



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

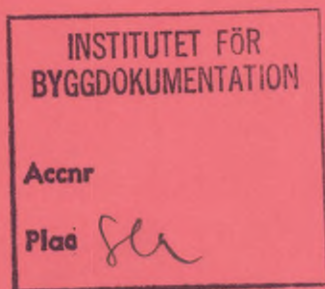
R110:1985

**Inverkan av intermittent drift
vid värmepumpar**

Datormodell

Anders Bergman

*K
A/S*



Byggeforskningsrådet

R110:1985

INVERKAN AV INTERMITTENT DRIFT VID VÄRMEPUMPAR

Datormodell

Anders Bergman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820919-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Inst för
Mekanisk värmeteori och kylteknik, KTH, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R110:1985

ISBN 91-540-4441-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

1	FÖRORD	3
2	UPPBYGGNAD AV DATORPROGRAM	4
2.1	Dynamisk effektivitet DE	6
3	HUVUDPROGRAMMET	7
3.1	Beskrivning av indata	7
3.2	Beräkningar i huvudprogrammet	10
3.2.1	Bestämning av belastningseffekt vid olika utetemperaturer	10
3.2.2	Värmeavgivning från radiatorsystemet	11
3.2.3	Beräkning av energier, drifttider mm i varje intervall	12
4	BESKRIVNING AV SUBRUTINER	15
4.1	Subrutin 1	15
4.2	Subrutin 2	16
4.3	Subrutin 3	22
4.4	Subrutin 5	22
4.5	Subrutin 7	24
4.6	Subrutin 8	24
4.7	Subrutin 9-11	29
4.8	Subrutin 13	30
5	EXEMPEL PÅ PROGRAMKÖRNINGAR	31
6	PROGRAMMETS ANVÄNDBARHET	34
	LITTERATUR	35
Bilaga I	Datorprogram. Simulering av värmepumpdrift	36
Bilaga II:1a	Årsvärmefaktor vid simulering av värmepump inkl reglersystem	45
Bilaga II:1b	Årsvärmefaktor vid simulering av värmepump inkl reglersystem	46
Bilaga II:1c	Årsvärmefaktor vid simulering av värmepump inkl reglersystem	47
Bilaga II:1d	Årsvärmefaktor, varmvattenberedare ingår ej.	48
Bilaga II:1e	Årsvärmefaktor, varmvattenberedare ingår ej.	49

1 FÖRORD

I samband med provningsmetod för dynamisk provning av värmepumpar har ett dator-program tagits fram som avser att simulera det provningsförfarande som användes. Med "dynamiskt" menas här de instationära temperaturförlopp som induceras av värmepumpens kapacitetsreglering av typen start-stopp.

Avsikten med programmet var i första hand att ge möjlighet att jämföra prov och simulering. Härigenom skulle olika hypoteser avseende förluster vid instationär drift och hur dessa påverkar värmepumpens godhetstal COP, drifttider m m, kunna verifieras.

Programmet byggdes kontinuerligt ut och i nuvarande skick kan VP:s drift under ett år såväl som vid enstaka temperaturintervall samt dygn studeras. Statisk eller dynamisk simulering kan väljas. Diverse parametrar såsom reglerdifferens, termiska massor, storlek på hus och radiatorsystem m m kan varieras och effekterna härav på COP, drifttid, energiförbrukning kan då studeras. Även inverkan av en nattsänkning av inomhustemperatur är möjlig att studera.

Där de i rapporten använda beteckningarna på effekter, tider m m inte överensstämmer med de som använts i datorprogrammet har de senare angivits inom parantes.

2 UPPBYGGNAD AV DATORPROGRAM

Avsikten med datorprogrammet är att det skall ge möjlighet att simulera driften för en vald värmepumpenhet. Simuleringen skall kunna utföras med variabla värden på radiatorkretsens fram- och returtemperaturer och vidare skall en simulering av värmepumpens kapacitetsreglering kunna ingå. Detta innebär att, vid on/off-reglering, uppvärmningsförlopp respektive avsvälning av radiatorvattnet måste tas med i simuleringen. För att kunna se hur den installationära uppvärmningen påverkar inomhustemperaturen beräknas även husets temperaturvariationer i tiden.

Programmet skall kunna integrera fram energier, gångtider m m under 1 års drift. För att få en driftsimulering som liknar verkligheten skall även hänsyn tas till värmepumpens dynamiska effektivitet DE. För att åstadkomma denna integrering över året, delas utetemperaturen upp i intervall om 2°C. I varje intervall antas, vid beräkning av årsvärmefaktor, temperaturen som medelvärdet av intervalllets temperatur.

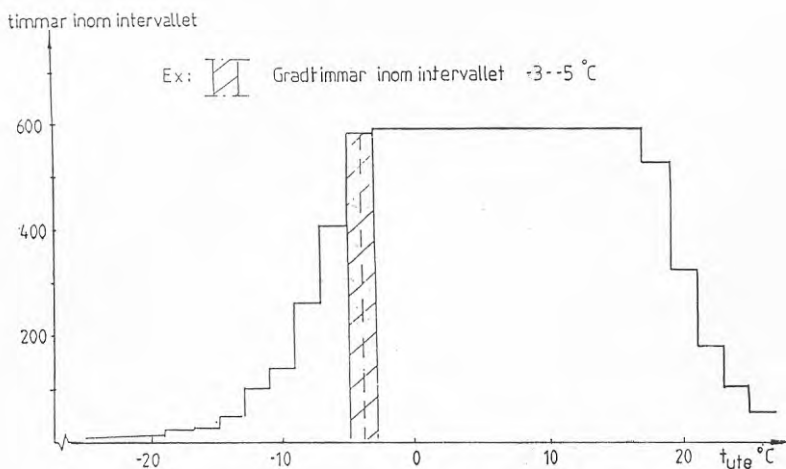


Fig 2.1 Exempel på utetemperaturens varaktighet vid olika temperaturintervall.

Beräkning av energier, gångtider m m sker i varje intervall och summeras kontinuerligt till ett års värde.

I Fig 2.2 visas i ett flödesschema hur huvudprogrammet i princip är uppbyggt.

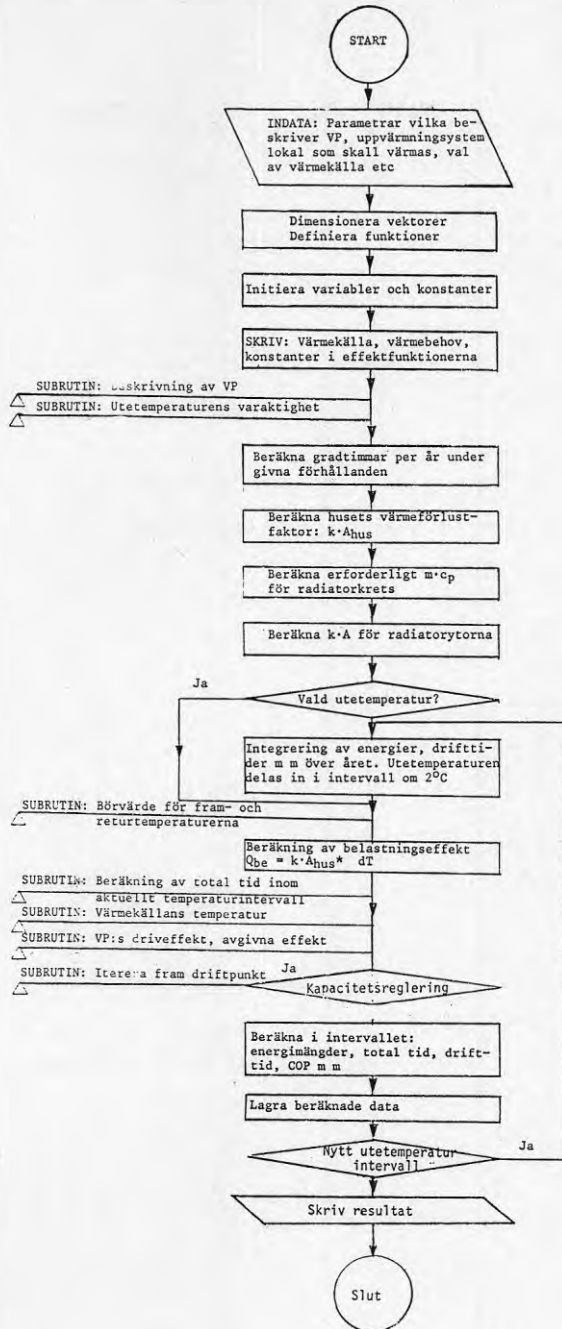


Fig 2.2 Principiellt flödesschema

2.1 Dynamisk effektivitet DE

Den dynamiska effektiviteten DE definieras här som:

$$DE = \frac{COP1_d}{COP1_s}$$

där $COP1_d$ = värmefaktor baserad på dynamisk provning

$COP1_s$ = värmefaktor baserad på stationär provning

Vid båda dessa provmetoder fastläggs en ingående temperatur till värmepumpen från värmekälla respektive värmesänka. Utgående temperaturer bestäms av värmepumpens levererade respektive upptagna effekter.

Vid praktisk provning med dessa två metoder (Bergman, 1984) visade det sig att den dynamiska effektiviteten med mycket god noggrannhet kan uttryckas som en funktion av

τ_{rel} - relativ gångtid

\dot{Q}_f - värmeförluster från VP, interna och externa. (FORL 1)

\dot{E}_o - värmepumpens tomgångsförbrukning av elenergi. (TOMG)

$\dot{Q}1_s$ - avgiven värmeeffekt vid stationär drift. (QVP)

\dot{E}_s - uppmätt driveffekt vid stationär drift. (PE)

Följande samband uppställdes:

$$DE = \frac{1 - \dot{Q}_f/\dot{Q}1_s \cdot (1/\tau_{rel} - 1)}{1 + \dot{E}_o/\dot{E}_s \cdot (1/\tau_{rel} - 1)} \quad 2.1$$

Med hjälp av detta samband kan COP_d erhållas vid varje utetemperaturintervall genom att multiplicera det COP_s som är baserat på stationär provning med den dynamiska effektiviteten DE. För att erhålla rätt relativ gångtid bör ett iterationsförfarande tillämpas. Relativa gångtiden korrigeras då för värmeförlusterna \dot{Q}_f enligt ansatsen:

$$\tau_{rel} = (\dot{Q}_{be} + (1 - \tau_{rel}) \cdot \dot{Q}_f) / \dot{Q}1_s \quad 2.2$$

där \dot{Q}_{be} = belastningseffekten på huset (transmissions- och ventilationsförluster.) (QBE)

Om den nämnda dynamiska simuleringen utnyttjas vid datorkörningen sker korrekturen för DE genom att direkt i varje tidssteg införa respektive förlust och tomgångsförbrukning i beräkningarna av energier och gångtider.

3 HUVUDPROGRAMMET

3.1 Beskrivning av indata

I programmet väljs om en simulering skall utföras med avseende på ett helt år eller endast vid en vald utetemperatur. Dessutom kan man välja på att utföra simulering under antingen stationära driftbetingelser där en korrektion för dynamisk effektivitet utföres eller enbart med en dynamisk reglering av avgiven värmeeffekt. Regleringen är då av typen on/off.

Två principiellt olika kopplingsätt för värmepumpar finns representerade. I första hand det mer optimala att uppvärmningssystemets returledning leds direkt in i värmepumpens kondensator där en temperaturhöjning sker. Varmvattenproduktion antas då ske via hetgasväxlare, varvid värmeeffekten i denna är maximerad i programmet till 25 % av \dot{Q}_{1s} .

I det andra systemet arbetar värmepumpen mot en varmvattenberedare. I beredarens mantel cirkuleras vatten via kondensorn och shuntas vidare ut till radiatorkretsen. Härvid bestäms kondenserings-temperaturen av förbrukningsvarmvattnets temperatur.

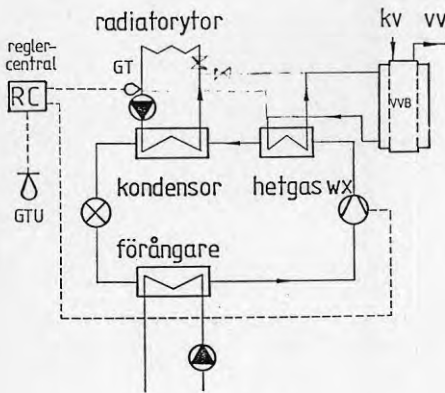


Fig 3.1

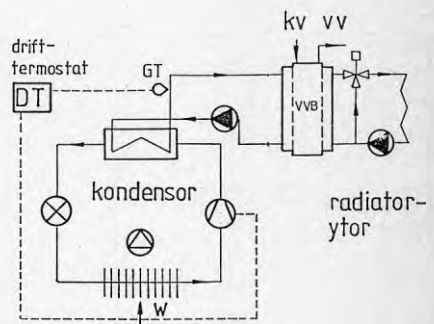


Fig 3.2

För att uppskatta värmeförluster måste, om den i programmet befintliga VP ej användes, ett fall vid 0°C utetemperatur inleda körningarna. Här beräknas en värmeförlustfaktor, KVP, för värmepumpen som sedan kan användas vid andra temperaturer eller vid en simulering avseende en hel årscykel. Värmeförlusterna antas följa sambandet:

$$\dot{Q}_f = KVP \cdot [(t_f + t_r)/2 - (t_{\text{omg}} - t_{\text{brin}})/2]^{1,25} \quad 3.1$$

där KVP = förlustfaktor

t_f = framledningstemperatur (T11)

t_r = returtemperatur (T1UT)

t_{omg} = värmepumpens omgivningstemperatur (OMG)

t_{brin} = ingående brinetemperatur (I)

Förlustfaktorn KVP definieras i programmet genom sambandet 3.1 med omgivningstemperaturen t_{omg} = önskad inomhustemperatur.

För att beräkna KVP krävs en uppskattning av \dot{Q}_f vid utetemperatur 0°C och omgivningstemperaturen = inomhustemperaturen. Om varmvattenberedaren ingår ges även ett värde på värmeförlusterna från denna.

För en mer detaljerad beskrivning av värmeförlusterna kan dessa beskrivas med ett samband på formen:

$$\text{FORL 1} = \dot{Q}_f = C_1 + C_2 \cdot (VO - \text{OMG})^{1,25} + (C_3 + C_4 \cdot (VO - \text{OMG})) \cdot (VO - I)^{1,25} \quad \dots \quad 3.2$$

där C_1, C_2, C_3 och C_4 = konstanter

$VO = (t_f + t_r)/2$ = medelvärde mellan fram- och returlednings-
temperaturerna

OMG = omgivningens temperatur

I = ingående brinetemperatur.

Konstanterna erhålles genom kurvanpassning till de mätresultat som registrerats vid provning. (Provning av värmepumpar under instationär drift, Kap 9, Bergman 1984).

Om denna typ av representation önskas måste den i programmet befintliga värmepumpen ersättas med den aktuella, härvid måste rad 1152 samt raderna 5810 - 5920 korrigeras.

Den förbrukning av elenergi som värmepumpen har under ståperioder inverkar på den dynamiska effektiviteten DE. För att kunna särskilja inverkan från radiatorkretsens cirkulationspump anges denna separat.

TOMG - tomgångsförbrukning av el [kW]

TOG - den del av TOMG som härrör från radiatorpump.

Den typ av effekreglering som används i programmet är on/off-reglering. De indata som beskriver detta är

DIF = reglerdifferens [$^\circ\text{C}$]

Dessutom, om nattsänkning önskas, kan följande data efterfrågas:

NS1 = klockslag då nattsänkning börjar

NS2 = " " " slutar

NS3 = antalet grader returen sänks

AMP = utetemperaturens amplitud över ett dygn

Det radiatorsystem som önskas, beskrivs av:

FTD = framledningstemperatur vid dimensionerande utetemperatur

RTD = returledningstemperatur " " "

MCP1 = radiatorsystemets totala termiska massa [$\text{kJ}/^\circ\text{C}$]

Radiatorytornas värmeavgivning är beroende av deras temperaturdifferens till rummet:

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = H1 \cdot \Delta t_m^n ; \quad \text{där } n \text{ är satt till } 1,26.$$

Byggnaden, vilken värmepumpen skall värma, beskrivs av en värmeförlustfaktor, KAH, samt en termisk massa, MCP2.

Värmeförlustfaktorn beräknas i programmet, se Kap 3.2.1.

De indata som krävs för detta är:

TINNE - dimensionerande inomhustemperatur

DUT - dimensionerande utetemperatur

TGR - den utetemperatur upp till vilken uppvärmningsbehov med hjälp av värmepump föreligger

Q - värmebehov för radiatorsystem samt tappvarmvatten [kWh/år]

Q_{VV} - den del av värmebehovet som går till varmvattenberedning

Den termiska massan, MCP2, är ett mått på husets värmelagringskapacitet. Approximativt kan denna bestämmas via sambandet:

$$MCP2 = \frac{Q - Q_{VV}}{8760} \cdot \frac{1}{(17 - t_{um})} \cdot \tau_b \cdot 3600 \quad 3.3$$

där t_{um} = utetemperaturens årsmedelvärde

τ_b = byggnadens tidskonstant (villor \approx 24 h) (TC2)

I programmet beräknas MCP2 med hjälp av ekv 2.1 och Q, t_{um} och τ_b anges som indata.

Värmepumpen och dess effektkaraktäristik beskrivs i Subrutin 6 och 7. I huvudprogrammet krävs några indata som styr dessa subrutiner.

REG - värdet på REG avgör om den i programmet befintliga värmepumpen eller en annan typ skall användas. Om annan typ användes kan konstanterna i effektfunktionerna direkt inmatas om de finns tillgängliga. I annat fall utförs en funktionsanpassning till effektkurvor i programmet.

VK1 - om värme- respektive driveffekt anges som funktion av uteluftens temperatur anges detta. Om så ej är fallet antas dessa vara en funktion av ingående brinetemperatur.

LIN - om effektkurvorna är räta linjer sätt $Lin = 1$. I annat fall antas de följa en exponential funktion.

X - faktor som anger värmegenomgången till uteluftbatteri med indirekt värmeupptagning. X är beroende på temperaturdifferensen mellan utetemperaturen och brinetemperaturen till värmepump.

Utomhusklimatet beskrivs med hjälp av utetemperaturens varaktighet. Data för denna finns inprogrammerat efter två olika källor, se Kap 4.6.

KLIMAT - val av källa för utetemperaturens varaktighet.
(1) referens: VVS Handboken, tabeller och diagram.
(2) referens; Klimatdata, T essler R.

T - årets normaltemperatur (om klimat = 1)

3.2 Beräkningar i huvudprogrammet

I huvudprogrammet återfinns förutom in- och utmatning av data, deklARATIONER, definitioner även vissa beräkningar. Där sker den tidigare nämnda integreringen av energier, drifttider m m. Dessutom beräknas belastningen på värmepumpen som funktion av utetemperatur samt bestäms dimensionerande radiatorvattenflöde, radiatorer etc.

3.2.1 Bestämning av belastningseffekt vid olika utetemperaturer

I Kap 3.1 framgår att de indata som valts för att karakterisera byggnaden är dess termiska massa samt årsenergiförbrukning.

För att kunna simulera driften vid olika utetemperaturer måste erforderlig värmeeffekt till radiatorkrets samt för tappvarmvattenberedning härledas ur årsenergiförbrukningen.

Nettovärmeeffektbehov för ett hus kan uttryckas som

$$\dot{Q}_{be} = (k \cdot A)_{hus} \cdot (t_{inne} - \Delta t - t_{ute}) + \dot{Q}_{vv} \quad 3.4$$

där $(k \cdot A)_{hus}$ = värmeförlustfaktor inkluderande ventilationsförlust
 Δt = temperaturhöjning som tillgodoses av inre värmekällor som belysning, människor etc (ofta av storleksordningen 30°C)
 \dot{Q}_{vv} = effektbehov för tappvarmvattenberedning

Genom att införa ett samband för utetemperaturens varaktighet över ett normalår och därefter integrera sambandet 3.4 med avseende på tiden τ erhålles totala årsenergibehovet som

$$Q_{tot} = (k \cdot A)_{hus} \cdot G + \dot{Q}_{vv} + \dot{Q}_i \quad 3.5$$

där $G = \int_0^{\tau} [t_{inne} - \Delta t - t_{ute}(\tau)] d\tau$ = antalet gradtimmar på den aktuella orten

I denna modell för husets energibehov har inverkan av solstrålning förenklats. Det värmetillskott som erhålles på grund av solstrålning är beroende på solhöjd, husets utformning, omgivning m m. Det är med andra ord svårt att generalisera effekten av sol och himmelstrålning till ett typiskt fall.

I denna simulering beaktas detta energitillskott genom att anta att vid en viss dygnsmedeltemperatur, $t_{gr\ddot{a}ns}$, vilken kan väljas fritt, täcks transmissions- samt ventilationsförlusterna helt av inre värmekällor samt solstrålning. Integrationsgränsen τ är då den tid under året som utetemperaturen ligger under $t_{gr\ddot{a}ns}$.

Med det aktuella årsenergibehovet $\dot{Q}_{tot} - \dot{Q}_i$ samt t_{gr} som indata återstår det att bestämma värdet på integralen G för att kunna läsa ut $(k \cdot A)_{hus}$ ur samband 3.5.

G approximeras i programmet till en summa, vilket illustreras i Fig 3.3.

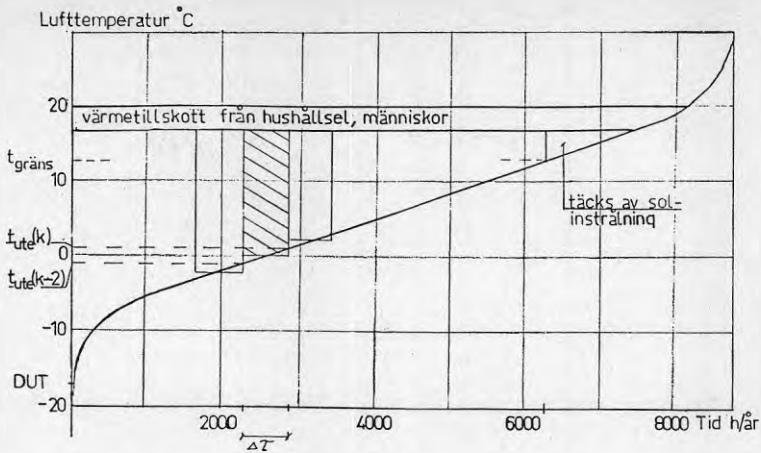


Fig 3.3 Utetemperarens varaktighet.
Illustration av metodik vid beräkning av G.

$$G \approx \sum_{t_{ute} = DUT+k}^{t_{gräns}} [t_{inne} - \Delta t - (t_{ute}(k-1))] \cdot [\tau(t_{ute}(k)) - \tau(t_{ute}(k-2))] \quad \dots \dots 3.6$$

där $k = 0, 2, 4, \dots, \frac{t_{gräns} - DUT}{2}$

$t_{gräns}$ = utetemperatur där uppvärmningssäsongen slutar.

Den värmeeffekt, $\dot{Q}_{be} = \dot{Q}_{tot} - \dot{Q}_i$, som värmesystemet måste leverera vid en viss utetemperatur kan nu bestämmas ur samband 3.4.

Värmeeffekten för tappvarmvattenberedning ansätts härvid som ett årsmedelvärde genom att dividera årsenergiebehovet Q_{vv} med 8760 timmar.

3.2.2 Värmeavgivning från radiatorsystemet

Dimensionerande effekt i radiatorsystemet, $\dot{Q}_{rad,D}$, erhålls vid utetemperaturen $t_{ute} = "DUT"$ varför

$$\dot{Q}_{rad,D} = (k \cdot A)_{hus} \cdot (t_{inne} - \Delta t - DUT) \quad 3.7$$

Denna bestämmer erforderligt radiatorvattenflöde enligt

$$\dot{M}_{rad} \cdot c_{p_{H_2O}} = \frac{\dot{Q}_{rad,D}}{t_{fD} - t_{rD}} \quad 3.8$$

där t_{fD} = Dimensionerande framledningstemperatur

t_{rD} = " returledningstemperatur

Analogt fordras för radiatorerna:

$$(k \cdot A)_{\text{rad}D} = \frac{\dot{Q}_{\text{rad},D}}{\vartheta_{mD}} \quad 3.9$$

$$\text{där } \vartheta_{mD} = \frac{t_{fD} - t_{rD}}{\ln\left(\frac{t_{fD} - t_{\text{inne}}}{t_{rD} - t_{\text{inne}}}\right)}$$

$(k \cdot A)_{\text{rad}D}$ = värmeövergångsfaktor för radiatorytor vid dimensionerande temperatur

Värmeavgivningen från radiatorytorerna antages på grund av egenkonvektion vara beroende av temperaturdifferensen till rumsluften enligt

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = H1 \cdot \vartheta_m^{1,26} \quad 3.10$$

$$\text{där } H1 = \frac{(k \cdot A)_{\text{rad}D}}{\vartheta_{mD}^{0,26}}$$

3.2.3 Beräkning av energier, drifttider m m i varje intervall

I punkt 3.2.1 visades hur integreringen av energier över året går till. Vid en studie av hur effektbehovet varierar med utetemperaturen samt hur värmepumpen arbetar erhålles skilda driftssätt beroende på utetemperatur, se Fig 3.4.

I varje utetemperaturintervall utförs en beräkning av medelvärden på drifttid, driveffekt, avgiven effekt m m som sedan kan ackumuleras till årsmedelvärden.

En flödesbild över hur denna beräkning och summering går till visas i Fig 3.5.

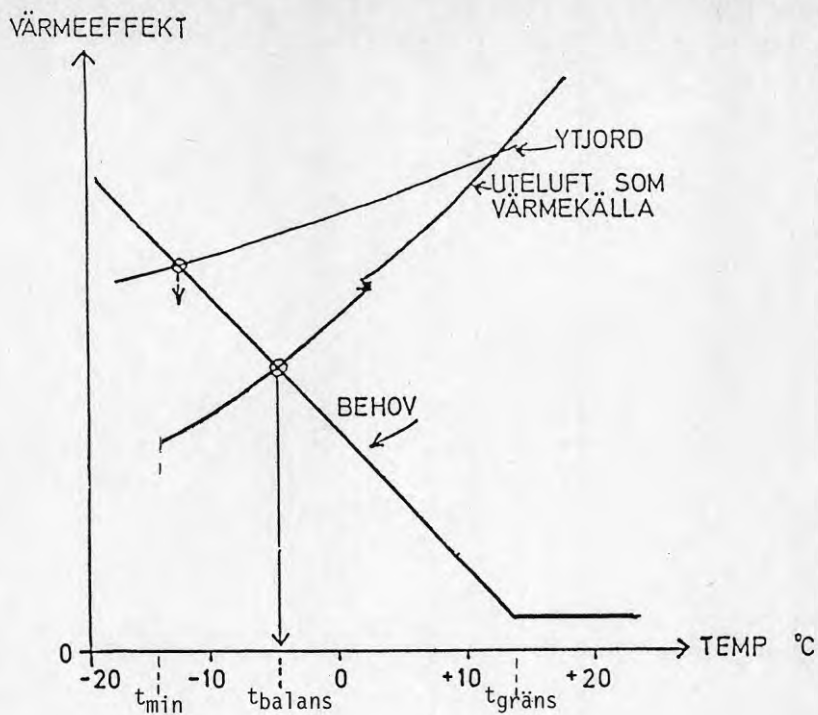


Fig 3.4 Tillgänglig värmeeffekt från en värmepump varierar med utetemperaturen på olika sätt för olika värmekällor.

t_{min} = eventuell nedre temperatur då värmepumpen ej är i drift

t_{balans} = "balanspunkt" för värmepumpen

$t_{gräns}$ = temperatur över vilken huset ej behöver värmas av radiatorsystemet

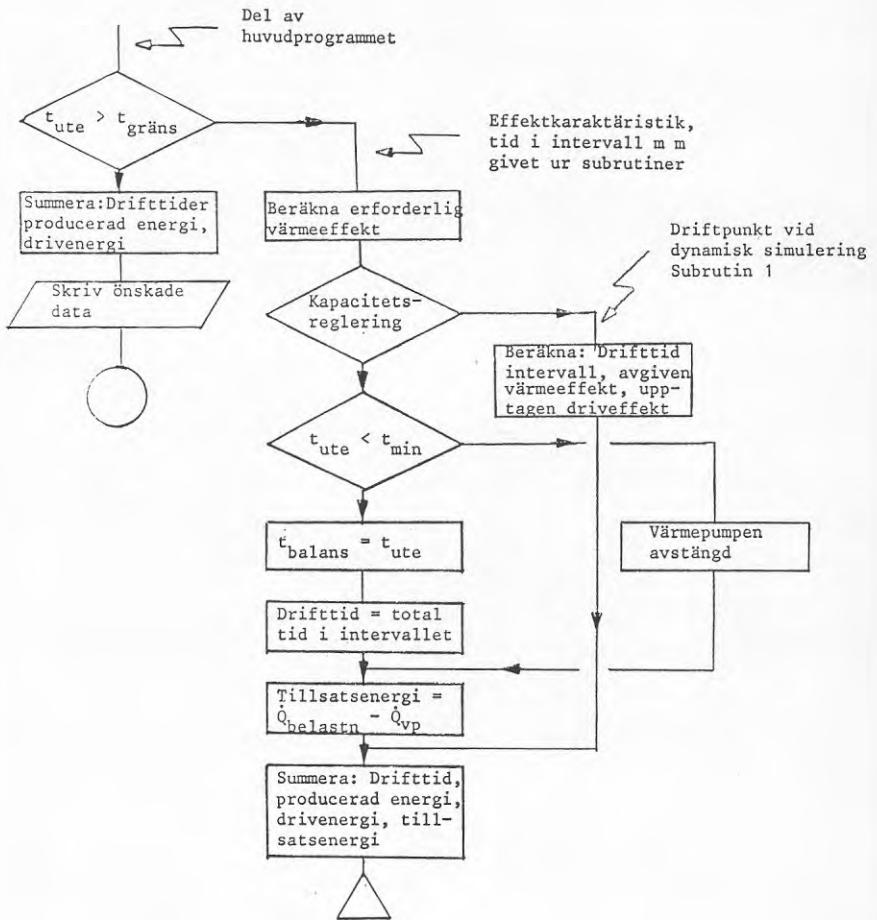


Fig 3.5 Principiellt flödesschema avseende integrering av energier, drifftider m m över ett normalår.

4 BESKRIVNING AV SUBROUTINER

En modell av ett hus med uppvärmningssystem kan se ut som i Fig 4.1.

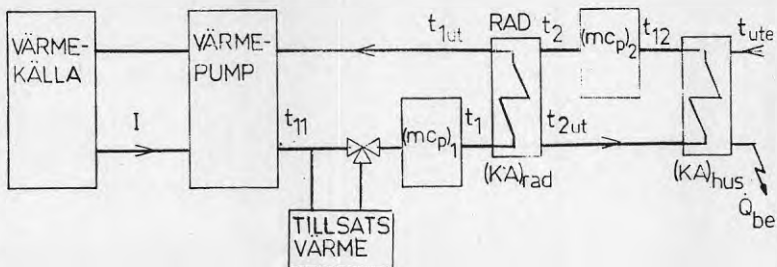


Fig 4.1

- $(mcp)_1$ - betecknar termiska massan i radiatorkretsen
- $(mcp)_2$ - betecknar " " i husets väggar, möbler m m
- RAD - radiatorytor
- $(k \cdot A)_{rad}$ - radiatorytorernas totala värmedistribution per grad medeltemperaturdifferens mellan rumsluft och radiatoryta
- $(k \cdot A)_{hus}$ - husets förlustfaktor vari ingår transmissions- och ventilationsförluster
- \dot{Q}_{be} - effektbehovet från radiatorsystemet
- Q_{vv} - erforderlig medeleffekt för varmvattenberedning

4.1 Subrutin 1

Bestämning av driftpunkt vid dynamisk simulering.

Då en simulering av radiatorkretsens dynamiska karaktäristik skall utföras används subrutin 1 till att iterera fram en driftpunkt där balans föreligger mellan avgiven effekt från radiatorytor och effektbehovet.

Kapacitetsregleringen utförs med hjälp av on/off-reglering av värmepumpen. Härvid är det returtemperaturen som är reglerstorhet. Denna får variera kring ett börvärde som beräknas i subrutin 3. Det intervall som returen regleras inom betecknas DIF och den övre gränsen betecknas TST. Då returtemperaturen vid en off-period fallit till värdet (TST - DIF) återstartas värmepumpen.

Driftpunkten erhålles genom ett "inkörningsförlopp" där TST bestäms så att den eftersträvade energibalansen erhålles. Därefter utförs en produktionskörning där önskade beräkningar kan utföras. En nattsänkning av inomhustemperaturen kan exempelvis utföras genom att på natten sänka rumstemperaturen t_2 med ett önskat antal grader.

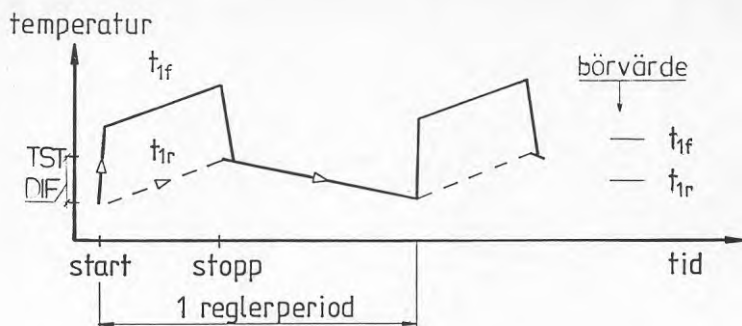


Fig 4.2 Reglerförlopp

I det fall man avser att simulera en värmepump arbetande med kondenserings temperatur anpassad till varmvattenberedning används samma reglerprincip. En korrigering görs så att framledningstemperaturen från värmepumpen varierar kring $+50^{\circ}\text{C}$ oberoende av utetemperatur.

Då inkörning är klar utförs, under ett intervall av minst två reglerperioder, beräkningar avseende medelvärde av avgiven värmeeffekt, driveffekt, framledningstemperatur under drift, drifttid m m.

Vid driftfall där nattsänkning av inomhustemperaturen ingår utförs integreringen över 24 timmar.

4.2 Subrutin 2

Temperaturförlopp i radiatorsystem och hus.

Följande värmebalanser erhålles för respektive delar i modellen (Fig 4.1).

Huset $[(m \cdot c_p)_2]$:

$$\dot{Q}_{be} \cdot d\tau = \dot{m}_2 \cdot c_{p2} (t_{2ut} - t_{12}) \cdot d\tau = (k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad} \cdot d\tau - (m \cdot c_p)_2 \cdot dt_2$$

varur erhålles:

$$\frac{dt_2}{d\tau} = \frac{(k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad} - \dot{Q}_{be}}{(m \cdot c_p)_2} \quad 4.1$$

Radiatorsystemet $[(m \cdot c_p)_1]$: (Beteckningar se Fig 4.1)

$$(\dot{Q}_s + \dot{Q}_{till} - \dot{Q}_{vv}) \cdot d\tau = \dot{m}_1 \cdot c_{p1} (t_{11} - t_{1ut}) \cdot d\tau = (m \cdot c_p)_1 \cdot dt_1 + (k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad} \cdot d\tau$$

varur erhålles:

$$\frac{dt_1}{d\tau} = \frac{\dot{Q}_s + \dot{Q}_{till} - \dot{Q}_{vv} - (k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad}}{(m \cdot c_p)_1} \quad 4.2$$

Om värmepumpens effekt ej räcker till kopplas tillsatsvärmen \dot{Q}_{till} in. Storleken på denna är sådan att $\frac{dt_1}{dt} = 0$.

Värmepump

$$\dot{m}_1 \cdot c_p (t_{11} - t_{1ut}) = \dot{Q}_s - \dot{Q}_{vv}$$

varur erhålles:

$$t_{11} = t_{1ut} + \frac{(\dot{Q}_s - \dot{Q}_{vv})}{\dot{m}_1 \cdot c_{p1}} \quad 4.3$$

Radiatorrytor

$$\dot{m}_2 \cdot c_{p2} (t_{2ut} - t_2) = (k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad} = \dot{m}_1 \cdot c_{p1} (t_1 - t_{1ut})$$

varur erhålles:

$$t_{1ut} = t_1 - \frac{\dot{m}_2 \cdot c_{p2} (t_{2ut} - t_2)}{\dot{m}_1 \cdot c_{p1}} \quad 4.4$$

$$t_{2ut} = \frac{(k \cdot A \cdot \vartheta_m)_{rad}}{\dot{m}_2 \cdot c_{p2}} + t_2 \quad 4.5$$

I Fig 4.3 visas ett principiellt flödesschema över subrutin 2. Sambanden 4.1 - 4.5 har använts för att beskriva ingående variabler.

Exempel på temperaturvariationer, i radiatorsystemet, beräknade i datorprogrammet med hjälp av ekv 4.1 - 4.5, återfinns i Fig 4.4a samt 4.4b. I figurerna representeras ett hus med årsenergiförbrukningen 40 000 kWh. Huset är försett med yttjordvärmepump med on-off-reglering. Utetemperaturerna 0°C respektive +10°C simuleras.

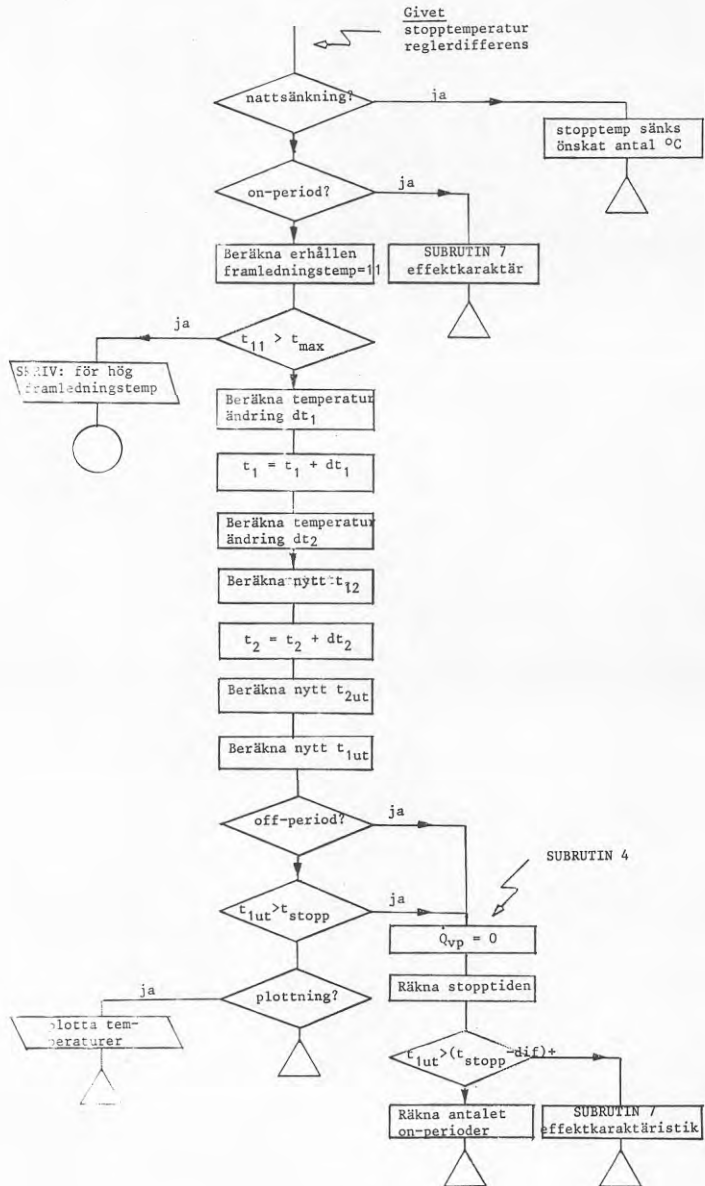


Fig 4.3a Principiellt flödesschema subrutin 1

#####

UTEMPERATUR: 10.0 C

m*cp1= 700

m*cp2= 17753

k*A rad= 0.34

QVP= 15.25

totalt effektbehov= 2.79

RUMS- ,FRAM- OCH RETURLEDNINGSTEMPERATURER VARANNAN MINUT



Fig 4.4b Exempel på temperaturförlopp

Subrutin 2. Temperaturändring i radiatorsystem och hus.

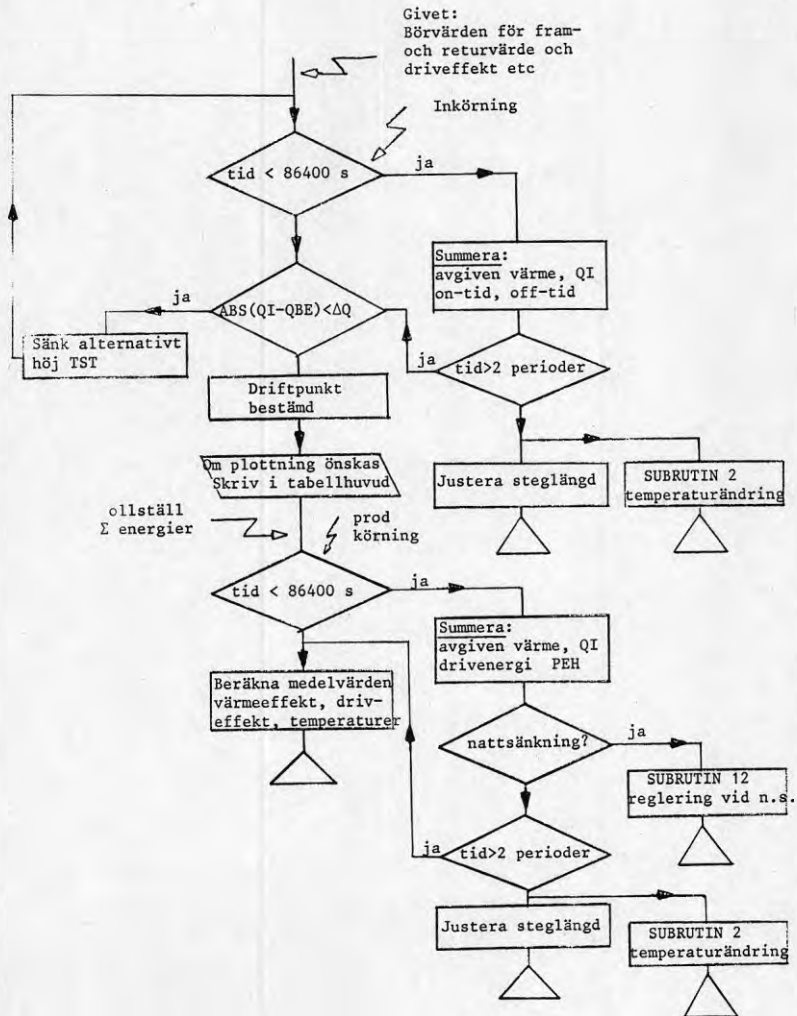


Fig 4.3b Principiellt flödesschema subrutin 2

4.3 Subrutin 3

Börvärden för fram- och returtemperaturer.

Radiatorsystemet

Genom att kombinera ekvationerna 3.7, 3.8 samt 3.10 erhålles följande samband mellan ingående temperaturer.

$$\frac{\psi_m^{1,26}}{\psi_{m_D}^{1,26}} = \frac{t_f - t_r}{t_{f_0} - t_{r_D}} = \frac{t_{inne} - \Delta t - t_{ute}}{t_{inne} - \Delta t - DUT} \quad 4.6$$

Härur löses fram- och returledningstemperaturerna vid godtycklig utetemperatur.

$$t_f = \frac{e^d \cdot [a \cdot c + t_{inne}] - t_{inne}}{e^d - 1} \quad 4.7$$

$$t_r = t_f - a \cdot c \quad 4.8$$

$$\text{där } a = \frac{t_{inne} - \Delta t - t_{ute}}{t_{inne} - \Delta t - DUT}$$

$$b = \ln \left[\frac{t_{f_D} - t_{inne}}{t_{r_D} - t_{inne}} \right]$$

$$c = t_{f_D} - t_{r_D}$$

$$d = a \left(1 - \frac{1}{1,26} \right) \cdot b$$

I Fig 4.5 visas exempel på t_f och t_r för ett radiatorsystem med $t_{f_D} = 55^\circ\text{C}$ och $t_{r_D} = 45^\circ\text{C}$ vid $DUT = -18^\circ\text{C}$.

4.4 Subrutin 5

Olika värmekällor (Granryd E. -78)

De värmekällor som går att välja mellan är ytjord, uteluft samt grundvatten.

I subrutin 5 finns i första hand data gällande för värmepump med indirekt värmeupptagning via en brinekrets (Granryd E. -79). Den värmepump vars effektkarakteristik finns inprogrammerad är av denna typ och brinetemperaturens beroende av utetemperaturen följer de samband som ges i subrutin 5.

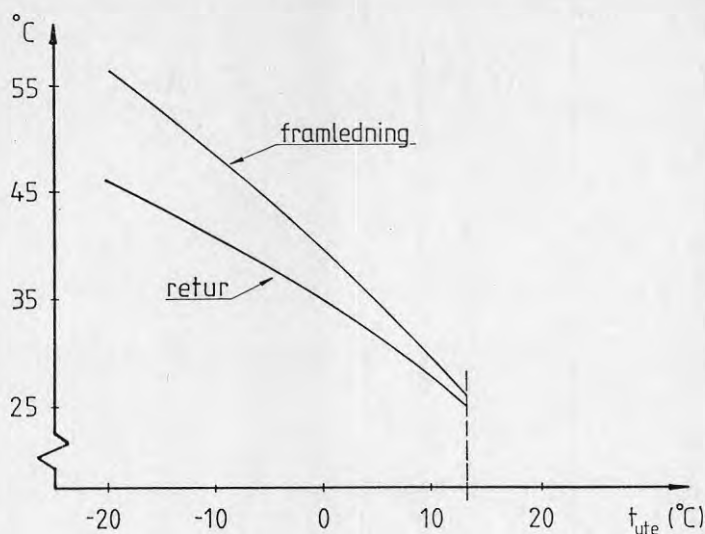


Fig 4.5 Börvärden för fram- och returtemperaturer.
Radiatorsystem 55/45°C vid DUT = -18°C.

Om effektkaraktäristiken för den värmepump som är aktuell är given som funktion av utetemperaturen anger man detta i ingångsdata var- efter $I = \text{brinetemp} = \text{utetemp}$. I annat fall erhålles brinetempera- turen i de olika fallen som:

$$\underline{\text{uteluft}} \quad I = t_{\text{ute}} - \frac{(\dot{Q}_{\text{vp}} - P_e)}{X} \quad 4.9$$

där X = totalt värmegenomgångstal baserat på temperatur- differensen ($t_{\text{ute}} - I$)

\dot{Q}_{vp} = aktuell effektavgivning

P_e = aktuell elektrisk driveffekt

$$\underline{\text{grundvatten}} \quad I = 5^{\circ}\text{C} \quad 4.10$$

$$\underline{\text{ytjord}} \quad I = -3,8 + 0,07 \cdot t_{\text{ute}}; \text{ om } t_{\text{ute}} \leq -11,9^{\circ}\text{C} \quad 4.11$$

$$I = -1,3 + 0,15 \cdot t_{\text{ute}}; \text{ om } t_{\text{ute}} \geq -11,9^{\circ}\text{C} \quad 4.12$$

$$I = -7,1 + 1,3 \cdot t_{\text{ute}}; \text{ om } t_{\text{ute}} > 4,9^{\circ}\text{C} \quad 4.13$$

$$I = 11 \quad ; \text{ om } t_{\text{ute}} > +11,9^{\circ}\text{C} \quad 4.14$$

4.5 Subrutin 7

Effektkaraktäristik.

I denna subrutin beräknas värmepumpens avgivna värmeeffekt \dot{Q}_{1S} samt driveffekten \dot{E}_S . Dessa effekter finns definierade i huvudprogrammet som funktion av I och t_{11} , dvs brinekretsens inloppstemperatur respektive framledningstemperaturen till radiatorer.

Vid uteluft som värmekälla kompenseras för avfrostning genom att \dot{Q}_{1S} samt \dot{E}_S minskas med 5 %.

Då det gäller den i programmet befintliga värmepumpen ingår inte driveffekten för förångarfläkt i den totala driveffekten \dot{E}_S varför 250 W adderas till denna om uteluft används som värmekälla. Effekterna \dot{Q}_{1S} samt \dot{E}_S kan antingen anpassas som linjära eller potensfunktioner till värmekällans temperatur. I programmet representeras de två fallen av funktionerna FNEFF 1 respektive FNEFF 11 avseende \dot{Q}_{1S} samt FNEFF 2 respektive FNEFF 22 avseende \dot{E}_S , se vidare Kap 4.7.

Dessa funktioner kan anpassas till godtycklig värmepump. Anpassningen sker med hjälp av subrutinerna 9 - 11.

4.6 Subrutin 8

Utetemperaturens varaktighet.

Utetemperaturen finns definierad i huvudprogrammet som en funktion av varaktigheten "D2" samt årsmedeltemperaturen "T". Denna funktion är hämtad från Statens Provningsanstalts beräkningsmetod för bestämning av energisparfaktor (Fehrm/Hallén 1981). Denna funktion stämmer relativt väl överens med de kurvor över lufttemperaturens varaktighet som återfinns i VVS-handbokens tabeller och diagram.

Den metodik som i detta arbete använts för att integrera fram en årsvärmefaktor bygger på stegning i utetemperaturen i steg om 2°C. För varje utetemperaturintervall vill man då ha reda på detta intervalls varaktighet, dvs motsatt den metodik som SP använder där stegning sker i tiden. (Här vald rutin ger avsevärt snabbare programexekvering utan att noggrannheten påverkas.) I subrutin 8 görs därför, med hjälp av Newton-Raphsons metod, en bestämning av varaktigheten för önskade utomhustemperaturer.

Som alternativ kan även värden för uteluftens temperaturvaraktighet, hämtade från Klimatdata (Taessler R), läsas ifrån datafilen KLIMAT: DATA.

Det visar sig, då de olika källorna för utetemperaturens varaktighet jämförs, att korrelationen mellan dessa är mindre god. De källor som avses är:

- A. VVS-handboken, tabeller och diagram, (tidsperiod 1931-1960).
- B. Klimatdataboken (tidsperiod 1949-1969). (Taessler R. 1972).

I Fig 4.6 är punkter från källa B inritade i diagrammet som hämtats ur källa A.

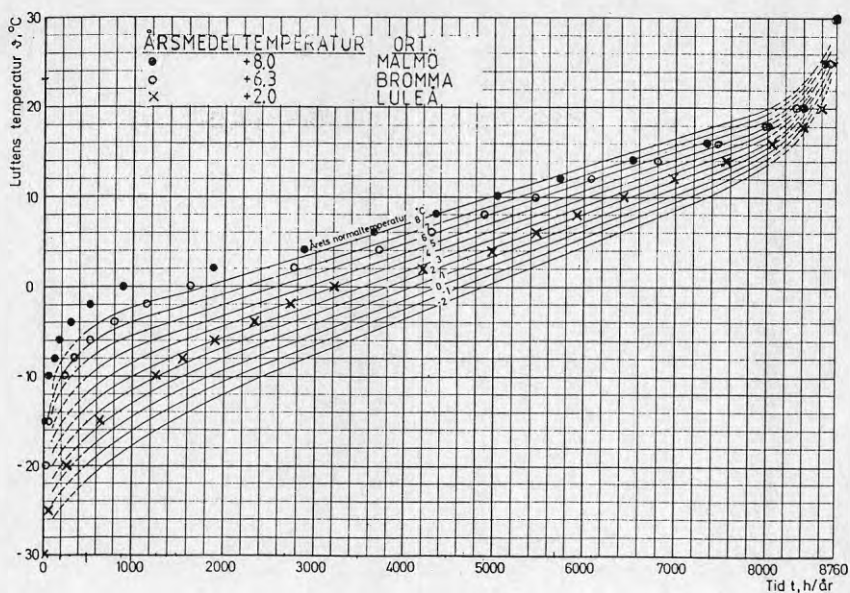


Fig 4.6 Uteluftstemperaturens varaktighet under ett normalår.

De inritade punkterna från källa B är hämtade ifrån tabeller där den relativa andelen observationer, med avseende på ett normalår, som ligger inom ett visst temperaturintervall anges. Observationer har utförts vid klockslagen 01, 07, 13 och 19 varje dygn under åren 1949-1967.

Enligt Taessler är den relativa frekvensen en god approximation av den tid som temperaturer inom varje intervall upptar under ett normalår.

I Fig 4.7 representeras temperaturens varaktighet på detta sätt.

Ur VVS-handbokens varaktighetskurvor har tider för olika temperaturintervall uppskattats för 6,3°C årsmedeltemperatur. Under -9°C samt över +19°C utetemperatur, vid årsmedel = 6°C, uppges noggrannheten på den aktuella kurvan vara mindre god.

Den avgörande skillnaden mellan dessa två källor ligger inom temperaturintervallet -10°C → +4°C. Inom detta temperaturintervall ligger en dominerande del av det årliga energibehovet. Speciellt om värmekällans temperatur är beroende av utetemperatur kan stora skillnader i årsprestanda från värmepumpen förväntas vid användning av de två olika temperaturvaraktighetskällorna. I Fig 4.8 och 4.9 visas detta i två stycken programkörningar med en uteluftsvärmepump.

Antalet gradtimmar som framräknats skiljer sig i de båda fallen. Detta innebär att den förlustfaktor för huset som beräknas ur $Q_{\text{år}}$ och G (3.5) också kommer att vara olika.

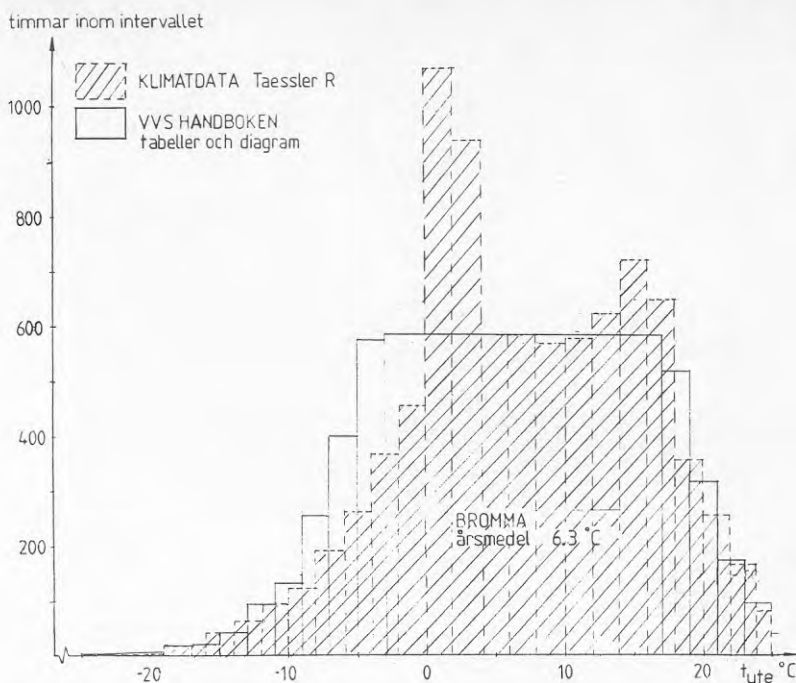


Fig 4.7 Olika Temperaturintervalls varaktighet under ett normalår.

Resultatet blir att huset i Fig 4.8 har en mindre förlustfaktor än huset i Fig 4.9 och därmed kompenseras till viss del för den överrepresentation av låga utetemperaturer som VVS-handbokens tabeller medför. Trots detta erhålles för det fall som representeras av Fig 4.8 och 4.9 en skillnad i årsvärmefaktor, inkluderande tillsatsvärme på ca 5 %.

Klimatdatabokens uppgifter torde vara bättre underbyggda än de översiktliga uppgifterna i VVS-handboken, varför dessa om de finns tillgängliga för önskad ort är att föredra vid en beräkning av årsvärmefaktor för en värmepumpinstallation.

De i Fig 4.6 och 4.7 redovisade data ur Taessler Klimatdataboken är som tidigare nämnts baserade på avläsningar vid fyra tidpunkter varje dygn. Dessa data bör vara representativa då det gäller uteluftsvärmepumpar. För värmepumpar som använder värmekällor vilka sekundärt är beroende av utetemperaturen kan möjligtvis kurvor baserade på dygnsmedelvärden vara mer relevanta. I Fig 4.10 har en jämförelse gjorts mellan kurvor framtagna med dessa två typer av basdata. Figuren visar VVS-handbokens diagram med Taesslers data för dygnsmedelvärden respektive värden från avläsningar kl 01, 07, 13 och 19 införda.

(Dygnsmedelvärden används i programmet endast vid dygnsmodellering då utetemperaturen varierar enligt en cosinuskurva.)

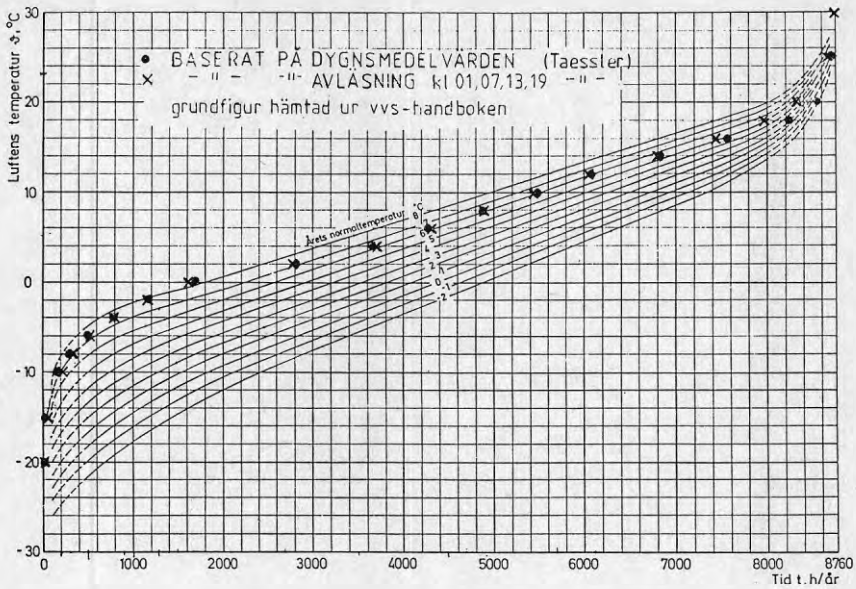


Fig 4.10 Jämförelse av utetemperaturens varaktighet baserad på dels dygnsmedelvärden och dels 4 avläsningar per dygn. Värdena gäller Bromma flygplats, årsmedeltemperatur.

4.7 Subrutin 9-11

Anpassning av funktioner beskrivande värmepumpens värmeavgivning samt driveffekt.

Generellt kan resultat från stationär provning av värmepump representeras som funktion av värmekällans samt värmesänkans temperatur, I respektive t_f .

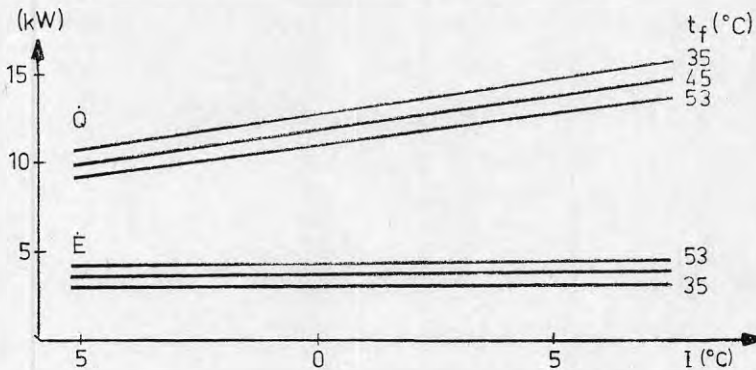


Fig 4.11 \dot{Q}_{vp} samt \dot{E}_e som funktion av I och t_f som parameter.

En funktion på formen

$$A = f(C_1 + C_2 t_f) \quad 4.15$$

anpassas till respektive avgiven och upptagen effekt genom att 5 st mätvärden inmatas för varje temperatur t_f . Beroende på kurvornas utseende kan f antingen väljas som en linjär funktion eller som en potensfunktion för avgiven värmeeffekt samt för upptagen driveffekt. Önskas andra typer av funktioner ändras raderna 1050, 1100, 6610 samt 6640. Anpassningen sker med hjälp av minsta kvadratmetoden genom att ta fram ett samband på formen $Y = C_{10} + C_{11} \cdot x$ gällande för respektive temperatur t_1 på värmesänkan. Vid varje driftfall beräknas \dot{Q}_{vp} samt \dot{E}_{vp} för de tre olika t_f vid den aktuella temperaturen I på värmekällan. En kvadratisk interpolation utförs sedan med hjälp av dessa tre värden. För varje utförd kurvanpassning utförs en beräkning av korrelationskoefficienten. Denna anger då hur pass väl kurvan är anpassad till mätvärdena. Ju närmare +1 eller -1 denna är desto bättre korrelation.

I subrutin 6 finns konstanterna för den inprogrammerade värmepumpen. Om konstanter tidigare har framtagits kan dessa matas in direkt i programmet. Valet görs på rad 360 i huvudprogrammet.

4.8 Subrutin 13

Reglering vid nattsänkning.

Nattsänkning av inomhustemperaturen kan utföras vid simulering under ett dygn. De indata som krävs för detta är

- 1) klockslag då sänkning börjar
- 2) " " " slutar
- 3) antal grader inomhustemperaturen skall sänkas nattetid
- 4) utetemperaturens amplitud

Sänkningen går till på det sättet att värdet på returtemperaturen då värmepumpen skall stoppas sänks med erforderligt antal grader.

För att i viss mån ta hänsyn till utetemperaturens variationer över ett dygn har denna antagits följa en cosinusfunktion. Extremtemperaturer på dagen inträffar kl 14 vilket innebär att minimitemperaturen inträffar kl 02.00 på natten. Amplituden på temperaturvariationen under ett dygn kan, om så önskas, varieras linjärt mellan en minamplitud och en maxamplitud. Den mindre amplituden har antagits inträffa vid balanspunkten. Maxamplituden försätts inträffa vid den utetemperatur där enbart varmvattenproduktion erfordras.

Om utetemperaturens amplitud är skild från 0 baseras utetemperaturens varaktighet på dygnsmedelvärden.

Om årsvärmefaktor beräknas är programmet så konstruerat att hänsyn till nattsänkning enbart tas då värmepumpen går på dellast.

5 EXEMPEL PÅ PROGRAMKÖRNINGAR

Inledningsvis nämndes att en avsikt med detta datorprogram var att parallellt med de provningar som utförts i provrigg avsedd för dynamisk provning testa vissa hypoteser avseende den dynamiska effektiviteten, DE (Bergman 1984).

För en av de provade värmepumparna har effektkaraktäristik från stationärt prov lagts in i programmet. I Fig 5.1 ser vi att överensstämmelsen mellan prov och dator-simuleringen är mycket god då det gäller avgiven värmeeffekt samt driveffekt. Den interpolationsmetod som används för att erhålla driftsdata vid godtycklig utetemperatur fungerar tydligen bra.

Vi kan då gå vidare och jämföra resultat från provning vid intermittent drift med datorsimulering.

De förlustfaktorer som ingår i simuleringen är enligt Kap 2.2 \dot{Q}_f samt \dot{E}_0 . Värmeförlusten \dot{Q}_f finns som tidigare nämnts definierad i programmet, "FNFOR" och är baserad på provresultat (här ca 100-200 W). Tomgångsförbrukningen av elenergi \dot{E}_0 är för den aktuella värmepumpen uppmätt till 135 W vilket ges som indata i programmet.

I Fig 5.2 har värmefaktorn COP representerats som funktion av utetemperaturen. Här har också medtagits COP_d baserad på dynamisk provning respektive datasimulering.

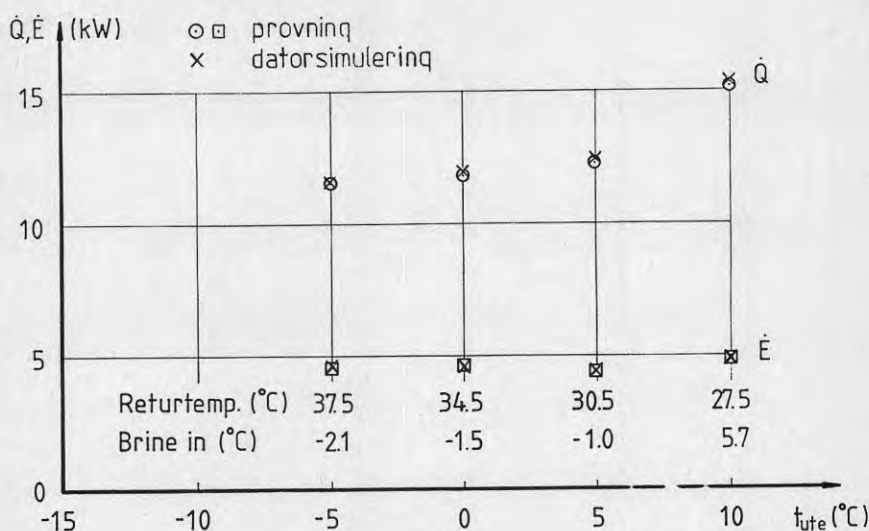


Fig 5.1 Avgiven värmeeffekt \dot{Q}_s och driveffekt \dot{E}_s vid provning och datorsimulering exklusive varmvattenberedare.

Vi kan konstatera att datasimuleringen tycks stämma väl överens med verkligheten, speciellt med avseende på den dynamiska effektiviteten DE. Vidare kan man se att den stationära simuleringen, med korrektion för DE, nära nog fullständigt överensstämmer med den mer komplicerade dynamiska simuleringen.

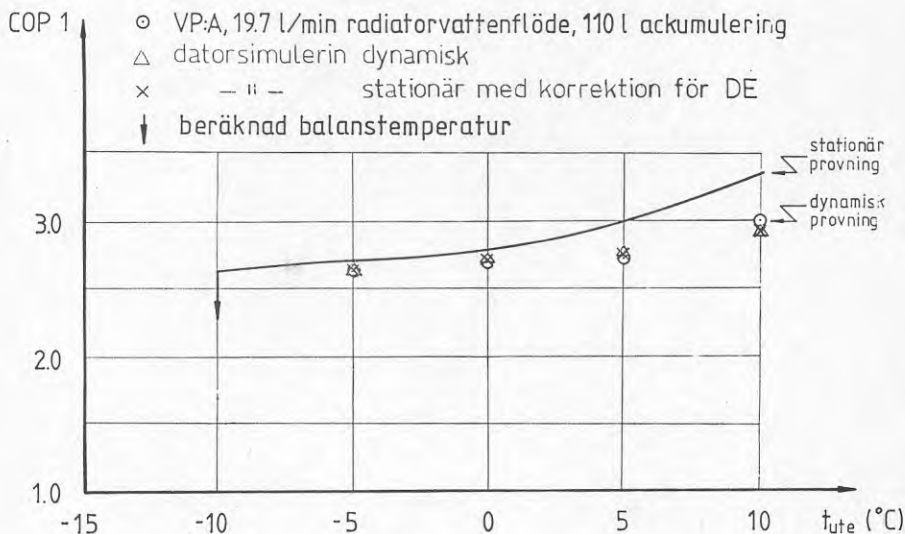


Fig 5.2 COP1 vid stationär och intermittent drift. Jämförelse mellan prov och simulering.

För att komma ifrån inverkan av temperaturnivåer mm har i Fig 5.3 förhållandet COP_d/COP_s representerats som funktion av den relativa gångtiden τ_{rel} .

I Bilaga II:1a, b visas två stycken programkörningar vilka beräknar en årsvärmefaktor. Förutsättningarna motsvarar de som användes till punkterna i Fig 5.1 - 5.3.

En jämförelse mellan DE avseende en hel uppvärmningssäsong och de i Fig 5.3 erhållna värdena avseende specifika utetemperaturer, representerade som relativa gångtider, kan göras med hjälp av Bilaga II:1a och b. I körningarna har förluster antagits vara 0 varför $COP_{år}$ där skulle motsvara COP_s i Fig 5.3. För att få ett korrekt värde på $COP_{s,år}$ har även radiatorpumpens energiförbrukning under ståperioderna utslutits. Detta görs manuellt eftersom resultaten i Bilaga III under rubriken "exklusive radiatorpump erhålles" räknar bort radiatorpumpens elförbrukning även under driftperiod.

Vi erhåller då:

$$COP1_{d,år} = 2,707$$

$$COP1_{s,år} = 35565 / \left[\frac{35565}{2,707} - (6443 - 3002) \cdot 0,13 \right] = 2,845$$

$$DE_{\text{år}} = \frac{COP1_{d,\text{år}}}{COP1_{s,\text{år}}} = \frac{2,707}{2,845} = 0,95$$

Den relativa gångtiden under hela uppvärmningssäsongen blev:

$$\tau_{\text{rel}} = \frac{2970}{6443} = 0,47$$

Vid en jämförelse med provresultaten i Fig 5.3 erhålles med en interpolering mellan provpunkterna en dynamisk effektivitet $DE \approx 0,94$ för $\tau_{\text{rel}} = 0,47$. För detta driftfall överensstämmer således den dynamiska effektiviteten, erhållen vid en årssimulering med resultaten i Fig 5.3.

En ytterligare försämring av $COP_{\text{år}}$ erhålles då varmvattenberedning tillkommer, Bilaga II:1c. Värmeförluster från VVB, 150 W samt kort relativ gångtid under sommaren är orsaken till detta.

I Bilaga II:1d, e har ett mindre hus simulerats. På motsvarande sätt erhålles för detta:

$$DE_{\text{år}} = \frac{2,536}{2,748} = 0,923$$

$$\tau_{\text{rel}} = \frac{2133}{6443} = 0,336$$

I Fig 5.3 uppskattas med $\tau_{\text{rel}} = 0,34$ den dynamiska effektiviteten till $DE \approx 0,92$

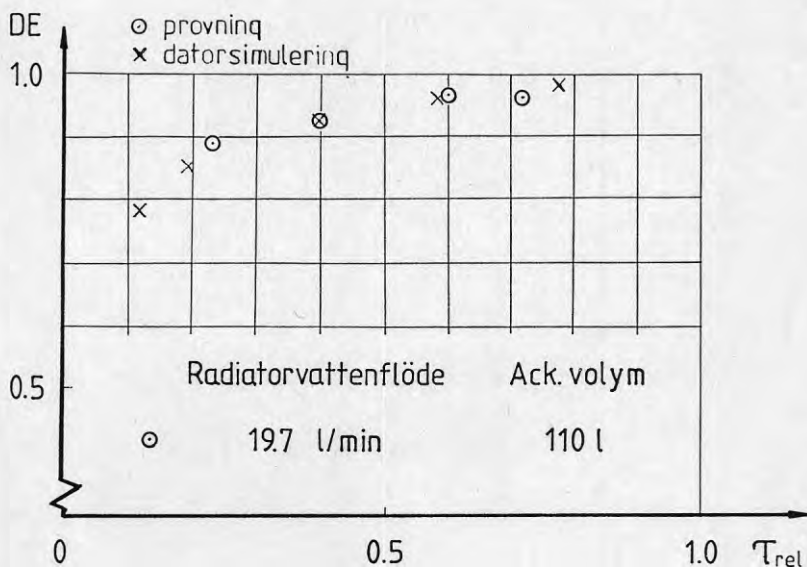


Fig 5.3 Dynamisk effektivitet som funktion av relativ gångtid. Jämförelse mellan prov och datorsimulering.

6 PROGRAMMETS ANVÄNDBARHET

De programkörningar som redovisats i Kap 5 syftar enbart till att jämföra resultat vid simulering med de provresultat som erhållits vid dynamisk provning av en villavärmepump.

Exempel på andra punkter som är möjliga att studera med detta datorprogram är:

- Jämförelser mellan fältprov på värmepumpar och datorsimulering av årsvärmefaktorer.
- Analyser av temperaturförlopp för fram- och returledningstemperaturer. Här kan det vara speciellt intressant att studera den gängse reglerkurvas överensstämmelse med den vid simulering erhållna.
- Reglerdifferensens inverkan på värmefaktor.
- Nattsänkning av inomhustemperaturen. Hur reagerar värmepumpen och vad vinner man?
- Hur påverkar radiatorkretsens vattenvolym värmepumpens arbetsförhållanden.
- Hur påverkar radiatorytornas storlek samt värmevattenflödet värmefaktorn.

LITTERATUR

Bergman A. Inverkan av intermittent drift vid värmepumpar. Laboratorieprov.

Dideon D.A., Kelly G.E. New Testing and Rating Procedures Seasonal Performance of Heat Pumps. (ASHRAE Journal 1979).

Fehrm M., Hallén T. Beräkningsmetod för bestämning av energisparfaktor (Statens Provningsanstalt SP-PIET 13 528, Borås 1981.

Fordsmand M. Improvements of the COP for small heatpumps by means of burstcontrol (16th International Congress of Refrigeration Commission E2) Paris 1983.

Foxley D.M., Weaver D.R. Relating laboratory testing of heatpumps to seasonal COP (BP Research Center Chertsey road Middlesex, England, 1981.)

Foxley D.M., Weaver D.R., Relationships between results of laboratory tests on heat pumps and performed under field conditions. (BP Research Center, 1982.)

Granryd E., STU-rapport 78 5772, 1978.

Mei V.C., Laboratory test of a residential low temperature water source heatpump (Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37 830. April 1984.)

Olsen T., Dynamisk afprøvning av vand/vand varmpumpe. Tekn inst forlag, Energiministeriets varmpumpe forskn. program rapport 8, 1983.

Olsen T., Dynamisk prøvestand for luft/vand varmpumper. Tekn inst forlag, Energiministeriets varmpumpe forskn. program rapport 11, 1984.

Bogdanski F., Krug N., Kühl D., Wiszmewski K., Untersuchung der abweichung zwischen leistung- und arbeitszahlen von Wärmepumpen bei taktenden betrieb. HLN 34, nr 1 Jan 1983.

VVS-handboken, tabeller och diagram. Förlags AB VVS, 1974.

Taessler, R., Klimatdata för Sverige, BFR 1972.

```

#####
# FILE: SIMDYN:SYMB DATE: 5/MAR/85 TIME: 20:19:12 #
# #####
90 REM För att kunna lagra programmet i arbetsminnet måste en utökning av
91 REM "ENTER TABLE" utföras: TABLE-SIZES 1000 25000 : innan
92 REM programmet kan kompileras
100 LINPUT "ÖNSKAS PROGRAMBESKRIVNING",PRO$
110 IF PRO$<>"JA" THEN 190
120
130
140
190 PRINT
200 PRINT " ##### INMATNING AV DATA #####"
210 PRINT
220 INPUT "INTEGRERING ÖVER ÅRET (1), VALD UTETEMPERATUR (2) ",ART:PRINT
230 INPUT "ÖNSKAS ETT DYGN MED NATTSÄNKNING (1) ",NS:PRINT
240 IF NS<>1 THEN 310
250 INPUT "KLOCKSLAG DA SÄNKNINGEN BÖRJAR ",NS1:PRINT
260 INPUT "KLOCKSLAG DA SÄNKNINGEN SLUT ",NS2:PRINT
270 INPUT "ANTAL GRADER NATTSÄNKNING ",NS3:PRINT
280 INPUT "UTETEMPERATURENS AMPLITUD, MIN RESPEKTIVE MAXVÄRDE ",AMP1,AMP2:PRINT
290 DYS=1
300 GOTO 320
310 INPUT "DYNAMISK(=1), STATISK(=0) SIMULERING ",DYS:PRINT
320 INPUT "ÖNSKAD INNOMHUSTEMPERATUR, NORMALT 20 C ",TINNE:PRINT
330 INPUT "VP KOPPLAD MOT VVB, DVS T1 CA 45-55 C (=1) ",VVB:PRINT
340 IF ART<>0 THEN 360
350 INPUT "ÖNSKAD UTETEMPERATUR ",TUTE:PRINT
360 PRINT "ANPASSNING AV EFFEKTKURVOR (=2), INNMATNING AV NYA KONSTANTER (=1), INNPROGRAMERAD DATA (-0)"
361 INPUT REG:PRINT
370 IF REG<>0 THEN INPUT "ÄR EFFEKTERNA EN FUNKTION AV UTETEMPERATUREN (JA=1) ",VK1:PRINT
390 INPUT "ÄR EFFEKTKURVORNA LINJÄRA (JA=1) ",LIN:PRINT
400 IF REG<>0 .AND. DYS<>1 THEN INPUT "VÄRMEFÖRLUST FRÅN VP I KW ",FRL1:PRINT
410 IF REG=0 THEN 440
420 IF TUTE<>0 .OR. REG<>0 THEN INPUT "GE FÖRLUSTFAKTOR FRÅN 0-GRADERFALLET",KVP:PRINT
440 INPUT "FÖRLUST FRÅN VVB ",FRL:PRINT
450 INPUT "TOMGÅNGSFÖRBRUKNING I KW ",TOMG:PRINT
460 INPUT "VARAV FÖR RADIATORPUMP ",TOG:PRINT
470 INPUT "VEVHUSVÄRME KW ",TOMS:PRINT
480 INPUT "DIM FRAMLEDNINGSTEMPERATUR ",FTD:PRINT
490 INPUT "DIM RETURLEDNINGSTEMPERATUR ",RTD:PRINT
500 INPUT "GE BYGGNADENS TIDKONSTANT (24h regelstomme, 80h sten)",TC2:PRINT
510 IF DYS<>1 THEN 570
520 INPUT "REGLERDIFFERENS C ",DIF:PRINT
530 INPUT "ÖNSKAS RUMSTERMOSTÄT SOM BRYTER VID ÖVERKÖMFORT",RUST$:PRINT
550 IF RUST$="JA" THEN INPUT "BRYTTEMPERATUR",BRT,"DIFFERENS",DRT:DRT=BRT-DRT
560 INPUT "GE m*co FÖR RADIATORKREISEN ",MC1:PRINT
570 INPUT "ÖNSKAS UTSKRIFT FÖR TEMPERATURFÖRLOPPET (1)",Z1:PRINT
580 IF Z1=1 .AND. ART=1 THEN PRINT "EJ OM INTEGRERING ÖVER HELT ÅR":Z1=0:PRINT
600 INPUT "0=TERMINAL, 1=SKRIVARE",Z:PRINT
620 INPUT "UTETEMPERATUR DA UPPVÄRMNINGSSBEHOV EJ FÖRELIGGER (13 C ?)",TGR:PRINT
625 IF VK1=1 .AND. VK<>1 THEN 640
628 IF REG=0 THEN X=1.67:GOTO 640
630 INPUT "VÄRMEGENOMGÅNG BASERAD PÅ (Tute-I); X=",X:PRINT
640 INPUT "VÄRMEBEHOV kWh/år ",Q,"VARAV FÖR VÄRMVATTEN",QVV:PRINT
650 INPUT "VÄRMEKÄLLA:UTELUFT(1), GRUNDVATTEN(2), YTJORD(3)",VK:PRINT
660 IF VK=1 THEN INPUT"UTOMHUS (1) ELLER INNOMHUSPLACERAD VP(0)",PL:PRINT
670 INPUT "MIN UTETEMPERATUR FÖR VÄRMEPUMPDRIFT",M1:PRINT
680 INPUT "MAXBEGRÄNSNING PÅ FRAMLEDNINGSTEMPERATUREN",TM:PRINT
685 INPUT"TEMPERATURDIFFERENS VILKEN TÄCKS AV INRE VÄRMEKÄLLOR",DIF2:PRINT
690 IF NS=1 .AND. AMP1<>0 THEN KLIMAT=2:GOTO 750
700 INPUT "ÖNSKAS UTETEMPERATURENS VARAKTIGHET FRÅN REFERENS (1) ELLER (2)",KLIMAT:PRINT
710 IF KLIMAT=2 THEN 750
720 INPUT "ÅRETS NORMALTEMPERATUR",T:PRINT
730 INPUT "DIMENSIONERANDE UTETEMPERATUR DUT",DUT:PRINT
740 GOTO 800
750 LINPUT "ORT: BROMMA,MALMGÅ, LULEÅ",ORT$:PRINT
760 IF AMP1<>0 THEN ORT$=ORT$&"D"
770 OPEN #5: FOR RANDOM "KLIMAT:DATA"
780 DIM #5: PLAS$(5%),DU(5%),VAR(25,5%)
790 DIM VARA(25)
800 DIM KOR1(3)

```

Datorprogram
Simulering av värmepumpdrift.

(Programmet skrivet i BASIC på maskinsektionens NORD-10 dator)


```

1640 H1=KA/FNVM(FTD,RTD,TINNE)^.26
1650 PE=@VP/2.5'
1660 M1=KAH*(TINNE-DIF2-DUT)/(FTD-RTD)'
1670 M2=KAH*(TINNE-DIF2-DUT)/B'
1680 IF REG=0 THEN DIF0=DIF
1682 OML=MC1/(2*M1)
1684 MC=MC1
1690 O2=10
1700 AMP=AMP1
1710 D=D3=F=H=TGN=TID=R=IRS=T111=0
1720 IF ART<>1 THEN Y=Y1+2;GOTO 1830
1730 FOR Y=1 TO Y1+2
1740 PVV=@VV/87&0
1750 H=VVF=EORV=@VPV=TDV=0
1760 AMP=AMP1+(AMP2-AMP1)/Y1*Y
1770 TUTE=OUT+2*(Y-1)
1780 TX=TUTE-1
1790 IF (TUTE-TGR)<>1 THEN 1830
1800 TUTE=TGR
1810 TX=TUTE-.5
1820 Y1=Y1+2
1830 Z1=Z2
1840 PRINT "INNETEMPERATUREN=";T2
1850 R=R+1
1860 QVPF=@VPO
1870 EORF=EOR1
1880 IF ART<>1 THEN TUTE=TX
1885 FOR S=1 TO 10
1890 GOSUB 5300 '          ### FRAM & RETURLEDN TEMP###
1900 TR2=T1UT'          BÖRVARDE FÖR RETUREN
1910 IF PL=0 THEN OMG=T2
1920 IF PL=1 THEN OMG=TUTE
1930 QBE=KAH*(TINNE-DIF2-TX)'          BELASTNINGSEFFEKT PÅ Huset
1940 IF TUTE>TGR THEN QBE=PVV
1950 T11=T1UT+(QVP-PVV)/M1
1960 IF TUTE>TGR THEN T11=53'          ENBART VV-PRODUKTION
1970 GOSUB 6110'          ### EFFEKTKARAKTERISTIK ###
1980 VO=(T11+T1UT)/2
1990 IF VVB=1 THEN VO=TM-DIF
2010 IF REG=0 THEN FRL1=FN FORL1(VO,OMG,I)
2070 IF ABS(1-QVP/PVP)<.01 THEN 2110
2080 PVP=@VP
2090 PEP=PE
2100 NEXT S
2110 IF VVF=1 THEN 2310
2130 REM &&&&&&&&& ALTERNATIVT KAN UTETEMPERATURENS VARAKTIGHET AVLASAS SOM DISKRETA VÄRDEN REF2
2140 IF KLIMAT=1 THEN GOSUB 6430;GOTO 2180 ' VARAKTIGHETSKURVAN
2150 D=VARA(Y)
2160 D3=D3+D
2170 GOTO 2190
2180 IF TUTE>TGR THEN D=8760-D3+D' TOTAL TID I SOMMARFALLET
2190 IF TUTE>TGR THEN TD1=PVV/@VP*D:@VPO=@VPO+QVP*TD1
2200 IF TUTE>TGR THEN TOMG=TOMS;GOTO 2510
2210 IF QBE/PVV>3 .OR. PVV=0 .OR. VVB=1 THEN 2310
2220 T11=53
2230 GOSUB 6110
2240 TDV=D/PVP*(PVV-.33*QBE)
2250 @VPV=@VP*TDV
2260 EORV=PE*TDV
2270 PVV=PVV-@VPV/D
2280 VVF=1
2290 PRINT "2260";TDV,PE
2300 GOTO 1860
2310 IF TUTE-M1<=0 .OR. T11>TM THEN @VP=TD1=0;GOTO 2370
2320 IF @VP>(QBE+PVV+FRL+FRL1) THEN GOTO 2400
2330 TRAL=TUTE
2340 TD1=0 '          DRIFTTID FÖR VP
2350 EOR1=PE*TD1+EOR1
2360 QUIL=(QBE+PVV+FRL+FRL1-QVP)*D+QUIL;GOTO 2380
2370 QUIL=(QBE+PVV-QVP)*D+QUIL;EOR1=PE*TD1+EOR1
2380 @VPO=(QVP-FRL-FRL1)*TD1+@VPO
2390 GOTO 2610
2400 IF DYS<>1 THEN 2480
2410 GOSUB 3480
2420 TD2=(K2-D5)/K2
2430 @VPO=@VPO+(QVP+PVV)*D+@VPO
2440 EOR1=EOR1+(PEH+(FRL+PVV*R51/(R50+R51))*PEP/PVP)*D+EORV
2450 TD1=(TD2+(FRL+PVV*R50/(R50+R51))/PVP)*D' DRIFTTID I INTERVALL
2460 EOR1=EOR1+TOMG*D5/K2*D'          ELBEHOV MHT RADPUMP UNDER STATID
2470 GOTO 2610
2480 TD1=(QBE+PVV)/@VP*D
2500 @VPO=TD1*QVP+@VPO+@VPV
2510 EORS=(TD1+FRL/QVP*D)*PE
2520 EOR2=EOR1
2530 TAU=QBE/QVP
2540 FOR EO=1 TO 3
2542 TAU=(QBE+(1-TAU)*(FRL+FRL1))/@VP
2544 NEXT EO

```

```

2550 EOR3=(1-FRL1/PVP*(1/TAU-1))/(1+TOMG/PEP*(1/TAU-1))
2570 EOR1=EORS/EOR3+EOR1
2580 TD1=TD1+(FRL1*(D-TD1))/QVP*PVV/PVV
2590 EOR1=EOR1+EORV
2600 EOR2=0
2610 TD1=TD1+TDV
2620 TD=TD+TD1' DRIFTTID ACCUMULERAD
2630 UT(R)=TUTE
2640 QT(R)=QTIL
2650 QV(R)=QVPO
2660 DT(R)=TD1
2670 IF TUTE-MI>=0 .OR. T11<TM THEN KOP(R)=QVPO/EOR1
2680 DAC(R)=TD
2690 TTOT(R)=D3
2700 IF TUTE>TGR-1 THEN TTOT(R)=TTOT(R-1)+D
2710 IF REG=0 .AND. ART=1 THEN FURL3=FURL3+D*(FRL+FRL1)
2720 IF REG<0 .AND. ART=1 THEN FURL3=FURL3+D*(FRL+(KVP*((2*T1UT+(PVP-PVV)/M1)/2-(OMG-I)/2)^1.25))
2725 REMPRINT #Z:"Qvo:"iPVP;"Evp:"iPE;"Qvpn:"i(QVPO-QVPOG)/TD1;" PEn:"i(EOR1-EOR1G)/TD1
2726 QVPOG=QVPO:EOR1G=EOR1
2730 NEXT Y
2740
2750
2760 COP=QVPO/EOR1
2770 PRINT #Z:"-----"
2780 IF ART=0 THEN TD=TD1
2790 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:"PVPnetto=-###.##",QVPO/D1
2800 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:" EVP=-###.##",EOR1/D
2810 IF ART<>0 THEN PRINT USING #Z:"MEDELFORL=-###;1000*FURL3/TTOT(R);
2820 IF REG=0 THEN 2850
2830 IF ART<>0 .OR. DYS<>1 .OR. REG=0 THEN 2850
2840 PRINT USING #Z:"FORL=-###",INT(1000*KVP*((2*TRR+(PVP-PVV)/M1)/2-(OMG-I)/2)^1.25)+1000*FRL;
2850 IF ART=0 .AND. REG<0 THEN PRINT USING #Z:"FORL=-###",INT(1000*(FRL+FRL1));
2860 PRINT USING #Z:" W"
2870 PRINT USING #Z:"TOMGANGSFÖRBRUKN=-###";(TG+TOG)*1000;
2880 PRINT USING #Z:" W"
2890 IF ART=1 THEN PRINT USING #Z:"RELATIV GANGTID -#.##",TD/8760
2900 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:"RELATIV GANGTID -#.##",TD/D3
2910 IF DYS=1 .AND. REG<0 THEN PRINT USING #Z:" FÖRLUSTFAKTOR=-#.####",KVP
2920 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:" COP d=-#.##",COP;
2930 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:" COP s=-#.##",COP*(PVP-FRL)/PEP
2940 IF ART=0 THEN PRINT USING #Z:"COP d/COP s= -#.### ",COP/(PVP-FRL)*PEP
2950 IF ART=1 THEN 3040
2960 PRINT USING #Z:"TF BER=-###.##",TFR;
2970 PRINT USING #Z:" ERHALLEN FRAML TEMP=-###.##",TFV
2980 PRINT USING #Z:"TR BER=-###.##",TRR;
2990 PRINT USING #Z:" ERHALLEN RETUR TEMP=-###.##",TRV
3000 IF NS=1 .OR. DYS<>1 THEN 3030
3010 PRINT USING #Z:"MEDELVARDE AV FRAMLEDNINGSTEMPERATUREN UNDER DRIFT-###.##",TON/TID
3020 PRINT USING #Z:"MEDELVARDE AV RETURLEDNINGSTEMPERATUREN UNDER DRIFT-###.##",RON/TID
3030 IF DYS<>1 THEN PRINT USING #Z:"FRAMLEDNINGSTEMPERATUREN UNDER DRIFT-###.##",T11
3040 IF DYS=1 THEN PRINT #Z:"REGLERDIFFERENS I GRADER CELSIUS"iDIF
3050 PRINT #Z:"RADIATORSYSTEM:"iFTD1"/"iRTD
3060 PRINT #Z:"ÖNSKAD INNOMHUSTEMPERATUR ÅR +":iINNE;" C"
3070 IF NS=1 .AND. Z1<>1 THEN PRINT #Z:"RETUREN SANKS"iNS3;" C MELLAN KLOCKAN "iNS1;"-"iNS2
3080 IF NS=1 .AND. Z1<>1 THEN PRINT #Z:"INNOMHUSTEMPERATUREN VID AVSLUTAD KÖRNING"iT2
3090 IF NS=1 .AND. Z1<>1 THEN PRINT #Z:"UTETEMPERATURENS AMPLITUD "iAMP
3100 IF ART=0 THEN 3420
3110 PRINT #Z:"-----"
3120 PRINT #Z:"UTETEMP ACC QTIL ACC QVPAR ACC COP D-TID ACC D-TID TOT TID"
3130 PRINT #Z:
3140 FOR RP=1 TO R
3150 IF RP=1 THEN PRINT #Z:"<";
3160 IF RP=1 THEN PRINT USING #Z:"-###<",UT(RP);
3170 IF RP=1 THEN 3220
3180 IF RP=R THEN PRINT #Z:">";
3190 IF RP=R THEN PRINT USING #Z:"-###>",TGR;
3200 IF RP=R THEN 3220
3210 PRINT USING #Z:"-#####",UT(RP);
3220 PRINT USING #Z:"-#####",QT(RP);
3230 PRINT USING #Z:"-#####",QV(RP);
3240 PRINT USING #Z:"-#####.###",KOP(RP);
3250 PRINT USING #Z:"-#####",DT(RP);
3260 PRINT USING #Z:"-#####",DAC(RP);
3270 PRINT USING #Z:"-#####",TTOT(RP)
3280 NEXT RP
3290 PRINT #Z:
3300 PRINT #Z:"BALANSTEMPERATUR="iTBAL
3310 PRINT USING #Z:"COP inkl tillsats=-#.##",QVPO+QTIL)/(EOR1+QTIL)
3320 PRINT #Z:"COP inkluderar radiatorpump med "iTOG*1000;" W"
3325 PRINT #Z:""
3330 PRINT #Z:"exklusive radiatorpump erhålles:"
3335 PRINT #Z:""
3340 PRINT USING #Z:"COP=-#.##",QVPO/(EOR1+TOG*TTOT(R-1))
3350 PRINT USING #Z:"COP inkl tillsats=-#.##",QVPO+QTIL)/(EOR1+QTIL+TOG*TTOT(R-1))
3360 IF NS=1 THEN PRINT #Z:"lågsta innomhustemperatur vid nå:"iSakning";TMIN
3370 IF ART<>0 THEN 3420
3380 SLUT=0
3390 CLOSE #1:

```

```

3400 GOTO 3420
3410 PRINT "                KÖRNINGEN AVBRYTS"
3420 IF Z=1 THEN CLOSE #1:
3430 GOTO 7360
3440
3450
3460
3470 REM SUBROUTIN 1 itererar driftpunkt mha kapacitetsreglering
3480 IF F=0 THEN TST=TRR+DIF/2
3490 T1=TRR
3500 R50=R51=S=QVPH=PEH=Z1=R12=D5=K=K2=KONV=C=0
3510 GOSUB 5300'                FRAM- OCH RETURTEMP
3530 T2=TINNE
3540 VM=FVVM(T1;T1UT;T2)
3550 KA=H1*VM^.26
3560 KP=KA
3570 G=INT(T1/5)*5
3580 IF G<T1 THEN G=INT((T1/5)+1)*5
3590 PRINT "##### INKÖRNINGSGÄRLOPP #####"
3592 PRINT
3595 PRINT "FRAM &RETURTEMP VID START RESPEKTIVE STOPP"
3600 L1=INT(MC1/(PVP-QBE)*DIF*.1)
3610 L2=INT(MC1/QBE*DIF*.1)
3620 IF L1>180 THEN L1=180
3630 IF L2>180 THEN L2=180
3640 L=L1
3650 FOR K=L TO 20000 STEP L
3655 MC1=MC
3660 S=S+H1*ABS(FVVM(T1;T1UT;TINNE))^.126*L
3670 K2=K
3680 IF QVP=0 .AND. R12<1 THEN R51=R5'        OFF-TID
3690 IF QVP<>0 .AND. R12<2 THEN R50=R5'      ON-TID
3700 IF T1UT>TRR .AND. R12=1 THEN 3810
3710 GOSUB 4730 '        BERÄKNAR TEMPERATURÄNDRINGEN HOS T1 &T2
3730 IF ABS(QVPG-QVP)<2 THEN 3760
3740 IF C=0 THEN L=L1:GOTO 3760
3750 L=L2
3760 IF R12<=1 THEN 3780
3770 IF (T1UT+DT1)>TRR THEN L=INT(L/2+.5):GOTO 3790
3780 IF (T1UT+DT1)>TST .OR. (T1UT+DT1)<(TST-DIF) THEN L=INT(L/2+.5)
3790 QVPG=QVP
3800 NEXT K
3810 QIG=QI
3820 QI=S/K2
3830 F=F+1
3840 OK=QI-QBE
3850 IF ABS(OK)<.004 THEN 4000
3860 IF F>1 THEN 3900
3870 TSG=TST
3880 TST=TST+DIF/15'                RETURTEMPERATUR VID STOPP
3890 GOTO 3500
3900 DE=(TST-TSG)/(QI-QIG)
3910 PRINT "K2=";K2
3920 PRINT "ERHALLEN VÄRMEEFFEKT:";QI;" kW";"Qbe=";QBE;" kW"
3930 TSG=TST
3940 TST=(QBE-QI)*DE+TST
3950 IF TST=TSG .OR. QI=QIG THEN TST=TST-.6
3960 IF TST>TRR+DIF .OR. TST<TRR THEN TST=TRR+DIF/2
3970 IF F>=10 .OR. TS<TR1 THEN INPUT "GER UPP (1); GODKÄNNER (2); FORTSÄTTER (3)";KONV
3980 IF KONV=1 THEN GOTO 3410
3990 IF KONV<2 THEN R12=0:GOTO 3490
4000 PRINT "##### INKÖRNING KLAR #####"
4010 KONV=2
4030 F=TRV=TFV=R12=S=0
4040 PRINT "TEMPERATUR VID STOPP";TST;"T inne=";T2
4050 NS7=T1UT
4060 Z1=Z2
4070 IF Z1=1 THEN D7=1
4080 S=0
4090 IF ART=1 THEN 4140
4100 PRINT #Z:"m*cp1=";MC1;"m*cp2=";MC2;
4110 PRINT USING #Z:"                k*A rad=-##.##";KP
4120 PRINT USING #Z:"QVP=-##.##";PVP;
4130 PRINT USING #Z:"                totalt effektbehov=-##.##";QBE+PVV
4140 IF Z1<>1 THEN 4240
4150 PRINT #Z:
4160 PRINT #Z:"RUMS- ,FRAM- OCH RETURLEDNINGSTEMPERATURER VARANNAN MINUT"
4170 PRINT #Z:
4180 IF NS=1 THEN 4210
4190 PRINT #Z:"19.5 ";;"20 ";;"20.5";;TAB(16);;"QVP";;TAB(20);;"TID";;TAB(38);;G-10;TAB(53);;G;TAB(68);;G+10
4200 GOTO 4230
4210 PRINT #Z:"TINNE-31" ";;" ";;"TINNE-1";;TAB(16);;"QVP";;TAB(20);;"TID";;TAB(38);;G-10;TAB(53);;G;
4220 PRINT #Z:TAB(68);;G+10
4230 PRINT #Z:"....."
4240 K2=0

```

```

4250 T1UT=TRR
4255 IF Z1=1 THEN L=15:GOTO 4270
4260 L=L1
4270 FOR K=L TO 86400 STEP L
4275 MC1=MC
4280 IF K=L THEN S=0
4290 IF K=L THEN PEH=0
4300 IF NS=1 THEN S=S+H1*FNVM(T1,T1UT,T2)^1.26*L:GOTO 4320
4310 S=S+H1*FNVM(T1,T1UT,TINNE)^1.26*L
4320 QBE=KAH*(T2-J-TX)          belastningseffekt på huset
4330 IF C=0 THEN PEH=PEH+PE*L
4340 IF NS<>1 THEN 4390
4350 GOSUB 7220'                reglering vid nattsänkning
4360 IF TVA<>0 THEN 4390
4370 GOSUB 7060'                beräkningar map reglerkurvas utseende
4380 GOSUB 4730:GOTO 4580'     beräkning av temperaturändring
4390 IF C<>0 THEN D5=C
4400 IF C=0 .AND. R1=0 THEN D6=D6+D5
4410 K2=K
4420 IF NS=1 THEN 4450
4430 GOSUB 7060'                beräkningar map på reglerkurvas utseende
4440 IF T1UT>TRR .AND. R12=1 THEN GOTO 4630
4450 IF C=0 THEN R1=1:GOTO 4470
4460 R1=0
4470 GOSUB 4730'                beräkning av temperaturändring
4480 IF NS=1 .AND. T1UT>(TST+.1) .OR. T1UT<(TST-DIF-.1) GOTO 4580
4490 IF ABS(QVPG-QVP)<2 THEN 4520
4500 IF C=0 THEN L=L1:GOTO 4520
4510 L=L2
4520 IF NS=1 .AND. K<86000 THEN 4550
4530 IF R12<=1 THEN 4550
4540 IF (T1UT+DT1)>TRR THEN L=INT(L/2+.5):GOTO 4560
4550 IF (T1UT+DT1)>TST .OR. (T1UT+DT1)<(TST-DIF) THEN L=INT(L/2+.5)
4560 QVPG=QVP
4580 IF Z1=1 THEN L=15
4590 IF ABS(INT(K/7200)-K/7200)<L/3600 THEN PRINT INT(K/3600);" TIMMAR"
4600 NEXT K
4610 TVA=TVA+1
4620 IF TVA=1 .AND. NS=1 THEN 4270
4630 D5=D6
4640 D6=0
4650 QVPH=S/K2
4660 PEH=PEH/K2
4670 TRV=TRV/K2
4680 TFV=TFV/K2
4690 RETURN
4700
4710
4720
4730 REM SUBROUTIN 2, beräknar temperaturändringen hos de termiska massorna
4740 TS=TST
4750 IF KONV<>2 THEN TH=TINNE:GOTO 4770
4760 TH=T2
4770 JAM=(T11+T1UT)/2
4780 IF VVB=1 THEN JAM=50
4790 IF REG<>0 THEN FRL1=KVP*(JAM-(OMG-I)/2)^1.25:GOTO 4800
4795 FRL1=FN FORL1(V0,OMG,I)
4800 IF C<>0 THEN T11=T1UT-FRL1/M1:GOTO 4840
4808 GOSUB 6110
4810 T11=T1UT+(QVP-PVV)/M1
4840 IF T11>TH THEN PRINT "för hög framledningstemperatur":T11;T2:QVP=0
4850 DT1=((T11-T1UT)*M1-H1*FNVM(T1,T1UT,TH)^1.26)*L/MC1
4860 T1=T1+DT1
4870 DT2=(H1*FNVM(T1,T1UT,TH)^1.26-QBE)*L/MC2
4880 T2=TH+DT2
4890 T2UT=H1*FNVM(T1,T1UT,T2)^1.26/M2+T2
4900 T1UT=T1-M2*(T2UT-T2)/M1
4910 IF T1UT-T2<.002 THEN T1UT=T2+.02:T1=T2+.003
4920 IF KONV<>2 THEN 4940
4930 IF RUSTS="JA" .AND. T2>BRT THEN QVP=0
4940 IF QVP=0 THEN GOSUB 5490
4950 IF K>(24-NS1+NS2)*3600 .AND. T2<DRT THEN 4970
4960 IF T1UT>TS THEN GOSUB 5490
4970 IF IF QVP<>0 .AND. C<>0 THEN GOSUB 5490
4980 E=K/120
4990 IF NS=1 THEN 5040
5000 IF K2>9800 .AND. QVP=0 THEN Z1=0
5040 IF R4=1 .AND. QVP=0 THEN R4=R5=0
5060 IF R4=0 .AND. QVP<>0 THEN R4=1;R5=0
5080 IF R5=0 THEN L=OML:MC1=50000:PRINT T1,T1UT
5085 R5=R5+L/60
5090 IF Z1<>1 THEN 5230
5100 IF NS=1 .AND. TVA=0 THEN 5230
5110 IF NS=1 THEN 5140
5120 IF INT(E)-E=0 THEN PRINT #Z:TAB(5+(T2-20)*10);" " ;TAB(16);R4;INT(R5);
5130 GOTO 5150
5140 IF INT(E)-E=0 THEN PRINT #Z:TAB(10+(T2-TINNE+1)*5);" " ;TAB(16);R4;INT(R5);
5150 IF INT(E)-E=0 THEN PRINT #Z:TAB(39+(T1UT-G+10)*1.5);" " ;

```



```

5160 IF QVP=0 THEN 5200
5170 IF INT(E)-E=0 THEN PRINT #Z:TAB(69+(T1-G-10)*1.5);"+";
5180 IF INT(E)-E=0 .AND. QVP<>0 THEN PRINT #Z:TAB(69+(T11-G-10)*1.5);"*"
5190 GOTO 5210
5200 IF INT(E)-E=0 THEN PRINT #Z:TAB(69+(T1-G-10)*1.5);"+";
5210 IF INT(E)-E=0 THEN K1=K1+1
5220 IF INT(K1/24)*24-K1=0 .AND. INT(E)-E=0 THEN GOSUB 5250
5230
5240 RETURN
5250 PRINT #Z:";
5260 RETURN
5270
5280
5290
5300 REM SUBROUTIN 3 beräkning av börvärden för fram och reurtemperaturer
5310 A=(TINNE-DIF2-TX)/(TINNE-DIF2-DUT)
5320 H=1.26
5330 B1=LOG((FTD-TINNE)/(RTD-TINNE))
5340 C2=FTD-RTD
5350 D4=A^(1-1/N)*B1
5360 T11=(EXP(D4)*(A*C2+TINNE)-(TINNE))/(EXP(D4)-1)
5370 T1UT=T11-A*C2
5380 IF H=1 THEN GOTO 5450
5390 IF ART=1 THEN 5420
5400 PRINT USING #Z:"          UTETEMPERATUR:-##.##",T1;
5410 PRINT #Z:" C"
5420 H=1
5430 TFR=T11
5440 TRR=T1UT
5450 RETURN
5460
5470
5480
5490 REM SUBROUTIN 4   räknar stopptiden
5500 QVP=0
5510 C=C+L
5520 IF T1UT<=TS-DIF THEN GOSUB 6110
5530 IF K(24-NS1+NS2)*3600 .AND. T2<DRT THEN GOSUB 6110
5540 IF QVP<>0 THEN C=0
5550 IF QVP<>0 THEN R12=R12+1
5560 RETURN
5570
5580
5590
5600 REM SUBROUTIN 5   olika värmekällor
5610 IF VK=2 THEN GOTO 5660
5620 IF VK=3 THEN GOTO 5690
5630 I=TX-(QVP-PE)/X
5650 GOTO 5740
5660 I=5
5670 MI=-30
5680 GOTO 5740
5690 I=-3.8+.07*TX
5700 IF TUTE>=-11.9 THEN I=-1.3+.15*TX
5710 IF TUTE>4.9 THEN I=-7.1+1.3*TX
5720 IF TUTE>11.9 THEN I=11
5730 MI=-30
5740 RETURN
5750
5760
5770
5780 REM SUBROUTIN 6   beskrivning av VP
5790 IF REG =1 THEN 5980
5800 IF REG=2 THEN 5950
5810 C12(35)=12.97
5820 D12(35)=.416
5830 C12(45)=12.24
5840 D12(45)=.4068
5850 C12(55)=11.6
5860 D12(55)=.385
5870 E12(35)=4.0656
5880 F12(35)=.06639
5890 E12(45)=4.3607
5900 F12(45)=.06412
5910 E12(55)=4.65
5920 F12(55)=.068
5930 LIN=1
5940 GOTO 6070
5950 INPUT "GE DE 6 KONSTANTERNA TILL QVP=F(T2) T1=KONST",C12(35),D12(35),C12(45),D12(45),C12(55),
D12(55)
5960 INPUT "GE DE 6 KONSTANTERNA TILL EVP=F(T2) T1=KONST",E12(35),F12(35),E12(45),F12(45),E12(55),
F12(55)
5970 GOTO 6060
5980 GOSUB 6530
5990 PRINT "KORRELATIONSKOEFICIENTER"
6000
6010 PRINT "VÄRMEEFFEKT","","DRIVEFFEKT"
6020 PRINT "KOR1(35)=",KOR1(0),"KOR2(35)=",KOR2(0)

```

```

6030 PRINT "KOR1(45)=";KOR1(1);"KOR2(45)=";KOR2(1)
6040 PRINT "KOR1(55)=";KOR1(2);"KOR2(55)=";KOR2(2)
6050 PRINT "VID STOP; SKRIV CONT "
6060 STOP
6070 RETURN
6080
6090
6100
6110 REM SUBRUTIN 7  effektkaraktäristik
6130 GOSUB 5600
6140 T25=T2
6150 T15=T11
6160 IF VVB<>1 THEN 6190
6170 T11=T11+(TM-DIF/1.8-TFR)
6180 IF (TM-DIF/1.8-TFR)<0 THEN T11=T15
6190 LOP=0
6200 FOR T1K=35 TO 55
6210 IF LOP=1 THEN 6250
6220 IF LIN<>1 THEN QK(T1K)=FNEFF1(I,T1K):GOTO 6270
6230 QK(T1K)=FNEFF1(I,T1K)
6240 GOTO 6270
6250 IF LIN<>1 THEN QK(T1K)=FNEFF2(I,T1K):GOTO 6270
6260 QK(T1K)=FNEFF2(I,T1K)
6270 NEXT T1K
6280 LOP=LOP+1
6290 GOSUB 6920'      interpolation
6300 IF LOP=1 THEN QVP=QD:GOTO 6200
6310 PE=QD
6320 T11=T15
6330 IF VK>1.5 THEN 6380
6340 IF TUTE<=3 THEN QVP=QVP*.95'      avfrostning
6350 IF TUTE<=3 THEN PE=PE*.95
6360 IF REG=0 THEN PE=PE+.2'      förångarfläkt
6380 RETURN
6390
6400
6410
6420 REM SUBRUTIN 8  varaktighetskurvan enl SP
6430 DE=(FNTUT(D2+5,T)-FNTUT(D2,T))/5
6440 D1=(TUTE-FNTUT(D2,T))/DE+D2
6450 D2=D1
6460 IF ABS(FNTUT(D1,T)-TUTE)>=.005 THEN 6430
6470 D=ABS(D1-D3)
6480 D3=ABS(D1)
6490 RETURN
6500
6510
6520
6530 REM SUBRUTIN 9  ber av konstanter till effektfunktionerna
6540 K7=0
6550 FOR K=35 TO 55 STEP 10
6560 A3=A4=A5=A6=C10=C11=SA2=0
6570 PRINT "För T1=";K;" GE 5 st TALPAR TYP:";
6580 FOR K6=1 TO 5
6590 IF D12(55)<>0 THEN 6630
6600 INPUT "TEMPERATUR VÄRMEKÄLLA; Q1 EFFEKT FRÅN VP";A1,A2
6610 IF LIN<>1 THEN A1=LOG(A1+273);A2=LOG(A2)
6620 GOTO 6650
6630 INPUT "TEMPERATUR VÄRMEKÄLLA; E VÄRMEPUMPENS DRIVEFFEKT";A1,A2
6640 IF LIN<>1 THEN A1=LOG(A1+273);A2=LOG(A2)
6650 KONST=5
6660 GOSUB 6800'      minsta kvadrat
6670 NEXT K6
6680 IF D12(55)<>0 THEN KOR2(K7)=FNKOR(A3,A4,A5,A6,SA2):GOTO 6730
6690 KOR1(K7)=FNKOR(A3,A4,A5,A6,SA2)
6700 C12(K)=C10
6710 D12(K)=C11
6720 GOTO 6750
6730 E12(K)=C10
6740 F12(K)=C11
6750 NEXT K
6760 RETURN
6770
6790
6795
6800 REM SUBRUTIN 10  minsta kvadrat
6810 A3=A3+A1*A2
6820 A4=A4+A1^2
6830 A5=A5+A1
6840 A6=A6+A2
6850 SA2=SA2+A2^2
6860 C11=(A3/A4-A5*A6/(KONST*A4))/(1-A5^2/(KONST*A4))
6870 C10=(A6-A5*C11)/KONST
6880 RETURN
6890
6900
6910

```

```
6920 REM SUBROUTIN 11 interpolation
6930 DELTA1=QK(45)-QK(35)
6940 DELTA2=QK(55)-QK(45)
6950 DELTA3=DELTA2-DELTA1
6960 T10=45
6970 DELTA=DELTA2
6980 IF T11<45 THEN T10=35
6990 IF T11<45 THEN DELTA=DELTA1
7000 P=(T11-T10)/10
7010 Q0=QK(T10)+P*DELTA+P*(P-1)*DELTA3/2
7020 RETURN
7030
7040
7050
7060 REM SUBROUTIN 12 studie av reglerkurva kontra erhållna fram- och returtemperaturer
7070 IF QVP=0 .AND. R12=1 THEN 7130
7080 IF R12<>1 THEN 7170
7090 TON=TON+T11
7100 RON=RON+T1UT
7110 TID=TID+1
7120 GOTO 7170
7130 IF SLUT<>1 THEN TON=TON/TID
7140 IF SLUT<>1 THEN RON=RON/TID
7150 SLUT=1
7160 IF K=L THEN TFV=TRV=0
7170 TFV=TFV+T1*L
7180 TRV=TRV+T1UT*L
7190 RETURN
7200
7210
7215
7220 REM SUBROUTIN 13 reglering vid nattsänkning
7230 TX=(TUTE-1)+COS((K+(NS1-14)*3600)*3.1416/43200)*AMP/2
7240 QBE=KAH*(T2-DIF2-TX)'          belastningseffekt på huset
7250 TINNEB=TINNE
7260 IF K<=(24-NS1+NS2)*3600 THEN TINNE=TINNE-NS3
7270 NS4=(TINNE-3-TX)/(TINNE-3-DUT)
7280 NS5=NS4^(1-1/N)*B1
7290 NS6=(EXP(NS5)*(NS4*C2+TINNE)-TINNE)/(EXP(NS5)-1)-NS4*C2
7300 NS8=NS7-NS6
7310 NS7=NS6
7320 TST=TST-(1.5*NS8)
7330 TINNE=TINNEB
7340 IF ABS(K-(NS2-NS1+24))*3600<L THEN PRINT "LÄGSTA INNOMHUSTEMPERATUR=";T2:TMIN=T2
7350 RETURN
7360 END
```



```

#####
YTJORDVÄRMEPUMP                VÄRMEBEHOV    26000          VARAV FÖR
VÄRMVATTEN    0 KWH            BRÖMMA1        DUT=-19
#####

```

```

#####
KONSTANTER I QVF=F(TF,TBRIN) APROXIMATION MED RATA LINJER
12.97 0.416 12.24 0.4068 11.6 0.385
#####

```

```

KONSTANTER I EVP=F(TF,TBRI)
4.0656 0.06639 4.3607 0.06412 4.65 0.068
#####

```

```

-----
MEDELFÖRL=165 W
TOMGANGSFÖRBRUKN= 135 W
RELATIV GANGTID 0.25
RADIATORSYSTEM: 55 / 45
ÖNSKAD INNOMHUSTEMPERATUR XR + 20 C
-----

```

UTETEMP	ACC QTL	ACC QVFAR	ACC COP	D-TID	ACC D-TID	TOT TID
< -19	107	0	0.000	0	0	10
-17	218	0	0.000	0	0	21
-15	218	304	2.298	31	31	53
-13	218	717	2.309	32	63	85
-11	218	1269	2.357	62	124	166
-9	218	2102	2.386	77	201	273
-7	218	3240	2.412	104	305	431
-5	218	4718	2.435	133	438	654
-3	218	6643	2.458	170	609	972
-1	218	8488	2.474	161	769	1309
1	218	12977	2.502	384	1167	2225
3	218	17568	2.520	386	1540	3287
5	218	20269	2.522	232	1772	4006
7	218	22121	2.528	146	1918	4592
9	218	23591	2.534	107	2025	5159
11	218	24784	2.537	80	2105	5750
13	218	25782	2.536	59	2163	6443
> 13	218	25782	2.536	0	2163	6760

```

BALANSTEMPERATUR= 0
COP inkl tillsats= 2.504
COP inkluderar radiatorpump med 130 W

```

exklusive radiatorpump erhålles:

```

COP= 2.764
COP inkl tillsats= 2.724

```

Årsvärmefaktor $\dot{Q}_f \neq 0$
 Värmvattenberedare ingår ej.

```

*****
YTJORDVÄRMEPUMP          VÄRMEBEHOV    26000          VARAV FÖR
VÄRMVATTEN    0 KWH          BRÖMMA1          DUT=-19
*****

```

```

#####
KONSTANTER I QVP=F(TF,TBRIN) APROXIMATION MED RATA LINJER
12.97  0.416  12.24  0.4068  11.6  0.385

```

```

KONSTANTER I EVP=F(TF,TBRI)
4.0656  0.06639  4.3607  0.06412  4.65  0.068
#####

```

```

MEDELFÖRL= 0 W
TOMGANGSFÖRBRUKN= 135 W
RELATIV GANGTID 0.25
RADIATORSYSTEM: 55 / 45
ÖNSKAD INNOMRUMSTEMPERATUR AR + 20 C

```

UTTEMP	ACC QVIL	ACC QVPAR	ACC COP	D-TID	ACC D-TID	TOT TID
< -19	107	0	0.000	0	0	10
-17	218	0	0.000	0	0	21
-15	218	304	2.300	31	31	53
-13	218	617	2.314	32	63	88
-11	218	1269	2.366	62	124	166
-9	218	2102	2.400	77	201	273
-7	218	3240	2.430	104	305	431
-5	218	4718	2.458	133	438	654
-3	218	6643	2.485	170	609	972
-1	218	8488	2.505	161	769	1309
1	218	12977	2.541	384	1153	2225
3	218	17568	2.564	386	1540	3287
5	218	20269	2.570	232	1772	4008
7	218	22121	2.579	146	1918	4592
9	218	23591	2.587	107	2025	5159
11	218	24784	2.593	80	2105	5750
13	218	25782	2.594	59	2163	6443
> 13	218	25782	2.594	0	2163	8760

```

BALANSTEMPERATUR= 0
COP inkl tillsats= 2.560
COP inkluderar radiatorpump med 130 W

```

exklusive radiatorpump erhålles:

```

COP= 2.833
COP inkl tillsats= 2.790

```

Arsfärmefaktor. $\dot{Q}_f = 0$
 Värmvattenberedare ingår ej.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820919-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för
Mekanisk värmeteori och kylteknik, KTH, Stockholm.**

R110: 1985

ISBN 91-540-4441-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705110

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms