



STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Luftkvaliteter i lokaler vid direktutsläpp av rökgaser från naturgasförbränning

Ulrika Jantze
Mikael Jedeur Palmgren

Luftkvaliteter i lokaler vid direkt- utsläpp av rökgaser från naturgas- förbränning

Ulrika Jantze

Theorell + VBB Energikonsulter AB

Mikael Jedeur Palmgren

Theorell + VBB Energikonsulter AB

**STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 • 113 82 STOCKHOLM • TEL. 08/34 09 80**

Juli 1991

ISSN 0282-3772

**LUFTKVALITETER I LOKALER VID DIREKTUTSLÄPP AV
RÖKGASER FRÅN NATURGASFÖRBRÄNNING**

Stockholm 1990-12-20

THEORELL + VBB ENERGIKONSULTER AB

Ulrika Jantze

Mikael Jedeur-Palmgren

SAMMANFATTNING

Naturgasen kan utnyttjas mycket effektivt genom att förbrännas nära det ställe där värmeenergin utnyttjas, så kallad direktanvändning.

Vid vissa typer av direktanvändning tillåts rökgaserna från förbränningen spridas i den lokal där förbränningsapparaten är installerad utan att avledas i en separat avgaskanal. Exempel på sådana tekniker där direktutsläpp tillämpas är CO_2 -gödning, gas-spisar och IR-strålare.

Nackdelen med direktutsläpp är den att avgaserna innehåller ämnen som i för höga koncentrationer kan innebära en hälsorisk. Främst är det kväveoxiderna som utgör en sådan hälsorisk.

För att utröna immissionsbilden har det utförts ett antal mätningar där direktutsläpp tillämpas. I Danmark har mätningar utförts i fyra växthus där CO_2 -gödning med gasförbränning tillämpas. Man uppmätte här dygnsmedelvärden på 2,0-0,2 ppm NO och 0,8-0,1 ppm NO_2 . Motsvarande undersökning har också utförts i två växthus med låg- NO_x -brännare. Dessa två växthus uppvisade då en medelkoncentration av NO och NO_2 som låg under 0,12 resp 0,07 ppm.

I lokaler med IR-strålare har det gjorts luftkvalitetsmätningar i bl a Sverige och i Finland.

I den finska undersökningen mättes enbart NO_x -halterna. Den använda utrustningen hade en lägsta detekterbar gräns för NO på 0,5 ppm och för NO_2 på 0,2 ppm. Då immissionsnivåerna till största delen var lägre än dessa gränser kan man bara med säkerhet säga att NO_2 -halten var lägre än 0,2 ppm och NO-halten lägre än 0,6 ppm.

I den svenska studien undersöktes förutom NO_x -halterna även CO och CO_2 -halterna. Resultatet av denna mätning gav följande medelvärden:

CO_2 466 ppm, CO 3 ppm, NO 0,08 ppm, NO_2 0,02 ppm.

Undersökningen visade även att immissionsnivån är relativt konstant i luftvolymen under strålaren medan den ökar i utrymmet ovanför.

Även för gasspisar har man i Danmark utfört mätningar. Som ett maximalt entimmesmedelvärde uppmättes 0,4 ppm NO och 0,2 ppm NO_2 . I denna undersökning försökte man också utröna eventuella skillnader mellan immissionerna från naturgas och stadsgas. Några större variationer kunde inte påvisas.

Då vissa länders arbetarskyddsorganisationer har bemött direktutsläpp med en viss skepsis är det av intresse att jämföra uppmätta immissioner med de hygieniska gränsvärdena för arbetsmiljöer. I de länder vi har undersökt ligger då gränsvärdena för NO_2 i området mellan 2 och 5 ppm, vilket är mellan 5 och 10 gånger högre än de verkliga immissionsnivåerna.

I vissa länder, däribland Sverige, finns bestämmelser om att processer skall väljas på så sätt att minsta möjliga luftförorening i arbetslokalen uppstår. Detta har lett till att man från myndighets-håll har tagit en något mer tveksam inställning till direktutsläpp.

SUMMARY

Natural gas can be used very efficiently by combustion close to where the heat is used, so called direct use.

Direct use combined with direct outlet where the flue gas is vented to the room is used in greenhouses (CO_2 -fertilization and heating) in kitchens (gas stoves) and for heating (IR-radiators).

The disadvantage of direct outlet is that the flue gases contain substances which in high concentrations can be hazardous to the health. Nitrogen oxide is regarded as one of the most hazardous substances in flue gases from natural gas combustion.

The immission of nitrogen oxide from direct outlet applications has been studied.

Measurements made in greenhouses in Denmark using standard burners for CO_2 -fertilization showed a 24-hour average of 0.2-2.0 ppm NO and 0.1-0.8 ppm NO_2 . A corresponding measurement made in greenhouses using low NO_x burners showed a 24-hour average below 0.12 ppm and 0.07 ppm for NO and NO_2 .

Air quality surveys made in rooms using IR-radiators for heating has been carried out in Finland and Sweden. In the finnish survey the concentration of NO_2 was below detectable limit (= 0.2 ppm). The concentration of NO was above 0.5 ppm (detectable limit) only for a period of one hour.

In the swedish survey measurements of CO and CO₂-concentrations were also included. The results of this survey gave the following mean values: CO₂ 466 ppm, CO 3 ppm, NO 0,08 ppm, NO₂ 0,02 ppm.

The survey also showed that the concentration is relatively constant in the volume under the radiator while it increases significantly above the radiator.

Immission of nitrogen oxide from gas stoves has been studied in Denmark. The measurements showed hourly maximums of 0.4 ppm for NO and 0.2 ppm for NO₂. This study also investigated the difference between immission from natural gas and town gas. No major difference was discovered.

In the countries studied, the legal threshold value for NO₂ varies between 2 and 5 ppm.

Sweden among other countries have laws stipulating that the technique/process causing the least health hazard should be chosen. This regulation favours techniques other than natural gas for the above applications.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING
 - 1.1 Bakgrund
 - 1.2 Målsättning
 - 1.3 Litteraturstudie
2. DIREKTUTSLÄPP I LOKALER OCH BOSTÄDER SAMT UPPMÄTTA IMMISSIONSNIVÅER
 - 2.1 CO₂-gödning i växthus
 - 2.2 IR-värmare
 - 2.3 Luftuppvärmning
 - 2.4 Vätskeuppvärmning
 - 2.5 Spisar
3. DIREKTUTSLÄPP FRÅN INDUSTRIELLA PROCESSER
4. IMMISSIONSNIVÅER I BOSTÄDER
5. TEKNIKER FÖR ATT MINSKA EMISSIONERNA VID NATURGASFÖRBRÄNNING
6. HÄLSORISKER AV OCH BESTÄMMELSER FÖR DIREKT-UTSLÄPP
 - 6.1 Immissionernas inverkan på människan

6.2 Bestämmelser och praxis beträffande
direktutsläpp

6.21 Norden

6.22 Övriga länder

6.23 Sammanfattande jämförelse av hygieniska
gränsvärden

7. SLUTSATSER

8. REFERENSER

Bilaga 1 Icke utnyttjat material från specificerad
sökning

Bilaga 2 Kontaktade myndigheter och institutioner

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

En av naturgasens stora fördelar jämfört med andra bränslen är möjligheten att använda den direkt i olika processer. Gasen förbränns då nära de ställen där värmeenergin skall utnyttjas vilket ofta ger god verkningsgrad och låga distributionsförluster. Vid många av dessa direktanvändningsapplikationer släpps rökgasen ut i lokaler där människor vistas, här kallat direktutsläpp. Nackdelen med direktutsläpp är att rökgasen kan innehålla komponenter som påverkar människors hälsa negativt.

I de flesta länder finns hygieniska gränsvärden som reglerar högsta tillåtna halten föroreningar i luften i arbetslokalen. Dessa gränsvärden omfattar även de föroreningar som kan uppstå vid naturgasförbränning dvs NO_x , CO och CO_2 .

Utöver hygieniska gränsvärden finns i vissa länder även andra regler. En sådan regel är att man inte skall införa ny teknik som medför att arbetsmiljön försämrats, även om de hygieniska gränsvärdena innehålls. Myndigheterna i en del länder som principiellt tillämpar denna regel ställer sig dock positiva till direktutsläpp i samband med naturgasförbränning (t ex CO_2 -gödsling i växthus), medan myndigheter i andra länder, såsom Sverige, har en något mer tveksam inställning.

Vid en bedömning av tillåtligheten av direktutsläpp från naturgasförbränning bör dock alla med direktutsläpp förknippade konsekvenser beaktas, dvs även sådana som har ett positivt värde. Bland sådana positiva konsekvenser kan nämnas högre processverkningsgrad, lägre totalutsläpp, högre produktivitet (t ex i växthus till följd av höjd CO₂-halt), lägre processkostnader samt förbättrat inomhusklimat i andra avseenden. Speciellt om de immissionsvärden som direktutsläpp ger upphov till ligger långt under de hygieniska gränsvärdena kan det finnas anledning att tillmäta de positiva faktorerna en viss betydelse vid bedömningen av tillåtligheten av direktutsläpp.

1.2 Målsättning

Studien har som målsättning att göra en kartläggning av de tekniska applikationer där direktutsläpp tillämpas samt göra en sammanställning av gjorda mätningar av önskade ämnen i lokalen där tekniken tillämpas. Olika metoder för att minska emissionerna skall även behandlas.

Vidare har studien som målsättning att kartlägga de regler och förordningar som rör direkt användning i Sverige och utomlands.

1.3 Litteraturstudie och myndighetskontakter

Materialet i denna rapport har kommit fram genom en litteratursökning utförd vid Studsviks bibliotek. Ett flertal sökord och kombinationer av dessa har använts vid sökningarna som utförts i databasen "Energy". De väsentligaste sökorden har varit:

förbränning, hushåll, emissioner, industrier och naturgas. Vi har med hjälp av olika kombinationer av dessa sökord fått fram en lista innehållande 42 rapporter och artiklar med korta referat (mer specificerad sökning) samt 50 rapporter och artiklar utan referat (mindre specificerad sökning). Vi har valt ut de intressantaste referaten som enligt titlar eller referat tycks vara relevanta för denna studie. Samtliga rapporter är mycket omfattande. De rapporter mm som utnyttjats återfinns i referenlistan på sid 51.

I bilaga 1 finns ett antal rapporter och artiklar som vi har gått igenom men som inte utnyttjats som referenser. Många av dessa behandlar antingen emission eller direktanvändning som ej är direktutsläpp varför de icke är direkt användbara i detta arbete.

I bilaga 2 anges de myndigheter och institutioner som kontaktats vad gäller normer, praxis, utförda mätningar etc i olika länder.

2. DIREKTUTSLÄPP I LOKALER OCH BOSTÄDER SAMT UPPMÄTTA IMMISSIONSNIVÅER

Utsläpp i lokaler av rökgaser från naturgasförbränning förekommer oftast där naturgasen används "direkt" i en process, för matlagning, för uppvärmning av luft osv. I detta kapitel beskrivs de vanligaste förekommande kommersiella tillämpningarna i Sverige eller utomlands.

Hur immissionsbilden ser ut som resultat av dessa tillämpningar är bl a beroende på ventilationen och utsläppskällans placering. Detta betyder att en hög emission inte nödvändigtvis behöver medföra en hög immission, eller omvänt. Emissionsmängden kan dock ge en grov uppskattning av immissionsbilden.

2.1 CO₂-gödning i växthus

Vid de gröna växternas fotosyntes åtgår det koldioxid, vatten och solljus. Man har också länge vetat att man genom att tillföra koldioxid till ett växthus kan öka skörden. Detta då man genom en ökad koldioxidhalt uppnår det optimala förhållandet mellan solljus, vatten och koldioxid. Det är dock först under de senare tiotal åren som CO₂-gödningen har blivit vanlig. Enligt många odlare är den numera helt nödvändig för att få rimlig lönsamhet för vissa grödor.

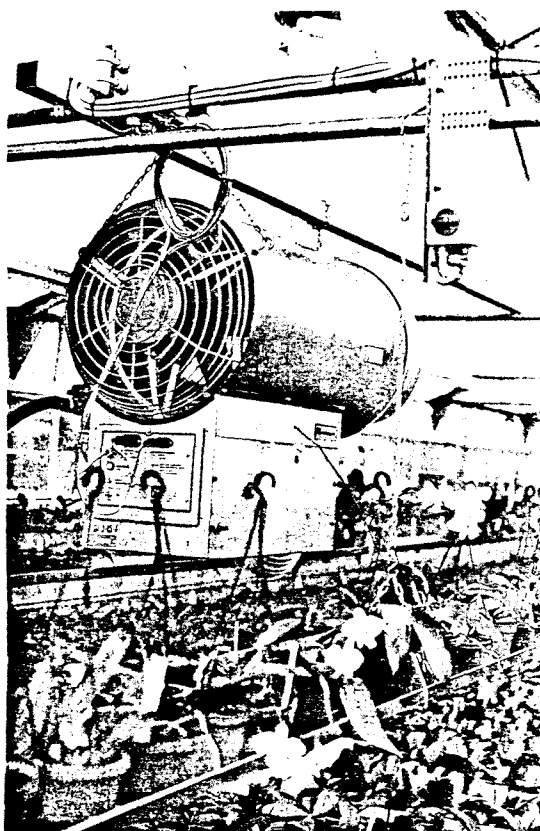
CO₂-gasen kan tillföras växthuset från flaska eller gastank. Detta är dock relativt dyrt.

En alternativ metod är att tillföra koldioxiden i form av avgaser från förbränning. Bränslet kan vara olja, gas eller fotogen.

Eftersom naturgasens förbränningsgaser inte innehåller några större kvantiteter ur odlingssynpunkt oönskade ämnen är just naturgas ett lämpligt bränsle. En begränsning av NO_x -emissionerna är också önskvärd av hänsyn till växterna. Många krukväxter och vanliga grönsaker tar nämligen skada av NO -koncentrationer över 1 ppm.

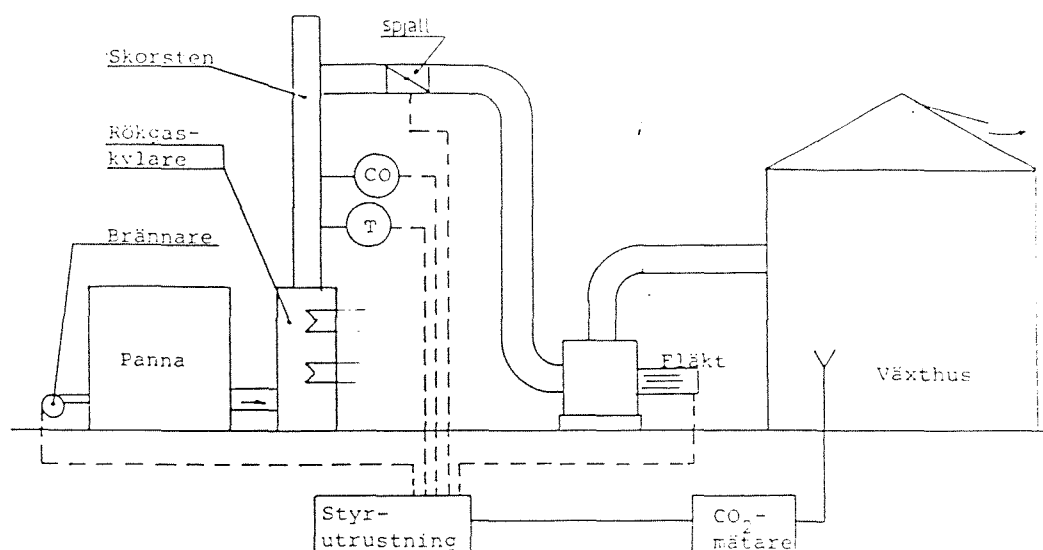
På kontinenten, och speciellt i Holland, är det därför vanligt med CO_2 -gödning genom förbränningsgaserna från naturgas. Försök med denna metod har också gjorts i Norden. I Danmark finns t ex ett tiotal anläggningar och även i Finland har man startat några försök. I Sverige har ett försök just startats vid Nygaards Trädgårdsodlingar i Halmstad.

På marknaden finns två olika konstruktioner för CO_2 -gödsling med förbränningsgaser. Den billigaste och kanske därför vanligaste konstruktionen innebär att brännaren monteras i växthuset. Se figur 2.1.



Figur 2.1 Priva 30 kW naturgasbrännare för CO_2 -berikning direkt i växthuset (19).

Fördelen med denna typ är dess enkelhet och höga effektivitet. Den har dock en viss nackdel i att CO_2 -halten och värmeeffekten inte kan regleras oberoende av varandra. Detta kan man göra med den andra typen av konstruktion. Pannan placeras här utanför växthuset, enligt principskissen i figur 2.2.



Systembeskrivning för CO₂-gödning

Fläkten startar och spjället öppnar om

- a: CO₂-mätaren kallar på CO₂
- b: Pannans brännare går och har varit i drift i minst 2 minuter
- c: Temperaturen understiger 60°C
- d: Ingen CO detekteras

Figur 2.2 Principskiss för externförbränning vid CO₂-gödning (12)

Värmningen av växthuset sker i detta fall med ett indirekt system och koldioxiden förs in i växthuset genom en separat kanal från skorstenen. Med den här metoden kan man styra CO₂-halten och temperaturen i växthuset helt oberoende av varandra. En annan fördel ligger i att man kan kontrollera temperatur och CO-halt hos avgaserna innan man för in dem i växthuset.

Luftkvalitetsmätningar

Vid CO₂-gödning bör de tillförda gaserna spridas i hela lokalen, varför inblåsningskanalerna arrangeras så att en så stor omblandning som möjligt sker. Immissionsbilden kommer därmed att vara homogen över hela lokalen.

Det finns ett antal olika mätningar gjorda i växthus med CO₂-gödning, både med och utan låg NO_x-brännare.

Dansk Gasteknisk Center (DGC) har bedrivit försök med CO₂-gödning där låg-NO_x-brännare använts. Förbränningen skedde i två fiberbrännare om vardera 15 kW (14) i ett 1 536 m² stort växthus. Brännarna tändes på morgonen för att få upp koldioxidhalten och sedan hålla en önskad nivå under dagen. Mätningar av kväveoxid, kolmonoxid och koldioxid utfördes kontinuerligt under nästan två dygn i tre mätpunkter, en centralt placerad och de båda andra vid kortsidorna. I rapporten anges dock inget om ventilationsförhållandena. Under hela provperioden erhöles följande resultat

	NO ppm	NO ₂ ppm	CO ppm	CO ₂ ppm
max	0,20	0,11	0	1614
min	0,01	0,03	0	926
medel	0,05	0,06	0	1153

Eftersom brännarna inte var tända hela dygnet var det även intressant att se på värdena under dagtid, dvs kl 7-16.

	NO ppm	NO ₂ ppm	CO ppm	CO ₂ ppm
max	0,20	0,10	0	1525
min	0,04	0,06	0	989
medel	0,12	0,07	0	1200

Mätningar i växthus med konventionella brännare har utförts av Henrik Saxe vid veterinär- och lantbrukshögskolan i Danmark (19). I fyra av dessa växthus, placerade i Fredensborg, Haslev, Vejle och Vejle-Allested används gas som bränsle.

Växthuset i Fredensborg var utrustat med 2 x 30 kW naturgasbrännare. Regleringen av brännarna skedde mot temperaturen i växthuset, varför de även kunde slå till på natten. Anledningen till att man reglerade mot temperaturen var att systemets primära syfte var att fungera som stöd åt de andra värmesystemen. Utöver denna reglering fanns även en CO₂-övervakning som stoppade förbränningen om koncentrationen av CO₂ översteg 5000 ppm i växthuset.

I växthuset i Haslev var brännarna propaneldade. Här skedde inte någon direktreglering utan brännarna tändes under vissa perioder under dagen.

Brännarna i växthuset i Vejle var också tidsstyrda propanbrännare.

Växthuset i Vejle - Allested eldades med propan men styrningen skedde med en CO₂-scanner.

Mätningarna utfördes kontinuerligt under ett dygn med följande resultat.

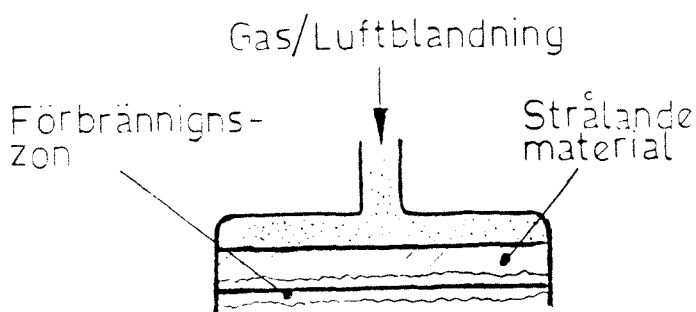
		Fredensborg	Haslev	Vejle	V-Allested
max ppm	CO ₂	3950	1945	1990	1320
	NO	3,78	0,66	0,80	0,39
	NO ₂	1,50	0,26	0,22	0,11
min ppm	CO ₂	730	710	415	645
	NO	0,36	0,04	0,04	0,10
	NO ₂	0,12	0,02	0,01	0,03
dygns-	CO ₂	2375	1085	1080	1110
medel	NO	2,04	0,48	0,24	0,19
	NO ₂	0,77	0,10	0,06	0,06

Som framgår av tabellen gav det temperaturreglerade systemet i Fredensborg betydligt högre koncentrationer än de övriga. Detta beror på att man vid gödsling med CO₂ eftersträvar en CO₂-koncentration på 600 till 1 000 ppm. Används brännare med direktutsläpp också för uppvärmning fordras en högre bränsleeffekt för att klara uppvärmningsbehovet vilket resulterar i högre koncentration av CO₂.

Med konventionell förbränningsteknik ligger enligt ovanstående undersökning NO₂-koncentrationen under det hygieniska gränsvärdet (i Sverige 2 ppm). Hade brännarna i stället varit av låg-NO_x-typ, som i DGCs försök, skulle NO₂-halterna varit ännu lägre. Som jämförelse kan nämnas att NO_x-koncentrationen på hårt trafikerade stadsgator kan uppgå till omkring 0,1 ppm och att bakgrundshalten av NO₂ i svensk skog är ca $5,3 \times 10^{-3}$ ppm.

2.2 IR-värmare

Principen för en IR-strålare är att ett material värms upp till en temperatur vid vilken värmande infraröd strålning avges. Med en reflektor kan sedan strålningen riktas mot de områden som skall värmas. I figur 2.3 visas den principiella uppbyggnaden av en röd gaseldad IR-strålare.

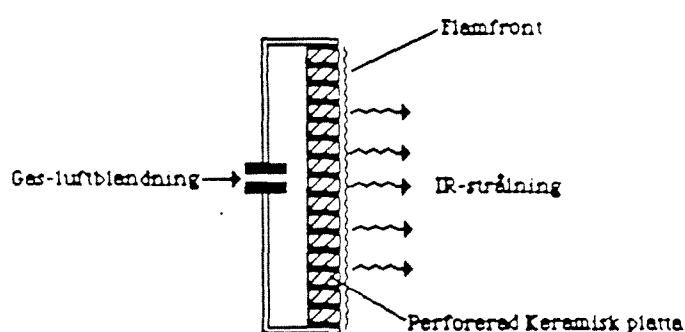


Figur 2.3 Principen för röd IR-strålare.

Gasen passerar här ett värmebeständigt material och förbränningen sker sedan på ytan eller en bit in i detta material. Materialet blir då i sin tur glödande och avger strålning.

IR-strålare finns även i "svart" utförande där gasförbränningen sker inne i ett rör som i sin tur blir varmt och värmestrålände. Dessa strålare behandlas ej här eftersom de ej ger upphov till direktutsläpp.

I röda keramiska strålare består materialet av en keramisk platta som perforerats. Hålen är så anpassade att flamfronten bildar ett tunt skikt mycket nära plattans yta. En principskiss av en strålar med keramiskt block visas i figur 2.4.



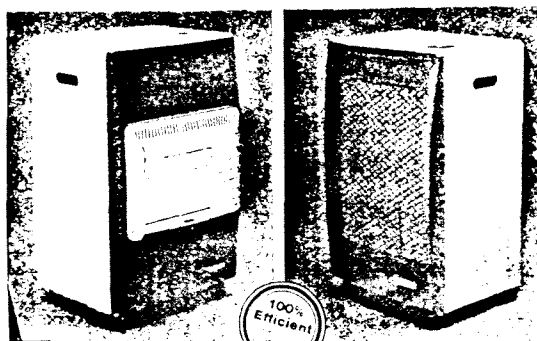
Figur 2.4 Principskiss för strålare med keramiskt block (6).

Strålare kan också tillverkas i ett poröst keramiskt material. Med sina korta uppvärmnings- och avsvälningstider är dessa strålare mycket användbara vid torkning av textilier och papper.

IR-strålare har ett antal energibesparande fördelar. Vid exempelvis lokaluppvärmning behöver inte hela lokalen inklusive dess luftvolym värmas varför man får en minskad värmeförlust genom värmeledning och konvektion från lokalen.

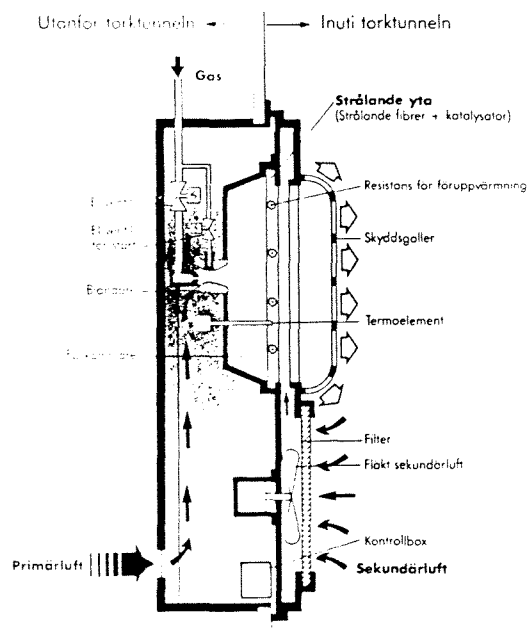
Systemet kan dock bara användas där takhöjden är sådan att aktuella säkerhetsavstånd kan innehållas.

IR-strålare kan även användas för bostadsuppvärmning och exempel på mobila värmeelement för sådant ändamål visas i figur 2.5



Figur 2.5 Mobila värmeelement för bostadsuppvärmning (20).

En annan typ av gaseldade IR-strålare är de katalytiska. I denna konstruktion sker förbränningen på ytan av ett katalytiskt material. Därmed får man en låg temperatur som gör att NO_x -emissionerna minskar. Den förbättrade förbränningen resulterar i en sänkt CO-emission. Exempel på IR-strålare för lacktorkning visas i figur 2.6.



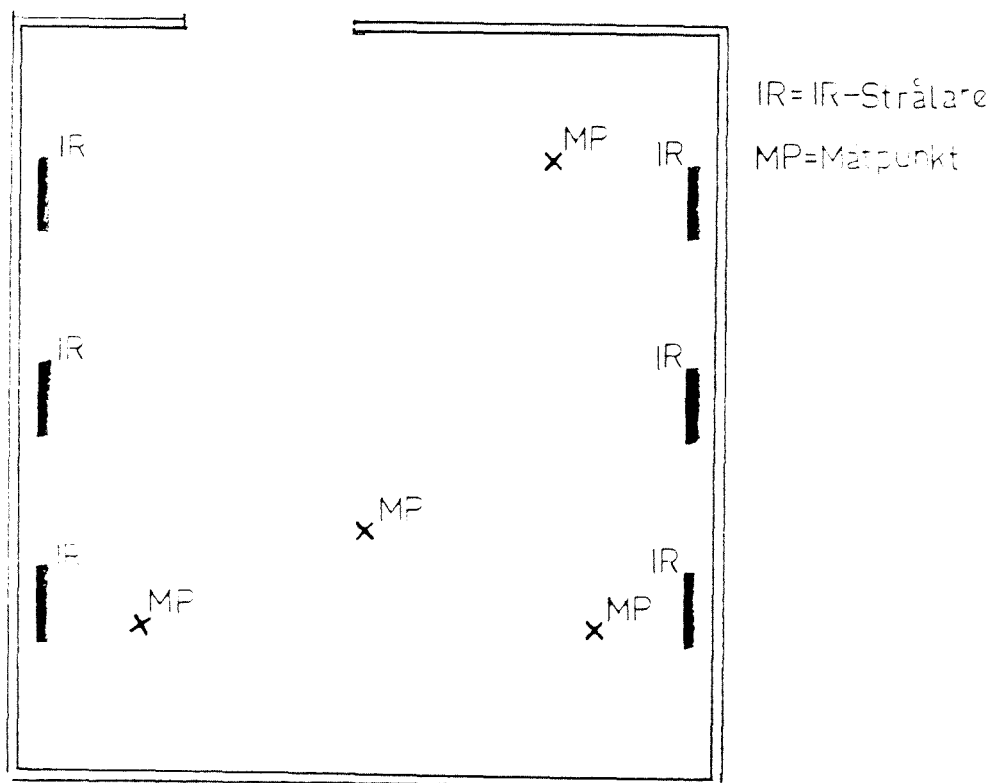
Figur 2.6 Katalytisk IR-strålare för lacktorkning (20).

Utan speciella åtgärder kommer avgaserna från IR-strålarna att blandas med luften i den lokal där de är placerade. För att komma förbi detta kan avgaserna sugas av genom en avgaskanal från reflektorn. Med avsug kommer ändå en del av avgaserna att strömma förbi reflektorn och spridas i lokalen.

Om luftcirkulationen i utrymmen med IR-strålare ej är för kraftig kommer dock avgaserna på grund av sin höga temperatur och därmed låga densitet att stiga. I industrilokaler där utventilering sker genom takfönster kommer emissionerna att vädras ut denna väg utan att nå ner i lokalen. Immissionsnivån blir därmed lägre än om förbränningen skett i exempelvis golvhöjd.

Luftkvalitetsmätningar

Av de uppgifter om mätningar vid IR-strålare som vi har bara funnit är en utförd av Neste OY i Finland. Här var strålarna utplacerade i en maskinhall för tunga truckar (17). Mätningarna skedde under förhållanden som gjorde att även truckarna gav bidrag till de uppmätta immissionsnivåerna. Lokalen var försedd med sex IR-strålare och mätningen skedde i fyra mätpunkter, se figur 2.7.



Figur 2.7 Placering av IR-strålare och mätpunkter i truckgarage (17).

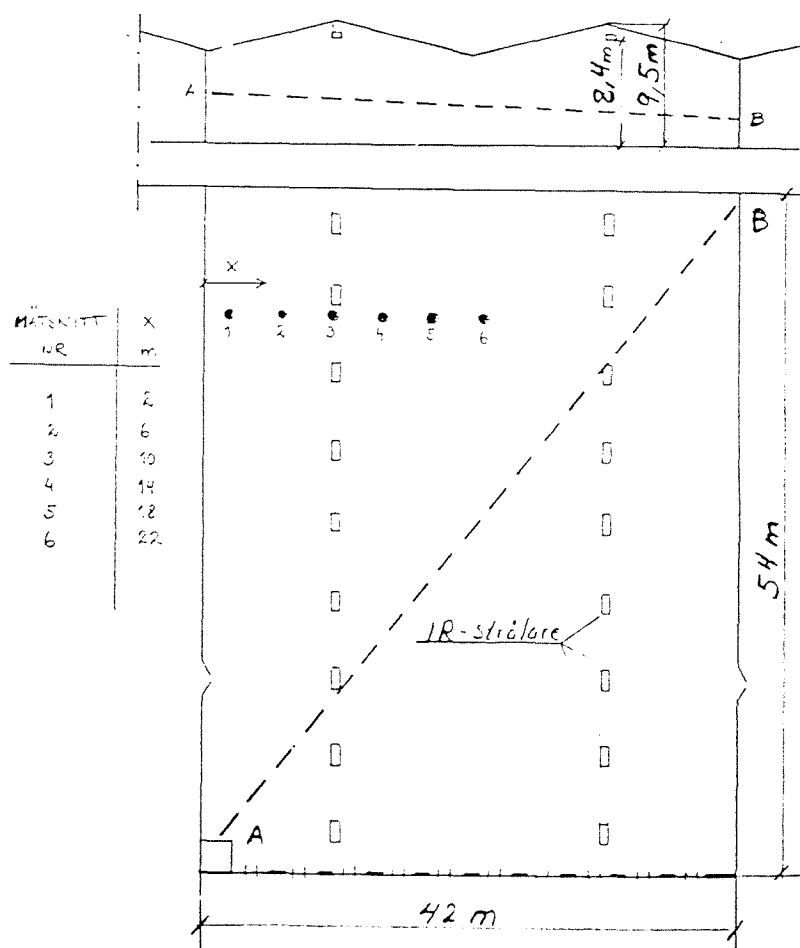
Mätningarna utfördes kontinuerligt under 1 dag mellan kl 6.00 och 14.20 och omfattade kolmonoxid (CO), kväveoxid (NO) och kvävedioxid NO_2 .

För kolmonoxiden låg koncentrationen mellan 4 och 6 ppm. Högsta uppmätta värdet på NO var 0,6 ppm och detta inträffade under den första timmen då truckverksamheten var som störst. Under all övrig

tid och i alla övriga mätpunkter var NO-koncentrationen lägre än 0,5 ppm, som var mätutrustningens nedre detekteringsgräns.

Vid NO₂-mätningen var den nedre detekterbara gränsen 0,2 ppm. Detta värde överskreds aldrig. Detta innebär att man inte kan uttala sig om NO₂-koncentrationens exakta nivå.

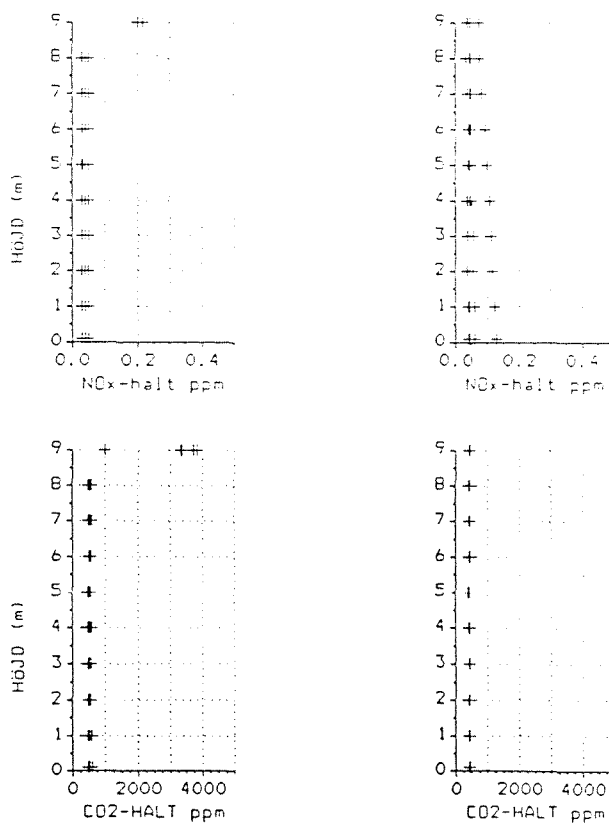
En mer utförlig luftkvalitetmätning i lokaler med röda IR-strålare har utförts av Vattenfall (24). Lokalen var här ett däcklager på Trelleborg AB i Trelleborg. Hur lokalen såg ut, var IR-strålarna var placerade och var mätningarna gjordes visas i figur 2.8.



Figur 2.8. Däcklagrets utseende med IR-strålare och mätpunkter. A-B är mätsträckan vid långtidsmätning och 1-6 är mätsnitt vid gradientmätning (24).

Strålarna styrdes i två effektsteg av temperaturen i lokalen. Den inställda temperaturen under arbetsdagen (kl 06³⁰-15³⁰) var högre än under resten av dygnet.

Koldioxid och kolmonoxidhalten mättes som korttidsmedelvärden genom luftprover på olika höjd över golvet. Även NO_x-halten mättes. Detta kunde dock inte göras kontinuerligt varför enbart intressanta punkter registrerades. Hela mättriggen kunde flyttas horisontellt. Några större variationer längs horisontalplanet kunde dock inte registreras. Därför redovisas endast mätningarna från en mätpunkt direkt under en av strålarna (snitt 3 i figur 2.8). Hur immissionerna varierade i höjddled vid på och avslagen strålare visas i figur 2.9.



Figur 2.9

NO_x- och CO₂-haltens variation i vertikal-led då IR-strålaren var i drift (till vänster) respektive var avstängd (till höger).

Som framgår av figuren är immissionsnivån någorlunda konstant i höjddled upp till den höjd strålar-
ren är monterad. Ovanför strålarna blir dock halt-
erna av naturliga skäl högre.

I tabellen nedan anges medelvärden för CO₂/CO-hal-
ter dels under arbetstid dels under dygnets övriga
timmar. En uppdelning har även skett i nivåer under
respektive över strålarna.

		CO ₂ -halt ppm		

	Mättnivå	medel	max	std.avvik
	0-8	466	567	29
Kl 7-16	9	1340	4450	1250
	0-8	402	519	46
kl 0-7,				
16-24	9	506	3115	435

		CO-halt ppm		

	Mättnivå	medel	max	std.avvik
	0-8	3	7	2
Kl 7-16	9	9	100	18
	0-8	3	4	1
kl 0-7,				
16-24	9	5	132	13

NO_x-halterna mättes även optiskt som 1-minutsmedel-
värde på ett tvärsnitt genom lokalen på ca 3 m
höjd. Dygnsmedelvärden för en vardag och en helgdag
anges i tabellen nedan.

	NO-halt ppm			NO ₂ -halt ppm		
	medel	max	std.avvik	medel	max	std.avik
<u>Vardag</u>						
kl 7-16	0,08	0,54	0,08	0,02	0,09	0,08
kl 0-7, 16-24	0,04	0,28	0,05	0,01	0,03	<0,01
<u>Helgdag</u>						
kl 7-16	0,05	0,1	0,02	0,01	0,02	<0,01
kl 0-7, 16-24	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01	<0,01

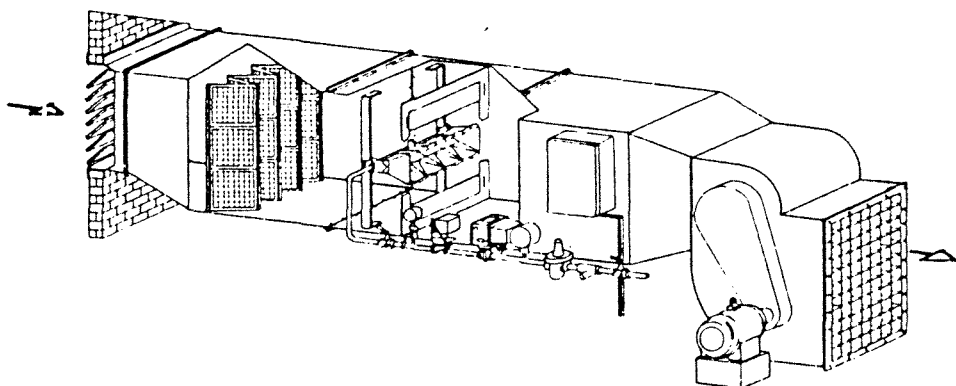
Som framgår av tabellens uppdelning på vardag och helgdag är immissionsnivåns variation i lokalen även beroende av om det förekommer aktivitet i lokalen.

2.3 Luftuppvärmning

I stället för att använda IR-värmare för lokaluppvärmning, som beskrevs under punkt 2.2, kan uppvärmningen t ex ske genom direkt värmning av luft.

Vid stationärt bruk integreras oftast sådan luftvärmningsutrustning med ventilationsanläggningen. Den utsugna luften ersätts då med friskluft som värms i en s k make-up-air-anläggning.

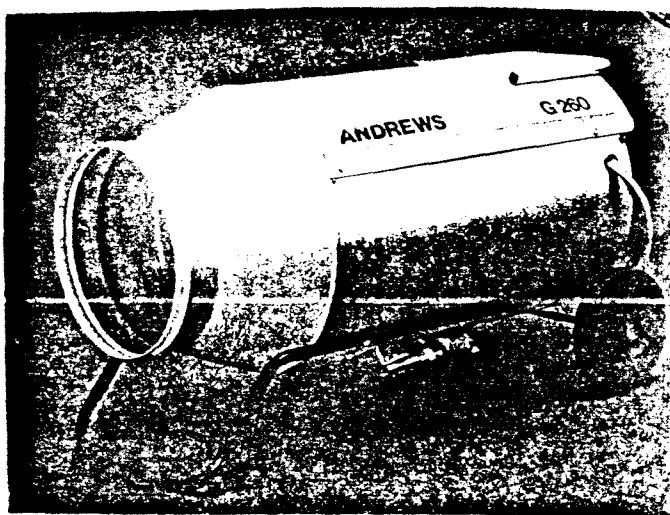
Det finns även anläggningar för luftuppvärmning där luften i lokalen cirkulerar genom uppvärmningsaggregatet, sk recirkulation. Vid recirkulation finns en risk att avgaskoncentrationen i lokalen ökar för var gång luften går genom systemet. Med make-up-air-utförande är det alltid friskluft som värms medan frånluften, som innehåller avgaserna, vädras ut. Utvädringen har även den fördelen att föroreningar från andra källor ventileras ut. En direkteldad ventilationsanläggning kan därför vara fördelaktig ur arbetsmiljöhänsyn om den ökar ventilationen i en industri med förorenande processer. En principskiss av ett direkt system visas i figur 2.10.



Figur 2.10 Direktverkande central uppvärmnings- och ventilationsanläggning (8).

Friskluften sugas eller trycks in genom en kanal försedd med en gasbrännare. Friskluften blandas således direkt med de varma avgaserna vilket ger en mycket hög verkningsgrad, siffror nära 100 % nämns i litteraturen. Denna typ av uppvärmningssystem är dock sällsynt i Norden.

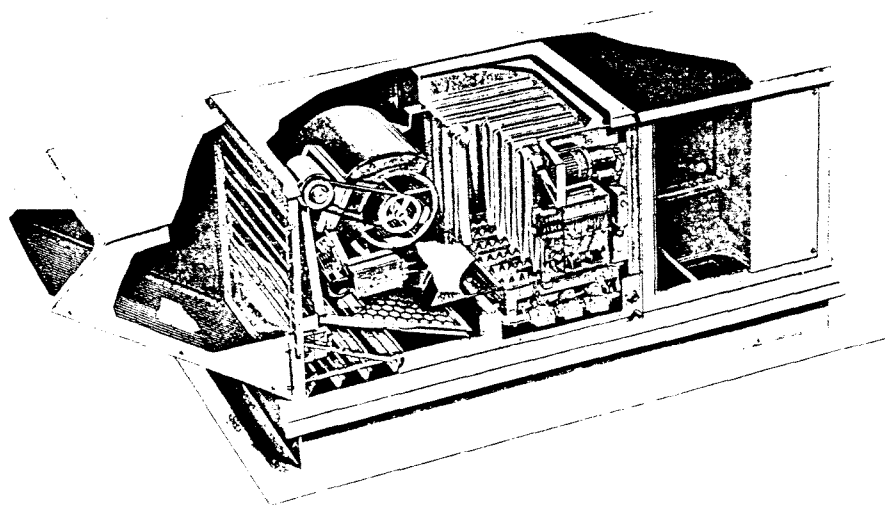
Som exempel på en anläggning med recirkulation, visas en byggtork i figur 2.11.



Figur 2.11 Byggtork (20).

Uppvärmningen av luften kan även ske indirekt, via en värmeväxlare. Nackdelen är lägre verkningsgrad och ökade investeringskostnader. Fördelen är att avgaserna tas omhand och leds ut i särskilda av-

gaskanaler. Hur ett sådant system kan vara uppbyggt ses i figur 2.12.



Figur 2.12 Indirekt verkande luftvärmare (20).

Luftkvalitetsmätningar

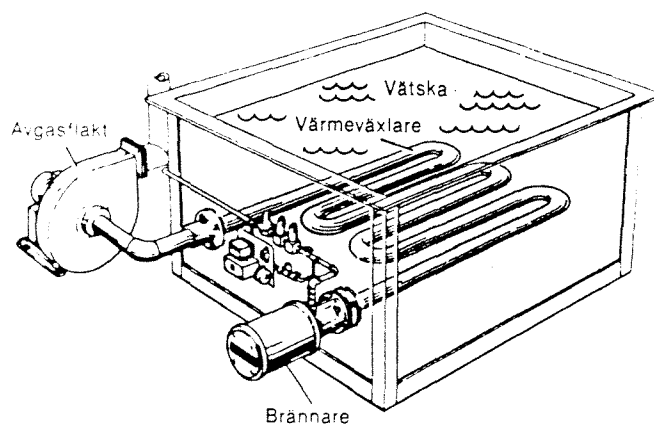
I bland annat Finland har mätningar av föroreningshalten utförts i utblåskanalen från make-up-air-anläggningar. Resultaten från dessa finska mätningar under olika driftförhållanden redovisas i tabellen nedan (8).

Funktion	Temp höjning (°C)	CO (ppm)	NO ₂ ppm
Normal funktion	8-70	3-4	0,1-0,35
Liten luftström	11-93	3-4	0,1-0,4
Drift över märkeffekt	70-84	3	0,35-0,4

Vi har däremot inte kunnat finna några litteraturuppgifter om immissionsmätningar ute i lokaler där direkta luftvärmesystem används.

2.4 Vätskevärmning

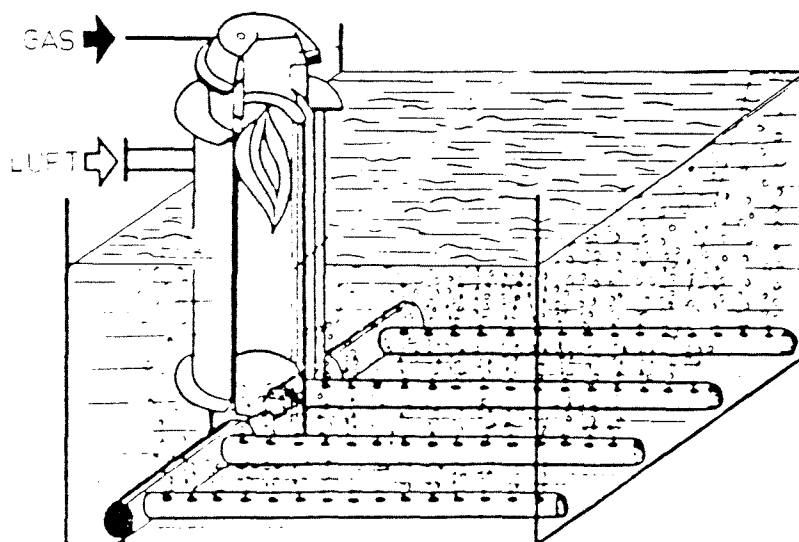
För värmning av vätskor med naturgas finns en mängd olika system som arbetar med såväl direkt som indirekt kontakt mellan det värmda mediet och förbränningsgasen. Systemen används i första hand för värmning av vatten men även andra vätskor än vatten för sköljning, plätering och metallbehandling kan värmas på detta sätt. I indirekta system sker förbränningen i ett slutet utrymme försett med separat avgaskanal, oftast i form av en immersionsrörvärmare se figur 2.13.



Figur 2.13

Immersionsrörvärmare (2).

Sker uppvärmningen direkt kan verkningsgraden överstiga 100 % räknat på undre värmevärdet. Gaz de France har utvecklat en värmare där förbränningsgasen bubblar upp genom vätskan. Principen visas i figur 2.14.



Figur 2.14 Vätevärmning med rökgaser (11).

Luftkvalitetsmätningar

Vi har inte kunnat finna några litteraturuppgifter om immissionsmätningar i lokaler där direkt vätskevärmning används.

2.5 Spisar

Gasspisen är det vanligaste exemplet på en hushållsapparat med direktutsläpp till omgivande utrymme.

En hushållsspis är aldrig i kontinuerlig drift. Spisen används under kortare perioder, men är i övrigt släckt. Koncentrationerna av förbränningsprodukter varierar därför i tiden.

Ovanför gasspisen finns ofta en flätkåpa eller någon annan form av ventilation. Detta gör att immissionsnivån i köksutrymmet minskar.

Rent tekniskt är gasspisen mycket enkel i sin konstruktion och man använder vanligen en ordinär atmosfärsbrännare. På senare år har även utvecklats en låg- NO_x -brännare av atmosfärsbrännartyp för gasspisar. Denna har dock ännu inte nått konsumentmarknaden.

Luftkvalitetsmätningar

I Danmark har Byggestyrelsen gjort en undersökning av kväveoxidkoncentrationer vid gasspisanvändning (7). Mätningarna utfördes i 20 hushåll där hälften av spisarna var naturgaseldade och resterande stadsgaseldade. Utsuget till analysen togs i de flesta mätningarna 1,8 m över golvet och 0,2-0,5 m framför spisen dvs på det ställe där den som utnyttjar spisen vanligen står. I rapporten redovisas det högsta 1-minutsmedelvärdet för dels 1-timmesperioder och dels 15-minutersperioder då spisen var i drift, se tabell nedan.

	Max medelvärde under 1 h (ppm)		Max medelvärde under 15 min (ppm)	
	NO	NO ₂	NO	NO ₂
Stadsgas:				
Medel 10 spisar	0,404	0,229	0,649	0,351
Standardavvikelse	0,280	0,124	0,542	0,167
Naturgas:				
Medel 10 spisar	0,426	0,167	0,654	0,262
standardavvikelse	0,241	0,041	0,461	0,073

De stora variationerna i mätvärdena som standardavvikelsen antyder, beror bland annat på om ugnen användes samt på antalet brännare som var i drift. Hur ventilationen var anordnad i köket har också stor inverkan. I den utförda undersökningen varierade ventilationen mycket mellan köken. Så kunde t ex ett öppet fönster eller en utsugande köksfläkt sänka kväveoxidkoncentrationen till hälften.

Man gjorde också undersökningar av hur immissionsnivån varierade med höjden över golvet. Resultatet visade på minst en halvering av immissionsnivån då mät höjden sänkes från 1,8 m till 1,1 m.

3. DIREKTUTSLÄPP FRÅN INDUSTRIELLA PROCESSER

Inom industrin finns de flesta tillämpningarna med direktutsläpp av rökgaser från naturgasförbränning. Förutom för lokaluppvärmning med IR-strålare och annan teknik som behandlats i föregående kapitel, kan gasen användas direkt i tillverkningsprocessen.

Nedan följer några exempel på hur gasen kan utnyttjas i olika processer inom de största branscherna och där direktutsläpp av rökgaserna kan förekomma.

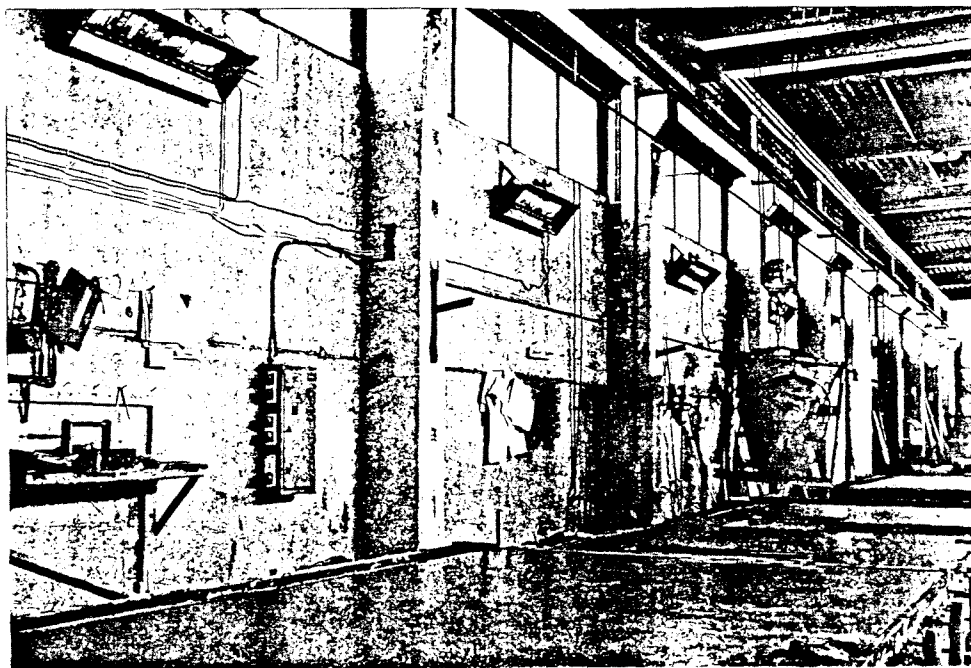
Livsmedelsindustrin: Vid svinslakt används gasen direkt vid svedning. Även vid uppvärmning av skållvatten kan direktutsläpp komma i fråga.

Inom charkuteriindustrin finns många tillämpningar för gasanvändning. Gasen kan här användas direkt vid uppvärmning av spisar och kokgrytor. För slutjustering av fukthalten i bröd kan man inom bageribranschen använda sig av IR-strålare.

Textil- och läderindustrin: Många av de produkter som tillverkas inom denna industri går igenom varmvattenbad. Torkning och justering av fukthalt förekommer också. Vid dessa processer förekommer direktutsläpp av rökgaserna.

Byggindustrin: Murningsarbete under vintertid för- enklas om väggen värms. Med sin riktbara värmning är IR-strålare idealiska för detta ändamål. På marknaden finns därför mobila gasdrivna strålare som också kan användas vid betonggjutning. Naturgas

kan också användas för härdning av färdiggjutna betongdetaljer, som visas i figur 3.1.



Figur 3.1 Betonghärdning vid Kotkan sementtittuote, Kotka (20).

Inom byggbranschen används byggfläktar med direktutsläpp. Eftersom dessa även använder sig av recirkulerande luft rekommenderas att de bara används i större och ventilerade rum.

Glas- och glasvaruindustrin: Vid manuell tillverkning av glasföremål har glasblåsaren en mindre ugn vid sin arbetsstation. Sådana ugnar är oftast gaseldade och saknar rökgasutsug. Större gaseldade ugnar för smältning av glas är då försedda med avgaskanaler. Detta är dock främst betingat av att smältprocessen i sig avger ohälsosamma gaser.

Järn-, stål- och verkstadsindustrin: Då metallsmältan hålles i en skänk måste denna vara helt torr. Torkningen sker med en gas- eller oljeflamma.

IR-teknik är en teknik som börjat användas inom verkstadsindustrin. Detta då IR-strålare möjliggör betydligt högre värmetransport än vad konvektiva metoder gör. Tekniken passar därför utmärkt vid härdning och torkning av lack. Inom metall- och verkstadsindustri kan direktutsläpp även ske från öppna lågor. Dessa användes t ex vid härdning och värmning av gjutlådor.

4. IMMISSIONSNIVÅER I BOSTÄDER

Nedan refereras några av de forskningsrapporter som framkommit i litteratursökningen beskriven i kapitel 1.3. Materialet redovisas separat i detta kapitel då dessa luftkvalitetsmätningarna är utförda i hushåll med mer än en utsläppskälla från gasförbränning. De uppmätta immissionerna kan därför inte hänföras till en specifik gasförbränningsteknik.

1. Indoor air quality research (21)

Forskningsrapporten publicerades 1988 och redovisar Gas Research Institute's (GRI) forskningsinriktning vad gäller direktutsläpp samt resultat från några utförda forskningsprojekt.

Forskningsarbetet har inriktats på studier av dels inomhusklimatet generellt, dels de risker som människor utsätts för vid direktutsläpp.

Att studera inomhusklimatet har blivit en alltmer angelägen uppgift eftersom moderna hus byggs allt tätare och den "naturliga" ventilationen minskar. Risken med denna utveckling är att koncentrationerna av föroreningar i inomhusluften ökar. Studierna av hur inomhusklimatet påverkas av direkteldning har flera syften. En viktig uppgift har varit att ta fram vetenskapligt godtagbara data för hur gastillämpningar inomhus påverkar inomhusmiljön. Vidare har projektet syftat till en utveckling av kostnadseffektiva metoder för att minska emissionerna till acceptabla nivåer.

Forskningsarbetet har skett inom tre huvudområden:
Emissionsnivåer från olika källor, immissionsnivåer
i hushåll samt hälsoeffekter av emissionerna.

Vid undersökningen av hälsoeffekterna är det fram-
för allt NO₂ och CO som studerats.

Utförda mätningar

I forskningssammanställningen redovisas en del sam-
mandrag av resultat från utförda mätningar.
Vi har valt att i korthet presentera några av de
mest intressanta.

Den första mätserien avsåg mätning av de NO_x- och
CO-emissioner som uppstår vid förbränning i olika
typer av gasapparater i bostäder. Mätningarna
utfördes i laboratorium både på apparater av
självdragstyp och på sådana med forcerat drag.

Följande resultat erhöles:

<u>Källa</u>	<u>NO_x g/MJ</u>	<u>CO g/MJ</u>
Gasspis m rampbrännare	0,036-0,042	0,045-0,270
Gasugn	0,038-0,059	0,013-0,021
Pilotlåga	-	0,045-0,075
Lokalvärmare	0,001-0,040	0,016-0,071
Klädtorkare	0,022	0,076
Fotogenkamin	0,005-0,034	0,039-0,071

I en andra mätserie uppmättes NO_2 -halten i 500 statistiskt utvalda hem belägna i Boston för att utröna en typisk immissionsnivå.

Mätningar av NO_2 - halten utförda från en bostad med en gasvärmare redovisas i rapporten. NO_2 -halten mättes på två olika höjder, 15 respektive 210 cm över golvet i några olika rum.

Följande medelvärden erhöles:

	<u>NO_2-halt 15 cm över golvet (ppm)</u>	<u>NO_2-halt 210 cm över golvet (ppm)</u>
sovrums (med gasvärmare med direktutsläpp)	0,14	0,47
hall	0,05	0,28
vardagsrum	0,02	0,24
matsal	0,05	0,32

En motsvarande studie har utförts i Los Angeles och gav likartat resultat.

Vidare redovisas i rapporten bland annat korrelation mellan inomhuskoncentrationer och utomhuskoncentrationer av NO_x .

En hypotes framföres att även väggmaterialet kan påverka immissionsnivån. Försök har visat att reduktionshastigheten av NO_x genom olika material varierar kraftigt. Diffusionshastigheten är exempelvis åtta gånger högre genom en betongvägg än genom en spånplatta, varför ackumuleringen blir mindre i ett rum med betongväggar.

2. Gas Range/Oven Emission Impact Analysis (22)

Forskningsrapporten publicerades av GRI 1987.

Emissionsmätningar har utförts i 10 äldre hem i staten Wisconsin i USA. Halterna av NO_x , NO_2 och CO har uppmätts i olika rum. I rapporten redovisas mät- metoderna och mätresultaten detaljerat. För ett hem med s k normalutrustning (gasspis, gasugn och gasvärmare) redovisas följande koncentrationer:

NO_2 :	medelvärden	0,042-0,083 ppm
CO:	medelvärden	1 - 5 ppm (enstaka 9 ppm)
	dygnsvariation	1 - 15 ppm

Studien omfattar även mätningar av halterna NO, NO_2 , NO_x och CO i rökgaserna från gasspisar och ugnar av olika fabrikat. Mätserierna presenteras i sin helhet i rapporten. De uppmätta värdena låg inom följande intervall:

	<u>Spisar</u>	<u>Ugnar</u>
NO_x	50 - 100 ppm	50 - 150 ppm
CO	250 - 6500 ppm	25 - 1000 ppm

De största emissionerna uppmättes vid låglast. Inställningen av förinblandad luftmängd visade sig dålig i många fall. En justering av denna förblandning sänkte då emissionerna väsentligt.

3. Emissions From Residential Gas-Fired Appliances (23)

Forskningsrapporten publicerades av GRI 1985.

Denna rapport är en sammanställning av tidigare utförda undersökningar av emissioner från olika gaseldade utrustningar i bostäder. 200 utrustningar har undersökts däribland spisar, ugnar, lokalvärmare, värmare för vatten och ånga samt torkskåp.

70 % av de redovisade mätvärdena låg inom följande gränser:

	<u>NO_x g/MJ</u>	<u>CO g/MJ</u>
Spisar	0,033-0,057	0,014-0,072
Ugnar	0,033-0,057	0,005-0,067
Lokalvärmare av självdraftstyp	0,038-0,072	0,008-0,081
Vattenvärmare	0,038-0,033	0,008-0,033

5. TEKNIKER FÖR ATT MINSKA EMISSIONERNA VID NATURGASFÖRBRÄNNING

Då naturgasen förbränns bildas huvudsakligen koldioxid och vatten. Beroende på förbränningsförloppet bildas också en varierande mängd kolmonoxid och kväveoxider. Andelen kolmonoxid i rökgasen skall normalt ligga lågt eftersom en för hög andel tyder på dålig förbränning. Fel i installationen och förslitningar kan vara bakomliggande orsaker till allt för hög koncentration och därmed låg verkningsgrad.

Kvävet som bildar NO_x -emissioner kommer antingen från kvävet i förbränningsluften eller kväveföreningar i bränslet. Vid naturgaseldning är källan uteslutande förbränningsluft eftersom inga kväveföreningar förekommer i bränslet. Bildning av NO_x från kväve i förbränningsluften kan ske dels via Zeldovich reaktionsmekanismer (termiskt NO_x) eller via mekanismerna för prompt NO .

Naturgasen innehåller små mängder svavel som då gasen förbränns kan bilda svaveloxider. Till skillnad från andra fossila bränslen innehåller dock naturgasen endast marginella mängder svavel. Svaveloxidemissionerna är därför i praktiken försumbara.

Ett sätt att minimera immissionsvärdena är att sänka de skadliga utsläppen från förbränningen så långt som är tekniskt och ekonomiskt möjligt. Nedan beskrivs metoder härför.

5.1 Metoder och tekniker för att minska emissionerna vid direktutsläpp

En enkel metod för att minska utsläppet av föroreningar till en lokal är att installera punktutsug vid källan. På marknaden finns t ex avgassugar för IR-strålare. En vanlig köksfläkt kan ventilera bort en stor del av de emissioner en spis ger. Även en god allmänventilation kan sänka halterna i lokalen en hel del.

I vissa fall kan det vara svårt att sörja för en god ventilation. Vid en del tillämpningar kan extra ventilation till och med vara önskad. Detta gäller t ex CO₂-gödning och luftvärmeanläggningar. Här kan således immissionsminskning endast åstadkommas genom en emissionsminskning.

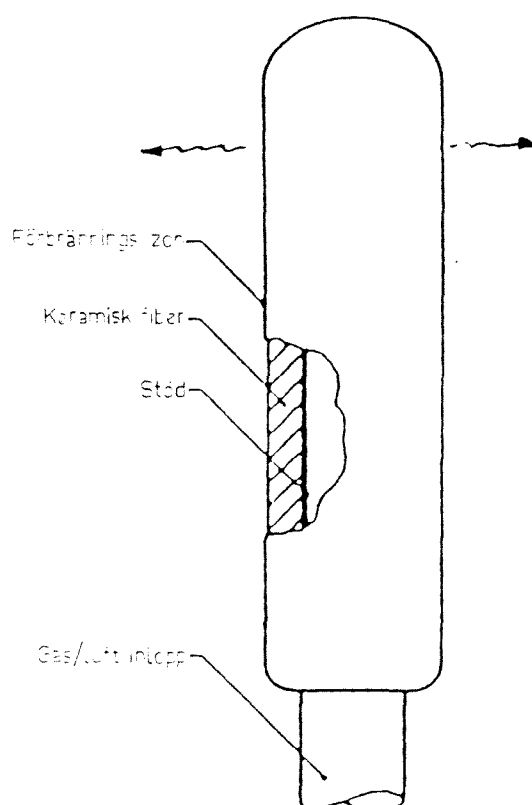
Det mesta arbetet på det här området läggs i dag ner på att begränsa kväveoxidbildningen. En kväveoxidbegränsning kan därför antingen ske genom en minskning av mängden kväve i förbränningen eller genom en sänkning av förbränningstemperaturen.

Då det är dyrt att avskilja kvävet från förbränningsluften baseras de flesta kommersiella NO_x-reducerande teknikerna på en sänkning av förbränningstemperaturen.

På marknaden finns i dag ett antal olika låg-NO_x-brännare vilka sålunda arbetar med en lägre förbränningstemperatur. Några av dem som kan användas vid direktutsläpp beskrivs nedan.

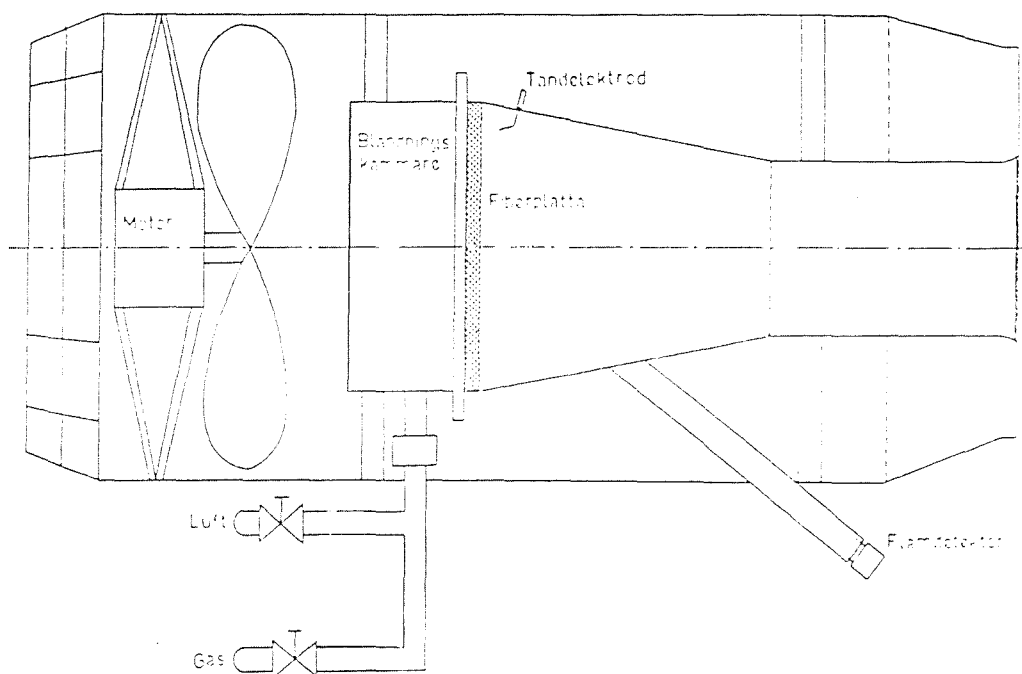
Fiberbrännare: I denna brännartyp förblandas kall gas och luft vartefter blandningen passerar ett poröst fibermaterial. Förbränningen kommer då att ske utan någon egentlig flamma i det yttre fiberlagret. Eftersom den kalla luftgasblandningen som strömmar till från insidan kontinuerligt kyler brännaren kommer förbränningen att ske vid maximalt ca 1 000°C. Värmeavgången från denna brännartyp sker med strålning och med de varma rökgaserna.

Kommersiellt finner man denna brännartyp bland annat i de röda IR-strålarna. För andra applikationer finns också fiberstavbrännare, se fig 5.1.



Figur 5.1 Uppbyggnaden av en fiberstavbrännare (10).

Fiberbrännare kan också användas vid CO_2 -gödning. I de försök som utförts har man lyckats få ner NO_x -emissionen till nära en tiondel av vad en konventionell brännare ger. Detta avspeglas i resultat redovisade i kapitel 2.1. Här var medelvärdet för de maximala immissionerna av NO 1,41 ppm i de fyra växthusen med konventionell brännare och 0,20 ppm för låg- NO_x -brännare. För NO_2 var den maximala halten 0,52 ppm med konventionell brännare och 0,11 ppm med låg- NO_x -brännare. En konstruktion med fiberplatta visas i figur 5.2

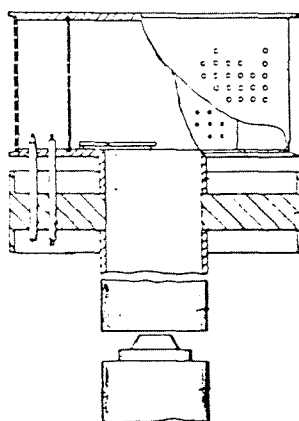


Figur 5.2 Aggregat för CO_2 -gödning med fiberbrännare i form av en platta (13).

Katalytiska brännare: Brännartypen är till det yttre mycket lik fiberbrännaren. Även i denna brännare passerar gas-luftblandningen ett poröst material, vars yta är belagd med ett katalytiskt material. Katalysatorn inverkar på förbränningsförloppet så att temperaturen kan hållas så låg som 300-400°C. Vid denna låga temperatur bildas endast en mindre mängd NO_x . Storleken på NO_x -reduktionen har vi dock inga uppgifter på.

Kommersiellt används dessa brännare bland annat i de katalytiska IR-strålarna, men de förekommer även som vanliga brännare.

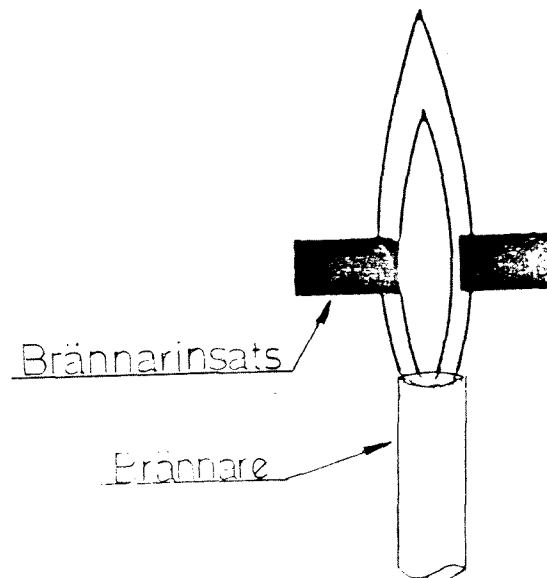
Termomaxbrännare: Genom en bättre förblandning med all förbränningsluft (10-50% luftöverskott) undviks lokala temperaturtoppar i flammen. NO_x -bildningen kan på detta sätt sänkas med upp till 90 % jämfört med en ordinär atmosfärsbrännare. Efter denna princip har Ruhrgas utvecklat den så kallad Termomax-brännaren.



Figur 5.3 Thermomaxbrännare med infraröd flamma, avsedd som låg- NO_x -brännare för gasspisar (18).

Termomaxbrännaren används bl a till gasspisar som visas i figur 5.3. I denna tillämpning kan NO_x -emissionerna sänkas till under en tredjedel mot vad en konventionell spis avger.

Brännarinsats: Som alternativ till en ny låg- NO_x -brännare kan man använda en brännarinsats till befintlig brännare. Se figur 5.4.



Figur 5.4 Principen för brännarinsats vid atmosfärisk brännare (10).

Insatsen är av stål eller keramik och genom sin placering mitt i lågan sjunker temperaturen varvid NO_x -bildningen hämmas.

6. HÄLSORISKER AV OCH BESTÄMMELSER FÖR DIREKTUTSLÄPP

6.1 Föroreningarnas inverkan på människan

I naturgassammanhang är det i första hand hälsofaran från CO, CO₂ och NO_x som bör diskuteras. Detta mot bakgrund av att det främst är dessa ämnen som kan uppnå hälsofarliga koncentrationer i inomhusluften.

Kolmonoxid: Vid inandning av kolmonoxid binds molekylerna vid blodets hemoglobin. Detta är en stark bindning varför blodets syresättning hämmas. Blir därför kolmonoxidhalten för hög i andningsluften finns risk för otillräcklig syreupptagning med inre kvävning som följd. Kolmonoxid finns även naturligt i luft och är inte hälsovådligt i lägre koncentrationer. Även vid akut förgiftning från en kortare exponering brukar kroppen kunna återhämta sig utan några bestående skador.

Koldioxid: Detta är en gas som bildas naturligt i den mänskliga metabolismen. Det är också koldioxidhalten i blodet som styr andningsfrekvensen. Koldioxid är inte giftigt i normal bemärkelse men kan utgöra en hälsofara om dess koncentration i andningsluften blir så hög att syrets partialtryck sjunker för mycket. Om så sker kan den exponerade personen kvävas av syrebrist. För att detta skall inträffa krävs dock en hög koncentration.

Kväveoxider: Kväveoxider är de gaser som utgör den största potentiella hälsofaran vid direktanvändning av naturgas. Får kväveoxid reagera med vatten bildas salpetersyra som slutprodukt. Vattenlösligheten hos NO_x är dock svag varför syrabildning kan ske långt ner i luftvägarna om gasen finns i andningsluften. Vid höga koncentrationer är gasen dödlig men även lägre halter kan ge hälsopåverkan. Vid en långvarig exponering för låga halter kan kväveoxiderna ge upphov till kroniska besvär i luftvägarna.

6.2 Bestämmelser och praxis beträffande direktutsläpp

För arbetsmiljön har de flesta länder gränsvärden för högsta tillåtna koncentration av kemiska ämnen i andningsluften.

För bostäder, s k inomhusmiljö, och utomhusmiljö finns till skillnad från arbetsmiljön inga hygieniska gränsvärden. Här finns i stället rekommenderade riktlinjer för föroreningskoncentrationer i luften. Dessa riktlinjer innehåller gränser som är lägre än de yrkeshygieniska gränsvärdena.

Utöver gränsvärden för immissioner finns i ett antal länder en regel som säger att man skall välja process och teknisk anordning så att minsta möjliga mängd luftföroreningar uppkommer.

Vid genomgång av hur myndigheterna i olika länder ser på direktutsläpp visar det sig att speciella regler rörande detta område ofta saknas. För gasinstallationer som sådana finns det vanligen regler som bestämmer hur gasapparat överlag får kopplas in. Dessa bestämmelser är då framför allt framtagna i brandskyddssyfte.

6.2.1 Norden

Danmark

I Danmark tillåts generellt inte direktutsläpp. Anledningen är att myndigheterna inte tror att koncentrationerna av förbränningsprodukter kan hållas under de hygieniska gränsvärdena med konventionell teknik. Myndigheterna har dock på senare tid ställt sig positiva till försök med CO₂-gödning med låg-NO_x-brännare.

De hygieniska gränsvärdena för arbetsmiljön är i Danmark:

CO	35 ppm
CO ₂	5000 ppm
NO ₂	3 ppm
NO	25 ppm

För utomhusmiljön tillämpas i Danmark EG:s normer, vilket innebär för:

NO₂ 200 µg/m³ (1 timmesmedelvärde)

För inomhusmiljö finns inga riktvärden. Man har dock försökt att ta fram sådana men har problem med att anpassa dem till EG:s gemensamma politik.

Finland

I Finland är synen på direktutsläpp inte så restriktiv. Detta har bl a inneburit att man har börjat använda CO₂-gödning. Det finns även installationer med make-up-air-anläggningar om än i mycket begränsad omfattning. I Finland gäller följande gränsvärden för arbetsmiljöluft för 8 timmars exponering per dygn:

CO	30 ppm
CO ₂	5000 ppm
NO ₂	3 ppm

För utomhusmiljö finns endast riktvärden. De anges dels som dygnsmedelvärde dels som timmedelvärde.

	<u>dygnsmedelvärde</u>	<u>timmedelvärde</u>
CO	10	30 mg/m ³
NO ₂	150	500 µg/m ³

För inomhusluft sägs att koncentrationerna bör understiga utomhusriktvärdena. Hur mycket under sägs dock inte.

Norge

I Norge finns inga speciella regler rörande direktutsläpp från naturgasförbränning, kanske beroende på att direktutsläpp är mycket ovanliga. De regler som därför blir bestämmande är de yrkeshygieniska gränsvärdena. För en åttatimmars arbetsdag är dessa gränsvärden:

CO	35 ppm
CO ₂	5000 ppm
NO ₂	2 ppm
NO	25 ppm

Några riktvärden för utomhusluft finns inte i Norge men följande förslag är framlagt

CO	25 mg/m ³ (1 h),	10 mg/m ³ (8 h)
NO ₂	150-350 µg/m ³ (1 h),	100-150 µg/m ³ (24 h)

För inomhusmiljön finns inga riktvärden. En utredning för att ta fram sådana värden är dock i arbete. Huruvida dessa nivåer skall ha karaktären av riktvärden eller tvingande gränsvärde är ej fastställt.

Sverige

För arbetsmiljöluften gäller i Sverige följande nivågränsvärden (8 h):

CO	35 ppm
CO ₂	5000 ppm
NO ₂	2 ppm
NO	25 ppm

Av intresse i detta sammanhang är också § 3 i Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse om åtgärder mot luftföroreningar (AFS 1980:11), som beskriver hur arbete skall planläggas och ordnas så att luftföroreningar på arbetsplatsen blir så små som möjligt eller inte uppkommer alls. I kungörelsetexten anges ett antal förebyggande åtgärder mot luftföroreningar och i vilken ordning dessa åtgärder skall till-

gripas. Den första åtgärden är här att ett ämne, arbete, process eller teknisk anordning väljs och utformas så att minsta möjliga mängd luftföroreningar uppkommer.

I Sverige finns inga hygieniska gränsvärden för uteluft. Statens naturvårdsverk har dock gett ut riktvärden, dessa anges som dygnsmedelvärden:

CO	10 mg/m ³
NO ₂	190 µg/m ³

Det finns i Sverige inte några riktlinjer för inomhusmiljön.

6.2.2 Övriga länder

Trots att de yrkeshygieniska gränsvärdena i ett antal länder utanför Norden är någorlunda lika varierar synen på direktutsläpp. Holland är ett av de länder som har en regel om krav på minimering av föroreningar i arbetsluft, men har trots det en mycket utbredd CO₂-gödning med direktutsläpp.

Exempel på några gränsvärden för arbetsmiljön ges i tabellen nedan:

	CO ppm	CO ₂ ppm	NO ₂ ppm
Holland	25	5000	2
USA	50	5000	5
England	50	5000	3

Det högsta tillåtna gränsvärdet för kväveoxider inomhus är något som man även utomlands har börjat diskutera.

I Australien har detta lett till ett förslag till maximal koncentration av NO_2 i inomhusluft vid så låg nivå som 0,1 ppm. Detta har dock mött häftig kritik från gasbranschen som anser att det inte finns några hållbara vetenskapliga belägg för en eventuell hälsofara vid så låga koncentrationer.

I våra undersökningar har vi endast funnit ett land som har ett gällande gränsvärde för NO_2 i inomhusluft och det är Canada. Gränsvärdet är satt till 0,25 ppm som timmedelvärde.

Inom EG har man tagit fram gemensamma normer för NO_2 i utomhusmiljö. Dessa består dels av ett gränsvärde som alla medlemsländer skall tillämpa, och dels av ett rekommenderat riktvärde som länderna själva kan införa inom specificerade zoner. De olika medlemsländerna har dock rätt att individuellt införa strängare regler.

Beroende på hur föroreningssituationen är idag ger direktiven möjlighet att långsamt komma ner till de uppsatta gränsvärdena. Dock skall dessa dock innehållas senast i jan 1994.

Gränsvärdet är för NO_2 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som ett timsmedelvärde. För riktvärdet gäller två regler, dels bör 50 % av proven under året ligga under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och dels bör 98 % av dem uppvisa koncentrationer under $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dessa normer skall vara införda i alla medlemsländer sedan 1987. Medlemsländerna har dock tiden fram till 1994 på sig att se till att reglerna efterlevs.

6.2.3 Sammanfattande jämförelse av hygieniska gränsvärden i olika länder

Vid framtagningen av de hygieniska gränsvärdena utgår man bland annat från resultat från den medicinska forskningen. Dessa resultat är oftast internationellt spridda och accepterade.

Olika länders arbetsskyddsmyndigheter sneglar på varandras regler vilket gör att de hygieniska gränsvärdena ofta är ganska lika mellan länderna. Detta kan också ses i tabellen nedan:

	CO ppm	CO ₂ ppm	NO ₂ ppm
Danmark	35	5000	3
Finland	30	5000	3
Norge	35	5000	2
Sverige	35	5000	2
Holland	25	5000	2
USA	50	5000	5
England	50	5000	3

Inom EG finns ingen gemensam norm för arbetsmiljön vilket framgår av tabellen ovan.

7. SLUTSATS

Direktanvändning av naturgas i lokaler och processer kan ha flera fördelar framför indirekt användning, t ex

- högre verkningsgrad
- lägre kostnader
- förbättrat inomhusklimat i vissa avseenden

Direktanvändning är ofta förknippad med direktutsläpp av avgaserna i lokaler där människor vistas eller kan vistas. Utförda mätningar av framför allt NO_x visar emellertid på föroreningsnivåer som vanligen ligger långt under de hygieniska gränsvärdena.

Som exempel kan pekas på tidigare refererade danska växthus med CO_2 -gödsling med avgaser från låg NO_x -brännare. NO_2 -halten uppgick till maximalt 0,11 ppm, vilket kan jämföras med det svenska gränsvärdet på 2 ppm. Värdet på NO uppgick till 0,2 ppm vilket skall jämföras med gränsvärdet 25 ppm.

8. REFERENSER

1. Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfaere. Direktoratet for arbeidstilsynet. Norge, 1985.
2. Industriell naturgasteknik, STU rapport nr 702, 1988.
3. Naturgasteknisk forskning, Statens energiverk, 1988:6.
4. Hygieniska gränsvärden, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling, 1987:2.
5. Naturgas - Hälsa - Miljö, Vattenfall 1984.
6. M. Johansson, Å. Jansson, IR-strålare för industriellt bruk, Värmeforsk, 1988.
7. Måling af kvaelstofilter i køkkener med gaskomfur. Byggestyrelsen, Danmark, 1988.
8. Suora ilmalämitys maakaasulla (Direktuppvärmning med naturgas), Neste OY, 1988.
9. Air contaminants - Permissible exposure limits, U.S. Department of labor, 1989.
10. I. Gunnarsson, Teknik för låga kväveemissioner vid naturgasförbränning, Swedegas FUD, 1987.

11. M. Näslund, Utvecklingslinjer inom den tillämpade naturgasforskningen, Värmeforsk, 1984.
12. L. Bernhardsen, G. Fermbäck, Effektiv användning av naturgas i trädgårdsnäringen, Swedgas FUD 1988.
13. Direkte CO₂-generator till erhvervsgartnerier, DGC-rapport, 1989.
14. NO_x, CO₂, CO og C_xH_y målinger i naturgasfyret væksthuse, Teknologisk institut, 1989.
15. Submission to NH & MRC guidelines for oxides of nitrogen, Australian gas association 1988.
16. N.I. Sax, R.J. Lewis sr, Dangerous properties of industrial materials, 7:e upplagan, New York, 1984.
17. P. Mattson, Direkt lokaluppvärmning med naturgas. NGC-konferens, Stockholm 22-23 maj, 1989.
18. J.K. Nielsen, Miljøproblemer ved gaskomfurer, DGC-rapport, 1989.
19. Kvaelstofilter i CO₂-berigede væksthuse, Gartner Tidende, Nr 47, 1987.
20. Diverse reklambroschyrer från tillverkare.
21. Anon, Indoor air quality research, GRI (Gas Research Institute) PB88-206768, 1988.

22. Dames and Moore, Madison, WI. Gas Range/Oven Emission Impact Analysis, July 1985-December 1987, PB88-245857 GRI.
23. J.T. Cole and T.S. Zawacki. Emissions from Residential Gas-fired Appliances. GRI PG85-174928 FEB 85.

UJE.010

Icke utnyttjat material från specificerad sökning

- o Anon.
Statutory ordinance concerning the revision of the first, and amendment of the fourth, ordinance on the implementations of the federal act on air pollution control.
Bundesrat - Drucksache (1988) s 1-51.
- o Schade H, Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost.
Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen (1987).
- o Beckervordersandforth C.P., Lueth E.
State of development and trends in industrial gas utilizations.
GWF Gas-Erdgas 10/11 (1986) s 482-496.
- o Beckervordersandforth C.P.
NO_x emissions by industrial furnaces in metal and ceramic industry.
Erdoel kohle, erdgas, petrochem 8 (1987).
S. 361-362
- o Hartnett, K.
Utility sponsored indoor air quality studies - Do we really need a doctor in the house.
American Gas Association: Distribution/transmission conference Chicago, IL, USA (April 1986).

- o Rietveld F.A.
Industrial gas burners. 3. Nitrogen oxides,
Gas, 2 (1987). S. 206-216.
- o Holle, T.
Application of natural gas for steam produc-
tion in a brewery and in furnaces of an alu-
minium foundry.
Betriebstechnik 27 (1986) s 78-83.
- o Gotterba, J.A. et al
High efficiency commercial-size warm air
furnace using the Alzeta pyrocore burner.
Proceedings of the seventh annual energy
seminar (1985) s 27-43.
- o Billick, I.H.
Indoor air quality research related to
unvented space convective heaters.
Refrigerating and Air-Conditioning Engineers'
semi annual meeting.
Conference American Society of Heating semi
annual meeting (1985).
- o Shukla, K.C., Hurley, J.R., Grimanis, M.
Development of an efficient, low-NO_x domestic
gas-range cooktop.
Thermo Electron Corp., Watham USA (1985).
- o O'Sullivan, S.
Gas ranges: latest indoor pollution target
Butane-Propane News. 13 (1981) s 23-27.

- o Anon.
It pays to be direct.
Heat. Air Cond. Journal 50 (1980) s 24, 26.
- o De Werth, D.W.
Pollutant emissions from domestic gas-fired appliance.
3rd Conference on natural gas research and technology (1974).
- o Kalika, P.W., Brockman, G.T.
Measuring the environmental impact of domestic gas-fired heating systems.
3rd Conference on natural gas research and technology (1974).
- o de Gram, F.J.
Study to improve the efficiency of drying processes Gas Wärme Int. 9 (1987) s 484-488.
- o Behnke, H.
Industrial water heating: Example Hamburg Gas. 2 (1988). S. 10-15
- o Andreini, P.
Regulations and standards for smoke exhaust systems in heating systems fed by liquid and solid fuel.
Termotecnica 1 (1988). S. 137-139.
- o Lepinski, J.A.
Gas-based direct reduction in United States, Symposium on natural gas use in the production of Virgin Iron Units (1986).

- o William, S., Koch, G.S.
Competitive position of natural gas: Central thermal fluid systems for plastics curing and forming: Topical report GRI 87/0106 (1987).
- o Kämper, J., Lommerzheim, W.
Felduntersuchung über die NO_x- und CO-Emissionen von Haushaltsgeräten bei Betrieb mit Erdgas.
Gas. Erdgas 129 (1988) S 71 ff.

Kontaktade myndigheter och institutioner

- o Canadian Gas Association, Canada
- o Gaz de France, Frankrike
- o Gas Research Institute (GRI), USA
- o British Gas, England
- o The British Standards Institute, England
- o VEG-Gas Instituut, Holland
- o Arbetarskyddsstyrelsen, Finland
- o Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung,
Västtyskland
- o Institut national de recherche et de sécurité,
Frankrike
- o The assistant secretary for occupational
safety and health administration, USA
- o Administration de l'hygiene et de la médecine
du travail, Belgien
- o Ministry of labour, Japan
- o Direktoraht generaal van de arbeid, Holland
- o Direktoratet for arbeidstillsynet, Norge
- o Direktoratet for arbejdstilsynet, Danmark

- o Arbeidsinspectie, Holland
- o Direction des relations du travail, Frankrike
- o Health and safety commission, England
- o Neste Oy, Finland
- o NGC, Danmark
- o DGC, Danmark

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.