 10 μm , och kallas för svartstrålare eftersom ingen del av strålningen faller inom det synliga området.
- **Mellantemperaturstrålare**
Dessa strålare arbetar med ytemperaturer i området 500 - 1100 °C, eller uttryckt i våglängder mellan 2 och 4 μm , och kallas för glödstrålare eller röda strålare eftersom en del av strålningen faller inom det synliga området och man kan se en glödande yta. De flesta gaseldade strålarna med keramiskt eller metalliskt material hör till denna grupp.
- **Högtemperaturstrålare**
Maximat för den avgivna strålningen ligger i våglängdsområdet 0,76 - 2 μm vilket motsvarar ytemperaturer mellan 1100 och 3200 °C. Här faller en relativt stor del av strålningen inom det synliga området. Elvärmda IR-strålare är vanligast i detta område.

Eftersom den avgivna strålningen från en kropp är proportionell mot temperaturen upphöjt till fyra, $P \sim T^4$, kan en strålare med högre ytemperatur avge mer värme per ytenhet, dvs att strålarens yteffekt i W/m^2 ökar, vilket ger att strålaren kan göras mindre för en given effekt. En kompakt värmare är av intresse i industriella processer där utrymmet kan vara begränsat vilket kan tolkas som att högtemperaturstrålare är att föredra. Detta är dock inte hela sanningen då man i IR-sammanhang måste ta hänsyn till vid vilka våglängder som det uppvärmda materialet kan absorbera strålningen. Exempelvis absorberar vatten och organiska lösningsmedel huvudsakligen strålning i det lång- och mellanvågiga området vilket ger att låg- och mellantemperaturstrålare bör användas i applikationer som tex torkning när hänsyn tas till anläggningens energieffektivitet.

En god anpassning mellan strålarens emissionsspektra och materialets absorptionsspektra kan innebära att en strålare med mindre effekt kan installeras än vad som skulle vara fallet om en strålare med högre temperatur valdes, då det är den av materialet absorberade effekten som är av intresse.

Fortsättningsvis i detta kapitel ges en kortfattad grundläggande beskrivning av den teknik som i dagsläget används i befintliga IR-strålare avsedda för industriellt bruk.

För mer detaljerad information om olika utformningar av IR-strålare hänvisas till ref.[12] samt tillverkarnas och återförsäljarnas datablad och broschyrer.

2.1 Metallfiberstrålare

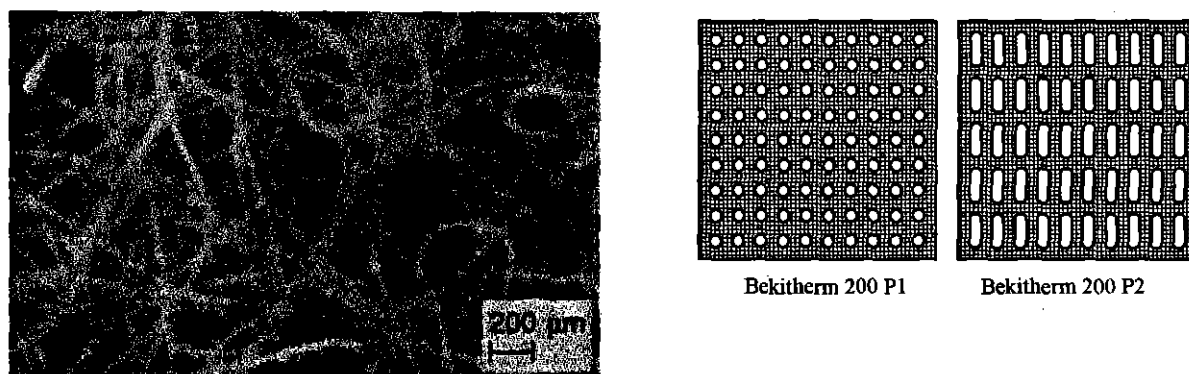
Metallfibermaterial utvecklas och marknadsförs bl.a. av Acotech i Belgien.

Metallfibermaterial är företagets huvudsakliga produkt. Till viss del tillverkar Acotech även enklare IR-strålare av metallfibermaterial.

Metallfibermaterialet marknadsförs under varumärket Bekitherm® och finns i operforerad och perforerad form. Perforeringen görs för att uppnå högre ytbelastningar och därmed ett ökat reglerområde. I figur 2.1 visas operforerad metallfiber i 50 gångers förstoring samt två olika perforeringar.

Vid användandet av metallfiberbrännare sker förbränningen på metallfibers yta vid en förhållandevis låg flamtemperatur vilket enligt tillverkaren möjliggör låga kväveoxidemissioner. Detta är bekräftat från flera håll men enstaka motstridande uppgifter finns även dokumenterade.

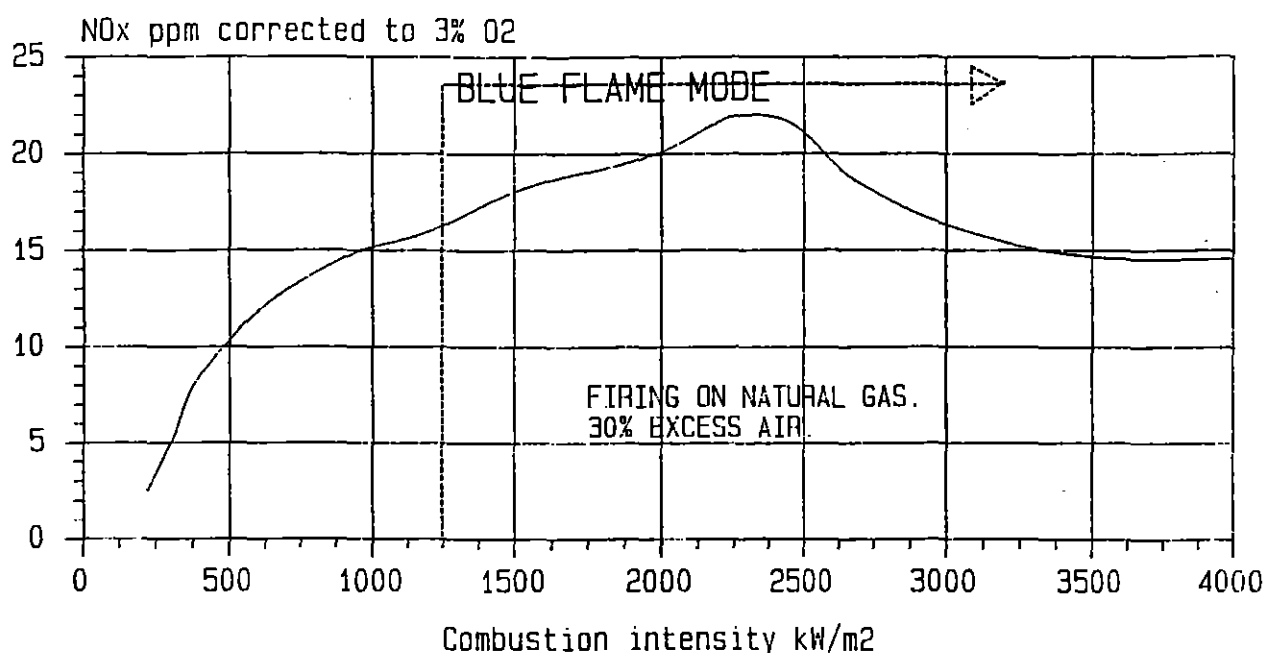
Exempel på företag som utprovat metallfiberbrännare med avseende på NO_x -emissioner är, Tokyo Gas, Gaz de France, Politecnico di Torino, Gasvärme-Institut Essen, Korea Institute of Energy Research, Nederlandse Gasunie och Southern California Gas Company USA.



Figur 2.1 Operforerad metallfiber i 50x förstoring och två olika perforeringar

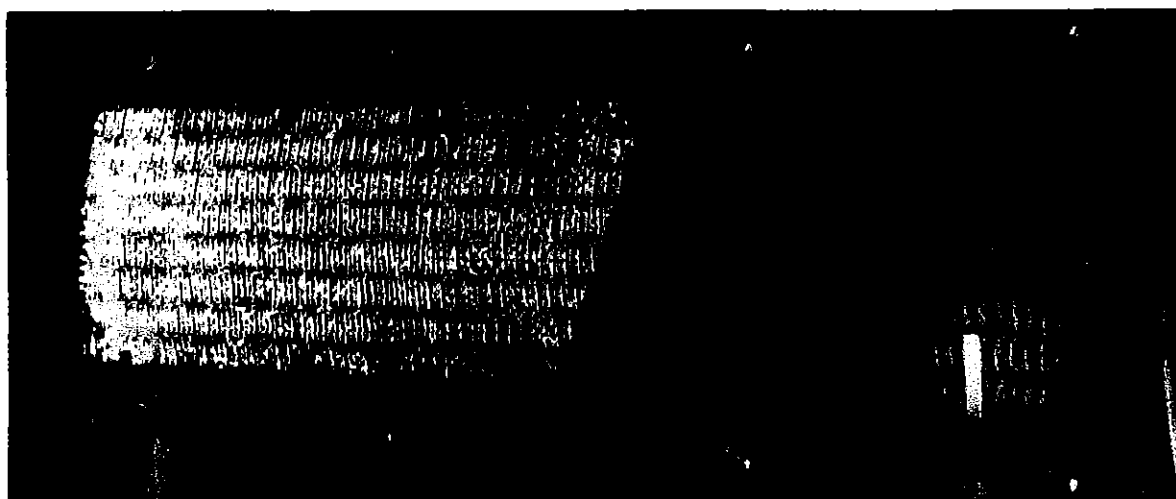
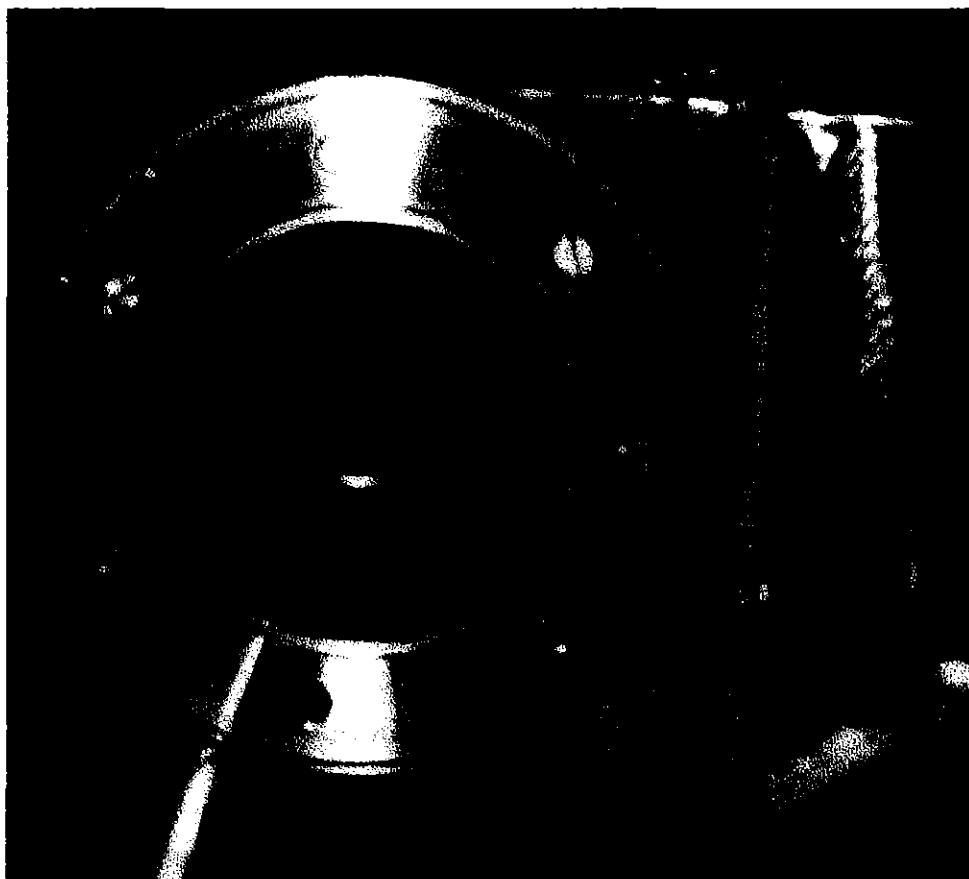
Med perforeringen kan brännaren arbeta i vad som kallas Radiant mode och Blue-flame mode beroende på vilka ytbelastningar som väljs. Vid relativt låga ytbelastningar, upp till cirka 800-1200 kW/m² beroende på vilket luftöverskott förbränningen sker vid, arbetar brännaren i Radiant mode, dvs som en IR-strålare med en rödglödande yta. När ytbelastningen ökas övergår förbränningen succesivt från ytförbränning till förbränning strax ovanför metallfibers yta. Med Bekitherm 200 P2 kan ytbelastningar på upp till 35000 kW/m² nås!! Metallfibern fungerar då inte som en IR-strålare utan mer som en flammhållare med ytterst liten andel ytförbränning. När perforerat material används i IR-strålare är det främsta skälet inte ökad ytbelastning utan att risken för igensättning och kraven på filtrering av förbränningsluften minskas.

Som kan ses i figur 2.2 är NO_x -emissionerna låga även vid höga ytbelastningar vilket kan förklaras med att förblandningen mellan luft och gas är god.



Figur 2.2 Radiant och blue flame mode

Metallfiberbrännaren kan i stort sett ges vilken form som helst och är mer tålig mot slag och beröring än den keramiska fibern. Metallfibern används huvudsakligen i två utformningar i strålningssammanhang, cylindrisk brännare för pannapplikationer som exempelvis låg-NO_x-brännare i eldrörspannor samt som platta IR-paneler med varierande design för allehanda applikationer. Exempel på olika brännarutformningar visas i figur 2.3. Den cylindriska brännaren i figuren används för värmebehandling av avlånga föremål som stångmaterial mm. Den undre bilden visar en typisk IR-panel i radiant och blue flame mode.

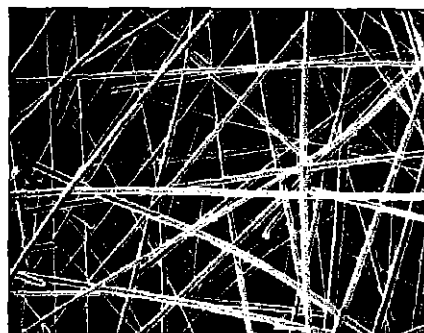


Figur 2.3 Cylindrisk metallfiberstrålare och IR-panel med metallfiber

2.2 Keramiska strålare

Keramiska IR-strålare kan tillverkas för olika ändamål och av olika material, tex litiumstabiliserad aluminiumsilikat, kiselkarbid (SiC) och kiselnitrid (Si₃N₄).

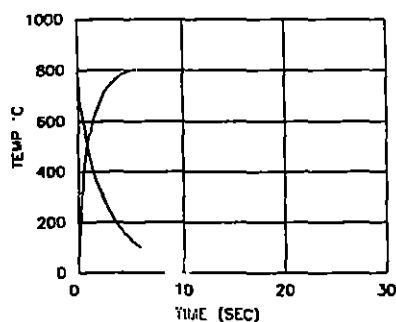
Strålarmaterialet kan utformas som porösa plattor, i form av keramiskt skum eller fibermaterial. I de flesta fall är det önskvärt med låg termisk massa i strålaren för att nå snabba start- och stoppförlopp vilket gör att keramiska fiberstrålare blir allt vanligare då dessa är mycket porösa vilket kan ses i figur 2.4. Nackdelen är dock att materialet inte är tåligt för mekaniska påkänningar.



Figur 2.4 Keramiskt fibermaterial i 50x förstoring

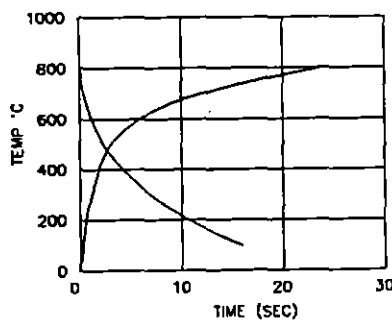
Vid användandet av keramiska fiberstrålare sker förbränningen i de yttersta lagren av fibermaterialet. Fibrernas diameter är cirka 15 µm. Detta gör att den uppvärmda massan är liten med möjlighet till snabb uppvärmning och nedkylning. Ett typiskt förlopp kan ses i figur 2.5 där uppvärmnings- och nedkylningstider jämförs mellan IR-strålare med keramiskt fibermaterial, metallfiber (MFE) och keramiskt skum.

CERAMIC FIBRE BURNER



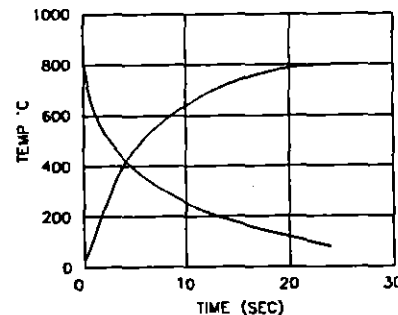
Thermal Input 290kW/m²

MFE BURNER



Thermal Input 280kW/m²

CERAMIC FOAM BURNER



Thermal Input 250kW/m²

Figur 2.5 Typiska uppvärmnings- och nedkylningsförlopp för IR-strålare med keramiskt och metalliskt fibermaterial samt keramiskt skum

Keramiska strålare används i många olika industriella processer. De keramiska fiberstrålarna blir allt vanligare då de korta nedkylnings- och uppvärmningstiderna ger en snabb och effektiv reglering av värmeeffekten. Keramiska fiberstrålare används mest i torkningsapplikationer inom pappers-, textil-, grafisk industri samt verkstadindustrin, främst då i lågtemperaturprocesser.

För högtemperaturprocesser som exempelvis värmebehandlingsugnar finns en typ av IR-strålare som ofta kallas strålningstuber. Strålningstuben, som tillverkas i olika keramiska material beroende på temperaturnivån i ugnen, är tät och värms upp av en brännare i ena änden. Rökgaserna cirkulerar inuti tuben och kyles av den omgivande tubväggen. Tuben avger värme genom strålning till omgivningen, se avsnitt 2.4.8.

Strålningstuber används huvudsakligen inom järn- och stålindustrin samt verkstadsindustrin i högtemperaturprocesser som värmebehandling där en kontrollerad atmosfär är önskvärd.

2.3 Katalytiska strålare

Vid en katalytisk förbränningsreaktion kan oxidationen av bränslets kol och väte ske vid lägre temperaturer än vad som är fallet vid flambförbränning. Dessutom är det inte nödvändigt att ha en "flambar" bränsle/luftblandning vilket är fallet vid konventionell förbränning. Katalytisk förbränning innebär att man kan nå en stabil och fullständig oxidation vid låga temperaturer även med stora variationer i bränsle/luftförhållanden vilket ger stora reglerområden och låg NO_x-bildning.

En katalysator består huvudsakligen av två komponenter, det katalytiskt aktiva materialet samt bärmaterialet på vilket det katalytiska materialet påförts.

Det katalytiska materialet består mestadels av olika ädelmetaller, metalloxider eller blandningar av dessa. Bärarmaterialen är vanligen olika metalliska eller keramiska material och utformningen är vanligen monolitisk, pellet eller fiberduk.

Det finns ett flertal katalytiska material där kanske platina är det mest kända. Andra katalytiska material är tex palladium, palladiumoxid och kopparoxid.

Då den katalytiska reaktionen sker på ytan av det katalytiska materialet är det väsentligt att dess yta är stor. Detta ger att bärmaterialet bör vara poröst, dvs ha en stor porvolym vilket ger en stor yta per viktsenhet.

Såväl bärmaterial som katalysatormaterial väljs med hänsyn till vilka temperaturkrav som ställs på applikationen i fråga.

För mer ingående information om katalytiska brännare hänvisas till ref.[10].

En katalytisk IR-strålare utvecklad av Gaz de France som arbetar vid en temperatur på cirka 400°C är speciellt anpassad för olika torkapplikationer där det torkade materialet absorberar långvågig strålning i området 2 - 6 µm. Färger, lacker och andra vatten- eller lösningsmedelsbaserade material har sina absorptionsband i detta område vilket gör strålaren lämplig i många industriella processer. Mer information om denna ges i avsnitt 2.4.9.

Keramiska strålningstuber kan även användas för katalytisk förbränning. I detta fall beläggs innerväggen på strålningsröret med ett skikt av platina (Pt) så att den katalytiska reaktionen

kan äga rum. Strålningstuben som tillverkas av material som kiselkarbid, mullite eller cordierite. Ytterytans temperatur på strålningstuben kan bli cirka 1200 °C och tubens yteffekt kan uppgå till cirka 95 kW/m². Med den katalytiska förbränningen kan NO_x-emissionen understiga 5 ppm om temperaturen begränsas till 1200 °C, enligt ref. [10].

2.4 Exempel på tillverkare och återförsäljare

I detta avsnitt redovisas några av de många tillverkare och återförsäljare som finns inom området gaseldade IR-strålare.

2.4.1 ACOTECH

Acotech har sitt säte i Belgien och deras huvudsakliga verksamhet är , som tidigare nämnts, marknadsföring och utveckling av metallfibermaterial.

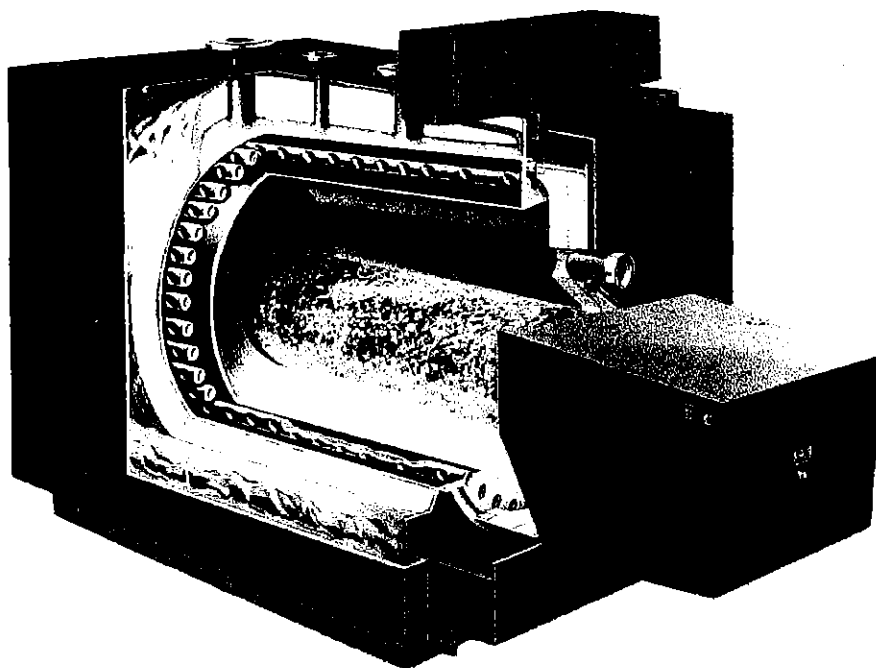
På senare tid har företaget dock även levererat kompletta brännare till speciella applikationer vid bl.a. forskningsinstitutioner.

Acotech levererar metallfibermaterialet till olika brännartillverkare som Impact, Stordy mfl. Acotech har numera ett mindre standardsortiment av brännare för pannor och industriella applikationer, några "låg NO_x -varianter", standard IR-paneler samt en "heavy duty high-temperature" brännare.

2.4.2 ALZETA INC.

Amerikanska Alzeta Inc. representeras i Norden av ett nystartat bolag som heter Nedatherm. Nedatherm är beläget i Danmark och har huvudsakligen låg- NO_x brännare på sitt program.

Företaget marknadsför även Alzeta's keramiska strålningsbrännare med beteckningen Pyrocore. I Europa är brännaren utrustad med gasarmatur, brännarfläkt mm från Dreizler och marknadsförs under namnet Magma. Brännaren är cylindrisk och huvudsakligen utvecklad för att verka som låg- NO_x brännare i eldrörspannor och immersionsrör tex för vätskevärmning.



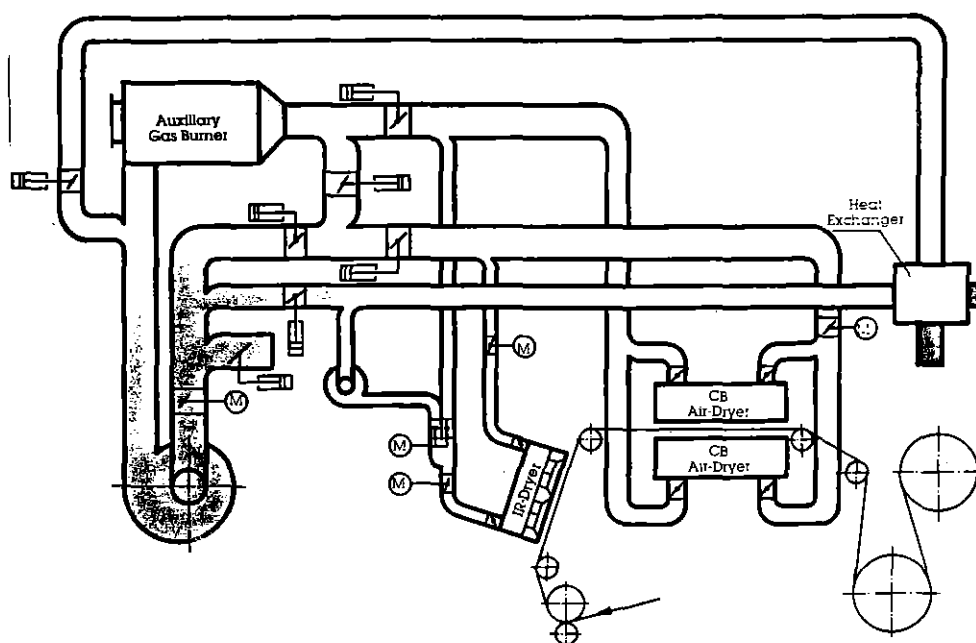
Figur 2.6 Dreizler Magma strålningsbrännare

2.4.3 KRIEGER

J.Krieger & Sohn är ett tyskt företag som specialiserat sig på torkprocesser med IR-strålare av olika slag. Inriktningen är huvudsakligen mot pappersindustrin. På deras program finns flera välutvecklade torksystem baserade på gaseldade IR-strålare. Krieger marknadsför även elvärmda IR-strålare.

Speciellt har utvecklats gaseldade torksystem avsedda för fuktprofilutjämning, torkning av bestruket och obestruket papper samt förvärmning före pappersmaskinens pressparti. Ett av deras torksystem med integrerade IR-strålare benämns Infra-Air® IR System och visas i figur 2.7.

Infra-Air® IR System kombinerar konvektiv torkning med IR-tekniken för att nå en högre totalverkningsgrad på torksystemet. Enligt leveratörens uppgifter kan verkningsgrader på 75% uppnås. Denna kan jämföras med en renodlad IR-applikation där verkningsgraden i flera fall anges till 30 - 50 %.



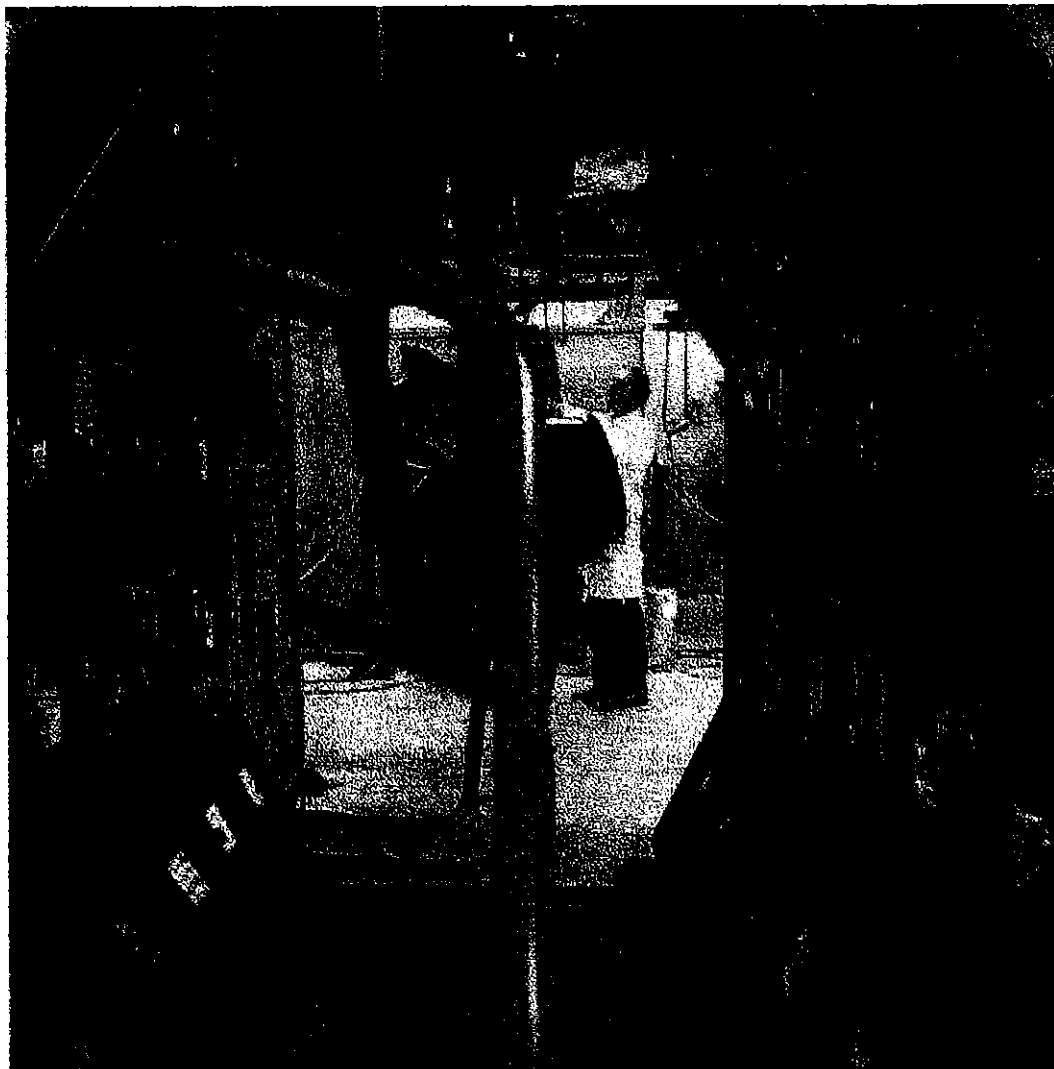
Figur 2.7 Principskiss över Infra-Air® IR System

2.4.4 MAYWICK

Maywick Limited tillverkar och marknadsför såväl IR-strålare som kompletta IR-baserade ugnar för industriella ändamål. IR-strålarna är baserade på keramiska material som porösa plattor och keramisk fiber. Porösa plattor används i en IR-strålare med namnet Maywick Luminous Wall och kan användas i temperaturområdet 600 - 1100 °C. Strålarens ytbelastning kan varieras mellan 63 och 252 kW/m² och förses med låg/hög eller moduleande reglering. Enligt produktbladet är strålningsverkningsgraden 40 %.

Maywick har även olika varianter av ugnar baserade på keramiska IR-strålare. Standardversionen av deras "Radiant ovens" tillverkas i fyra eller fem brännarsektioner med givna standardmått. En mindre variant kallas Rayette oven och tillverkas med två eller tre brännarsektioner. Både standardversionen och Rayette kan även tillverkas med mått efter kundens önskemål.

Ugnarna används främst vid pulverlackering, torkning och härdning av färger samt plastbeläggningar som epoxy- och akryl i pulverform. Produktbladen anger temperaturen på strålaren till 850°C vilket ger att strålmaximat ligger vid $2,6\text{ }\mu\text{m}$ vilket är något kortvågigt för torkning av färger. En högre temperatur ger dock högre yteffekt och en mindre ugn. De främsta argumenten för IR-baserade ugnar är ökad produktionskapacitet och reducerade produktionskostnader. Inriktningen verkar vara mot verkstadsindustrin med tonvikt på olika lackeringslinjer.



Figur 2.8 Maywick Radiant oven

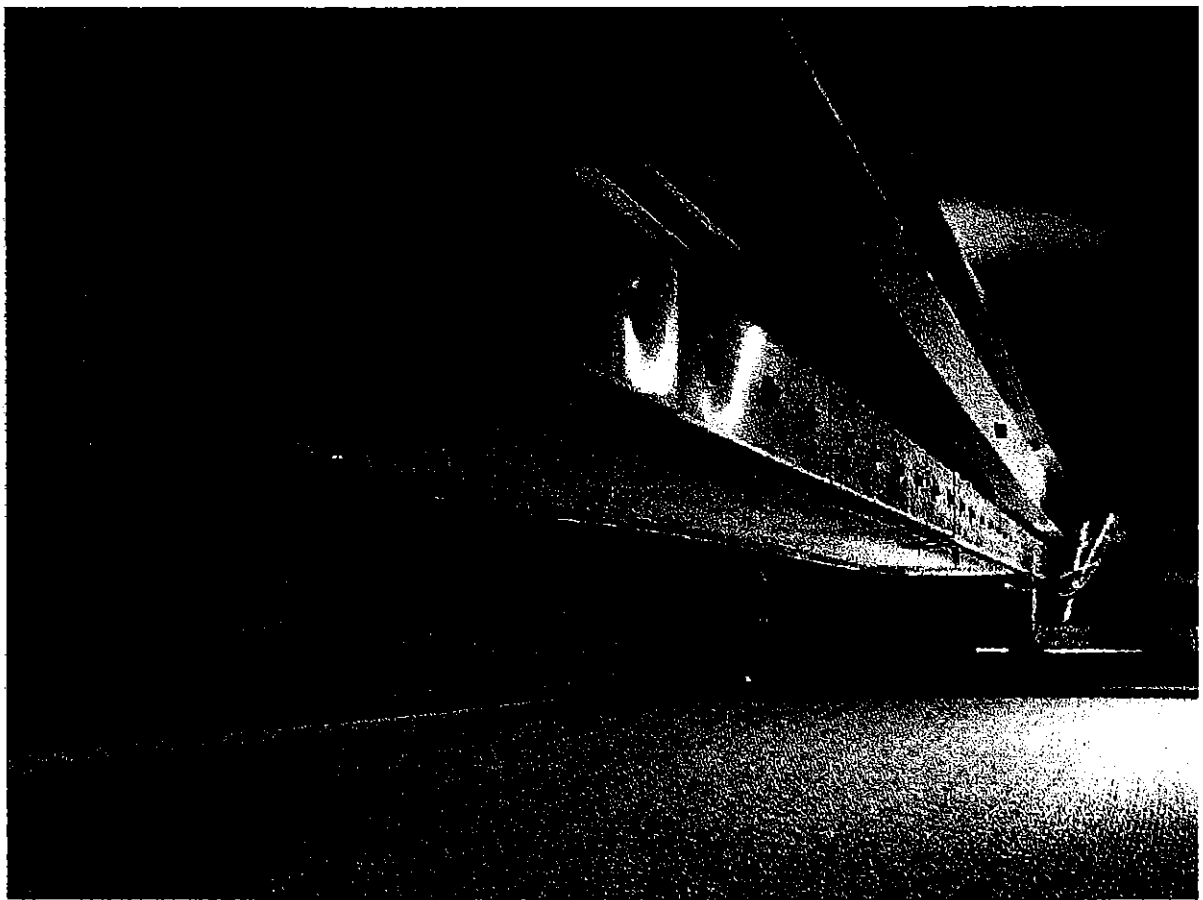
2.4.5 STORDY-MARSDEN

Stordy Combustion Engineering Ltd marknadsför IR-strålare baserade på såväl keramiska som metalliska fibermaterial. Det metalliska fibermaterialet tillverkas av Acotech. Stordy finns representerade i England, Frankrike, Holland och Belgien.

I IR-programmet finns även katalytiska IR-strålare och konventionella IR-strålare av keramiska plattor.

Stordy har genomfört över ett hundra installationer av IR-strålare i Storbritannien inom olika industribranscher.

De keramiska strålarna kan tillverkas med en kontinuerlig längd upp till 5 m. Sådana längder möjliggör applikationer som tex torkning och värmebehandling vid tillverkning av mattor, se figur 2.9, samt papperstorkning.



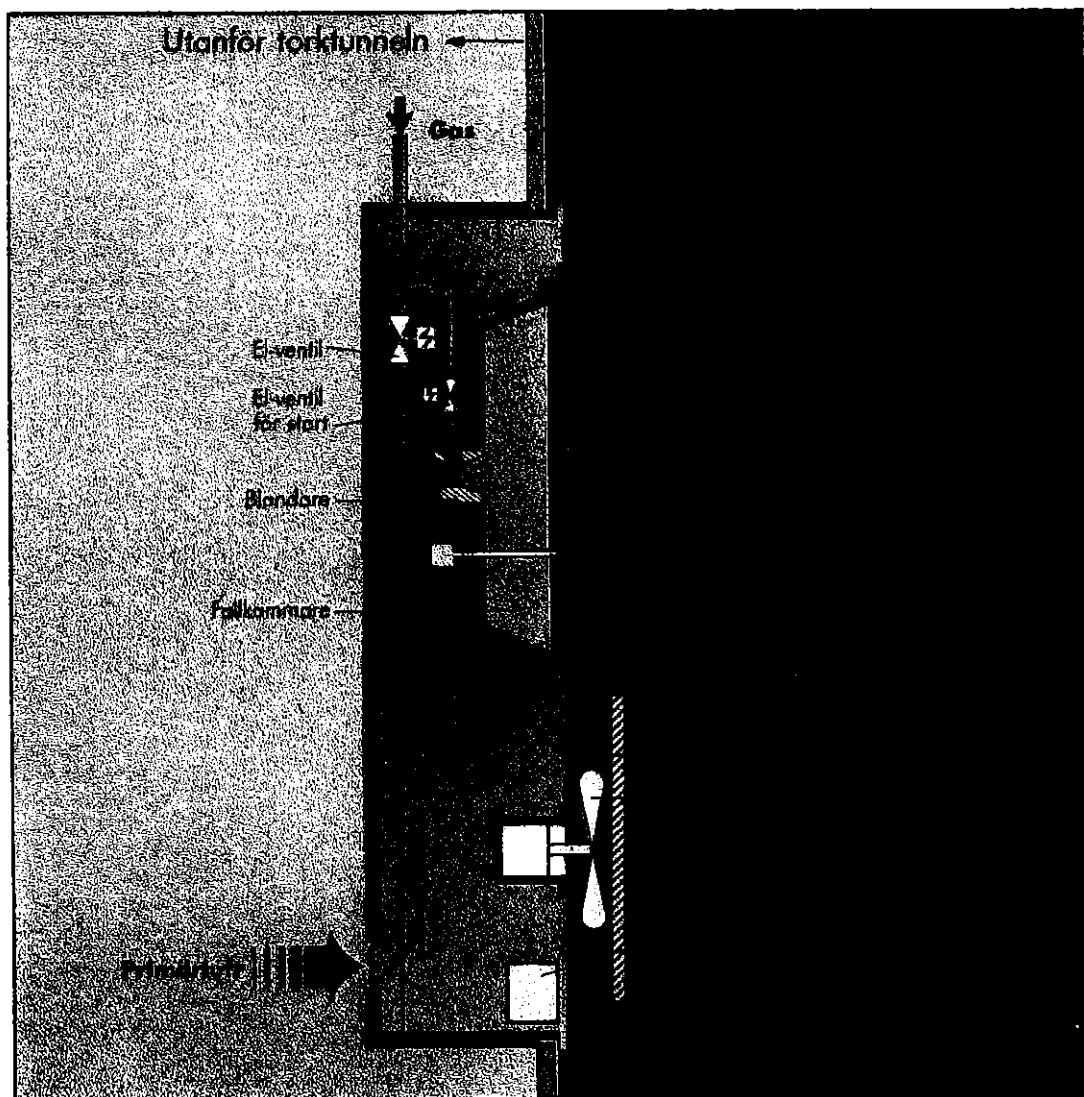
Figur 2.9 Keramisk fiberstrålare för torkning av mattor

Metallfiberstrålarna tillverkas både i standardutförande och efter kundens önskemål. De standardiserade strålarna är mycket enkla och finns i två storlekar, BxL = 152x203 mm samt 203x303 mm. Effekterna är 7,0 respektive 14,8 kW vilket ger yteffekter på 227 respektive 241 kW/m².

På utvecklingssidan arbetar Stordy för närvarande med att utvärdera ett keramiskt fibermaterial av kiselkarbid.

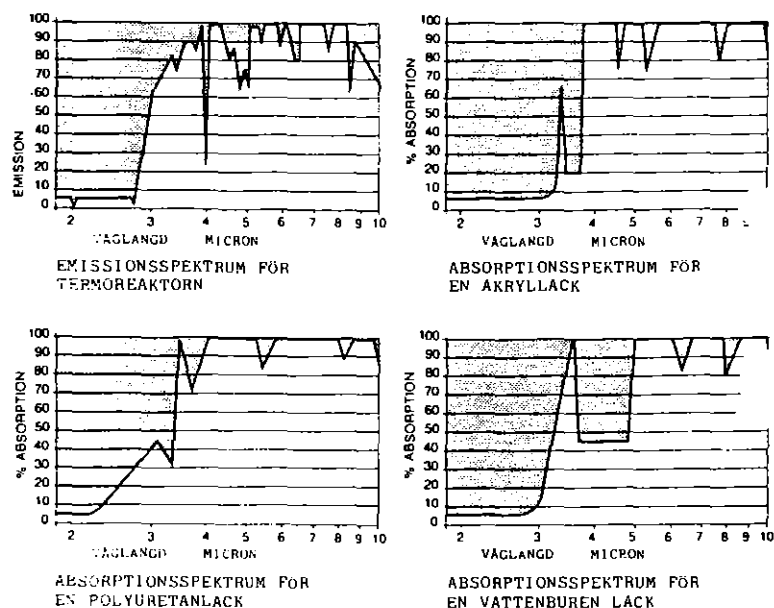
2.4.6 SUNKISS THERMORÉACTEURS

Sunkiss Thermoréacteurs representeras i Sverige av Linde Metallteknik AB i Helsingborg. Linde marknadsför den av Gaz de France utvecklade och av Sunkiss tillverkade katalytiska IR-strålaren PRC (Panel Radiante Catalytique) vilken i Sverige benämns Termoreaktor. En snittbild av termoreaktorn visas i figur 2.10.



Figur 2.10 Snittbild av termoreaktorn och torkrumsvägg

Termoreaktorn arbetar i det mer långvågiga området eftersom förbränningstemperaturen är låg, cirka 400 °C. Yteffekten är låg, cirka 12 kW/m², vilket gör apparaten utrymmeskrävande. Då huvuddelen av strålningsenergin emitteras i det mellan- och långvågiga området är den mycket väl anpassad till absorptionsspektrat för organiska lösningsmedel vilket gör den lämplig för färgtorkning av olika slag. Några exempel på absorptionsspektra samt emissionsspektrat för termoreaktorn visas i figur 2.11.



Figur 2.11 Absorptionsspektra för några lacker, [11]

Enligt leverantören emitteras 40 % av termoreaktorns effekt i form av strålning och 50 % genom konvektion. Resterande 10 % utgörs av avgasförluster.

I tabellen nedan görs en jämförelse mellan energibehovet i en termoreaktorugn och en konventionell ugn för färgtorkning.

	Varmluftsupgn	Termoreaktorugn
Torkutrustning	Oljebrännare	52 paneler (gas)
Installerad effekt	270 kW	184 kW
Torktid	57 timmar	8 timmar
Motsvarande energiåtgång	16.530 kWh	1.480 kWh
Minskning i energiåtgång	91 %	

I det prospekt från vilket tabellen är hämtad, finns inga uppgifter om vilka förutsättningar som gällt för installationerna varför man bör ta besparingspotentialen med viss försiktighet.

Gaz de France, som utvecklat termoreaktorn, anger själva att besparingarna normalt blir mellan 50 och 90 % jämfört med en konvektiv torkugn med varmluft.

Gaz de France har även gjort en jämförelse mellan ugnar för lacktorkning inom bilindustrin där värmningen sker med elinfralampor i det ena fallet och gaseldade katalytiska strålare i det andra, se tabellen nedan.

	Elinfravärmd ugn	Termoreaktorugn
Torkutrustning	375 W:s lampor	90 paneler (gas)
Installerad effekt	440 kW	342 kW
Produktionshastighet	12 bilar/h	10 bilar/h
Produktionstid	3.200 h	3.200 h
Antal torkade bilar	38.400	33.653
Motsvarande energiåtgång	1408 MWh	1094 MWh
Specifik energiåtgång	37 kWh/bil	33 kWh/bil

2.4.7 AICHELIN

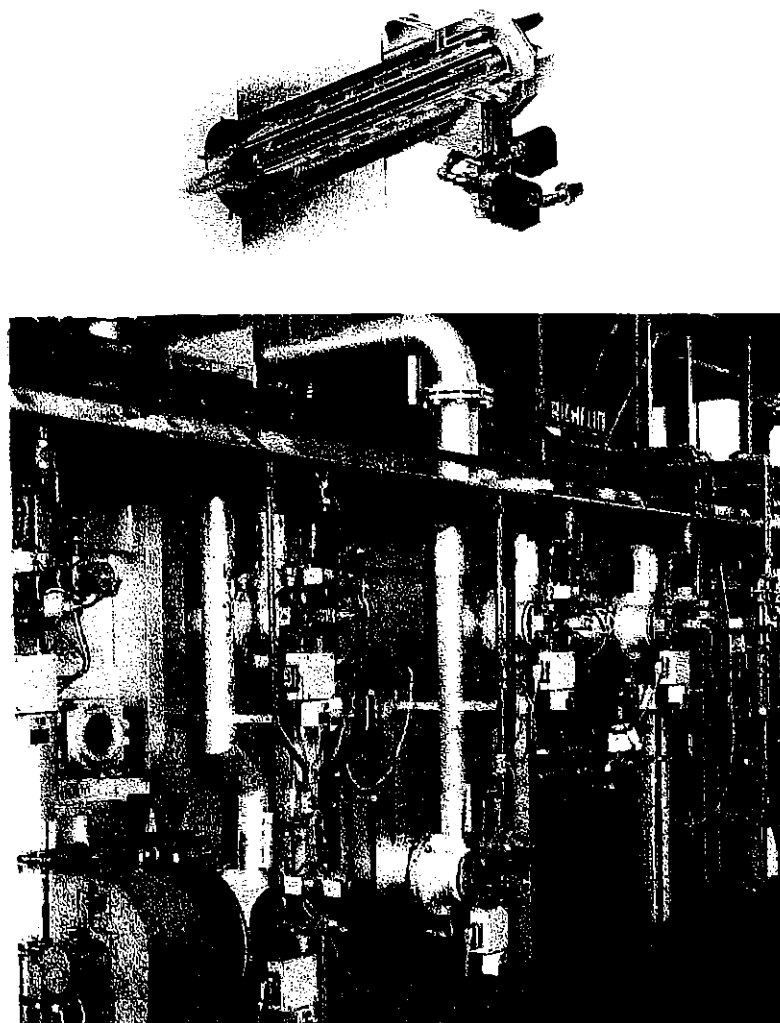
Aichelin Industriefenbau har sitt säte i Tyskland. Företaget har ett antal dotterbolag över hela världen och är specialicerat på värmebehandlings- och skyddsgasteknik. Svensk representant är Ugns- & Gasteknik AB i Bromma.

Aichelin tillverkar och marknadsför kompletta värmebehandlingsanläggningar inklusive utrustning för transport, lagring, reglering mm så att de kan anpassas till CIM (Computer Integrated Manufacturing).

På värmningssidan kan ugnarna utrustas med gas- eller elvärmning.

Gasvärmningen sker med strålningstuber av kiselkarbid försedda med rekuperativa brännare med varumärket REKUMAT® SJ från WS Wärmeprosesstechnik Renningen eller en egen rekuperativ brännare med beteckningen NOXMAT. Brännarna anges vara av låg-NO_x typ baserade på flerstegsförbränning. Den övre bilden i figur 2.12 visar en genomskärning av en rekuperativ brännare REKUMAT®. I den undre bilden visas en delvy av en gaseldad värmebehandlingsugn utrustad med sådana brännare.

Kunderna finns främst inom verkstadsindustrin där bilindustri och dess underleverantörer, tillverkare av jordbruksmaskiner och kullager dominerar.

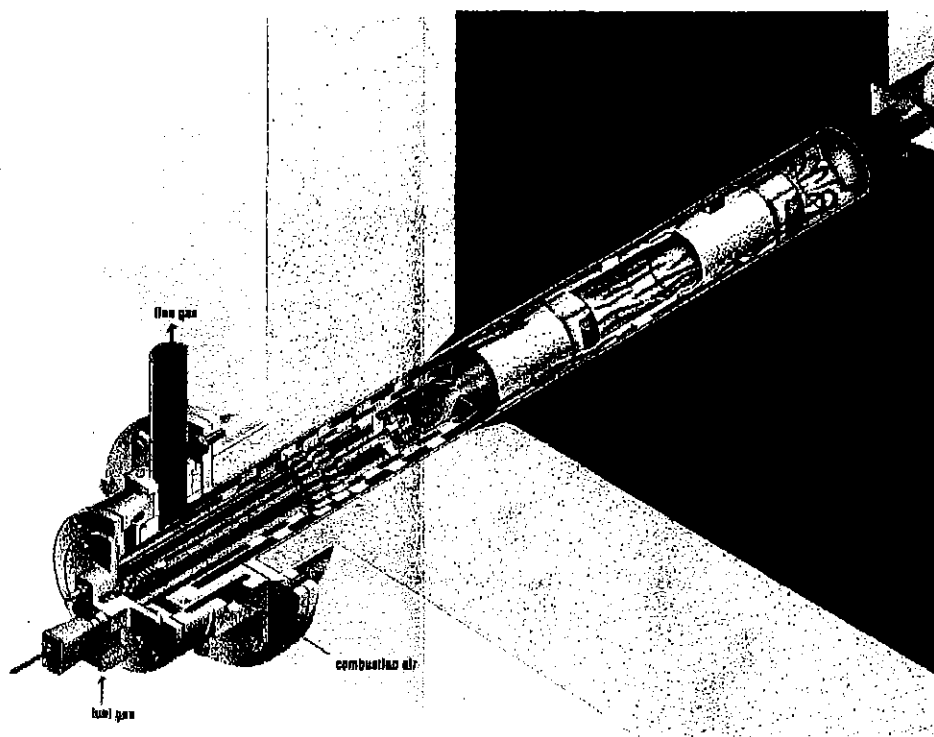


Figur 2.12 Värmebehandlingsugn och rekuperativ brännare REKUMAT®

2.4.8 LBE BEHEIZUNGSEINRICHTUNGEN GMBH

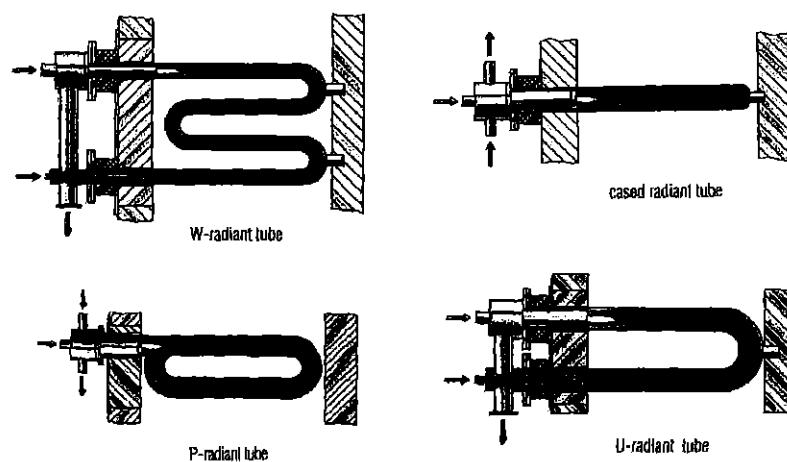
LBE Beheizungseinrichtungen GmbH är ett dotterföretag till Ruhrgasägda LOI-gruppen. Den svenska agenturen innehas av APE Industri i Kvicksund. APE Industri innehar även agenturer för Nassheuer-LOI, Schmitz+Apelt-LOI samt ett gjuteri, Pose-Marré, som tillverkar centrifugaljutna strålningstuber.

LBE Beheizungseinrichtungen har i huvudsak brännare för gas och olja med kringssystem som reglering, instrumentering etc i sitt program. På IR-sidan finns olika former av strålningstuber. Strålningstubens brännare är en rekuperativ låg- NO_x brännare med namnet Ecomax[®] och själva strålningstuben kan tillverkas i olika material som stål, sintrad metall och keramiska material. Inuti stråltuben finns en flamtub som består av segmenterat tunnväggigt keramiskt material av kiselkiselkarbid, SiSiC , med namnet Sicaflex[®]. Materialet uppges tåla temperaturer upp till 1450°C och vara mycket tåligt mot temperaturväxlingar. Flamttuben finns för att möjliggöra intern rökgasrecirkulation så att temperaturen på strålningstuben utjämnas. Se figur 2.13.



Figur 2.13 LBE Strålningstub Ecomax / Sicaflex

Strålningstuberna finns i fyra standardstorlekar baserade på strålningstubens diameter. Standardstorlekarna är $\text{Ø}140$ mm, $\text{Ø}160$ mm, $\text{Ø}175$ mm samt $\text{Ø}202$ mm. Andra storlekar på begäran. Utformningen av tuberna kan ske på olika sätt, se figur 2.14.



Figur 2.14 Olika utformningar av strålningstuber

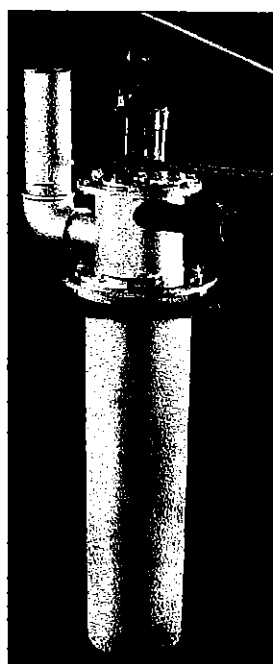
Strålningstubererna är avsedda för indirekt värmning i ugnar och värmebehandlingsprocesser inom stål-, metall-, keramik- och kemiindustrin.

2.4.9 BURNS LTD

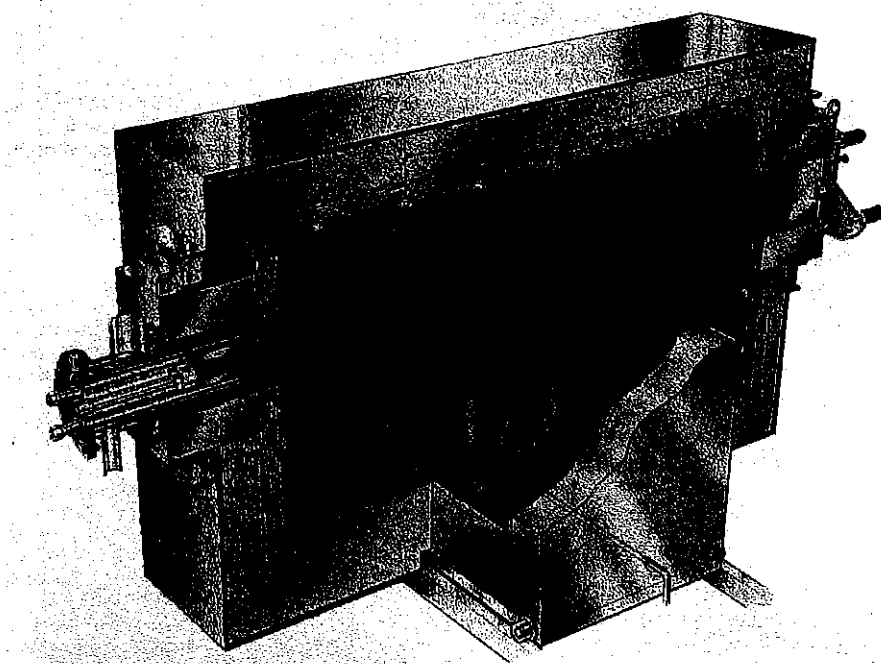
Burns Ltd i England marknadsför bl.a. gaseldade immersionstuber för aluminiumugnar samt keramiska strålningstuber för värmebehandlingsugnar.

På programmet finns bl.a. en komplett keramisk degelugn som värms med en gaseldad keramisk immersionstub. Immersionstuben visas i figur 2.15 och en värmebehandlingsugn med keramisk strålningstub i figur 2.16.

Immersionstubens maximala ytbelastning är cirka 250 kW/m².



Figur 2.15 Gaseldad keramisk immersionstub



Figur 2.16 Strålningstub för värmebehandlingsugn

2.4.10 IMPACT NORDIC SYSTEMS

Impact Nordic Sytems AB, ett dotterbolag till det amerikanska Impact Systems, marknadsför såväl elvärmda som gaseldade IR-strålare. På deras program för gaseldade IR-strålare finns en metallfiberstrålare med typbeteckningen Spectrum-IR II Model 4600, se figur 2.17.



Figur 2.17 Impact Spectrum-IR Model 4600

Metallfibermaterialet går under varumärket DuraGlow™. Applikationsområden för strålaren finns främst inom pappersindustrin i bestrykningsmaskiner och för fuktprofilutjämning. Strålaren uppges ha en nedkylningstid från 1050°C till 233°C på 2 sekunder samt en uppvärmningstid till 1050°C på 8-10 sekunder.

2.4.11 SOLARONICS VANECKE

Franska Solaronics Vanecke har specialiserat sig på industriella applikationer för IR-strålare och har en stor erfarenhet inom textil- och pappersindustrin. I Sverige representeras Solaronics av Ingenjörsfirma GÖTEC AB i Göteborg.

Solaronics är det dominerande fabrikatet på gaseldade IR-applikationer inom den finska pappersindustrin med ett flertal applikationer. Huvudorsaken till detta är enligt utsago ett samarbete mellan Solaronics och Neste Oy.

Liksom Krieger har Solaronics kompletta specialutvecklade system som inkluderar konvektionstorkning för torkning och fuktprofilutjämning inom pappers- och textilindustrin och kan leverera anläggningar turn-key.

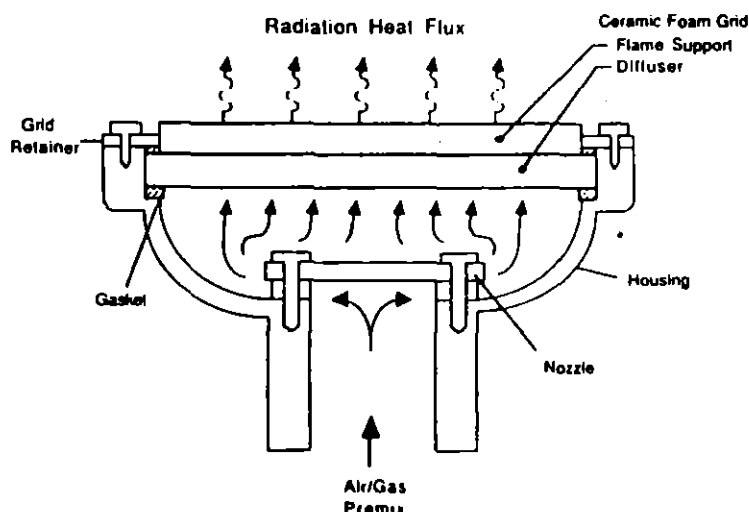
Strålningspanelerna av keramiskt fibermaterial är liksom Krieger's försedda med ett metallgitter och recirkulation för höjning av strålnings- och totalverkningsgraden.

2.4.12 FLAMÉCO-ECLIPSE

Flaméco och Eclipse är två företag som samarbetar på den europeiska marknaden under namnet Flaméco-Eclipse. Eclipse är ett amerikanskt företag och Flaméco har sitt säte i Holland.

Svensk representant för Flaméco-Eclipse är BSD-teknik i Vollsjo.

Eclipse har, i samarbete med GRI, utvecklat en avancerad keramisk IR-strålare baserad på poröst keramiskt skum. Brännarens utformning visas i figur 2.18. Modellbeteckningen är P300. Inriktningen för strålaren är mot pappersindustrin för att möta konkurrensen från nyutvecklingen av elinfra i mellanvågsområdet.



Figur 2.18 Flaméco-Eclipse P 300 IR-strålare av keramiskt skum

Enligt ref.[31] har strålaren en mycket hög strålningsverkningsgrad samtidigt som hållbarheten mot såväl mekaniska påkänningar som snabba temperaturväxlingar ökas. Strålaren har utprovats vid yteffekter som klart överskrider rekommenderade värden. Strålningsverkningsgraden anges till 40 % vid en tillförd effekt på 600 kW/m² vilket är över

strålarens nominella effekt på 380 kW/m². Vid nominell effekt är strålningsverkningsgraden drygt 50 %.

Strålaren har provats i applikationer som färgtorkning och torkning av bestruket papper med mycket goda resultat.

2.4.13 GLOBAL ENVIRONMENTAL SOLUTIONS

Global Environmental Solutions är ett amerikanskt bolag beläget i Californien som bl.a. tillverkar keramiska fibermaterial till IR-applikationer. GES har även ett kontor i Bryssel som tar hand om den europeiska marknaden.

På produktprogrammet finns ett antal mindre keramiska fiberbrännare, främst för hushålls- och fastighetsapplikationer som cylindriska brännare till villapannor och kokplattor till gasspisar.

Till den industriella sidan finns enligt produktbladen inga standardbrännare utan inriktningen är "applikationsorienterad".

2.4.14 ANDRA TILLVERKARE OCH ÅTERFÖRSÄLJARE

Listan på tillverkare och återförsäljare kan göras mycket lång. De som nämnts ovan tillhör antingen de mest framträdande inom sina områden, har representanter i Sverige, figurerat ofta i litteraturen eller lämnat produktinformation till denna undersökning. Några andra tillverkare och återförsäljare är följande:

R.H Furnaces Ltd, England

Wellman Selas Ltd, England

Selas Wärmetechnik GmbH, Düsseldorf, Tyskland

Maxon GmbH, Essen, Stuttgart, Tyskland

Schulte- Heiztechnik GmbH, Tyskland

Gogas

Mark

WS Wärmeprosesstechnik GmbH, Renningen Tyskland

Ipsen

3 DAGSLÄGET FÖR INDUSTRIELLA GASELDADE IR-STRÅLARE INOM DEN SVENSKA INDUSTRIEN

3.1 Applikationer

I detta avsnitt redogörs för några av de installationer av IR-strålare, främst gaseldade, som finns idag. Det bör noteras att denna redogörelse inte gör anspråk på att vara fullständig utan kan ses som applikationsexempel inom de olika industribranscherna. Fokuseringen har skett på branscher där naturgaspotentialen är stor för industriella IR-strålare, antingen beroende på naturgasens geografiska utbredning eller där applikationsmöjligheterna är stora.

3.1.1 SNI 31 LIVSMEDELS-, DRYCKESVARU- OCH TOBAKSINDUSTRI

Inga applikationer med naturgaseldade IR-strålare som används direkt i processen har kunnat identifieras i Sverige. Dock finns ett antal applikationer för lokalvärmning, tex uppvärmning av lagerhallar inom bryggeriindustrin.

I Danmark finns en IR-installation i en bageriugn på 800 kW. I ugnen bakas "bagels" och IR-strålaren används för att brunfärga dessa efter bakningen. Strålaren är från Maxon och är av typen med porösa keramiska plattor.

Elvärmda IR-strålare finns på ett flertal ställen bla för värmning av krympfilm för emballering och fixering av pall-laster[20].

3.1.2 SNI 32 TEXTIL-, BEKLÄDNADS-, LÄDER-, OCH LÄDERVARUINDUSTRI

Inga applikationer med naturgaseldade IR-strålare som används direkt i processen har identifierats. Utomlands är dock IR-strålare vanliga i för- och eftertorkning i textilberedningsverk.

Elvärmda IR-installationer finns dock. Ett exempel är torkning av textiltryck i silkscreenmaskiner[20].

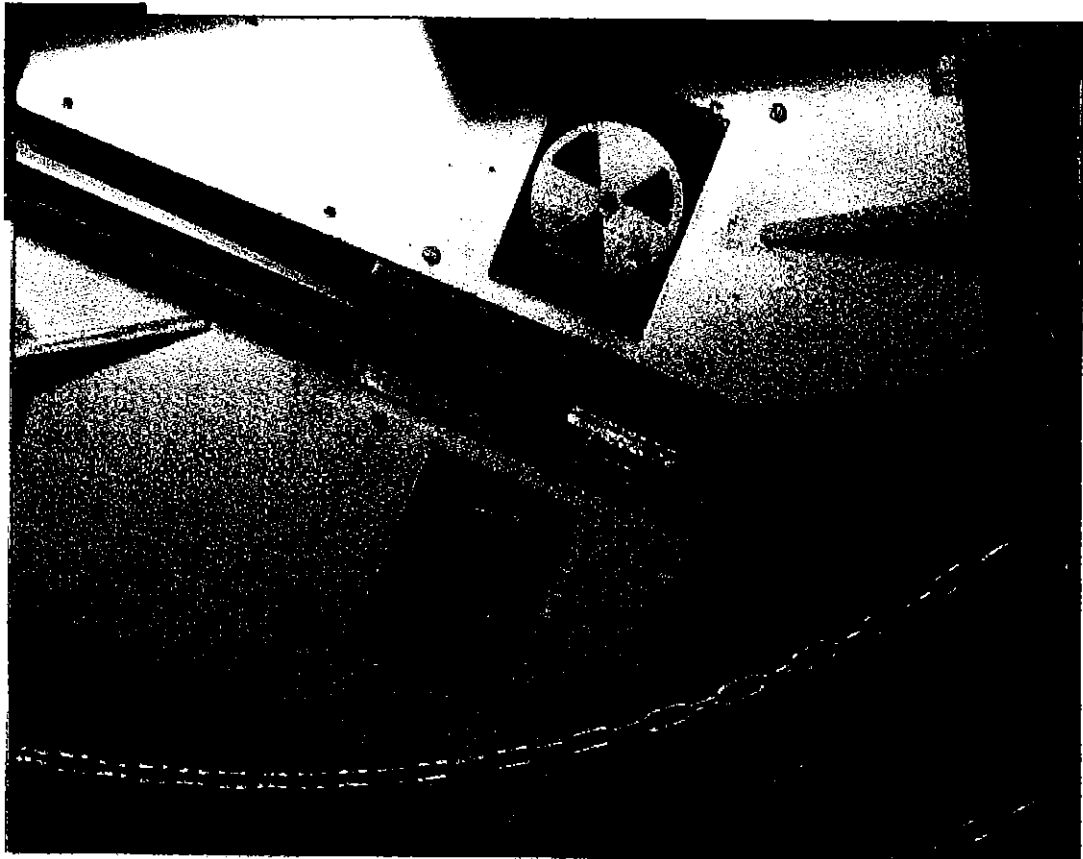
3.1.3 SNI 33 TRÄVARUINDUSTRI

Inga applikationer med naturgaseldade IR-strålare som används direkt i processen har identifierats.

Elvärmda IR-strålare finns installerade bla för förvärmning av ytan på lamellparkett före lackering och torkning av färg på träfiberplattor[20].

3.1.4 SNI 34 MASSA-, PAPPERS-, PAPPERSVARU-INDUSTRI, GRAFISK INDUSTRI

Modo Paper i Husum installerade 1991 en gaseldad IR-strålare i en pappersmaskin för lättbestruket papper. Anläggningens totala gaseffekt är 1,6 MW. Fabrikatet är Impact och leverantören Impact Nordic Systems AB [3].



Figur 3.1 IR-strålare i pappersmaskin MODO Husum

SCA i Ortviken planerar att under 1995 installera en ny kartongmaskin. Maskinen är tänkt att utrustas med en gaseldad IR-strålare för fuktprofilutjämning. Fabrikatet på IR-strålaren är Solaronics och effekten är cirka 4,4 MW.

Maskinen kommer även att bestyckas med en gaseldad konvektionstork av samma märke. Såväl konvektionstork som IR-strålare ingår som en del av kartongmaskinen.

På SCA i Värnamo har försök med IR-strålare för fuktprofilutjämning i en wellpappmaskin genomförts, ref.[15]. Försöken har dock inte lett till någon permanent installation. För mer information se ref. [15].

På Billeruds bruk i Säffle finns en gaseldad IR-strålare i bestrykningsdelen på en pappersmaskin. Strålaren installerades under slutet av 70-talet och är av fabrikat Krieger. Strålaren är integrerad med den konvektiva torkdelen enligt Krieger's koncept Infra-Air [17]. Effekten uppges till 1 MW.

Elvärmda IR-strålare har en stark ställning inom massa- och pappersindustrin i applikationer som fuktprofilutjämning och torkning i bestrykningsmaskiner. Inom den grafiska industrin finns elvärmda IR-strålare för torkning av tryckfärg installerade i Danmark[20].

3.1.5 SNI 35 KEMISK-, PETROLEUM-, GUMMIVARU-, PLAST- OCH PLASTVARUINDUSTRI

Forbo-Forshaga i Göteborg har en naturgaseldad keramiska fiberstrålare av fabrikat Stordy-Marsden för ytvärmning av plasmattor före präglingen av mattmönstren. Processen kallas embossing på fackspråk. Strålarens effekt är cirka 90 kW.

Den gaseldade IR-strålaren ersatte en elinfra när denna var uttjänt och motivet till installationen var att prova ett alternativ till elvärmda IR-strålare och skaffa sig erfarenheter av detta. Övergången till gaseldning kunde genomföras då systerföretaget i England haft goda erfarenheter av gaseldade IR-strålare i denna process under ett antal år. Enligt ref.[14] skulle installationen svårligen kommit till stånd om inte erfarenheterna från systerföretaget funnits.

Enligt [18] har drifterfarenheterna varit allmänt goda. På senare tid har dock temperaturfördelningen över strålaren blivit något ojämn vilket tros bero på att kylluft läcker in från sidan.

Erfarenheterna pekar på några skillnader i egenskaper mellan elvärmda och gaseldade IR-strålare i kontinuerliga processer.

Elinstallationen till elinfrastrålare är enklare än gasinstallation om nya ställverk kan undvikas. Elvärmda IR-strålare orsakar kondensproblem vid produktion av sådana produkter där strålaren inte är i drift. Bildad kondens droppar ner på ytan vilket ger droppmärken med kassationer som följd. Den gasvärmda strålaren ger enligt uppgift inte upphov till några kondensproblem eftersom en viss genomluftning kan ske.

Däremot ger gaseldade strålare en större kassation vid driftavbrott pga av vädringstider. Elvärmda strålare kan däremot startas direkt vid tillfälliga driftstopp.

3.1.6 SNI 36 JORD- OCH STENVARUINDUSTRI

Inga applikationer med gaseldade IR-strålare som används direkt i processen har identifierats. Enligt en ugnslieferantör [32] är flertalet av ugnarna inom tegelindustrin gaseldade vilket anses ge bäst produktionsresultat. Några incitament för IR-strålare kan enligt leverantören inte ses då torkning av lergods före bränningen kräver en kontrollerad långsam torkning för att inte få sprickbildning i materialet.

Inom keramikindustrin går utvecklingen mot att torkning av keramiskt gods före bränningen sker med mikrovågsteknik.

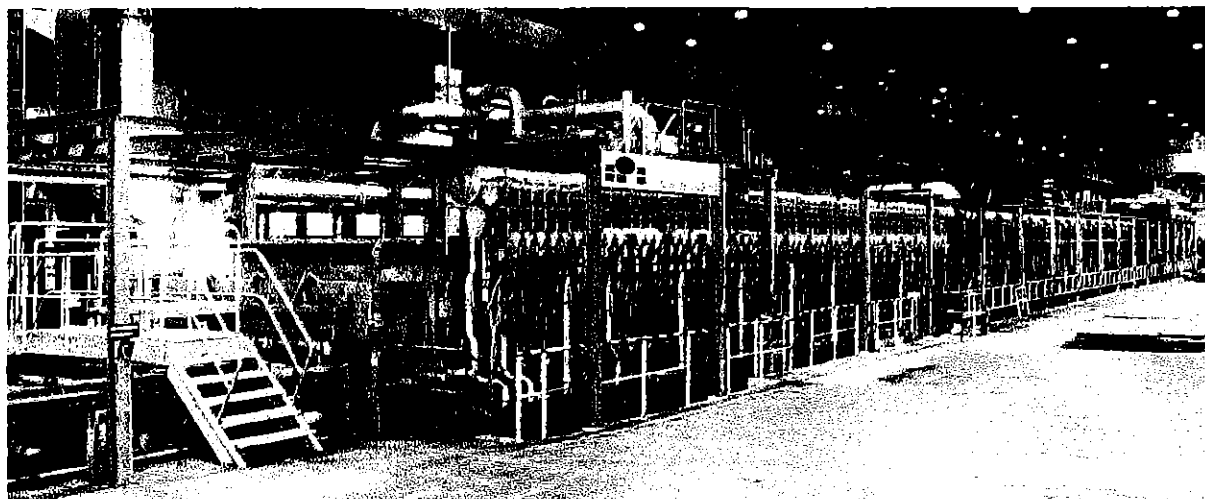
Inom glas- och glasvaruindustrin finns applikationer med elvärmda IR-strålare för laminering av bilglas [20].

3.1.7 SNI 37 JÄRN-, STÅL- OCH METALLVERK

Gaseldade strålningsstuber har installerats på de flesta järn- och stålverken i genomskjutnings- och rullningsugnar. Skälet för gasvärmning är främst att ugnarnas uppvärmningsdel kan göras kortare än vid elvärmning beroende på gasstrålarnas högre ytteffekt, lägre driftkostnader för gasalternativet då flertalet ugnar eldas med koksugns gas enligt leverantören [30]. Indirekt värmning används i de ugnar där kontrollerad atmosfär erfordras.

I dagsläget finns gaseldade strålningsstuber installerade på 10-talet järn- och stålverk med sammanlagt mer än 1000 installerade strålningsstuber, huvuddelen med LOI-brännare.

Ett exempel är SSAB i Oxelösund som har en stor ugn som värms med knappt 400 stycken strålningsstuber. Större delen av brännarna är nya och av fabrikat Ecomax från LBE. I ugnen finns även äldre brännare från LOI. Brännare och strålningsstuber är levererade av APE Industries. Ugnen visas i figur 3.2.



Figur 3.2 Strålningstuber i värmebehandlingsugn vid SSAB

Verkningsgraden på strålningstubererna uppges ligga i intervallet 75 - 80 % för en typisk installation och är främst beroende på luftfaktor och ugntemperatur. I speciella fall har även verkningsgrader över 80 % dokumenterats.

Värt att notera från naturgassynpunkt är att flertalet av anläggningarna kan konverteras på ett enkelt sätt till naturgas då dimensioneringen skett med denna möjlighet i åtanke.

3.1.8 SNI 38 VERKSTADSINDUSTRI

Inom verkstadsindustrin är torknings- och värmebehandlingsapplikationer de mest betydande för IR-strålare. På torkningssidan tilldrar sig torkning av lösningsmedels- och vattenbaserade färger och lacker det största intresset medan härdning och glödgning i olika ugnar röner störst intresse i värmebehandlingsapplikationer.

Vid värmebehandlingsapplikationer är konkurrensen mellan el och gas hård och i flera industrier finns såväl elvärmda som gasvärmda ugnar för att minska riskerna för produktionsbortfall genom att diversifiera energiförsörjningen.

Liksom inom järn- och stålbranschen finns ett stort antal applikationer varav några redovisas nedan.

Linde Metallteknik AB har installerat ett antal gaseldade IR-strålare inom metallindustrier för användning i lacktorkningsugnar. En av dessa är naturgaseldad medan övriga är gasoleldade. För alla dessa installationer har Sunkiss termoreaktor beskriven i 2.4.6 använts.

Den naturgaseldade lacktorkningsugnen på VME Excavators i Eslöv (före detta Åkermans) är utrustad med 36 katalytiska IR-strålare på 4 kW vardera. I ugnen torkas sprutmålade grävmaskiner. En liknande installation kan ses i figur 3.3.



Figur 3.3 Lacktorkningsugn med katalytiska IR-strålare

Samma typ av lacktorkningsugn finns även på VME i Karlkrona. Denna är dock gasoleldad.

På ABB-traction i Helsingborg har två lacktorkningsugnar för järnvägsvagnar utrustats med gasoleldade katalytiska IR-strålare. Varje ugn är försedd med cirka 40 stycken 4 kW-strålare vardera.

En annan installation som Linde Metallteknik AB genomfört är på AGA Gas i Knivsta. I ugnen torkas målade gasflaskor med 32 stycken IR-strålare á 12 kW.

Elvärmda IR-strålare finns installerade för lacktorkning i ett stort antal applikationer.

Ugns- & Gasteknik AB har levererat ett antal gaseldade värmebehandlingsugnar som är värmda med gaseldade strålningsrör. Flertalet av dessa är gasoleldade.

På SAAB i Göteborg finns dock några hårdugnar som är eldade med naturgas vilka tillsammans har cirka 40 strålningstuber installerade.

På SKF i Göteborg finns sedan länge stadsgaseldade värmebehandlingsanläggningar. Dessa har succesivt konverterats till naturgas-luft blandning under slutet av 80- och början av 90-talet. Under de senaste åren har även ugnar för ren naturgas installerats. Ugnarna är till största delen direkteldade men strålningstuber finns i ugnarnas hårdzon. Den senaste naturgaseldade ugnen är försedd med strålningstuber från Wellman Selas.

APE Industries har levererat ett antal gaseldade strålningsugnar för värmebehandlingsugnar till olika produktionsenheter inom bl.a. SAAB, WME, SKF och Volvo. Samtliga är av fabrikat LBE och/eller LOI. På Volvo i Köping finns 10-talet värmebehandlingsugnar där huvuddelen är gaseldade. På SAAB Scania i Södertälje finns 5 stycken gaseldade ugnsanläggningar som är indirekt värmda med strålningsugnar.

Sammanlagt finns flera hundra gaseldade strålningsugnar, varav mer än 100 eldas med naturgas, installerade i olika ugnar för värmebehandling.

I Danmark finns även en demonstrationsanläggning för IR-strålare i en pulverlackeringsugn på Scancoat A/S. IR-strålarna av metallfibertyp med en effekt på totalt 300 kW levererades av Stordy och används för smältning av pulverlacken medan härdningen sker i en konventionell konvektionsugn. Enligt DGC, som följt upp installationen, har vissa reglerproblem i början förekommit då produktionen är mycket varierad. Orsaken till detta är att man i starten körde IR-strålarna vid maxeffekt vilket gav överhettningsskador på gods med liten massa eller små godstjocklekar. DGC upprättade en modell för IR-strålarnas värmeöverföring i ugnen så att diagram för erforderlig effekt till IR-strålarna för olika godstjocklekar kunde upprättas. Enligt DGC har erfarenheterna varit goda sedan IR-effekten kunnat anpassats till det aktuella godset.

4 ENERGITEKNISKA ASPEKTER

4.1 Verkningsgrader och industrins energisituation

I flertalet rapporter jämförs elvärmda och gaseldade IR-strålares strålningsverkningsgrad med varandra. Strålningsverkningsgraden kan i dessa sammanhang definieras på olika sätt. Det första är den andel av bränslets effektiva värmeeffekt som strålaren avger i form av strålningsenergi.

Ett andra sätt är den andel av bränslets effektiva värmeeffekt som träffar material i form av strålning.

Ett tredje sätt är den andel av till strålaren tillförd effekt som materialet absorberar.

I vissa fall inkluderas även gaseldade strålars konvektiva värmeöverföring i definitionen av verkningsgraden.

Vid bedömningar hur en installation av gaseldade eller elvärmda IR-strålare påverkar energisituationen i en industri eller process är det väsentligt att anlägga en helhetssyn för systemet. I vissa fall får även hjälpsystem till processen inkluderas, tex kan elförbrukningen i tryckluftskompressorerna för produktion av kylluft till elvärmda IR-strålare bli betydelsefull vid höga godstemperaturer, värmeåtervinning i ventilationssystemet, torkluftsflöden etc. Följande förenklade exempel visar detta:

Enligt IR-handboken [20] rekommenderas ett kylluftsflöde på 40 - 70 l/min vid torkgodstemperaturer under 300°C. Antas ett kylluftsflöde på 60 l/min eller 1 l/s som fri luft och tryckluften produceras i en Atlas Copco tryckluftskompressor GA 22 vid rekommenderade 7 bar blir elbehovet till kompressorn 40 % av IR-värmarens tillförda eleffekt om denna är 1 kW.

Om kompressorn är försedd med återvinningssystem påverkas även balanserna i andra system vilket måste tas i beaktande.

För att få en rättvisande bild av vilka energikostnadsbesparingar som kan uppnås vid en decentralisering av energianvändningen genom att ersätta ånga med IR-strålare i industriella processer, bör balanser för hela ångsystemet upprättas såväl före som efter en tänkt konvertering. Detta är av största vikt när avspänningsånga från processen återvinns till ångsystem med lägre tryck eller utnyttjas för andra ändamål som förvärmning av tappvarmvatten etc. Detsamma gäller i de industrier där elgenerering med mottrycksturbiner förekommer. En ersättning av processer som ingår i det industriella mottrycksunderlaget komplicerar utvärderingen avsevärt då förändringar i elproduktion kan ge såväl positiva som negativa effekter på konverteringens lönsamhet beroende på utnyttjandetider, tariffer, produktionstider, bränslepriser, eleffektavbrott mm.

Inom massa- och pappersindustrin är dessutom den interna bränsleförsörjningen av intresse då användningen av egna bränslen kan förändra prissättningen på de olika energibärarna som exempelvis el och ånga.

Även i många andra industrier med återvinningssystem av olika slag kan den interna prissättningen av energikostnader, skatter och avgifter inom företaget påverkas.

En viss vägledning i att angripa problematiken med beräkning av energibesparingar vid ångersättning i anläggningar utan mottrycksgenerering kan fås i ref [33].

4.2 Konkurrerande värmningsalternativ

Gaseldade IR-strålare konkurrerar med många olika värmningsalternativ i industriella processer som:

- Ångvärmning
- Hetolja
- Elvärmning
- Elvärmda IR-strålare
- Oljeeldning
- Gaseldning

I en del applikationer kan IR-värmning fungera som ett komplement till andra värmningssätt och konkurrerar då inte direkt med dessa. Ett exempel kan t.ex. vara i konvektiva torkugnar där IR-strålare installerats innan ugnen för att kunna öka produktionshastigheten.

Konkurrensen kan då stå mellan el- och gasvärmda IR-strålare.

I applikationer där IR-strålaren skall ersätta, helt eller delvis, ett annat värmningssätt eller energibärare är konkurrenssituationen tydlig. Exempel på sådana applikationer finns bl. a. i värmebehandlingsugnar inom verkstadsindustrin där värmningen normalt sker med el eller gaseldade strålningsrör när en kontrollerad atmosfär i ugnen önskas.

Konkurrensen mellan elvärmda och gaseldade IR-strålare kan komma att skärpas alltmer då utvecklingen av elinfrastrålare för mellan- och långvågig strålning tagit fart. De kortvågiga IR-lampor som används i många applikationer i dagsläget har fördelen av stora yteffekter vilket resulterar i kompakta installationer. Nackdelen med dessa är dock att för många torkningsapplikationer ligger materialets maximala absorption i det lång- och mellanvågiga området vilket reducerar IR-anläggningens totalverkningsgrad. Kan inte kylluften utnyttjas för konvektiv torkning kan totalverkningsgraden bli liten, speciellt vid tryckluftskydd elinfra om tillförd el till tryckluftskompressorerna inkluderas. Utvecklingen mot mellan- och långvågiga elvärmda strålare med minskat kylbehov och bättre anpassning till materialets absorptionsspektrum, kan reducera möjligheterna till ersättning med gas-IR i färgtorkningsapplikationer.

4.3 Kostnader

Vid jämförelse mellan investeringskostnaden för en komplett installation av elvärmda och gaseldade IR-strålare är installationens effektbehov och befintlig kapacitet i ställverk eller gruppcentral av betydelse. Vid mindre effektbehov ökar gasinstallationens specifika kostnad samtidigt som kraven på ledig kapacitet i ställverk eller gruppcentraler minskar vilket försämrar gasalternativets konkurrensförmåga.

Enligt [2] är investeringskostnaden generellt sett högre för gas-IR upp till effekter på cirka 50 kW. Mellan 50 och 100 kW anses kostnaden som likvärdig medan gas-IR är något billigare vid högre effekter.

För katalytiska gaseldade IR-strålare typ Termoreaktorn är investeringskostnaden cirka 50 % högre än för konventionell torkningsteknik enligt Linde Metallteknik.

Driftkostnaden för en gasbaserad IR-installation uppges enligt flera källor vara lägre än för el-IR, främst beroende på en lägre kostnad för gasen. Detta är rimligt i de fall då el köps in

enligt normala tariffer eller avtal. I de fall industrin har egen elproduktion och i stort sett är självförsörjande på el kan förhållandet vara annorlunda. Detta gäller speciellt för massa- och pappersindustrin där en stor del av industrins bränsleförsörjning sker internt med lutar och biobränslen vilket kan ge låga elproduktionskostnader. Prissättningen kan då ske efter befintligt leverensavtal.

Inkluderas fasta kostnader, abonnemangs- och effektaavgifter för gas respektive el då egen elproduktion saknas kan en ökad gasanvändning i industrin i fråga att leda till såväl lägre specifika gaskostnader som elkostnader, främst beroende på gasens relativt höga fasta avgifter samt eltariffens utformning där effektaavgiften utgör en betydande del av totalkostnaden för elenergin.

4.4 Försäkrings- och garantiaspekter

I processer där brandfaran är uppenbar kan ett visst hinder föreligga såväl på det säkerhetsmässiga som det ekonomiska planet. Demonstrationer genomförda bl a på SCA i Värnamo och MODO har dock visat att de säkerhetsmässiga kraven kan uppfyllas. Det är dock möjligt att försäkringsbolagen i vissa fall inte vill acceptera installationerna under gällande villkor. En möjlighet är att försäkringspremierna kan öka vilket i så fall belastar en gas-IR installation negativt vid jämförelse med el-IR.

En annan faktor som kan verka hämmande på möjligheterna att installera gaseldade IR-strålare i processer är att leverantören av processutrustningen inte är van vid tekniken med gaseldade IR-strålare och därför inte vill lämna sedvanliga garantier vid nyinstallation. Vid ombyggnader kan lämnade garantier upphävas om inte maskinleverantören tillfrågas och accepterar lösningen. Det senare har förekommit vid installationer av gaseldade vätskevärmare där maskinleverantören motsatte sig en installation i processutrustningen varför en mindre lyckad lösning ur såväl plats- som funktionssynpunkt valdes.

Vikten av att såväl gasteknisk som processteknisk kompetens finns hos maskinleveratören understryks av det faktum att vid nästan samtliga installationer av gaseldade IR-strålare i industriella processer i Sverige har leverantören av processutrustningen haft erfarenhet av gastekniken inom sin organisation.

5 MARKNADSPOTENTIAL OCH FRAMTIDA UTVECKLING

För bedömningen av marknadspotentialen för naturgaseldade IR-strålare har energistatistik för 1993 års naturgasförbrukning använts som underlag, dvs endast existerande naturgaskunder inkluderas. Denna avgränsning har valts med hänsyn till att projektets målsättning bl.a. varit att bedöma behovet av demonstrationsprojekt för naturgaseldade IR-strålare. Potentialen inom naturgasområdet bör vara tillräcklig för att kunna motivera ett demonstrationsprojekt.

Med detta underlag inkluderas inte potentialen för ersättning av el-IR utan avser möjliga IR-applikationer där annan teknik än IR används. Processer hos naturgaskunder som av någon anledning inte konverterats till naturgas och utgör möjliga IR-applikationer kommer inte heller med i potentialuppskattningen.

Vidare bör nämnas att en övergång till IR-teknik i processer som idag använder naturgas kan innebära att industrins totala gasbehov minskar i de fall IR-tekniken är effektivare än nuvarande teknik. I potentialuppskattningen har denna konsekvens dock försumrats eftersom en ökad effektivitet i många fall innebär att produktionen kan ökas om processen utgör en trång sektion.

Utnyttjas effektivitetsförbättringen till ökad produktion är det möjligt att resultatet blir det motsatta, dvs att industrins totala gasbehov ökar.

Statistiken är indelad i tvåställig SNI-kod vilket ger en mycket grov uppdelning i olika industribranscher. En mer detaljerad indelning är inte officiellt tillgänglig då antalet observationer varit för få för att resultatet skall kunna redovisas.

För att bättre kunna fördela industriernas energianvändning i processvärme, lokalvärme och tappvarmvatten har en ytterligare uppdelning ner till tre och fyrställig SNI-kod gjorts för energianvändningen. Olika typindustriers energibalanser enligt [22]-[29] har sedan utnyttjats för att värdera hur stor procentuell andel av typindustrins processvärme som kan betraktas som möjlig för IR-applikationer. Den erhållna andelen processvärme där IR-applikationer bedömts möjliga har sedan applicerats på 1993 års branchvisa naturgasförbrukning enligt tvåställig SNI-kod vilket skulle indikera marknadspotentialen hos existerande naturgaskunder.

I de fall kunskap saknats om fördelningen mellan tappvarmvattenberedning, lokalvärme, icke IR-relaterad respektive IR-relaterad processenergi har dessa inte medtagits för att inte överskatta potentialen.

I nedanstående tabell anges respektive industrigren, dess totala naturgasförbrukning 1993, dess andel energi för processvärme, möjlig andel för IR-applikationer samt en grov uppskattning av nuvarande användning i naturgaseldade IR-strålare.

I potentialuppskattningen av möjlig andel för IR-applikationer innefattas även nuvarande användning i naturgaseldade IR-strålare.

Industribransch	SNI - kod	Totalt GWh/år	Process- värme GWh/år	IR- processer GWh/år	Nuvarande användning GWh/år
Livsmedels-, dryckesvaru-, och tobaksindustri	31	1385	705	0 ⁽¹⁾	0
Textil-, beklädnads-, läder-, och lädervaruindustri	32	39	26	4	0
Trävaruindustri	33	7	4	0	0
Massa-, pappers-, pappersvaru-industri, grafisk industri	34	395	*	50 ⁽²⁾	0
Kemisk-, petroleum-, gummivaru-, plast-, och plastvaruindustri	35	654	486	10 ⁽³⁾	< 1
Jord- och stenvaruindustri	36	171	157	8 ⁽⁴⁾	0
Järn-, stål- och metallverk	37	180	174	* ⁽⁵⁾	0
Verkstadsindustri	38	295	55	55	5 - 10
Annan tillverkningsindustri	39	18	-	-	-
Totalt	3	3144	1608	127	5-10

- (1) Inom livsmedels-, dryckesvaru-, och tobaksindustri SNI 31 är det nästan enbart inom bageriindustrin som IR-applikationer är möjliga. Då det totala processvärmebehovet enligt den gjorda uppdelningen uppgår till cirka 15 GWh och då potentialen för IR-installationer utgör enstaka fall har potentialen försumrats. Likaså har den potential sluttorkning av betför inom sockerindustrin och förtorkning av sockerbitar före paketering utgör försumrats då dessa utgör enstaka applikationer. Försummas ej de ovan nämnda applikationerna kan potentialen uppgå till några få GWh. Den i [4] uppskattade potentialen för foderbehandling med Micronizingsystemet om 1,7 MNm³ har likaledes försumrats då denna i naturgasområdet troligen kommer att konkurrera med direkt gaseldning.
- (2) I massa- och pappersindustrin är processens energiomsättning flera gånger större än inköpt bränsle. Av denna anledning har inte processvärmets andel angivits i sammanställningen eftersom statistiken enbart redovisar inköpta kvantiteter. För en av pappersindustrierna inom naturgasområdet redovisas naturgasförbrukningen i statistiken under SNI-kod 4 och är därför inte med i denna sammanställning. Potentialuppskattningen inom massa- och pappersindustrin baseras i stället på ref.[4] eftersom antalet massa- och pappersfabriker i naturgasområdet är mycket begränsat. Även om antalet anläggningar är litet är potentialen dock relativt stor då en installation för fuktprofilutjämning ligger i intervallet 5 - 20 GWh/år beroende på maskinstorlek, papperskvalitet mm. Till detta kommer potentialen för IR-torkning i pappersmaskiner. Då osäkerheten i potentialuppskattningen inom massa- och pappersindustrin är stor har potentialen inom den grafiska industrin, t.ex. för torkning av tryckfärger, bedömts ingå i felmarginalen för massa- och pappersindustrin.
- (3) Inom kemisk-, petroleum-, gummivaru-, plast-, och plastvaruindustri är kemiindustrin den största energianvändaren. Trots att andelen processvärme inom kemiindustrin är hög finns det ytterst få processer som kan tänkas vara lämpade för IR-strålare. En viss potential finns dock inom plast- och plastvaruindustrin, t.ex. vid tillverkning av plastmattor. För uppskattningen av IR-potentialen har antagits att cirka 2 % av processenergin utgör processer där IR-applikationer är tänkbara, t.ex. torkning. Den verkliga potentialen kan överstiga den uppskattade om ersättning av befintlig el-IR inkluderas.

- (4) Inom jord- och stenvaruindustri är direkt gaseldning det naturliga valet då gas används. För att göra en grov uppskattning av IR-potentialen har det ansatts att 5 % av processenergin kan användas i processer där IR-applikationer är tänkbara. Klart är dock att potentialen är begränsad då direkteldning är dominerande. Inom keramikindustrin går utvecklingen, enligt leverantörer av processutrustning, mot att torkning av keramiskt gods innan bränningen sker med mikrovågsteknik vilket ur gasteknisk synvinkel minskar marknadspotentialen för denna applikation.
- (5) Potentialen för naturgaseldade IR-strålare inom järn- och stålindustrin bedöms inte i denna sammanställning då denna utgörs av någon eller några enstaka installationer. Potentialen utanför dagens naturgasområde är dock mycket stor då strålningsubereldade med gasol och koksugns gas slagit igenom på bred front inom branschen. Som en fingervisning om potentialen i hela Sverige kan nämnas att inköpt gasol 1992 var drygt 1700 GWh för SNI 371, järn-, stål- och metallverk. Detta exkluderar då den potential som ersättning av koksugns gas i befintliga installationer utgör förutsatt att konkurrenskraftiga gaspriser kan erbjudas.

I den ovan angivna marknadspotentialen för IR-strålare i värmnings- och torkprocesser är inte hänsyn taget till tekniska eller ekonomiska begränsningar som återbetalningskrav, lönsamhetskrav, konkurrerande alternativ för värmning, produktions- och säkerhetsmässiga krav eller installationssvårigheter.

Ej heller har hänsyn tagits till den potential som existerande elvärmda processer utgör. Med hänsyn till att elvärmda IR-strålare är dominerande på marknaden torde denna potential vara betydande.

Baserat på ovan nämnda begränsningar och antaganden kan potentialen för naturgaseldade IR-strålare i industriella processer inom naturgasområdet uppskattas till cirka 130 GWh/år, motsvarande knappt 13 milj Nm³/år. Som en jämförelse kan nämnas att redan installerade naturgaseldade IR-strålare för processvärmning har en energianvändning av 5 - 10 GWh/år.

6 DISKUSSION

Livsmedels- och dryckesvaruindustrin står för en stor del av industrins naturgasanvändning, cirka 44 % eller 1385 GWh/år. Trots att större delen av energianvändningen inom livsmedelsindustrin relaterar sig till processvärmning är potentialen för IR-strålare liten eftersom applikationsmöjligheterna är små. Större delen av livsmedelsindustrins processvärmebehov är relaterat till värmning av vätskor, indunstning samt torkning. De applikationer som omnämns i utländsk litteratur är t.ex. grillning och stekning, foderbehandling och brunfärgning av bageriprodukter. Av dessa är det foderbehandlingen som kan vara en potential av betydelse men en sådan applikation kommer sannolikt att konkurrera med direkt gaseldning inom naturgasområdet varför denna bedömts som mindre intressant.

Inom textil- och beklädnadsindustrin är marknadspotentialen för IR-strålare liten med nuvarande utbredning av naturgasen. Utomlands finns ett stort antal applikationer för torkning baserade på naturgaseldade IR-strålare.

Inom naturgasområdet är trävaruindustrin inte intressant för IR-applikationer, dels beroende på en försumbar potential, dels på få applikationsmöjligheter.

Gaseldade IR-strålare är idag känd teknik inom massa- och pappersindustrin där några gaseldade IR-strålare installerats. Inga naturgaseldade IR-strålare finns i Sverige men är vanliga i Finland och på kontinenten.

Marknaden för IR-strålare för applikationer som papperstorkning och fuktprofilutjämning domineras idag av elinfra men goda förutsättningar bör finnas att öka gasens marknadsandel då såväl investerings- som driftskostnader för gaseldade IR-strålare uppges vara lägre än för elinfra. Med gas menas här även andra energigaser än naturgas.

Inom kemisk-, petroleum-, gummivaru-, plast-, och plastvaruindustri är kemiindustrin den största energianvändaren. Trots att andelen processvärme inom kemiindustrin är hög finns det ytterst få processer som kan tänkas vara lämpade för IR-strålare. En viss potential finns dock inom plast- och plastvaruindustrin, t.ex. vid tillverkning av plastmattor.

Inom jord- och stenvaruindustri är direkt gaseldning det naturliga valet då gas används. Utomlands finns några IR-applikationer inom keramikindustrin för torkning av keramiskt gods före bränningen omnämnda. Utvecklingen går dock mot att torkningen sker med mikrovågsteknik vilket ur gasteknisk synvinkel minskar marknadspotentialen för denna applikation.

Sett ur ett rent gastekniskt perspektiv, dvs om även andra energigaser än naturgas tas med i sammanhanget, har gaseldade IR-strålare en stark ställning inom järn- och stålbranschen. Gasanvändningen är väl etablerad i de processer som är aktuella för IR-applikationer som olika värmebehandlingsugnar där användandet av strålningsstuber är utbrett. De flesta järn- och stålverk har idag ugnar med gaseldade strålningsstuber där en kontrollerad atmosfär är önskvärd.

Inom verkstadsindustrin finns ett flertal applikationer med gaseldade strålningsstuber i olika värmebehandlingsugnar samt några exempel på katalytiska IR-strålare i lacktorkningsugnar.

Inkluderas gasoeldning är gasanvändningen etablerad i de processer som är aktuella för IR-applikationer som olika värmebehandlingsugnar där användandet av strålningstuber är utbrett.

Med utgångspunkt från marknadspotentialen för naturgaseldade IR-strålare inom naturgasområdet är det främst inom pappers- och verkstadsindustrin som demonstrationsanläggningar kan motiveras. Ser man till befintliga installationer inom dessa industribranscher finns ett stort antal applikationer inom verkstadsindustrin som borde kunna utnyttjas som demonstrationsanläggningar, även om flertalet är gasoeldade. Behovet för demonstration av naturgaseldade IR-strålare inom verkstadsindustrin finns främst inom lack- och färgtorkningsapplikationer med metalliska och keramiska fiberstrålare där inga installationer finns i dagsläget. Demonstrationsanläggningen bör i så fall visa att gaseldade IR-strålare kan installeras i sådana applikationer där höga yteffekter är nödvändiga av utrymmesskäl för att möjliggöra ersättning av elvärmda IR-strålare.

Katlytiska strålare i färgtorkningsapplikationer och strålningstuber i värmebehandlingsugnar finns såväl naturgaseldade som gasoeldade varför demonstrationsbehovet bedöms som ringa.

Massa- och pappersindustrin och deras leverantörer av processutrustning är väl bekanta med gaseldade IR-strålare varför behovet av en demonstrationsanläggning inom naturgasområdet inte kan anses som stort.

I övriga industribranscher inom naturgasområdet är främst i plast- och plastvaruindustrin som möjligheter till naturgaseldade IR-installationer finns. Även här finns en naturgaseldad anläggning som skulle kunna fungera som demonstration av tekniken.

Med hänsyn till att motiven för en stor del av de strålare som installerats i industriella processer i många fall varit produktionstekniska förbättringar (ökad produktionskapacitet, förbättrad produktkvalitet, minskade kassationer mm) bör en utökad marknadsföring av gaseldade IR-strålare belysa de tekniska och ekonomiska fördelar gaseldning kan ge ur produktionssynpunkt. Energitekniska fördelar kommer i detta sammanhang i andra hand.

Ur marknadsföringssynpunkt är det väsentligt att ha god kännedom om de konkurrensfördelar elvärmda IR-strålare har gentemot gas-IR samt hur stor potentialen för ersättning av el-IR är inom naturgasområdet, främst i de applikationer där metalliska och keramiska fiberstrålare kan bli aktuella, varför fortsatt arbete med denna inriktning föreslås. Kan ett samarbete med leverantörer av processutrustning etableras bör vägen till demonstration av metallfiberstrålare eller keramiska fiberstrålare, t.ex. i färgtorkningsapplikationer, inom verkstadsindustrin förkortas.

I detta sammanhang vore det också av intresse att genomföra en studie av en tryckluftskyld elvärmd IR-anläggnings totala verkningsgrad när en helhetssyn över industrins energisituation anläggs för att jämföra denna med en gaseldad dito.

7 REFERENSER

1. *Industry gives green light to infra-red*, Natural Gas Jan/Feb 1994 pp 26-27, The Petroleum Economist Ltd, London, England.
 2. Madsen Ole, *Anvendelse af infrarød stråling i industrielle processer*, Gasteknik nr.4/1993 pp 30-32, ISSN 0106-4355, Dansk Gasteknisk Forening, Hellerup, Danmark.
 3. Gasnytt nr 2 1992, Svenska Gasföreningen, Stockholm
 4. Ehrstedt Thomas, *Gas-IR-teknik inom industrin*, Svenskt Gastekniskt Center, SGC007, Augusti 1991.
 5. *Minutes of the International Conference on Metal Fibre Technology*, Acotech June 1994, Zwewegem, Belgien.
 6. Birnkraut, et. al. *Untersuchungen zur strahlungsaktiven Oberflächen verbrennung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen*, Gaswärme International Juli/Aug 1994 pp 344-352, ISSN 0020-9384, Vulkan-Verlag, Essen, Tyskland.
 7. Rolwes, U. Opitz. *Trocknung von Trennmitteln auf Blechband mit Gasinfrarotstrahlern*, Gaswärme International Juli/Aug 1994 pp 358-361, ISSN 0020-9384, Vulkan-Verlag, Essen, Tyskland.
 8. Fotouhi, W. Roth, *Einsatz erdgasbeheizter Strahlrohre in Metallfilteranlagen für Aluminium*, Gaswärme International Juli/Aug 1994 pp 344-352, ISSN 0020-9384, Vulkan-Verlag, Essen, Tyskland.
 9. *Gasbaserad IR-teknik för industriell bruk*, Symposiedokumentation, Energigasinstitutet vid LTH, 1987.
 10. Ahlström-Silversand, T. Hargitai, *Katalytiska värmeväxlare för industriella tillämpningar*, Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning, Värmeforsk 496, ISSN 0282-3772, Stockholm januari 1994.
 11. Linde Per, *Termoreaktorn - Teknisk beskrivning*, Linde Metallteknik AB, Helsingborg
 12. Jansson Å., Johansson M., *IR-värmning med gasstrålningsbrännare i olika typer av värmnings- och torkprocesser*, Swedegas AB FUD-rapport, Juli 1988.
 13. Flamme M., *Experimentelle Untersuchung eines mit Bekitherm AC 200 P1 Metallfaserbrenners*, GasWärmeInstitut, Bericht nr. 9205, Essen, Tyskland
 14. Samtal med Ingemar Gunnarsson, Lindängen Energi-Analys AB, Alingsås.
 15. Gunnarsson I, Gustavsson T. *Gas-IR på wellpappmaskin - försök vid SCA Emballage AB, Värnamo*, Nordisk Gasteknisk Center AB, September 1992.
 16. Johansson M. m.fl., *Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare*, Svenskt Gastekniskt Center, SGC056, November 1994.
 17. Jerkeman Per, *Naturgas-IR för processanvändning inom syd- och mellansvensk pappersindustri*, Swedegas AB 1989, Stockholm.
 18. Samtal med Dick Gustavsson, Forbo Forshaga.
 19. Danelius J. *Modern gasteknik i galvaniseringsindustrin*, Svenskt Gastekniskt Center, SGC014, November 1991.
 20. *IR-handboken*, Unicraft AB, Stockholm.
-

21. Samtal med Sören Asplund, Neste Gas, Sundsvall
 22. *Industriell gasanvändning i Norden, En branschanalys, Bind 1: Livsmedelsindustri*, Nordisk Gasteknisk Center, Danmark, ISBN 87-89309-05-7, mars 1990.
 23. *Industriell gasanvändning i Norden, En branschanalys, Bind 2: Massa- och pappersindustri*, Nordisk Gasteknisk Center, Danmark, ISBN 87-89309-11-1, mars 1990.
 24. *Industriell gasanvändning i Norden, En branschanalys, Bind 3: Kemisk industri - Jord- och stenvaruindustri - verkstadsindustri*, Nordisk Gasteknisk Center, Danmark, ISBN 87-89309-07-3, mars 1990.
 25. Solmar A., *Bageriers energianvändning*, Universitetet i Linköping, Inst. för fysik och mätteknik, LiTH-IFM-R-70.
 26. *Energibesparing inom konservindustrin*, Nordisk Ministerråd, ISBN 87-88217-27-2, Köpenhamn, juni 1985.
 27. *Energihushållning i tvätterier*, Statens Industriverk, Energibyran, 1980.
 28. Sahlin C. m.fl., *Industrins energibehov för lokaluppvärmning*, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm, R10:1984, ISBN 91-540-4070-1, 1984.
 29. Johansson T., *Textilberedningsverks energianvändning*, Universitetet i Linköping, Inst. för fysik och mätteknik, LiTH-IFM-R-69.
 30. Samtal med Tomas Barkman, APE Industries, Kvikksund.
 31. Preprints of the 1992 International Gas Research Conference, vol V pp 457 - 482, Orlando Florida, USA.
 32. Samtal med Uwe Schuster, Uwe Schuster AB, Helsingborg.
 33. Christensen R., *Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning*, Svenskt Gastekniskt Center, SGC027, Oktober 1992.
-

95-04-24

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
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 gasrörsystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Instit. 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 AF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

95-04-24

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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 Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	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	Koldioxidgödning 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	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
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150

95-04-24

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	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
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

95-04-24

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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 Gas Center	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 P Å Gustafsson, Miljökons.	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 m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karl, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	0
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi	0



Svenskt Gastekniskt Center AB

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