



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R8:1974

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄRME OCH VÄTAN
BIBLIOTEK

Elluftvärmare i ventila- tionsanläggningar

Jan Holmberg

Per-Ove Hedberg

Byggforskningen

Elluftvärmare i ventilationsanläggningar

Jan Holmberg & Per-Ove Hedberg

Vid planering och installation av ventilationsanläggningar med elvärme är det om möjligt ännu viktigare med god samordning än vid konventionella anläggningar med vattenvärme. Dels är det ur säkerhetssynpunkt viktigt att anläggningen blir riktigt utförd, dels är gränserna oklarare mellan berörda fack (ventilation, värme och el) samtidigt som fler entreprenörer och underleverantörer är inblandade (ventilationsentreprenör, elinstallatör, leverantör av värmare och leverantör av styrutrustning). Risken är därför stor att ett glapp uppstår vid genomförandet av projektering och installation. Tyvärr händer det också att eventuella fel inte upptäcks vid slutbesiktningen. Orsaken här till är att ansvarsgränserna är oklara och viktiga funktioner därför ej provas.

Denna rapport syftar bl.a. till att belysa några av de funktionskrav som man har att ta hänsyn till vid ventilationsanläggningar med elvärme. I rapporten redovisas en översikt av bestämmelser och hur de kan uppfyllas. Dessutom behandlas värmarnas konstruktion, styrning och installation samt några av de praktiska problem som konstaterats vid anläggningar av denna typ

Bestämmelser

Under de senaste två åren har delvis nya förutsättningar skapats för att ventilationsanläggningar med elvärme skall kunna utvecklas ytterligare. Elverksförningens senast utkomna normer har redovisat eldistributörernas syn på möjligheterna att utnyttja elvärme samtidigt som nu SEMKO:s provningsbestämmelser för kanalvärmare har fastställts. Dessa normer tillsammans ger tillverkarna en fastare grund att stå på när de utformar sina konstruktioner, vilket bör kunna stimulera till en förbättrad produktutveckling. Det finns ytterligare en faktor som på sikt kan komma att påverka tillverknings- och provningskostnaderna för värmarna, nämligen det arbete som påbörjats inom byggstandardiseringen (BST). Det syftar till att undersöka möjligheterna till standardisering av storlekar och effekter för elluftvärmare.

De i Sverige gällande bestämmelserna omfattar dels säkerhetsföreskrifter, dels bestämmelser för elnätets utnyttjande. Nedanstående föreskrifter gäller förhållanden i december 1973.

Säkerhetsföreskrifterna är av tre slag, nämligen:

Kungl. Kommerskollegii säkerhetsföreskrifter

SEMKO:s bestämmelser (SEMKO 111, del I och SEMKO 111 FA)

Brandföreskrifter

Som grund för de lokala elverkens bestämmelser ligger "Installationsbestämmelser för lågspänningsanläggningar", Svenska Elverksförningens normalbestämmelser av år 1971.

Det bör påpekas att normalbestämmelserna endast är en rekommendation som ej behöver följas av de lokala distributörerna. Man bör därför vid projektering av anläggningar med elektriska luftvärmare ta kontakt med den lokala kraftleverantören. Distributörernas krav påverkar således elvärmarens effektuppdelning och styrning.

Förutom ovanstående krav gäller naturligtvis Svensk Byggnorm i tillämpliga delar samt Televerkets normer beträffande styrutrustningens inverkan på radio- och TV-mottagning.

Elluftvärmarnas konstruktion

Marknaden för elluftvärmare i Sverige har under många år varit relativt begränsad, vilket medfört att utvecklingen av värmarna har gått relativt långsamt om man jämför med exempelvis elradior och bastuaggregat. Tidigare användes praktiskt taget uteslutande s. k. rörelement i elluftvärmarna.

Rörelementens ytemperatur håller sig normalt kring 300–400°C. Verkningsgraden varierar mellan 95 till 97 % vid en ytemperatur på höljet av ca 70°C. För att erhålla en lägre ytemperatur i värmarna har tillverkare tagit fram några olika värmare med ytförstoring. Den äldsta av dessa är det så kallade Brickelementet.

På senare år har konstruktioner tagits fram med värmarelement med lameller motsvarande de som används för konventionella vattenluftvärmare. Lamellvärmare är vid samma effekt ungefär dubbelt så dyra som rörelementvärmare. En tillverkare har även börjat framställa ett kamflänselement där flänsarna är påvalsade direkt på rörelementet. Fördelen med dessa element-typer är att man ernär en god ytförstoring utan att behöva öka elementets vikt i motsvarande grad. Verkningsgraden är också högre än för rörelement. (FIG. 1.)

Byggeforskningen Sammanfattningar

R8:1974

Nyckelord:

luftbehandlingsanläggning, ventilationsanläggning, elluftvärmare, säkerhetsföreskrifter

Rapport R8:1974 hänför sig till anslag D 544:2 från Statens råd för byggnadsforskning till Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB.

UDK 697.94

697.38

SfB (57)

ISBN 91-540-2309-2

Sammanfattning av:

Holmberg, J & Hedberg, P-O, 1974, *Elluftvärmare i ventilationsanläggningar*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R8:1974, 60 s., ill., 16 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: installation

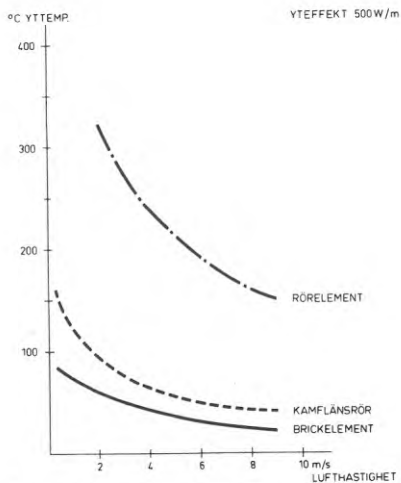


FIG. 1. Ytemperatur vid olika lufthastigheter för tre elementtyper.

Installation

De elektriska säkerhetsföreskrifterna anger att "fast uppställd elvärmefläkt skall vara lätt tillgänglig för tillsyn och rengöring". Tyvärr efterlevs inte alltid denna bestämmelse. Det förekommer att elvärmarna blockeras av t.ex. kylvattenrör, ventilationskanaler och andra apparatdelar. Förutom de praktiska problemen med placering och montage måste även en funktionssamordning ske med alla övriga samverkande delar i anläggningen.

De säkerhetstekniska funktionskrav som anges i bestämmelserna kan uppfyllas på flera sätt. De två faktorer som därvid oftast skapar problem är förreglingen av värmaren alternativt värmarna över fläkten och utförandet av temperaturbegränsaren. I säkerhetsföreskrifterna förutsätts att "strömmen till värmeelementen icke kan slås till utan att tillhörande fläkt dessförinnan eller samtidigt startas". Förutom förregling av fläktmotorernas kontakter bör elvärmaren förreglas över en hastighetsvakt på fläkten eller också över en flödes- eller tryckvakt.

I säkerhetsföreskrifterna finns även angivet att värmarna skall vara utförda med temperaturbegränsare. Den skall "bryta definitivt", vilket innebär att den inte får vara utförd för automatisk återgång. Vid elektrisk förregling av överhettningsskyddet sker i regel el-anslutningen av säkerhetsfunktion vid montage ute på anläggningen. Det är därför i sådana fall särskilt viktigt att ett funktionsprov verkligen utförs i samband med besiktningen. Elektrisk förregling

innebär att återstart efter strömavbrott alltid måste ske manuellt.

Vid start av ett ventilationssystem med elvärme finns det stor risk för att kall luft oavsiktligt tillförs anläggningen vid låga utetemperaturer. Detta är speciellt allvarligt om anläggningen är utrustad med en luftkylare som har kallvatten som kylmedium. Även ett system med vattenfuktare kan ta skada vid temperaturer under 0°C. Det är således befogat att förse även elvärmearnäggningen med lågtemperaturskydd (frys-skydd). Vid stopp av en anläggning med elvärmare med stora effekter kan den värmeenergi som finns lagrad i elementstaverna orsaka höga temperaturer på omgivande apparatdelar. Därför bör fläkten vara så kopplad att den fortsätter att gå en tid efter det att värmaren har slagits ifrån.

Dimensionering och styrning

För konventionella luftvärmare med vatten som värmemedium finns det beprövade system för temperaturreglering. Det är förhållandevis enkelt och billigt att erhålla en kontinuerlig styrning av värmeeffekten med hjälp av en ventil.

Vid system med direkt elvärme är det betydligt svårare att välja styrutrustning. Visserligen är det möjligt att använda tyristorer för att styra effekten, men det är fortfarande dyrbart för de effekter som förekommer vid ventilationsanläggningar. Distributörernas bestämmelser begränsar också möjligheterna till tyristorstyrning. Det vanligaste sättet att styra effekten är fortfarande in- och urkoppling i olika effektsteg.

I de fall då stora temperatursvängningar inte kan tillåtas, eller om distributören inte tillåter stora effektsteg, måste värmaren delas upp i flera element. Denna uppdelning utföres vanligtvis med effektsteg enligt en geometrisk se-

rie. På detta sätt kan man uppnå många reglersteg med ett relativt litet antal deleffekter. Enligt elverksföreningens bestämmelser är inkopplingsfrekvensen och stegets effekt avgörande för styrningen av värmaren. För att kunna minska inkopplingsfrekvensen av de stora effektstegen kan man införa ett extra första steg för finreglering. Genom denna uppdelning är det alltid det första (minsta) steget som utför temperaturregleringen och de övriga stegen ligger som grundeffekter.

Ett rums värmeackumulerande förmåga gör att man trots svängningar i tillufttemperaturen i vissa fall kan få en utjämning som ger en tillräcklig stabilitet hos rumstemperaturen. I sådana fall kan styrning av rumstemperaturen med en tvålägestermotat ofta vara tillräcklig. Användes en termostat med accelerationselement och kompensering mot belastningsavvikelse erhålles en hög kopplingsfrekvens och jämn temperatur. Tilluftdonets placering och utförande är dock avgörande för slutresultatet.

Är värmarens effekt uppdelad i effektförhållandet 1 + 2 kan en 3-stegstermostat användas. Om värmaren uppdelas i 3 eller fler effektsteg måste normalt en programkopplare användas. Ett elektriskt, alternativt pneumatiskt, ställdon kan styra programkopplaren. Under de senaste åren har emellertid helt elektronisk programstyrning blivit allt vanligare.

Kontinuerlig reglering kan uppnås antingen med vridtransformator, som styr spänningen till värmaren, eller med tyristorreglering utförd enligt den tidsproportionerande metoden. Denna kan beskrivas som en mycket snabb tvålägestyrning. Genom att kombinera tyristor- och stegstyrning är det möjligt att åstadkomma en god reglernoggrannhet till en rimlig kostnad. (FIG. 2.)

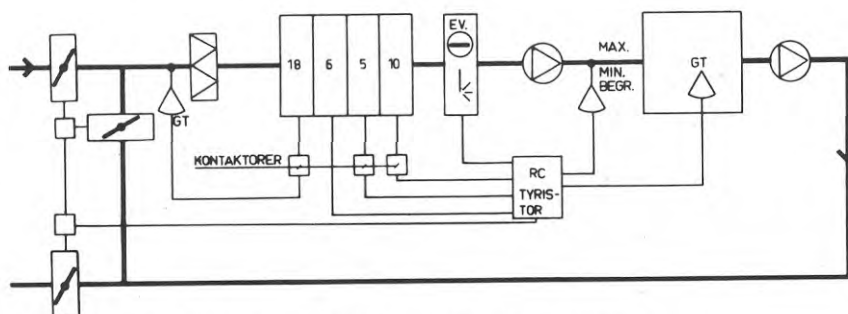


FIG. 2. Effektuppdelning vid kombination av tyristor- och stegstyrning.

Electric air heaters in ventilation installations

Jan Holmberg & Per-Ove Hedberg

Satisfactory co-ordination in conjunction with the planning and installation of ventilation plants comprising electric air heaters is, if possible, even more important than in the case of conventional installations based on water heating. From the point of view of safety it is important that the installation should be properly constructed, the lines of demarcation between the various trades involved (ventilation, heating and electricity) are less distinct, and at the same time there are also more contractors and subcontractors involved (ventilation contractors, electrical installation contractors, the suppliers of heaters and suppliers of control equipment). There is therefore a great risk that there will be lack of contact at some point in the course of design and installation. Unfortunately, it is also possible for defects not to be discovered at the time of the final inspection. The reason for this is that the division of responsibility is not clear and important functions are therefore not tested.

One of the aims of this report is to throw a light on some of the functional requirements which must be taken into consideration in ventilation plants comprising electric heating. The report gives a review of regulations and the way these can be complied with. It also deals with the design, control and installation of the heaters and also mentions some of the practical problems which have been found in plants of this type.

Regulations

Some new regulations have been introduced over the past two years which will make possible further development of ventilation installations comprising electric heating. The latest codes published by the Swedish Association of Electricity Supply Undertakings give the views of the supply undertakings on the facilities for utilising electric heating, and at the same time the Swedish Board for Testing and Approval of Electrical Equipment, SEMKO, has also published the regulations for the testing of warm air heaters. Taken together, these codes provide the manufacturers with a firmer basis in designing their equipment, and this should provide the stimulus for an improvement in product development. There is one more factor which is likely to have a bearing on the production and testing costs of heaters, namely the work which has been started by the Institute for Standardisation in Building (BST). This has the aim of investigating the possibilities of standardising the sizes and outputs of electric air heaters.

The regulations applicable in Sweden

comprise safety regulations and regulations governing utilisation of the electricity supply network. The following regulations were in force in December 1973.

There are three kinds of safety regulations,

The Safety Regulations of the Swedish Board of Commerce

The regulations published by SEMKO (SEMKO 111, Part I and SEMKO 111 FA)

Fire regulations

The "Installation Regulations for Low-Voltage Plants", the standard regulations of the Swedish Association of Electricity Supply Undertakings dating from 1971, form the basis of the regulations issued by the local electricity undertakings.

It should be pointed out that these standard regulations are only a recommendation which the local undertaking need not comply with. Contact should therefore be established with the local electricity undertaking during design of installations comprising electric air heaters. The requirements of the undertakings thus influence the sectionalisation and control of the electric heaters.

In addition to the above requirements, the appropriate sections of the Swedish Building Code and the code of the Telecommunications Administration regarding the effect of the control equipment on radio and television reception must also be observed.

The design of electric air heaters

The market for electric air heaters has been relatively limited in Sweden for many years, with the result that development of heaters has been comparatively slow compared with e.g. electric radiators and sauna heaters. The heating elements previously used in electric air heaters have been almost exclusively the tubular type. The surface temperature of these tubular elements is normally approx. 300–400°C and the temperature of the casing is approx. 70°C. Efficiency varies between 95 and 97%. In order to achieve a lower surface temperature than in the case of the tubular elements, the manufacturers have developed different types of heaters with enlarged surfaces. The oldest of these what is known as the "Brick" radiator.

In recent years designs have been produced with finned heaters of the same type as those in conventional water air heaters. For the same output, finnedtube heaters are about twice as expensive as tubular heaters. One manufacturer has also started production of a gilled tube element in which the projec-

National Swedish Building Research Summaries

R8:1974

Key words:

air handling installation, ventilation installation, electric air heater, safety regulations

Report R8:1974 refers to Grant D 544:2 from the Swedish Council for Building Research to Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB.

UDC 697.94
697.38
SfB (57)
ISBN 91-540-2309-2

Summary of:

Holmberg, J & Hedberg, P-O, 1974, *Elluftvärmare i ventilationsanläggningar*. Electric air heaters in ventilation installation. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R8: 1974, 60 p., ill., 16 Sw Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

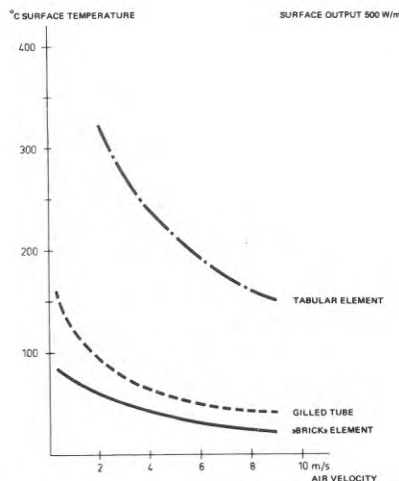


FIG. 1. Surface temperature at different air velocities for three types of element.

tions are directly rolled onto the tubular element. The advantage of the last two types of elements is that satisfactory surface enlargement is achieved without a corresponding increase in the weight of the tubes. The efficiency is also higher than in the case of plain tubes. (FIG. 1.)

Installation

The electrical safety regulations stipulate that "a permanently installed heater fan must be easily accessible for inspection and cleaning". Unfortunately, these regulations are not always observed. There are cases where access to electric heaters is prevented by e.g. cooling water pipes, ventilation ducts and other parts of the apparatus. Apart from the practical problems in placing and installation, there must also be functional co-ordination with all the other interacting parts of the installation.

The functional safety requirements in the regulations can be complied with in a number of ways. The two factors which most often pose problems in this connection are interlocking of the heater or heaters with the fan and the construction of the thermal cut-out. The safety regulations stipulate that "it must be impossible for a heater to be switched on without an associated fan being previously or simultaneously started up". In addition to being interlocked over the contactor of the fan motor, the air heater should also be interlocked over a speed sensor on the fan or also over a flow or pressure sensor.

The safety regulations also stipulate that heaters must incorporate a thermal cut-out. This shall "make a definite break", which implies that it shall not have automatic reset. In conjunction with electrical interlocking of the thermal cut-out, electrical connection of the safety function is usually made when the equipment is installed in the plant. It is

therefore particularly important in such cases that an operational test is really performed at the time the inspection is carried out. Electrical interlocking means that restart after an interruption of current must always be performed manually.

When a ventilation system comprising electric heating is started up, there is a great risk that cold air will unintentionally be admitted to the plant when the outside temperatures are low. This is particularly serious if the installation is equipped with an air cooler with water as the coolant. A system containing humidifiers can also be damaged at temperatures below 0°C. There is therefore justification for fitting low-temperature protection (frost protection thermostat) even to electric heating plants. When a plant containing electric heaters of high output is stopped, the heat energy stored in the element may cause the surrounding parts of the apparatus to assume high temperatures. The fan should therefore be connected in such a way that it will continue to run for some time after the heater has been switched off.

Design and control

For conventional air heaters using water as the heating medium there are well tried systems for temperature regulation. It is comparatively easy and cheap to obtain continuous control of the heat output by means of a valve.

In systems employing direct electric heating, it is considerably more difficult to select the control equipment. Although it is possible to make use of thyristors to control output, these are still expensive for the outputs encountered in ventilation installations. The regulations of the supply undertakings also limit the use of thyristor control. The most common method of controlling output is still switching in different power stages.

In cases where large temperature variations cannot be permitted, or if the supplier does not permit large power stages, the heater must be divided into a

number of elements. This division is usually effected by means of power sections in a geometric series. In this way many control stages can be obtained with a relatively small number of power stages. In accordance with the regulations of the Association of Electricity Supply Undertakings, it is the switching frequency and the power of each stage which is critical with regard to the control of the heater. In order that the switching frequency of the large power stages may be diminished, an additional first stage may be introduced to provide fine adjustment. In this way, it is always the first (smallest) stage which performs the temperature control and the other stages are basic power consumption.

Owing to the thermal accumulation capacity of a room, it is possible in some cases to achieve equalisation in spite of variations in the inlet air temperature, and this gives the room temperature sufficient stability. In such cases control of the room temperature by means of a two-point thermostat may often be sufficient. If a thermostat with an acceleration mechanism and compensation for deviations in load is used, a high switching frequency and even temperature is obtained. The placing and construction of the inlet unit is however critical for the final result.

If the output of the heater is split up in the ratio 1 + 2, a 3-point thermostat can be used. If the heater is divided into 3 or more output stages, a programme switch must normally be employed. An electrical or pneumatic contact can control the programme switch. Completely electronic programme control has however become increasingly common in recent years.

Continuous regulation can be achieved either by means of a rotary transformer which controls the voltage supply to the heater or by means of thyristor control designed on the basis of the proportional method. This can be described as a very rapid two-position control. By combining thyristor and section control, it is possible to achieve satisfactory accuracy of control at a reasonable cost. (FIG. 2.)

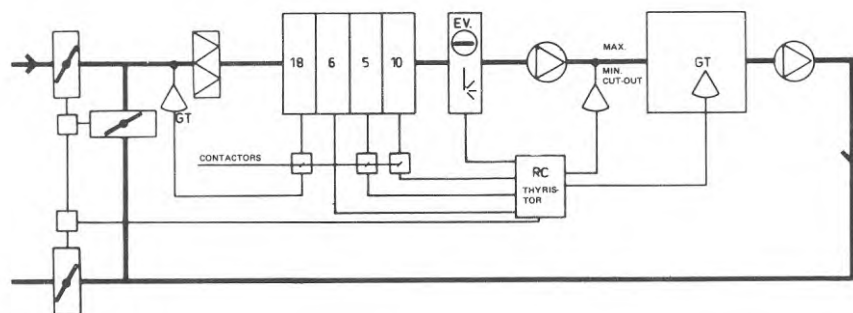


FIG. 2. Sectionalisation in combined thyristor and stage control.

Rapport R8:1974

ELLUFTVÄRMARE I VENTILATIONS-
ANLÄGGNINGAR

av Jan Holmberg & Per-Ove Hedberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag D 544:2
från Statens råd för byggnadsforskning till Hugo Theo-
rells Ingenjörbyrå AB.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

ISBN 91-540-2309-2

Rotobekman AB, Stockholm 1974

INNEHÅLL

INLEDNING	5
1 BESTÄMMELSER	6
1.1 Allmänt	6
1.2 Säkerhetsföreskrifter	6
1.2.1 Kommerskollegii säkerhetsföreskrifter	6
1.2.2 SEMKO:s bestämmelser	11
1.2.3 Brandföreskrifter	13
1.3 Distributörernas bestämmelser	13
1.4 Utländska bestämmelser	15
2 EL-LUFTVÄRMARNAS KONSTRUKTION	16
2.1 Allmänt	16
2.2 Rörelement	16
2.3 Värmeelement med ytförstoring	18
2.3.1 Brickelement	18
2.3.2 Lamellutförande	20
2.3.3 Kamflänsrör	20
2.4 Värmarens hölje	22
3 EL-LUFTVÄRMARNAS INSTALLATION	24
3.1 Allmänt	24
3.2 Säkerhetskrav	24
3.2.1 Förregling av Fläkt-Värmare	25
3.2.2 Temperaturbegränsare	26
3.3 Start- och stoppfunktioner	27
3.4 Montering	31
4 DIMENSIONERING OCH STYRNING	34
4.1 Allmänt	34
4.2 Värmarnas dimensionering	34
4.3 Uppdelning i deeffekter	36
4.4 Styrning	38

4.4.1	Allmänt	38
4.4.2	Styrning av rumstemperatur	38
4.4.3	Styrning av tillufttemperatur	39
4.4.4	Kontinuerlig reglering	41
4.4.5	Kombinerad reglering	43
5	NÅGRA BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR	45
5.1	Allmänt	45
5.2	Kontorslandskap i Lund	46
5.3	Kontorshus i Luleå	51
5.4	Kontorshus i Växjö	58
6	SLUTORD	60
	BILAGA 1 1)	
	BILAGA 2 1)	
	BILAGA 3 1)	
	BILAGA 4 1)	

1) Bilagorna 1 - 4 publiceras ej. De redovisar sammanställningar av bestämmelser för el-luftvärmare i Canada och USA.

INLEDNING

Vid planering och installation av ventilationsanläggningar med elvärme är det om möjligt ännu viktigare med god samordning än vid konventionella anläggningar med vattenvärme. Dels är det ur säkerhetssynpunkt viktigt att anläggningen blir riktigt utförd, dels är gränserna oklarare mellan berörda fack (ventilation, värme och el) samtidigt som fler entreprenörer och underleverantörer är inblandade (ventilationsentreprenör, elinstallatör, elvärmeställverkare, styrutrustningsleverantör). Risken är därför stor att ett "glapp" uppstår vid genomförandet av projektering och installation. Tyvärr händer det också att eventuella fel ej upptäcks vid slutbesiktningen. Orsaken härtill är att ansvarsgränserna är oklara och viktiga funktioner därför ej provas. Ofta beror felen vid anläggningarna på faktorer som bristande erfarenhet av elvärmeställningar och oklara provningsbestämmelser. Det allt överskuggande problemet utgör dock den bristande samordningen.

Denna rapport redovisar en översikt av nuvarande bestämmelser och hur de kan uppfyllas. Dessutom behandlas några av de praktiska problem som konstaterats vid olika elvärmeanläggningar. Energikostnaderna, byggnadens totalenergifrågor och system med värmepumpar behandlas ej i rapporten. Elvärme med elpannor har heller inte tagits upp, eftersom luftvärmarna i sådana fall motsvarar konventionella anläggningar. Rapporten behandlar endast "direkta" elektriska luftvärmare i kanalanslutna luftbehandlingsanläggningar.

1 BESTÄMMELSER

1.1 Allmänt

De i Sverige gällande bestämmelserna omfattar dels säkerhetsföreskrifter, dels bestämmelser för el-nätets utnyttjande. Nedanstående relaterade föreskrifter gäller förhållandena i januari 1973.

1.2 Säkerhetsföreskrifter

Säkerhetsföreskrifterna är av tre slag nämligen

Kungl Kommerskollegii säkerhetsföreskrifter

SEMKO:s bestämmelser

Brandföreskrifter

1.2.1 Kommerskollegi säkerhetsföreskrifter för elektriska starkströmsanläggningar

Föreskrifterna behandlar elvärmefläktar under Allmänna bestämmelser § 42g. Elvärmefläktar i brandfarliga rum och explosionsfarliga rum behandlas under Särskilda bestämmelser i § 50h resp. § 57g. Nedan återges de aktuella delarna av föreskrifterna.

Säkerhetsföreskrifterna § 42

Värmeapparater

g. Elvärmefläktar

För fast eller flyttbar elvärmefläkt(aerotemper) gäller nedanstående bestämmelser:

1. Elvärmefläkt skall vara så utförd att strömmen till värmeelementen icke kan slås till utan att tillhörande fläkt dessförinnan eller samtidigt startas. Strömmen till fläktmotorn skall icke kunna slås ifrån utan att strömmen till värmeelementen dessförinnan eller samtidigt brytes.

2. Elvärmefläkt skall vara så dimensionerad att temperaturen på dess för beröring åtkomliga ytor ej överstiger 125°C vid apparatens märkspänning.
3. Elvärmefläkt skall vara försedd med temperaturbegränsare ("katastrofskydd") som snabbt och säkert bryter strömmen till värmeelementen innan farlig överhettning kan uppstå, t ex om fläkten stannar. Temperaturbegränsare skall bryta definitivt och får ej vara anordnad för automatisk återinkoppling.
4. Apparatens hölje samt eventuell värme- och ljudisolering skall bestå av obrännbart material.
5. Fast uppställd elvärmefläkt skall vara lätt tillgänglig för tillsyn och rengöring.

Förklaring. Föreskriften anses uppfylld av elvärmefläkt som är utförd och anordnad enligt gällande Semkobestämmelser.

Säkerhetsföreskrifterna § 50

Brandfarliga rum

h. För elvärmefläkt (aerotemper) som är uppställd i brandfarligt rum gäller vad i § 42 mom. g punkterna 1, 3, 4 och 5 är föreskrivet samt följande särskilda bestämmelser:

Värmeelementen skall ha så släta och litet dammsamlade ytor som möjligt.

Den elektriska utrustningen skall ha hölje som erbjuder tillfredsställande skydd mot damms inträngande.

Den från apparaten avgivna luftens temperatur får ej överstiga 100°C .

Elvärmefläkten skall vara så dimensionerad, att temperaturen på för beröring åtkomliga ytor vid apparatens märkspänning ej överstiger i normal drift 100°C och kortvarigt i "katastroffall" (t.ex om fläkten stannar) 150°C .

Luften skall intas från plats där den är fri från brännbart damm samt brännbara ångor och gaser. Luften må dock undantagsvis tas från uppställningslokalen, under förutsättning att dammförekomsten i rumsluften är synnerligen ringa och elementkonstruktionen samtidigt sådan, att risken för avlagring av damm på varma delar är obetydlig.

Förklaring

Föreskriften anses ifråga om utförandet uppfyllt av elvärmefläkt som är utförd enligt gällande Semkoberstämmeleser för dylika apparater avsedda för brandfarliga rum.

i. För elvärmefläkt som är uppställd i icke brand- eller explosionsfarlig lokal men som är avsedd att blåsa in luft i brandfarlig lokal eller djurstall gäller vad i § 42 mom. g punkterna 1-5 är föreskrivet. Om temperaturen överstiger i mom. h, femte stycket, angivna värden, skall dock även följande iakttas:

Apparaten skall vara skild från den brandfarliga lokalen genom brandsäker eller brandhändig vägg eller vägg av annat slag, försedd med åtminstone brandhändig beklädnad på den sida som vetter mot apparaten.

Luften skall intas från plats där den är fri från brännbart damm samt brännbara ångor och gaser.

Luftintaget till apparaten skall vara försett med metalltrådsnät med 6-8 mm maskvidd. Eventuell lufttrumma mellan apparaten och inblåsningsöppningen skall bestå av obrännbart material.

Säkerhetsföreskrifterna § 57

Explosionsfarliga rum

g. För elvärmefläkt (aerotemper) som är avsedd att blåsa in luft i explosionsfarligt rum gälla bestämmelserna i § 42g punkterna 1, 3, 4 och 5 samt följande särskilda bestämmelser:

Elvärmefläkt skall vara uppställd i icke brand- eller explosionsfarligt rum. Uppställningsplatsen skall vara skild från det explosionsfarliga rummet genom brandsäker eller brandhärdig vägg eller vägg av annat slag, försedd med åtminstone brandhärdig beklädnad på den sida som vetter mot apparaten.

Inblåsning av luften skall ske nära taket i det explosionsfarliga rummet och inblåsningsöppningen skall vara försedd med spjäll av obrännbart material, vilket automatiskt och säkert stänges då luftströmmen upphör.

Värmeelementen skall ha så släta och litet dammsamlande ytor som möjligt.

Den elektriska utrustningen skall ha beröringssäkert, strilsäkert utförande.

Den från apparaten avgivna luftens temperatur får ej överstiga 100°C.

Elvärmefläkt skall vara så dimensionerad, att dess yttemperatur vid märkspänning icke överstiger i normal drift 100°C och kortvarigt i "katastroffall" (t.ex om fläkten stannar) 150°C.

Luften skall intas från plats där den är fri från brännbart damm samt brännbara ångor eller gaser. Luftintaget till apparaten skall vara försett med metalltrådsnät med 6-8 mm maskvidd. Eventuell lufttrumma mellan apparaten och inblåsningsöppningen skall bestå av obrännbart material.

Förklaring. Föreskriften anses ifråga om utförandet uppfyllt av elvärmefläkt som är utförd enligt gällande Semkobestämmelser för dylika apparater avsedda för brandfarliga rum.

Installationsexempel med el-luftvärmare utförda enligt § 42g i föreskrifterna redovisas närmare under kapitel 3 EL-LUFTVÄRMARNAS INSTALLATION.

1.2.2 SEMKO:s bestämmelser

(Svenska Elektriska Materielkontrollanstalten)

Kungörelse nr 3 1967 från Kungl Kommerskollegium behandlar bl.a. provningstvång för värmefläktar med märkeffekt max 25 kW (undantag för specialtillverkade apparater).

Det har emellertid hittills inte funnits några provningsbestämmelser som har gällt enbart el-luftvärmare. Semko har därför i tillämpliga delar gått efter provningsanvisningar som finns i SEMKO 111 och 111F.

SEMKO 111-1967

Bestämmelser om utförande och provning av Elektriska värmeapparater för allmänbruk.

Denna föreskrift följer till stor del CEE Publikation 11 Del I, 1964.

SEMKO 111F

Rumsuppvärmningsapparater och liknande bruksföremål.

På grund av att det inte funnits detaljerade provningsbestämmelser, har tillverkarna varit osäkra på hur de skall utföra sina konstruktioner för att kunna uppfylla föreskrifterna.

En kanalansluten elvärmares konstruktion bestäms i huvudsak av tre dimensionerande data, nämligen kanaldimension, luftflöde samt det antal grader som luften skall värmas upp.

Det finns idag ca 120 st standardiserade kanaldimensioner. Därtill kommer ventilationsfabrikanternas specialdimensioner. De övriga två variablerna, flöde och temperatur, kan teoretiskt anta ett oändligt antal värden.

Förutsättningen för att en serietillverkning (läs S-märkning) skall komma till stånd är därför mycket liten. Det har praktiskt också visat sig att en ytterst liten del av de levererade el-luftvärmarna är Semko-provade. Det bör dock påpekas att även om en levererad värmare får betraktas som specialtillverkad måste den naturligtvis ändå uppfylla gällande provningsbestämmelser. Detta får tillverkaren själv ansvara för.

Det finns ännu ej några antagna CEE-bestämmelser som behandlar el-luftvärmare. SEMKO har därför utarbetat tilläggsbestämmelser som skall gälla för el-luftvärmare. Dessa har rubriken: Särskilda bestämmelser om utförande och provning av kanalvärmare. SEMKO 111FA-1973, KANALVÄRMARE. Tillägget innebär bl. a. att man kan dela upp värmarna i låg- och högtemperaturutförande. På grund av brandrisken vid dammavlagring får värmeelementstavarna ha en diameter av högst 10 mm vid en temperaturstegring över 90°C. Avståndet mellan spiralböjda rörelement eller mellan flänsar får i detta fall ej understiga 10 mm.

Vid lågtemperaturelement däremot får flänsavståndet vara mindre än 10 mm. Just denna fråga har tidigare varit oklar och det har hämmat utvecklingen av värmare med låga yttemperaturer. Det är inte lönsamt att förse rörelementen med flänsar vid för stora flänsavstånd.

En annan bestämmelse som kommer att införas på sikt är kravet på temperaturbegränsare med allpolig brytning. Prov kommer också att utföras på temperaturbegränsaren så att denna inte bryter vid frånslag på grund av eftervärmen från elementen.

Anslutning av värmarna med fast sladd godkännes.

När nu ovanstående bestämmelse är fastställd får vi hoppas att detta stimulerar till vidare utveckling av elluftvärmare. Tillverkarna kan nu med större säkerhet veta om en nykonstruktion kan klara proven eller ej.

1.2.3 Brandföreskrifter

Kommerskollegii och SEMKO:s föreskrifter tar även hänsyn till installation och utförande av elvärmarna ur brandtekniskt avseende. Därtill kommer de föreskrifter som finns angivna i byggnadsstadgan, som ges ut av Statens planverk, Svensk Byggnorm 67. De lokala brandmyndigheternas bestämmelser måste också beaktas.

1.3 Distributörens bestämmelser

Som grund för de lokala el-verkens bestämmelser ligger "Installationsbestämmelser för lågspänningsanläggningar", Svenska Elverksföreningens normalbestämmelser av år 1971, vilka bl.a. reglerar den största effekt som får inkopplas samtidigt.

Diagrammet FIG. 1 gäller för högst 25A mätarsäkring (smältpatron). De streckade linjerna avser nät med mycket låg belastningstäthet inom glesbygd. Vid kollektivleverans motsvaras mätarsäkring av huvudsäkring närmast före gruppcentral. Jämför gällande SEN om spänningssgodhet. Max värmeeffekt som får inkopplas samtidigt gäller för värmeapparat eller grupp av värmeapparater med gemensam styrning.

För anläggningar med större mätarsäkring än 25A anger bestämmelserna att tillåten kopplingseffekt enligt diagrammet som regel kan ökas i proportion till förhållandet mellan aktuell mätarsäkrings (smältpatrons) märkström och 25A.

Det bör påpekas att normalbestämmelserna endast är en rekommendation som ej behöver följas av de lokala distributörerna.

Man bör därför vid projektering av anläggningar med elektriska luftvärmare ta kontakt med den lokala kraft-

leverantören. Distributörernas krav påverkar således el-värmarens effektuppdelning och styrning (se under kap. 4).

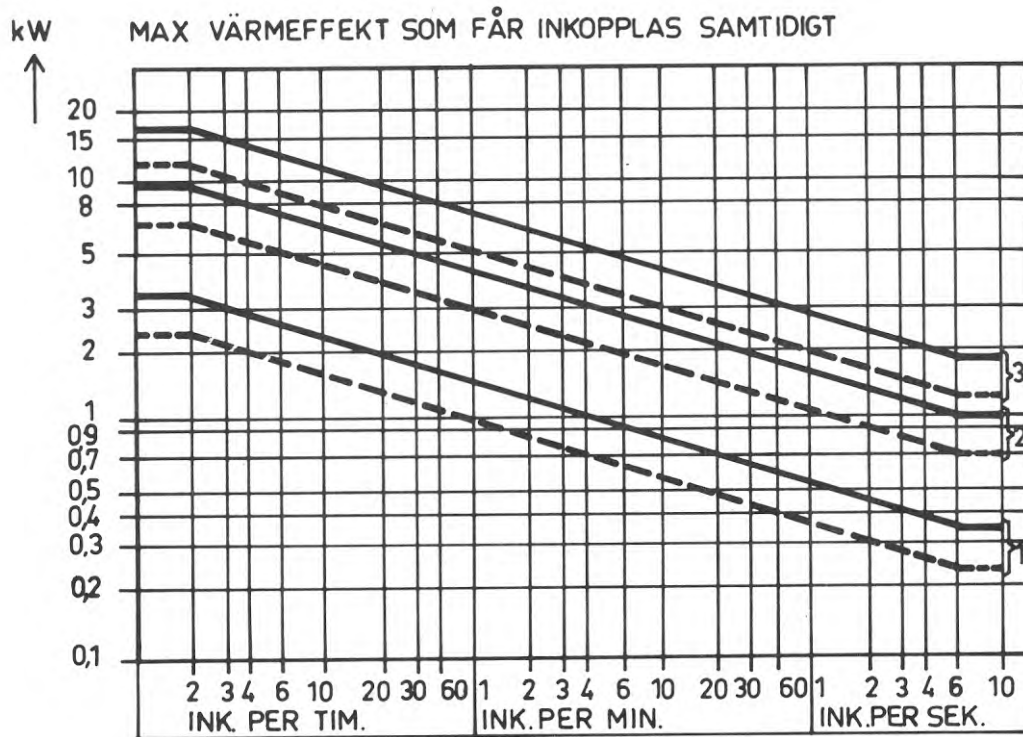


FIG. 1. Max värmeeffekt för värmeapparat eller grupp av värmeapparater med gemensam styrning som får inkopplas samtidigt.

1.4 Utländska bestämmelser

I flera andra länder, kanske speciellt i USA och Kanada är användandet av elektriska luftvärmare i ventilationsanläggningen vanligare än i Sverige.

Av följande bestämmelser framgår att man till viss del har försökt införa prov som täcker hela el-värmeaggregatets totala funktion. I de bestämmelser som finns i Sverige är provningen koncentrerad till el-värmarens utförande. Det är därför svårt att få kontroll över den installerade anläggningens totala funktion.

CSA Testing Laboratories

A division of Canadian standard
association

Utgiven 1 januari 1967

Underwriters Laboratories (USA)

UL 573 - 1968

National electrical code 1968

A USA Standard

ARI Air-conditioning and refrigeration
institute (USA)

Standard for central forced air electric
heating equipment

utgiven 1968

2 EL-LUFTVÄRMARNAS KONSTRUKTION

2.1 Allmänt

Marknaden för el-luftvärmare i Sverige har under många år varit relativt begränsad, vilket medför att utvecklingen av värmarna har gått relativt långsamt om man jämför med exempelvis el-radiatorer och bastuaggregat.

Det klena marknadsunderlaget medför naturligtvis också små serier, ett förhållande som naturligtvis inverkar oförmånligt på priset.

Under senare år kan man dock förmärka en tydligt uppgång både vad beträffar antal anläggningar med el-luftvärmare och värmarnas utveckling.

2.2 Rörelement

Till för några år sedan användes praktiskt taget uteslutande "rena" rörelement i el-luftvärmare. Rörelementen utgör fortfarande grunden i de olika element som finnes i handeln.

I rörelementen FIG. 2 alstras värmen i en strömgenomfluten motståndstråd av värmebeständigt material. Motståndstråden ligger inbakad i ett isolationsmaterial, vanligtvis högkomprimerad magnesiumoxid, ett material som kännetecknas av hög elektrisk isolationsförmåga och goda värmeledningsegenskaper. Om isolationsmaterialiet innehåller 96-98% magnesiumoxid och har följande data

Resistans	vid 850°C	50-100.10 ^c	$\frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}}$
	vid 950°C	5-10.10 ^c	$\frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}}$

Spec. värme 2,05 kcal/n m² °C

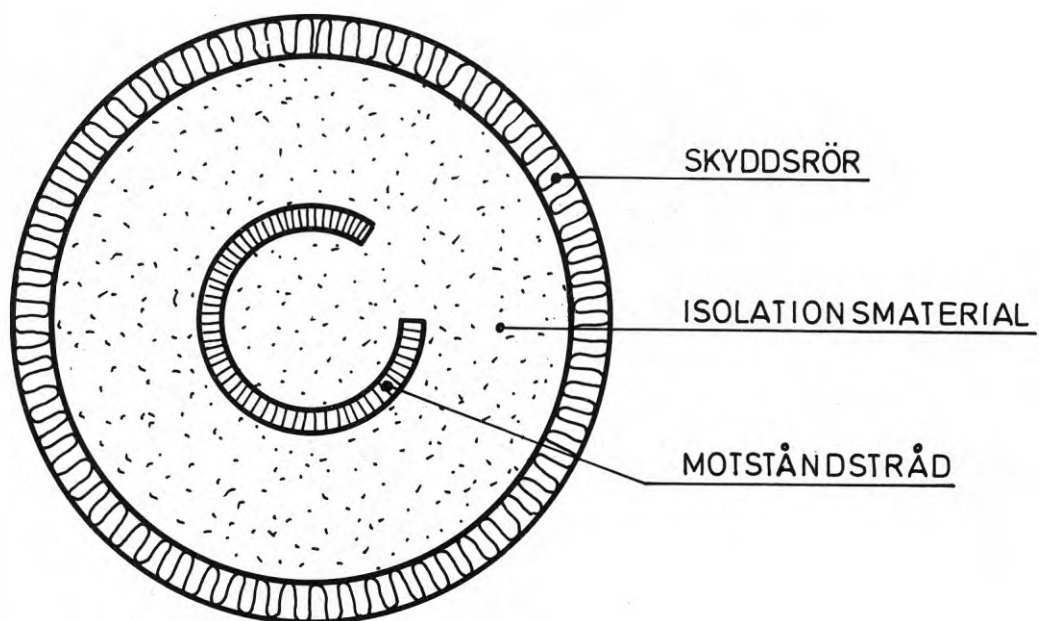


FIG. 2. Tvärsnitt av ett rörelement.

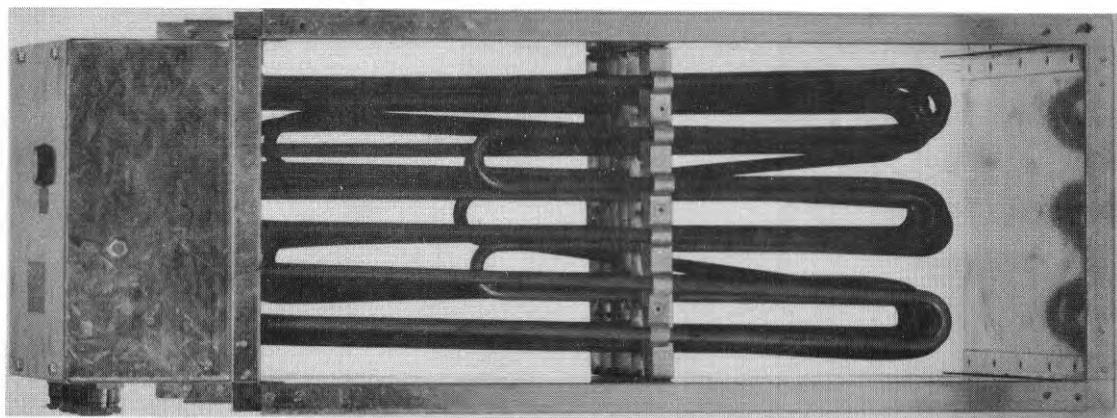


FIG. 3. Rörelementvärmare för kanalanslutning med gejder.

Isolationsmaterialet omges av ett skyddsrör av rostfritt stål.

Glödtrådens temperatur håller sig 50-100°C högre än rörelementets yttemperatur.

Som en parentes kan nämnas att man i många andra länder använder sig av oskyddad glödtråd i värmarna och ernår på detta sätt en betydligt mindre massa. Detta förfaringssätt är dock ur säkerhetssynpunkt ej tillåtet i Sverige.

De av SEMKO uppställda effekttoleranserna är +5%. Enligt tillverkarna håller rörelementvärmare normalt +2-3%.

Verkningsgraden hos rörelementvärmare håller sig kring 95-97%. Vid en rörelementtemperatur av 300-400°C håller sig höljets yttemperatur vid ca 70°C.

En rörelementvärmare visas i FIG.3.

2.3 Värmeelement med ytförstoring

För att erhålla en större värmeavgivande yta och därmed kunna sänka yttemperaturen i värmarna har framtagits några olika värmare med ytförstoring.

2.3.1 "Brickelement"

Det äldsta av dessa är det så kallade Brickelementet, som ursprungligen framtagits för uppvärmning av tågupå. För detta ändamål är elementet utfört av oxiderad koppar och uppvärmningen sker helt med egenkonvektion. Yteffekten är 8-9 W/cm².

För användning av el-luftvärmare är rörelementet försett med kylflänsar av elförzinkad kallvalsad stålplåt FIG.4. Kylflänsarna sammanhålls av dragstänger och

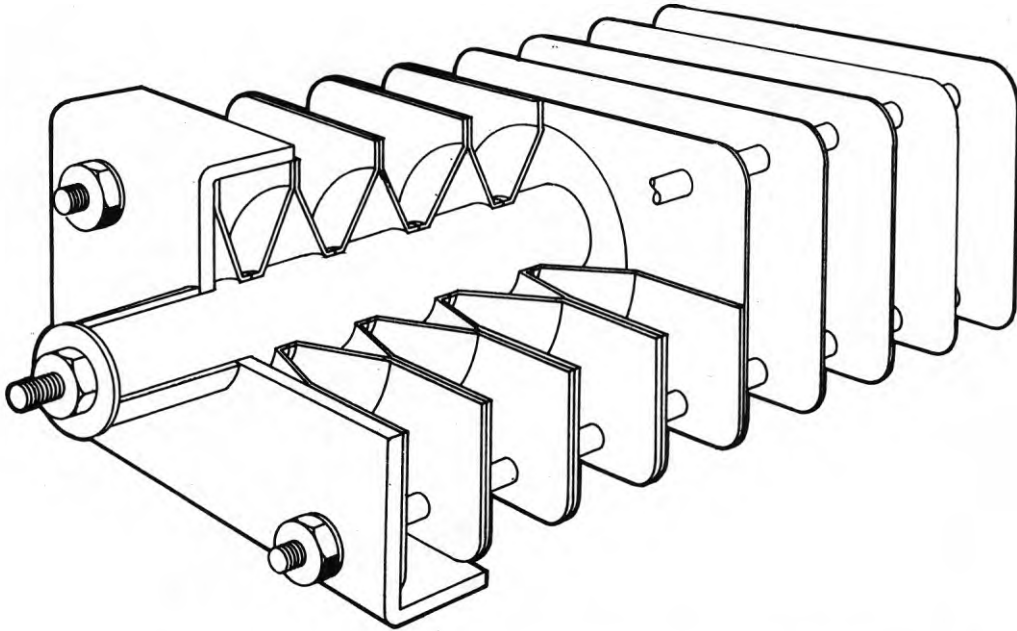


FIG. 4. Detalj av rörelement med kylflänsar. (Brickelement.)

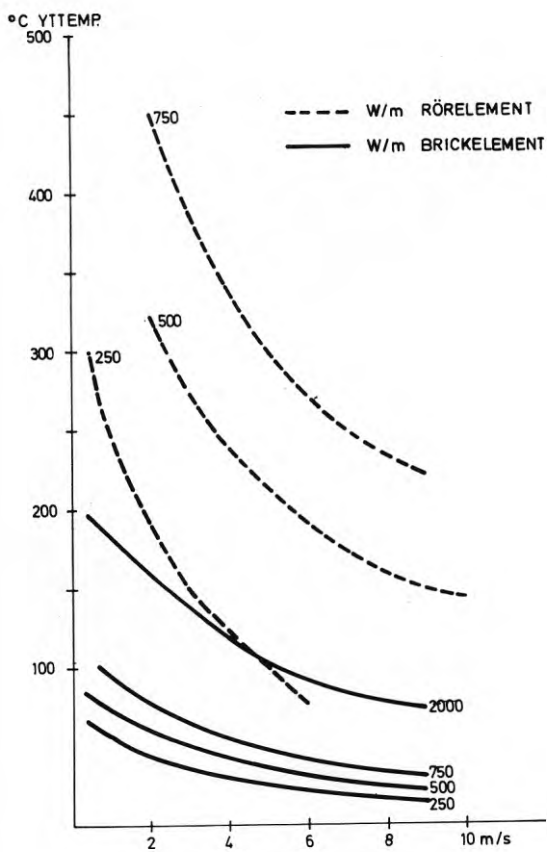


FIG. 5. Jämförelse mellan rörelement och brickelement med avseende på yteffekt och yttemperatur.

är utformade så att de vid ihopdragning pressas in i rörelementets yta. På detta sätt erhålles god kontakt och stor värmeöverföringsförmåga mellan element och flänsar. Flänsavståndet är 14 mm.

I FIG.5 jämföres rörelement och brickelement med avseende på yteffekt och yttemperatur.

2.3.2 Lamellutförande

På senare år har framtagits värmarelement med lameller som i mycket liknar konventionella vatten-luftvärmare. Ett aluminiumrör \emptyset 14/16 mm förses med lameller var efter röret uppbornas så att god kontakt mellan rör och lameller erhålles. I aluminiumröret införes därefter ett rörelement \emptyset 14 mm med dubbel motståndstråd.

Lamellavståndet är normalt 9 mm men kan varieras.

Vid en effekt på $1-2 \text{ W/cm}^2$ och en lufthastighet på $2-4 \text{ m/s}$ blir yttemperaturen max 90°C , vilken temperatur således nära överensstämmer med vatten-luftvärmarens.

Lamellvärmare är vid samma effekt ungefär dubbelt så dyra som rörelementvärmare.

En värmare av lamelltyp visas i FIG. 6.

2.3.3 Kamflänsar

På senare tid har en tillverkare börjat framställa och utprova ett kamflänselement där flänsarna är påvalsade direkt på rörelementet. Rörelementet har en diameter av 8,2 mm och flänsarna som är av stålplåt har måtten $0,5 \times 10 \text{ mm}$, flänsavståndet är 6 mm.

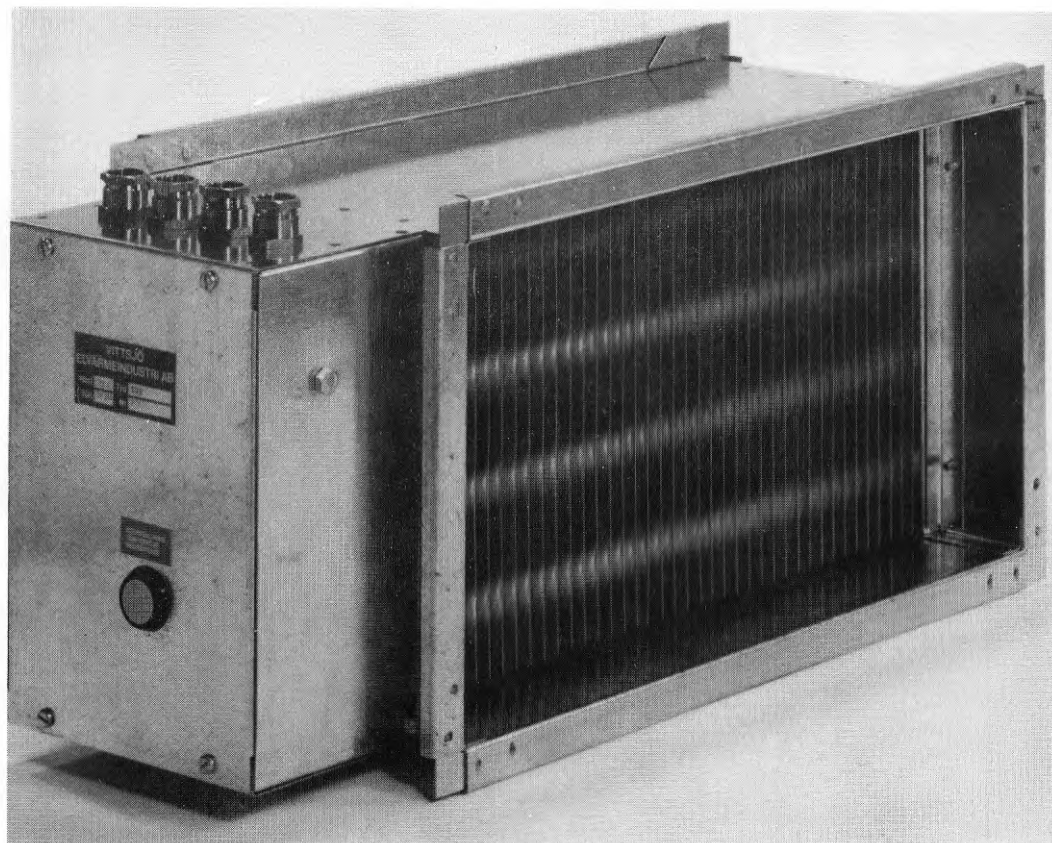


FIG. 6. Värmare av lamelltyp.

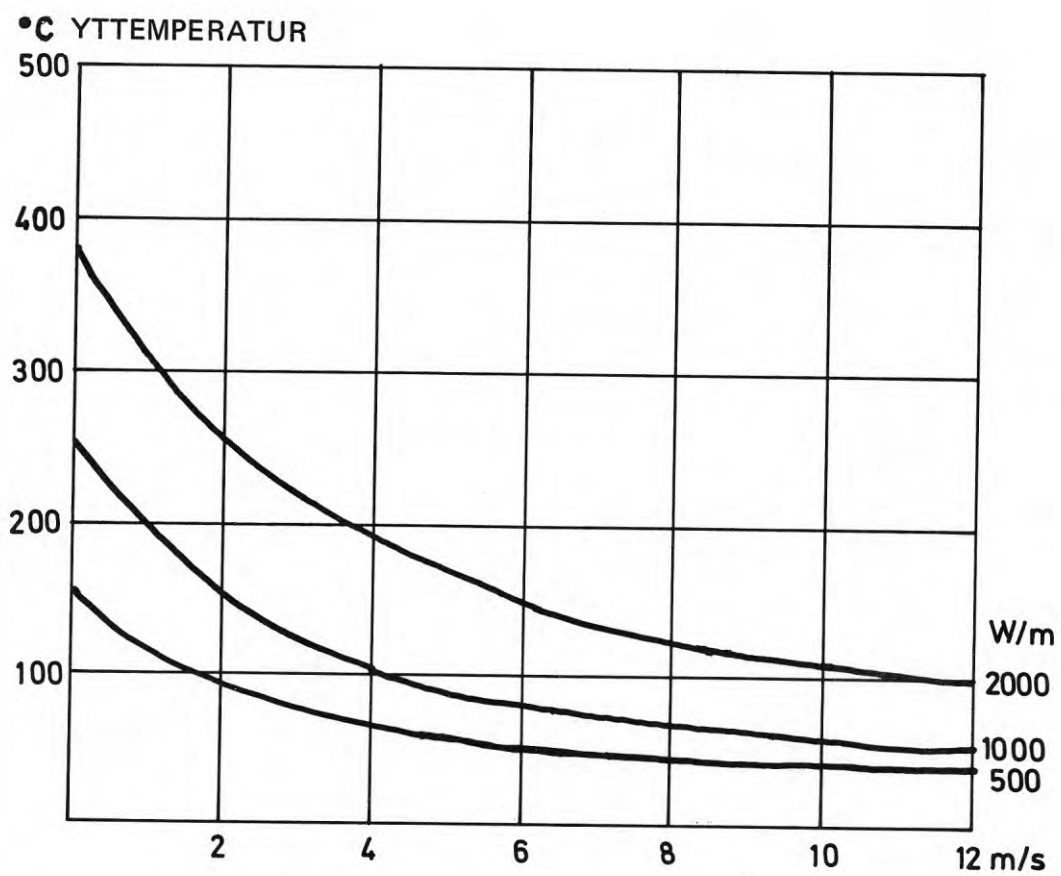


FIG. 7. Kamflänsrör. - Yttemperaturens beroende av lufthastighet och yteffekt.

I diagram FIG. 7 visas yttemperaturens beroende av lufthastighet och yteffekt.

Fördelen med de två senast beskrivna element-typerna är att man ernår en god ytförstoring utan att behöva öka elementets massa i motsvarande grad.

2.3.4 Värmarnas hölje

Värmarnas hölje består vanligtvis av profiler av galvaniserad plåt. Anslutning till kanaler sker antingen medelst fläns FIG. 8 eller gejd FIG. 6. Elanslutning kan vanligtvis fås på valfri sida.

En ventilationsentreprenör tillhandahåller ett värmeelement monterat i ett T-rör ur entreprenörens standard-sortiment av kanaldelar FIG. 9.

Dessutom har de flesta ventilationsentreprenörer en elvärmare som ingår i deras klimataggregatprogram och som anpassats till övriga delars storlek och utförande.

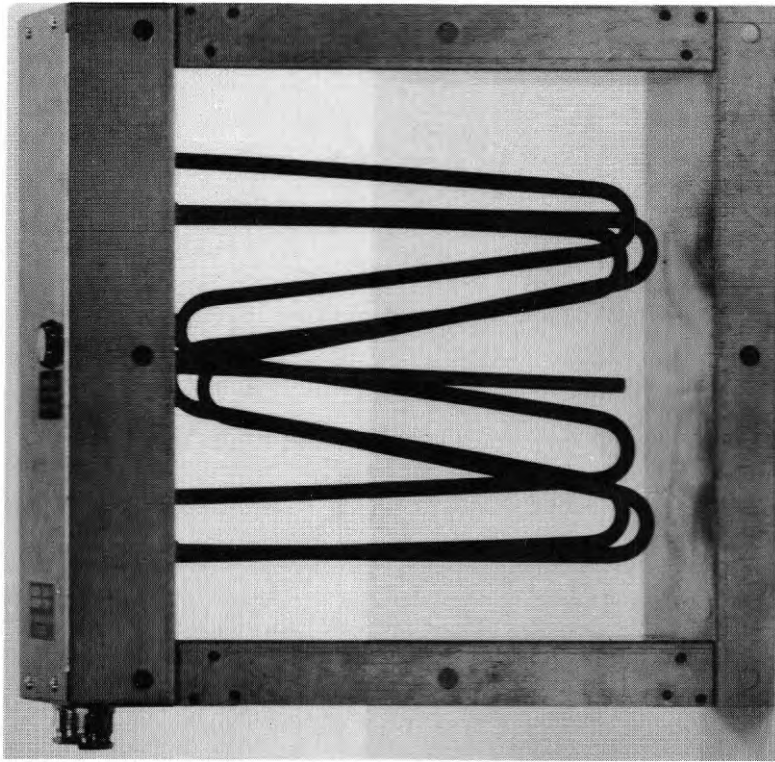


FIG. 8. Rörellementvärmare för kanalanslutning med fläns.

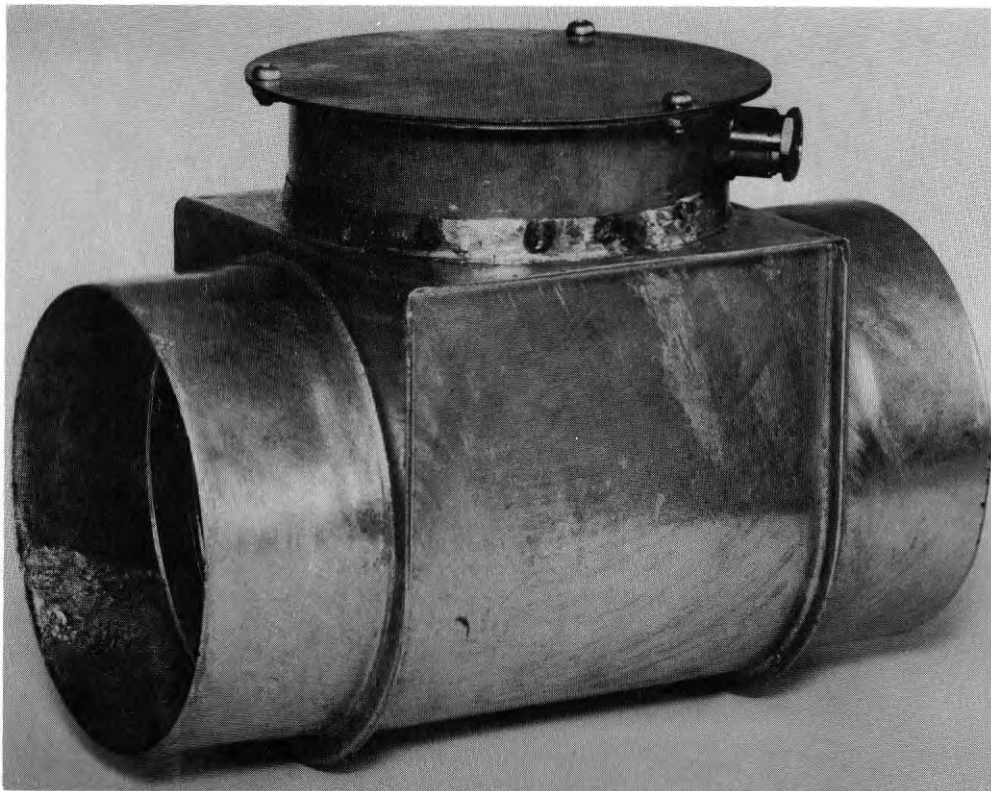


FIG. 9. Rörellement monterat i T-rör.

3 EL-LUFTVÄRMARNAS INSTALLATION

3.1 Allmänt

De elektriska säkerhetsföreskrifterna anger att "fast uppställd elvärmefläkt skall vara lätt tillgänglig för tillsyn och rengöring". Tyvärr efterlevs inte alltid denna bestämmelse. Det förekommer att elvärmarna blockeras av t.ex. kylvattenrör, ventilationskanaler och andra apparatdelar. Detta beror ofta på bristande samordning vid byggnadsplatsen mellan El och VVS-kontrollanterna.

Ett annat problem utgörs av de små elektriska eftervärmare, som är placerade i undertak och korridorutrymmen. De är alltför ofta otillfredsställande utmärkta och svåra att komma åt för inspektion.

Förutom de praktiska problemen med placering och montage av en el-luftvärmare måste även en funktionssamordning ske med alla övriga samverkande delar i anläggningen. Det är en rad detaljproblem som måste beaktas på grund av el-luftvärmarnas speciella funktion och dess krav på säkerhetsåtgärder. I det följande är några av installationsproblemen belysta och vissa synpunkter framförda på anläggningstekniska lösningar.

3.2 Säkerhetskrav

De säkerhetstekniska funktionskrav som anges i bestämmelserna kan uppfyllas på flera sätt.

De två faktorer som därvid oftast skapar problem är förreglingen av värmaren över fläkten och utförandet av temperaturbegränsaren.

3.2.1 Förregling av Fläkt - Värmare

Punkt 1 under § 42g i säkerhetsföreskrifterna förutsätter att "strömmen till värmeelementen icke kan slås till utan att tillhörande fläkt dessförinnan eller samtidigt startas".

Om fläkten är kopplad till el-motorn med kilrep, finns det risk för att motorn går i tomgång och fläkten står stilla eller har ett för lågt varvtal vid fel på kilrepen. Förutom förreglering av fläktmotorns kontakter bör därför el-värmaren förreglas över en hastighetsvakt på fläkten eller också över en flödes- eller tryckvakt. Eftersom det är luftflödet genom värmaren man önskar kontrollera, är alternativet flödes- eller tryckvakt att föredra. Även om fläkten snurrar kan luftflödet vara för lågt t.ex. på grund av att filtret smutsats hårt eller att någon spjällmotor inte fungerar tillfredsställande. Det finns idag ingen flagg- eller flödesvakt som har visat sig lika driftsäker som en tryckvakt. Det bör emellertid helst vara en differenstryckvakt som är ansluten över någon apparatdel i ventilationssystemet, som har så stort tryckfall att tryckvakten arbetar tillfredsställande. Då först mäter man luftflödet. Om man ansluter en tryckvakt enbart till fläktens trycksida kan detta vålla problem vid sådana fläktrum där tryckförhållandena varierar vid olika driftfall. Används tryckvakten dessutom som flödeslarm, måste larmfunktionen förses med tidsfördröjning vid fläktstart. I annat fall vidarebefordras oavsiktliga larm innan fläkten hunnit varva upp vid start.

Under punkt 1 i säkerhetsföreskrifterna står det även att "strömmen till fläktmotorn skall icke kunna slås ifrån utan att strömmen till värmeelementen dessförinnan eller samtidigt brytes". Detta innebär att den säkerhetsbrytare som finns för fläktmotorn skall vara så kopplad att den även bryter el-värmarens effekt.

Det är tyvärr få anläggningar som är utförda på detta sätt.

Vid filterbyte eller översyn av ventilationsaggregat är det idag mycket vanligt att maskinisten använder säkerhetsbrytaren för att stanna fläkten. Det är då olyckligt om el-värmaren kan vara tillslagen under servicearbetet. I sådana fall får man hoppas att det finns en flödes- eller hastighetsvakt installerad som bryter el-värmaren.

3.2.2 Temperaturbegränsare

I säkerhetsföreskrifterna § 42g punkt 3 finns det angivet att värmarna skall vara utförda med temperaturbegränsare. Den skall "bryta definitivt", vilket innebär att den inte får vara utförd för automatisk återgång. Placeringen av begränsaren kan ofta vara ett problem. Speciellt gäller detta 3-fasanslutna värmare med flera steg. Dessa fordrar i regel flera temperaturbegränsare för att uppfylla säkerhetskraven. På grund av att en stor del av värmarna är specialtillverkade, finns det risk för att alla inte är funktionsprovade i tillräcklig utsträckning i detta avseende.

Den varaktiga brytningen av överhettningsskyddet kan utföras på två sätt.

Temperaturbegränsaren kan vara utförd med en mekanisk spärr som måste återställas manuellt. Detta förutsätter att den är lätt åtkomlig.

Vid värmare med flera temperaturbegränsaren kan det vara svårt att arrangera så att alla begränsare är lätt åtkomliga. Detta gäller även små eftervärmare placerade i undertak och liknande.

Temperaturbegränsaren kan också vara utförd för automatisk återgång och ha en elektrisk spärr över fläktmotorernas kontakter. Se FIG. 10.

Nackdelen med denna koppling är att man inte kan konstatera om det är ett tillfälligt spänningsbortfall eller en överhettning som stoppat anläggningen. Om man önskar elektrisk förregling vid anläggningar med start- och stoppmanöver från styrur eller termostat, måste ett separat spärrelä kopplas in tillsammans med en tryckknapp. Se FIG. 11.

Eftersom endast överhettningsskydd med brytande kontaktfunktion får användas kvarstår problemet med oavsiktliga stopp efter tillfälliga spänningsbortfall. Detta kan speciellt bli ett irritationsmoment vid anläggningar med många värmare och el-nät som har återkommande spänningsbortfall. Även om spänningsbortfallen endast varar under delar av sekunder stannar aggregatet.

Vid elektrisk förregling av överhettningsskyddet sker i regel el-anlutningen av säkerhetsfunktion vid montaget ute på anläggningen. Det är därför i sådana fall särskilt viktigt att ett funktionsprov verkligen utförs i samband med besiktningen.

3.3 Start- och stoppfunktioner

Start

Vid start av ett ventilationssystem med elvärme finns det stor risk för att kall luft oavsiktligt tillförs anläggningen vid låga utetemperaturer. När fläktmotorn startar är värmaren helt kall. På grund av stor tidkonstant på elementen samt lång gångtid för en eventuell programmotor, finns det risk för att undertempererad luft kommer in i kanalsystemet. Detta är speciellt allvarligt om anläggningen är utrustad med en

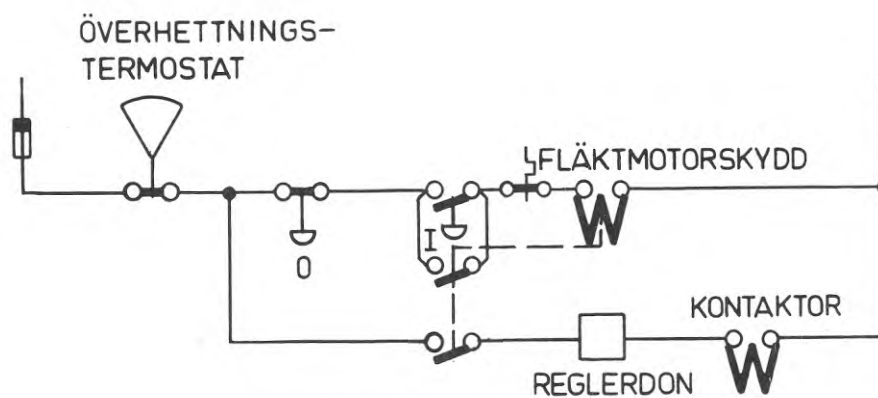


FIG. 10. Temperaturbegränsare för automatisk återgång med elektrisk spärr över fläktmotorns kontaktor.

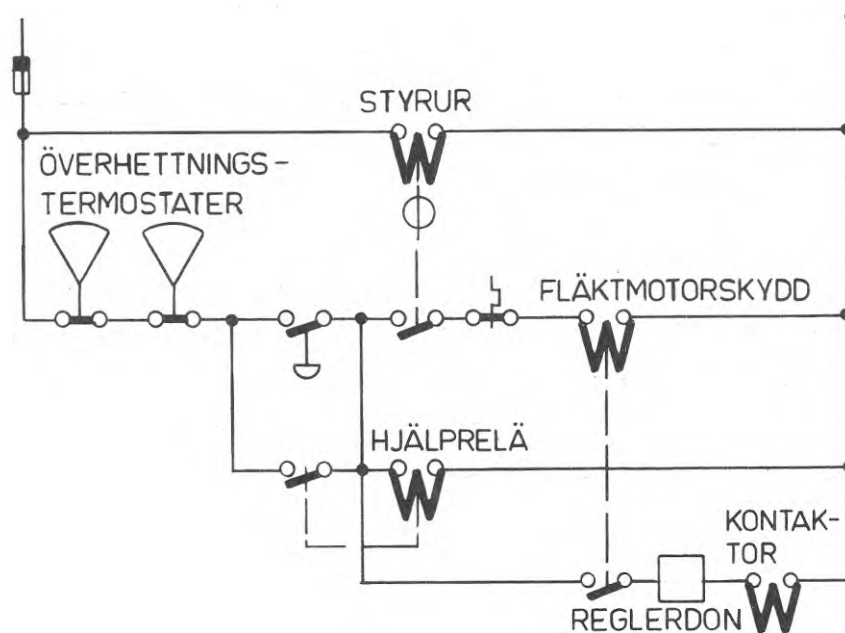


FIG. 11. Inkoppling av separat spärrelä.

luftkylare som har kallvatten som kylmedium. Även ett system med vattenfuktare kan ta skada vid temperaturer under 0°C .

Det är således befogat att förse även elvärmeanläggningen med lågtemperaturskydd (frysskydd). Vid anläggningar som är i kontinuerlig drift utan tillsyn, kan det också vara värdefullt att sätta in ett lågtemperaturskydd även om de inte har vattenkylare eller vattenfuktare. Om elvärmaren av någon anledning har brutit, kan under den kalla årstiden hela ventilationssystemet kylas ned om fläkten inte stoppas.

Det enklaste sättet att förhindra kalllufttillförseln under startperioder är att förse ventilationsaggregatet med ett återluftspjäll. Efter hand som elementen värms upp kan återluftspjäället börja stängas och utluftspjäället öppnas.

Ventilationssystem med luftvärmväxlare anslutna mellan till- och frånluft har lättare att klara startproblemen vid låga utetemperaturer.

Stopp

Vid stopp av en anläggning med elvärmare kan den värmeenergi som finns lagrad i elementstavarna orsaka höga temperaturer på omgivande apparatdelar. Detta gäller främst värmare med stora effekter ($> 20 \text{ kW}$) och höga yttemperaturer i kombination med höga luft-hastigheter (hög yteffekt). I sådana fall bör fläkten vara så kopplad att den fortsätter att gå en tid efter det att värmaren har slagits ifrån. Detta kan arrangeras på flera sätt, exempelvis med

- a) tidrelä med fördröjt frånslag av flätkontaktor,
- b) frånslag av fläkt i kombination med att programmotorn når minimiläge.

- c) separat termostat som stoppar fläkten först när temperaturen nått ett inställt minimivärde ($+30^{\circ}\text{C}$)
Denna termostat kan även användas som maximibegränsare (ej säkerhetermostat) vid drift.

Alternativen b) och c) har den fördelen att fläk-
tens gångtid bättre anpassas till behovet av efter-
kylning vid olika driftfall. FIG. 12 visar ett exem-
pel på principkoppling av fläkt och värmare med för-
reglingar.

Vid spänningsbortfall hjälper naturligtvis inte någon
efterkylningsfunktion med fläkten.

Om det inte finns någon fördröjning av fläkten kan i
vissa fall eftervärmen orsaka brytning av tempera-
turbegränsaren. Det fordras då alltid ett manuellt
ingrepp innan ventilationssystemet kan starta igen.

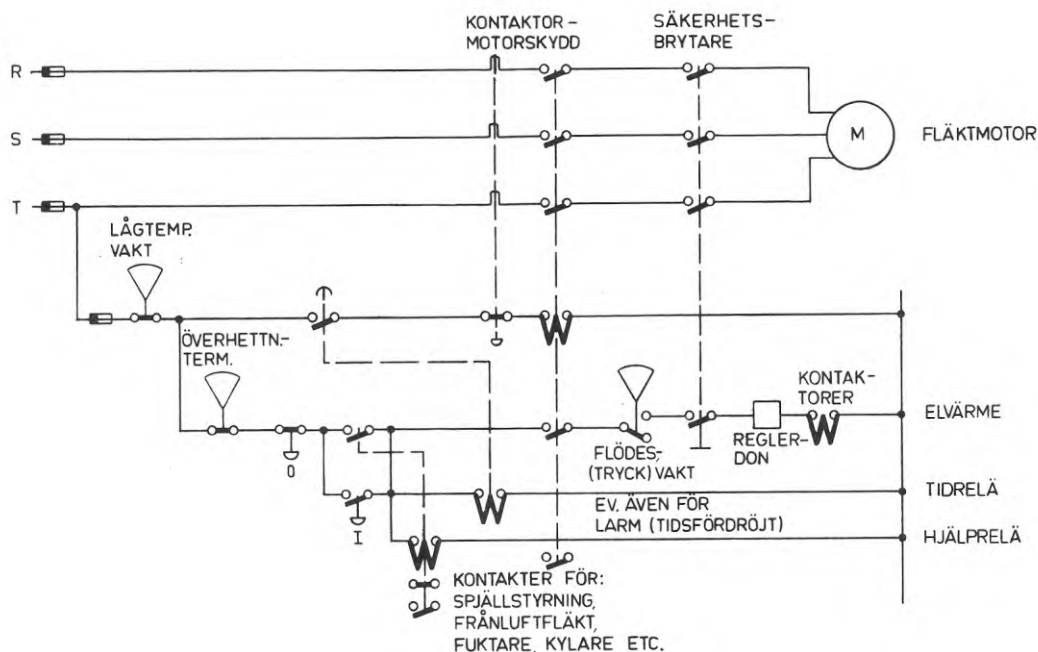


FIG. 12. Principkoppling av fläkt och värmare med förreglingar.

3.4 Montering

Det är inte endast säkerhetskraven som måste beaktas vid installation av elvärmare. Flera av de komponenter och apparatdelar som finns i luftbehandlingsaggregaten kan påverkas ogynnsamt eller ta skada av värmarnas höga temperaturer. Nedan lämnas några sådana exempel.

Filter

Filter bör inte placeras nära en elvärmare även om filtermaterialet inte är brännbart. Det finns t.ex. filtermaterial av plast som kan smälta vid för höga temperaturer. Vid elvärmeanläggningar är det speciellt viktigt att filtren byts ut emellanåt, dels på grund av att luftflödet går ned vid igensatta filter, dels på grund av att eventuell dammsamling på filtret kan orsaka brandtillbud. Filtret bör förses med filtervakt med centralt larm.

Vattenfuktare

Fuktare av typ kryssfill eller roterande plastmatta bör heller inte placeras alltför nära elvärmaren på grund av att skador kan uppstå om vattentillförseln stoppas. Ett mellanrum är dessutom erforderligt för att det skall vara möjligt att placera ett frysskydd framför fuktaren. (Se punkt 3.3).

Kylare

För att kunna placera ett frysskydd framför en luftkylare med kallvatten som kylmedium, måste det alltid finnas ett utrymme mellan elvärmaren och kylaren. Vid luftkylare med freon som kylmedium är det ännu viktigare att elvärmaren inte placeras alltför nära kylaren på grund av risken för överhettning vid övertryck och därvid följande tömning av kylsystemet.

Fläktmotor

Även om en elmotors lindningar ur säkerhetssynpunkt klarar höga temperaturer, mår inte motor- och fläkt-

lagren bra av att utsättas för dem. Även kilrepen kan åldras i förtid vid övertemperaturer. Fläkt och motor bör därför inte placeras alltför nära elvärmaren.

Frysskydd

Ett frysskydd eller en lågtemperaturvakt som placeras nära värmaren bör samtidigt kunna tåla höga temperaturer. Termostater av bulttyp med gas- eller vätskefyllning har ofta en begränsad hållfasthet mot övertemperaturer och kan vara olämpliga i detta sammanhang.

Brandtermostater

De brandtermostater som skall finnas i ventilationsystemen enligt Svensk Byggnorm 67 bör placeras så att elvärmarna inte oavsiktligt orsakar utlösningar vid höga temperaturer (50°C).

Temperaturgivare

Vid el-luftvärmare är det stor risk för temperaturskiktning på utgående luft. Värmeelementen för de olika effektstegen täcker inte alltid hela kanalarean, vilket medför en ojämn temperaturfördelning. Värmare med höga yttemperaturer och liten värmeöverförande yta i förhållande till kanalarean, har stora variationer i utgående lufttemperatur. Det är därför svårt att hitta en representativ placering för en temperaturgivare direkt efter värmarna. Speciellt gäller detta givare med termistorer vilka känner temperaturen i en liten punkt. Hamnar den temperaturkännande delen i en varm alternativt kall zon av kanalarean, påverkar detta reglerresultatet negativt. Är givaren dessutom påverkad av strålningsvärme försämras funktionen ytterligare.

Fördelas tilluften i flera kanaler efter värmaren finns det risk för varierande temperaturer i de olika kanalerna (zonerna).

För att kunna mäta temperaturen och fördela luften på

ett riktigt sätt efter en el-luftvärmare fordras det därför att man åstadkommer en blandning av luften. Ju högre yttemperatur på värmaren, desto svårare är det att åstadkomma en jämn temperaturfördelning.

Spjäll och tilluftdon

Vid elvärmeanläggningar finns det risk för att strypspjäll och ställbara tilluftdon oavsiktligt ändras så att luftflödet minskar så mycket att överhettningstermostaterna löser ut. Risken för sådana driftstörningar är störst vid anläggningar med många små eftervärmare och lätt åtkomliga justerbara tilluftdon.

Kontaktorer

Kontaktorernas placering kan ha betydelse ur ljudsynpunkt. Vid in- och urkoppling av effektstegen arbetar vid vissa kopplingar ett stort antal kontaktorer, som samtidigt slår till och från med jämna mellanrum. Om apparatskåpen placeras för nära exempelvis kontorslokaler, kan ljudet uppfattas som störande. Om det inte finns lämpliga utrymmen att placera styrutrustningen i, bör därför tystgående kontaktorer användas.

4 DIMENSIONERING OCH STYRNING

4.1 Allmänt

För konventionella luftvärmare med vatten som värmemedium finns det beprövade system för temperaturregulering. Det är förhållandevis enkelt och billigt att erhålla en kontinuerlig styrning av värmeeffekten med hjälp av en ventil.

Vid system med direkt elvärme är det betydligt svårare att välja styrutrustning. Visserligen är det möjligt att använda tyristorer för att styra effekten, men det är fortfarande dyrbart för de effekter som förekommer vid ventilationsanläggningar. Distributörernas bestämmelser begränsar också möjligheterna till tyristorstyrning. Se FIG.1 kapitel 1. Det vanligaste sättet att styra effekten är fortfarande in- och urkoppling i olika effektsteg.

De komfort- och temperaturkrav som man ställer på anläggningen bestämmer värmarnas effektuppdelning och styrutrustningens omfattning.

4.2 Värmarens dimensionering

Vid dimensionering av värmaren gäller följande formel:

$$P = q \cdot \rho \cdot p \cdot \Delta t$$

där P = effekt i kW

q = luftflöde m³/s

ρ = luftens densitet kg/m³ $\sim 1,2$ vid +20°C

p = luftens värmekapacitivitet kJ/kg°C $\sim 1,0$

Δt = önskad uppvärmning °C

Av diagrammet i FIG.13 framgår det teoretiska effektbehovet vid olika luftflöden och temperaturhöjningar på luften.

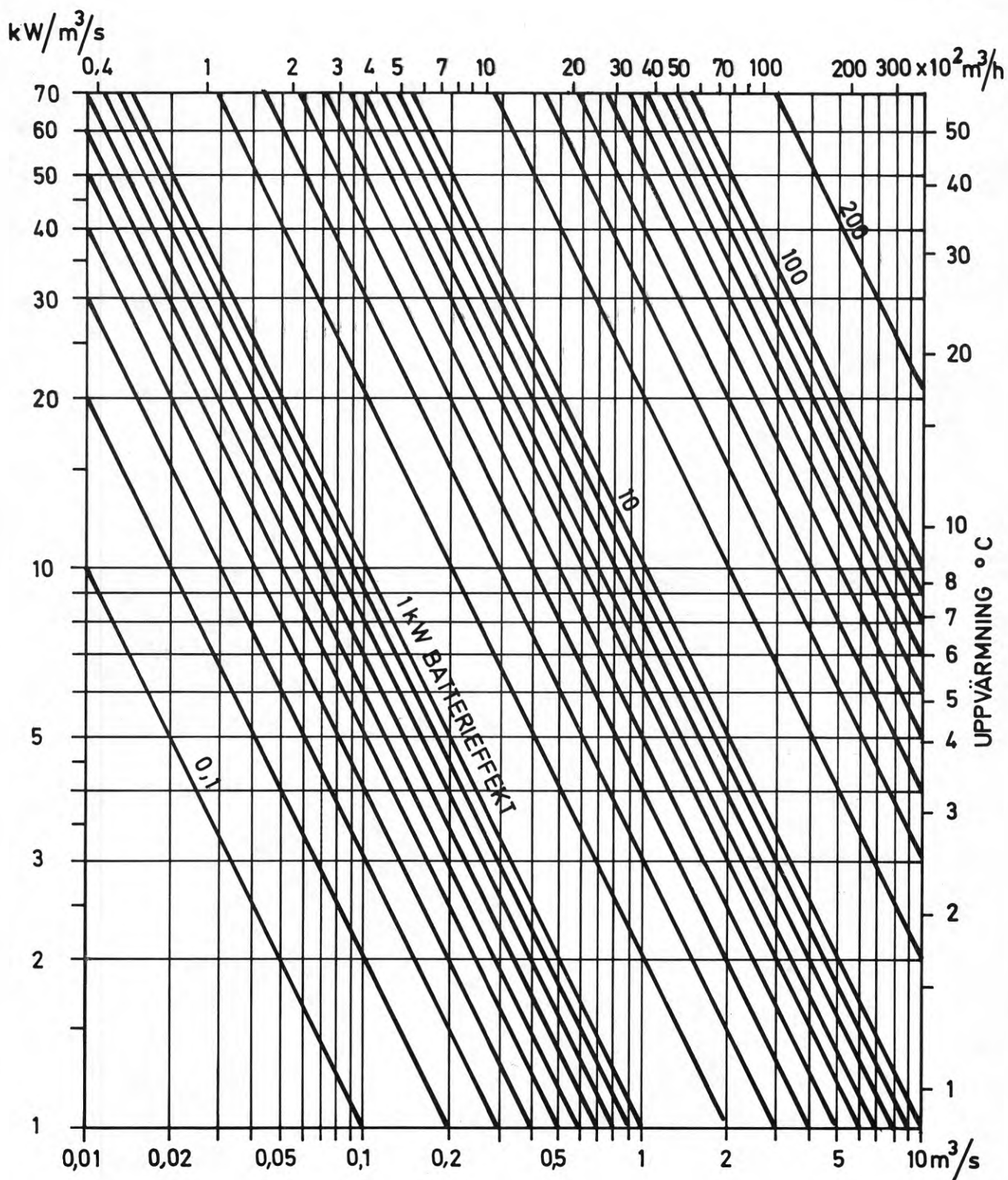


FIG. 13. Teoretiskt effektbehov vid olika luftflöden och temperaturhöjningar på luften.

Utöver den beräknade effekten måste ett tillägg göras för de värmeförluster som avges från värmarens hölje. Beroende på värmarens utförande och isolering kan förlustvärmets variera mellan 2-8 %. Vid högtemperaturvärmare erfordras normalt ett tillägg av storleksordningen 5%.

Vid luftfuktning med vatten tillkommer erforderlig effekt för ångbildningsvärmets.

4.3 Uppdelning i deeffekter

I de fall då stora temperatursvängningar inte kan tillåtas, eller om distributören inte tillåter stora effektsteg, måste värmaren delas upp i flera steg. Denna uppdelning utföres vanligtvis med effektsteg enligt en geometrisk serie: $1 + 2 + 4 + 8 + 16 \dots$ gånger grundeffekten. På detta sätt kan man uppnå många reglersteg med ett relativt litet antal deeffekter. Om exempelvis grundeffekten är 1 kW och uppdelningen är $1 + 2 + 4$ kW möjliggöres 7 stegs reglering enligt nedan.

steg 1 = 1 kW
 " 2 = 2 kW
 " 3 = 1 + 2 kW
 " 4 = 4 kW
 " 5 = 1 + 4 kW
 " 6 = 2 + 4 kW
 " 7 = 1 + 2 + 4 kW

En uppdelning på

$1 + 2 + 4 + 8$ ger 15 stegs reglering
 eller $1 + 2 + 4 + 8 + 16$ ger 31 stegs reglering.

Uppdelningen i 31 steg ger en intervall på $\sim 1,3^{\circ}\text{C}$ vid 40° uppvärmning av luften.

Enligt denna uppdelning blir antalet möjliga reglersteg lika med $2^n - 1$ om n är antalet deleffekter.

Om distributörens bestämmelser inte tillåter momentan inkoppling av det erforderliga största effektsteget, kan man dela upp detta i ytterligare två lika stora steg, exempelvis

$$2 + 4 + 8 + \underbrace{8 + 8}_{(16)} = 30 \text{ kW i 15 steg}$$

Av diagrammet i Fig 1 framgår att även inkopplingsfrekvensen har betydelse för styrningen av de olika stegen. För att kunna minska inkopplingsfrekvensen av de stora effektstegen kan man införa ett extra första steg för "fin"-reglering enligt principen:

$$1 + 1 + 2 + 4 + 8 + 16 \dots 2^n$$

Genom denna uppdelning är det alltid det första (minsta) steget som utför temperaturregleringen och de övriga stegen ligger som grundeffekt.

Nedanstående exempel visar den principiella skillnaden mellan de båda systemen:

Momentana effektbehovet	Effektuppdelning enligt:			
	$2^n(1+1+2+4+8+\dots)$ till	till-från	$2^{n-1}(1+2+4+8+\dots)$ till-från	av
1,5	1 +	1	1 och	2
2,5	2 +	1	2 och	2 + 1
3,5	1+2	1	1+2 och	4
4,5	4 +	1	4 och	4 + 1
o.s.v.				

Anläggningar med tvåhastighetsdrift av fläktarna bör ha elvärmeeffekten uppdelad så att den anpassas till det aktuella luftflödet. Vid växling av fläktens hastighet bör eventuell programkopplare vara ansluten på sådant sätt att den inte måste gå tillbaka till nolläget vid varje omkoppling.

4.4 Styrning

4.4.1 Allmänt

De krav som ställs på rumstemperaturen och/eller tillluftens temperaturhöjning är avgörande för val av styrutrustning. Är temperaturintervallen mellan de olika stegen för stor finns det risk för att reglerutrustningen inte fungerar tillfredsställande.

Om kraven på rumsklimatet inte är så högt ställda och effekten (temp.höjningen) är måttlig, kan det vara tillräckligt med en relativt enkel typ av reglering.

Man kan skilja på två huvudprinciper för temperaturstyrning, nämligen styrning av rumstemperatur och styrning av tillufttemperatur.

4.4.2 Styrning av rumstemperaturen

Ett rums värmeackumulerande förmåga gör att man trots svängningar i tillufttemperaturen i vissa fall kan få en utjämning som ger en tillräcklig stabilitet hos rumstemperaturen. Detta gäller framförallt vid eftervärmare, då den totala uppvärmningen av luften är relativt liten. I sådana fall kan styrning av rumstemperaturen med en tvålägestermostat ofta vara tillräcklig. Användes en termostat med accelerationselement och kompensering mot belastningsavvikelse erhålles en hög kopplingsfrekvens och jämn temperatur.

Tilluftdonets placering och utförande är dock avgörande för slutresultatet.

Är värmarens effekt uppdelad i effektförhållandet 1 + 2 kan en 3-stegstermostat användas. FIG. 14 visar hur inkopplingen skall utföras. Termostaten fungerar enligt följande:

Steg

1	I sluter	K1 inkopplas
2	II växlar	K2 inkopplas
		K1 urkopplas
3	III sluter	K1 inkopplas
		K2 inkopplas

Om värmaren uppdelas i 3 effektsteg eller fler, måste en programkopplare användas. Ett elektriskt, alternativt penumatiskt, ställdon kan styra programkopplaren. Under de senaste åren har emellertid helt elektronisk programstygnig blivit allt vanligare. Programkopplare med elektriskt ställdon måste alltid förses med ett relä som styr kopplaren till min. läge vid stopp av anläggningen eller innan ny start kan ske. Pneumatiskt styrda programkopplare förekommer sällan i Sverige, men har däremot varit vanliga i t.ex. USA.

Normalt fordrar en rumsreglering även en minimi- och maximibegränsning av tillufttemperaturen. I annat fall kan inre och yttre belastningar påverka rumsgivaren att styra tillufttemperaturen så att den blir acceptabelt låg eller hög. Givaren i tilluftkanalen underlättar också uppstartning av anläggningen.

FIG 15 visar ett exempel på styrutrustning för rumstemperaturreglering.

4.4.3 Styrning av tillufttemperaturen

Vid intermitterent styrning av en elvärmare med givaren placerad i tilluftkanalen, måste effektstegen vara så dimensionerade och uppdelade att en temperaturhöjning av högst 1,5-2°C per steg erhålles.

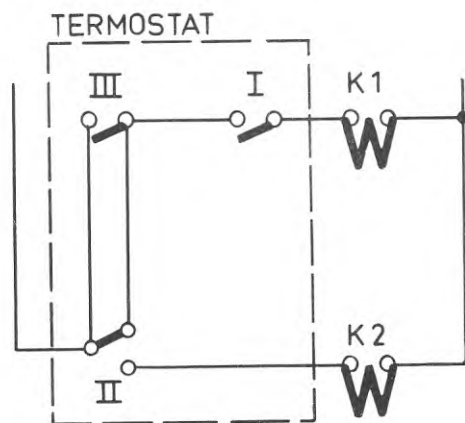


FIG. 14. Inkoppling av 3-stegstermostat.

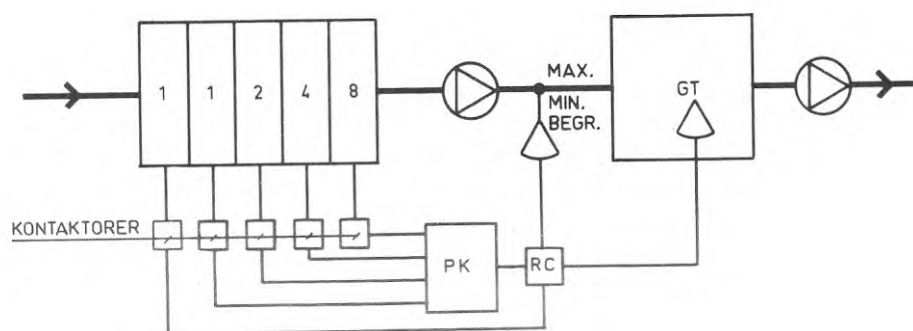


FIG. 15. Styrutrustning för rumstemperaturreglering.

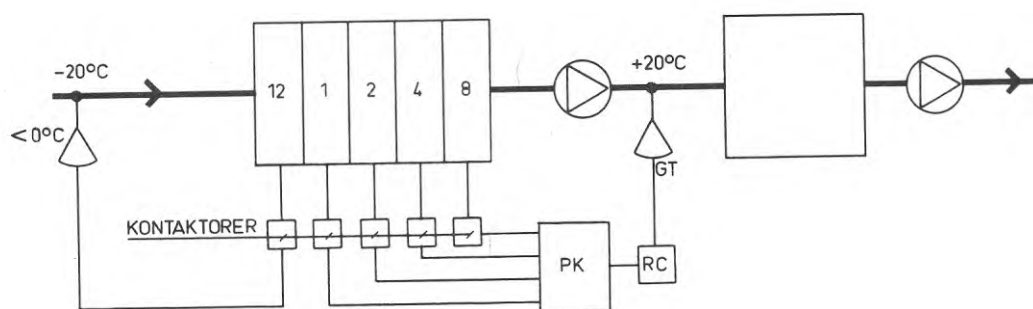


FIG. 16. Inkoppling av en grundeffekt med termostat i utomhus-temperaturen.

Uppdelning av effekten i $1/3$ och $2/3$ av totaleffekten kan således normalt ej användas vid tilluftreglering. Av diagrammet i FIG. 13 kan man få fram hur stort det minsta effektsteget får vara för att en acceptabel reglering skall erhållas. Vid det aktuella luftflödet väljes en effekt som motsvarar 1 till 2 graders temperaturhöjning på luften. Vid anläggningar där det fordras stora temperaturhöjningar är det även möjligt att koppla in en eller två grundeffekter från termostater i uteluften. Se FIG. 16. På detta sätt minskar antalet steg hos programkopplaren och en enklare styrutrustning kan användas.

4.4.4 Kontinuerlig reglering

Kontinuerlig reglering kan uppnås antingen med VRIDTRANSFORMATOR som styr spänningen till värmaren eller med TYRISTORREGLERING utförd enligt den tidsproportionerande metoden. Densamma kan beskrivas som en mycket snabb tvålägesstyrning.

Båda dessa metoder är emellertid för närvarande dyrbara när det rör sig om stora effekter.

Vridtransformatorn används av kostnadsskäl knappast vid större effekter än ca 4 kW. Principen för effektstyrning med vridtransformator framgår av FIG. 17. Ett ställdon manövrerar vridtransformatorn som därmed ändrar utgående spänning. Värmeeffekten ändrar sig kvadratisk i förhållande till spänningen - transformatorns vridningsvinkel. Utväxlingen mellan ställdonets och transformatorns rörelse bör därför vara kvadratisk för att ernå det bästa reglerresultatet.

Vid tyristorreglering kan man i princip använda sig av hur stora effekter som helst. Det bör dock påpekas att priset ungefär fördubblas vid övergång från 1- till 3-fas utförande. Normalt används inte 1-fasutförande för effekter över 4 kW.

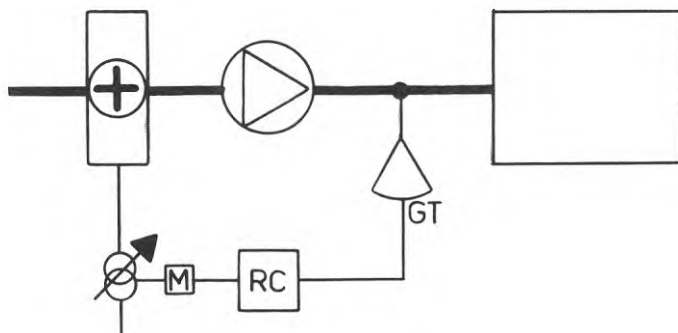


FIG. 17. Princip för effektstyrning med vridtransformator.

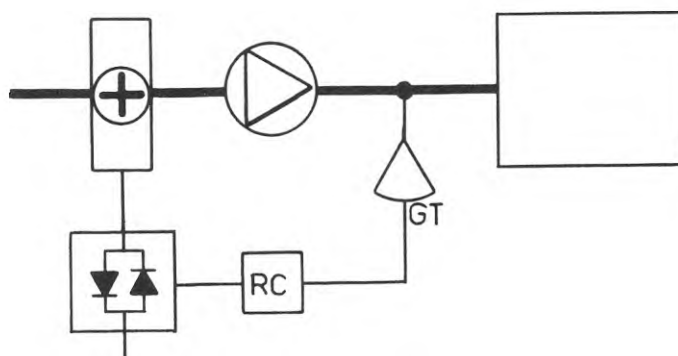


FIG. 18. Effektstyrning med tyristor.

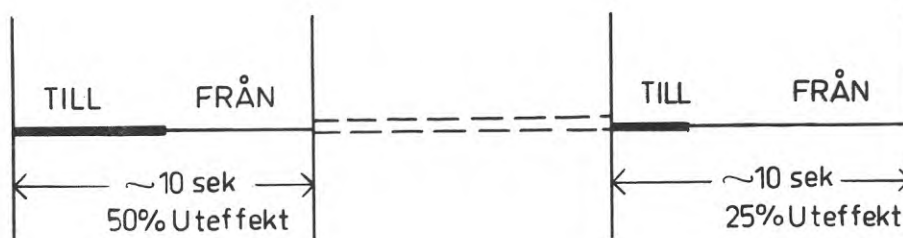


FIG. 19. Variation av till- och frånperioderna vid tyristorstyrning.

Tyristorregleringens princip är förenklat följande. Tyristorn är en likriktare som kan styras så att strömmen antingen spärras helt eller leds till värmaren. FIG.18.

Om styrelektroden görs helt spänningslös spärrar dioden strömmen till värmaren. Tillförs styrelektroden full styrspänning, släpper dioden igenom full ström till värmaren. Brytning och slutning sker då strömmen passerar nollpunkten.

Om styrelektroden matas från en anordning (trigger), som med en viss tid styr tyristorn att leda och en viss tid att spärra strömmen, erhålls en mycket snabb tvålägesstyrning. Anordningen styrs av en temperaturreglerutrustning, som med hänsyn till belastningen varierar till- och från perioderna, se FIG.19. Brytning och slutning sker alltid vid växelspänningens nollgenomgång.

Tyristorregleringen kan också utföras som en så kallad fasvinkelreglering. Denna metod användes bl.a. vid varvtalsstyrning av likströmsmotorer. För elvärmare i luftbehandlingsanläggningar används inte metoden på grund av dess negativa inverkan på elnätet.

4.4.5 Kombinerad reglering

Genom att kombinera tyristor- och stegstyrning är det möjligt att åstadkomma en god reglernoggrannhet och erhålla en bra funktion till en rimlig kostnad. FIG.20 visar ett exempel på en effektuppdelning enligt denna princip.

Tyristorn har kombinerats med två elektroniskt styrda grundsteg samt ytterligare ett steg som kopplas in från utetemperaturen. Oavsett styrutrustningens uppbyggnad bör den vara så utförd att så många av elkopplingarna som möjligt är utförda och förberedda vid leveransen.

5 NÅGRA BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR

5.1 Allmänt

Under insamlandet av material till rapporten har ett flertal anläggningar studerats. Eftersom alla knappast går att redovisa här har vi försökt välja ut de i vårt tycke mest intressanta.

Den första anläggningen, 2 st kontorslandskap i Lund, är intressant ur den synpunkten att direkta jämförelser kan göras mellan system med el- resp. vatten-luftvärmare.

Kontorshuset i Växjö har en intressant integrerad ljus-värmeanläggning som möjliggör en optimering av driftskostnaderna.

Vad beträffar kontorshuset i Luleå bör observeras att man, trots de låga utetemperaturerna, inte behövt installera eftervärmare i kanalsystemet.

5.2 Kontorslandskap i Lund

5.2.1 Allmänt

I AB Tetra Paks driftkontor i Lund finns två kontorslandskap för vilka ventilationsluftmängden delvis värmes med el-luftvärmare. För det äldre landskapet, som benämnes "kontorslandskap 1" har ventilationsanläggningen körts sedan sommaren 1968. Kontoret omfattar 630 m² och är beläget i bottenplanet. Byggnaden är av envåningstyp.

Det yngre av de två kontorslandskapen benämnes "kontorslandskap 2" och omfattar ca 600 m². Distributionen tillgår på i stort sett samma vis som för landskap 1. Luftbehandlingen är dock annorlunda.

5.2.2. Landskap 1

5.2.2.1 Ventilation, uppvärmning. FIG. 21.

Kontorslandskapet uppvärms i sin helhet av ventilationsluft. Uteluften värmes dels genom återluft och dels genom värmning i el-luftvärmare.

För att motverka kallras finns elradiatorer monterade under fönstren. Dessa saknar dock betydelse för uppvärmning av lokalen.

Ventilationsluften tillföres lokalen via tilluftdon i taket, medan frånluften tas ut via belysningsarmaturen. Det finns 20 tilluftsdon och 144 frånluftspunkter.

Till- och frånluftskanaler är lagda i undertak. Samtliga tilluftskanaler samt alla frånluftskanaler, som är anslutna med belysningsarmaturen är isolerade med 20 mm mineralull. Belysningsarmaturernas översida är isolerad med 20 mm cellplast.

Fläktarna har två driftsfall dels vinterdrift varvid den totala luftmängden är ca 10.000 m³/h, dels sommar-drift varvid luftmängden är ca 16.000 m³/h. Återluft max 50%.

5.2.2.2 Luftvärmare

Den elektriska luftvärmaren har en sammanlagd effekt av 102 kW. Värmaren är uppdelad i följande steg:

2 st	à	5 kW	för	1-fas	220 volt
1 st	à	4 kW	för	3-fas	380 volt
1 st	à	8 kW	för	3-fas	380 volt
1 st	à	16 kW	för	3-fas	380 volt
2 st	à	<u>32 kW</u>	för	3-fas	380 volt
		102 kW			

En rumstermostat inkopplar erforderlig värmareffekt. Värmarens tillförda effekt regleras steglöst med en proportionellt arbetande eleffektregulator av tidsproportionerande typ kombinerad med stegregulator. Effekten är uppdelad så att 10 kW regleras proportionellt och resten i erforderliga steg enligt ovan.

Värmaren är försedd med en överhettningstermostat med elektrisk återställbar hållkrets.

5.2.2.3 Reglering

Sommardrift

Tillufttemperaturen regleras av en rumstermostat. Termostatsens börvärde kan manuellt omställas från en manöverpanel, minbegränsning av tillufttemperaturen. Återluftmängden kan manuellt styras från manöverpanelen (max 50%).

Vinterdrift

En rumshygrostat styr magnetventilen till en dysfuktare.

Hygrostatens börvärde kan omställas manuellt från manöverpanelen. Rumsfukten är dock begränsad uppåt till

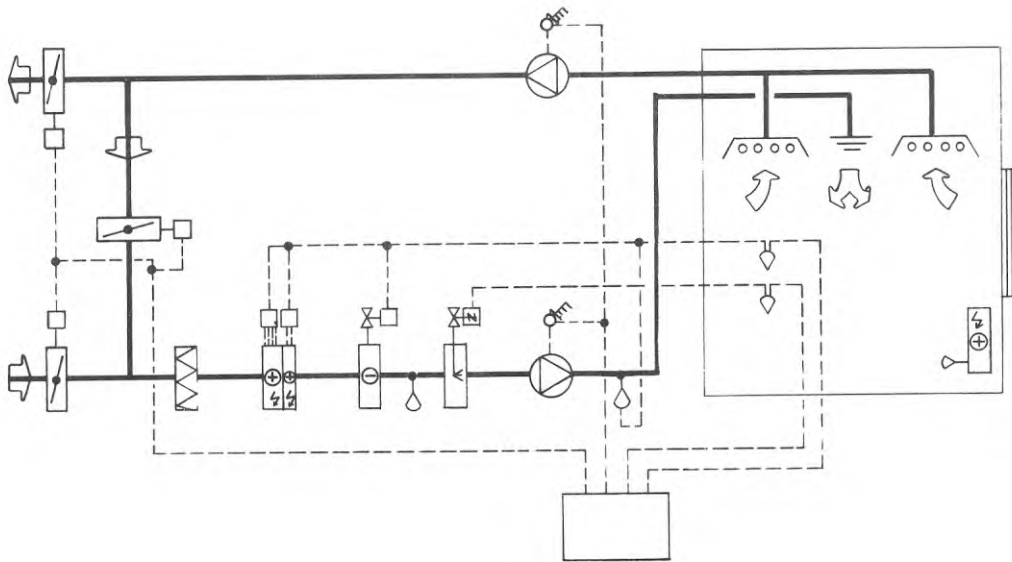


FIG. 21. Kontorslandskap 1, Lund.

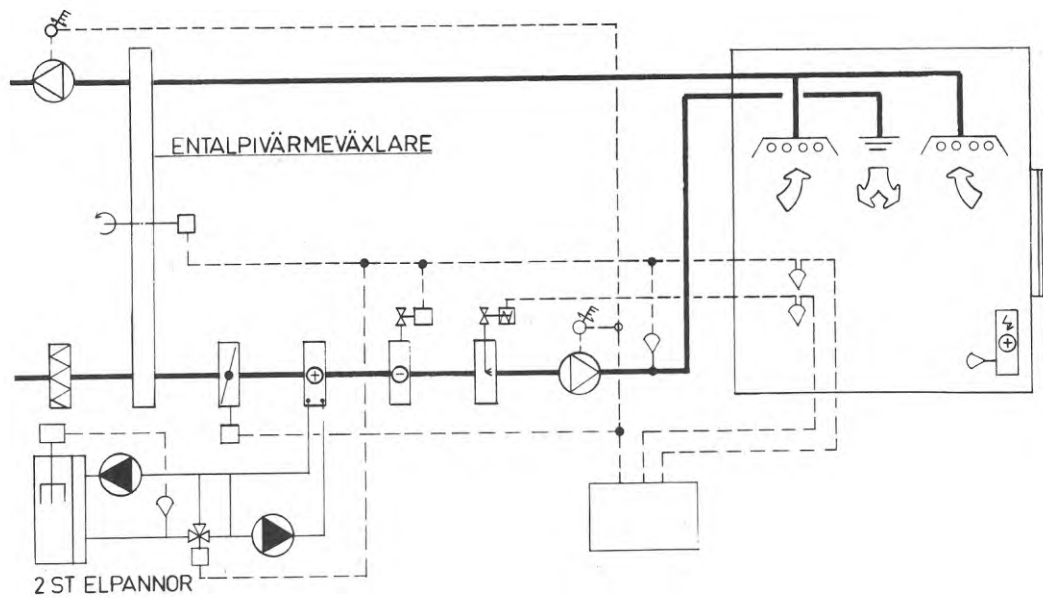


FIG. 22. Kontorslandskap 2, Lund.

max 50% av relativ fuktighet.

All start och stopp av aggregat och fläktar sker med pneumatisk impuls från manöverpanelen över pneumatisk-elektriska reläer i aggregatrummet.

5.2.2.4 Manöverpanel

Panelen har principbilder av tilluftsaggregat och frånluftsfläktar samt i anslutning till dessa indikeringsanordningar för temperatur, fukt och drift liksom även omställare för temperatur, fukt och spjällägen.

Temperaturen indikeras på följande ställen:

rumstemperatur

inblåsningstemperatur

rumsfukt

utetemperatur

5.2.3 Kontorslandskap 2

5.2.3.1 Ventilation, Uppvärmning. FIG. 22.

För tillförsel av ventilationsluft svarar två aggregat, placerade i kontorsplanet. Det mindre av dem, A-1, sörjer för konferensrum, skrivcentral och delar av kontorslandskapet. Det större, A-2, distribuerar luft till resterande delar av kontoret.

Luften tillföres via tilluftdon i taket, och frånluften uttages via belysningsarmaturen. Ventilationskanalerna är som för landskap 1 förlagda till undertaket. Kanalerna är isolerade med 20 mm rockwoolmatta samt lindade med glasfiberbinda.

Lokalen uppvärms i sin helhet av värmd ventilationsluft. Tilluften uppvärms genom värmeåtervinning i en entalpivärmare samt eftervärms i luftvärmare. Dessa är av varmvattentyp med vattnet varmt i två elpannor om vardera 72 kW.

Värmarnas kapacitet är 75.000 kcal/h. Tilluftmängderna är 18.000 alt. 14.000 m³/h. I aggregatet A-2 finns dessutom kylbatteri, befuktningssdel, ljuddämpare, filter, spjäll och fläktar.

I aggregatet A-1 finns ingen entalpiväxlare utan tilluften delas efter passage av filter, spjäll och fläkt, upp i fem kanaler. I dessa sker separat värmning, kylning och befuktning. Luftmängden är 4.000 m³/h.

5.2.4 Kommentarer

Anledningen till att man i landskap 2 valde entalpiväxlare i stället för återluft var att när personalen såg att återluft användes, klagades det på att lokalen ventilerades med "använd" luft. Eftersom verkningsgraden på växlaren överstiger de 50% man ansåg sig kunna använda som återluft medförde detta att man även kunde minska den totala värmareffekten.

I landskap 1 uppstod dessutom problem med värmarens överhettningsskydd. Detta var ursprungligen inställt på +120°C men på grund av strålning från rörelementen, vars yttemperatur är ca +325°C, utlöstes överhettningsskyddet, varför dess inställningsvärde har måst ökas till +170°C. Man hade även vissa problem med stegkopplaren. Av denna anledning installerades konventionella vatten-luftvärmare i landskap 2.

5.3 Kontorshus i Luleå

Kv Kaninen

5.3.1 Allmänt

Byggnaden är ett kontorshus inrymmande olika typer av rumsenheter med bl.a. en läkarcentral. Byggnaden, med en total byggnadsvoly m³, är uppförd i 7 plan med källarplan och vindsplan inräknat.

Tab. Lokaliteter i de olika våningsplanen

Källarplan:	Skyddsrum, förråd, arkiv, växel o.dyl
Souterrängplan:	Samlingslokal, garage, biluppställningsplatser, förråd m.m.
Bottenplan:	Läkarcentral
Plan 1:	Läkarcentral
Plan 2:	Kontorsrum med tillhörande biutrymmen
Plan 3:	Kontorsrum med tillhörande biutrymmen
Plan 4:	Fläktrum, hissmaskinrum o. förråd (vindsplan)

5.3.2 Värmeanläggningen

Byggnaden uppvärms i sin helhet med elradiatorer. Radiatorerna regleras som regel medelst tyristorer och termistorgivare för individuell rumsreglering. I de flesta fall sker tillförsel via horisontella galler bakom radiatorerna för viss eftervärmning av luften.

5.3.3 Ventilationsanläggningen

Byggnaden ventileras med fyra aggregatenheter vardera bestående av till - och frånluftsfläkt, entalpivärmeväxlare samt erforderliga batterier och spjäll. Det bör observeras att luftvärmare ej ingår i funktionen. Förberedelser har dock vidtagits såtillvida att batterier kan installeras om behov för förvärmning, eftervärmning, kylning och befuktning skulle uppstå.

Garaget och samlingsallsdelen i souterrängplanet är vardera försedda med separata aggregatenheter. De övriga två aggregatenheterna betjänar vardera två våningsplan. Samtliga aggregat med undantag för det i garaget, är placerade i vindsplanet (plan 4).

Aggregaten går normalt med enbart uteluft, dock med reducerade luftmängder vid utetemperaturer under -20°C . Genom spjällanordningar och tryckgivare sker upptining av en igenfrusen värmeväxlare automatiskt med återluft.

För våningsplanen gäller att luften tillföres de olika lokaliteterna genom inblåsning bakom radiatorerna och evakueras via belysningsarmaturerna. Tilluften värmes dels genom återvinning av frånluftens värmeinnehåll (med tillskott av belysningseffekt) och dels genom eftervärmning vid radiatorerna. Någon egentlig temperaturreglering av tilluften förekommer ej. Värmeväxlaren är dock temperaturreglerad så att värmeåtervinningen under den varmare årstiden ej skall bli för stor.

Luften fördelas till de olika rumsenheterna inom våningsplanen via kanaler förlagda i korridorer och liknande utrymmen och dolda av undertak samt vidare genom i resp. bjälklag ingjutna kanaler fram till yttervägg där inblåsning sker. Frånluft i kontor uttages via belysningsarmaturerna.

5.3.4 Reglering

5.3.4.1 Aggregat 1 och 2 Kontor. FIG. 23.

Till- och frånluftsfläkt samt värmeväxlaren startas och stoppas gemensamt och normalt med tidur. Manövrering kan även ske manuellt (oberoende av tiduret) från omkopplare i el-centralrum. Vid extremt låga utetemperaturer, (under -20°C), går aggregatet med reducerad luftmängd. Omkoppling sker automatiskt med en termostat i uteluftkanalen.

Vid start öppnas till- resp. frånluftsspjällen. Övriga spjällmotorer inkopplas för automatisk styrning av resp. impulsorgan.

Temperaturreglering av tilluften, utöver vad som framgår av värmeväxlarens funktion, förekommer ej.

Vid stigande tryckfall över värmeväxlarens rotorhjul (vilket är liktydigt med nedisning) stoppas värmeväxlaren samtidigt som ute- och frånluftsspjället stängs och återluftsspjället öppnas. Erforderlig tid för upptining inställes på tidsrelä. Sedan upptiningstiden löpt ut startar växlarhjulet samtidigt som återluftsspjället stänger och frånlufts- resp. uteluftsspjäll öppnar. För impulsgivning finns två tryckimpulsorgan, en för vardera luftmängden (hel resp. reducerad luftmängd). Omkopplingen mellan de bägge impulsorganen sker automatiskt.

För undvikande av att vid ev. brand tillförs byggnaden övertempererad luft finnes en överhettningstermostat i tilluftskanalen vars uppgift är att stoppa tilluftsfälkten vid temperaturer över $+50^{\circ}\text{C}$.

För larm, om någon av fläktarna stannar under drifttid, anordnas rotationsvakter för resp. till- och frånluftsflykt.

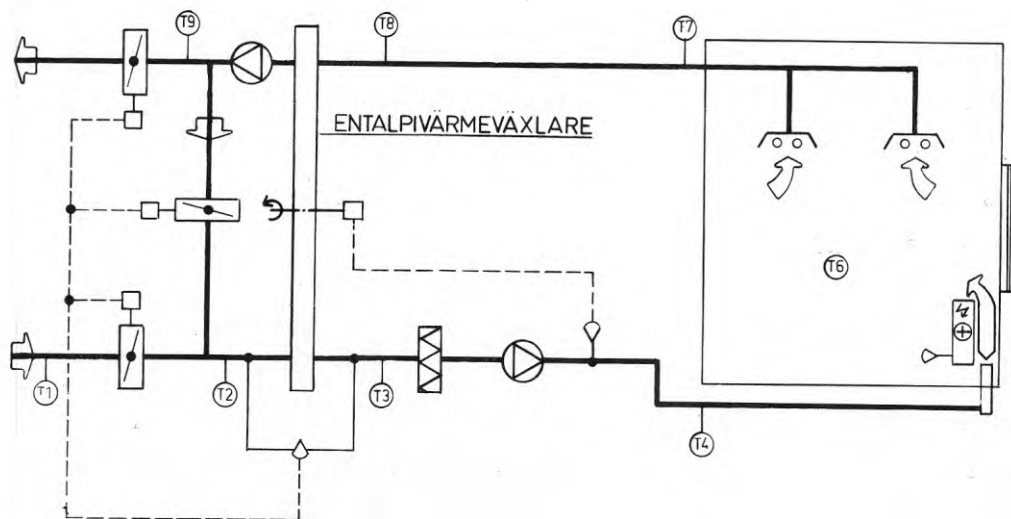


FIG. 23. Kontorsbyggnad, Luleå. Entalpivärmeväxlare. Aggregat 1 o. 2.

5.3.4.2 Samlingssal

Fläktar och värmeväxlare regleras som vid aggregat 1 och 2.

Temperaturreglering:

Vid start av aggregatet styr en temperaturgivare via en Novothermcentral en programgivare att inkoppla erforderliga effekter. Minbegränsning av tilluftstemperaturen. En termostat stoppar aggregatet och urkopplar samtliga effektsteg vid överhettning i batteriet. Flödesvakt förhindrar att el-luftvärmaren kan inkopplas om ej luftström genom värmaren finns.

5.3.4.3 Aggregat 4 Garage

Fläktar och värmeväxlare regleras som aggregat 1 och 2.

Tryckgivare för hel resp. reducerad luftmängd styr vid stigande tryckfall över värmeväxlaren en programmotor att inkoppla den värmareffekt som erfordras för att hålla eventuell isbildning borta.

5.3.5 Värmeväxlaren

Värmeväxlaren är av Munters typ EV. Denna startas och stoppas i samband med till- och frånluftsfläktarna. Växlarhjulets hastighet regleras med en temperaturgivare i tilluften. Vid stigande temperatur över inställt värde ($+15^{\circ}\text{C}$) minskas successivt växlarhjulets hastighet till det värde, som ger avsedd temperatur. Nedregleringen sker dock ej till helt stillastående hjul.

5.3.6 El-luftvärmare

Värmarna är utrustade med överhettningsskydd och totala anslutningseffekter är uppdelade på angivna deleffekter. Varje deleffekt är fördelad över hela ge-

nomströmningsarean för jämn uppvärmning av luften. Värmeväxlarens yttre dimensioner överensstämmer med dimensionerna på de kanaler till vilken resp. enhet är ansluten. Endast EVB3 och FVB4 skall elektriskt anslutas och ingår i funktionen. Övriga avser endast förberedande installation.

Växlare	Art		Effekt (kW)	Luftflöde (m ³ /h)
FVB 1	förv.aggr. 1		2 + 4 + 8 + 8=22	11500
EVB 1	efterv.aggr.1		3 + 6 +12 +12=33	11500
FVB 2	förv.aggr. 2		2 + 4 + 8 + 8=22	9700
EVB 2	efterv.aggr.2		3 + 6 +12+12 =33	9700
FVB 3	Förv.aggr. 3		1 + 2 + 4 + 4=11	4800
i drift EVB 3	efterv.aggr.3		1,5+ 3 + 6 + 6=16,5	4800
i drift FVB 4	förv.aggr. 4		2 + 4 + 4 =10	3200

5.3.7 Funktion

Mätningar på anläggningen har utförts av H Brännström vid Norrbottenkommunernas arkitekt- och byggnadskontor. Den 18 febr. 1970, då mätningar utfördes, var väderleksförhållandena klar himmel, solsken, -28°C på f.m. och -22°C på e.m. Onsdagen 4 mars 1970 då mätningar också gjordes var vädret annorlunda med lätt snöfall, mulet -4°C på f.m. och -2,5°C på e.m. Aggregaten kördes vid den lägre temperaturen med reducerad luftmängd, vid den högre med hel luftmängd. Med hänsyn till att ventilationsanläggningen är i drift endast mellan kl 07 och 17, har mätningen utförts dels på förmiddagen mellan klockan 8.30 till 9.30, och dels på eftermiddagen mellan klockan 16 till 17. Mätningar utfördes i två rum i varje våningsplan.

Mätningar redovisas i tabell.

Mätresultat

Aggregat 1

-°C- Tilluft					(%) Frånluft					
T1	T2	T3	T4	T6	T7	T8	T9	TT	TF	
-28	-28	+14	+18,3	22,6	15	26,1	20	-14	87	71
-22	-22	+13,5	-	-	-	-	20	-13	85	79
- 4	- 4	+16	20,1	24,5	22	27,1	21,5	+ 5	78	65
- 2,5	- 2,5	+17	-	-	-	-	21,5	+ 6	81	65

Då läkarstationen är stängd på eftermiddagarna har mätningar ej kunnat utföras fullständigt. T4, T6 och T7 avser medelvärden.

Aggregat 2

-°C-					(%)				(%)	
T1	T2	T3	T4	T6	T7	T8	T9	TT	TF	
-28	-28	+16,5	21,5	23,2	16	29,2	22,0	-13	89	66
-22	-22	17,5	22,1	22,8	20	27,9	22,0	-10	90	73
- 4	- 4	+19	21,3	23,6	27	24,4	22,5	+ 5	87	66
- 2,5	- 2,5	+16	21	23	28	24,1	22,5	+ 5	74	72

5.3.8 Kommentarer

Rumsgivarnas inställda värden överensstämmer dåligt med rumstemperaturerna. Avvikelser på 2-3°C förekommer. Detta tyder på dåligt utförd kalibrering eller dålig följsamhet mellan givare och rumstemperatur, uppmätt i rummets centrum. En benägenhet att ställa om rumsgivaren med för stora steg har konstaterats. En rekommendation torde vara att rumsgivare utföres ej omställbara.

Förvånansvärt stora temperaturändringar under transporten kan utläsas för såväl tilluft som frånluft. Förklaringen ligger förmodligen däri att kanalerna till största delen av sin sträckning är lagda oisolerade intill varandra i undertak. Den värmeväxling, som sker på detta sätt, bedömes som negativ då den ej är kontrollerbar. Nackdelar torde framkomma under den varma årstiden.

Uppmätta fuktinnehåll i luften är förhållandevis låga och är en följd av uteluftens fuktinnehåll. Detta är ett väntat förhållande, då fukttillskotten inom byggnaden är små p.g.a. få människor per ytenhet.

Verkningsgraderna för värmeväxlarna är förhållandevis höga. Dock är den stora skillnaden mellan verkningsgraderna för tilluft (TT) och frånluft (TF) anmärkningsvärd. Skillnaden borde varit ca 6% eller lika med skillnaden mellan tilluftmängd och frånluftsmängd. Mätningarna tyder på att denna skillnad är större än vad den skall vara.

Vad beträffar anläggningens "trivselfaktor" så skiljer den sig ej från andra anläggningar. Detta är en följd av att den lufttekniskt ej är speciell i fråga om sätet att tillföra resp. bortföra luft från lokalerna.

Tilluftstemperaturerna är som synes helt tillfredsställande trots att någon värmning ej sker. Av detta kan den slutledningen dras att gjorda antaganden om värmeåtervinningens effekt är riktiga.

5.4 Kontorshus Växjö

5.4.1 Allmänt

Byggnaden, som har en volym av 38.000 m^3 och en total golvyta av 10.000 m^2 , har formen av en treuddig stjärna i vars centrum hissar och trappor är belägna. Huset är uppfört i 5 kontorsplan och källarplan. Varje kontorsplan har en mörk kärna som innehåller arkiv, konferensrum samt toaletter.

5.4.2 Värmeanläggning

Modulbredden i kontoret är 115 cm.

K-värde fönsterbröstning	($1,00 \text{ m}^2/\text{modul}$)	$k = 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
kantbalk	($1,14 \text{ m}^2$)	$k = 0,84$
fönster	($1,70 \text{ m}^2$)	$k = 3,50$

I varje modul är en elektrisk kamflänskonvektor om totalt 530 W installerad. Effekten i varje konvektor är uppdelad på tre separata slingor om resp. 80, 150 och 300 W.

80 W slingan är avsedd att motverka kallras och kopplas in manuellt med en strömställare i varje fönsterbänk. De två övriga slingorna samköres med belysningen, som uppgår till 160 W/modul, på följande sätt. **Se FIG. 24.**

tänd belysning:

vid normal utetemperatur inkopplas 50 W slingan

vid mycket låg utetemperatur inkopplas 300 W slingan och urkopplas 150 W slingan.

släckt belysning:

vid normal utetemperatur inkopplas 300 W slingan

vid mycket låg utetemperatur inkopplas 300 W och 150 W slingan.

Rumstemperaturen regleras sedan med termostater, en i varje rum som styr hela den inkopplade effekten utom 80 W slingan.

5.4.3 Ventilationsanläggning

Tilluften värmes av frånluften i entalpivärmeväxlare, fuktas med vatten och eftervärmes sedan zonvis i tyris-torreglerade elektriska värmare till lämplig temperatur. Utekompenenserad tillufttemperatur. Min.begränsning av tillufttemperaturen ($+17^{\circ}\text{C}$). Vid låg utetemperatur förvärmes tilluften elektriskt för att undvika frysning i växlaren.

5.4.4 Kommentar

Enligt fastighetsskötaren fungerar anläggningen tillfredsställande. Vissa anmärkningar kan dock göras. Flera tilluftsaggregat är anslutna till samma entalpivärmeväxlare, vilket gör att tillufttemperaturen i de olika aggregaten varierar något på grund av luftens skiktning. Belysningen tändes fasadvis och kan ej påverkas manuellt ett förhållande som väckt ett visst missnöje bland personalen.

Dessutom är det svårt att få personalen att i- och urkoppla "kallrasslingan" efter utetemperaturen vilket kan medföra drag resp. för hög rumstemperatur alltefter utetemperaturens växlingar.

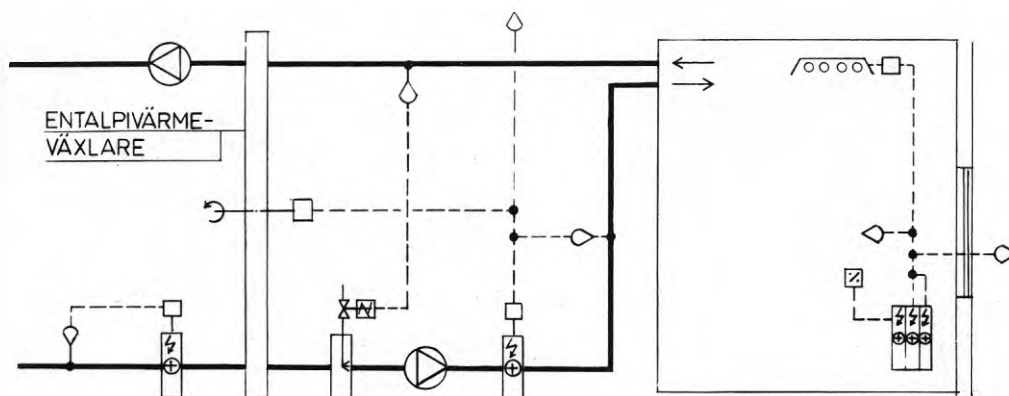


FIG. 24. Kontorsbyggnad, Växjö. Entalpivärmeväxlare.

SLUTORD

Under 1972 har delvis nya förutsättningar skapats för att ventilationsanläggningar med elvärme skall kunna utvecklas ytterligare. Elverksföreningens nyligen utkomna normer har redovisat eldistributörernas syn på möjligheterna att installera elvärme samt skall också SEMKO:s provningsbestämmelser för kanalvärmare fastställas.

Dessa normer ger tillsammans tillverkarna en fastare grund att stå på när de utformar sina konstruktioner, vilket bör kunna stimulera till en förbättrad produktutveckling.

Det finns ytterligare en faktor som på sikt kan komma att påverka tillverknings- och provningskostnaderna för värmarna, nämligen det arbete som påbörjats inom byggstandardiseringen (BST). Det syftar till att undersöka möjligheterna till standardisering av storlekar och effekter för el-luftvärmare.

Elektronikindustrins framsteg har under senare tid även utnyttjats vid konstruktion av elvärmarnas styrutrustningar. Det finns dock fortfarande ett stort behov av mer genomarbetade, fabriksmonterade elvärmesystem, där styrutrustning och värmare utgör en samverkande enhet. Denna konstruktionsenhet måste också ta hänsyn till den omgivande ventilationsanläggningens krav på styr- och förreglingsfunktioner samt ha en lämplig utformning för anslutning till kanaler och aggregat.

Ovan har vi sökt att definiera de krav som måste ställas på en väl fungerande elvärmeanläggning. Det är emellertid inte möjligt att förutse i vilken utsträckning ventilationsanläggningar med elvärme i framtiden kommer att användas. Avgörande för den utvecklingen blir framför allt elenergikostnader och miljöaspekter.

R8:1974

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag D 544:2 från Statens råd för byggnadsforskning till Hugo Theorells Ingenjörbyrå AB. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: installation**

Pris: 16 kronor + moms