



Forskning och
Utveckling

FOU 2000:48

STRÖMFÖRSÖRJNING TILL VÄRMEMÄTARE

*Henrik Bjurström,
ÅF-Energikonsult AB*



STRÖMFÖRSÖRJNING TILL VÄRMEMÄTARE

Henrik Bjurström

ÅF-Energikonsult AB

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Innehåll

Sammanfattning.....	4
Summary	5
1 Bakgrund.....	6
2 Uppdraget.....	6
3 Effektbehovet	7
4 Termoelektricitet och dess tillämpningar.....	8
5 Tänkbara tekniska lösningar	13
5.1 Tillgängliga temperaturer	13
5.2 Synpunkter på värmeväxlingen.....	13
5.3 Synpunkter på effektfrågor.....	14
6 Aktuella tillämpningar	15
7 Eventuell användning i värmemätare	18
8 Konkurrerande tekniker	20
9 Slutsatser	21
10 Referenser.....	22
Rapportförteckning	

Sammanfattning

Av olika skäl bör värmemätare i fjärrvärmecentraler för villor kunna drivas oberoende av elnätet. Den begränsade kapaciteten hos batterier kan emellertid tänkas innebära vissa begränsningar beträffande konstruktionen av elektroniken i mätarna. Omvandling av värme i fjärrvärmevattnet till el med hjälp av termoelektriska element kan vara en teknik att försörja mätarna med större effekter, oberoende av elnätet.

I denna rapport redovisas en förstudie över termoelektriska elgeneratorer och över möjligheten att använda de temperaturskillnader som förekommer i en fjärrvärmecentral för att driva en värmemätare.

Slutsatsen är att det föreligger goda tekniska förutsättningar för utvecklingen av en sådan strömkälla. Det finns dock idag inga kommersiellt tillgängliga produkter med termoelektriskt element, värmeväxlare och elektronik som är anpassade till ändamålet.

På en lägsta nivå kan tillgänglig teknik utan problem uppfylla effektbehovet i dagens värmemätare, vilken uppskattas till 0,1 – 0,2 mW. Det förefaller sannolikt att en effekt på ca 1 W skulle kunna produceras med större element. Detta motsvarar effekter som är vanliga i kyltillämpningar och en första bedömning av vad som kan vara rimligt med hänsyn till krav på utrymmen, värmeflöden, mm.

Summary

For different reasons heat meters in district heating stations placed in single-family homes should be powered independently of the electric network. However, the limited capacity of batteries may give rise to restrictions in the design of the electronics in the instruments. Conversion of heat in the district heating water using thermoelectric generators may be a technique to provide the heat meters with electrical power, independently of network.

In this report is presented a prestudy of thermoelectric generators and of the possibility to use the temperature differences available in a district heating station to provide electrical power to heat meters.

The conclusion that is reached is that developing such a power source is technically feasible. However, there are no commercially available products, consisting of thermo-electric element, heat exchangers and electronics, that are already adapted to the purpose.

On the lowest level, available thermoelectric technology may be used to provide heat meters with the power required today, i.e. 0,1-0,2 mW. It is probable that an electric power of 1 W may be produced with larger generators. This power corresponds to thermal powers involved in present day cooling applications as well as a first assessment of what is reasonable when taking into account space requirements, heat flows etc.

1 Bakgrund

Noggrannheten som kan förväntas av en värmemätare under realistiska förhållanden är en central fråga med stor ekonomisk betydelse såväl för fjärrvärmeföretagen som för abonnenterna. Kontrollen av värmemätarnas noggrannhet utförs idag bl a genom typprovning under statiska, väldefinierade förhållanden. Mätarna måste även revideras med jämna mellanrum, vilket i praktiken innebär ett utbyte av de minsta mätarna, i t ex villor.

När de är anslutna i en fastighet skall värmemätarna emellertid registrera även i högsta grad dynamiska laster. Den senaste tiden har utvecklingen av fjärrvärmecentraler gått mot en användning av lätta värmeväxlare med snabba svarstider och en regleringsutrustning som anpassats till detta. Erfarenheter under försöksverksamhet vid Sveriges Provnings- och forskningsinstitut (SP) pekar på att de mindre värmemätarnas följsamhet under sådana förhållanden kan behöva säkerställas.

Den noggrannhet som kan erhållas från en mätare är naturligtvis en funktion av mätprincipen och dess fysikaliska gränser, men den är också beroende av avvägningar mellan kostnader, möjliga prestanda och andra villkor, vilka leder till ett visst val av teknik.

Av olika skäl bör värmemätarna för mindre förbrukare som villor kunna drivas även oberoende av elnätet, under en period som motsvarar intervallen mellan revisionstillfällen, fem till tio år. Detta har lösts av de olika tillverkarna med hjälp av batterier. Eftersom dessa har en trots allt begränsad kapacitet måste effektförbrukningen under tiden mätarna är placerade i en central anpassas till denna. Detta kan innebära vissa begränsningar för konstruktionen av elektroniken i mätarna, vilket kan tänkas påverka noggrannheten vid transienter.

Det är därför av intresse att undersöka om det finns andra möjligheter att ordna en nät-oberoende strömförsörjning till värmemätare som kan medge ett större effektuttag. Omvandling av värmetsom är tillgängligt i fjärrvärmens till elektricitet med hjälp av termoelektriska element kan vara en sådan teknik.

2 Uppdraget

Uppdraget som lämnats av Svenska Fjärrvärmeföreningen Service AB (FVF) till ÅF-Energikonsult AB består av en förstudie över möjligheten att använda termoelektriska element, s. k. Peltierelement, för att försörja värmemätare med ström. I uppdraget ingick följande moment:

- en undersökning av vilka termoelektriska strömkällor som finns på marknaden
- en utredning över möjligheterna att använda dessa för att försörja värmemätare med elektrisk ström
- en kortfattad rapport.

I uppdraget ingick inte någon analys av de mervärden som termoelektriska element kan innebära för noggrannheten (även om detta är en naturlig förlängning av uppdraget).

En sådan utredning förutsätter nämligen en analys av värmemätarnas olika funktioner (sensorer, signalregistrering, CPU, kommunikation, visare etc). Det underlag som är nödvändigt för detta arbete kommer FVF att få tillgång till efter det att detta projekt rapporterats, i samband med den planerade provningen vid SP av värmemätare under dynamiska förhållanden.

Denna förstudie syftar till att visa om den tekniska idén är praktiskt genomförbar. Effektförbrukningen hos dagens konstruktioner med batterier utgör en lägsta nivå som termoelektriska element måste kunna tillfredsställa för att överhuvudtaget vara intressanta ur en teknisk synvinkel.

I ett andra steg görs ett försök att bedöma hur stor effekt rimligen kan erhållas ur en termoelektrisk strömkälla. Det är en subjektiv bedömning, i avsikt att ge ett underlag till diskussioner, i ett senare skede, om effektbehov och noggrannhet hos värmemätare.

De ekonomiska aspekterna analyseras inte, men ändå beaktas vad som kan vara ekonomiskt gångbart under diskussionerna.

Referensgruppen för detta uppdrag har bestått av Göte Ekström, FVF, och Jan Eliasson, Göteborg Energi.

3 Effektbehovet

Fjärrvärmecentralen och den därtill hörande värmemätaren är placerade i ett utrymme inomhus. En värmemätare består av en flödesmätare, två temperatursensorer (Pt-100 eller Pt-500) varav den ena är monterad på framledningen och den andra på returledningen samt ett integreringsverk. De delar som innehåller elektronik, integreringsverk och flödesmätare, monteras ofta på returledningen. I s k kompaktvärmemätare sitter flödesmätare och integreringsverk ihop under samma skal. I andra utföranden är de åtskilda.

Vad gäller effektförbrukningen i en värmemätare för villor har följande information kunnat extraheras ur datablad och broschyrer för värmemätare från diverse leverantörer:

- Värmemätarna levereras antingen för nätanslutning (230 V AC) eller för batteridrift. För vissa fabrikat är det enbart strömförsörjningsdelen som byts ut, inte elektroniken i övrigt. För andra fabrikat påverkas prestanda, varför elektroniken kan tänkas vara olika i batterifallet och i nätfallet. Mätare från några leverantörer kan även anslutas till 24 V AC.
- För batteridrift används litium-tionylkloridbatterier, ca 3,65 V, med en kapacitet som varierar mellan fabrikat och modell.
- I ett ca 10 år gammalt datablad från Danfoss anges 25 μ A som genomsnittlig strömförbrukning och 50 μ A som maximum. Detta motsvarar effekter på 75 resp. 150 μ W. I det fallet anges batteriets kapacitet till 6,5 Ah, vilket överslagsmässigt borde räcka för 15-30 år. Databladet anger dock att batteriet bör bytas efter 7 år.
- För ett instrument anger SVM 1,8 Ah vid 3 V vilket ger max 10 års drift. För ett något större instrument anger SVM 2,2 Ah. Detta borde innebära en ström på ca 20 μ A i

medeltal och en effektförbrukning på ca 60 μW i medeltal. I värmemätare för större värmeförbrukare ger batterienheten (litiumbatteri) en spänning på 6 V. Vid en spänning på 3 V går 4 μA genom temperatursensorerna. Vid 6 V går 40 μA genom temperatursensorerna.

- Landis & Staefa anger 3,65 V och 2,2 Ah för lätt drift under 6 år. Strömstyrkan blir då i genomsnitt ca 40 μA och effekten ca 150 μW . Vid behov av mer omfattande kommunikation behövs 8 Ah, vilket skulle innebära ca 150 μA eller ca 0,5 mW. Ett batteri på 8 Ah ger 12 års lätt drift eller ca 75 μA .

Slutsatsen är att idag är den elektriska strömstyrkan i storleksordningen 20-50 μA för en spänning på 3 till 3,65 V, vilket innebär ett effektbehov på 0,1 till 0,2 mW i genomsnitt. Detta innebär troligen en överskattning av den verkliga effektförbrukningen i en värmemätare. Batteriet behöver ha en överkapacitet för att kompensera för dess självurladdning under drifttiden. Troligen är effektbehovet inte konstant under tiden utan den kan variera.

4 Termoelektricitet och dess tillämpningar

Termoclement för temperaturmätning, kylboxar för fritidsändamål och minibarer i hotellrum är välkända tillämpningar, även om termoelektricitet kan kännas som ett ovanligt ord.

Termoelektricitet är en reversibel omvandling mellan värme och elektricitet. Ett värmeflöde ger upphov till en elektrisk ström (den s k Seebeck-effekten) och omvänt, en elektrisk ström ger upphov till ett värmeflöde (den s k Peltier-effekten). Förutsättningen för Seebeck- och Peltiereffekterna är att den elektriska kretsen består av två olika elektriska ledare. En elektrisk spänning uppstår om ställena, där ledarna har fysisk och elektrisk kontakt med varandra, har olika temperaturer. Värmetjämnningen mellan ställena omvandlas till elektrisk energi. Detta utnyttjas i t ex de ovannämnda termoclementen.

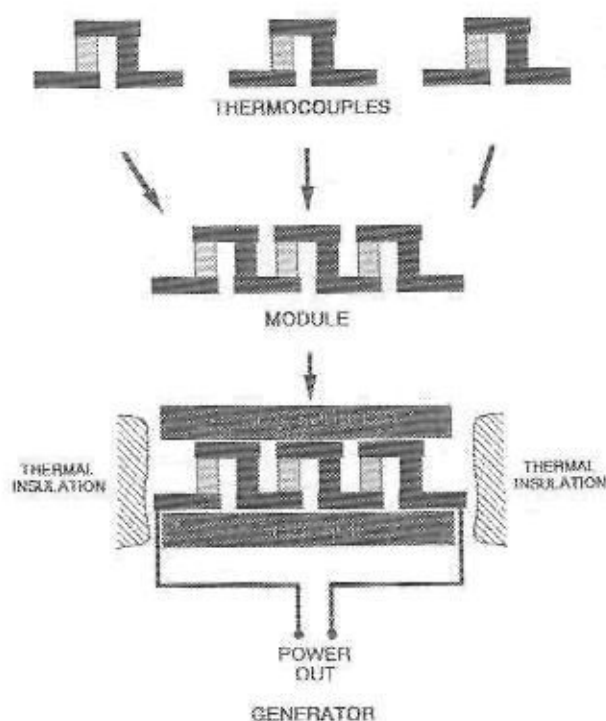
Den tredje termoelektriska effekten, Thomson-effekten, uppstår i en ledare av ett enda material. När en elektrisk ström flyter genom en ledare vars ändar har olika temperaturer upptas värme reversibelt från omgivningen, om laddningsbärarna, elektronerna, flyter mot temperaturgradienten. Flyter de i samma riktning som temperaturgradienten avges värme. Denna jämförelsevis svaga Thomsons effekt skall inte förväxlas med resistiva uppvärmningen som är irreversibel.

Alla de tre termoelektriska effekterna ger upphov till störningar i mikroelektronik, som t ex temperaturdrift. De kompenseras för i konstruktionsstadiet.

Prestanda hos tillämpningarna av termoelektriska effekterna beror i mycket stor utsträckning på egenskaperna hos materialen. Önskemålet är att i materialen kombineras:

- en hög termospänning per grad i temperaturskillnad, vilket ger ett högt utbyte i volt eller ampere per grad
- en hög elektrisk konduktivitet, vilket är en förutsättning för ett lågt internt motstånd och låga energiförluster
- en låg värmekonduktivitet, vilket behövs för att hålla värmeläckagen genom ledarna på en låg nivå.

I metaller följs elektrisk och termisk konduktivitet åt, varför de två senare önskemålen ovan i deras fall är motstridiga. De material som används mest för termoelektriska tillämpningar är halvledare med tunga atomer, t ex vismut, tellur eller antimon. Dessa material har låga värden för den termiska konduktiviteten.



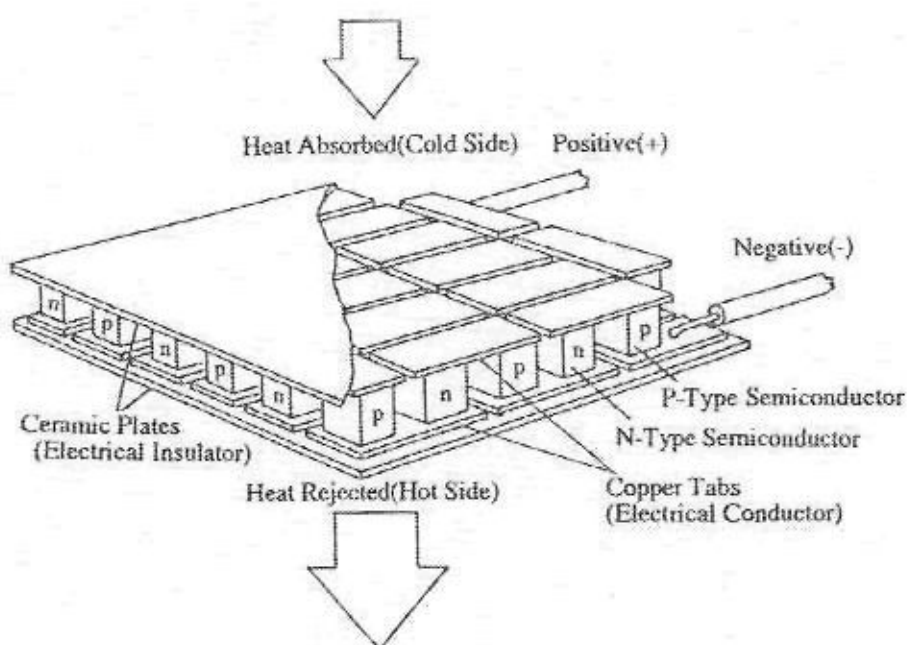
Figur 1. Schematisk skiss över elektriska seriekopplingen av termoelement till en termoelektrisk generator (Rowe, 1995).

Figure 1. A schematic sketch of the electrical connection in series of thermocouples to a thermoelectric generator (Rowe, 1995).

Termospänningen, Seebeckspänningen, som kan erhållas är tämligen begränsad, ca $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ för de material som används i termoelement. När högre spänningar önskas seriekopplas elementen elektriskt till s k termostaplar. I ett element har ofta ett hundratal eller fler element seriekopplats elektriskt, se Figur 1 och 2. Ur värmeflödets synpunkt är de däremot parallellkopplade.

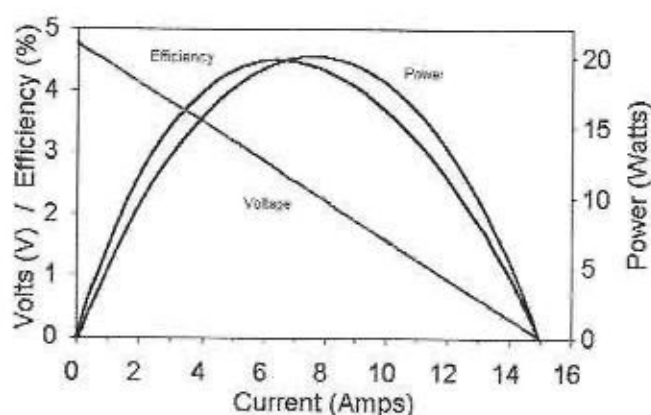
Elektriska prestanda av ett termoelektriskt element är en funktion av effektuttaget, se Figur 3. Om en liten elström och därmed en liten eleffekt tas ut kan en hög spänning upprätthållas. Med högre strömstyrka blir den termoelektriska spänningen mindre. Effektmaximum innebär en kompromiss mellan strömstyrka och spänning.

För ett givet element är utgående spänning i stort sett proportionell mot skillnaden i temperatur mellan värmekällan och värmesänkan. Utgående eleffekt från ett element är också funktion av temperaturskillnaden. Figur 4 visar karakteristiska kurvor för elproduktion med ett termoelektriskt element med temperaturskillnaden som parameter.



Figur 2. Skiss över ett Peltierkylelement, som visar seriekopplingen av termoelementen. (Rowe, 1995)

Figure 2. Sketch of a Peltier cooling module, showing the connection in series of the thermocouples (Rowe, 1995).



Figur 3. Sambandet mellan strömstyrka, spänning, effektuttag och verkningsgrad för ett termoelektriskt element. Temperaturer: 230°C och 30°C. (Hi-Z Technologies, 2000)

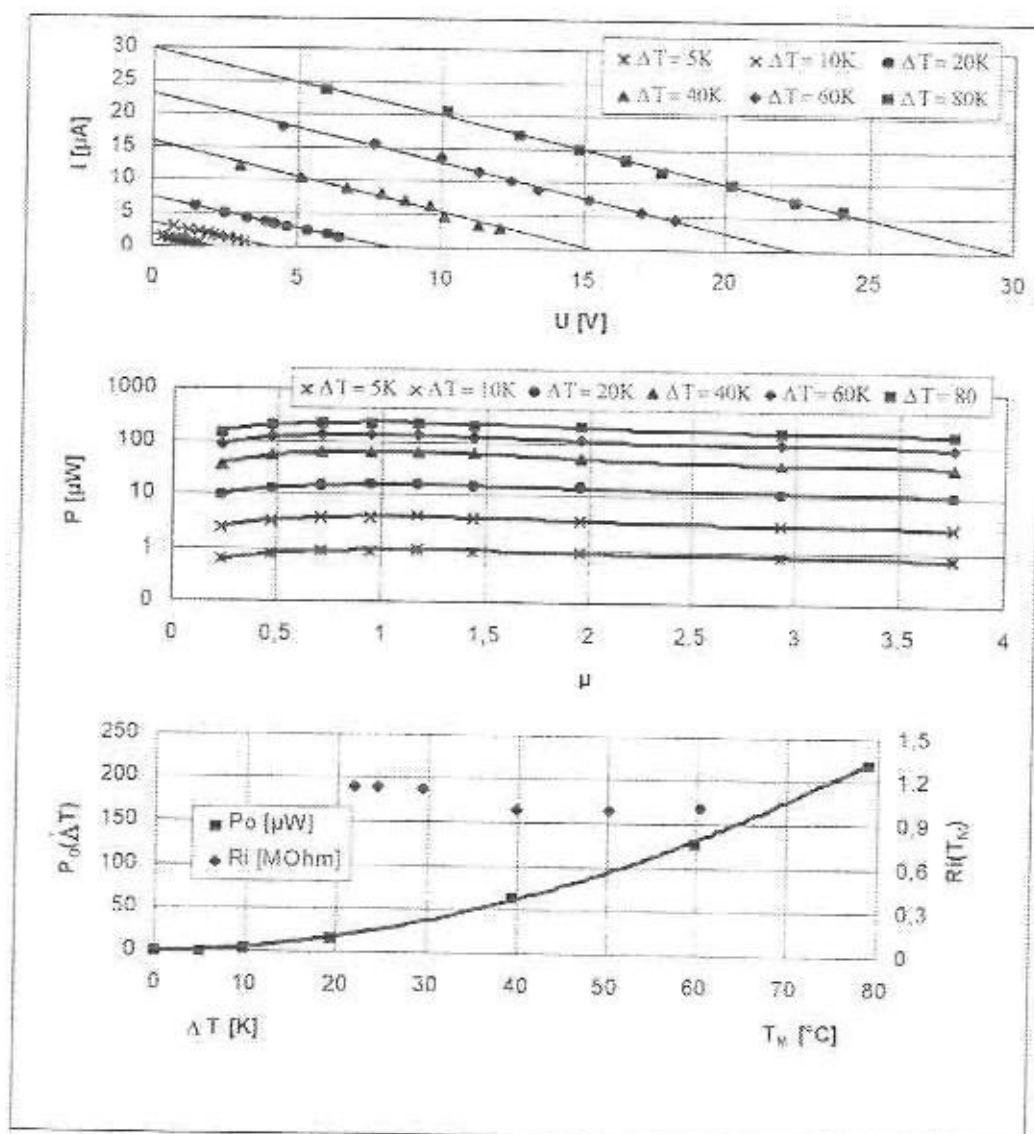
Figure 3. The relation between current intensity, electric potential, power output and coefficient of performance for a thermoelectric generator. Temperatures: 230°C and 30°C (Hi-Z Technologies, 2000).

Önskemålen om optimala prestanda i olika tillämpningar leder till olika konstruktioner. I en tillämpning som temperatursensor önskas en stabil och reproducerbar spänning och högsta känslighet. Strömstyrkan minimeras och spänningen maximeras om man använder långa, tunna ledare.

I en generator som skall leverera en hög effekt och en hög strömstyrka behöver det inre motståndet minimeras, vilket leder till korta och breda ledare. Den önskade spänningen kan sedan erhållas genom seriekoppling. I en generator som skall leverera relativt hög spänning, några volt, men en liten effekt är en serie av långa och smala ledare en optimal lösning.

Motsvarande överväganden görs för kylelement. Optimering med avseende på temperaturskillnaden som skall åstadkommas eller på överförd effekt leder till olika konstruktioner. Ett annat kriterium för optimering är verkningsgraden för kylelementet.

Ett Peltierelement som optimerats för kylning kan användas som elgenerator. Eftersom de ofta optimerats för att upprätthålla en högsta möjlig temperaturskillnad kommer emellertid inte deras verkningsgrad för elproduktion att vara optimerad (Rowe, 1995). Å andra sidan är elementets verkningsgrad kanske inte det viktigaste kriteriet i en situation där värme vid jämförelsevis låg temperatur omvandlas till el. Rowe noterar att värmeöverföringen från och till det varma vattnet har en stor betydelse för den totala verkningsgraden.



Figur 4. Karakteristiska kurvor för ett termoelektriskt element. Elektrisk spänning, U , strömstyrka, I , eleffekt, P , förhållandet mellan kretsens yttre motstånd (lasten) och elementets inre motstånd, μ , drivande temperaturskillnad, ΔT , eleffekt vid $\mu=1$, P_0 , och medeltemperatur T_M . (DTS GmbH, 2000).

Figure 4. Characteristic curves for a thermoelectric generator. Electrical voltage, U , current, I , power, P , ratio of load resistance to internal resistance of generator, μ , temperature difference, ΔT , electrical power at $\mu=1$, P_0 , and average temperature T_M . (DTS GmbH, 2000).

5 Tänkbara tekniska lösningar

Förutsättningarna för att ett termoelektriskt element skall kunna användas för att försörja en värmemätare med elektrisk energi är:

- att det finns en temperaturskillnad som kan utnyttjas
- att en tillräckligt stor effekt kan överföras från värmekällan till värmesänkan för att producera den effekt som behövs

5.1 Tillgängliga temperaturer

Fjärrvärmens framledning är den värmekälla som har högsta temperaturen bland de som är tillgänglig för produktion av el med termoelektriska element i anslutning till en fjärrvärmecentral. Som värmesänka kan flera ställen komma ifråga: fjärrvärmens returledning, kallvattenledningen, luften i utrymmet där fjärrvärmecentralen placerats.

Drifttemperaturerna i en svensk fjärrvärmecentral är årstidsberoende. Vanligt under sommaren är 70-80°C i framledningen och ca 40°C i returledningen. Under vintern regleras temperaturerna i nätet för att möta variationer i effektbehov. De temperaturer som gäller vid DUT kan uppskattas till 120°C fram och 60°C tillbaka, alternativt 100°C/50°C. Därutöver förekommer avvikelser på grund av dålig avkylning (returtemperaturen går upp).

Utrymmet i vilket fjärrvärmecentralen placerats är inomhus, vilket innebär en temperatur på 20-25°C året runt. För tappvarmvattenfunktionen i en fjärrvärmecentral finns även en kallvattenledning som kan hålla 10-20°C.

Det är i och för sig inte omöjligt att utnyttja fjärrvärmens returledning vid 40°C som värmekälla. Temperaturskillnaden till en värmesänka, t ex luft, blir dock mindre, vilket påverkar verkningsgraden och innebär en proportionellt större generator för en given eleffekt.

5.2 Synpunkter på värmeväxlingen

Förutsättningen för en elektrisk effekt är att en tillräcklig värmeeffekt kan överföras till ett termoelektriskt elements varma sida och bortföras från den kalla sidan. När ett element konstrueras för en viss tillämpning måste dels tillräcklig värmeväxlande yta ordnas, dels värmeöverföringen till och från dessa ytor befrämmas.

Värmekällan i detta fall, strömförsörjning till en värmemätare, är ett vattenflöde, antagligen fjärrvärmens framledning. Överföring av värme från vatten som strömmar i en ledning utgör inte några tekniska svårigheter.

För den kalla värmesänkan kan man använda inomhusluften eller ett vattenflöde med jämförelsevis låg temperatur, t ex fjärrvärmens returledning. Det är tilltalande att använda luften därför att det skulle tillåta inbyggnad av strömkällan som en kylfläns på ledningen som utgör värmekällan. Värmeväxling mellan två strömmar skulle kunna undvikas. Luft har emellertid dåliga termiska egenskaper. Flänsstrukturen behöver vara relativt stor och tung för att en värmeeffekt som den som kan tillföras från inkommande fjärrvärmevatten över en lika stor ledningsyta skall kunna bortföras, se Figur 9 för en illustration.

Det kan därför vara fördelaktigt att använda en vätska som värmesänka: fjärrvärmevattnet i returledningen eller kallvattnet i fastigheten. Värmeöverföringen borde då vara jämförbar på varma och kalla sidan, vilket underlättar konstruktionen. Kallvattenledningen håller en lägre temperatur än returledningen och vore ur den synpunkten bäst. Det är emellertid inte sagt att ett tillräckligt kallvattenflöde kan upprätthållas under alla omständigheter. Det kan vara säkrare att försöka utnyttja returledningen som kall sänka.

Om returledningen eller kallvattenledningen skall användas är det en fördel om de sitter så pass nära framledningen att en värmebrygga kan byggas med elementen (samt eventuellt stång eller fläta) mellan varma källan och kalla stället. I några fjärrvärmecentraler sitter studsarna för anslutning till fjärrvärme fram, kallvatten och fjärrvärme retur tillräckligt nära, men inte i alla. Det borde dock inte vara omöjligt att dra rören nära varandra vid en eventuell omkonstruktion.

5.3 Synpunkter på effektförågor

Med de temperaturer som är aktuella, ca 80°C i framledningen och ca 40°C i returledningen är verkningsgraden för ett termoelektriskt element ca 1%. Detta innebär att för 1 W eleffekt, som är den högsta effekt som diskuteras i denna rapport, måste ett värmefföde på ca 100 W upprätthållas från värmekällan till värmesänkan.

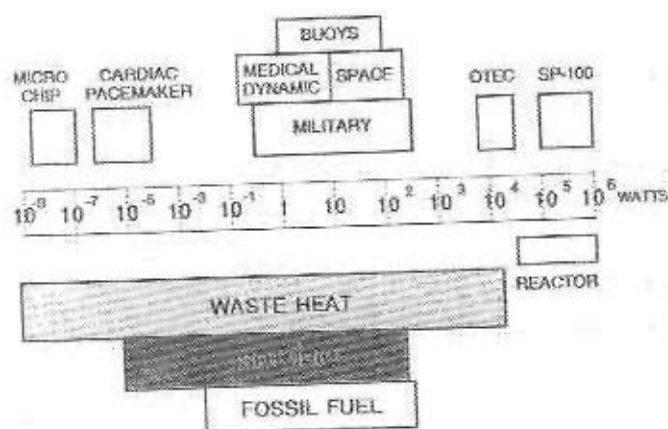
Om effekten som överförs till och från det termoelektriska elementet är konstant kommer det att leverera en konstant eleffekt. I praktiken varierar flödet genom framledning och returledning varför överförd effekt, och därmed producerad eleffekt. Vidare, eleffekten som förbrukas av värmemätaren varierar också. Konsekvensen är att man bör använda ett batteri för att jämna ut dessa variationer och använda termoelektriska elementet som batteriladdare.

Laddningsbara batterier med tillräckligt lång livslängd finns att tillgå, varför det är inte något tekniskt problem. Det innebär dock en konvertering av den spänning som erhålls från termoelektriska elementet, vilket kräver elektronik. Det krävs även elektronik för att reglera spänningen som batteriet levererar. Sådan elektronik torde finnas även i dagens batteridrivna värmemätare. Denna transformering och styrning medför vissa elektriska förluster. Verkningsgraden för en teknisk lösning till strömförsörjningen med termoelektriska element kommer att påverkas av detta.

6 Aktuella tillämpningar

En genomgång av de företag som levererar produkter baserade på termoelektricitet ger vid handen att flertalet inriktat sig på kyltillämpningar. Peltierelement är standardelektronik: de används ofta som kylelement för CPU-enheten i datorer. I större effektklasser finns de i kylboxar för bilar, vilka är en stor produkt i USA. Broschyrer från Supercool ger råd om konstruktionen av en kylbox för fritidsbåtar. I detta fall matas Peltierkylelementen med en 12 V batteri.

Element eller generatorer finns i ett brett intervall av effekter, se Figur 5, vilken också anger vilka värmekällor som används. Tillämpningar i klassen 10 kW och högre, såsom OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) och SP-100 (elproduktion från en kärnreaktor ombord rymdfarkoster), är dock speciella.



Figur 5. Effekter ur en termoelektrisk generator, tillämpningar och värmekällor (Rowe, 1995).

Figure 5. Electrical power range and heat source for thermoelectric generator depending on applications (Rowe, 1995).

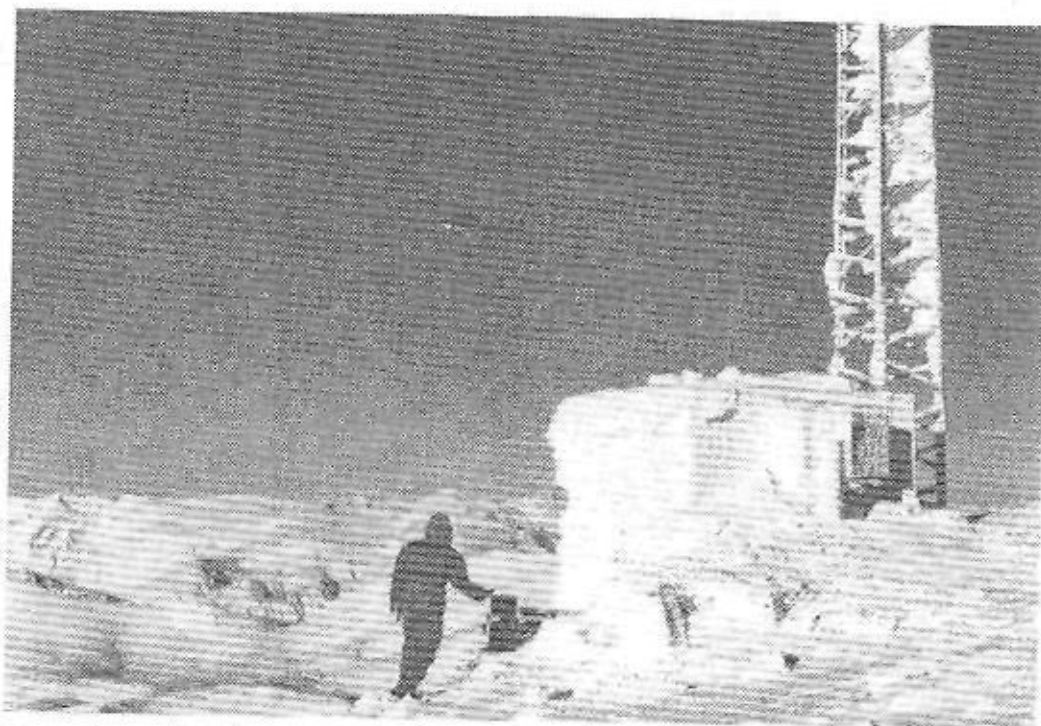
De företag som levererar termoelektriska strömkällor är följande:

- D.T.S. GmbH, Halle
- Evaporative Systems, Bloomfield, NM
- Global Thermoelectric, Calgary, Alberta
- Hi-Z Technology, San Diego, CA
- Teledyne Brown Engineering, Hunt Valley, MD
- Thermonamic Modules, Xiamen, Kina

Leverantörerna av Peltierelement för kylning är många fler, mellan ett femtiotal och ett hundratal. Bland dem finns ett svenskt företag, Supercool AB i Göteborg.

Enligt Rowe är den stora tillämpningen av termoelektriska elgeneratorer strömkällor för rymdsonder och satelliter (Rowe, 1995). En radioaktiv strålkälla producerar värme som omvandlas till el. Det innebär stabila konstruktioner utan rörliga delar, med lång drifttid.

Information från företagen som levererar termoelektriska elgeneratorer ger exempel på mer jordnära tillämpningar. Bränsle drivna termoelektriska generatorer används som strömkälla för t ex väderstationer på isolerade ställen. Samma typ av strömkällor används för att ge ett katodiskt korrosionsskydd till gasledningar (Rowe, 1995). De effekter som dessa generatorer levererar varierar från ett tiotal watt till flera kilowatt vid spänningar på minst 12 V. Enligt Rowe har termoelektriska generatorer konkurrerats ut i många tillämpningar av solceller och batterier, när de utrustningar som de försörjer med elektricitet utvecklats och blivit mer energisnåla.



Figur 6. Telekommunikationsutrustning med termoelektrisk elgenerator (Rowe, 1995)

Figure 6. Telecommunications site powered and heated by a thermoelectric generator. (Rowe, 1995).

En användning som ligger nära värmemätarna är som strömkälla till gasmätare. En liten delström tappas av från en gasledning och dess förbränningsvärme omvandlas till el med hjälp av ett termoelektriskt element. Temperaturerna och effekterna är dock mycket högre än de som är aktuella i fjärrvärmesammanhang. Normalt används en temperaturskillnad på ca 200°C eller mer mellan varma sidan och kalla sidan. De ledande företagen på denna marknad är Global Thermoelectric i Kanada och Teledyne i USA.

Om man ser till tillämpningar där endast en låg eleffekt behövs så har Seiko utvecklat en klocka som drivs av kroppsvärmen (Seiko, 1999), Seiko Thermic. I konstruktionen ingår ett batteri som laddas upp av generatoren, det termoelektriska elementet.

En annan typ av tillämpning med låg effekt och jämförelsevis lång livslängd är som strömkälla i sk pacemakers. Värmekällan är i detta fall en radioaktiv isotop.



Figur 7. Seikos THERMIC armbandsklocka som drivs av kroppsvärmen med ett termoelektriskt element.

Figure 7. Seiko's THERMIC wrist watch, powered by body heat using a thermoelectric generator.

7 Eventuell användning i värmemätare

Frågan om det är tänkbart att använda termoelektriska element för att driva en värmemätare har ställts till två tillverkande företag:

- Supercool AB i Göteborg
- D.T.S. GmbH i Halle, i Tyskland

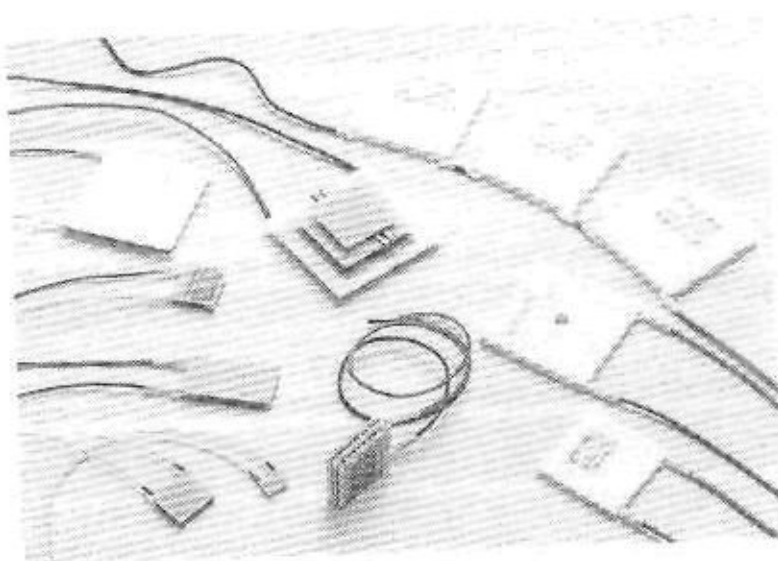
De effekter som nämnts för företagen är de som uppskattades i avsnittet "Effektbehovet" ovan. I ett andra steg ställdes frågan om hur stor effekt kan rimligen tänkas levereras av en strömkälla baserad på termoelektriska element.

Svaret på första frågan är att i princip borde det gå. Inget av företagen har dock någon produkt i sortimentet som omedelbart kan användas som strömkälla.

Tyngdpunkten i Supercools sortiment ligger på kyltillämpningar, d v s Peltierelement som drivs med en elektrisk spänning. Produkterna består av ett termoelektriskt element i kombination med värmeväxlare. Produkten konstrueras för en specifik användning, för vilket de värmetekniska problemen löses.

I en diskussion om hur stor effekt kan rimligen åstadkommas med dagens teknik svarar Supercool att ca 1 W el förefaller inte vara något orealistiskt mål. Det motsvarar de effekter som är vanliga i dagens kyltillämpningar. Emellertid krävs ingenjörsarbete för att konstruera en strömkälla som bygger på termoelektriska element. I detta arbete måste man även ta hänsyn till strömförbrukarens, d v s värmemätarens konstruktion, och till värmetekniska frågor. I det sammanhanget är det en fördel om både värmekälla och värmesänka innehåller vätskeströmmar. Den flänsade strukturen i värmeväxlingen mot luft innebär ett större utrymmesbehov.

Om det är ekonomiskt rimligt att använda en termoelektrisk strömkälla är en annan fråga som måste penetreras av en tillverkare. Termoelektriska komponenter är jämförelsevis dyra och elektroniken som behövs för att transformera upp likströmspänningen och reglera spänningen från batteriet innebär också kostnader och effektförluster. Enligt Supercool är det inte säkert att detta sammantaget skulle innebära en kostnadsfördel för termoelektriska element jämfört med en konstruktion med förstärkta batterier, t ex batterier för militära ändamål.



Figur 8. Exempel på några Peltierelement från Supercool. I mitten av bilden: element som kaskadkopplats för en högre temperaturskillnad.

Figure 8. Sample Peltier cooling elements from Supercool. In the middle of the picture are shown cascade elements, designed for a large temperature difference.

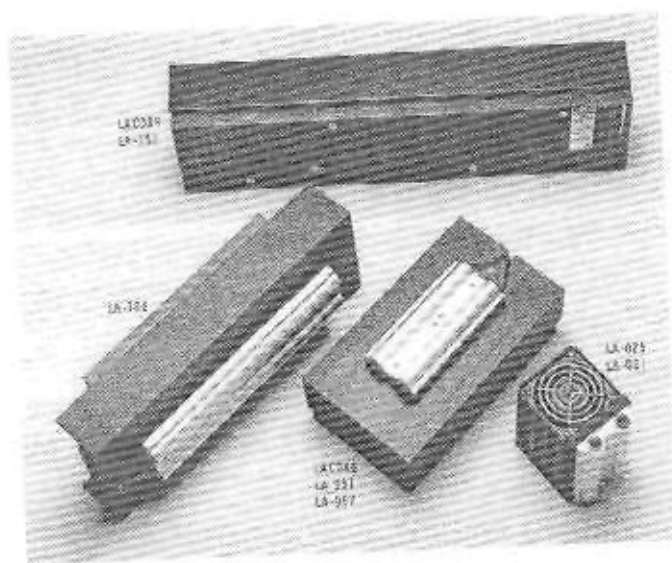
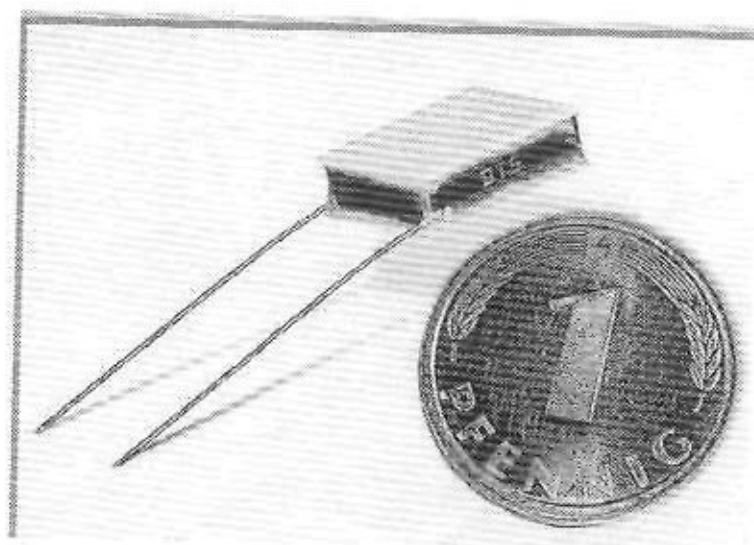


Figure 9. Exempel över en kylare med vätska på ena sidan och luft på andra sidan (Supercool, 2000). Värmeväxlaren mot vätska är den metallfärgade, mindre komponenten och värmeväxlaren mot luft är den större, mörka komponenten. Peltierelementet är inklämd mellan dessa växlare.

Figure 9. Sample coolers with a liquid on one side and air on the other side (Supercool, 2000). The liquid heat exchanger is the smaller metallic part and the air heat exchanger is the large dark part. The Peltier element is sandwiched between the two heat exchangers.



Figur 10. Ett termoelektriskt element för $50 \mu\text{W}_e$ (DTS, 2000).

Figure 10. A $50 \mu\text{W}_e$ thermoelectric generator (DTS, 2000).

Företaget D.T.S. (Dünnschicht Termogenerator Systemen) har i sitt produktsortiment en termoelektrisk generator som levererar ca $50 \mu\text{W}$ vid de aktuella temperaturerna. Några stycken skulle kunna producera den effekt som behövs i dagens värmemätare, med reservation för de frågor som transformeringen av spänningen till 3 V ger upphov till och förlusterna i den elektronik som behövs i en strömkälla.

En av användningarna som DTS nämner för sina element är som givare i s.k. "Heizkostenverteiler", instrument för fördelning av värmekostnaderna i fastigheter med flera lägenheter. De monteras på radiatorer och den alstrade strömmen ger ett mått på värmeflödet från radiatorerna till rummet.

8 Konkurrerande tekniker

Det är möjligt att producera el ur fjärrvärme med termoelektriska generatorer för att försörja värmemätare, såväl dagens instrument som något mer effektkrävande konstruktioner. Den låga verkningsgraden, ca 1%, kan dock uppfattas som en nackdel. Den teoretiska Carnotverkningsgraden för de relevanta temperaturerna är ca 10%. Om värmemätarens elförbrukning är $0,2 \text{ mW}$ innebär det ca $6,3 \text{ kJ}_e$ per år, eller något mindre än 2 Wh per år. Med verkningsgrad på ca 1 % innebär det ett värmeuttag ur fjärrvärmens framledning på ca $0,2 \text{ kWh}$ per år.

En produkt som beskrivits i denna rapport är bränsledrivna termoelektriska generatorer. En överslagsräkning utgående från produktspecifikationer från Global Thermoelectric (effekter över 15 W) ger vid handen att verkningsgraden för omvandlingen från bränslets energi till el är inte mer än ca 2%.

Om värmemätarens elförbrukning fortfarande är ca $0,2 \text{ mW}$ innebär detta ca $6,3 \text{ kJ}_e$ per år eller ca 32 kJ_e under fem år. Propan har ett förbränningsvärme på ca 50 kJ/g . Med en

verkningsgrad på 2% innebär detta ca 30 g propan för de fem år en mätare sitter i en fjärrvärmecentral.

En inriktning i pågående utveckling av bränsleceller är miniatyriseringen av cellerna för användning t ex för mobiltelefoner eller bärbara PC (Nilsson, 2000). Effektbehovet hos en mobiltelefon är i medeltal 0,5 W. Man försöker nå en verkningsgrad på 20 till 30% med metanol som bränsle.

Om bränslecellerna krymps ytterligare i framtiden skulle de kunna tänkas användas för att driva en värmemätare. Metanol har ett energiinnehåll på ca 22 kJ/g. Med en effektförbrukning på ca 0,2 mW innebär detta ett behov av ca 6 g metanol för de fem år en värmemätare sitter i en fjärrvärmecentral.

Om större effekt skall tas ut ur en strömkälla ökar bränsleförbrukningen proportionellt.

Bränslemängderna som behövs för en bränsle driven termoelektrisk generator eller för en miniatyriserad bränslecell med en effekt på 0,2 mW är blygsamma. Emellertid är det troligt att förbrukningen hos en sådan termoelektrisk källa blir väsentligt större: värmeförlusterna från en ca 230°C varm punkt kan bli betydande. Bränsle drivna strömkällor torde snarare utgöra ett alternativ till värmedrivna termoelektriska element när effektbehovet överstiger väsentligt dagens 0,2 mW.

9 Slutsatser

Den omedelbara frågan som föranlett denna förstudie är om en nätoberoende strömförsörjning kunde ordnas för värmemätare i villor. Bakgrunden är att det befaras att batteridriften kan innebära begränsningar vad gäller mätarnas följsamhet under dynamiska förlopp. Målsättningen för förstudien är att klargöra om termoelektriska element som utnyttjar fjärrvärmens som värmekälla kan användas som strömkällor till värmemätarna.

Slutsatsen i denna rapport är att det föreligger goda förutsättningar för att en sådan strömkälla skall kunna tas fram. Idag finns inte några produkter som kan användas utan anpassning eller konstruktionsarbeten. Vår bedömning är att det utvecklingsarbete som behövs är ganska begränsat.

Dagens effektbehov hos värmemätare, 0,1 till 0,2 mW, kan tillfredsställas med termoelektriska element, med de temperaturer som råder i och kring en fjärrvärmecentral. Det skulle dock inte innebära någon ökad noggrannhet hos värmemätarna, endast ett oberoende av batterier. En eleffekt på 0,1 till 0,2 mW motsvarar ett värme flöde från t ex fjärrvärmens framledning på ca 20 mW då verkningsgraden för elgenereringen är ca 1% och en årsförbrukning av värme på ca 0,2 kWh. Detta borde inte innebära någon större belastning på fjärrvärmesystemet.

Det förefaller sannolikt att en eleffekt på ca 1 W skulle kunna produceras med termoelektriska element i en fjärrvärmecentral. Detta motsvarar effekten hos konventionella Peltierkylelement och känslan hos Supercool för vad som kunde vara rimligt att åstadkomma. Denna övre gräns

är alltså inte någon tydlig gräns som skulle vara motiverad av tekniska överväganden redan idag.

Vilka möjligheter detta ger att öka noggrannheten eller följsamheten hos en värmemätare har inte utretts i denna förstudie. Denna effekter på 1 W kräver även ett värmeuttag på ca 100 W från värmekällan (fjärrvärmens framledning), eller ca 900 kWh per år, vilket kanske inte längre är försumbart.

10 Referenser

Crompton, T. R., 2000, Battery Reference Handbook, 3:e upplaga, Newnes, Oxford

Rowe, D.M., 1995, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press, Boca Raton, FL

Seiko KK, 1999, THERMIC: Hot Technology, sidan:

www.seiko-corp.co.jp/english/press_releases/1999/1999_04_30_03.html

Telefonsamtal med:

L. Brunell, ABB Metering SVM AB, Kista

P. Cech, Supercool AB, Göteborg

U. Jansson, Sveriges Provnings- och forskningsinstitut (SP), Borås,

E. Nilsson, Catella Generics AB, Kista

M. Stordeur, D.T.S GmbH, Halle

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Fjärrvärmeföreningens Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 026 - 24 90 10

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonmentcentraler)	Lena Råberger Håkan Wallcutun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Wallcutun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem - en litteraturstudie	Peter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktrinrängning och gasdiffusion hos gamla kulvertör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärnc	mars-98
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Wallcutun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertechniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler - metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Wallcutun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla - systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmecvatten	Tuija Kaunisto Leena Carpén	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Wallcutun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medicrör. Har blästring av medicröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeartervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	nov-00
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät - Förstudie	Marcus Lager	nov-00

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 08 - 677 26 00, Telefax 026 - 24 90 10

AVVECKLING AV CFC

inom fjärrvärmeföretagen

Augusti 1993

AVECKLING AV CFC

inom fjärrvärmeföretagen

AVESKING VA LLC

10000 10th Avenue, Suite 1000, Denver, CO 80202

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
AVVECKLING AV CFC INOM FJÄRRVÄRMEFÖRETAGEN	2
INLEDNING	2
NOMENKLATUR	2
CFC ANVÄNDNINGEN	3
Köldmedium	3
EMISSIONER AV CFC	9
Globala emissioner	9
Emissioner i Sverige	9
Bedömningar av framtida emissioner	11
EFFEKTER	11
Nedbrytning av ozon	11
Växthuseffekten	12
CFC-AVVECKLINGEN	16
Köldmedium	16
Tillverkning av skumplaster	18
INTERNATIONELLA ÖVERENSKOMMELSER	19
NATIONELLA REGLER OCH FÖRORDNINGAR	20
Naturvårdsverket	20
Miljö- och hälsoskyddsnämnden	20
Arbetskyddsstyrelsen	21
Nybyggnadsreglerna	21
Kylbranchens Samarbetsstiftelse "KYS"	21
KÖLDMEDIEKUNGÖRELSEN	21
Tillverkning av skumplast	23
SAMMANFATTANDE TIDTABELL (SVERIGE)	24
LITTERATURFÖRTECKNING	25

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right)$$

FÖRORD

Tillverkning och import av CFC totalförbjuds från den 1 januari 1996. Användning i befintliga aggregat är dock tillåten. En bristsituation kommer att uppstå med ökade priser på köldmedium som följd. Det finns flera skäl att planera för byte av köldmedium i samband med en storrevision. Genom att resurserna på tillverkarsidan är begränsade kan avvecklingsperioden behöva bli ganska lång. Värmeverksföreningen har en arbetsgrupp som gör en avvecklingsplan för samtliga aggregat i vilken olika hänsyn vägs in.

Den 1 oktober 1993 skall företagen ha utbildad (certifierad) personal för periodisk egenkontroll. VVF har initierat utbildning som kommer att erbjudas av UR/KYS.

Denna rapport innehåller samlad information om olika köldmedier, deras miljöpåverkan, gjorda överenskommelser och gällande regelverk. Rapporten har utarbetats av Värmeverksföreningens produktionsgrupp.

AVVECKLING AV CFC INOM FJÄRRVÄRMEFÖRETAGEN

INLEDNING

Klorfluorkarboner är en samlingsbeteckning för en grupp kemiska föreningar som fått stor industriell betydelse. Klorfluorkarboner förekommer under en rad handelsnamn som freon, frigen, arcton etc. Föreningarna har använts industriellt sedan 1930-talet.

De två största användningsområdena för klorfluorkarboner är som lösningsmedel, vid tillverkning av skumplaster, och som köldmedium i kyl- och värmepumpinstalleringar.

Klorfluorkarboner framställs genom reaktion mellan klorerat kolväte och fluorväte under närvaro av en oorganisk klorid. Föreningarna är färg- och luktlösa, icke brännbara samt kemiskt inerta. Klorfluorkarboner kan förekomma både i gas- och vätskefas.

NOMENKLATUR

För köldmedia används vanligtvis ej ämnens kemiska beteckning utan en "kod" som oftast består av bokstaven R (refrigerant) följt av två eller tre siffror och eventuellt en bokstav, t ex R12 eller R134a. Siffrorna i denna kod uttolkas enligt följande. Om koden är Rxyz så är

z = antalet fluoratomer

y - 1 = antalet väteatomer

x + 1 = antalet kolatomer

Om x = 0 så skrivs den ej ut. Antalet kloratomer bestäms enligt följande

$$\text{Antal kloratomer} = 2x + 5 - y - z$$

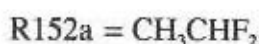
Ex a) R12 $\rightarrow$ CCl_2F_2 , dvs 2 st kloratomer

$$\text{Antal kloratomer} = 0 + 5 - 1 - 2 = 2$$

Ex b) R134a $\rightarrow$ $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, dvs inga kloratomer

$$\text{Antal kloratomer} = 2 \cdot 1 + 5 - 3 - 4 = 0$$

Ibland räcker denna beskrivning inte till, eftersom molekylerna kan sättas samman på många sätt. Då läggs en bokstav till för att skilja dessa åt. Principen för tillägg av bokstav är att den mest symmetriska molekylerna är utan bokstav. Ett exempel:



Om molekylen innehåller brom läggs ett B följt av antalet bromatomer till, t ex R13B1. (Föreningarna kallas ofta haloner. För dessa finns speciella beteckningar.) Cykliska föreningar betecknas med ett C direkt efter R, t ex RC318.

Det finns dessutom ett antal speciella nummerserier, 500-serien används för att beteckna azeotropiska blandningar, medan 700-serien betecknar oorganiska köldmedier. Exempelvis är R502 en blandning av 48.8 vikts-% R22 i R115, medan ammoniak betecknas med R717.

Numera har man istället för bokstaven R (som uttydes refrigerant) börjat använda flerbokstavskombinationer som CFC, HCFC, HFC etc.

CFC (Chloro-Fluoro-Carbons) betecknar de fullständigt halogenerade klorfluorkarbonerna.

Ofullständigt halogenerade klorfluorkarboner, dvs föreningar där minst en väteatom återstår, betecknas HCFC.

HFC-föreningarna innehåller ingen klor och är ofullständigt halogenerade.

CFC ANVÄNDNINGEN

I den fortsatta framställningen kommer endast klorfluorkarboner inom de områden som berör värmeproducenter att beaktas, dvs klorfluorkarboner som används vid tillverkning av isolering till fjärrvärmerör och de som används som köldmedia i kyl- och värmepumpanläggningar.

Köldmedium

Princip

Ett kylskåp och en värmepump arbetar med samma princip. Energi upptas vid låg temperatur och avges vid en hög med en insats av mekanisk energi. Skillnaden består i att i kylskåp utnyttjas kylningen vid energiupptagningen medan värmepumpen utnyttjar den avgivna värmen. Värmeupptagningen kan då ske från uteluft, vatten eller jord eller liknande värmekälla.

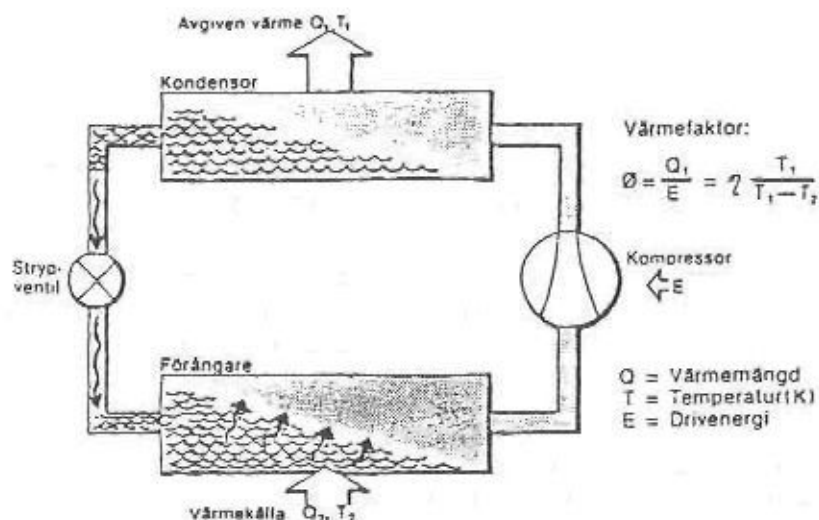


Fig1. Grundprincipen för en kompressorvärmepump.

De vanligast förekommande köldmedierna i värmepumpar är CFC-12 (R12, dikloridfluormetan), HCFC-22 (R22, klordifluormetan) och CFC-500 (R500, en blandning av CFC-12, 73.8%, och HCF-152, 26.2%). Vid atmosfärstryck har CFC-12 en kokpunkt på -29.8°C , HCFC-22 en kokpunkt på -40.8°C och CFC-500 en kokpunkt på -33.5°C .

Fysikaliska och termodynamiska egenskaper för köldmedia

I tabell 1 visas en sammanställning av termodynamiska egenskaper för några köldmedia.

Nummerbeteckning eller namn	Kylfaktor	Kylkapacitet MJ/m ³	Kondensortryck MPa	Förångartryck MPa	Tryckförh	Kyl effekt kJ/kg	Kompr uttemp °C
11	5.008	0.200	0.12417	0.02000	6.21	154.7	42.5
12	4.707	1.219	0.71426	0.17067	4.18	119.5	39.1
22	4.667	2.083	1.18054	0.29565	3.99	162.1	53.2
32	4.483	3.826	2.15410	0.55118	3.91	259.6	71.8
114	4.601	0.375	0.24931	0.04757	5.24	93.3	30.0
114a	4.624	0.361	0.24060	0.04473	5.38	98.8	30.0
123	4.890	0.161	0.10911	0.01579	6.91	141.1	32.4
123a	4.907	0.156	0.10584	0.01522	6.95	142.4	32.9
124	4.628	0.694	0.44426	0.09011	4.93	116.3	30.0
124a	4.664	0.639	0.40646	0.08120	5.01	119.2	30.0
125	4.005	2.178	1.55889	0.41085	3.79	84.0	31.0
133	4.918	0.257	0.16609	0.02600	6.39	176.3	37.6
134	4.731	0.989	0.60466	0.12438	4.86	160.1	37.3
134a	4.588	1.241	0.78235	0.16874	4.64	146.2	35.2
140(etylklorid)	5.019	0.323	0.18954	0.03214	5.90	329.1	57.6
141b	5.011	0.147	0.09428	0.01404	6.71	188.4	40.4
142b	4.803	0.661	0.39682	0.08177	4.85	166.8	35.8
143	4.925	0.476	0.28895	0.05108	5.66	232.9	43.6
143a	4.276	2.343	1.51552	0.40497	3.74	132.1	37.1
152	5.035	0.205	0.13009	0.01860	6.99	355.8	56.9
152a	4.761	1.286	0.75022	0.16537	4.54	240.0	45.6
218	3.559	1.072	0.92995	0.23084	4.03	47.8	30.0
245	4.400	0.761	0.51543	0.10994	4.69	105.2	30.0
290(propan)	4.554	1.788	1.06190	0.28785	3.69	278.0	36.6
717(ammoniak)	4.729	2.427	1.31061	0.26730	4.90	1103.6	102.3
C270 C318	4.846	1.577	0.84973	0.21312	3.99	357.3	53.0
Dimetylpropan	4.163	0.439	0.33754	0.06470	5.22	69.9	30.0
DME	4.630	0.310	0.20380	0.03904	5.22	230.7	30.0
E134	4.832	1.164	0.66067	0.14973	4.41	346.1	45.5
isobutan	4.783	0.395	0.26226	0.04286	6.12	164.0	32.1
metylbutan	4.663	0.637	0.39192	0.08675	4.52	260.4	30.0
n-butan	4.786	0.162	0.10943	0.01725	6.34	275.1	30.0
n-pentane	4.755	0.456	0.28296	0.05625	5.03	291.0	30.0

Tabell 1. Översikt över några köldmediers termodynamiska egenskaper. Data beräknade för en standard kylcykel med förångning vid -15°C och kondensering vid 30°C . Kompressionen antages ske isentrop.

I figur 2 visas att ämnena är brandfarliga om antalet väte är större eller lika med summan av antalet klor och fluor. Av figur 2 framkommer även att det finns samband med den kemiska sammansättningen och egenskaper hos köldmedia/kompressoroljeblandningar. Ökat fluorinnehåll ger bättre stabilitet men sämre smörjförmåga.

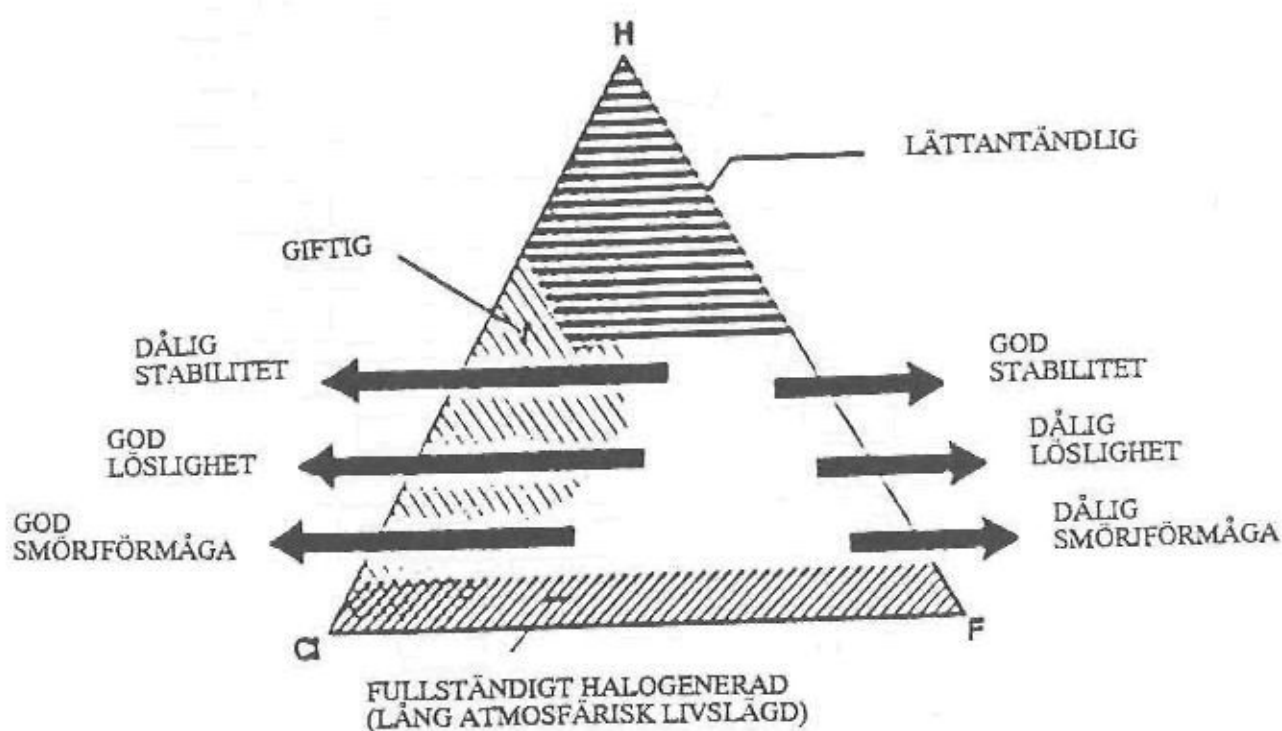


Fig 2. Fysikaliska egenskaper för CFC.

Val av köldmedia

a. Lämpliga temperaturer

Ett av de viktigaste kraven på ett köldmedium är att det har lämpligt ångtryck vid de temperaturer som önskas i kondensor och förångare. Den undre tryckgränsen sätts ofta av att man vill undvika att få inläckage av luft i systemet, dvs vid ca 0.1 MPa (1 atm). Den övre tryckgränsen sätts ofta av den använda kompressorn. Skruvkompressorer har t ex vanligen sin gräns vid ca 2 MPa, även om det finns de som klarar högre tryck. Arbetsområden för olika media illustreras i Fig 3.

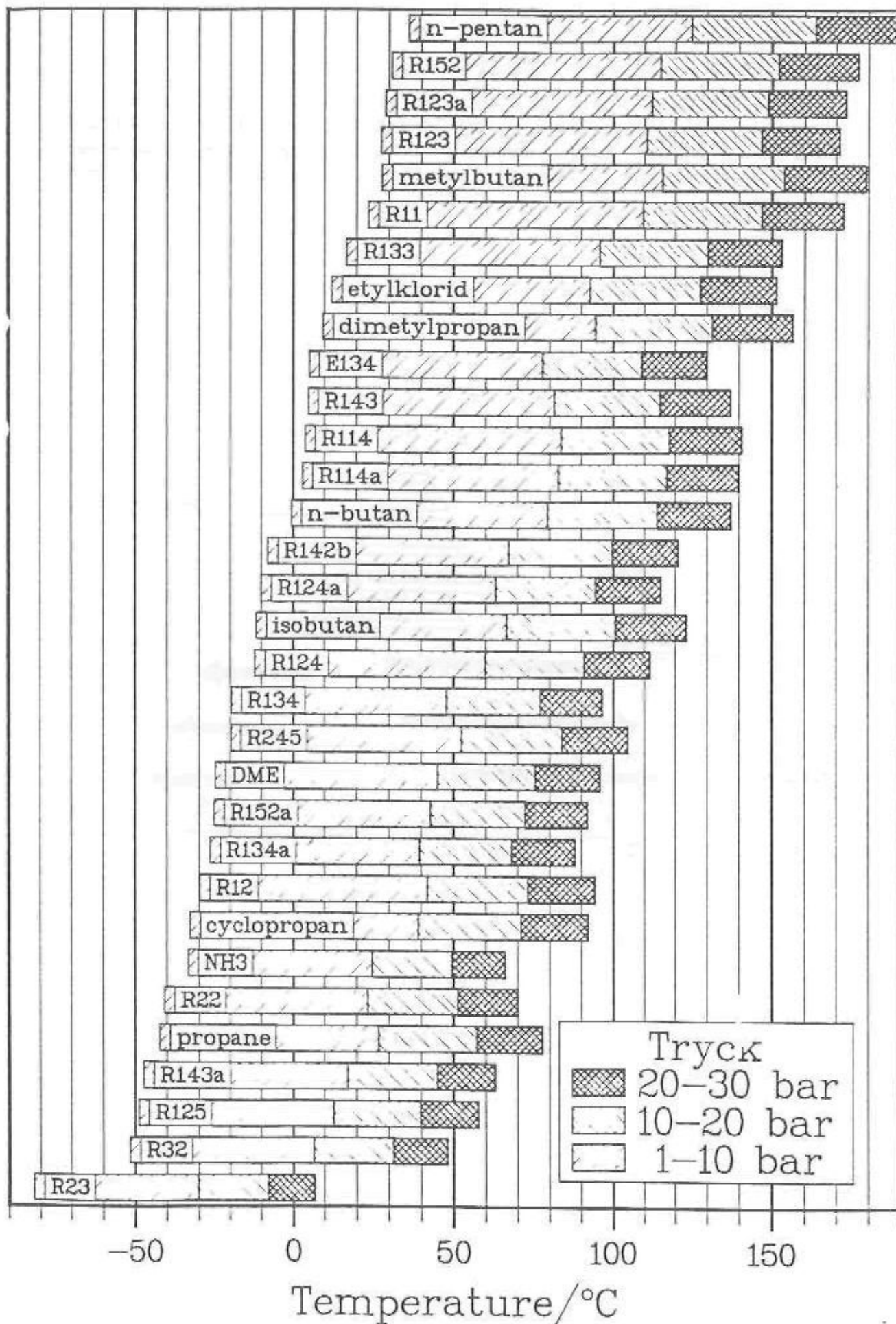


Fig 3. Arbetsområden för olika köldmedia.

b. Miljöhänsyn

Vid val av köldmedia måste även hänsyn tas till ämnenas miljöpåverkan, både i de högre luftlagren (ozonnedbrytning och växthuseffekt) och i närmiljön (brandfarlighet och toxicitet). Normalt är utsläppen från värmepumpar och kylanläggningar små, välskötta anläggningar tappar max 3 - 4% av fyllningen per år. Utsläppen sker framförallt genom läckage via kompressoraxeln. Från helhermetiska kompressorer som de som används i kylskåp är läckage mycket sällsynta. Tidigare förekom stora utsläpp vid service och reparationer av anläggningarna. Kylnormens krav på användning av speciella tömningsbehållare vid sådana arbeten har kraftigt minskat denna typ av utsläpp.

c. Värmefaktorer (COP) och kapacitet

För en applikation varierar värmefaktorn beroende på val av köldmedia. I figur 4 visas värmefaktorn mot erforderligt kondensortryck vid exempelvis hetvattenproduktion i industrin.

Figuren hade haft ett liknade utseende om värmefaktorn avsatts mot kapaciteten i stället. Ett högt arbetstryck för mediet resulterar i en hög kapacitet.

För denna tillämpning är alla media som finns tillgängliga idag eller i en nära framtid antingen brandfarliga eller klorinnehållande. Värt att notera är att de ämnen som ger bäst COP, dvs lägst energiförbrukning, är alla brandfarliga.

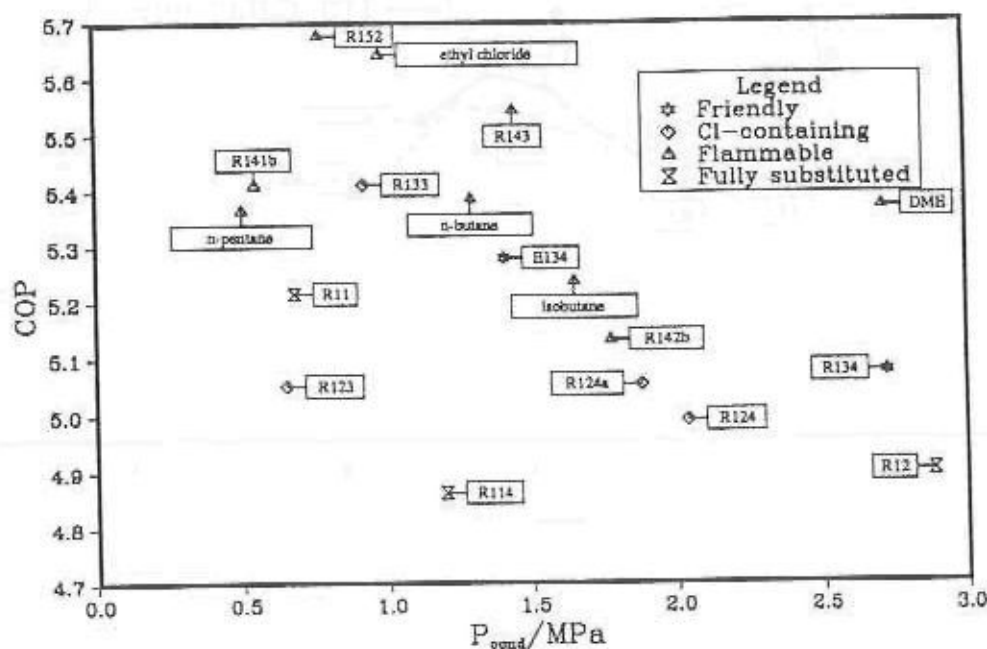


Fig 4. COP för några rena ämnen som funktion av erforderligt kondensortryck. Beräkningarna har gjorts för lika värmeväxlararea för de olika ämnena. Värmekällans temperatur minskar från 55 °C till 50 °C i förångaren, Värmesänkans temperatur ökar från 85 °C till 90 °C i kondensorn.

d. Blandningar som köldmedia

För de flesta tillämpningar finns ett mycket litet antal rena ämnen att välja köldmedium bland, åtminstone så länge som brandfarlighet ej kan accepteras. Ett sätt att öka möjligheten att "skraddarsy" sitt köldmedium är att använda en blandning av medier. Några exempel på detta visas i figur 5. Genom att blanda in lämplig mängd etylklorid i R123 kan man öka COP utan att blandningen blir brandfarlig. Det är dock inte känt var gränsen för detta går. Som synes är det också möjligt genom inblandning av t ex R124 eller R142b i R123 att justera trycket och därmed kapaciteten till önskad nivå.

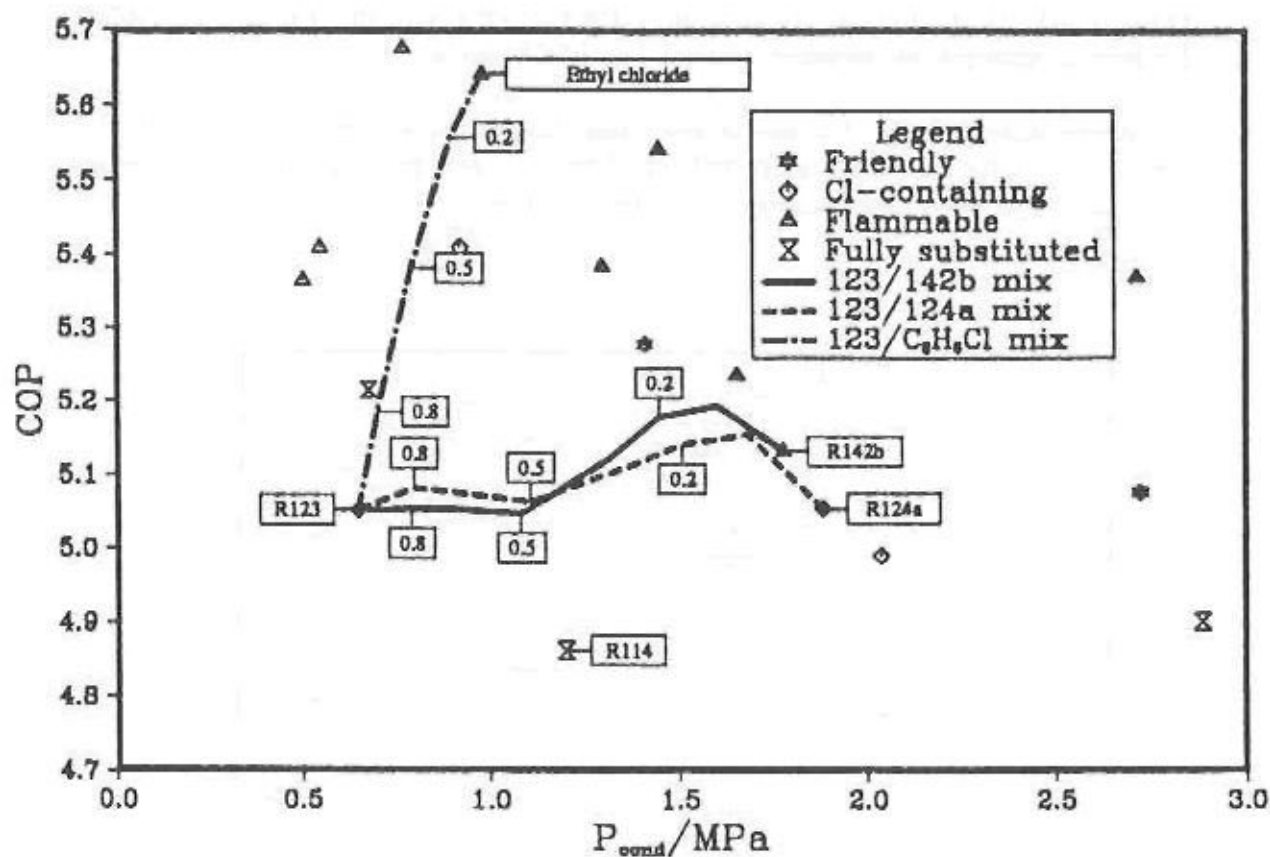


Fig 5. COP för några blandningar som funktion av erforderligt kondensortryck. Siffrorna längs linjerna anger molandelen R123 i blandningen. Beräkningarna har gjorts för lika värmeväxlararea för de olika ämnena. Värmekällans temperatur minskar från 55 °C till 50 °C i förångaren. Värme-sänkans temperatur ökar från 85 °C till 90 °C i kondensorn.

EMISSIONER AV CFC

CFC presenterades som ett nytt köldmedium på 1930-talet av Thomas Midgley Jr. Emission av klorfluorkarboner har således förekommit under ca 50-60 år. Emissioner av dessa föreningar beror enbart av mänskliga aktiviteter. Sedan slutet av 1950-talet har klorhalten i atmosfären ökat samtidigt som ozonhalten ovanför polerna har minskat, se figur 6 nedan.

Globala emissioner

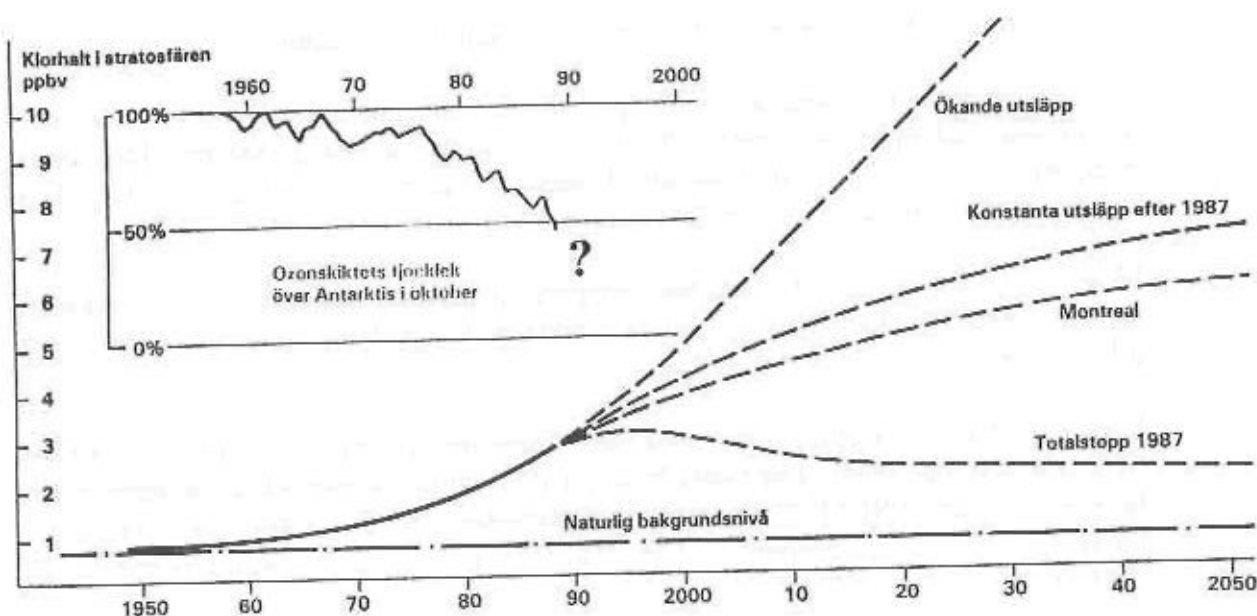


Fig 6. Koncentration av klor i stratosfären. Som framgår av figuren kommer en begränsning av CFC-utsläppen enligt Montreal-överenskommelsen att leda till ökade klorhalter i stratosfären. Beräkning för totalstopp är endast teoretisk, eftersom CFC i gamla kylanläggningar och isoleringsmaterial kommer att läcka till atmosfären under lång tid framöver, även om tillverkningen av CFC upphör. Efter underlag från Henning Rodhe, Meteorologiska Institutionen, Stockholms Universitet.

Av de ackumulerade emissionerna är R11 och R12 i särklass störst. Halten av dessa i atmosfären är i dag ca 280 ppb för R11 respektive 480 ppb för R12.

Emissioner i Sverige

Under 1986 importerades ca 5 000 ton CFC i bulk. Eftersom det inte förekommer någon kontrollerad destruktion, motsvarar användningen ungefär utsläppen i atmosfären - fast med en tidsfördröjning på 50-100 år.

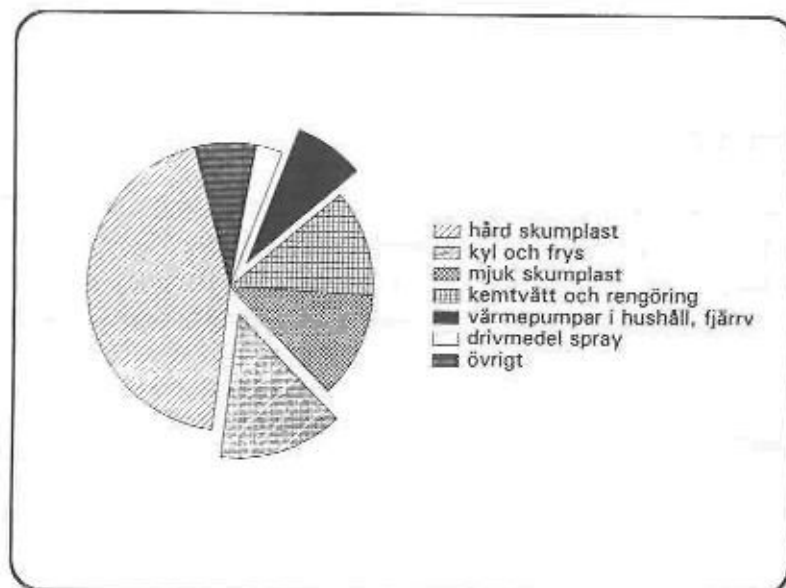


Fig 7. Import av CFC i Sverige 1988. Källa: Forskningsrådsnämnden.

De data som finns tillgängliga för Sverige redovisar använda mängder av CFC och inte de faktiska utsläppen. År 1990 hade importen sjunkit till ca 2 000 ton. De största mängderna användes som köldmedium. Under 1991 hade användningen sjunkit till ca 1 170 ton. Av detta användes ca 700 ton inom kyl -och värmesektorn.

På samma sätt som för CFC finns bara uppgifter på använda mängder och inte faktiska utsläpp för HCFC. År 1990 användes ca 1 800 ton. Under 1991 uppgick användningen till ca 1 600 ton.

I de ca hundra stora värmepumpar som fjärrvärmeföretagen driver idag finns ca 780 ton CFC och 420 ton HCFC. Det totala läckaget från värmepumpar inklusive service och haverier uppgick 1991 till 3% av köldmediemängden för CFC och motsvarande värde för HCFC var ca 2%. Utsläppen av CFC från fjärrvärmeanläggningar var således ca 25 ton CFC och ca 9 ton HCFC.

I figurerna 8a och 8b nedan visas användningen av CFC och HCFC under åren 1986-1991.

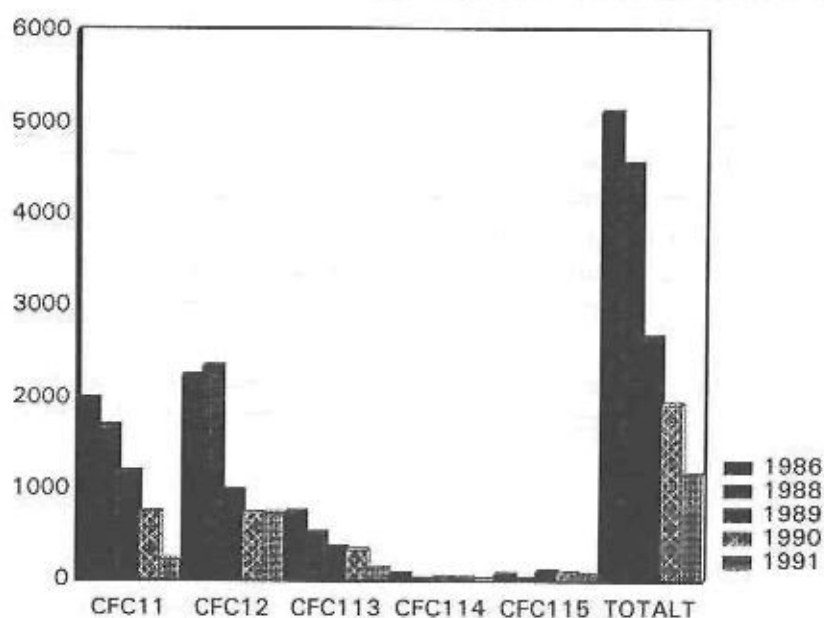


Fig 8a. Importen av CFC och HCFC från 1986 till 1991.

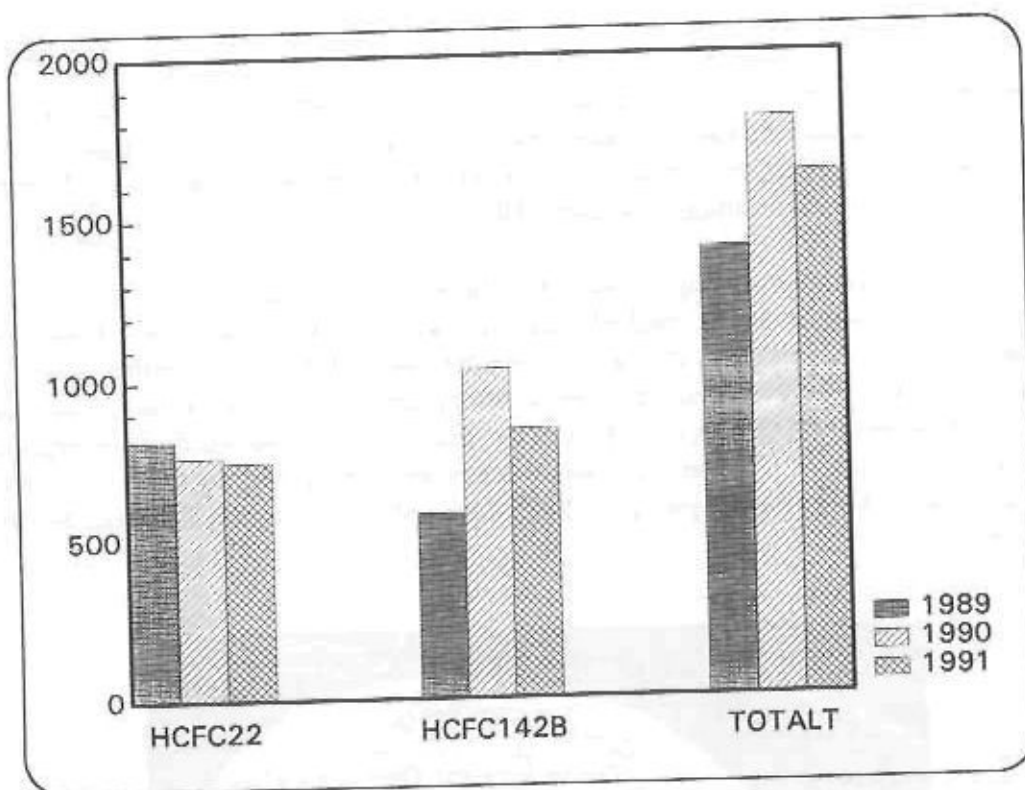


Fig 8b. Importen av CFC och HCFC från 1989 till 1991.

Bedömningar av framtida emissioner

CFC kommer att finnas kvar i gamla kyl- och värmepumpanläggningar.

Enligt internationella beräkningar kommer HCFC-föreningarna att ersätta ca 20-30% av CFC-användningen. År 2000 kommer det att finnas en aktiv användning på ca 1 000-2 000 ton av HCFC.

Samma beräkningar anger att HFC-föreningarna ersätter ca 10-20% av CFC-användningen. År 2000 kommer det att finnas en aktiv användning på 100-1 000 ton HFC.

EFFEKTER

Nedbrytning av ozon

CFC-föreningarna är mycket stabila och har en lång livslängd i atmosfären. De bryts ner först i stratosfären. I stratosfären finns ozon som skyddar oss mot skadlig UV-strålning. Nedbrytningen går nu snabbare än produktionen av ozon. Periodvis är nedbrytningen så kraftig att man talar om ett hål i ozonskiktet.

De ozonnedbrytande reaktionerna kan börja med att ultraviolett ljus bryter loss kloratomer från CFC. De mycket reaktiva kloratomerna i CFC-föreningarna reagerar med ozon varvid klormonoxid och syre bildas (1), se fig 9. En reaktionskedja som anses svara för en stor del av ozonminskningen bygger på att klormonoxid reagerar med en annan klormonoxidmolekyl i närvaro av en molekyl (M) som inte deltar i reaktionen (2). Under vintern kan kloreten lagras i den här formen, men när solen återvänder på våren ökar mängden ultraviolett ljus och dubbelmolekylen bryts ned till reaktiva kloratomer och syre (3 - 4).

Kloratomerna fortsätter att reagera med ozon till dess att de binds i någon stabil molekyl. Kedjereaktionen kan avslutas t ex genom att klormonoxiden fångas upp av kvävedioxid och bildar klornitrat, som är en sk reservoarmolekyl (5). Reaktiva klormolekyler kan också bindas i saltsyra (HCl).

I och med att kloratomerna fångats upp i stabila molekyler borde den ozonnedbrytande reaktionskedjan vara avslutad, med så tycks inte vara fallet. I stratosfären finns moln som verkar spela en nyckelroll för ozonhålets uppkomst. Molnets iskristaller ger en yta, där saltsyran kan reagera med den andra reservoarmolekylen, klornitrat, och bilda klorgas och salpetersyra (HNO_3) (6). Klorgasen absorberar ultraviolett ljus och bryts ned till reaktiva kloratomer (7), som kan reagera med ozon. Salpetersyran stannar kvar på iskristallerna och kväveföreningar, som skulle kunna bilda reservoarmolekyler, "lyfts ur" systemet.

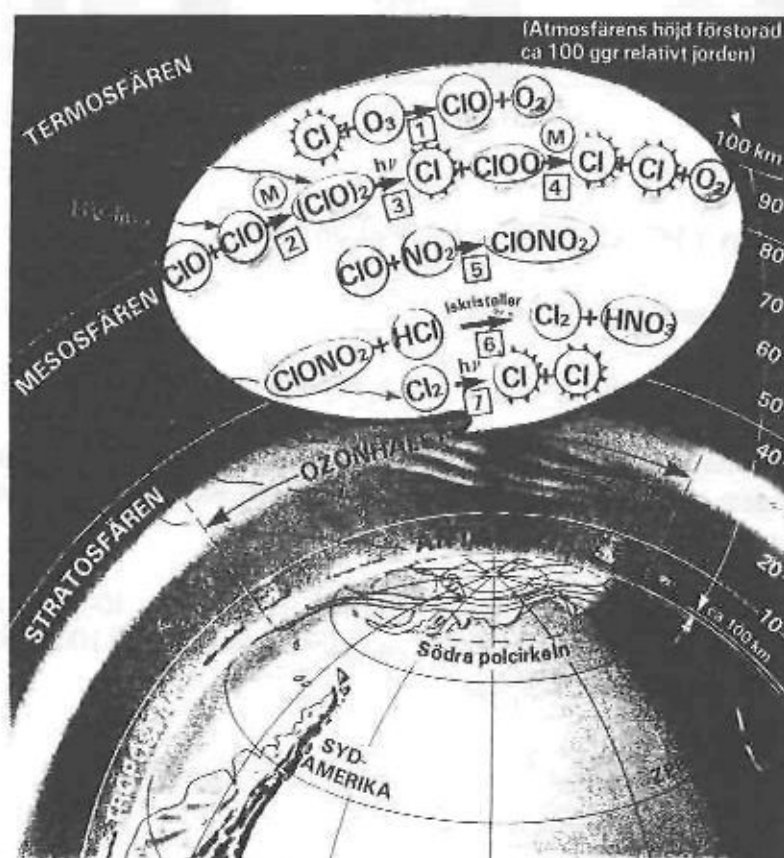


Fig 9. Det antarktiska ozonhålet har blivit större och stannat längre för varje år. Bilden är baserad på mätningar i oktober 1986.

Växthuseffekten

Växthuseffekten innebär att långvågig, infraröd strålning som lämnar jorden till en del fångas upp i atmosfären av olika gaser och där omvandlas till värme. Växthuseffekten är inte enbart orsakad av mänskliga aktiviteter, utan är även ett naturligt fenomen. Växthuseffekten av framförallt koldioxid och vattenånga har medfört att jordens medeltemperatur håller behagliga 15 plusgrader istället för de 18 minusgrader som annars skulle råda.

Utsläpp orsakade av mänskliga aktiviteter ökar växthuseffekten. Man befärar att detta kan höja jordens medeltemperatur med åtskilliga grader under det kommande seklet. En sådan klimatförändring kommer att få effekter av många slag, t ex drastiskt ändrade nederbördsförhållanden och översvämning av vissa kustzoner.

CFC-föreningar bidrar till växthuseffekten. Studier visar att bidraget från CFC-föreningarna är 5 000 -10 000 gånger större per viktenhet än motsvarande från koldioxid. Sett i 100-års-perspektivet svarar koldioxiden för drygt 60% av växthuseffekten medan CFC bidrar med ca 15%.

Begreppet GWP (Global Warming Potential) används för att visa skillnader mellan olika gasers genomsnittliga uppvärmning av ett momentant utsläpp. Begreppet är användbart men har också brister eftersom indirekta effekter inte kan beaktas. Man vet t ex att metans bidrag till växthuseffekten ej är linjärt beroende av koncentrationen.

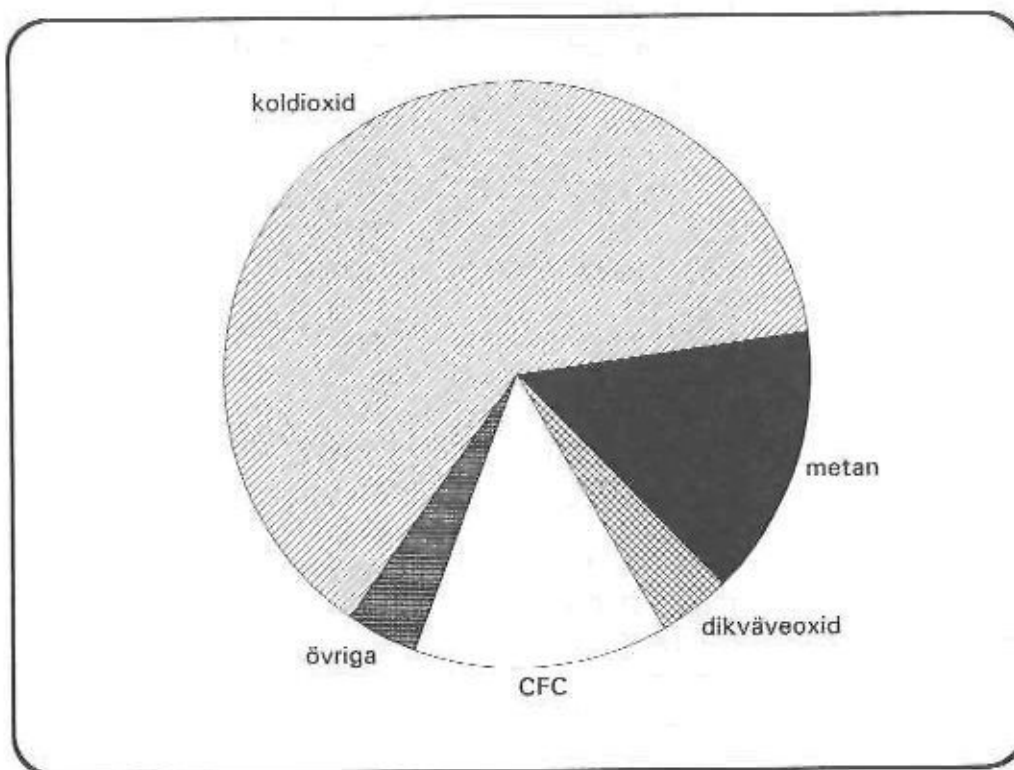


Fig 10. Bidrag till den ökande växthuseffekten orsakad av de antropogent emitterade gaserna. Källa: IPCC.

I tabell 3 och 4 redovisas uppgifter över ämnens relativa ozonnedbrytande förmåga (Ozon Depletion Potential, ODP), deras atmosfäriska livstid och deras relativa växthuspotential (Global Warming Potential, GWP).

Av tabellerna framgår att det finns klara samband mellan ämnens egenskaper och deras kemiska sammansättning. Föreningar med enbart klor- eller fluor- substituent har lång atmosfärisk livslängd och att klorinnehåll innebär att ozonlagret påverkas. Det framgår även att ämnena är brandfarliga om antalet väte är större eller lika med summan av antalet klor och fluor.

Tabell 2. Översikt över några köldmedias miljöegenskaper.

Nummerbeteckning eller namn	Kemisk formel	Egenskaper
11	<chem>CCl3F</chem>	O, V
12	<chem>CCl2F2</chem>	O, V
22	<chem>CClF2H</chem>	(O), V
32	<chem>CF2H2</chem>	B, (V), (E)
114	<chem>CClF2CClF2</chem>	O, V
114a	<chem>CCl2FCF3</chem>	O, V
123	<chem>CCl2HCF3</chem>	(O), (E), (T)
123a	<chem>CClFHCClF2</chem>	(O), E
124	<chem>CClFHCF3</chem>	(O), (V), (E)
124a	<chem>CClF2CF2H</chem>	(O), (V?), (E)
125	<chem>CF3CF2H</chem>	V, (E)
133	<chem>CClFHCF2H</chem>	(O), (V?), (E)
134	<chem>CF2HCF2H</chem>	(V?), E
134a	<chem>CF3CFH2</chem>	(V)
140(etylklorid)	<chem>CClH2CH3</chem>	(O), (V?), (T?), B
141b	<chem>CCl2FCH3</chem>	(O), (V), (T?), B
142b	<chem>CClF2CH3</chem>	(O), V, B
143	<chem>CF2HCFH2</chem>	(V?), B, E
143a	<chem>CF3CH3</chem>	V, B, E, (T?)
152	<chem>CFH2CFH2</chem>	B, E
152a	<chem>CF2HCH3</chem>	B
218	<chem>CF3CF2CF3</chem>	V
245	<chem>CF3CF2HCH3</chem>	(V?), E
290(propan)	<chem>CH3CH2CH3</chem>	B
717(ammoniak)	<chem>NH3</chem>	B, (T)
C270(cyklopropan)	<chem>CH2CH2CH2</chem>	B, (E?)
C318	<chem>CF2CF2CF2CF2</chem>	V
Dimetylpropan	<chem>C(CH3)4</chem>	B
DME	<chem>CH3OCH3</chem>	B
E134	<chem>CF2HOCF2H</chem>	(V), E
isobutan	<chem>CH(CH3)3</chem>	B
metylbutan	<chem>CH3CH2CH(CH3)3</chem>	B
n-butan	<chem>CH3CH2CH2CH3</chem>	B
n-pentane	<chem>CH3CH2CH2CH2CH3</chem>	B

Teckenförklaring: O = starkt ozonnedbrytande, (O) = ODP < 0.1, V = hög växthuseffekt, (G) = 0.03 < GWP < 0.3, B = brännbar, E = ej tillgänglig i större kvantiteter, (E) = tillgänglig i en nära framtid eller lätt att producera, T = toxisk

Tabell 3. Klorfluorkarboners relativa ozonnedbrytande förmåga, Ozone Depletion Potentials (ODP).

Förening	1-D Modell*	2-D Modell**
CFC-11	1.0	1.0
CFC-12	0.9-1.0	0.9
CFC-113	0.8-0.9	0.8-0.9
CFC-114	0.6-0.8	0.6-0.8
CFC-115	0.4-0.5	0.3-0.4
HCFC-22	0.04-0.05	0.04-0.06
HCFC-123	0.013-0.016	0.013-0.022
HCFC-124	0.016-0.018	0.018-0.024
HFC-125	0	0
HFC-134a	0	0
HCFC-141b	0.07-0.08	0.09-0.11
HCFC-142b	0.05-0.06	0.05-0.06
HFC-143a	0	0
HFC152a	0	0
CCl ₄	1.0-1.2	1.0-1.2
CH ₃ CCl ₃	0.10-0.12	0.13-0.16

* 1-D modeller från AER, LLNL, DuPont och IAS

** 2-D modeller från AER, LLNL, Oslo Universitet och DuPont

Tabell 4. Klorfluorkarboners atmosfäriska livslängd och relativa växthuspotential.

Förening	Atmosfäriska livslängd	AER	Dupont	GFLD
CFC-11	60	1	1	1.0
CFC-12	120	3.4	2.8	3.0
CFC-113	90	1.4	1.4	1.3
CFC-114	200	4.1	3.7	
CFC-115	400	7.5	7.6	7.4
HCFC-22	15.3	0.37	0.34	0.32
HCFC-123	1.6	0.020	0.017	0.017
HCFC-12	46.6	0.10	0.092	
HFC-125	28.1	0.65	0.51	
HFC-134a	15.5	0.29	0.25	0.24
HCFC-141b	7.8	0.097	0.087	0.084
HCFC-142b	19.1	0.39	0.34	0.35
HFC-143a	41.0	0.76	0.72	
HFC152a	1.7	0.033	0.026	0.28
CCl ₄	50.0	0.34	0.35	
CH ₃ CCl ₃	6.3	0.022	0.026	

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) konstaterade i Sundsvall 1990 att emissioner från bl a klorfluorkarboner resulterar i en förhöjd uppvärmning av jordytan.

I februari 1992 reviderade IPCC sin uppfattning om klorfluorkarbonernas bidrag till växthuseffekten. Klorfluorkarboner bedöms ej längre ge något större nettobidrag till växthuseffekten. Den uppvärmning som CFC-föreningarna bidrager till som växthusgaser motverkas av den avkylningseffekt som uppstår då samma föreningar bryter ned ozonskiktet.

Av CFC-föreningarna är det främst CFC-11 (R11) och CFC-12 (R12) som bidrar till nedbrytning av ozonskiktet. CFC-12 är hittills det dominerande och mest tillverkade köldmediet. Vid jämförelse med CFC-11 är påverkan på ozonskiktet nästan lika stor för CFC-12, men dess inverkan på växthuseffekten är tre gånger större.

Genom en internationell överenskommelse, Montrealprotokollet, kommer tillverkning och import av CFC-föreningarna att avvecklas till år 2000. I Köpenhamn 1992 uppdaterades Montrealprotokollet. Uppdateringen innebar att CFC-avvecklingen skall vara genomförd till 100% år 1996, dessutom inkluderas HCFC-användandet i protokollet.

HCFC-föreningarna har väsentligt kortare livslängd i atmosfären och har därmed betydligt mindre påverkan på ozonskiktet än CFC-föreningarna. Växthuseffekten varierar kraftigt men motsvarar 10 - 50% av CFC-föreningarnas värde.

HFC-föreningarna är ofullständigt halogenerade. Eftersom föreningarna inte innehåller klor har de ingen påverkan på ozonskiktet. Deras inverkan på växthuseffekten motsvarar ca 30-60% av CFC-föreningarnas. HFC är en grupp nya kemikalier som utvecklats efter det att CFC-föreningarnas skadliga inverkan uppmärksammades, ex HFC-134a. I Sverige regleras användningen som köldmedium genom köldmediekungörelsen.

CFC-AVVECKLINGEN

Köldmedium

Sverige har föreskrivit en snabbare avvecklingsplan än vad som antagits i Montrealprotokollet. Avvecklingsplanen omfattar CFC-föreningarna 11, 12, 113, 114 och 115. Planen innebär att den svenska CFC-användningen skall ha minskat med 50% till 1991-01-01, med ytterligare minst 25% till 1993-01-01 och upphöra helt i nyinstallation 1995-01-01. Reduktionstalen är baserade på 1986 års utsläppsnivå. Planen avser inhemsk användning och tillverkning. Föreskrifterna innehåller även importrestriktioner och en avvecklingsplan för halonerna 1211 och 1301. Användning av haloner i nya anläggningar förbjöds från 1 juli 1991 och användning i befintliga från 1 januari 1998.

Användningen av HCFC har begränsats. I de internationella förhandlingarna betraktas HCFC som övergångskemikalie. HCFC får inte användas i nya anläggningar eller vid ändring av befintliga anläggningar, dvs efter ombyggnad samt större reparationer om bättre alternativ är tekniskt möjliga. I Sverige kommer användning av HCFC att från 1 januari 1994 bara tillåtas som köldmedium och som isolergas i skumplast.

CFC-föreningar kommer efter år 2000 endast att finnas kvar i material och produkter som redan idag finns i samhället.

HCFC kommer att finnas kvar under en begränsad tidsperiod. Den planerade lagliga begränsningen av HCFC är en åtgärd som även ger resultat på växthuseffekten. En övergång från CFC-12 till HCFC-22 har skett i medelstora och stora anläggningar.

En stark utveckling pågår för att använda HFC-134a både vid nyinstallation och vid konvertering av CFC-12 och CFC-500-anläggningar.

HFC-134a har utvecklats för att ersätta CFC-12 och CFC-500. Mediumet saknar kloratomer och har ingen inverkan på jordens ozonskikt. Dess bidrag till växthuseffekten är en tiondel jämfört med CFC-500.

Andra alternativa köldmedier saknas i det aktuella temperaturområdet. Problemet med HFC-134a har tidigare varit att det inte varit tillgängligt i större kvantiteter. Ammoniak har ofta framförts som ett alternativt köldmedium. Ammoniak har fördelen att det varken bidrar till ozonnedbrytningen eller växthuseffekten. Nackdelen med ammoniak är att det är giftigt och brandfarligt. Ammoniaks ångtrycksdata är jämförbart med data för HCFC-22. Ammoniak kan ej ersättas i befintliga anläggningar utrustade med turbokompressorer.

Det stora problemet vid byte av CFC-12 och CFC-500 till HCFC-22 i värmepumpar är att den fjärrvärmetemperatur man uppnår efter ombyggnad minskar kraftigt. I vissa fall är därför ombyggnad inte möjlig. En ombyggnad från CFC-12 till HFC-134a kan innebära en ökning av effekten då energitätheten är högre hos HFC-134a. Däremot skulle ett byte från CFC-500 till HFC-134a ge en effektminskning.

Användningen av HFC-134a har inneburit en maskinteknisk utveckling. Befintlig utrustning såsom kompressorer, kompressorns elmotor och pumpar har anpassats till HFC-134a.

Vid konvertering till HFC-134a i anläggning med skruvkompressor måste köldmediets löslighet i olja beaktas. Oljans funktion är där att kyla, täta och smörja. I en turbokompressor finns olja givetvis närvarande, men saknar kylande och smörjande funktion. Vid konvertering till HFC-134a i anläggningar med skruvkompressorer måste även oljan bytas ut.

Stockholm Energi har i samarbete med leverantören ABB Stal byggt om en 25 MW turbokompressor från CFC-500 till HFC-134a. Erfarenheterna är goda och man har verifierat de teoretiska prestandaberäkningarna.

I Lomma Energiverks anläggning har försök med HFC-134a genomförts i en 0.9 MW skruvkompressor. I anläggningen användes tidigare CFC-12.

Övriga verk som har eller som under 1993 planerar att ersätta CFC-12 eller CFC-500 med HFC-134a i sina anläggningar är:

Ort	Uteffekt	Nuvarande köldmedium	Leverantör
Kalmar	12	CFC 12	ABB-Stal
Norrenergi	2* 30	CFC 500	ABB-Stal
Örebro	20	CFC 500	ABB-Stal
Malmö	13	CFC 12	

Dessutom har en helt ny anläggning med HFC-134a som köldmedium installerats vid Jästbolaget i Sollentuna. Anläggningen levererades av Ramström AB.

Konvertering till HFC-134a innebär bl a att kompressorn måste anpassas och byggas om för det nya köldmediet. I Sverige är ABB-Stal agent för Sulzer kompressor RV45 medan Ramström AB är agent för övriga Sulzer kompressorer.

Övriga åtgärder

Anläggningarna görs tätare idag. Rörskarvar används i mindre omfattning än tidigare och har ersatts med lödningar och tätningar.

Vid nyinstallationer som görs idag används betydligt mindre mängd köldmedium än tidigare.

Tillverkning av skumplaster

De tidpunkter som gäller för polyuretantillverkare i den svenska tidplanen är dels 1.1.1991 och dels 1.1.1994. Den senare gäller för polyuretantillverkare (PUR) - till bilindustrin samt för de sk särskilda isoleringsändamålen. För övriga PUR-områden gäller 1.1.1991.

Problemet vid övergång till CFC-fria alternativ är att finna system med tillräckligt bra isoleringsegenskaper och mekanisk stabilitet.

I Sverige och även på annat håll har tekniken utvecklats så att tillverkning och isolering med CO₂ eller HCFC redan påbörjades under 1990. Produkterna uppfyller de krav som ställs av Värmeverksföreningen och gällande standard. En osäkerhet råder dock avseende förändring av skummens isoleringsförmåga under fjärrvärmerörens livslängd.

Vid tillverkning av fjärrvärmerör finns idag två framkomliga vägar. Dels att använda "mjuka freoner", dvs HCFC-föreningar och dels vattenbaserad PUR-skum (CO₂-blåst).

- * HCFC-22, är ganska lik CFC-12 vad gäller tekniska egenskaper. Har däremot låg kokpunkt, minus 40 °C, vilket försvårar hanteringen i produktionskedjan.
- * HCFC-123, HCFC-141b har föreslagits som ersättningsmedel för CFC-11 vid skumplasttillverkning och som avfettningsmedel. Båda kemiföretagen DuPont och ICI har pilotanläggningar där dessa medel testas.

- * HCFC-142b, används idag av Dow Chemical som ersättningsmedel av CFC-12, vid tillverkning av styrencellplast (XPS).
- * HFC-134a används som köldmedium av Elektrolux i "nya generationens kylskåp". Medlet används även av ABB I C Möller som blåsmedel vid tillverkning av fjärrvärmerör.
- * CO₂, koldioxid, bildas då isocyanat reagerar med vatten. Metoden användes i polyuretanets ungdom, men ersattes med CFC-11 och CFC-12 på grund av lägre kostnader och högre effektivitet.

Av de alternativ som introducerats på den svenska marknaden tillhör flera grupper "mjuka freoner", HCFC-föreningar. De är inga nollalternativ och man kan förvänta sig att dessa blir förbjudna i framtiden.

INTERNATIONELLA ÖVERENSKOMMELSER

1. 1980 STOCKHOLM
Förhandling om internationell begränsning av CFC-utsläpp
2. 1985 WIEN
Principöverenskommelse om samarbete kring skyddet av ozonskiktet
3. 1987 MONTREAL
Protokoll tillkom där regleringen av den internationella avvecklingen beskrivs
4. 1990 LONDON
Parterna enades om en avveckling av CFC, haloner och klorotraklorid till år 2000 och av 1,1,1-triklorethan till år 2005
5. 1992 KÖPENHAMN
Montrealprotokollet reviderades. Protokollet undertecknades av mer än hundra länder. Resultatet gav ett totalt stopp för produktion och import/export av CFC till 1995-12-31. En avvecklingsplan för HCFC upprättades. Användningen av HCFC skall minska enligt följande tidtabell:

Procentuell begränsning	År
35	2004
65	2010
90	2015
99	2020
100	2030

Planen är relaterad till 1989 års nivå.

Dessutom fastslogs även att från 1 januari 1994 skall även import, export och produktion av haloner upphöra.

6. 1992 BRYSSEL (EG)

Produktion av CFC skall senast 1994-01-01 minska till 85% av 1986 års nivå samt upphöra helt 1994-12-31.

NATIONELLA REGLER OCH FÖRORDNINGAR

1988 fastställde riksdagen den svenska avvecklingsplanen (SFS 1988:716 "Förordningen om CFC och halon"). Därefter utkom en ändring där tillämpningsområdet utvidgades till att även omfatta ofullständigt halogenerade klorfluorkarboner (HCFC-föreningarna): SFS 1988:1063 "Ändring av SFS 1988:716". 1991 utkom SFS 1991:337 "Ändring i förordningen om CFC och halon", vilket innebar att tillämpningsområdet utvidgades ytterligare till att gälla även HFC.

I avvecklingsplanen fastställdes att, jämfört med 1986 års nivå, skall CFC användningen:

1. minskat med 50% till 1991-01-01
2. minskat med ytterligare minst 25% till 1993-01-01
3. upphöra helt i nyinstallation 1995-01-01.

Planen avser inhemsk användning. Föreskrifterna innehåller även importrestriktioner och en avvecklingsplan för haloner. Användning av haloner i nya anläggningar förbjöds från 1 juli 1991 och användning i befintliga från 1 januari 1998.

Naturvårdsverket

Enligt regeringens förordning om CFC är Naturvårdsverket (SNV) central tillsynsmyndighet. SNV har fått regeringens uppdrag att tillse att avvecklingsplanen åtföljs.

Regeringen har även delegerat till Naturvårdsverket att utföra nödvändiga föreskrifter för begränsning av CFC-utsläpp från kyl- och värmepumpanläggningar. Det är även Naturvårdsverket som utfärdar föreskrifter avseende kunskapskrav och tillstånd för de som yrkesmässigt installerar, utför reparations- och underhållsarbete.

Naturvårdsverkets föreskrifter finns redovisade i köldmediekungörelsen (SNFS 1992:16, MS:54). Kungörelsen kommer att kompletteras under våren 1993.

Miljö- och hälsoskyddsnämnden

Från 1989-07-01 krävs anmälan till den lokala Miljö- och Hälsoskyddsnämnden enligt hälsoskyddslagen SFS 1982:1080 för anläggningar med en uttagen effekt >0.5 MW.

Anmälan och rapporteringsskyldighet enligt köldmediekungörelsen till tillsynsmyndighet krävs för kylanläggningar om den sammanlagda CFC/HCFC-mängden överskrider 10 kg.

Tillståndsplikt krävs om den uttagna effekten är större än 10 MW enligt miljöskyddsförordningen (SFS 1981:574).

Arbetskyddsstyrelsen

Aktuella föreskrifter för värmepumpanläggningar:

AFS 1986:9 Tryckkärl (Krav på tryckkärl)
AFS 1987:5 Tryckkärl (Ändringar)

Nybyggnadsreglerna

Föreskrifter och allmänna råd.

Kylbranchens Samarbetsstiftelse "KYS"

Kylbranchens samarbetsstiftelse representerar:

Kylentreprenörernas förening
Svenska Kylgrossisters förening
Svenska Kyltekniska föreningen

KYS uppgift är att verka för en hög kvalitet på kyl- och värmepumpanläggningar i fråga om säkerhet, hälsa och miljö och för en hög kompetens hos dem som installerar, reparerar och underhåller sådana anläggningar.

Svensk Kylnorm har utarbetats av KYS. Målsättningen med kylnormen är att ge en samlad bild av dels de säkerhetskrav som gäller enligt olika myndigheters föreskrifter, dels vad som kan anses vara god praxis inom branschen för att uppnå de krav som i författningarna anges i mer generella termer.

Köldmediekungörelsen hänvisar i flera avseenden till Svensk Kylnorm vad avser mera tekniska och detaljerade anvisningar.

KÖLDMEDIEKUNGÖRELSEN

En ny köldmediekungörelse trädde i kraft den 8 december 1992.

En av de viktigaste nyheterna i kungörelsen är att hela konceptet med tillstånd/behörighet har övergått i ett sk ackrediteringsförfarande med tillhörande certifierad kompetens som SWEDAC, dvs Styrelsen för teknisk ackreditering ger ut regler för. Certifikatet utfärdas för 5 år.

Den nya köldmediekungörelsen innefattar även mobila aggregat.

Övriga nyheter i köldmediekungörelsen:

1. Kungörelsen innefattar nu även alla köldmedier med växthuseffekt, således även HFC-föreningarna.
2. Den nya köldmediekungörelsen gäller för både stationära och mobila anläggningar, nya som befintliga.

3. Den sk återkommande kontrollen av anläggningar skall ske av "ackrediterat kontrollorgan" minst en gång per kalenderår.
4. Åtgärder vad gäller ombyggnad och större reparationer av anläggningar samt att kraven uppfylls vad gäller befintliga anläggningar åvilar service-/installationsföretagen och beställaren/ägaren.
5. Vid ombyggnad samt vid större reparationer skall anläggningarna konstrueras för användning av köldmedier med lägsta möjliga effekt på ozonskiktet och klimatet på jorden.
6. Drift- och skötselinstruktioner skall finnas även för befintliga anläggningar.
7. Vid stationära anläggningar som innehåller mer än 200 kg CFC- och HCFC-köldmedier vad avser enhetsaggregat och mer än 300 kg vad avser enhetsaggregat och platsbyggda aggregat, skall fr o m 1 oktober 1993 periodisk egenkontroll utföras av person med certifierad kompetens anställd vid anläggningen eller av ackrediterat kontrollorgan.

Certifierad kompetens innebär:

1. Dokumenterad kylteknisk grundutbildning med kombinerad teori och praktik om minst fem dagar.
2. Erforderliga kunskaper för den specifika anläggningens utförande, funktion och drift.
3. Kurs i köldmediekungörelsen och Svensk Kylvnorm.
8. Fr o m november 1991 är tillverkare skyldiga att återta freoner och haloner. För kylanläggningar som ännu är i drift efter januari 1995 tillåter lagen anskaffning av köldmedium genom övergångsföreskrifter ända tills anläggningarna tas ur bruk.
9. Rapporteringsskyldighet.

En rapport avseende läcksökning, serviceåtgärder samt resultaten från den årligen återkommande kontrollen skall rapporteras till den lokala tillsynsmyndigheten.

10. Regler för nyproduktion och ombyggnad
 - a) Material och konstruktion skall väljas så att tillräcklig säkerhet uppnås mot oavsiktliga utsläpp av köldmediet. Anläggningen skall konstrueras så att den tål förväntade belastningar och vibrationer. Köldmediemängden skall hållas så låg som möjligt. Anläggningar skall konstrueras för användning av köldmedier med lägsta möjliga effekt på ozonskiktet och klimatet på jorden.

- b) Val av köldmedium
Anläggningar skall väljas som innehåller köldmedier med lägsta möjliga effekt på ozonskiktet och klimatet på jorden.

Tillverkning av skumplast

De tidpunkter som gäller för polyuretantillverkare i den svenska tidplanen är dels 1.1.1991 och dels 1.1.1994. Den senare gäller för polyuretantillverkare (PUR) - till bilindustrin samt för de sk särskilda isoleringsändamålen. För övriga PUR-områden gäller 1.1.1991.

Miljöpropositionen 1990/91:90.

Tillverkning av fjärrvärmerör med hjälp av CFC och import av sådana rör förbjöds från 1 juli 1991.

1,1,1-triklorethan förbjöds från 1 januari 1995.

SAMMANFATTANDE TIDTABELL (SVERIGE)

- 1990-07-01 Import, tillverkning och försäljning av handbrandsläckare med halon 1211, 1301 och 2402 förbjuds.
- 1990-07-01 Nyinstallation av fasta halonsläckningsanläggningar med halon 1211, 1301 och 2402 förbjuds.
- 1990-07-01 Fullskaletester med halon förbjuds.
- 1991-01-01 Den totala CFC-förbrukning i Sverige skall ha minskat med 50%. För värmepumpanläggningar skall förbrukningen ha minskat med 25%.
- 1991-07-01 Haloner förbjuds i nya anläggningar.
- 1992-12-08 Ny köldmediekungörelse träder i kraft.
- 1993-01-01 Den totala CFC-förbrukningen i Sverige skall ha minskat med ytterligare minst 25%, liksom förbrukningen i värmepumpanläggningar.
- 1993-10-01 Vid stationära stora anläggningar skall periodisk egenkontroll utföras av person med certifierad kompetens anställd vid anläggningen eller av ackrediterat kontrollorgan.
- 1994-01-01 Användningen av HCFC kommer bara att tillåtas som köldmedium och som isolergas i skumplast.
- 1995-01-01 CFC-användningen skall upphöra helt i nyproduktion.
- 1998-01-01 Användning av halon 1211, 1301 och 2402 förbjuds som brandsläckningsmedel.

LITTERATURFÖRTECKNING

Erfarenheter av CFC-avveckling, SNV INFORMERAR

Utvärdering om användning av CFC och HCFC som köldmedium, SNV rapport 3976

Ny teknik i kyl- och värmeanläggningar, Naturvårdsverket

Ozon och klimatförändringar, Naturvårdsverket

Halon som brandsläckningsmedel, Naturvårdsverket

Kylanläggningar och värmepumpar med CFC/HCFC, Allmänna råd 88:5

Åtgärder till skydd för ozonskiktet, Naturvårdsverket

Avveckling av CFC i Sverige, Naturvårdsverket

Växthusgaserna - utsläpp och åtgärder i internationellt perspektiv, SNV rapport 4011

Lennart Vamling, "Val av köldmedia för värmepumpar och kylmaskiner - En översikt", Inst för värmeteknik och maskinlära, 1990

"Istället för freoner", Rapport i Framsteg inom forskning och teknik 1988 sid 17-25

Nils-Einar Wahlgren, "Dagens och morgondagens köldmedier - Kylan som ger den livsfarliga värmen", Energi & Miljö 12/91, sid 52-59, 1991

Nils-Einar Wahlgren, "CFC - en hotbild i världen - Farlig ozonförtunning över Skandinavien", Energi & Miljö 4/92, sid 42-44, 1992

Sylve Lundström och Sivert Larsson, "Att välja köldmedium är en fråga om att välja miljö", Energi & Miljö 4/92, sid 50-52, 1992

Gunnar Peters och Bertil Brorson, "CFC-policy för upphandling av fjärrvärmerör", internrapport Borås Energi, 1991

Ulf Jarfelt, CFC-fri isolering - Utvärdering av olika alternativ, CTH, 1991

"Sverige inför Rio - Växthuseffekten - en lägesrapport - Jordens energibalans, maj 1992, Arbetsgruppen för globala miljöfrågor, KVM.





Box 1109, 111 81 Stockholm

Besöksadress: Kammakargatan 62

Telefon: 08-676 98 00 • Telefax: 08-676 98 29