Lokaluppvärmning med IR-strålare på Pripps Bryggerier och Gunnar Bäckstrand AB

Förslag till experiment-byggnadsprojekt

ENERGIVERKEN I GÖTEBORG

swedegas ab

FUD 88

FORSKNING · UTVECKLING · DEMONSTRATION

Lokaluppvärmning med IR-strålare

Förslag till experiment-byggnadsprojekt

VIAK AB

1988-07-11

Innehållsförteckning

sid

Projektets tillkomst

Förutsättningar

I samband med introduktionen av naturgas i västra Sverige har det varit angeläget att undersöka förutsättningarna för i Sverige nya tillämpningar av naturgas. Direktuppvärmning av industrilokaler med infrarödstrålare och naturgas har framhållits som en intressant sådan möjlighet.

Energiverken i Göteborg och Västgas AB gav hösten 1987 VIAK AB i uppdrag att genomföra en förstudie i syfte att genomföra minst en och helst två fullskaleexperiment med IR-strålare i industrilokaler i Göteborg. Detta initiativ har tagits i samråd med Byggforskningsrådet (BFR) som önskar genomföra ett antal experimentbyggnadsprojekt inom energiområdet i Göteborgs kommun. För projektets genomförande bildades en arbetsgrupp bestående av Per Carlsson, Energiverken i Göteborg, Ingemar Gunnarsson, Västgas AB och Göran Svensson, VIAK, projektledare. I arbetsgruppen har även ingått Thomas Andersson och Anders Eriksson, VIAK, som svarat för tekniska specifikationer.

Samarbete

Redan i projektets inledningsskede togs kontakt med Driftteknikska högskolan i Malmö, som vid denna tidpunkt var i avslutningsskedet av en omfattande litteraturstudie av IR-strålare för lokaluppvärmning. I samråd med Å Jansson och M Johansson vid Driftteknikska högskolan fastställde arbetsgruppen en kravspecifikation för den eller de lokaler som skulle ge lämpliga förutsättningar för ett experimentprojekt. Driftteknikska högskolan och VIAK svarar gemensamt för de kostnadsbedömningar som redovisas i projektbeskrivningarna.

Krav på industrilokalerna

Kravspecifikationen hade i huvudsak följande utseende:
- Industrilokal som under 1988 skall anslutas till naturgasnätet
- Golvyta ej understigande 400 m^2
- Takhöjd ej understigande 5 m i huvuddelen av lokalerna
- Lägre takhöjd i vissa delar av lokalerna önskvärt
- Befintligt värmesystem i behov av utbyte
- Lokalen skall vara arbetslokal, ej endast lagerlokal
- En för projektets genomförande positivt intresserad fastighetsägare

Pripps Bryggerier, Västra Frölunda

Lämpliga industrilokaler fanns främst i Högsbo industriområde i Västra Frölunda och i Biskopsgårdens industriområde på Hisingen. Båda områdena ansluts till naturgas under 1988. Pripps Bryggerier i Västra Frölunda visade sig vara en mycket lämplig industri med många för IR-strålare lämpade lokaler. I samråd med dåvarande fastighetschefen Sture Eriksson beslöts att installationer skulle göras i två olika lokaler, nämligen dels lasthall och plocklager och dels i den lokal där burkpress för aluminiumbur-

kar finns placerad. I båda lokalerna hade man vid låga utetemperaturer haft klimatproblem med låga temperaturer och drag från portar.

G Bäckstrand AB, Göteborg

Pripps lokaler blir exempel på installationer i stora industrilokaler med stora sammanhängande ytor, stora industriportar som öppnas frekvent och med stor takhöjd. Vi sökte därför som ett komplement efter en mindre industrilokal med lägre, men dock tillräcklig takhöjd för att medge installation av direktstrålande, röd IR och gärna en lokal där endast mindre delen av väggytan utgjordes av lastportar. En sådan industrilokal fann vi hos G Bäckstrand AB i Biskopsgårdens industriområde. I lokalerna bedrivs huvudsakligen sömnads- och monteringsarbete, dvs relativt stillasittande arbeten med krav på bra arbetsklimat.

Ansökningar om experimentbyggnadslån

Inventeringsarbetet och val av lokaler skedde under december 1987 och januari 1988, varefter principprojektering och kostnadsberäkning har skett. Förslaget redovisas i form av två separata ansökningar till BFR om lån till experimentbyggande. Lån sökes för den del av installationskostnaden som är företagsekonomiskt motiverad för respektive företag. Överskjutande kostnader samt kostnaderna för utvärdering av projekten avses att finansieras med bidrag från BFR. När utvärdering skett, preliminärt sommaren 1989, skall lånet under förutsättning att anläggningarna fungerar planenligt, börja löpa med ränta. Fram till denna tidpunkt är lånet stående och räntefritt.

Slutrapport

I detta dokument avrapporteras arbetet med förstudierna för de två projekten i en gemensam rapport, med två separata delar, Pripps respektive Bäckstrands samt en gemensam bilagedel.

Till alla som varit inblandade i projektet riktas ett varmt tack!

Göteborg 1988-07-11

Göran Svensson
Projektledare

Lokaluppvärmning med IR-strålare för naturgas i Pripps Bryggerier, Västra Frölunda

Projektbeskrivning

1.Bakgrund

1.1 Allmänt

I Göteborgs kommun påbörjades 1987 på initiativ av Byggforskningsrådet ett programarbete för att identifiera lämpliga energiforskningsprojekt inom kommunen. Programarbetet dokumenterades i en rapport som diskuterades vid ett seminarium i stadskansliets regi i september 1987. Ett av de prioriterade projektförslagen gällde området fördjupad naturgasanvändning. På initiativ av Energiverken i Göteborg och Västgas AB startades en förstudie i syfte att pröva användningen av infrarödstrålare (IR-strålare) för naturgas i industrihallar.

Förutsättningarna att installera IR-strålare har undersökts vid ett antal industrier, varav lagerutrymmena hos Pripps Bryggerier i Västra Frölunda visat sig vara en utmärkt lokal att att under söka metodens förutsättningar.

1.2 Kort beskrivning av IR-strålare

Infraröd strålning är en mycket viktig källa för värmeöverföring. Tekniken används i industriella torknings- och uppvärmningsprocesser och vid lokaluppvärmning. Våglängden är mellan 1 och 10 m. Motsvarande yttemperaturer på värmekällan ligger mellan 3200°C och 30°C. Gaseldade IR-strålare har relativt stor användning på kontinenten och i USA, men har ännu inte fått stor spridning i Sverige. Totalt har dock installerats IR-strålare för ca 200 000 m^2 för lokaluppvärmning i Sverige fram t o m 1987. Så vitt vi känner till har inga systematiska undersökningar gjorts i Sverige av miljökonsekvenser och energiförbrukning vid instal lerade IR-anläggningar.

Gaseldade IR-strålare delas in i två huvudgrupper. Röd IR, glödstrålande (mellanvågig) har en yttemperatur på 800-900°C och svart IR, mörkstrålande (långvågig) har en yttemperatur på ca 350°C. I glödstrålare, röd IR, finns ett poröst block för gasflamman. Rökgaserna går ut i lokalen. I mörkstrålare, svart IR, sker förbränningen inne i ett rör som värms av de varma rökgaserna. Ovanför röret sitter en reflektor för att rikta värmestrålningen mot de

ytor som skall värmas. Rökaserna i röret evakueras via fläkt till en skorsten.

En fylligare beskrivning av IR-tekniken återfinns i rapporten IR-Strålare, M Johansson och Å Jansson 1988, bilaga 1.

1.3 Pripps bryggeri, Västra Frölunda

Pripps Bryggeri i Västra Frölunda byggde sina lokaler i början av 1970-talet. De projekterades med en teknik som var normal före oljekrisen och inte speciellt energimedveten. Lokalerna kan beskrivas som stora lagerhallar med hög takhöjd och dragproblem vid utlastningsramper.

Verksamheterna i lokalerna är förutom lagerändamål övriga typiska bryggeriprocesser som diskning, sköljning, tappning o. s. v.

Pripps har tecknat naturgasavtal med Energiverken i Göteborg och kommer att konvertera sin panncentral till naturgas under 1988. Nuvarande uppvärmningssystem kommer att behållas. På initiativ av Energiverken i Göteborg kommer i vissa delutrymmen att installeras IR-värmare.

1.4 Värmeförsörjning vid ombyggnad till IR-värme

För detta aktuella projekt med IR-strålare har tre lokaler valts ut såsom lämpade för IR-värme. Dessa är:

- lasthall
- plocklager med fullgodslager
- utrymme vid burkpress

Lasthallen är 85x25 m med 10 m takhöjd. Nuvarande uppvärmningsform är luftvärme via två tilluftaggregat. Den stora takhöjden innebär vintertid en stark gradient med låg temperatur i vistelsezonen och varmt nära taket. Man har, speciellt vid sträng kyla, problem med drag vid portar med befintligt system. I lasthallen sker lastning av lastbilar med hjälp av gaffeltruckar.

Plocklagret är 80x25 m med 10 m takhöjd. Det upptar ca en femtedel av ett större fullgodslager som ligger innanför lasthallen. Värmebehovet i plocklagret är högre än i det övriga lagret. I plocklagret sker en omlastning huvudsakligen manuellt från lastpallar från fullgodslagret till lastpallar som skall lastas på distributionsbilar i lasthallen.

Utrymmet vid burkpressen är ca 200 kvadratmeter med en takhöjd av 3 m. Man har stora dragproblem på grund av många portöppningar i samband med intransporter. Personal finns alltid på plats vid burkpressen.

I lasthall och plocklager planeras röd IR-värme då takhöjden medger detta

och då röd IR-värme har lägst investeringskostnad och högst verkningsgrad. Vid burkpress installeras svart IR eftersom takhöjden ej medger röd IR. Rökgaserna från de röda IR-strålarna kan då takhöjden är stor och ventilationen god få mynna ut i takhöjd utan speciella evakueringssystem. De planerade miljömätningarna är till för att verifiera om detta förfaringssätt är miljömässsigt acceptabelt. Rökgaserna från de svarta IR-strålarna samlas i en rökkanal och evakueras till ytterluften.

2. Projektplan

Projektet påbörjas omgående efter beslut med detaljprojektering av erforderliga installationer. Upphandling av utrustning inklusive installation genomförs våren 1988. Installationen sker sommaren 1988. Provdrift påbörjas september 1988. Mätningar av energiförbrukning sker eldningssäsongen 1988-89. Mätningar av inomhusklimat och emissioner och immisioner genomförs vid två mättillfällen vintern 1988-89. Om möjligt genomförs den ena mätningen vid sträng kyla och den andra vid normal vintertemperatur för Göteborg.

Eftersom befintlig värmeinstallation kommer att bibehållas kan mätningar av nuvarande inomhusklimat och luftkvalitet i de av försöket berörda lokalerna genomföras när IR-värmarna installerats och tagits i drift. Mätningarna genomförs i två steg. I steg 1 stängs IR-strålarna av och uppvärmningen sker med det i dag installerade systemet. I steg 2 sker uppvärmningen enbart med IR-strålare.

Bearbetning av mätdata, utvärdering och rapportering sker våren 1989. Slutrapport avlämnas i juni 1989.

En översiktlig projektplan framgår av schemat i figur 2.1.

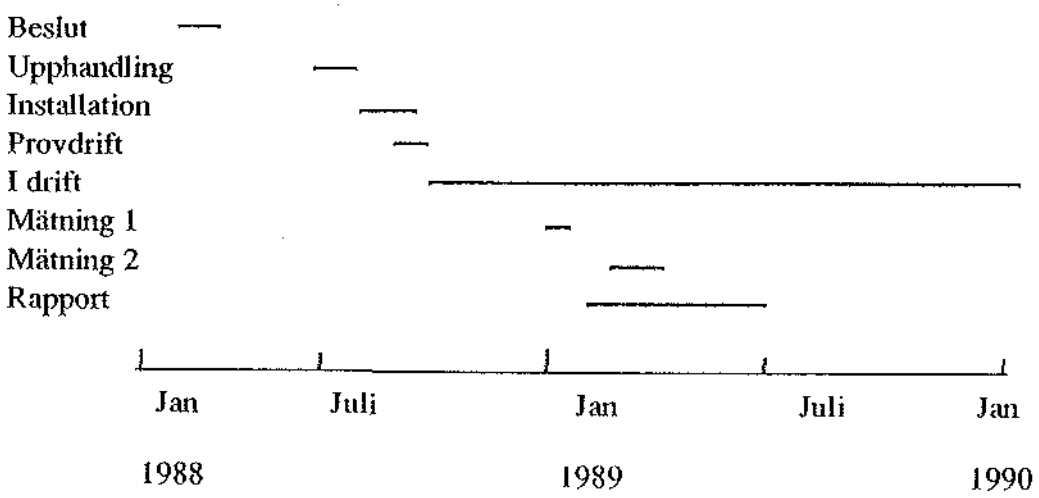


Fig 2.1 Projektets tidplan

3. Teknisk systembeskrivning

3.1 Översikt

Naturgas tas in i byggnaden via en abonnentcentral, placerad på yttervägg innehållande gasmätare, filter och säkerhetsventiler. Gasen leds via inomhusledningar till tre separata tryckreduceringar 4 bar/100 mbar för respektive tre lokaler. Gastrycket reduceras ytterligare till 20 mbar före IR-strålaren.

Reglering av lokalens temperatur görs med en speciell termostat som känner även strålning, en s.k. "svartkropps-termostat". Ett tidur styr helg- och nattsänkning. Tändning av IR-strålaren görs med en jonisationständare, d.v.s. ingen pilotlåga brinner. Strålarna är även utrustade med flamövervakning.

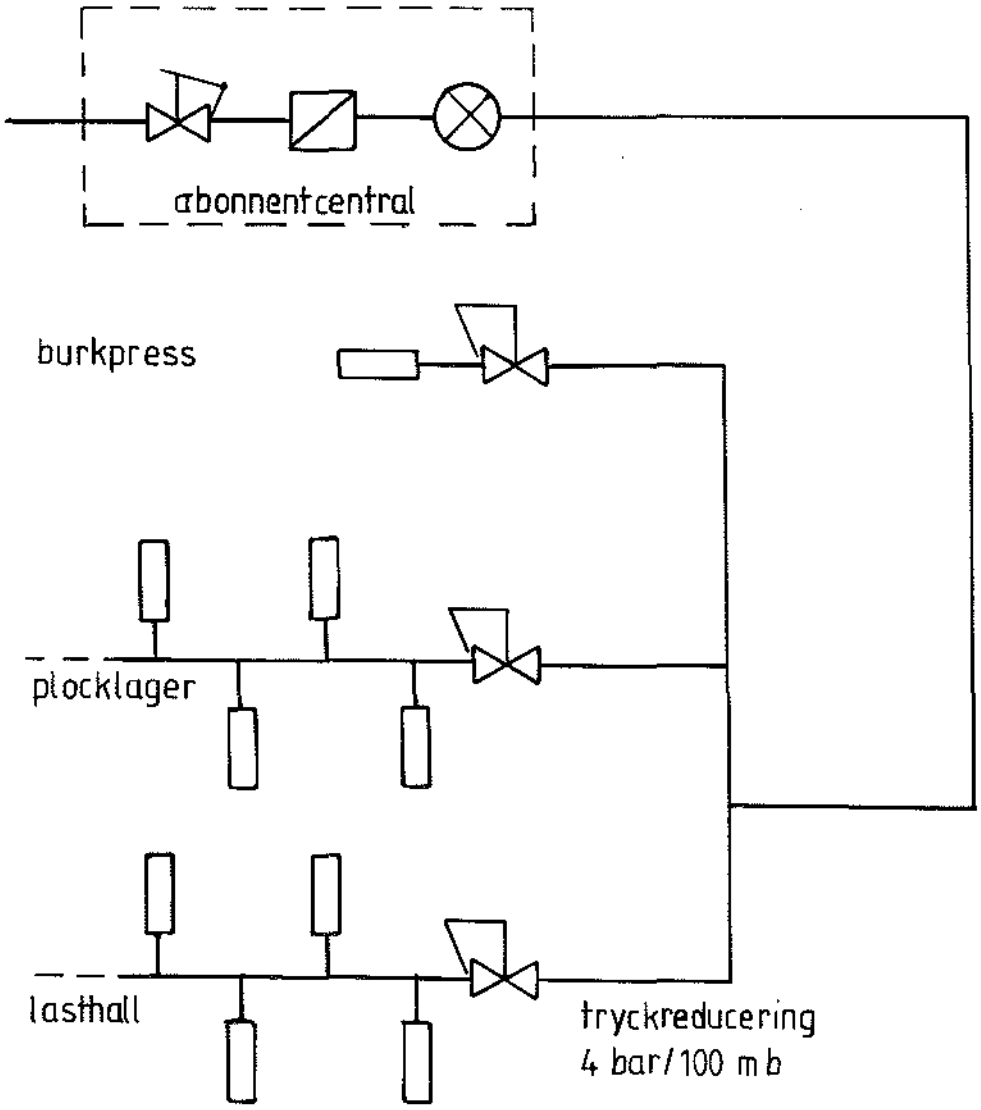


Fig 3.1 Flödesschema

4. Uppföljningsprogram

4.1 Inre klimat

Klimatmätningar skall göras i den befintliga anläggningen, vid nuvarande uppvärmnings- och ventilationssystem, att användas som referensvärde. Eftersom det befintliga värmesystemet kommer att bibehållas kan även referensmätningarna göras vintern 1988-89, men med IR-systemet avstängt under mätperioden. Metodiken vid undersökningarna före och efter installation av IR-värmare skall vara den samma.

Klimatmätningarna omfattar en vecka för varje uppvärmningstillstånd och utförs enligt ISO-standard. Detta innefattar:

- lufttemperatur
- lufthastighet
- luftfuktighet
- medelstrålningstemperatur

I bedömningen av klimatet kommer hänsyn att tas till beklädnad och aktivitet. Även en enkätundersökning kommer att göras för att beskriva hur de som arbetar i lokalen upplever klimatet (nuvarande system resp. efter installation av IR-värmare).

I samband med klimatmätningarna avgörs om särskilda mätningar av ventilationsfrågor behöver göras.

4.2 Inre miljö

Samtidigt med mätningarna av inre klimat skall genomföras mätningar av övriga faktorer i den inre miljön. Det är främst emissionerna från röd IR, dvs med öppen låga som skall mätas. Mätningarna skall dels göras för att fastställa emissionerna från IR-värmarna och dels mätningar för att undersöka rökgasernas spridningsmönster.

Emissionsmätningarna skall relateras till de uppgifter som tillverkaren lämnat om IR-värmarnas emisssion.Immissionsmätningarna skall relateras till motsvarande mätningar av inomhusluftens kvalitet som skall genomföras vintertid och med nuvarande uppvärmningssystem (noll-nivån för detta försök).

För de svarta IR-värmarna med förbränningen i ett slutet rör som evakueras till skorsten skall mätningar göras vid skorstensmynningen för att jämföras med de uppgifter som angivits av tillverkaren (kan även göras vid Drifttekniska Högskolans laboratorium, Malmö).

Mätningar görs vintern 1988-1989 och skall avse situationen med respektive utan IR-strålare i funktion. Mätningarna skall göras vid två mättillfällen,

en under en normalperiod och en under en kallare period. Analyser görs av följande parametrar:
- Koldioxid (CO_2)
- Kolmonoxid (CO)
- Kväveoxider (NO_x)
- Förekomst av formaldehyd

Den mätutrustning som skall användas är av fabrikat Miran 981. Mätmetod är IR-spektrofotometri.

4.3 Energiförbrukning

4.3.1 Nuvarande energiförbrukning

Eftersom de utrymmen som skall värmas med hjälp av IR-värmare är delar av större lokaler är det inte möjligt att mäta dagens energiförbrukning i just dessa utrymmen. Beräkningen av nuvarande förbrukning har därför gjorts på två sätt, dels baserat på energimätningar som utförts i samband med energisparåtgärder (Theorells) och dels som en teoretisk beräkning för de aktuella utrymmena. Beräkningarna redovisas i bilaga 2.

Beräkningar som baseras på utförd mätning för lasthallen anger ett totalt effektbehov av 130 kW. En teoretisk beräkning ger ett effektbehov av 90 kW. Skillnaden bedöms bero på förluster genom ofrivillig ventilation i lastportar motsvarande en ökad luftomsättning med 0,17 oms/h. Den mekaniska ventilationen har en luftomsättning av 0,15 oms/h eller med andra ord: Ofrivillig ventilation står för en mycket stor del av effektbehovet i lokalen.
Den årliga energiförbrukningen har i bilaga 2 beräknats för lasthallen till 302 MWh/år eller 37 kubikmeter EO 3 vid 75 % verkningsgrad. För plocklager och fullgodslager gäller 937 MWh/år eller 116 kubikmeter EO 3 vid 75 % verkningsgrad. Totalt 1239 MWh/år eller 153 kubikmeter EO 3.

4.3.2 Energiförbrukning vid IR-värme

Vid uppvärmning med IR-värme kan lokalens lufttemperatur sänkas samtidigt som den "upplevda temperaturen" är oförändrad. Maximalt kan temperaturen sänkas med 7°C utan att temperaturkomforten påverkas. För plocklager och fullgodslager förutsätts att temperaturen i hela lokalen kan sänkas till +10°C medan den upplevda temperaturen i vistelsezonerna ligger på +17°C tack vare IR-värmen. Detta innebär ett minskat effektbehov med ca 20 % och ett minskat energibehov med ca 50 %. Den framtida energiförbrukningen i lasthall, plocklager och fullgodslager beräknas därför till 652 MWh/år eller 60 400 normalkubikmeter naturgas per år fördelat med 159 MWh/år för lasthallen och 493 MWh/år för plocklager och fullgodslager.

Mängdmätare för naturgas installeras på inkommande ledningar för respektive installerad enhet, dvs separat för röd resp svart IR. Avläsningar görs varje månad och relateras till antalet graddagar under mätperioden.

5. Ekonomisk kalkyl

5.1 Investeringskalkyl

Samtliga kostnader hänför sig till kostnadsläget december 1987. Som underlag för kalkylen ligger budgetoffert avseende IR-strålare inklusive installation samt kalkylpriser per meter rörinstallation.

IR-strålare, totalt installerad effekt 1100 kW	
inkl montage	325 kkr
Rörinstallation, 420 m DN 65, 140 m DN 25	150 kkr
Elinstallation	40 kkr
Projektering	50 kkr
Summa	***565 kkr***

5.2 Lönsamhetskalkyl/årskostnadskalkyl

Nuvarande energiförbrukning är enligt 4.3.1 1239 MWh/år eller 153 kubikmeter EO 3 vid 75 % verkningsgrad. Med ett oljepris av 1597 kr/m^3 ger det en årlig kostnad av 244 000 kronor. Vid en övergång till naturgas som bränsle i Pripps panncentral bedöms kostnaden för naturgas bli av samma storleksordning.

Energikostnaden för IR-värme vid beräknad energiförbrukning av 652 MWh/år blir ca 111 000 kr.

Årlig kostnadsskillnad mellan oljebaserad uppvärmning och IR-värme blir 133 000 kronor motsvarande en internränta av ca 11 % vid 6 års avskrivningstid på investerade 565 000 kronor. Görs jämförelsen mellan gasuppvärmning i panncentral och IR-värme blir den årliga kostnadsskillnaden ungefär samma. Pay-offtid för investeringen, räknad som investeringen dividerad med årlig kostnadsminskning blir ca 4,2 år.

Tabell 5.1 Årlig kostnadsbesparing vid IR-värme

	Lasthall	Plocklager, fullgodslager	Totalt
Nuv. energiförbr. MWh/år	302	937	1239
Nuv energikostn. kr/år	59 000	185 000	244 000
Framtida energiförbr.MWh/år	159	493	652
Framtida energikostn. kr/år	27 000	84 000	111 000
Besparing, kr/år	32 000	101 000	133 000
Föreslagen investering, kr	565 000		
Pay-offtid, år	4,2		

5.3 Kostnadsfördelning inkl. kostnader för uppföljning

5.3.1 Projektering

- projektering av IR-strålare och ledningssystem	50 kkr

5.3.2 Byggande

- IR-strålare inkl montage	325 kkr
- Ledningssystem	150 kkr
- Elinstallation, styr och regler	40 kkr
Totalt investeringar	565 kkr

5.3.3 Uppföljning

- Energimätningar	10 kkr
- Temperatur- och komfortmätningar	80 kkr
- Miljömätningar	130 kkr
- Bearbetning och sammanställning	100 kkr
Summa uppföljningskostnader	320 kkr
Oförutsett, ca 7 %	65 kkr
Totalsumma	*950 kkr*

6. Finansiering

I föreliggande fall föreslås att installationen av IR-värmare med tillhörande utrustning klassas som experimentbyggande. Pripps Bryggerier AB har som krav vid investeringar att pay off-tiden skall understiga 3 år. Enligt kapitel

5, Ekonomisk kalkyl, blir den beräknade pay off-tiden i detta fall 4,2 år. Det föreslås därför att den del av investeringen som svarar mot pay off-tiden 3,0 år, 399 000 kr, finansieras med experimentbyggnadslån.

Överskjutande kostnad för byggande och projektering, 166 000 kr samt uppföljningsprogrammet, 385 000 kr, totalt 551 000 kr, föreslås finansieras som bidrag.

7. Projektgenomförande och organisation

Beställare är Pripps Bryggerier AB, ombud Göte Johansson.
Teknisk specifikation och underlag för upphandling av armatur och komplett installation utarbetas av VIAK AB, ansvarig Thomas Andersson. Ansvarig för mätprogram och utvärdering av projektet är VIAK AB, Göran Svensson. Delansvarig för inomhusklimatmätningar är Sture Elnäs, VIAK Falun. Delansvarig för emissions- och immissionsmätningar är M Johansson och Å Jansson, Drifttekniska högskolan, Malmö. Delansvarig för energimätningar är Thomas Andersson, VIAK AB.

Göteborg 1988-03-28
VIAK AB

Thomas Andersson Göran Svensson

Lokaluppvärmning med IR-strålare för naturgas Gunnar Bäckstrand AB, Göteborg

Projektbeskrivning

1. Bakgrund

1.1 Allmänt

I Göteborgs kommun påbörjades 1987 på initiativ av Byggforskningsrådet ett programarbete för att identifiera lämpliga energiforskningsprojekt inom kommunen. Programarbetet dokumenterades i en rapport som diskuterades vid ett seminarium i stadskansliets regi i september 1987. Ett av de prioriterade projektförslagen gällde området fördjupad naturgasanvändning. På initiativ av Energiverken i Göteborg och Västgas AB startades en förstudie i syfte att pröva användningen av infrarödstrålare (IR-strålare) för naturgas i industrihallar.

Förutsättningarna att installera IR-strålare har undersökts vid ett antal industrier, varav fabrikslokalerna hos Gunnar Bäckstrand AB i Biskopsgården, Göteborg visat sig vara utmärkta lokaler att att undersöka metodens förutsättningar.

1.2 Kort beskrivning av IR-strålare

Infraröd strålning är en mycket viktig källa för värmeöverföring. Tekniken används i industriella torknings- och uppvärmnings processer och vid lokaluppvärmning. Våglängden är mellan 1 och 10 m. Motsvarande yttemperaturer på värmekällan ligger mellan 3200°C och 30°C. Gaseldade IR-strålare har relativt stor användning på kontinenten och i USA, men har ännu inte fått stor spridning i Sverige. Totalt har dock installerats IR-strålare för ca 200 000 m^2 för lokaluppvärmning i Sverige fram t o m 1987. Såvitt vi känner till har inga systematiska undersökningar gjorts i Sverige av miljökonsekvenser och energiförbrukning vid installerade IR-anläggningar.

Gaseldade IR-strålare delas in i två huvudgrupper. Röd IR, glödstrålande (mellanvågig) har en yttemperatur på 800-900°C och svart IR, mörkstrålande (långvågig) har en yttemperatur på ca 350°C. I glödstrålare, röd IR, finns ett poröst block för gasflamman. Rökgaserna går ut i lokalen. I mörkstrålare, svart IR, sker förbränningen inne i ett rör som värms av de varma rökga-

serna. Ovanför röret sitter en reflektor för att rikta värmestrålningen mot de ytor som skall värmas. Rökaserna i röret evakueras via fläkt till en skorsten.

En fylligare beskrivning av IR-tekniken återfinns i rapporten IR-Strålare, M Johansson och Å Jansson 1988, bilaga 1.

1.3 Gunnar Bäckstrand AB, Göteborg

Gunnar Bäckstrand ABs lokaler är byggda på 1960-talet. De projekterades med en teknik som inte var speciellt energimedveten.

Verksamheterna i lokalerna är tillverkning av alla typer av idrottsmattor, t ex brottarmattor i en sömnadshall. En lokal är uthyrd och där bedrivs montering och övriga verkstadsarbeten.

Diskussioner pågår med Gunnar Bäckstrand AB om naturgasavtal med Energiverken i Göteborg. Avsikten är att anläggningen skall konverteras till naturgas under 1988. Nuvarande uppvärmningssystem kommer att behållas. På initiativ av Energiverken i Göteborg kommer att installeras IR-värmare.

1.4 Värmeförsörjning vid ombyggnad till IR-värme

För detta aktuella projekt med IR-strålare har sömnadslokalen med tillhörande lagerytor samt verkstadslokalen valts ut såsom lämpade för IR-värme.

Lokalerna är båda ca 40x20m med 7 m takhöjd. Nuvarande uppvärmningsform är luftvärme via två oljeeldade varmluftpannor. Den stora takhöjden innebär vintertid en stark gradient med låg temperatur i vistelsezonen och varmt nära taket. Man har, speciellt vid sträng kyla, problem med drag med befintligt system.

I lokalerna planeras röd IR-värme då takhöjden medger detta och då röd IR-värme har lägst investeringskostnad och högst verkningsgrad. Rökgaserna från de röda IR-strålarna kan då takhöjden är stor och ventilationen god få mynna ut i takhöjd utan speciella evakueringssystem. De planerade miljömätningarna är till för att verifiera om detta förfaringssätt är miljömässsigt acceptabelt.

2. Projektplan

Projektet påbörjas omgående efter beslut med detaljprojektering av erforderliga installationer. Upphandling av utrustning inklusive installation genomförs våren 1988. Installationen sker sommaren 1988. Provdrift påbörjas september 1988. Mätningar av energiförbrukning sker eldningssäsongen 1988-89. Mätningar av inomhusklimat och emissioner och immissioner genomförs vid två mättillfällen vintern 1988-89. Om möjligt genomförs den ena mätningen vid sträng kyla och den andra vid normal vintertemperatur för Göteborg.

Eftersom befintlig värmeinstallation kommer att bibehållas kan mätningar av nuvarande inomhusklimat och luftkvalitet i de av försöket berörda lokalerna genomföras när IR-värmarna installerats och tagits i drift. Mätningarna genomförs i två steg. I steg 1 stängs IR-strålarna av och uppvärmningen sker med det i dag installerade systemet. I steg 2 sker uppvärmningen enbart med IR-strålare.

Bearbetning av mätdata, utvärdering och rapportering sker våren 1989. Slutrapport avlämnas 1 juni 1989.

En översiktlig projektplan framgår av schemat i figur 2.1.

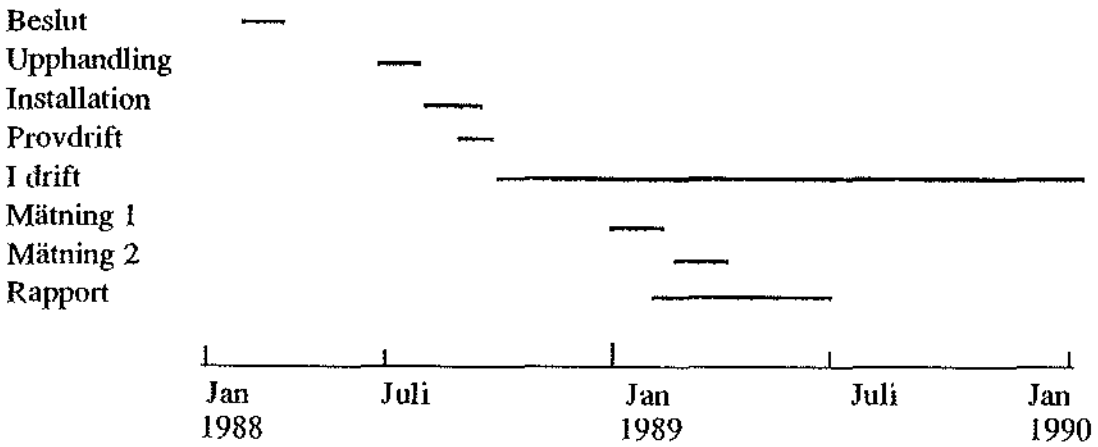


Fig 2.1 Projektets tidplan

3. Teknisk systembeskrivning

3.1 Översikt

Vi föreslår att naturgas tas in i byggnaden via en abonnentcentral, placerad på yttervägg innehållande gasmätare, filter, tryckreducering och säkerhetsventiler. Gasen leds via inomhusledningar till IR-strålarna. Gastrycket reduceras ytterligare till 20 mbar före IR-strålaren.

Reglering av lokalens temperatur görs med en speciell termostat som känner även strålning, en s.k. "svartkropps-termostat". Ett tidur styr helg- och nattsänkning. Tändning av IR-strålaren görs med en jonisationständare, d.v.s. ingen pilotlåga brinner. Strålarna är även utrustade med flamövervakning.

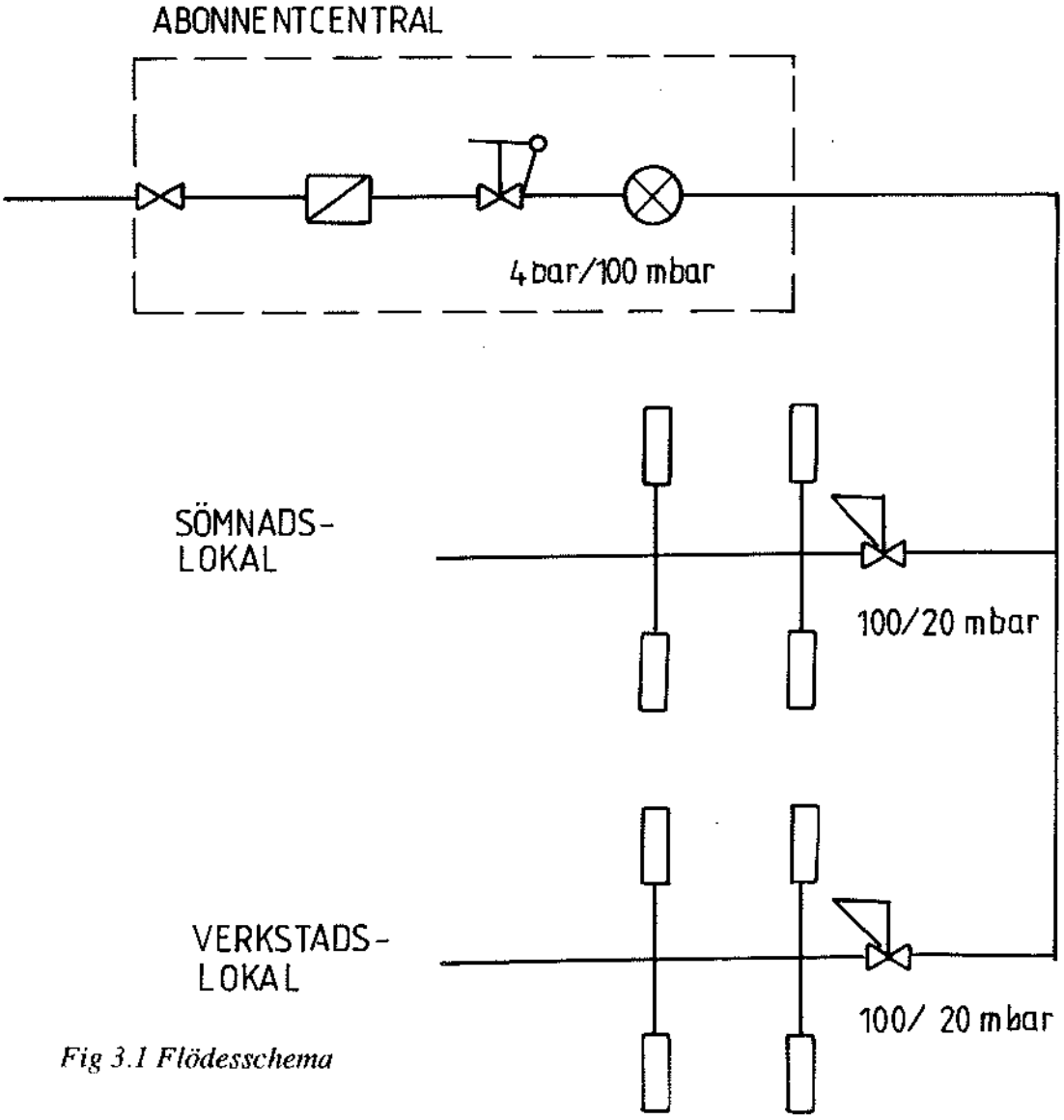


Fig 3.1 Flödesschema

4. Uppföljningsprogram

4.1 Inre klimat

Klimatmätningar skall göras i den befintliga anläggningen, vid nuvarande uppvärmnings- och ventilationssystem, att användas som referensvärde. Efter installation av infravärmare för gas skall mätningar utföras under vintern 1989. Metodiken vid undersökningarna före och efter installation av IR-värmare skall vara den samma.

Klimatmätningen kommer att utföras enligt ISO-standard. Detta innefattar:

- lufttemperatur
- lufthastighet
- luftfuktighet
- medelstrålningstemperatur

I bedömningen av klimatet kommer hänsyn att tas till beklädnad och aktivitet. Även en enkätundersökning kommer att göras för att beskriva hur de som arbetar i lokalen upplever klimatet (nuvarande system resp. efter installation av IR-värmare).

I samband med klimatmätningarna avgörs om särskilda mätningar av ventilationsfrågor behöver göras.

4.2 Inre miljö

Samtidigt med mätningarna av inre klimat skall genomföras mätningar av övrig faktorer i den inre miljön. Det är främst emissionerna från röd IR, dvs med öppen låga som skall mätas. Mätningarna skall dels göras för att fastställa emissionerna från IR-värmarna och dels mätningar för att undersöka rökgasernas spridningsmönster.

Emissionsmätningarna skall relateras till de uppgifter som tillverkaren lämnat om IR-värmarnas emission. (Bilaga 3)

Immissionsmätningarna skall relateras till motsvarande mätningar av inomhusluftens kvalitet som skall genomföras vintertid och med nuvarande uppvärmningssystem (noll-nivån för detta försök).

Mätningar görs vintern 1988-1989 och skall avse situationen med respektive utan IR-strålare i funktion. Mätningarna skall göras vid två mättillfällen, en under en normalperiod och en under en kallare period. Analyser görs av följande parametrar:

- Koldioxid (CO_2)
- Kolmonoxid (CO)
- Kväveoxider (NO_x)
- Förekomst av formaldehyd

Den mätutrustning som skall användas är av fabrikat Miran 981. Mätmetod är IR-spektrofotometri.

4.3 Energiförbrukning

4.3.1 Nuvarande energiförbrukning

Beräkningen av nuvarande förbrukning har utförts som en teoretisk beräkning för de aktuella utrymmena. Beräkningarna redovisas i bilaga 2. Den teoretiska beräkningen ger ett totalt effektbehov av ca 155 kW. Den årliga energiförbrukningen har i bilaga 2 beräknats till 300 MWh/år eller 50 kubikmeter EO 1 vid 60 % verkningsgrad.

4.3.2 Energiförbrukning vid IR-värme

Vid uppvärmning med IR-värme kan lokalens lufttemperatur sänkas samtidigt som den "upplevda temperaturen" är oförändrad. Maximalt kan temperaturen sänkas med 7°C utan att temperaturkomforten påverkas. Detta innebär ett minskat effektbehov med ca 20 % och ett minskat energibehov med ca 50 %. Den framtida energiförbrukningen beräknas därför till 150 MWh/år eller 14 000 normalkubikmeter naturgas per år.

Mängdmätare för naturgas installeras på inkommande ledningar. Avläsningar görs varje månad och relateras till antalet graddagar under mätperioden.

5. Ekonomisk kalkyl

5.1 Investeringskalkyl

Samtliga kostnader hänför sig till kostnadsläget december 1987. Som underlag för kalkylen ligger budgetoffert avseende IR-strålare inklusive installation samt kalkylpriser per meter rörinstallation.

IR-strålare, totalt installerad effekt 350 kW	
inkl montage	215 kkr
Rörinstallation, 100 m DN 15, 150 m DN 25	45 kkr
Elinstallation	25 kkr
Projektering	20 kkr
Summa	*305 kkr*

5.2 Lönsamhetskalkyl/årskostnadskalkyl

Nuvarande energiförbrukning är enligt 4.3.1 300 MWh/år eller 50 kubikmeter EO 1 vid 60 % verkningsgrad. Med ett oljepris av 1750 kr/m^3 ger det en årlig kostnad av 87 500 kronor.
Energikostnaden för IR-värme vid beräknad energiförbrukning av 150 MWh/år blir ca 22 500 kr.

Årlig kostnadsskillnad mellan oljebaserad uppvärmning och IR-värme blir 65 000 kronor, motsvarande en internränta av ca 7 % vid 6 års avskrivningstid på investerade 305 000 kronor. Pay-offtid för investeringen, räknad som investeringen dividerad med årlig kostnadsminskning blir ca 4,7 år.

Tabell 5.1 Årlig kostnadsbesparing vid IR-värme

	Totalt
Nuv. energiförbr. MWh/år	300
Nuv energikostn. kr/år	87 500
Framtida energiförbr.MWh/år	150
Framtida energikostn. kr/år	22 500
Besparing, kr/år	65 000
Föreslagen investering, kr	305 000
Pay-offtid, år	4,7

5.3 Kostnadsfördelning inkl. kostnader för uppföljning

5.3.1 Projektering

- projektering av IR-strålare och ledningssystem	20 kkr
Summa	20 kkr

5.3.2 Byggande

- IR-strålare inkl montage	215 kkr
- Ledningssystem	45 kkr
- Elinstallation, styr och regler	25 kkr
Summa	285 kkr
Total investering	305 kkr

5.3.3 Uppföljning

- Energimätningar	10 kkr
- Temperatur- och komfortmätningar	80 kkr
- Miljömätningar	130 kkr
- Bearbetning och sammanställning	100 kkr
Summa uppföljningskostnader	320 kkr

Oförutsett, ca 10%	65 kkr
Totalsumma	*690 kkr*

6. Finansiering

I föreliggande fall föreslås att installationen av IR-värmare med tillhörande utrustning klassas som experimentbyggande. För att en installation skall vara ekonomiskt motiverad anser Gunnar Bäckstrand AB att pay off-tiden ej bör överstiga 3 år. Det föreslås därför att den del av investeringen som motsvarar 3 års pay offtid, 195 000 kr, finansieras med experimentbyggnadslån.

Resterande del av investeringen, 110 000 kr samt kostnaderna för uppföljningsprogrammet, 385 000 kr, totalt 495 000 kr, föreslås finansieras som bidrag.

7. Projektgenomförande och organisation

Beställare är Gunnar Bäckstrand AB, ombud Gunnar Bäckstrand. Teknisk specifikation och underlag för upphandling av armatur och komplett installation utarbetas av VIAK AB, ansvarig Thomas Andersson. Ansvarig för mätprogram och utvärdering av projektet är VIAK AB, Göran Svensson. Delansvarig för inomhusklimatmätningar är Sture Elnäs, VIAK Falun. Delansvarig för emissions- och immissionsmätningar är M Johansson och Å Jansson, Driftteknikska högskolan, Malmö. Delansvarig för energimätningar är Thomas Andersson, VIAK AB.

Göteborg 1988-03- 28
VIAK AB

Thomas Andersson Göran Svensson

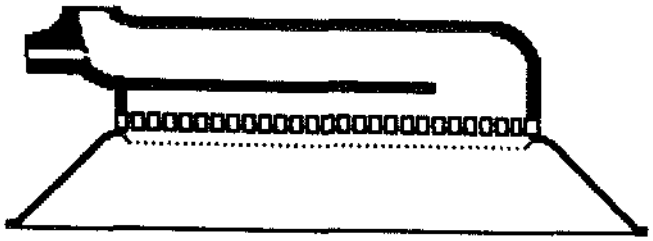
BILAGA 1

LUNDS UNIVERSITET
DRIFTTEKNISKA HÖGSKOLAN

Det ekonomiska uppvärmningsalternativet!

Lokaluppvärmning med gaseldade

IR-Strålare



MICKE JOHANSSON
ÅKE JANSSON
1988

INNEHÅLL

1.1 LEDNING

Värmeöverföring genom ledning sker i fasta kroppar, från delar med högre temperatur till delar med lägre temperatur.
Den kan också förekomma i tunna stillastående skikt av gas eller vätska.

Värmeöverföringens storlek bestäms av kropparnas värmeledningstal, dimension och temperaturskillnad. Vid stationär värmeledning är temperaturskillnaden konstant. Om värmeledningen inte är stationär ändras temperaturskillnaden, vilket innebär att också värmeöverföringen minskar eller ökar.

Fig 1:1. Värmeöverföring genom ledning

1.2 KONVEKTION

Värmeöverföring genom konvektion sker mha en gas eller vätska som överför värme från en kropp till en annan.

Konvektionen kan vara påtvingad, dvs ske genom att gasen eller vätskan sätts i rörelse med en fläkt eller pump.
Rörelsen kan också uppstå genom att olika delar av gasen eller vätskan har olika temperatur eller täthet. Detta kallas fri konvektion.

Ett vanligt värmeelement för bostadsuppvärmning avger värme huvudsakligen genom fri konvektion.

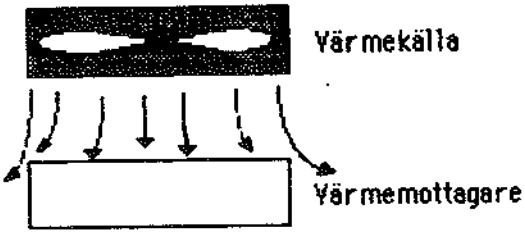


Fig 1:2. Värmeöverföring genom konvektion

1.3 STRÅLNING

Vid värmeöverföring genom strålning avger en kropp strålning som träffar en annan kropp, absorberas (upptas) av denna och omvandlas till värme.

Värmekälla och värmemottagare kan vara en fast kropp, en vätska eller en gas.

Ju mer transperant en kropp, vätska eller gas är för strålningen, desto mindre effektiv är den som värmekälla eller värmemottagare.
Bland de vanligare gaserna är det framförallt koldioxid och vattenånga som kan emittera (avge) respektive absorbera värmestrålning.

Värmeöverföringens storlek bestäms av värmekällans och värmemottagarens temperatur, absorptions- och emmissionsegenskaper, dimensioner och placering i förhållande till varandra.

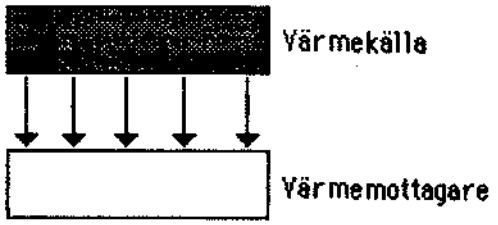


Fig 1:3. Värmeöverföring genom strålning

1.4 INFRARÖD STRÅLNING

Av all strålning i det elektromagnetiska spektrat ger den infraröda (IR) strålningen den största värmeöverförande effekten.

IR-strålningen ligger inom våglängdsområdet 0,76µm till 1mm (1000µm). Den gränsar till området för synligt ljus som är i området 0,38-0,76µm.

IR-strålningen delas ofta in i kortvågig (högtemperatur, elektrisk IR), mellanvågig (mellantemperatur, röd IR) och långvågig (lågtemperatur, svart IR).
Våglängden för maximal intensitet ligger för dessa tre områden under 2µm, mellan 2 och 4µm respektive över 4µm.

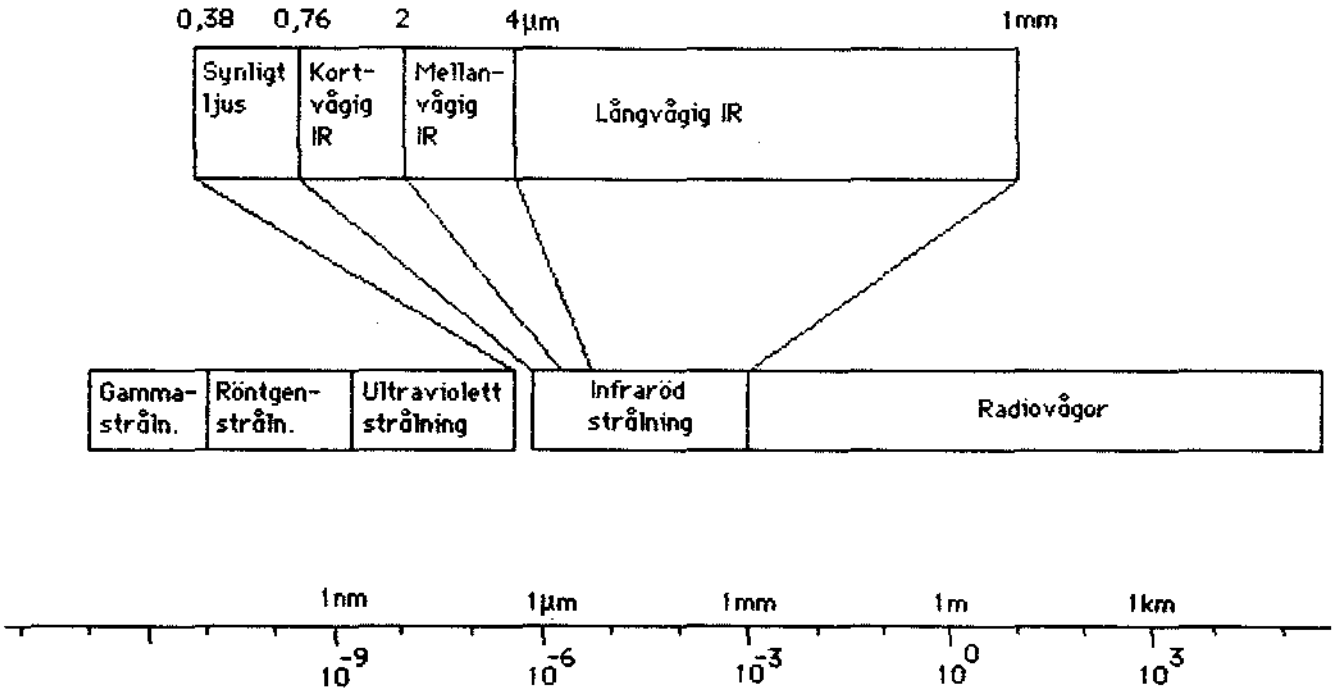


Fig 1:4. Elektromagnetiska spektrat

I industriella torknings- och uppvärmninsprocesser eller vid lokal-uppvärmning används våglängder mellan 1 och 10µm.
Dessa våglängder motsvarar temperaturer från ungefär 3200°C ner till ungefär 30°C.
Elektriska IR-strålare har en yttemperatur på 1900-3200°C.

Gaseldade IR-strålare delas in i två huvudgrupper, röd IR, glödstrålande, (mellanvågig) har en yttemperatur på 800-900°C ($\lambda \approx 2{,}5\mu m$) och svart IR, mörkstrålande, (långvågig) har en yttemperatur på runt 350°C ($\lambda \approx 4{,}5\mu m$).

Mer om dessa i kapitel 2.

Vanliga bostadsradiatorer med yttemperatur på ca 50°C sänder ut sin strålning med vågläng runt 9µm.

2. APPARATER

Man kan temperturmässigt dela in IR-strålarna i tre huvudgrupper.

1) Svart IR, mörkstrålare, som arbetar i det långvågiga IR-området med yttemperatur på ca 350°C.

2) Röd IR, glödstrålare, som arbetar i det mellanvågiga IR-området med yttemperatur på 800-900°C.

3) Högtemperaturstrålare som arbetar i det kortvågiga IR-området med yttemperatur på upp till 3200°C.
   Dessa strålare drivs uteslutande med elektricitet och är för det mesta lampor med volframspiral.

2.1 SVART IR, MÖRKSTRÅLARE

Mörkstrålare används för lokaluppvärmning, både för punkt- och för totaluppvärmning.

Huvuddelarna i en mörkstrålare är brännaren med gassträcka (magnetventil och gastrycksregulator), ett rör eller rörsystem i vilket de varma rökgaserna transporteras och värmer upp röret så att detta strålar värme till omgivningen. Ovanför röret sitter en reflektor placerad så att värmestrålningen riktas nedåt mot de ytor som skall värmas.
I änden av röret/rörsystemet sitter en fläkt som suger ut rökgaserna genom röret. Direkt på fläktens utblåsningssida placerar man en skorsten för att ombesörja rökgasbortföringen.

Yttemperaturen på dessa strålare varierar från ca 600°C just efter brännaren, ca 350°C längst ut i U-rörets böj, till ca 150°C just innan fläkten.
Att röret är gjort som ett U gör att de parallella rörens medeltemperatur blir drygt 350°C.
Vi kan betrakta röret som en strålande yta med yttemperaturen ca 350°C.

Mörkstrålare finns som enskillda enheter

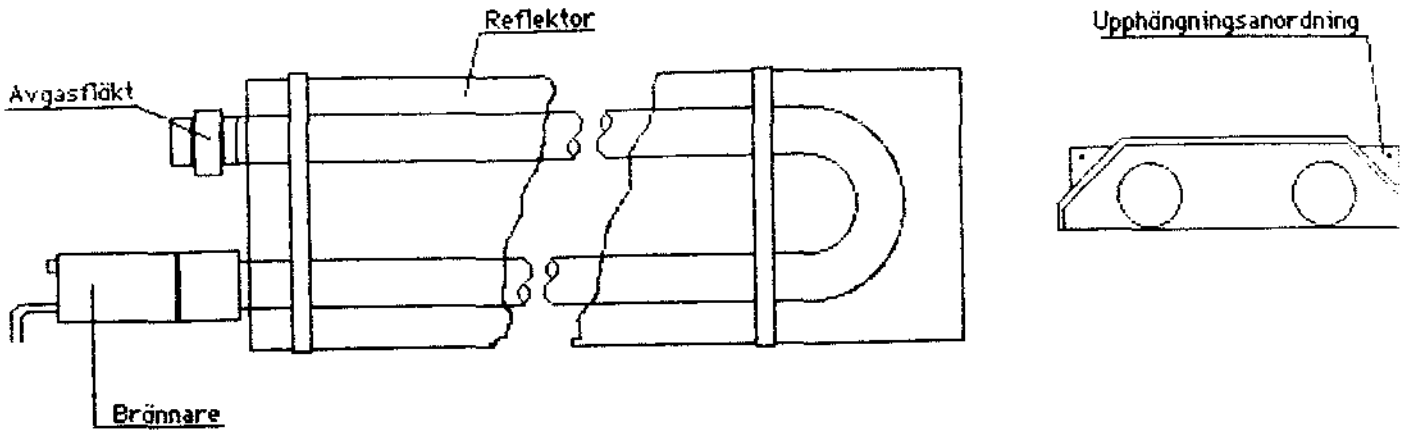


Fig. 2:1 Mörkstrålare, enskild enhet

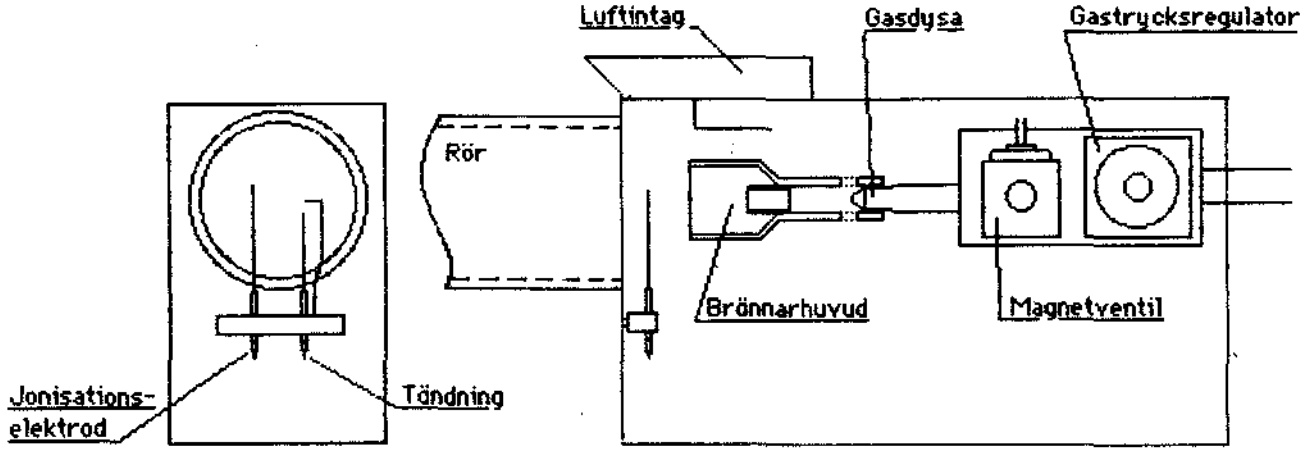


Fig 2:2 Brännarutformning för enskild mörkstrålare

och som hela system.

Dessa system består av ett helt rörsystem som placeras i lokalen som skall uppvärmas på ett sådant sätt att hela lokalen täcks in av värmestrålning.

I systemet finns ett antal brännare kopplade i serie, och en (i vissa fall mer än en) utsugningsfläkt för rökgasbortföringen.
Denna fläkt placeras lämpligtvis där det är enkelt att gå igenom vägg eller tak för att placera skorstenen.

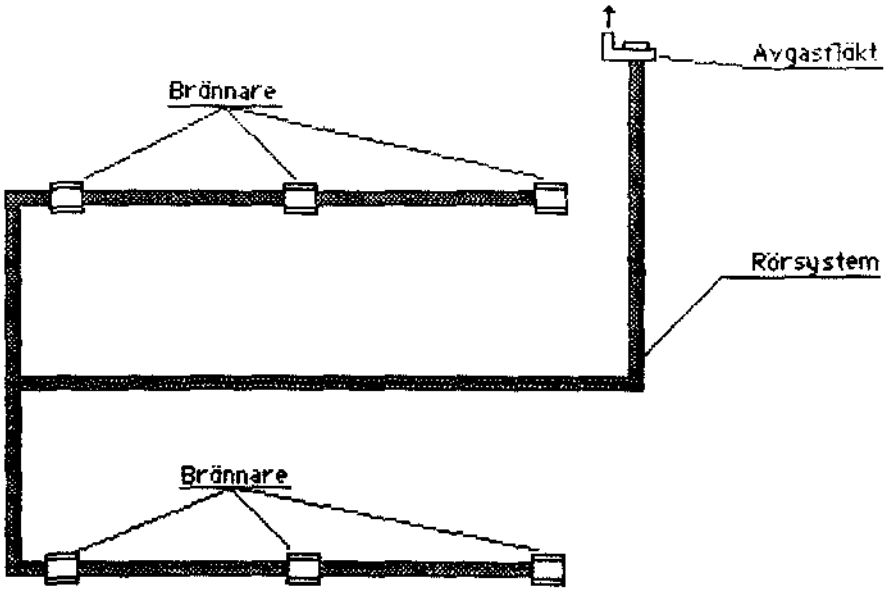


Fig.2:3 Mörkstrålarsystem

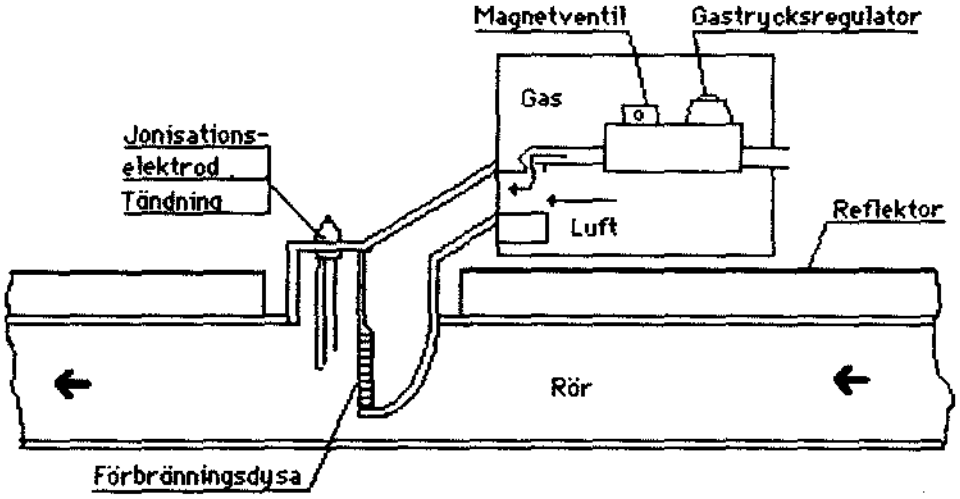


Fig.2:4 Brännare till mörkstrålarsystem

2.2 RÖD IR, GLÖDSTRÅLARE

IR-strålare som arbetar i mellanvågsområdet kan delas in i två större huvudtyper:

1. Typ poröst block (the porous block). Gas-luftblandningen strömmar genom ett poröst block för att förbrännas på/i blockets yta.

2. Typ flat flamma (the flat flame). Gas-luftblandningen sprids radiellt över ett eldfast block från en centralt belägen öppning.

Vid användning av strålare av typ 1 (porösa block) uppstår ibland problem med flamlyft vi eldning med naturgas. Detta beror på att naturgasen har en lägre flamhastighet (jämfört med stadsgas och gasol).
Flamlyftet gör att det porösa blocket får en lägre temperatur och minskad strålningseffekt som följd.
För att motverka detta placeras i förekommande fall en metallduk drygt 10mm framför blockets yta för att hålla tillbaka flamman.

2.3 IR-STRÅLARE MED KERAMISK PERMEABELT BLOCK

Förbränningsluften sugs in till brännaren genom att gasen strömmar med hög hastighet till densamma. Gasen och luften blandas i ett blandningsrör innan den strömmar genom kapillärerna på brännarblocket.

Yttemperaturen är max 900°C. Insidan av brännarblocket, alltså den sida som är emot gas-luftblandningen, värms upp till endast ca 100°C.

Strålaren sänder ut strålning med våglängden ca 2,5µm.

Användningsområden är lokaluppvärmning, torknings- och uppvärmningsprocesser (papper, textilier, färg, betong, asfalt mm), upptining av järnvägsvagnar mm.

Vid användning av dessa strålare för torknings- och uppvärmnings-processer är det inte vanligt att man reglerar effekten genom att reglera på strålaren, utan man gör istället så att man förändrar genomströmnings-hastighetan på det gods so skall torkas eller värmas.
Vid lokaluppvärmning däremot gör man ibland vissa förändringar av strålarens effekt.

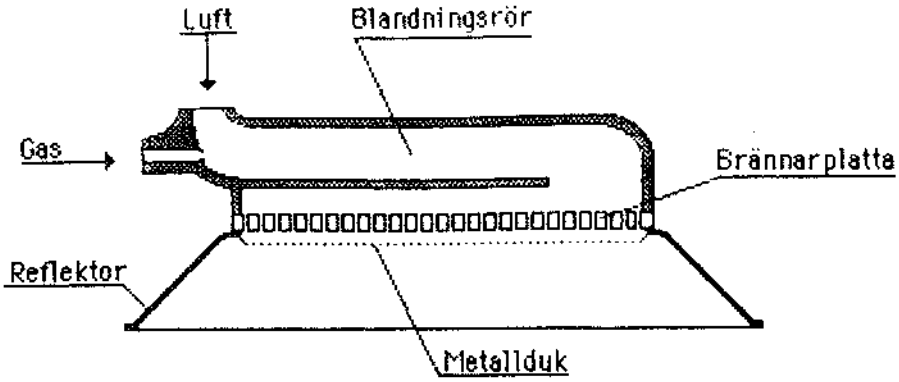


Fig 2:5. Keramisk IR-strålare

För att förbättra denna typ av strålares reglermöjligheter, finns det en modell där man istället för injektorbrännare har en blandningsbrännare. Enligt uppgift kan man med denna modell variera brännarblockets temperatur från 500-900°C, och därmed styra strålningseffekten. Regleringen sker genom att man ändrar på lufttillförseln, luftöverskottet, mha en ventil.

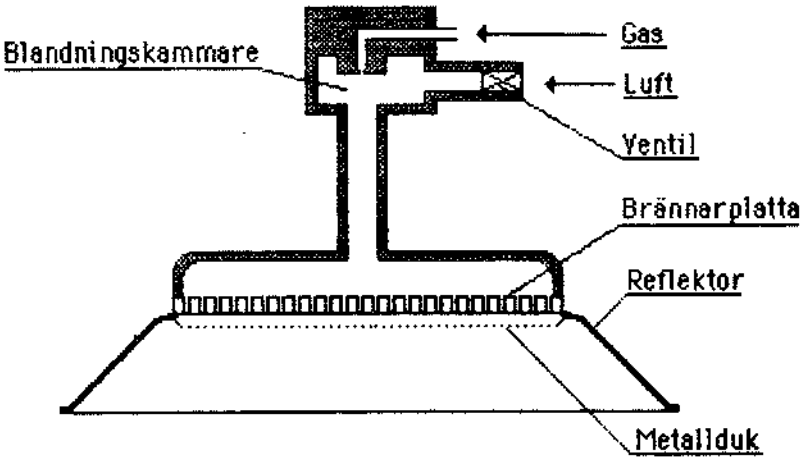


Fig 2:6. Keramisk IR-strålare med reglerventil på luften.

Det finns en modell där man gör "tvätom", man sätter en reglerventil på gasen i en injektorbrännare och reglerar därmed tillförd gasmängd. Minskar man gasmängden till injektorn så minskar också luftmängden.

3. LOKALUPPVÄRMNING.

3.1 BEHAGLIGHET.

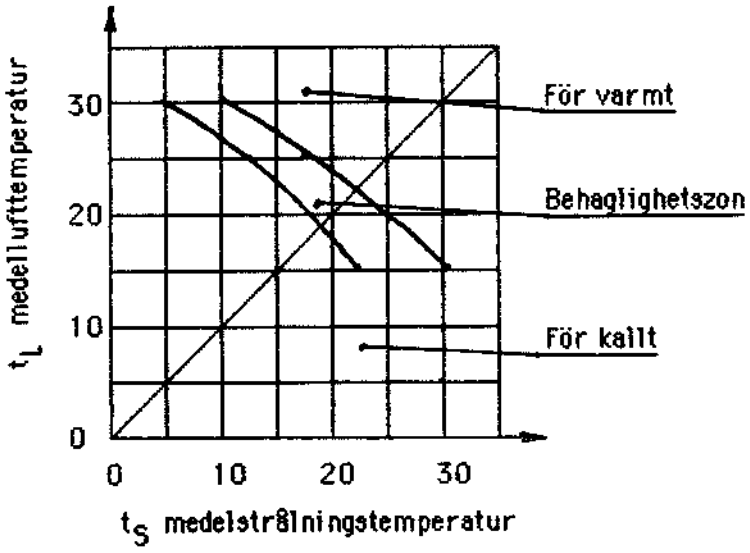
Innan man går in på hur man använder IR-strålare för lokaluppvärmning måste man gå igenom begreppet behaglig temperatur.

Känslan av ett behagligt klimat råder i ett temperaturområde där balans råder mellan den värme som alstras i den mänskliga kroppen och omgivningens temperatur pga konvektion, dunstning, ledning och strålning.

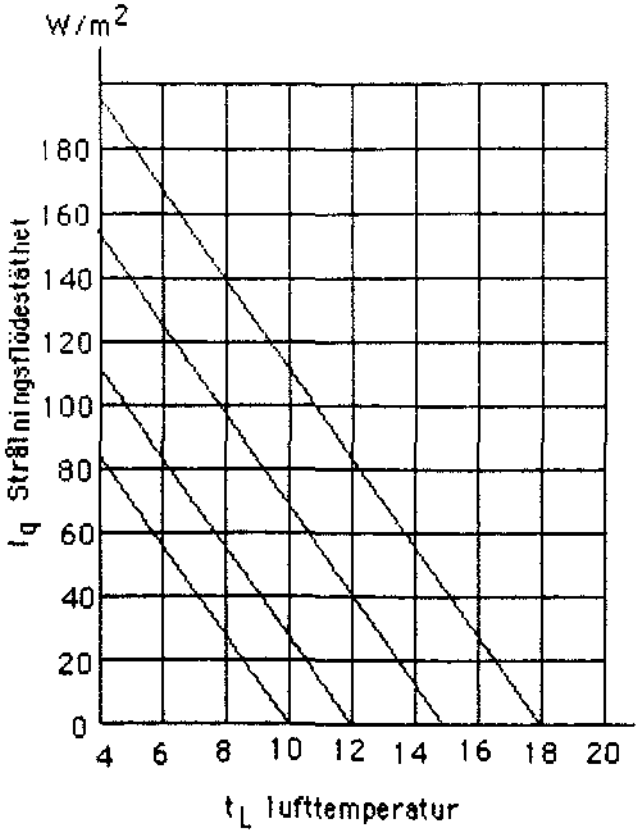
Rumsklimatet bestäms av lufttemperaturen, relativa luftfuktigheten lufthastigheten samt värmestrålningen från omgivande föremål (omgivande ytors och kroppars temperatur).

Första bilden visar inom vilken zon klimatet upplevs som behagligt.

Andra bilden visar sambandet mellan lufttemperatur, rumslufttemperatur och strålningsflödestätheten.
Diagrammet är ett sk BEDFORD-diagram.



Behaglighetszon.
Gäller med luftfukt.
RH=40-70% och
lufthast. <0,4m/s



Bedford-diagram

För strålningsuppvärmningssystem gäller följande:

$t_R = t_L + t_S$

$t_R = t_L + 0{,}072 * I_q$

t_R-rumslufttemperatur (upplevelsetemp)	[°C]
t_L-lufttemperatur	[°C]
t_S-strålningstemperatr	[°C]
I_q-strålningsflödestäthet	[W/m^2]
0,072-Bedfordfaktorn	

Bedfordfaktorn gäller för punktformiga strålningskällor. De glödstrålande brännarna är relativt små och placeras på relativt hög höjd. Med god approximation kan man betrakta dessa som punktformiga.

Mörkstrålande brännare däremot, är betydligt större och sitter normalt placerade betydligt lägre, betraktas som ytformade strålningskällor. Bedfordfaktorn för dessa är 0,083 (resulterar i ett något förskjutet diagram).

Vid användandet av Bedforddiagrammet måste man ta hänsyn till att strålningsverkningsgraden ligger mellan 50 och 70% av tillförd effekt.

3.2 VÄRMEBEHOVSBERÄKNINGAR.

Det finns ett par tre mer eller mindre sofistikerade metoder för att dimensionera en IR-anläggning. De olika metoderna resulterar i anläggningar som skiljer sig från varandra endast marginellt. I botten ligger, för alla metoderna, DIN 4701, som beskriver hur man beräknar transmissions- och ventilationsförluster för en byggnad.

Här skall jag beskriva grunderna i en av dessa metoder. Den är enkel, och ger ett resultat som är tillförlitligt.

Transmissionsförluster

$P_T = \Sigma k * A * \Delta t$ [W]

k-materialets värmegenomgångstal	[W/m^2°C]
A-materialets yta	[m^2]
$\Delta t - (t_L - t_{LUT})$	[°C]
t_L-lufttemperatur	[°C]
t_{LUT}-lägsta dimensionerande utelufttemperatur (enl. SMHI's klimatdata, t ex Malmö=-14°C)	[°C]

Ventilationsförluster

$P_V = q * \delta * c_p * \Delta t$ [W]

q-summa tilluft inkl ofrivillig ventilation	[m^3/s]
δ-ventilationsluftens medeldensitet	[kg/m^3]
c_p-ventilationsluftens medelvärmekapacivitet	[J/kg°C]
$\Delta t - (t_L - t_{LUT})$	[°C]

Totalt effektbehov

$$P_{tot}=P_T+P_V-P_i \qquad [W]$$

där P_i är internvärmeeffekten. Denna är beroende av verksamheten man har i lokalen.
Man brukar, för mekanisk verkstad eller plåtslageri, räkna med 20-25 W/m^2 golvyta.

Denna metod för att beräkna totalt effektbehov är oberoende av vilken typ av uppvärmningssystem som skall användas.

Noteras bör dock att det är lufttemperaturen som används vid beräkningarna, och denna kan ju hållas betydligt lägre vid IR-uppvärmning, då man "ersätter" denna lufttemperatur med strålningstemperatur.

Här ligger den största energibesparingen jämfört med konventionella uppvärmningssystem.

Normalt ligger den avgjort största energiförlusten på ventilations-förlusterna. Det gör den här besparingen ännu större.

Ventilation för strålningsbrännarna

Då strålningsvärmarna normalt installeras utan någon avgaskanal, avgaserna blandas med luften i lokalen, så måste man ta hänsyn till dessa, och eventuellt öka ventilationen i lokalen.
För de flesta lokaler (åtminstånde äldre) är det så att den verkliga ventilationen är större än vad som krävs i SBN 80.
Därför täcks ofta även den för strålarna erforderlige ventilationen in i denna.

DVGW G638 säger att minsta erforderliga ventilation för IR är 20 m3/kW h.
DVGW:s värden får anses vara relevanta även i Sverige.

Den installerade effekten gånger 20 ger alltså den erforderliga ventilationen för strålarna.

Qtoterf = QSBN 80 + QIRmin

Qtoterf - totalt erforderlig vent. i lokal
QSBN 80 - min vent. enligt SBN 80
QIRmin - min erforderlig vent. för IR

Är den totalt erforderliga ventilationen mindre än den verkliga ventilationen i lokalen så är det OK, eventuellt kan man kanske gå in och försöka minska den verkliga ventilationen till en lämpligare nivå och därmed minska ventilationsförlusterna.
Är fallet det omvända måste vi öka ventilationen till Qtoterf. Härmed måste beräkningarna korrigeras pga att ventilationsförlusterna också ökar.

3.3 VAL AV STRÅLARTYP

Först måste man bestämma sig för vilken typ av strålare man skall installera, mörk- eller glödstrålande.

Enkelt kan vi uttrycke det så att det är takhöjden (monteringshöjden) som avgör.

Mörkstrålare monteras på minst 3 meters höjd, upp till 7-8 meters höjd.

Glödstrålare monteras från 5-6 meters höjd och uppåt.

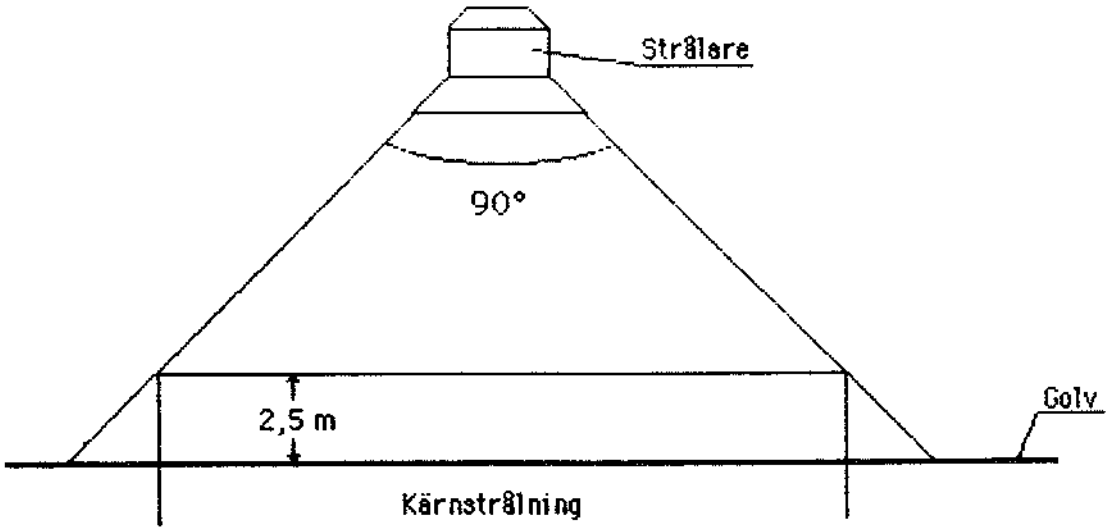
I gränsskiktet, 5-8 meter, kan man alltså välja endera eller båda i kombination.
Avgörande kan gli det att för glödstrålande slipper man att montera skorsten/skorstenar, och det faktum att de mörkstrålande har en relativt hög ljudnivå, medan de glödstrålande är i det närmaste ljudlösa.

3.4 INSTALLATION

När man valt typ av strålare gäller det att bestämma sig för hur strålarna skall placeras.

Resonemanget är det samma för både mörk- och glödstrålande.

Först tittar vi på strålningsbilden för en strålare.



Strålningsbild, Glödstrålare

Som vi ser i diagrammet har man ett kärnstråleområde utgående från strålarens centrum med vinkeln 90° (110° för mörkstrålare). Inom detta område är strålningen som starkast och mest likformig.

Strålarna bör inte placeras glesare än att kärnstrålningsområdena överlappar varandra på ca 2,5m höjd. Detta för att strålningsfördelningen skall bli så jämn sommöjligt.

För övrigt placeras strålarna så symmetriskt som möjligt.

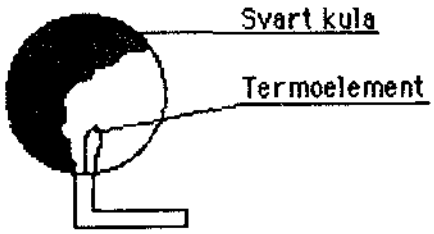
3:5 REGLERING

Först gäller det att mäta rumslufttemperaturen. Detta sker med en temperaturgivare som också tar hänsyn till strålningstemperaturen.

Det finns två typer av givare som används för detta ändamål.

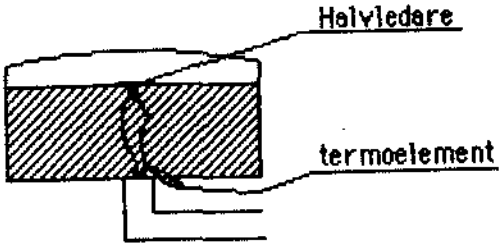
Svartkroppstermometern består av ett termoelement som är placerat inuti en svartmålad kula. Kulan värms upp av dels lufttemperaturen, dels så absorberar den svarta ytan på kulan värmestrålningen.

Resultatet (utsignalen från termoelementet) blir summan av strålnings- och lufttemperatur.



Svartkroppstermometer

Luft-strålningstemperaturgivaren består av dels ett termoelement placerat i "skugga" från strålningen dels av en strålningskänslig halvledare som känner av strålningen från IR-strålare, tak, väggar, maskiner, solinstrålning mm.



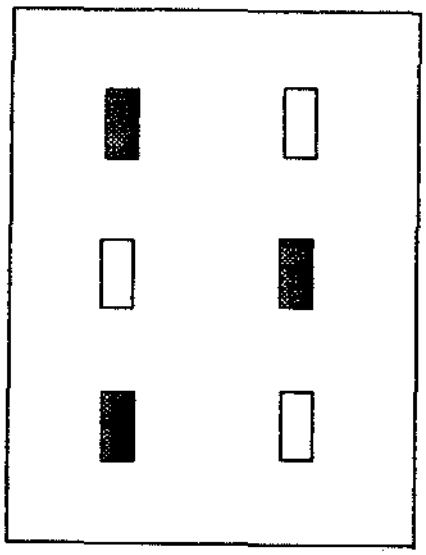
Luft/strålningsmätare

Signalerna från halvledare och termoelement tas emot av regler-utrustningen och omvandlas till rumslufttemperatur, och styr reglerinen av strålningsbrännarna.

Den senare typen av givare är den exaktare av de båda. Den känner av strålning och temperatur betydligt snabbare.
Nackdelen är att den är betydligt dyrare.

ON/OFF-reglering

Enklaste sättet att styra strålarna är att reglera dem ON/OFF. Detta görs ibland manuellt men normalt automatiskt. Ibland låter man strålarna arbeta i grupper och kan då stänga av t ex varannan strålare för att öka komforten.



ON/OFF reglering, med gruppindelning

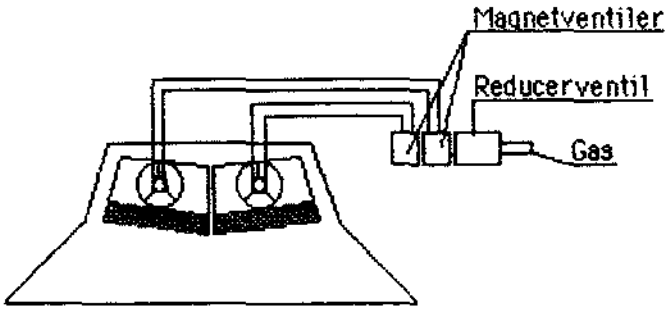
Tvåstegsreglering

Här finns två varianter.

1. Värmarens reglerstråk förses med en gastrycksregulator som reducerar gastrycket till strålarens munstycken till ett i förväg inställt värde.

2. Verje strålare är indelad i två separata brännare med gasdysa och injektor. I strålarens reglersträcka finns två magnetventiler, en för var brännarkammare.

Även med tvåstegsreglering kan man dela in strålarna i grupper och få en jämnare reglering.
Fördelen med variant 2 är att här går brännare hela tiden med full effekt, med maximal verkningsgrsd som följd.



Modulerande reglering

åstadkoms genom antingen en centralt placerad motorventil för gasen eller genom att det finns en modulerande enhet på var enskild strålare.

Den nominella effekten kan härmed regleras steglöst mellan 100% och 50%. Genom att dela in i 2 grupper kan effekten regleras ner till 25%.

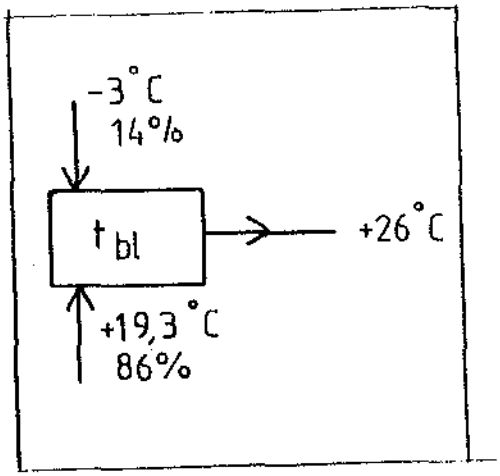
BERÄKNING AV ENERGIFÖRBRUKNING

---

1. NUVARANDE ENERGIFÖRBRUKNING

1.1 Beräkning enligt utförd mätning, lasthall

TA 22



$Q = 12.060\ m^3/h$

$t_{ute} = -3^o\ C$

$t_{frånl} = 19,3^o\ C$

86 % återluft

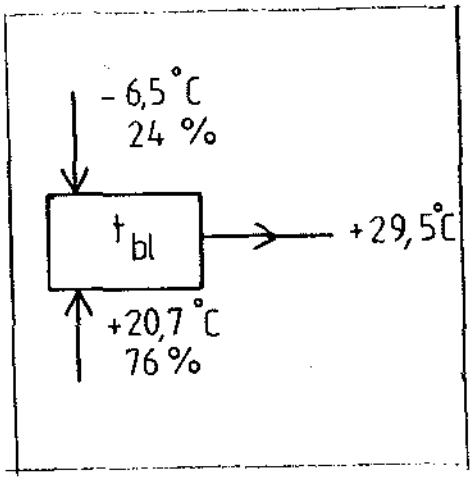
$t_{till} = 26,0$

$t_{bl} = 0,86 \times 19,3 \times 0,14 \times 3$

$= 16,2^o\ C$

$P = \frac{12.060}{3.600} \times 1,2 \times (26-16,2) = 39\ kW$

TA 23



$t_{ute} = -6,5^o\ C$

$t_{frånl} = 20,7$

$t_{till} = 29,5$

76 % återluft

$t_{bl} = 0,76 \times 20,7 - 0,24 \times 6,5$

$= 14,2$

$P = \frac{12.060}{3.600} \times 1,2 \times (29,5 - 14,2) = 61,5\ kW$

Antag $t_{lokal} = 17^o\ C$

TA 22 $\quad P = \frac{39}{17 + 3} = 1{,}95$ kW/° C

TA 23 $\quad P = \frac{61{,}5}{17 + 6{,}5} = 2{,}62$ kW/° C

Som genomsnitt $\frac{1{,}95 + 2{,}62}{2} = 2{,}29$ kW/° C

Vid $t_{lokal} = 17^{o}$ C
$t_{ute} = -16^{o}$ C

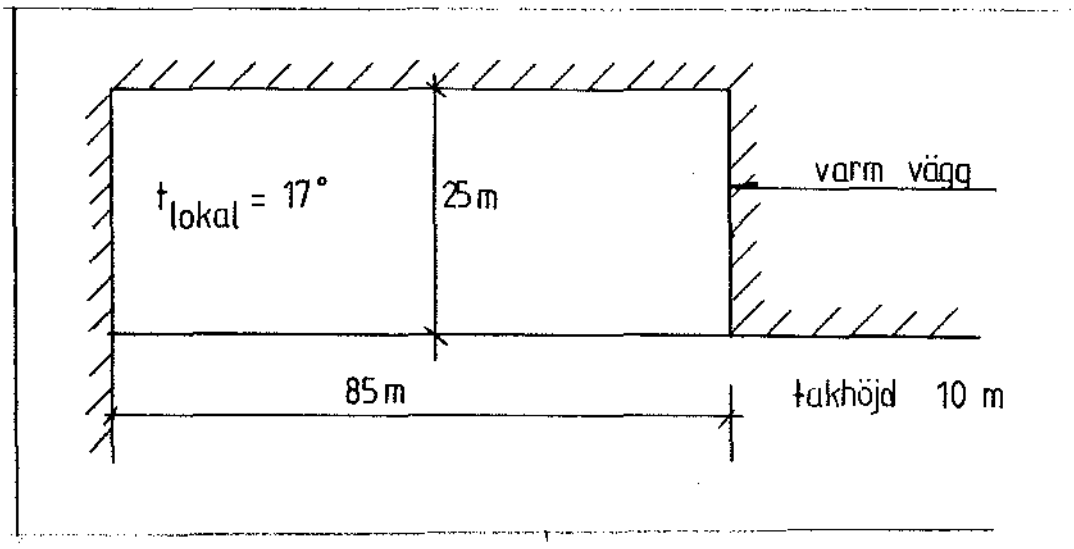
blir effektbehovet: 2 x 33 x 2,29 = 151 kW.

Enligt uppgift tas idag ca 87 % återluft, d.v.s. antalet oms/h = $\frac{2 \times 12.060 \times 0{,}13}{21.250} = 0{,}15$

Totala effektbehovet reduceras därvid också till 130 kW.

1.2 Teoretisk beräkning, lasthall

- Transmissionsförluster t_{ute} = -16° C.



Yta 85 x 25	= 2.125 m²	K-värde, tak:	0,5
Kall väggyta	= 850 m2	K-värde, vägg:	0,7

kA-värde = 1.658 W/° C

P_{trans} = 55 kW

- Ventilationsförluster.

Mekanisk ventilation = 0,15 oms/h, volym = 21.250 m³

P_{vent} = 35 kW

D.v.s. P_{tot} = <u>90 kW</u>

Anm. 1: Avgår 10 à 15 kW för belysning.

Anm. 2: Jämförelse mellan beräkning enligt 1,1 = 130 kW och 1,2 = 90 kW indikerar att ofrivillig ventilation "kostar" ca 40 kW, vilket motsvarar en ofrivillig ventilation genom portar på ca 0,17 oms/h, d.v.s. total ventilationsmängd 0,32 oms/h.

1.3 Årlig energiförbrukning, lasthall

Vent: Zonvärmebehov +17,9 - 21,5 d/v = 64.300 kJh/kg
$Q = 0,32 \times 2 \times 12.060\ m^3/h$
E = 165 MWh/år

Trans: Zonvärmebehov = 82.920 kJh/kg
E = 1.658 x 82.920 = 137 MWh/år

Tot = 302 MWh/år eller 37 m^3 EO3 vid 75 % total-verkningsgrad.

1.4 Teoretisk beräkning, plocklager och fullgodslager

- Transmissionsförluster.

Takyta hela fullgodslagret:
$160 \times 70\ m = 11.200\ m^2$

Kall väggyta:
$10 \times 70\ m = 700\ m^2$

KA-värde = 6.090 W/°C

P_{trans} = 201 kW

- Ventilationsförluster.

Antag samma mekaniska luftomsättning som lasthall 0,15 oms/h samt 0,03 oms/h, samt 0,03 oms/h som ofrivillig ventilation.

Volym = 112.000 m^3

P_{vert} = 222 kW

D.v.s. P_{tot} = <u>423 kW</u>

1.5 Årlig energiförbrukning, plocklager och fullgodslager

Vent: $Q = 0,18 \times 112.000\ m^3/h$
$E = 432$ MWh/år

Trans: $E = 6090 \times 82.920 = 505$ MWh/år

Tot: 937 MWh/år eller 116 m^3 EO3 vid 75 % total-verkningsgrad.

2. ENERGIFÖRBRUKNING VID IR-VÄRME

Vid uppvärmning med IR-värme kan lokalens lufttemperatur sänkas samtidigt som den "upplevda temperaturen" är oförändrad men kan ha maximalt ca 7° C lägre lufttemperatur, jämfört med upplevd temperatur utan minskad komfort.

En sänkning av lufttemperaturen med 7° C medför ett minskat effektbehov med ca 20 % och ett minskat energibehov med ca 50 %, d.v.s. energibehov för lasthallen.

Vent: Zonvärmebehov +10,9 - 21,5 d/v = 34.500 kJh/kg
E = 88 MWh

Trans: Zonvärmebehov +10 = 42.780 kJh/kg
E = 71 MWh

Tot = 159 MWh/år eller 14.700 nm^3 naturgas/år för lasthallen.

Plocklagret förses med IR-värme. Det förutsättes att övriga lokaler kan sänka sin temperatur till ca 10° C, medan upplevd temperatur i plocklager ligger på +17° C tack vare IR-värmen, d.v.s.

Vent: E = 232 MWh/år

Trans: E = 261 MWh/år

Tot = 493 MWh/år eller 45.650 nm^3 naturgas/år för plocklager - fullgodslager.

3. KOSTNADSJÄMFÖRELSE

Oljepris EO3 (SPK dec. 1987) = 1.597:-/m^3
(oljepris EO5 ca 1.500:-/m^3)

Naturgaspris 15 respektive 17 öre/kWh (bränsle).

Lasthall:

Oljekostnad = 59.000:-/år

Naturgaskostnad = 27.000:-/år
(exkl. kapitalkostnad)

d.v.s. 32.000:- lägre energikostnad per år med IR-värme.

Plocklager + fullgodslager:

Oljekostnad = 185.000:-/år

Naturgaskostnad = 84.000:-/år
(exkl. kapitalkostnad)

d.v.s. 101.000:- lägre energikostnad per år med IR-värme.

Totalt minskas således energikostnaderna med 133.000:- per år med IR-värme i lasthall och plocklager - fullgodslager. Notera att energiförbrukningen för utrymmet vid burkpressen ej medräknats. Denna förbrukning är relativt liten i förhållande till de två övriga objekten och har därför utelämnats i denna kalkyl.

Göteborg 1988-03-28
VIAK AB

BILAGA 2B
Gunnar Bäckstrand AB

BERÄKNING AV ENERGIFÖRBRUKNING

1. NUVARANDE ENERGIFÖRBRUKNING

Lokalyta:	45x20 m (sömnadshall)
	45x20 m (verkstad)
Takhöjd:	7 m
K-värde:	0,8 W/m2,½C (vägg)
	0,5 W/m2,½C (tak)
Ventilation:	0,5 oms/h
Temp, lokal:	18 ½C
Temp, ute:	-16 ½C

Effektbehov, sömnadshall

Transmission:
P(trans) = 36,2 kW

Ventilation:
P(vent) = 35,7 kW

Totala effektbehovet beräknas till ca 70 kW.

Effektbehov, verkstad

Transmission:
P(trans) = 36,2 kW

Ventilation:
P(vent) = 49,1 kW

Totala effektbehovet beräknas till ca 85 kW.

Energibehov, sömnadshall och verkstad

Transmission:
E = 226 MWh/år

Ventilation:
E = 75 MWh/år

Totala energibehovet beräknas till 300 MWh per år motsvarande ca 50 m3 EO1.

2. ENERGIFÖRBRUKNING VID IR-VÄRME

Energibehovet minskas till ca 150 MWh per år eller ca 14 000 nm3 naturgas.

Göteborg 1988-03-28

VIAK AB

EMMISIONER FRÅN IR-STRÅLARE

VENTILATIONSKRAV FÖR STRÅLARNA.

För lokaluppvärmning används i huvudsak två typer av strålare, den glödstrålande med keramiska plattor och den mörkstrålande med ett tubsystem där rökgaserna värmer röret.

Den mörkstrålande typen förses oftast med avgasföring, där var enskild strålare har varsin skorsten eller grupper av strålare förses med gemensam skorsten. Vid mörkstrålande flerbrännarsystem sugs rökgaserna ut med hjälp av en eller flera vakumflaktar. Mörkstrålarna kan även förses med en kåpa på luftintagssidan som förser brännaren med friskluft utifrån så att brännaren inte påverkar den luft som finns i lokalen alls. I detta fall behöver man inte ta någon hänsyn till strålarna vid dimensioneringen av ventilationssystemet.

De glödstrålande brännarna är normalt inte försedda med någon avgasföring. Detta gör att rökgaserna kommer att släppas ut direkt i lokalen och blandas med den luft som finns där. Det finns en del utrustning på marknadren som gör att den största delen av rökgaserna kan samlas upp, och föras bort i en skorsten. Problemet med detta är att förbränningsytan är i det fria och en del av avgaserna smiter runt reflektorkanten och blandas med luften i lokalen ändå.

TEORETISKT VENTILATIONSBEHOV

Det teoretiska ventilationsbehovet gäller för glöd- och mörkstrålare som inte är försedda med någon avgasföring.

Strålarna placeras vanligtvis så högt upp som möjligt. Man försöker se till att luften i den nedre delen av lokalen hålls så stilla som det enligt ventilationsnormerna är möjligt, för att inte i onödan blåsa ut den varmluftskudde man försöker skapa här (genom att golv och föremål värms upp för att sedan avge värme konvektivt till omgivande luft) och för att hålla lufthastighetan så låg som möjligt.
Dessa faktorer gör att huvuddelen av lokalens luftomsättning kommer att ligga uppe vid taket där strålarna sitter och släpper ut sina rökgaser.

När de teoretiska ventilationsbehoven skall beräknas får man räkna med

fallet att rokgaserna blandas homogent med luften o lokalen. Dimensioneras ventilationsanlaggningen efter detta skall det inte kunna uppstå några otillåtna koncentrationer av skadliga amnen mer an mycket lokalt, och då troligtvis i de ovre regionerna av lokalen (de varma rokgasena stiger).

$$V_v = X * V_a / X_{max} - V_a$$

dar:

V_v - ventilationsluftvolym
V_a - avgasvolym från brannarna
X - halt av amnet i avgaser
X_{max} - hygieniskt gransvarde

De amnen i avgaserna som kan bli dimensionerande for ventilationen ar koldioxid, koloxid, kvaveoxid samt kvavedioxid.

Amne	Hyg. gransvarde vol-%	Maxhalt i avgaser vol-%	
CO_2	0,5	9,8	stokiometriskt
CO	0,0035	0,1	max typgodkann.
NO	0,003	0,007	Naturgas-Halsa
NO_2	0,0004	0,0005	och Miljo

Med dessa parametrar kanda kan foljande beraknas:

<u>Koldioxid</u>

$$V_v = 18,6 * V_a$$

Koloxid

$$V_v = 27{,}6 * V_a$$

Kvaveoxid

$$V_v = 1{,}33 * V_a$$

Kvavedioxid

$$V_v = 0{,}25 * V_a$$

Koloxiden ar den faktor som blir dimensionerande for ventilations-anlaggningen.

Förutom denna luftmangd för att spada ut avgaserna kravs luft för att forse brannaren med forbranningsluft. Teoretiskt kravs $0{,}9 * V_a$ för att få stokiometrisk förbränning.

Den totala ventilationsluftmangden som kravs for strålarna ar då

$$27{,}6 + 0{,}9 = \underline{28{,}5 * V_a}.$$

Med kannedom om att varmevardet H_i for naturgas ar 39000 $kJ/m^3{}_B$, och att det vid förbränningen bildas 11,5 $m^3{}_a/m^3{}_B$ kan man saga att det kravs 0,3 $m^3{}_L/MJ$.

Med denna faktor samt faktorn $28{,}5 * V_a$ kan foljande samband stallas upp:

$$V_v = I_s / 33{,}05$$

där

V_v - ventilationsbehovet för lokalen [$m^3{}_L/m^2/h$]

I_s - Strålningsflödestäthet [W/m^2]

Den för lokalen erforderliga ventilationen skall alltså ökas med ovanstående faktor.