

Förstudie IR-värmning Forbo-Forshaga

SWEDEGAS AB

Förstudie IR-värmning

Forbo - Forshaga

41-2730-02

Göteborg 1989-04-20

VIK AB
Svea 100
S-411 01
Göteborg



SAMMANFATTNING

VIAK AB har på uppdrag av Swedegas AB gjort en förstudie vid Forbo-Forshaga i Göteborg för att utröna förutsättningar och förtjänster vid övergång till gaseldade infrarödstrålare i deras processutrustning. Projektet ingår i Swedegas FUD-verksamhet under 1988.

Förstudien visar att gas-IR-tekniken kan ersätta och komplettera de flesta av dagens varmluftsugnar och elektriska IR-ugnar. Ett utbyte av någon av de större ugnarna är dock inte aktuellt i dagsläget men kan bli intressant inom 3-5 år beroende på utvecklingen av underhållskostnader, platsbehov och elpris kontra gaspris.

Under mellanperioden föreslås att man installerar en eller flera mindre gas-IR-anläggningar för att lära sig tekniken och dess för- och nackdelar.

En utförd testkörning vid Forbo-Forshagas pilotlinje visar att naturgaseldade IR-strålare mycket väl kan användas i tillverkningsprocessen. Man bör dock ägna viss uppmärksamhet åt gas-IR-strålarens höga yteffekt och avsvälningstiden.

Från VIAK AB i Göteborg har deltagit Thomas Andersson och Anders Eriksson samt från Forbo-Forshaga VD Bengt-Åke Berg, prod.chef Lasse Ryde. Projektledare på Swedegas var Thomas Carlqvist.

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G

- 0 SAMMANFATTNING

- 1. INLEDNING
 - 1.1 Bakgrund
 - 1.2 Syfte

- 2. NUVARANDE PROCESS
 - 2.1 Tillverkning av plastlaminat
 - 2.2 Varmluftugnar gas, hetolja
 - 2.3 Elektriska IR-ugnar
 - 2.4 Hetoljetrummor

- 3. ERSÄTTNING MED GAS-IR
 - 3.1 Allmän beskrivning av gas-IR
 - 3.2 Ersättning med gas-IR vid gelatinering, hårdgöring, torkning
 - 3.3 Ersättning med gas-IR vid jäsning i ugnar
 - 3.4 Ersättning med gas-IR vid hetoljetrumma
 - 3.5 Ersättning med gas-IR vid lack- och limtorkning
 - 3.6 Ersättning med gas-IR vid prägling

- 4. PROCESSREGLERING
 - 4.1 Effektreglering
 - 4.2 Säkerhet

- 5. TESTKÖRNING
 - 5.1 Beskrivning av Solaronic:s testramp
 - 5.2 Uppläggning av testkörning
 - 5.3 Testresultat
 - 5.4 Slutsatser

- 6. FÖRSLAG PÅ DEMO-ANLÄGGNINGAR

- 7. FIGURBILAGA

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Naturgasintroduktionen pågår nu i Sverige och i första hand som ersättning för olja i pannanläggningar. Naturgas har emellertid många förbränningstekniska fördelar jämfört med olja som t.ex. renhet, lätt att transportera i rörsystem, ett redan förgasat bränsle o.s.v., vilket medför att naturgas har många användningsområden som kanske inte är så välkända för svenska förhållanden.

Swedegas har därför som uppgift att genom sin FUD-verksamhet söka sprida kunskaperna och införandet av effektiv och miljövänlig naturgasteknik.

1.2 Syfte

Swedegas har gett VIAK AB i uppdrag att studera förutsättningar och möjligheter att använda gas-IR-teknik vid två företag i Göteborg, Forbo-Forshaga och SCA Emballage. Det senare behandlas i en separat delrapport.

Uppdraget ingår i Swedegas FUD-verksamhet under 1988 och syftar till att kartlägga befintlig process och presentera de förutsättningar som gäller för en eventuell gas-IR-installation, samt ha karaktären av förstudie och utgöra beslutsunderlag för Forbo-Forshaga att genomföra ett demonstrationsprojekt tillsammans med Swedegas för gas-IR-teknik.

2. NUVARANDE PROCESS

2.1 Tillverkning av plastlaminat

Forbo-Forshaga tillverkar olika typer av plastmattor vid sin anläggning i Sisjön i södra Göteborg. Forbo-Forshaga ingår i Forbo-gruppen med säte i Zürich. Forbo-gruppen har ett 30-tal anläggningar runt om i Europa. Ungefär hälften av Forbo-Forshagas produktion går på export. Produktionen är uppdelad på 4 linjer.

- Linje 1 - Novilon, en tryckt och skummad matta.
- Linje 2 - Våtrumsmattor, homogena.
- Linje 3 och 4 - Tillverkning av plattor.

Vid tillverkningen utgår man från en bärare (matta) av mineralull eller glasfiber. Bäraren påföres mjukgjord PVC, olika lacker, m.m. och genomgår olika värmebehandlingssteg som t.ex. jäsning, gelatinering och lacktorkning. För närvarande sker den mesta värmebehandlingen i naturgaseldade varmluftsugnar. Under de senaste tre åren har även installerats elektriska IR-ugnar i samband med ombyggnader. De elektriska IR-lamporna i ugnarna är av mellanvågstyp och av fabrikat Heraeus. Därtill kommer vissa behandlingssteg där man använder sig av en hetoljevärmd trumma för att få en slät yta.

2.2 Varmluftsugnar

Varmluftsugnar med naturgaseldade brännare finns installerade på linje 1, 2 och 4.

Linje 1

o 1 st ugn för gelatinering.

Längd ca 15 m och med en total installerad effekt på

4 x 233 kW = 932 kW.

2. NUVARANDE PROCESS

2.1 Tillverkning av plastlaminat

Forbo-Forshaga tillverkar olika typer av plastmattor vid sin anläggning i Sisjön i södra Göteborg. Forbo-Forshaga ingår i Forbo-gruppen med säte i Zürich. Forbo-gruppen har ett 30-tal anläggningar runt om i Europa. Ungefär hälften av Forbo-Forshagas produktion går på export. Produktionen är uppdelad på 4 linjer.

- | | |
|---------------|---|
| Linje 1 | - Novilon, en tryckt och skummad matta. |
| Linje 2 | - Våtrumsmattor, homogena. |
| Linje 3 och 4 | - Tillverkning av plattor. |

Vid tillverkningen utgår man från en bärare (matta) av mineralull eller glasfiber. Bäraren påföres mjukgjord PVC, olika lacker, m.m. och genomgår olika värmebehandlingssteg som t.ex. jäsning, gelatinering och lacktorkning. För närvarande sker den mesta värmebehandlingen i naturgaseldade varmluftsugnar. Under de senaste tre åren har även installerats elektriska IR-ugnar i samband med ombyggnader. De elektriska IR-lamporna i ugnarna är av mellanvågstyp och av fabrikat Heraeus. Därtill kommer vissa behandlingssteg där man använder sig av en hetoljevärmd trumma för att få en slät yta.

2.2 Varmluftsugnar

Varmluftsugnar med naturgaseldade brännare finns installerade på linje 1, 2 och 4.

Linje 1

o 1 st ugn för gelatinering.

Längd ca 15 m och med en total installerad effekt på

4 x 233 kW = 932 kW.

2. NUVARANDE PROCESS

2.1 Tillverkning av plastlaminat

Forbo-Forshaga tillverkar olika typer av plastmattor vid sin anläggning i Sisjön i södra Göteborg. Forbo-Forshaga ingår i Forbo-gruppen med säte i Zürich. Forbo-gruppen har ett 30-tal anläggningar runt om i Europa. Ungefär hälften av Forbo-Forshagas produktion går på export. Produktionen är uppdelad på 4 linjer.

- | | |
|---------------|---|
| Linje 1 | - Novilon, en tryckt och skummad matta. |
| Linje 2 | - Våtrumsmattor, homogena. |
| Linje 3 och 4 | - Tillverkning av plattor. |

Vid tillverkningen utgår man från en bärare (matta) av mineralull eller glasfiber. Bäraren påföres mjukgjord PVC, olika lacker, m.m. och genomgår olika värmebehandlingssteg som t.ex. jäsning, gelatinering och lacktorkning. För närvarande sker den mesta värmebehandlingen i naturgaseldade varmluftsugnar. Under de senaste tre åren har även installerats elektriska IR-ugnar i samband med ombyggnader. De elektriska IR-lamporna i ugnarna är av mellanvågstyp och av fabrikat Heraeus. Därtill kommer vissa behandlingssteg där man använder sig av en hetoljevärmd trumma för att få en slät yta.

2.2 Varmluftsugnar

Varmluftsugnar med naturgaseldade brännare finns installerade på linje 1, 2 och 4.

Linje 1

o 1 st ugn för gelatinering.

Längd ca 15 m och med en total installerad effekt på

4 x 233 kW = 932 kW.

- o 1 st ugn för slutjäsning.

Längd ca 30 m och med en total installerad effekt på
8 x 233 kW = 1.864 kW.

Linje 2

- o 1 st ugn för slutjäsning.

Längd ca 15 m och med en total effekt på 4 x 233 kW = 932 kW.

Linje 4

- o 1 st ugn, tryckning, torkning.

En total effekt på 5 x 360 kW = 1.800 kW.

- o 1 st ugn för jäsning.

En total effekt på 3 x 233 kW = 699 kW.

Samtliga varmluftsugnar är relativt gamla och kan inom en fem-årsperiod bli föremål för utbyte p.g.a. bland annat stora underhållskostnader. Ett annat skäl är att varmluftsugnarna tar stor plats och vid varje ombyggnad/nybyggnad måste man eftersträva kompakta enheter då man inte har möjlighet att förlänga lokalen, där produktionslinjerna finns.

Ett skäl som talar för varmluftsugnar är deras goda förmåga att skapa en jämn jäsning.

Utöver direkt uppvärmning med naturgas i varmluftugnarna används även hetolja som värmemedium. I linje 3 förekommer denna lösning.

2.3 Elektriska IR-ugnar

Två typer av IR-lampor används, dels mellanvågslampor av fabrikat Heraeus med strålningstemperatur 800° C motsvarande våglängd ca 2,7 my, dels kortvågslampor av fabrikat Philips med strålningstemperatur 2.400° C motsvarande våglängd ca 1,1 my.

Linje 1

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 6 m.
Installerad IR-effekt 200 kW.
Installerad konvektionseffekt 81 kW.

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 9 m.
Installerad IR-effekt 300 kW.
Installerad konvektionseffekt 108 kW.

Linje 2

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 9 m.
Installerad IR-effekt 195 kW.
Installerad konvektionseffekt 108 kW.

- o 1 st IR-ramp före hetoljetrumma, kortvåg.
Installerad IR-effekt 49,5 kW.

- o 4 st IR-ramper vid tryckeri, kortvåg.
Installerad IR-effekt 4 x 165 kW.

Dessutom finns på linje 2 en mindre IR-installation på uppskattningsvis 2 x 25 kW, där man önskar mjuka upp ytan före en präglingsrulle som ger ytan struktur.

2.4 Hetoljetrummor

I syfte att skapa en hård och slät yta låter man gelatineringsprocessen äga rum över en hetoljetrumma. Yttemperaturen på trumman ligger på ca 140° C. Temperaturen på produkten höjs från ca 20° C till 120° C. Hetoljetrummor finns installerade på linje 2 och 3.

- o 1 st ugn för slutjäsning.

Längd ca 30 m och med en total installerad effekt på
8 x 233 kW = 1.864 kW.

Linje 2

- o 1 st ugn för slutjäsning.

Längd ca 15 m och med en total effekt på 4 x 233 kW = 932 kW.

Linje 4

- o 1 st ugn, tryckning, torkning.

En total effekt på 5 x 360 kW = 1.800 kW.

- o 1 st ugn för jäsning.

En total effekt på 3 x 233 kW = 699 kW.

Samtliga varmluftsugnar är relativt gamla och kan inom en fem-årsperiod bli föremål för utbyte p.g.a. bland annat stora underhållskostnader. Ett annat skäl är att varmluftsugnarna tar stor plats och vid varje ombyggnad/nybyggnad måste man eftersträva kompakta enheter då man inte har möjlighet att förlänga lokalen, där produktionslinjerna finns.

Ett skäl som talar för varmluftsugnar är deras goda förmåga att skapa en jämn jäsning.

Utöver direkt uppvärmning med naturgas i varmluftugnarna används även hetolja som värmemedium. I linje 3 förekommer denna lösning.

2.3 Elektriska IR-ugnar

Två typer av IR-lampor används, dels mellanvågslampor av fabrikat Heraeus med strålningstemperatur 800° C motsvarande våglängd ca 2,7 my, dels kortvågslampor av fabrikat Philips med strålningstemperatur 2.400° C motsvarande våglängd ca 1,1 my.

Linje 1

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 6 m.
Installerad IR-effekt 200 kW.
Installerad konvektionseffekt 81 kW.

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 9 m.
Installerad IR-effekt 300 kW.
Installerad konvektionseffekt 108 kW.

Linje 2

- o 1 st ugn för torkning, mellanvåg.
Längd ca 9 m.
Installerad IR-effekt 195 kW.
Installerad konvektionseffekt 108 kW.

- o 1 st IR-ramp före hetoljetrumma, kortvåg.
Installerad IR-effekt 49,5 kW.

- o 4 st IR-ramper vid tryckeri, kortvåg.
Installerad IR-effekt 4 x 165 kW.

Dessutom finns på linje 2 en mindre IR-installation på uppskattningsvis 2 x 25 kW, där man önskar mjuka upp ytan före en präglingsrulle som ger ytan struktur.

2.4 Hetoljetrummor

I syfte att skapa en hård och slät yta låter man gelatineringsprocessen äga rum över en hetoljetrumma. Yttemperaturen på trumman ligger på ca 140° C. Temperaturen på produkten höjs från ca 20° C till 120° C. Hetoljetrummor finns installerade på linje 2 och 3.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmaterialalets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

3. ERSÄTTNING MED GAS-IR

3.1 Allmän beskrivning av gas-IR

Våglängdsområdet för gaseldade infrarödstrålare ligger i området mellanvågig IR, d.v.s. 2-4 my (tusendels mm). Enligt Wiens förskjutningssats motsvaras det av en yttemperatur på 1.200° C-450° C. De flesta tekniska material har sitt spektrala absorptionsmaximum i intervallet 2-4 my. Vattenfilm 0,01 mm, t.ex. har ett absorptionsmaximum vid 3 my och ytterligare ett vid 6 my.

Från Stordy-Combustion har erhållits värden på absorptionsmax för vissa plaster t.ex:

ABS	3,2-3,6 my
Nylon	2,9-3,4 my
Polyeten	3,4-3,5 my
PVC	3,4-3,5 my

Avgiven effekt från en IR-strålare bestäms av

$$P = E \times C \times A \times T^4$$

P = avgiven effekt i watt

E = emissionstalet (temperaturberoende)

$$C = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

A = strålarens yta i m²

T = strålarens yttemperatur i K

Härav framgår att om för en given strålare yttemperaturen minskar från 1.150° C till 870° C, (vilket motsvarar Solaronic:s respektive Stordy), så minskar avgiven strålningseffekt med ungefär 60 %. Med andra ord för att bibehålla samma IR-effekt måste ytan ökas ca 2,5 gånger. En ökning av strålarens temperatur förskjuter dess emissionsmax åt vänster (se figur 4), d.v.s. allt mindre av den emitterade energin faller inom produktens (plastmateriallets) absorptionsområde. Det skall dock påpekas att all energi omvandlas ej till IR-energi. IR-verkningsgraden är 45-60 %.

Att välja strålningstemperatur blir således en kompromiss mellan högt absorptionstal för den bestrålade ytan (låg temperatur) och hög avgiven effekt per ytenhet (hög temperatur). Eftersträvas en kompakt enhet för montage i trånga utrymmen väljes företrädesvis hög temperatur. Önskas hög IR-verkningsgrad bör en lägre temperatur väljas.

IR-strålaren är oftast utförd i ett keramiskt material. En typ är i form av ett permeabelt block (exempelvis Solaronic:s), d.v.s. en keramisk platta perforerad med en mängd små hål, dia. 0,5-1,5 mm, där gas-luftblandningen passerar. Gasen tillförs i ett ejektormunstycke och suger med förbränningsluften från atmosfären eller via en fläkt.

Avgiven effekt är ca 170 kW/m^2 vid ca 1.150° C . Tid för uppvärmning/avsvälning är ca 30 sekunder, vilket är i längsta laget och kan innebära att man måste lyfta från strålaren vid driftstopp alternativt skärma av strålaren.

En annan typ av strålare (exempelvis Stordy-Marsden) är uppbyggd som en skiva bestående av hårt packade keramiska fibrer. Gas-luftblandningen strömmar igenom de håligheter/hålrum som finns i skivan och antänds på eller strax under ytan. Den termiska massan är mycket liten, varför uppvärmnings- och avsvälningstiderna är mycket korta, 3-5 sekunder. Avgiven effekt är ca 100 kW/m^2 vid 870° C . Förbränningsluften passerar ett venturirör där gasen ejekteras med. Förbränningsluften måste filtreras för att ej sätta igen fiberplattan.

3.2 Ersättning med gas-IR vid gelatineri- ng, hårdgöring, torkning

De processteg som används vid tillverkning av plastlaminat är i huvudsak gelatineri-
ng, hårdgöring, torkning samt jäsning som be-
handlas i kapitel 3.3.

Gelatineri-
ng, hårdgöring åstadkommes vid 150-190° C under en
viss tid. Hårdheten bestäms av temperatur och tid. För att und-
vika jäsning får temperaturen ej överskrida ca 200° C.

Torkning förekommer exempelvis vid torkning av lim eller lack.

Följande fem positioner har identifierats som potentiella gas-
IR-användare. För att mer exakt kunna bestämma storlek och ef-
fektbehov för en gas-IR-installation måste man göra testkör-
ningar. Eventuell konvertering bestäms av den äldre utrustning-
ens kondition samt naturgaspris kontra elpris.

Position 1

Linje 1, gaseldad varmluftsugn 15 m.

Produktens framsida värms från +25° C till 150-190° C under en
viss tid som bestäms av ugnens längd och banhastighet. Man får
en något hårdgjord produkt som ej klibbar och kan passera bryt-
valsar. Temperaturen uppåt begränsas av att jäsning ej får ske.

Ugnen är relativt gammal och tar stor plats. Eventuellt byte på-
verkas av underhållskostnad samt platsbehov vid eventuell fram-
tida tillbyggnad i fabriken.

Position 2

Linje 1, elektrisk IR-ugn 6 m.

Produktens framsida skall hårdgöras utan att jäsa.

Ugnen är bara några år gammal. Eventuellt byte påverkas av elpris kontra gaspris samt framtida eleffektbehov. Befintliga transformatorer är fullt utnyttjade.

Position 3

Linje 1, elektrisk IR-ugn 9 m.

Produktens baksida har bestrukits med mekaniskt skum som skall gelatineras och göras hård och seg utan att framsidan skadas. Motiv för byte, se pos. 2.

Position 4

Linje 2, elektrisk IR-ugn 9 m.

Produkten skall hårdgöras före lackering. Motiv för byte, se pos. 2.

Position 5

Linje 3, hetoljevärmd varmluftugn.

Torkning av vattenbaserat lim.

Ugnen är relativt gammal och tar stor plats. Eventuellt byte påverkas av underhållskostnad samt platsbehov vid eventuell framtida tillbyggnad i fabriken. Dessutom finns tankegångar att bygga bort hetoljesystemet, vilket hänger samman med hetoljetrummor, se kapitel 3.4.

3.3 Ersättning med gas-IR vid jäsning i ugnar

Jäsning sker i gaseldade varmluftugnar i linje 1 - 30 m, linje 2 - 15 m samt i linje 4. Jäsning sker vid en högre temperatur än gelatinering och äger rum vid ca 200° C. Jäsningen ger en porös produkt med svikt.

Man har högt ställda krav på en jämn jäsning både i tvärs- och maskinriktning. Ugnarna måste ha en god temperaturnoggrannhet och jämnhet. Ojämn jäsning ger tjockleksvariationer som ej kan tolereras.

Från Forshagas sida har man bedömt att jäsugnarna troligen är svårast att konvertera till gas-IR.

3.4 Ersättning med gas-IR vid hetoljetrumma

I linje 2 och linje 3 finns en hetoljetrumma som ett ingående processteg. Dess uppgift är att, dels skapa en slät yta, dels att hårdgöra produkten. Hetoljan värms i en hetoljepanna som eldas med naturgas. Hetolja används även i ett varmluftsbat-teri till en torkugn i linje 3.

Forshaga har uttryckt önskemål om att hitta ett annat sätt att värma trumman än hetolja, då ett hetoljesystem har ett relativt dyrt underhåll och är utrymmeskrävande. Man efterlyser ett sätt att värma trumman invändigt eller utvändigt med gaseldade IR-strålare. En lösning beskrivs i kapitel 5.2 och i figur 2.

3.5 Ersättning med gas-IR vid lock- och limtorkning

I linje 2 pålagges ett vattenbaserat baksideslack som för närvarande får torka fritt. Här finns önskemål om att utnyttja gas-IR-teknik för att förbättra torkningen av denna lack. Strax efter limpåläggningen finns tillräckligt med utrymme för att installera en gas-IR-ramp. Detta är en mycket lämplig position att pröva gas-IR-tekniken då det, dels är lätt att installera ut-
361.14.41.2730.01

rustningen och dels är möjligt att koppla bort den utan att störa driften.

3.6 Ersättning med gas-IR vid prägling

Idag utnyttjas el-IR i linje 2 för att mjuka upp produkten tillräckligt för att kunna prägla mönster (även kallad embossing). Denna position är lämplig för att pröva ny gas-IR-teknik i en lite mindre skala. Installerad el-IR-effekt 2 x 20 kW.

4. PROCESSREGLERING

4.1 Effektreglering

Befintlig el-IR-värme är steglöst varierbar med hjälp av tyristorstyrning. Genom att ställa in en viss hastighet erhålles en viss el-effekt enligt en förutbestämd kurva. På linje 1 finns 4 hastighetssteg och på linje 2 finns 10 hastighetssteg. Varje el-IR-ugn har dessutom en konvektionsdel som styrs via termostat.

Befintliga gas-ugnar värmeregleras via Pt-100-givare. Varje givare styr två brännare. Det finns fyra respektive åtta brännare per ugn.

Regleringen av en gaseldad IR-ramp kan tillgå på i princip två olika sätt. Se figur 1.

Typ Solaronics

Gasen tillförs genom ett ejektormunstycke där förbränningsluften sugas med i en blandningskammare. Förbränningsluften tillförs via fläkt. Effekten regleras genom strypning av förbränningsluften. En speciell blandningsventil på gasledningen reglerar rätt blandningsförhållande gas - luft. Gas- och luftflödena är separerade ända fram till ejektormunstycket strax före IR-rampen. Gasen tillförs med ett övertryck. Reglerområdet är 20-100 %.

Typ Stordy-Marsden

Gas tillförs ett venturirör vid ungefär atmosfärstryck och ejekteras med av förbränningsluften som tillförs via fläkt vid ett tryck av ca 70 mbar. Effekten regleras genom strypning av förbränningsluften. Rätt blandningsförhållande erhålles tack vare venturiröret. Gas/luftblandningen sker omedelbart före IR-rampen och gas/luftblandningens tryck strax före IR-rampen är ca 12 mbar. Reglerområdet är 35-100 %.

En viktig länk i reglersystemet är givarna. Kravet är att givaren skall mäta banans temperatur på ett riktigt sätt utan störningar.

Givaren kan vara en pyrometer som förser strålarens kapacitetsreglering med lämplig signal exempelvis 4-20 mA.

4.2 Säkerhet

Med anledning av att en gaseldad IR-strålare innebär öppna lågor bör säkerhetsfrågan beröras. Den strålade ytan har en maxtemperatur på 870-1.150° C beroende på fabrikat. IR-rampen befinner sig några centimeter från banan. Vid banstopp måste gastillförseln till strålaren brytas för att undvika antändning av pappret. En signal från en hastighetsvakt eller maskindriften stänger gasventilen.

Restvärmen i strålaren kan också ställa till en del problem. Hur snabbt strålningsytan kyls ner är beroende av fabrikat och typ av strålare. Solaronics använder sig av en keramisk platta med hål. En relativt stor del av plattan blir uppvärmd.

Detta innebär att avsvälningstiden blir längre, ca 30 sekunder. Det rekommenderas att rampen lyftes ifrån pappersbanan vid driftstopp alternativt att man för in en skiva mellan ramp och pappersbana. Stordy använder en platta uppbyggd av sammanpressad keramisk fiber. En mycket liten del blir uppvärmd och avsvälningstiden blir kortare, 3-5 sekunder. Frånlyft av IR-rampen är ej nödvändigt.

I övrigt kan nämnas att baksidan på rampen får en yttemperatur på ca 65° C under drift, varför någon akut fara för antändning av damm ej föreligger. En god städmoral rekommenderas ändock.

5. TESTKÖRNING

5.1 Beskrivning av Solaronic:s testramp

En testkörning ägde rum 15-16 december 1988 vid Forbo-Forshagas pilotlinje i deras laboratorium. I pilotlinjen kan olika processteg simuleras genom att olika skikt lägges på en bärare och värmebehandlas i en liten elektrisk IR-ugn på ca 12 kW, längd ca 2 m.

Solaronic:s testramp bestod av 2 rader med 5 emittorer av deras standardtyp, d.v.s. maxeffekt $10 \times 7 = 70$ kW. Effekttätheten blir 250 kW/m^2 för Solaronic:s gas-IR-strålare, vilket kan jämföras med ca 20 kW/m^2 för de befintliga elektriska IR-ugnarna i pilotlinjen och i produktionen (räknat som tillförd effekt gas respektive el).

I figur B1-B3 kan ses ritningar på testrampen. Figur B2 visar dock en ramp med 3 rader, vid vårt försök användes en ramp med 2 rader.

Solaronic:s har tagit fram en testramp främst i avsikt att utföra tester på pappersmaskiner och då kunna tillföra en hög effekt per m^2 för att spara utrymme. Reglerområde för testrampen inskränktes till 30-60 kW p.g.a. begränsningar i gasregleringsutrustningen motsvarande $107\text{-}214 \text{ kW/m}^2$.

Min. anslutningstryck för testrampen är 200 mbar och Forbo-Forsshagas anläggningstryck för naturgas är endast 60 mbar, varför testrampen istället fick försörjas med gasol via flaskor.

Ett schema över gassträckan kan ses i figur B4.

5.2 Uppläggning av testkörning

Testkörningen utfördes på så sätt att provark placerades för hand under strålaren. Genom att variera uppehållstid och avstånd från strålaren samt tillförd effekt till strålaren kunde den tillförda värmemängden till provarket regleras.

Testkörningen skulle börja med att kontrollera strålarens jämnhet avseende på värmefördelningen. För detta ändamål använde Forbo-Forshaga en mellanprodukt ur produktionen, en understabiliserad matta och utan slitskikt som är mycket värmekänslig. Skillnader i värmetillförsel yttrar sig på så sätt att mattan brunfärgas vid värmning och ojämnheter ger olika brunfärgning. Därefter avsågs att pröva med andra mattor bestrukna med slitskikt av olika tjocklek för att se resultatet vid gelatinering och jäsning.

5.3 Testresultat

Olika prov utfördes där följande variabler kunde varieras.

a = avstånd mellan strålare och provark
t = tiden i sekunder
p = beräknad tillförd effekt

Ett flertal provark testades vid varje prov.

Prov_1:

a = 12 cm
t = 5 s
p = 50 kW

Provark: Understabiliserad matta utan slitskikt.

Resultat: P.g.a. strålarens relativt lilla yta blir randeffekterna stora och temperaturen blir högre i mitten. Därutöver konstaterades en förhöjning av värmeförseln under den andra emittoren från sidan i den andra raden. Se figur B5.

Prov_2:

a = 15 cm
t = 5 s
p = 50 kW

Provark: Se prov 1.

Resultat: Resultatet blir i stort sett detsamma som i prov 1.

Prov_3:

a = 33 cm
t = 15 s
p = 30 kW

Provark: Se prov 1.

Resultat: Randeffekterna helt avgörande, temperaturen högst i mitten och sjunker snabbt åt kanterna. Ingen förhöjd värme från den andra emittoren i den andra raden kunde konstateras. Strålningen från de olika emittorerna överlappar varandra.

Prov_4:

a = 41 cm
t = 18 s
p = 30 kW

Provark: Jäsbar matta med slitskikt 0,20 mm.

Resultat: För hög temperatur i mitten, blåsbildning. I ett ringformat område fås bra gelatinering av slitskikt och bra jäsning av mattan.

Prov_5:

a = 15 cm
t = 5 s
p = 30 kW

Provark: Jäsbar matta utan slitskikt.

Resultat: Påminner om prov 1 och 2, d.v.s. ojämnheter från den andra emittoren framträder tydligt.

Prov_6:

a = 15 cm
t = 5 s
p = 30 kW

Provark: Jäsbar matta med slitskikt 0,3 mm.

Resultat: Bra jäsning och gelatinering i ett ringformat område överhettat i mitten. Ojämnheten från den andra emittoren framträder ej så tydligt, slitskiktet dämpar.

5.4 Slutsatser

Utifrån den gjorda testkörningen med Solaronic:s testramp kan man dra följande slutsatser.

1. Naturgaseldade IR-strålare har stora möjligheter att användas för värmeförsel i Forbo-Forshagas tillverkningsprocess av golvmattor.

Utförda prov med Solaronic:s testramp ger visserligen ett ganska ojämnt resultat men från Forshagas sida tror man att med en rätt dimensionerad gasramp fås ett annat resultat. Vissa prov gjordes även med jäsning och de visar att ett bra resultat kan erhållas. Beträffande jämnheten av värmeförsel i tvärs- och markinriktning kan inga slutsatser dras förrän man gjort ett fullskaleprov i produktionen.

2. Produkten är relativt känslig för ojämnheter i värmeförsel, varför man bör ägna stor uppmärksamhet åt att konstruera en gas-IR-ramp som kan ge jämn värme. Eventuellt med individuell reglering av två kantzoner och en mittzon.
3. Gas-IR-strålarens höga effekttäthet kan utnyttjas till att bygga en mycket kompakt enhet. Uppskattningsvis mindre än hälften av befintliga elektriska IR-ugnar vid motsvarande storlek.
4. Solaronic:s strålare ger för mycket eftervärme. Avsva-
lnings- tiden 30 s är för lång, varför Solaronic:s ramp måste göras frånlyftbar eller alternativt skjuta in en skiva mellan strålare och produkt.

6. FÖRSLAG PÅ DEMO-ANLÄGGNINGAR

De ugnar som skulle vara möjliga att bygga om med gas-IR-teknik skulle i princip vara samtliga el-IR-ugnar samt gasugn 15 m i linje 1 för gelatinering. De två gaseldade jäsugnarna bedöms som svåra att bygga om på grund av risk för ojämn jäsning.

De gaseldade ugnarna är relativt gamla och planeras att bytas ut inom en 5-årsperiod. Eventuellt utbyte är främst orsakat av underhållsskäl men även utrymmesskäl finns med i bilden. Dessutom förbättras verkningsgraden.

El-IR-ugnarna är relativt nya och moderna. De är också kompakta och man har goda driftserfarenheter. Den enda drivkraften för att byta ut el-IR-ugnarna är prisskillnaden mellan el och naturgas, samt att frigöra transformatorkapacitet.

I avvaktan på beslut att bygga om någon av de större ugnarna kan det vara lämpligt att pröva gas-IR-tekniken i någon mindre anläggning för att skaffa sig erfarenhet.

Följande fyra objekt har identifierats som lämpliga demonstrationsanläggningar för gas-IR-teknik.

Uppräkningen görs i prioritetsordning.

1. Linje 2 - Baksideslack

Torkning av ett vattenbaserat baksideslack som pålægges i tryckeriet. Det finns gott om utrymme mellan tryckeri och torkugn för att få plats med en gas-IR-ramp. Idag lufttorkas lacket och det innebär att man inte är beroende av den nya gas-IR-rampen utan man kan stänga av den och köra på det gamla sättet. Mängden lack är 4 g/m^2 varav 2 g vatten, 1 g etanol och 1 g bindemedel.

2. Linje 2 - Prägling

Utbyte av el-IR 2 x 20 kW för uppmjukning av produkten före prägling av mönster.

3. Linje 4 - Trumma

Före tryckning önskas en hård och slät yta. Detta åstadkommes normalt med en hetoljetrumma. I syfte att eliminera hetoljesystemet önskar man pröva om man kan värma trumman invändigt eller utvändigt med en gas-IR-ramp. Se figur 2.

I början på linje 4 finns erforderligt utrymme för att installera en ny gas-IR-värmd trumma. Det är också möjligt att köra förbi trumman och därmed undvika att störa produktionen vid testkörningar och intrimning.

4. Linje 3 - Hetoljeugn

I befintlig hetoljeugn torkas ett vattenbaserat lim. Ugnen är relativt gammal och det kan bli aktuellt att inom en nära framtid byta ut den. Att den är hetoljevärmd gör det också intressant att byta ut den och därmed eliminera hetoljesystemet.

7. FIGURBILAGA

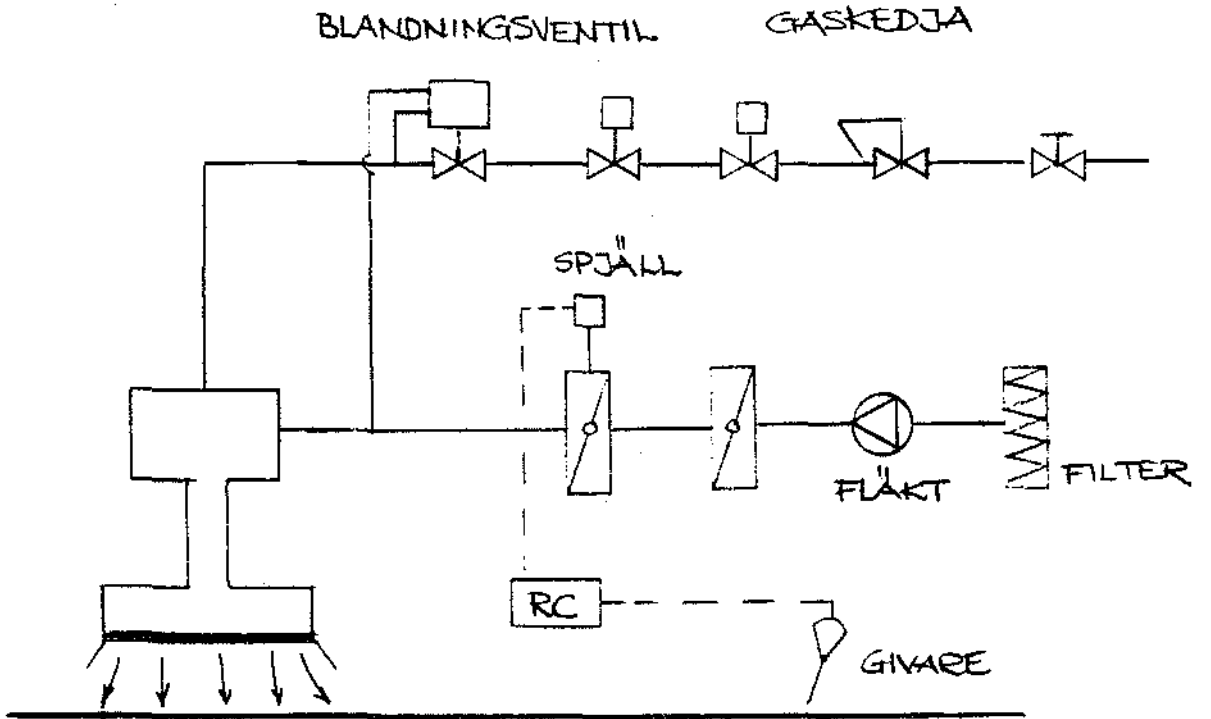
VIAK AB

Göteborg 1989-04-20

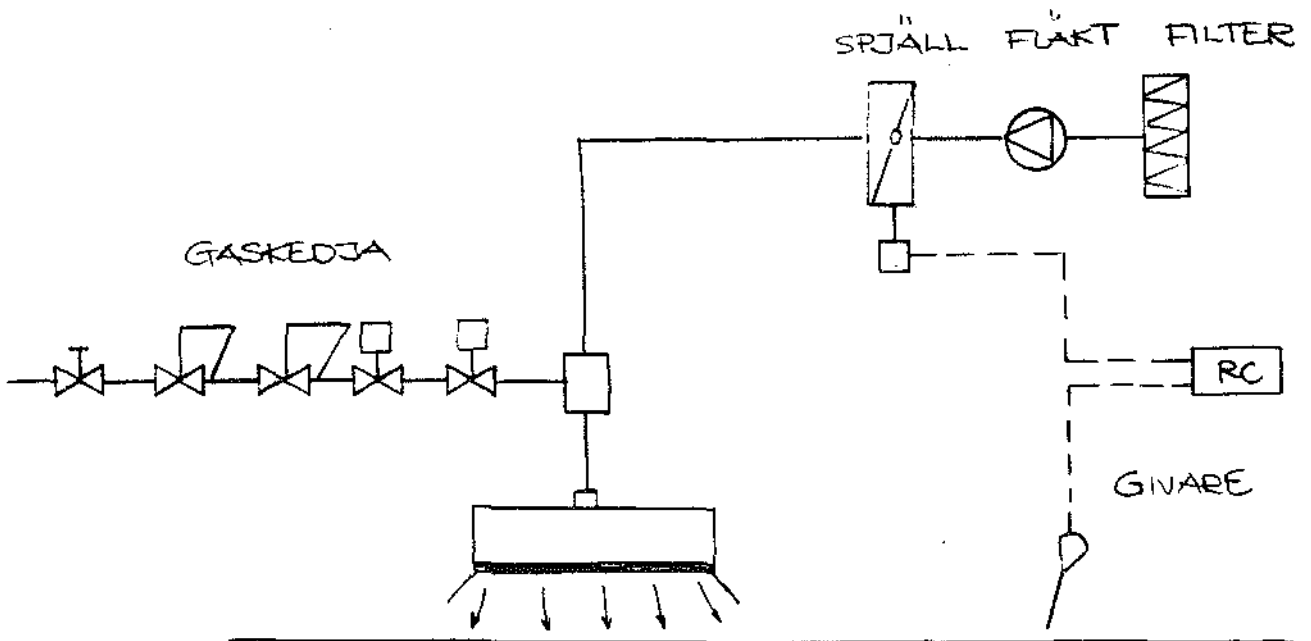

Thomas Andersson

361.14.41.2730.01

EFFEKTREGLERING



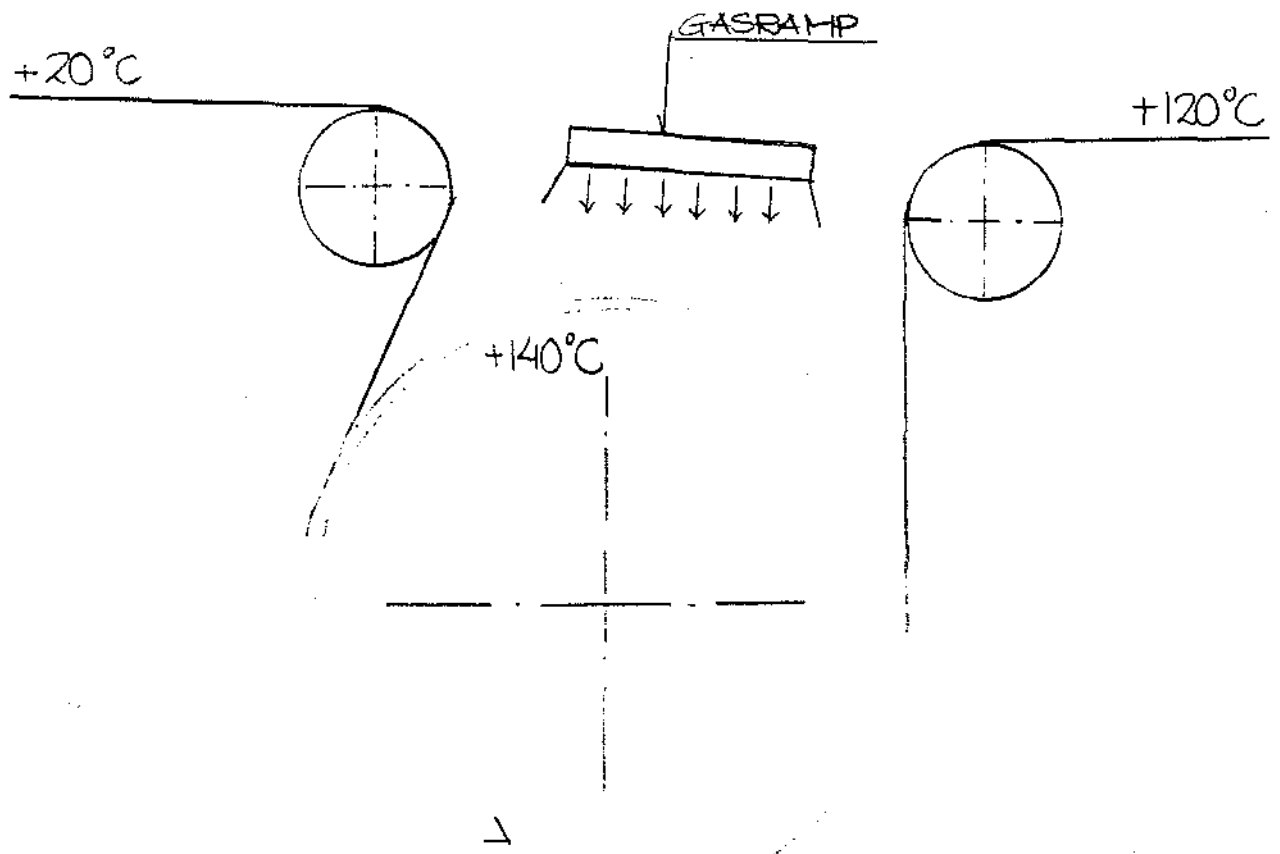
SOLARONIC'S



STORDY-MARSDEN

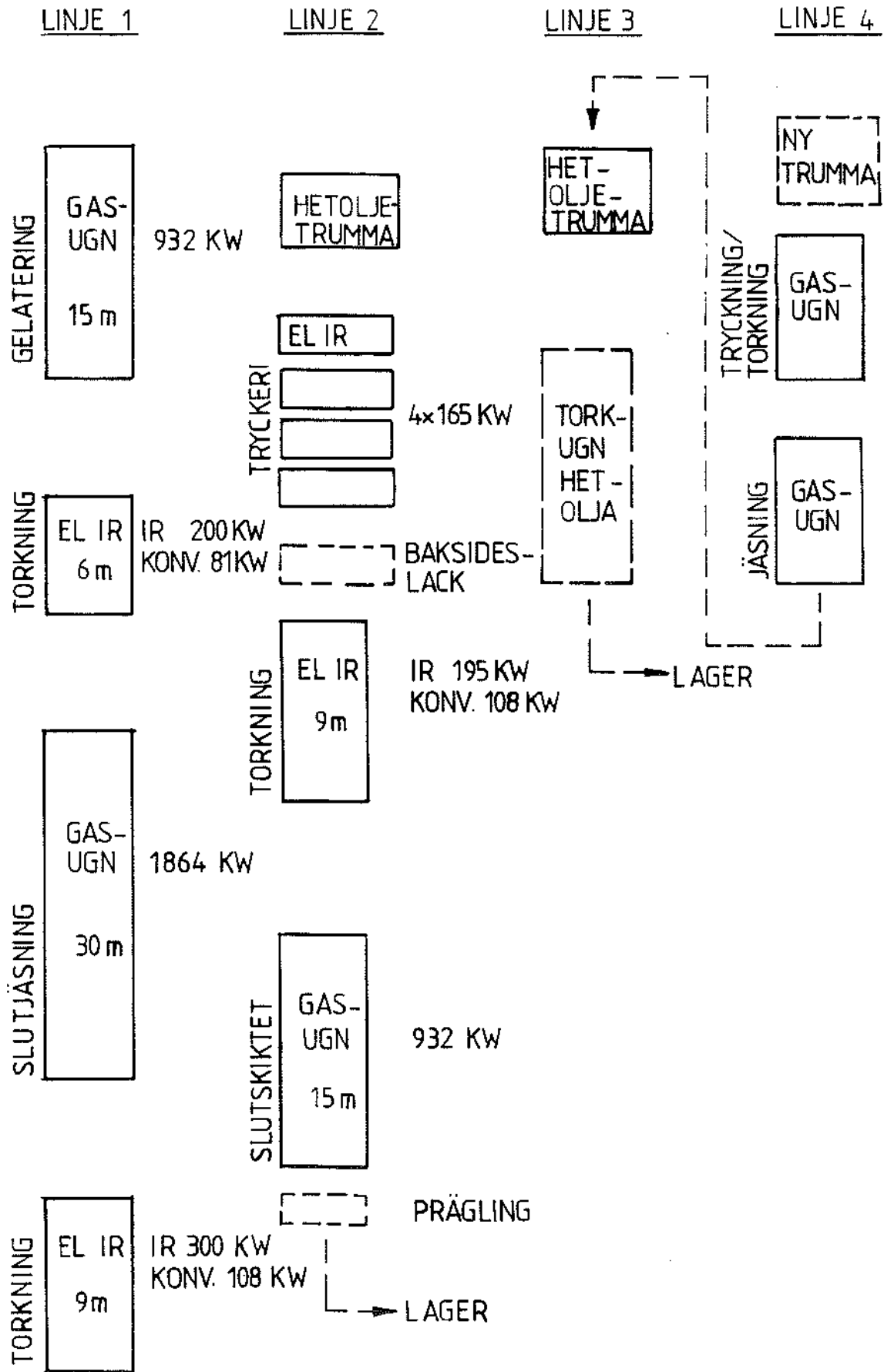
VIAK AB

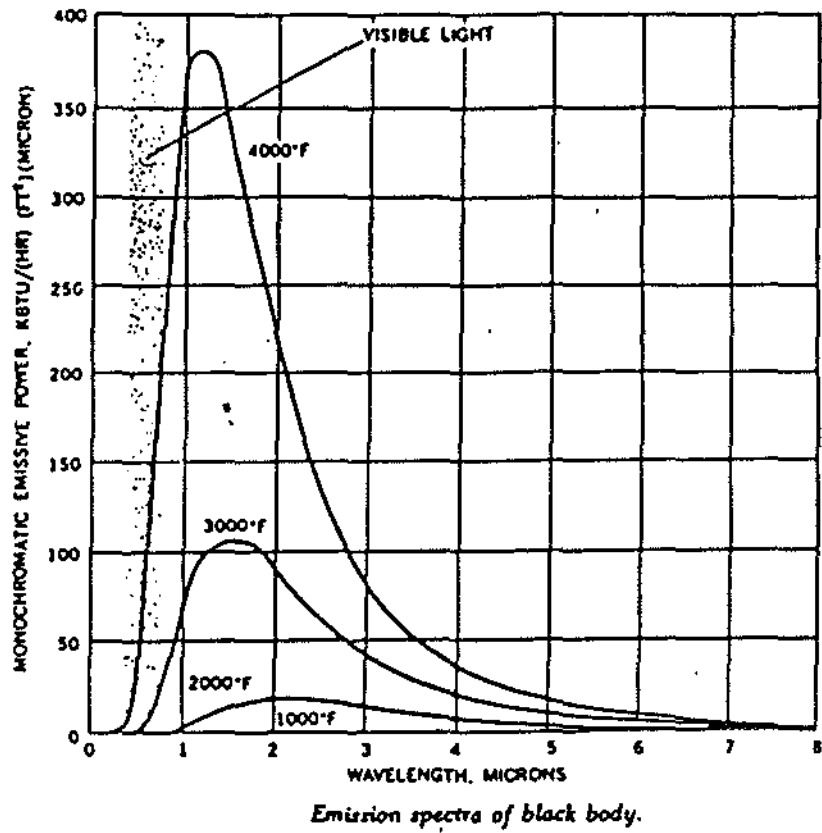
IR-VÄRME TRUMMA



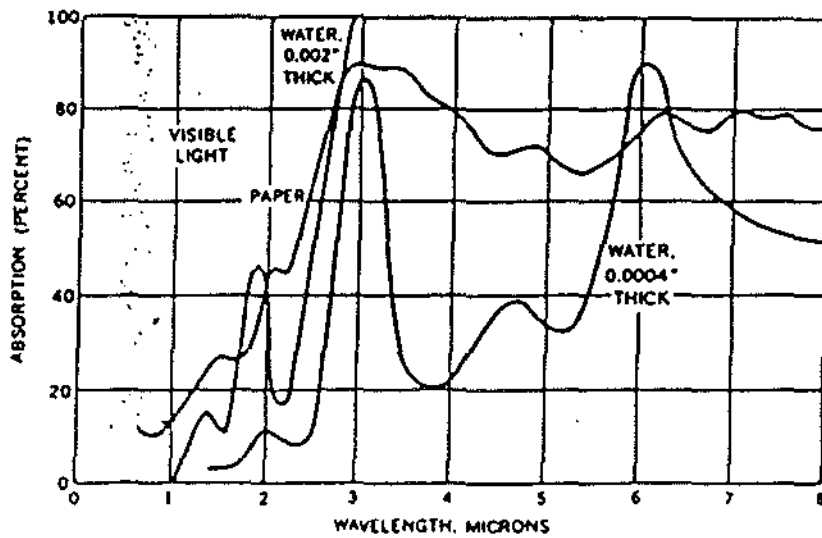
TRUMMA, DIAMETER CA 600 mm

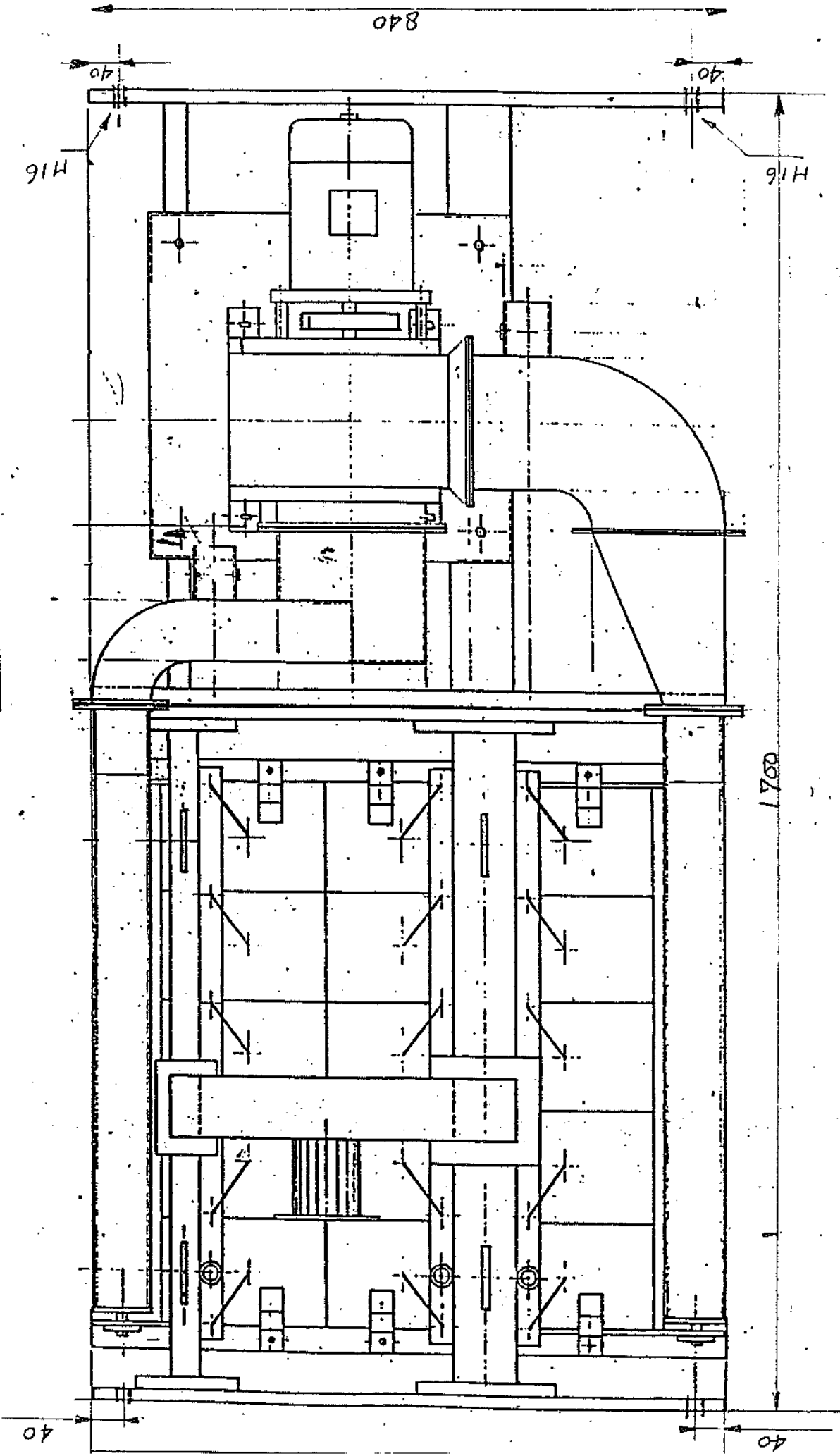
FORBO - FORSHAGA
PRODUKTIONSLINJER





Absorption spectra of paper and water. (Thermogenics, Inc.)





*) SUPPORTING FRAME

CABLES OR CHAINS
TO HANG LIP TRIAL UNIT
(*)

840 mm
M. D. LENGTH

30 mm (1 3/16")

1150 mm

SHEET

CIRCULATING AIR BLOWER
SEE DRAWING: ATD 87 001. 002

R1300 DRYER HOOD SEE DRAWING: ATD 87 001. 87 002

FLEXIBLE DUCTS Lg 5m. (16' 5")

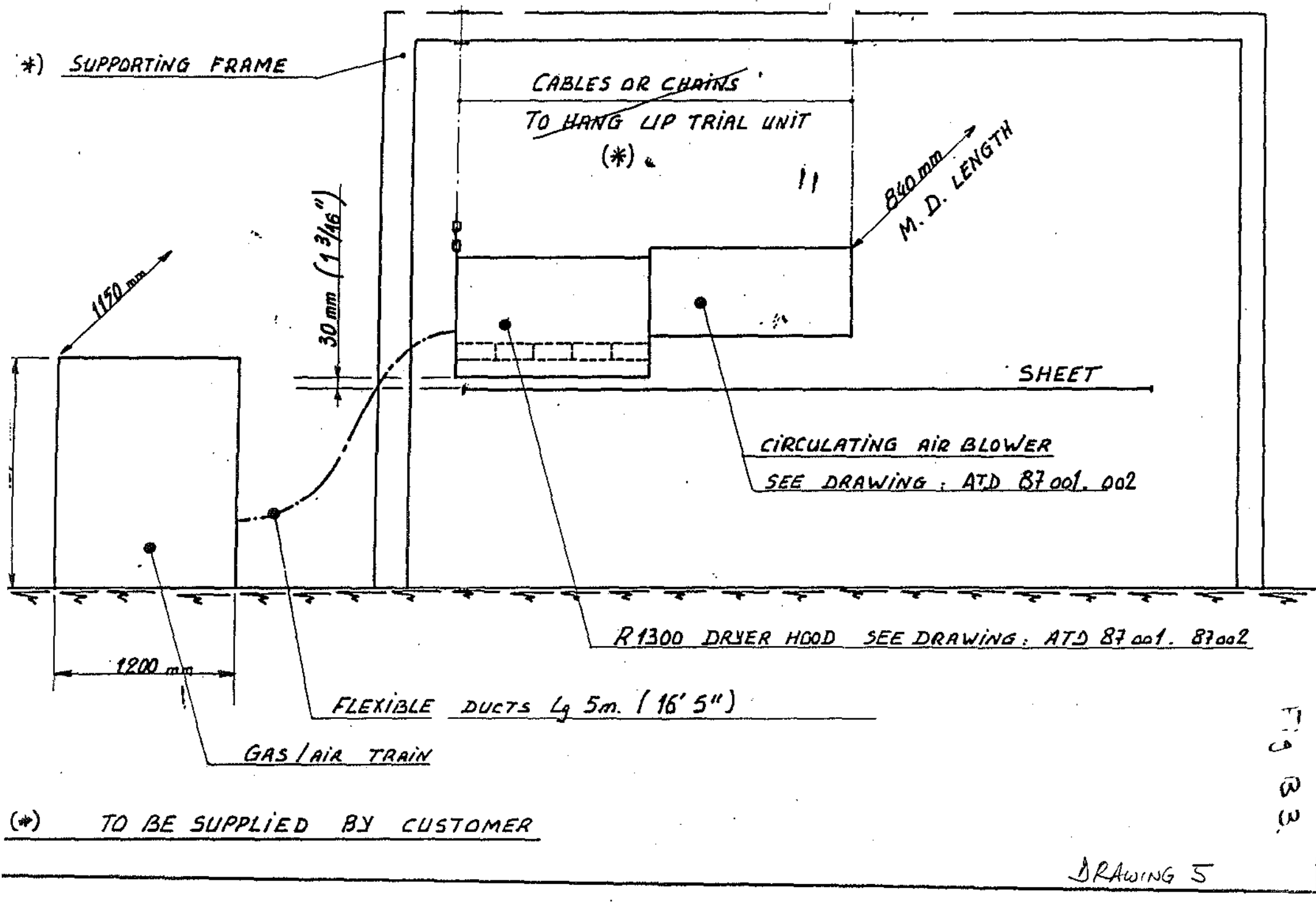
1200 mm

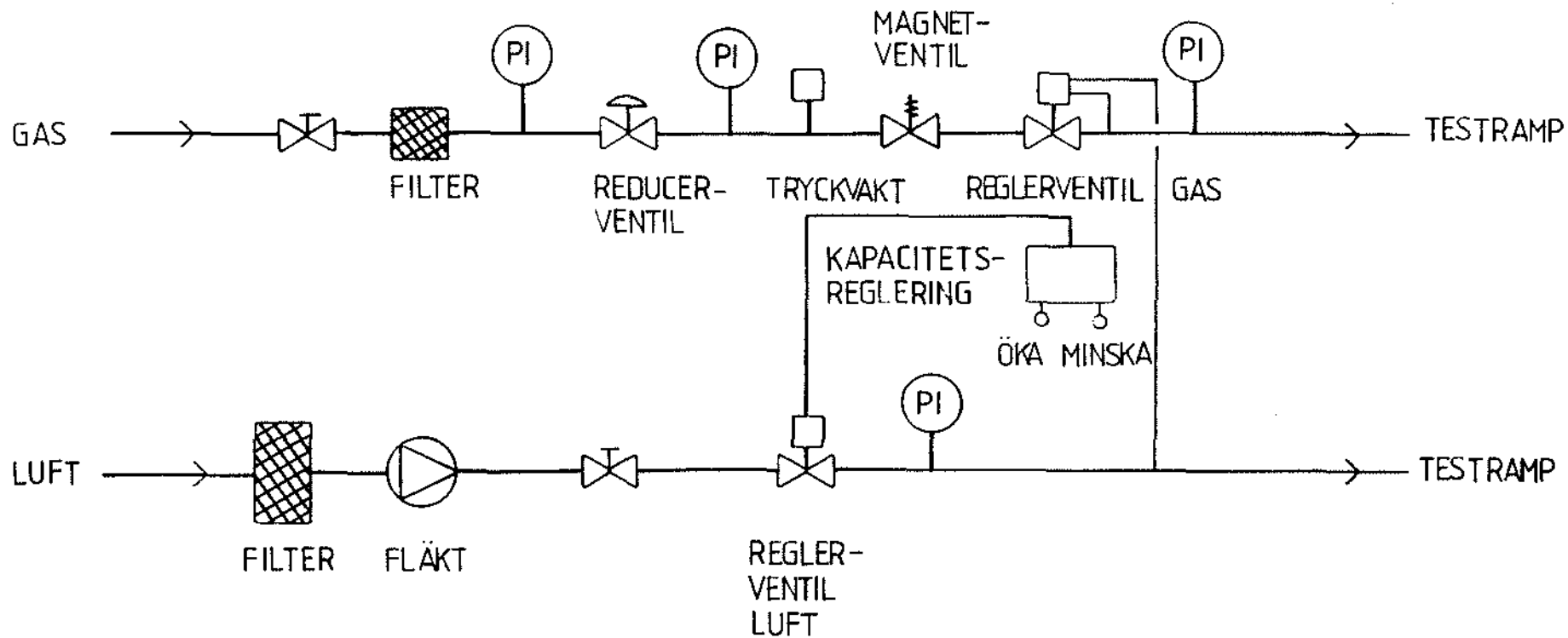
GAS/AIR TRAIN

(*) TO BE SUPPLIED BY CUSTOMER

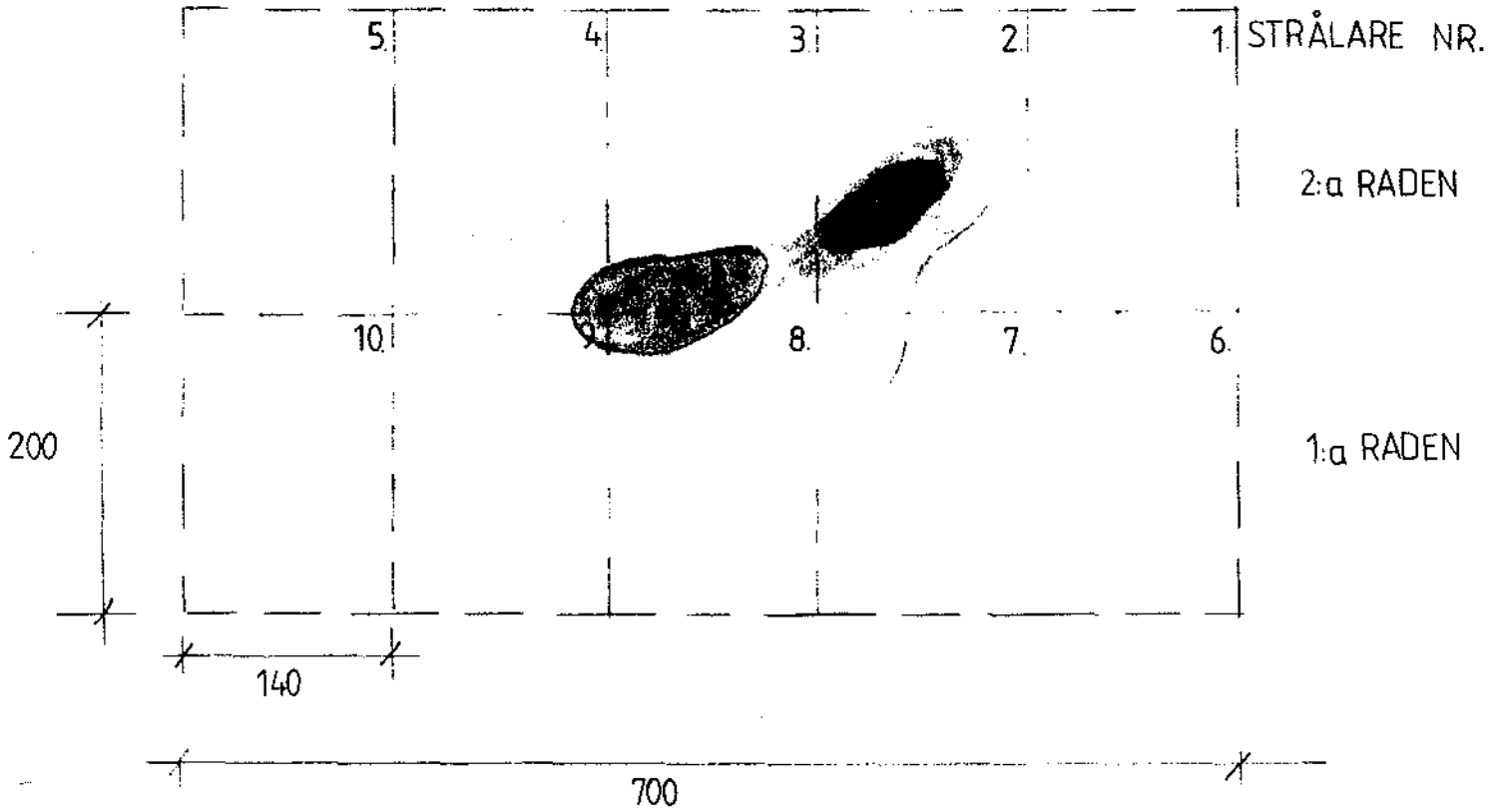
FIG 33

DRAWING 5





GASSTRÄCKA SOLARONICS



VÄRMESPRIDNING FRÅN GASRAMP