



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

R3:1988

Värmepump och oljepanna i bivalent drift

Fältnätningar på typfall

Gunnar Sönsteröd

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Ser*

K/0

Byggeforskningsrådet

R3:1988

VÄRMEPUMP OCH OLJEPANNA I BIVALENT DRIFT

Fältmätningar på typfall

Gunnar Sönsteröd

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851128-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
provningsanstalt, Borås.

REFERAT

Avsikten med detta arbete har varit att studera samverkan mellan luft/vattenvärmepump och befintlig oljepanna i bivalent drift. Denna studie har skett genom intensivmätningar på en uppvärmningsanläggning i Hudene och en i Ängelholm.

Resultaten har också jämförts med dynamisk datorsimulering. De presenteras sammanställda i tabeller och diagram.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R3:1988

ISBN 91-540-4846-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Svenskt Tryck Stockholm 1988

INNEHÅLL

	Sid
1	SAMMANFATTNING.....3
2	BAKGRUND OCH MÅLSÄTTNING.....5
3	TECKENFÖRKLARINGAR OCH DEFINITIONER.....6
4	UPPVÄRMNINGSANLÄGGNINGEN I HUDENE.....8
4.1	Resultat från intensivmätningar i Hudene.....9
4.2	Tabeller och diagram till resultat från Hudene.....11
5	UPPVÄRMNINGSANLÄGGNINGEN I ÄNGELHOLM.....14
5.1	Resultat från intensivmätningar i Ängelholm.....15
5.2	Tabeller och diagram till resultat från Ängelholm....21
6	DISKUSSION AV RESULTAT FRÅN TEORETISKA BERÄKNINGAR...25 OCH MÄTPERIOD ÄNG7
7	LITTERATURFÖRTECKNING.....29

Detta arbete redovisar resultat från intensivmätningar på en uppvärmningsanläggning i Hudene under februari 1987 och en uppvärmningsanläggning i Ängelholm under mars 1987. Avsikten har varit att studera samverkan mellan värmepump och befintlig oljepanna i bivalent drift.

Anläggningarna ingår i ytterligare en mätserie i projektet "Drift-erfarenheter av 15 värmepumpanläggningar i småhus", ref [1]. De studerade luft/vatten värmepumparna är av samma fabrikat och typ kopplade i separat krets till ackumulatortank med inbyggd varmvattenberedare. Även reglersystemen är av samma fabrikat och typ och reglerar uppvärmningsenergin med två ventiler i sekvens. Först då den ena ventilen är helt öppen kan den andra ventilen öppna och avge så mycket spetsvärme från den oljepanna, som behövs för att klara värmebehovet i huset.

Resultaten avslöjar bristfälligheter speciellt vad gäller injustering av styr- och reglerutrustning. I Hudene var regulatorn felaktigt inställd vilket t ex medfört att värmepumpen vid vissa tillfällen begränsats av för hög returtemperatur när oljepannan startat. Detta har föranlett husägaren att sänka avstängningspunkten för oljepannans temperatur till ca 55 °C. Med dagens energipriser fås besparingen ca 400 kr för perioden 22/1-7/2 1987. Om reglersystemet justeras kan rumstemperaturen 22,7 °C sänkas till 20 °C och medför en minskning av tillsatsvärmebehovet motsvarande minst ca 120:- för samma period.

I Ängelholm var värmepumpens returtermostat så lågt ställd att den teoretiskt möjliga relativa gångtiden 0,92 inte utnyttjats utan i praktiken endast uppgick till 0,80. Med dagens energipriser fås teoretiskt besparingen ca 520 kr och om möjlig drifttid utnyttjats hade besparingen varit ca 600 kr för samma jämförda period 6/2-5/3 1987. Om returtermostatens stopp höjs från 45 °C till 50 °C förbättras också tappvarmvattenkomforten i motsvarande grad när endast värmepumpen är i drift. Bivalentstemperaturen för anläggningen i Ängelholm är omkring 5 °C. Detta tyder på att värmepumpen vid upphandlingen kunde valts något större. Av ekonomiska skäl bör bivalentstemperaturen ligga omkring -2 °C. Jämförande mätningar för mätperioder med och utan nattsänkning indikerar ökning snarare än minskning av energiförbrukning med nattsänkning. Då en motsvarande period datorsimulerades erhöles en energivinst när temperatursänkning tillämpas. Orsakerna till denna motsättning i resultat diskuteras i avsnitt 5.1 och 6.

För att inte oljepannans livslängd ska reduceras drastiskt p g a kondenskorrosion bör yttemperaturen överallt i pannans eldstad och konvektionsdelar vara ca 10 °C högre än rökgasens vattendaggpunkt, som är ca 50 °C då oljepannan är inställd för normal drift med E01. I skorstenen kan vattenkondens orsaka uppluckring av eller frostsprängning av mursten vid minusgrader. Oljepannans temperatur i Hudene var i genomsnitt ca 50 °C. Om reglersystemet utnyttjas rätt kan pannans stopp/start ställas in på rekommenderade värdena 80 °C/70 °C utan risk för att värmepumpen inte utnyttjas helt. För oljepannan i Ängelholm var stopp/start inställd

72 °C/62 °C. Vid drifttillstånd under bivalenstemperaturen översteg pannmantelns yttemperatur mot rökgassidan överallt 50 °C med god marginal. Vid en utetemperatur lika med bivalenstemperaturen blockerar styrutrustningen start av oljepannan. För att oljepannan ska vara varm när värmesystemet behöver spetsvärme och för att minska antalet kallstarter måste styrutrustningen kompletteras med ett temperaturstyrt relä så att pannan istället blockeras vid en utomhustemperatur ett par grader högre än bivalenstemperaturen. Före varje pannstart underskreds kondenspunkten i skorstenen för båda anläggningarna. Däremot noterades ingen kondens i skorstensbotten eller risk för frostsprängning i skorstenens topp. Inte heller noterades någon tendens till uppluckring av mursten i skorstenen.

Pannmantelns yttemperaturer mot rökgassidan har uppskattats genom indirekta mätningar vid olika drifttillstånd. För framtida projekt föreslås att systematiska mätningar genomförs på preparerade oljepannor och skorstenar i laboratoriemiljö vid simulerade drifttillstånd (temperaturnivå, returtemperatur och intermittensgrad) erhållna från fältprovningar. Resultat från dessa mätningar kan fastslå säkra minimikrav för hur oljepannor i bivalent drift måste drivas för att deras livslängd inte ska förkortas i onödan.

De redovisade resultaten påvisar brister, som är betydande ur energi- och beständighetssynpunkt, men ändå enkla att åtgärda. Förutsättningen att finna bristerna tycks vara att det ges tillfälle för intensivmätning av i aktuella fall fram- och returledningstemperatur till samt flöde genom värmepump vid utomhustemperaturer kring bivalens- och avstängningstemperaturerna. Det vore önskvärt om dessa mätuttag (två dykrör för PT-100 givare samt passbit med två avstängningsventiler för t ex induktiv flödesmätare) medföljde leverans av värmepump.

Vid installation av värmepumpar i befintliga värmesystem är dockning till oljepanna det vanligaste inkopplingsättet. I de flesta fall arbetar sådana anläggningar med bivalent parallell drift. Många förslag till systemlösningar och driftstrategier förekommer. Detta beror på de många och ibland motstridiga problemställningar som projektören ställs inför. Dels ska anläggningen vara energioptimal, dels ska systemet ha hög tillgänglighet och driften vara skonsam mot både värmepump, panna och skorsten. Önskemål har därför framförts från tillverkare (SVEP) om en utvärdering av olika inkopplingsätt.

Några typfall för dockning av värmepumpar till oljepannor har sammanställts i projektet "Reglerstrategins inverkan på värmepumpdrift i bivalenta system", ref [2], och har utvärderats genom dynamisk simulering. I rapporten rekommenderas två systemlösningar. Avsikten i föreliggande arbete har varit att genom intensivmätningar studera temperaturförloppen hos system, panna och skorsten i samband med oljepanne- och värmepumpstarter. Två typfall, som liknar de i ref [2] rekommenderade systemlösningarna, bedöms energi- och driftsäkerhetsmässigt.

3 TECKENFÖRKLARINGAR OCH DEFINITIONER

Komponentförteckning till systemen i Hudene och Ängelholm.

VP	= Värmepump
OP	= Oljepanna
ACK	= Ackumulatortank
VVB	= Varmvattenberedare
RAD	= Radiatorsystem
P	= Cirkulationspump
V	= Reglerventil
BLV	= Blandningsventil
RC	= Reglercentral
VV	= Varmvatten
KV	= Kallvatten

Följande storheter redovisas i avsnitt 4.2, 5.2 och 6.

Avgiven värmeenergi till anläggning.

Qvp	= Avgiven kondensorvärme till värmebärare
Qtop	= Avgiven pannvärme till värmebärare
Qtvv	= Förbrukad tappvarmvattenvärme
Qva	= Totalt avgiven värmeenergi från värmeanläggningen

Tillförd energi till system.

Wevpa	= Total drivenergi för värmepumpanläggningen
Wolja	= Tillförd oljeenergi till oljepanna
Wva	= Total drivenergi för värmeanläggningen
Weh	= Hushållsenergi (plus uppvärmning av uthus i Ängelholm)
Wtvv	= Tillförd tappvarmvattenvärme

Beräknade storheter.

Värmepumpens värmefaktor, ϕ_{vp} , är förhållandet mellan avgiven energi från kondensorn till systemet, Q_{vp} , och till värmepump-anläggningen tillförd total drivenergi, We_{vp} .

$$\phi_{vp} = \frac{Q_{vp}}{We_{vp}}$$

Systemfaktorn, ϕ_{va} , är förhållandet mellan från värmeanläggningen totalt avgiven värmeenergi till värmebärare, Q_{va} , och samtliga för processens genomförande till värmeanläggningen tillförda energier, W_{va} .

$$\phi_{va} = \frac{Q_{va}}{W_{va}}$$

Medeltemperaturer i systemet.

trum	= Rumstemperatur
tfram	= Framledningstemperatur till radiatorsystem
tret	= Returledningstemperatur från radiatorsystem
tfvp	= Framledningstemperatur från värmepump
trvp	= Returledningstemperatur till värmepump
trvpmax	= Högst uppmätta returledningstemperatur till värmepump
tfp	= Framledningstemperatur från oljepanna
trp	= Returledningstemperatur till oljepanna
trpmin	= Minsta uppmätta returledningstemperatur till oljepanna
tfa	= Framledningstemperatur från ackumulatortank
tp	= Oljepannans temperatur
tpm	= Oljepannans manteltemperatur mot isolering
tpmin	= Minsta uppmätta pannmanteltemperatur
tpmax	= Högsta uppmätta pannmanteltemperatur
trök	= Rökgasttemperatur
trökmin	= Minsta uppmätta rökgasttemperatur
trökmax	= Högsta uppmätta rökgasttemperatur
tst	= Skorstenstemperatur (topp)
tstmin	= Minsta uppmätta skorstenstemperatur (topp)
tstmax	= Högsta uppmätta skorstenstemperatur (topp)
tsb	= Skorstenstemperatur (botten)
tsbmin	= Minsta uppmätta skorstenstemperatur (botten)
tsbmax	= Högsta uppmätta skorstenstemperatur (botten)
tute	= Utomhustemperatur
tutemin	= Minsta uppmätta utomhustemperatur för perioden

Index på tpm anger yttemperaturer på pannmantelns olika delar.

Övriga driftdata.

qvp	= Volymflöde genom värmepump
nl	= Antal kompressorstarter
tg	= Kompressorns gångtid
tgm	= Kompressorns möjliga teoretiska gångtid är den gångtid för luft/vatten värmepumpens kompressor då utomhustemperaturen överstiger kompressorns avstängningstemperatur, i detta fall tute = -10 °C. I aktuella system begränsas kompressorns gångtid av hög returtemperatur.
tper	= Periodtid
α	= Värmepumpens relativa gångtid
α_m	= Värmepumpens möjliga relativa gångtid relaterad till tgm

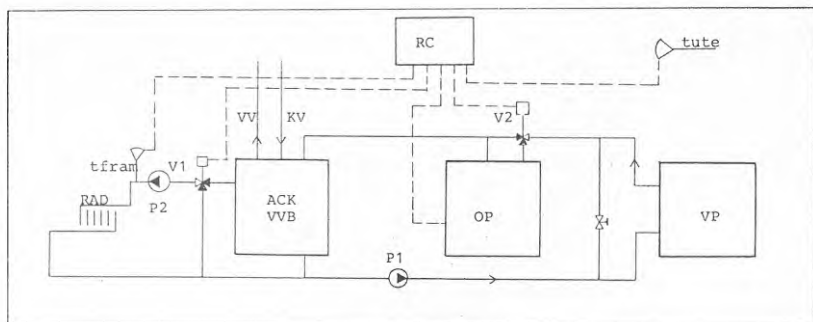
Definitioner.

Samplingstid är tiden mellan varje mätinsamling.

Systemets bivalenstemperatur är den utomhustemperatur då värmepumpen ensam klarar uppvärmningsbehovet.

4 UPPVÄRMINGSANLÄGGNINGEN I HUDENE

Systemkoppling med luft/vatten värmepump, oljepanna, ackumulator-tank med inbyggd tappvarmvattenberedare, reglerventiler och övriga komponenter framgår av figur 1.



Figur 1. Beskrivning av systemet i Hudene.

Reglersystemet är av analog typ och består av reglercentral, sekvensmodul, två ställmotorer, två reglerventiler, en utomhustemperaturgivare och en framledningstemperaturgivare. Framledningstemperaturen till radiatorsystemet regleras efter ett börvärde framräknat från vald styrkurva och är en funktion av utomhustemperatur och parametrar, som beror av radiatorsystemets dimensionering. Sekvensmodulen används för sekvensreglering av två blandningsventiler. Vid kallstart av anläggningen öppnar först värmepumpens reglerventil V1 tills inställd framledningstemperatur uppnås. Om inte värmepumpen täcker detta behov är V1 helt öppen och ett tidrelä räknar ned inställd tid. När denna tid gått ut startar oljepannan och styrs av dess drifttermostat. Reglerventil V2 öppnar och modulerar framledningstemperaturen så länge huset har ett värmebehov, som är högre än värmepumpens kapacitet.

Tidreläets uppgift är att förhindra onödig start av oljepannan. Tiden är inställbar med intervall om 0,5 tim till max tid 2,0 tim och min tid 0,5 tim. Normalvärdet är 1,0 tim. När framledningstemperaturen till radiatorsystemet understiger inställt börvärde öppnas reglerventilen stegvis 1,5° i intervall inställbart mellan 1-55 sek. Med normalvärdet 20 sek tar det 20 min från stängt läge till fullt öppen ventil 90°.

4.1 Resultat från intensivmätningar i Hudene

Intensivmätningarna visar att regulatorn, RC, varit felaktigt inställd men också att radiatorsystemet eventuellt behöver justeras. Husägaren har vid vissa tillfällen varit missnöjd med låg rumstemperatur och ökat börvärdeskurvas lutning. Regulatorns börvärde har av detta skäl aldrig uppnåtts utan reglerventilerna V1 och V2 har under mätperioden varit fullt öppnade. Enligt tabell b är $trvp_{max} = 49,1$ °C vilket är en temperaturspik orsakad av pannstart. Detta temperaturförlopp framgår av figur 5a.

För att få tillräcklig ekonomi måste värmepumpens gångtid vara så stor som möjligt. Om temperaturnivån i radiatorsystemet vid önskad inomhustemperatur är så hög att möjlig teoretisk gångtid, enligt definition avsnitt 3, inte kan utnyttjas måste injusteringen av värmesystemet ses över. I detta sammanhang bör följande synpunkter beaktas.

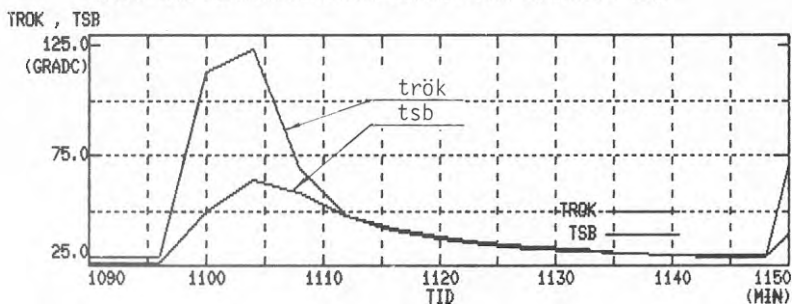
- Om radiatorernas individuella strypningar är felaktigt inställda fås inte maximal värmeavgivning från varje enskild radiator.
- Om radiatortermostaterna (RT) är felaktigt inställda motverkar RT reglercentralens funktion. I detta system är det säkrare att låta den centrala regulatorn dominera rumstemperaturregleringen och begränsa RT till rum med extra energitillförsel t ex hushållsel och till rum där låg rumstemperatur önskas.
- Om nödvändig temperaturnivå efter injustering av radiatorsystemet ändå är för hög vid utomhustemperaturer högre än -10 °C måste möjligheterna att på annat sätt öka värmeavgivningen hos befintligt radiatorsystem prövas. Enligt tabell b är under hela mätperioden högsta medelvärdet för $trvp = 45,5$ °C och indikerar att anläggningen bör kunna drivas optimalt om regulatorn, RC, ställs in rätt.

Rumstemperaturen nattsänks en grad sju timmar varje dygn. Enligt tillverkaren fås med denna typ av reglerutrustning den största energibesparingen om rumstemperaturens avvikelse från inställt börvärde minimeras och temperatursänkning endast tillämpas under längre tider (ex dagsänkning, veckoslut och semestrar). Reglersystemet måste i så fall kompletteras med rumstermostat, som förslagsvis placeras i vardagsrummet.

Enligt figur 5c är oljepannans termostat inställd på stopp/start 55 °C/ 47 °C. Enligt figur 2 och 3 samt tabell b är pannmantelns yttemperatur mot rökgassidan omkring 30 °C varje gång pannan startar. Detta innebär att rökgasens daggpunktstemperatur för vatten (ca 50 °C för oljepanna i normal drift med E01) passeras vid varje start. Enligt ref. [3] innebär detta förhållande stor risk för kondenskorrosion i pannans värmeöverförande delar mot rökgassidan. Denna korrosion kan reducera pannans livslängd speciellt då pannmanteln är svetsad med tunn plåt. Även skorstenens yttemperatur underskrider enligt figur 2 och tabell b stor del av pannans start/stopp-cykel 50 °C. Kondens i skorstenen kan orsaka uppluckring av murstenen och i värsta fall frostsprängning i skorstenstopp. Reglerutrustningen är konstruerad för att oljepannan ska kunna drivas vid rekommenderad drifttemperatur stopp/start = 80 °C/ 70 °C. Härav minskas risken för korrosion i panna och sprickbildning i skorsten betydligt.

HUDENE 5

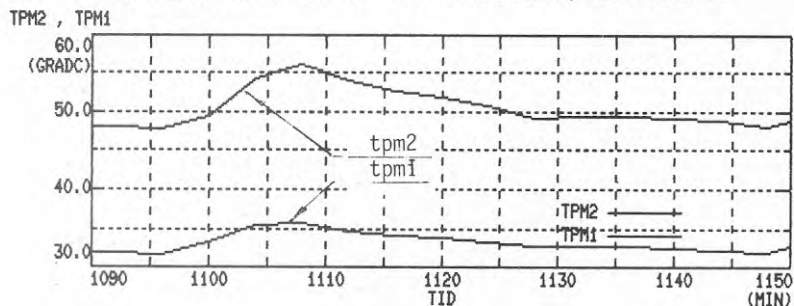
ROKGAS- OCH SKORSTENSTEMPERATUR (INLOPP) (SAMPLINGSTID: 4 MIN)



Figur 2 visar att tiden för att höja rökgas- och skorstenstemperaturen från minsta till högsta nivå är ca 10 min. tsb mättes med termoelement fastklämt mot skorstensvägg och täckt mot rökgassidan. trök mättes med strålningskyddat termoelement strax efter rökgasutloppet.

HUDENE 5

PANNMANTELTEMPERATUR (MÄTT MITT PÅ PANNANS BAKSIDA, TPM1 ÖVER TPM2)



Figur 3 visar minsta och högsta uppmätta pannmanteltemperatur. tpm1 och tpm2 mättes med termoelement fastklämda mitt på pannmantelns baksida ca 200 mm resp 400 mm från panntoppen.

Figur 2 och 3 är uppförstorade. Temperaturförloppet för trök visas i sin helhet i figur 4c.

För hela mätperioden är $t_{ute} = -3,6$ °C, $\phi_{vp} = 2,26$, $\phi_{va} = 1,15$ och $t_r = 22,7$ °C. Oljepannans totala verkningsgrad har uppskattats till 0,7. Med dagens energipriser d v s för olja 2500 kr/m³ och för el 0,30 kr/kWh fås besparingen ca 400 kr. Om reglerstyret justeras kan rummets medeltemperatur $t_r = 22,7$ °C sänkas till $t_r = 20,0$ °C. Detta ger en minskning av tillsatts-värmebehovet motsvarande minst ca 120 kr. Kalkylen gäller för mätperiodens längd enligt avsnitt 4.2.

4.2 Tabeller och diagram till resultat från Hudene

Intensivmätningarna påbörjades i Hudene 870122 kl 15.14 och avslutades 870207 kl 10.30. Figur 4 och 5 visar temperaturförlopp för perioden HUD5. Sammanräknade energier och medeltemperaturer för period HUD 1-7 visas i tabell a och b nedan.

Tabell a. Uppvärmnings- och drivenergi samt flöde genom VP.

	HUD1	HUD2	HUD3	HUD4	HUD5	HUD6	HUD7
Qvp, kWh	269,7	256,7	163,3	84,1	383,1	287,3	361,6
Qtop, kWh	153,4	106,7	228,0	365,1	260,8	102,9	169,3
Qtvv, kWh	15,9	17,4	19,2	18,5	31,6	16,8	23,4
Qva, kWh	423,1	363,4	391,3	449,2	643,9	390,2	530,9
Wvp, kWh	128,5	108,5	82,0	40,7	172,5	121,2	147,0
Wolja, kWh	219,1	152,4	325,7	521,6	372,5	147,0	241,9
Wva, kWh	347,6	260,9	407,7	562,2	545,0	268,2	388,9
ϕ_{vp}	2,10	2,37	1,99	2,07	2,22	2,37	2,46
ϕ_{va}	1,22	1,39	0,96	0,80	1,18	1,45	1,37
qvp, l/min	21,8	21,7	21,8	21,8	22,0	21,8	22,0
tper, tim	52,3	43,9	43,7	47,8	75,4	47,3	69,0

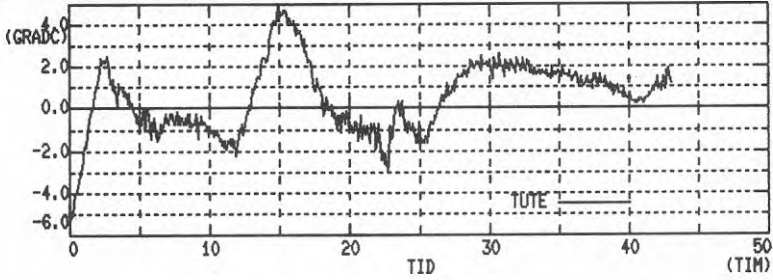
Tabell b. Medeltemperaturer:

	HUD1	HUD2	HUD3	HUD4	HUD5	HUD6	HUD7
t _{rum} , °C	23,3	22,9	21,9	20,9	23,1	23,0	23,3
t _{fram} , °C	50,5	50,7	50,9	51,0	51,0	50,3	50,2
t _{ret} , °C	44,9	44,9	44,6	44,2	45,2	44,7	45,0
t _{fvp} , °C	48,7	49,3	47,5	45,6	48,9	49,1	48,8
t _{rvp} , °C	45,3	45,4	45,0	44,4	45,5	45,0	45,4
t _{rvpmax} , °C	47,6	42,8	47,2	46,6	49,1	47,2	48,3
t _{fp} , °C	49,5	49,7	49,9	50,0	50,0	49,4	49,3
t _{rp} , °C	48,7	49,3	47,5	45,6	48,9	49,1	48,8
t _{rpmin} , °C	38,0	37,9	38,2	37,9	37,9	37,9	-
t _{pm2} , °C	49,9	49,7	50,4	50,9	50,8	49,5	50,1
t _{pm1} , °C	34,1	34,0	33,9	33,9	33,7	33,9	34,6
t _{pm1min} , °C	32,1	32,5	31,9	31,9	31,3	32,6	32,6
t _{pm2max} , °C	37,3	37,1	37,0	36,5	37,9	37,0	37,5
t _{rök} , °C	69,6	62,2	63,2	78,7	53,0	45,8	47,5
t _{rökmin} , °C	34,4	33,6	29,1	31,0	28,8	29,4	29,3
t _{rökmax} , °C	197,4	192,2	128,3	129,0	128,2	123,6	125,5
t _{st} , °C	16,1	15,6	37,8	45,9	19,5	18,7	19,2
t _{stmin} , °C	6,9	14,6	25,8	29,2	16,3	17,1	17,6
t _{stmax} , °C	17,5	16,9	57,4	61,9	61,4	20,6	22,7
t _{ute} , °C	-3,7	-1,1	-10,3	-15,7	0,51	-1,46	1,32
t _{utemin} , °C	-9,3	-4,9	-17,7	-20,9	-5,2	-5,0	-5,9

HUDENE 5 (PERIOD: 30/1-2/2 ; KL.10.49-14.04)

MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

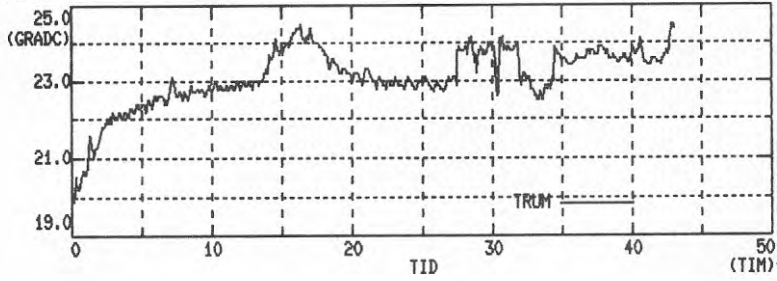
UTOMHUSTEMPERATUR (TORR)



HUDENE 5 (PERIOD: 30/1-2/2 ; KL.10.49-14.04)

MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

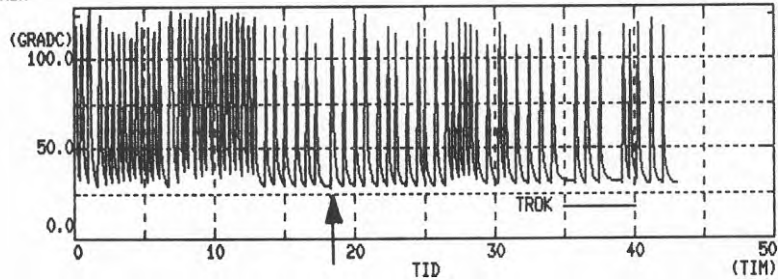
TRUM



HUDENE 5

MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

TROK

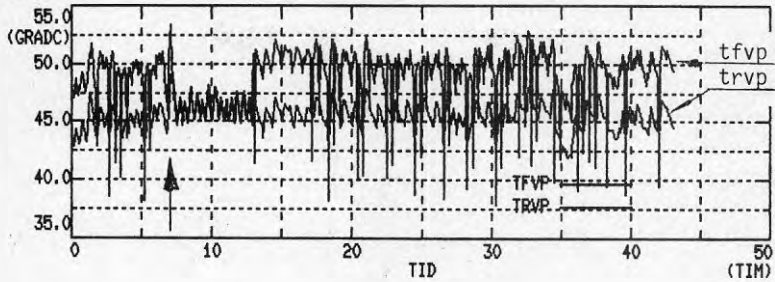


Figur 4 a-c visar temperaturförlopp för tute, trum och trök. Markerad pannstart har förstörats och visas i figur 2 och figur 3.

HUDENE 5

MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

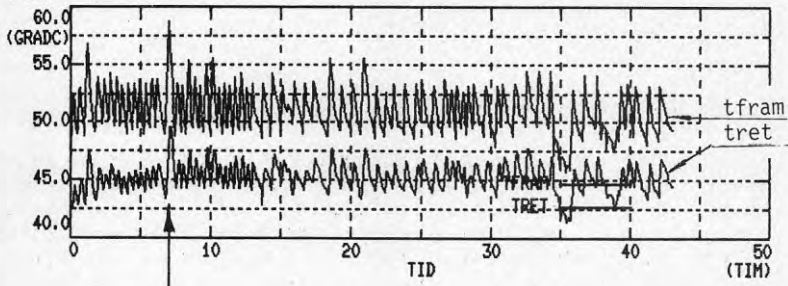
TFVP , TRVP



HUDENE 5

MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

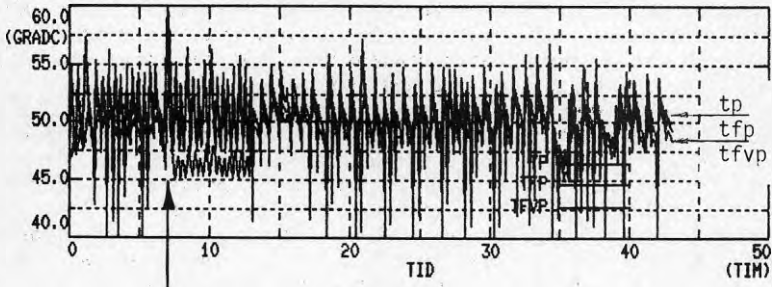
TFRAM , TRET



HUDENE 5

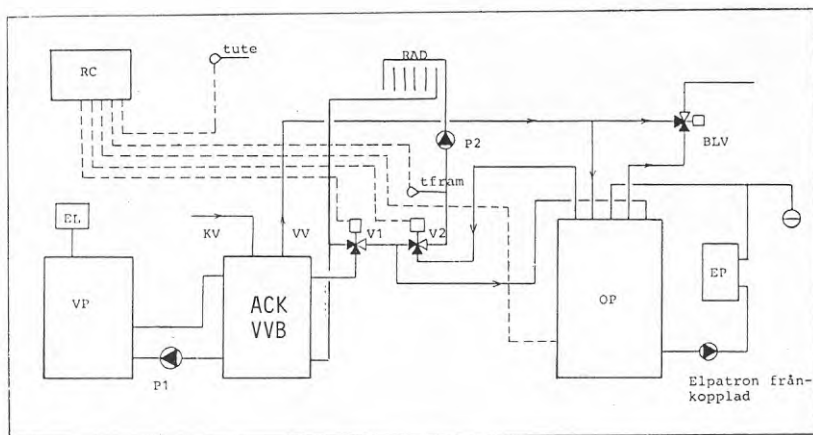
MATTID: 2 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

TP , TFP , TFVP=TRP



Figur 5 a-c visar temperaturförlopp för tfvp, trvp och tfram, tret och tp, trp. Figurerna visar hur temperaturförloppen följer temperaturväxlingarna i oljepannan. Markerad pannstart orsakar en temperaturspik, som stoppar värmepumpen.

Systemkoppling med luft/vatten värmepump, dubbelmantlad varmvattenberedare, reglerventiler och övriga komponenter framgår av figur 6.



Figur 6. Beskrivning av systemet i Ängelholm.

Reglersystemet för uppvärmningsanläggningen i Ängelholm är av samma fabrikat och typ som för systemet i Hudene och beskrivs i avsnitt 4. Systemets framledningstemperatur regleras enbart efter utomhustemperaturen. Denna systemkonfiguration överensstämmer också med vad regulator tillverkaren rekommenderar. Detta är av betydelse dels för att kunna komplettera regulatorn med extra funktioner, som enbart är tillämpbara för denna systemlösning och dels för att tillverkaren med säkerhet ska kunna uttala sig om sin produkts förmåga i visst sammanhang. Exempelvis kan regulatorn i detta fall kompletteras med en styrning, som mäter differens temperaturen över värmepumpen, $tf_{vp} - tr_{vp}$. När denna differens är liten stänger regulatorstyrningen $V1$. Värmepumpen producerar då enbart varmvatten och oljepannan klarar ensam uppvärmningen av huset genom $V2$. Denna funktion är användbar vid tillfällen då värmepumpen skulle begränsas av för hög temperaturnivå i radiatorsystemet vid låga utomhustemperaturer.

Nedan anges byggdata för huskropp och uppvärmningssystem i Ängelholm. Dessa data används för att i mesta möjliga mån översätta förebilden teoretiskt till ett beräkningsprogram. Detta program redogörs för i rapporten "Reglerstrategins inverkan på värmepumpsdrift i bivalenta system" ref. [2]. Då ritningar saknas för huset och katalogvärden saknas för radiatorsystemet måste parameter värden ansättas grovt för enkla. Av de störningar som belastar uppvärmningssystemet har endast utomhustemperaturens tidsförlopp kunnat kopieras. I övrigt gäller förutsättningarna för tappvarmvatten och hushållsel beskrivna i ref. [2]. Resultat av dynamisk simulering från perioden ÄNG7 visas i avsnitt 6.

Huset byggdes på 1930-talet. Följande byggdata antas: Väggarna består av 120 mm luftspalt mellan dubbel tegelstensvägg 2 x 120 mm. Dessa mått inkluderar cementputs på utsida och gipsskiva på insida. Golv- och takbjälklag antas vara isolerat med 100 mm mineralull och har 15 mm plank på insida. Taket har 20 mm tegel på utsida. Innerväggarna och trapphus består av 200 mm tjockt tegel. Trapphuset sträcker sig i två våningsplan. Huset har totalt 28 m² fönsteryta med k-värde = 2,0 W/(m²•K). Husets totala k-värde är med givna förutsättningar 0,84 W/(m²•K).

I övrigt har huset följande dimensioner:

Bredd x längd x höjd	= 9 m • 13 m • 8 m
Total golvyta	= 234 m ²
Total väggyta mot söder	= 104 m ² därav 10 m ² fönster
Total väggyta mot norr	= 104 m ² därav 6 m ² fönster
Total väggyta mot öster	= 72 m ² därav 4 m ² fönster
Total väggyta mot väster	= 72 m ² därav 8 m ² fönster
Total yta innervägg och bjälklag	= 340 m ²
Total husvolym	= 936 m ³

Radiatorsystem:

Radiatorsystemet är uppdelat på 12 st radiatorer. Total värmeavgivande yta och vattenmängd har uppskattats till 17 m² respektive 260 dm³.

Dubbelmantlad varmvattenberedare:

Varmvattenberedaren har en mantelvolym på 250 dm³ och tappvarmvattenvolym på 160 dm³. Beredaren har två anslutningar för värmepumpkretsen och två för systemkretsen.

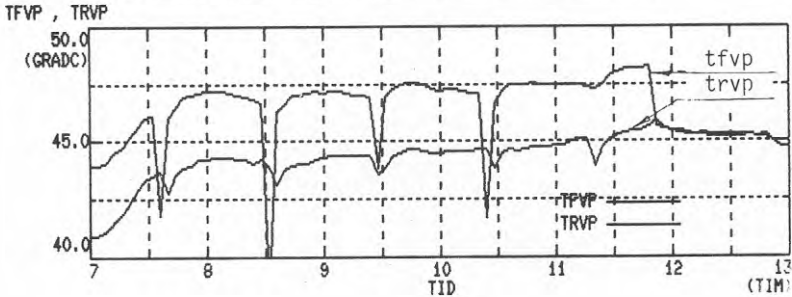
5.1 Resultat från intensivmätningar i Ängelholm

Enligt driftanvisning stoppas värmepumpen vid en returtemperatur av 50 °C och utomhustemperatur av -10 °C. Figur 7 visar att värmepumpen stoppas redan vid omkring 45 °C. Enligt tabell b, avsnitt 5.2, är maximalt uppmätt returtemperatur för mätperioden 49,9 °C. Tabell c anger värmepumpens möjliga teoretiska gångtid, enligt definition avsnitt 3, för perioden. Värmepumpens relativa gångtid för hela perioden, ÄNG1-ÄNG89, är $\alpha = 0,80$ men skulle teoretiskt kunna vara $\alpha_m = 0,92$ om den utnyttjats optimalt. På grund av att returtermostaten varit lågt ställd har husägaren även upplevt dålig tappvarmvattenkomfort när endast värmepumpen varit i drift. Temperaturförloppet för ett sådant tillfälle visas i figur 8b. Om termostatsens stopp höjs från 45 °C till 50 °C förbättras komforten i motsvarande grad då $t_{ute} > 5$ °C.

För hela mätperioden är $t_{ute} = -2,2 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\phi_{vp} = 2,09$ och $\phi_{va} = 0,99$. Oljepannans totala verkningsgrad har uppskattats till 0,7. Med dagens energipriser för olja 2500 kr/m^3 och för el $0,30 \text{ kr/kWh}$ fås besparingen ca 520 kr. Om värmepumpens möjliga teoretiska gångtid utnyttjats hade besparingen varit ca 600 kr. Kalnylen gäller för mätperiodens längd ÄNG1-ÄNG89 enligt avsnitt 5.2.

ANGELHOLM 7

AVFROSTNING , TEMPERATURBEGRÄNSNING TRVP (SAMPLINGSTID 4 MIN)



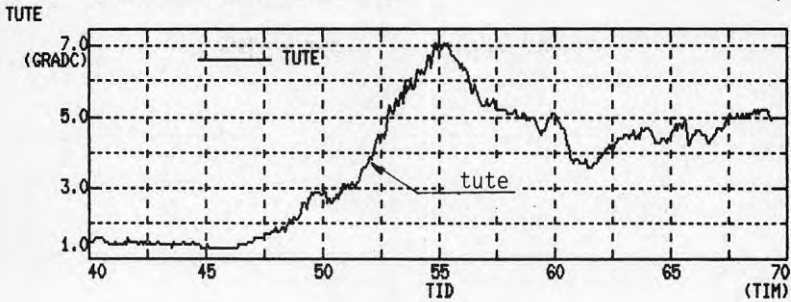
Figur 7 visar temperaturförlopp för tfvp och trvp och är en uppförstoring för period ÄNG7 som visas i sin helhet i figur 12a.

I figur 7 framgår att tfvp och därmed värmepumpens kapacitet reduceras något före varje avfrostning. Detta sker då värmepumpens förångningstemperatur minskar när luftflödet genom förångaren minskar p g a påfrysning.

Enligt figur 8b är systemets bivalenstemperatur (den temperatur då värmepumpen ensam börjar klara uppvärmningsbehovet) omkring $+5 \text{ } ^\circ\text{C}$. Enligt ref. [4] utnyttjas luft/vatten värmepumpen bättre om bivalenstemperaturen istället ligger omkring $-2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Detta visar sig också genom låga värden för systemfaktorn. Husägaren har tänkt att använda befintligt radiatorsystem för uppvärmning av ett uthus strax intill stora huset. Tidigare användes el för denna uppvärmning och förklarar delvis den stora förbrukningen av hushålls el enligt tabell a. Värmepumpen skulle enligt dessa uppgifter kunnat valts något större vid upphandlingen.

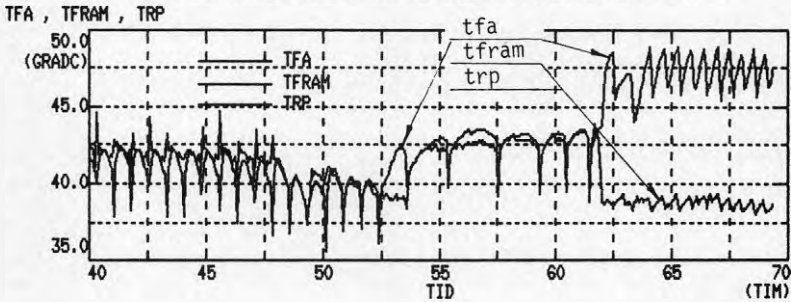
ANGELHOLM 16

VARMESYSTEMETS BIVALENSTEMPERATUR



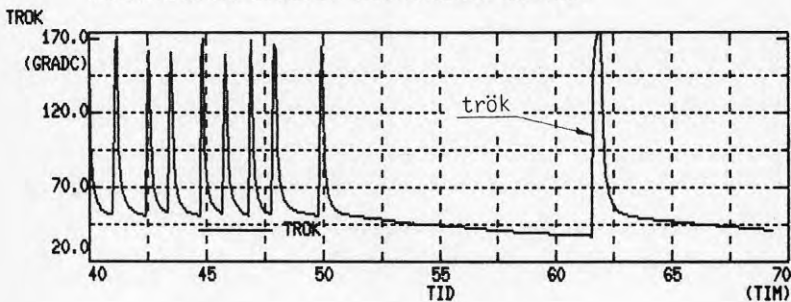
I

VARMESYSTEMETS BIVALENSTEMPERATUR (OP-BLANDNINGSENTIL BÖRJAR ÖPPNA)



I

ROKASTEMPERATUR (PERIODENS SISTA PANNSTART UNDERSOKS)



Figur 8 a, b och c visar temperaturförlopp för tute och tfa, tfram, trp och trök. Figuren är en uppförstoring av mätperioden ÄNG16 tiden 1987-03-24 kl 9.39 till den 1987-03-27 kl 7.11. Figuren visar att V2 är stängd omkring tute = +5 °C och V1 börjar reglera. Denna temperatur definieras som bivalentstemperaturen för systemet. Sista delen av perioden visar temperaturförloppet för tfa då värmepumpen oftare stoppas/startas av returtermostaten.

Reglercentralen har varit inställd för nattsänkning under mätperioden ÄNG1-ÄNG89. Sänkning av framledningstemperaturen har skett kl 23.00. Höjning har skett kl 15.00 med undantag från lördag och söndag då höjningen skett kl 7.00. Detta medför sänkning under 16 timmar respektive 8 timmar. Framledningstemperaturen sänks ca 6 °C och ger ca 2 °C sänkning av rumstemperaturen. Se figur 11b och 12b. Sänkingsfunktionen stängdes under fem perioder. Det visade sig då att förbrukad energi tenderade att minska ca 5 % jämfört med perioderna ÄNG1-ÄNG89. Se vidare avsnitt 4.1. Rapporten "Intermittent uppvärmning" ref [5], redovisar de parametrar som är väsentliga att ta hänsyn till då temperatursänkingsförlopp bestäms. De besparingar som eventuellt nås med temperatursänkning är beroende av bl a följande parametrar:

- 1) Rummets/husets tidskonstant. I rapporten anges besparingar upp mot 5 % av dygnsbehovet och för tyngre hus kanske 3 %.
- 2) Inställda temperaturnivåer.
- 3) Temperatursänkningens längd.
- 4) Värmeanläggningens kapacitet och typ.

Reglerutrustningen i denna anläggning (se funktionsbeskrivning i avsnitt 4) orsakar sannolikt övervärmning av rummet. Eventuell energibesparing beror då av hur stor denna övervärmning är. Tar man också hänsyn till att den extra uppvärmningsenergi som oljepannan bidrar med vid uppvärmningsfasen är producerad med dålig verkningsgrad (jämför oljepannans verkningsgrad 0,7 med värmepumpens värmefaktor 2,0) minskas vinsten ytterligare. Detta fenomen är störst vid utomhustemperaturer då värmepumpen ensam bidrar med största delen av uppvärmningsenergin och oljepannan vid temperaturhöjningen bidrar med dyr spetsvärme under längre tid än normalt för att kompensera skillnaden mellan reglertemperaturens är- och börvärde. Styrutrustningens startfördröjning måste vara så stor att oljepannan hindras starta vid utomhustemperaturer högre än bivalenstemperaturen.

Den ovan redovisade energiförlusten vid temperatursänkning är trots dessa förklaringar märklig eftersom tiden för sänkning är ganska lång. Jämförelsen har bl a följande brister:

- 1) Uppvärmningsenergin för en period är omräknad att överensstämma med rums- och utetemperatur för jämförd period.
- 2) Rumstemperaturen är endast uppmätt i en representativ punkt.
- 3) Yttre störningar t ex solinstrålning, vindlast, hushållsenergi, vädring är ej uppmätta. Husägaren har i stora drag beskrivit väderleken varje period.

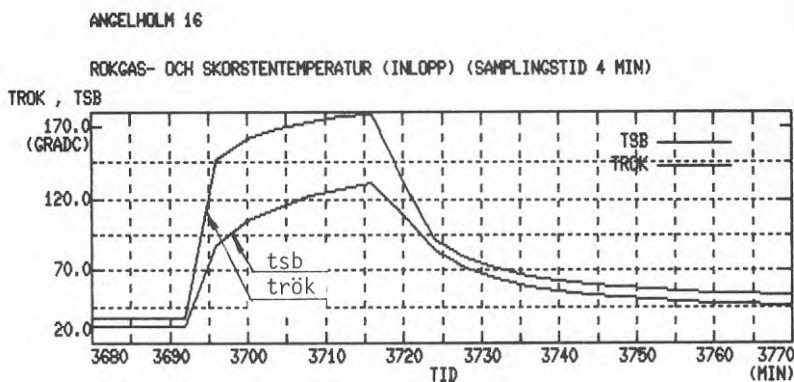
I avsnitt 5.2 redovisas resultat från mätningar på uppvärmningsanläggningen i Ängelholm motsvarande period, ÄNG7. Samma period simulerades med och utan nattsänkning. Denna jämförelse visar en nettobesparing på 6,6 % med nattsänkning. Se vidare avsnitt 6.

Oljepannan styrs enligt stopp/start = 72 °C/62 °C. Panntermostaternas hysteres är 10 °C. Tillverkaren tolererar dessa värden som en undre gräns och rekommenderar en returtemperatur till oljepannan på ca 50 °C. Enligt tabell b varierar trp omkring 45 °C med lägsta värdet 36 °C. Lägst uppmätta pannmanteltemperatur tpm4 varierar kring 65 °C. Rökgasens medelvärde trök varierar kring 100 °C med lägsta värdet 50 °C och högsta värdet 180 °C. Pannmantelns yttemperatur mot rökpassidan borde då vara större än 60 °C vid detta drifttillstånd när tute < 5 °C. Figur 8 c visar en pannstart efter ca 12 timmars avssvalningstid. Pannmantelns lägsta uppmätta yttemperatur är då enligt figur 10 ca 45 °C och gastemperaturen vid pannans utlopp enligt figur 9 ca 35 °C. Motsvarande yttemperatur på pannmanteln mot rökpassidan borde då vara ca 40 °C. Dessa kallstarter kan förekomma ofta om utomhustemperaturen pendlar kring bivalenstemperaturen 5 °C. Pannstyrningens funktion beskrivs i avsnitt 4.

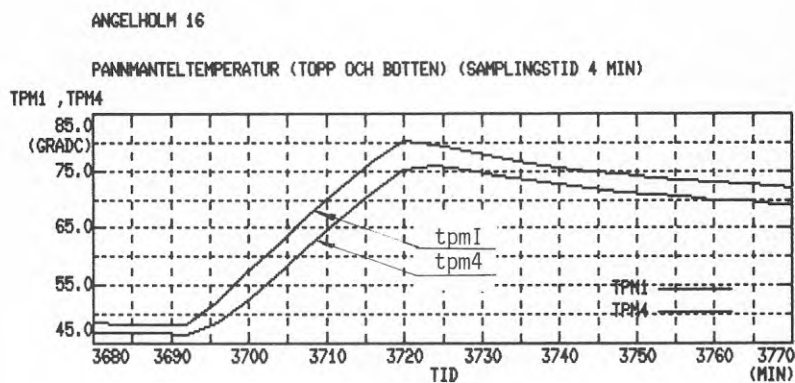
Enligt tabell b varierar skorstenens yttemperatur tsb vid oljepannans inlopp kring 70 °C med lägsta medelvärdet 50 °C och lägst uppmätta temperatur tsbmin = 30 °C. Vid varje pannstart var under perioden tsbmin < 50 °C. Enligt figur 9 är yttemperaturens stigtid från minsta värdet ca 30 °C till högsta värdet ca 120 °C mindre än 25 min. Tyvärr fanns vid tillfället ingen möjlighet att mäta motsvarande yttemperatur i skorstenens topp. Uppskattningsvis var minsta värdet ca 10 °C och högsta värdet ca 70 °C.

För att minska oljepannans stilleståndsförluster eftersträvas ofta låg panntemperatur vid bivalent drift. I referens [3] påpekas risken för kondenskorrosion för sådana driftfall. I aktuella drifttillstånd förutsätts förbränning av eldningssolja med låg svavelhalt, max 0,3 %. För rökgasen från en oljepanna, som drivs med E01 och en CO₂-halt på 12 %, är vattendaggpunkten ca 50 °C. Figur 8c visar en kallstart av oljepannan och inträffar efter det att oljepannans drift varit blockerad när värmepumpen ensam klarat värmebehovet och utomhustemperaturen sjunkit under bivalentstemperaturen. För att minska antalet kallstarter p g a växlande utomhustemperatur kring bivalentstemperaturen är oljepannans övergång till driftläge tidsfördröjd. I avsnitt 4 beskrivs regulatorns styr- och reglerfunktion. För att oljepannan ska vara varm då extra värmetillskott behövs till värmesystemet och för att minska antalet kallstarter måste styrutrustningen istället blockera pannan vid en utomhustemperatur ett par grader högre än bivalentstemperaturen.

Under rådande förhållanden noterades ingen vattenkondens i skorstenens botten. Skorstenens topp tycks inte vara utsatt för frostsprängning. Kondens- och infallande regnvatten kan däremot orsaka uppluckring av murstenen. För att minska fukten i skorstenens topp bör den utrustas med regnhuv.



Figur 9. Vid kallstart tar det ca 25 min för trök och tsb att nå max temperatur. tsb mättes med termoelement fastklämt mot skorstensvägg och täckt mot rökgassidan vid panninloppet. trök mättes med strålningsskyddat termoelement strax efter pannans utlopp.



Figur 10 visar temperaturförloppet för högst och lägst uppmätta pannmanteltemperatur. Tillfället motsvarar oljepannans sista kallstart i figur 8c. tpm1 mättes med termoelement fastklämt högst upp mitt på pannmantelns baksida. tpm4 mättes längst ner på pannmantelns vänstra del (ca 100 mm från bakkant).

Figur 9 och 10 är uppförstorade och visas i sin helhet i figur 8c.

5.2 Tabeller och diagram till resultat från Ängelholm

Intensivmätningarna i Ängelholm påbörjades 1987-02-06 kl 15.59 och avslutades 1987-03-30 kl 7.15, motsvarande data ÄNG1-ÄNG17. För enkelhets skull visas endast data ÄNG1-ÄNG89. Denna period med nattsänkning avslutades 1987-03-05 kl 7.51. Figur 11 och 12 visar temperaturförlopp för perioden ÄNG7. Sammanräknade energier och medeltemperaturer för period ÄNG7 visas i tabell a, b och c nedan. Perioderna ÄNG8 och ÄNG9 har sammanräknats och kallas ÄNG89. Figur 9 och 10 visar temperaturförlopp för period ÄNG16.

Tabell a Uppvärmnings- och drivenergi samt flöde genom VP:

	ÄNG1	ÄNG2	ÄNG3	ÄNG4	ÄNG5	ÄNG6	ÄNG7	ÄNG89
Qvp, kWh	337,3	362,6	348,7	334,3	189,5	306,8	325,4	211,2
Qtop, kWh	208,5	192,2	236,4	285,7	456,5	319,4	306,9	1083,3
Qtvv, kWh	27,3	24,2	31,9	21,5	19,9	29,9	15,8	64,6
Qva, kWh	545,8	554,8	585,1	620,0	646,0	626,2	632,3	1294,5
Wevp, kWh	149,7	163,9	160,4	160,1	95,9	146,6	149,4	129,8
Weh, kWh	228,4	208,1	216,1	225,7	227,2	230,7	200,8	469,2
Wolja, kWh	297,9	274,6	337,8	408,1	652,1	456,3	438,4	1547,5
Wva, kWh	447,6	438,5	498,2	568,2	748,0	602,9	587,8	1677,3
φvp, kWh	2,25	2,21	2,17	2,09	1,98	2,09	2,18	1,63
φva, kWh	1,21	1,27	1,17	1,09	0,86	1,04	1,08	0,77
qvp, l/min	27,5	27,5	27,5	27,5	27,6	27,6	27,6	26,0

För hela perioden ÄNG1-ÄNG89 är φvp = 2,09, φva = 0,99 och tute = -2,2 °C.

Tabell b Medeltemperaturer.

	ÄNG1	ÄNG2	ÄNG3	ÄNG4	ÄNG5	ÄNG6	ÄNG7	ÄNG89
trum, °C	20,1	19,9	20,0	20,2	19,8	20,1	19,8	18,5
tfram, °C	46,0	44,0	44,9	47,1	50,7	48,3	47,5	48,9
tret, °C	41,6	39,9	40,6	42,3	45,0	43,2	42,7	43,2
tfvp, °C	44,2	42,6	43,0	44,6	46,1	45,4	45,0	43,7
trvp, °C	41,5	39,9	40,4	42,2	44,8	43,1	42,6	42,8
trvpmax, °C	44,8	43,8	43,1	44,8	48,4	45,8	46,6	49,9
tfp, °C	46,0	44,0	44,9	47,1	50,7	48,3	47,5	48,9
trp, °C	44,4	42,7	43,2	44,8	46,3	45,5	45,1	43,8
trpmin, °C	36,4	36,5	36,9	38,4	40,9	38,5	37,8	40,5
tpm4, °C	70,9	71,1	70,8	70,8	70,1	70,8	70,9	65,2
tpm4min, °C	62,9	64,9	62,5	66,0	65,2	65,2	65,7	65,0
tpm4max, °C	76,2	76,2	75,9	75,9	75,0	75,6	76,2	74,8
trök, °C	83,8	79,3	84,8	90,8	107,8	94,2	91,9	128,2
trökmin, °C	48,3	50,2	48,7	51,8	53,5	52,4	52,1	56,1
trökmax, °C	173,5	172,2	173,9	173,0	178,0	174,9	177,0	179,7
tsb, °C	55,1	50,2	58,2	69,9	90,3	77,1	75,3	94,0
tsbmin, °C	32,6	29,9	33,7	42,0	43,7	44,8	43,5	43,0
tsbmax, °C	111,1	109,7	120,5	123,2	140,6	133,0	136,1	142,6
tp, °C	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0
tute, °C	1,2	1,9	0,9	-1,7	-5,6	-1,7	-1,9	-6,1
tutemin, °C	-0,8	0,0	-2,9	-3,7	-12,3	-7,7	-6,4	-13,6

Tabell c Driftparametrar

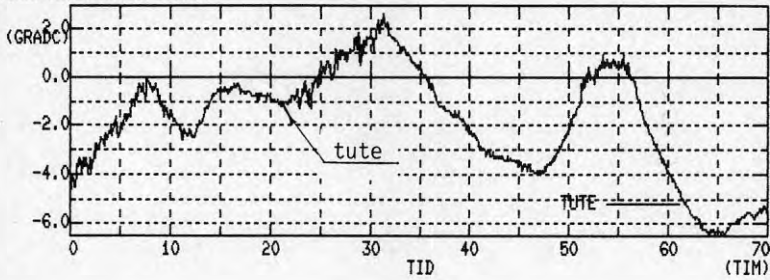
	ÄNG1	ÄNG2	ÄNG3	ÄNG4	ÄNG5	ÄNG6	ÄNG7	ÄNG89
nl, st	2	0	0	0	5	2	2	
tg, tim	65,2	71,3	70,8	71,9	42,9	66,0	67,0	55,6
tgm, tim	66,4	71,3	70,8	71,9	63,5	71,0	72,3	105,5
tper, tim	66,4	71,3	70,8	71,9	73,7	71,0	72,3	143,5
α	0,99	1,0	1,0	1,0	0,58	0,93	0,93	0,39
α_m	1,0	1,0	1,0	1,0	0,86	1,0	1,0	0,74

För hela perioden ÄNG1-ÄNG89 är $tg = 510,7$, $tgm = 592,7$, $tper = 640,9$.
 Detta ger $\alpha = 0,80$ och $\alpha_m = 0,92$.

ANGELHOLM 7 (PERIOD: 24/2-27/2 1987 ; KL.8.19-8.35)

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

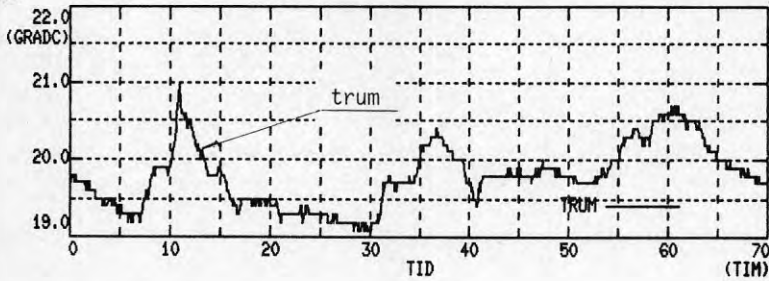
UTOMHUSTEMPERATUR (TORR)



ANGELHOLM 7

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

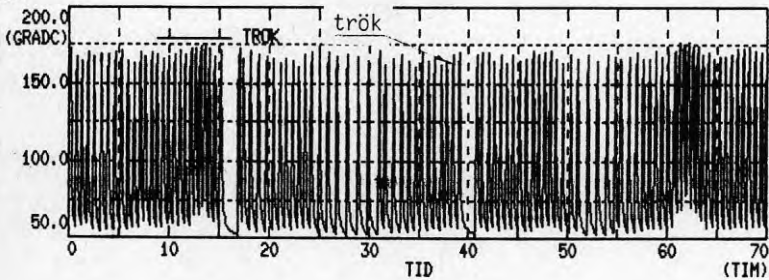
TRUM



ANGELHOLM 7

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

TROK

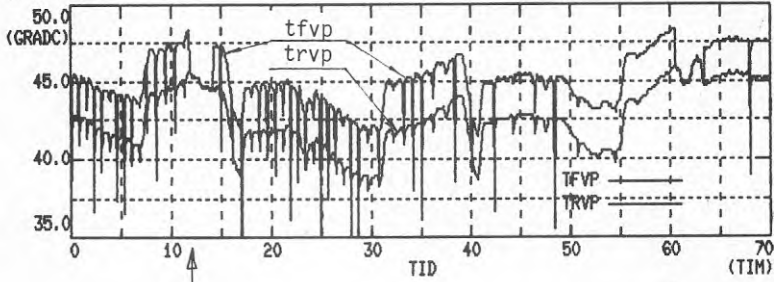


Figur 11 a, b och c visar temperaturförlopp för tute, trum och trök.

ANGELHOLM 7

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN (PERIODEN 7 - 13 TIMMAR UNDERSOKS)

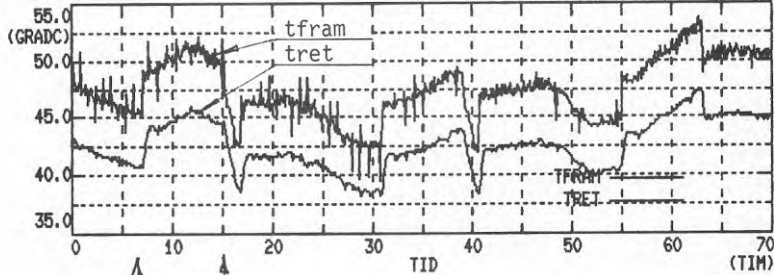
TFVP , TRVP



ANGELHOLM 7

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

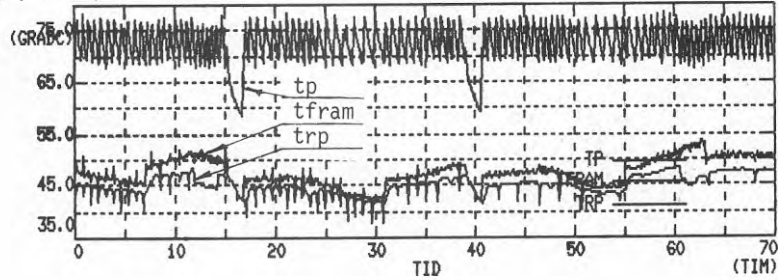
TFRAM , TRET



ANGELHOLM 7

MATTID: 3 DYGN , SAMPLINGSTID: 4 MIN

TP , TFRAM , TRP



Figur 12 a, b och c visar temperaturförlopp för tfvp, trvp och tfram, tret och tp, tfram, trp. I figur 12a markeras tillfällena för onödiga driftstopp av värmevärmepump. I figur 12b markeras en 7-timmars period med dagtemperatur.

6 DISKUSSION AV RESULTAT FRÅN TEORETISKA BERÄKNINGAR OCH
MÄTPERIOD ÄNG7

Resultat från dynamisk simulering visas i tabell a och b nedan. Dessa motsvarar perioden ÄNG7 i tabell a, b och c i avsnitt 5.2. De simulerade temperaturförloppen enligt figur 13 och 14 motsvarar SÄNG7 i tabell a och b med nattsänkning. SÄNG71 är resultat från simulering utan nattsänkning. För dessa två simuleringar har brukats samma beräkningsprogram som redogörs för i rapporten "Reglerstrategins inverkan på värmepumpdrift i bivalenta system", ref. [2].

Avsikten med beräkningarna har varit att i mesta möjliga mån efterlikna uppmätta temperaturförlopp enligt figur 11 och 12. Resultat i tabell a påvisar en nettobesparing på 6,6 % med nattsänkning och står i motsats till uppmätt jämfört värde enligt avsnitt 5.1. Denna skillnad mellan uppmätt och beräknat värde kan ha följande orsaker:

- 1) Stort fel vid jämförelsen mellan uppmätta energimängder. Se avsnitt 5.1.
- 2) Beräkningarna av värmekapacitet för rum, hus och uppvärmningssystem utgår endast från erhållna byggdata enligt avsnitt 5.
- 3) I beräkningsprogrammet har endast tagits hänsyn till utetemperaturens variation. Störningar t ex solinstrålning, vindlast och vädring har försumrats.
- 4) Under mätperioderna har endast varit möjligt att mäta totala förbrukningen av tappvarmvatten- och hushållsenergi. I beräkningsprogrammet förbrukas tappvarmvatten och hushållsel efter regelbundet schema.

I övrigt gäller de förutsättningar som beskrivs i ref. [2].

Tabell a Uppvärmnings- och drivenergi.

	SÄNG7	SÄNG71
Qvp, kWh	343,9	337,7
Qtop, kWh	366,0	422,4
Qtvv, kWh	30,7	30,7
Wevp, kWh 143,0	144,9	
Weh, kWh	38,9	38,9
Wolja, kWh	409,5	467,8
φvp, kWh	2,40	2,33
φva, kWh	1,28	1,24
Wtvv, kWh	26	28
qvp, l/min	21,8	21,8

SÄNG7 med nattsänkning.

SÄNG71 utan nattsänkning.

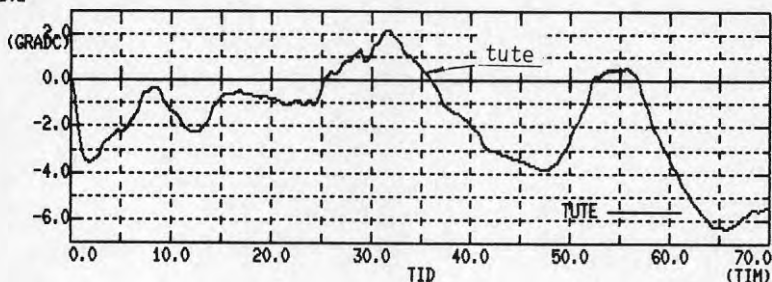
Tabell b Medeltemperaturer.

	SÄNG7	SÄNG71
trum, °C	20,3	21,1
tfram, °C	49,3	51,8
tret, °C	44,4	46,4
tfvp, °C	47,0	49,0
trvp, °C	44,5	46,5
tfp, °C	49,3	51,8
trp, °C	46,6	48,6
tp, °C	67,3	67,2
tute, °C	-1,9	-1,9

SANG 7

DYNAMISK SIMULERING AV UPPVÄRMNINGSSYSTEM I ANGELHOLM PERIOD 7

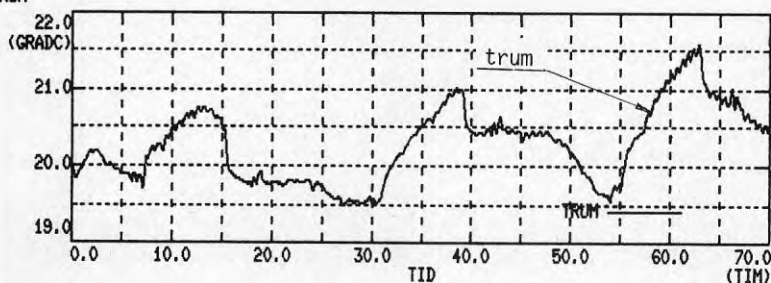
TUTE



I

SANG7(ANGELHOLM PERIOD 7)

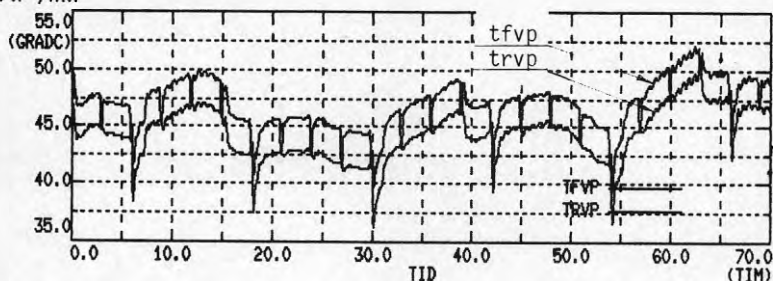
TRUM



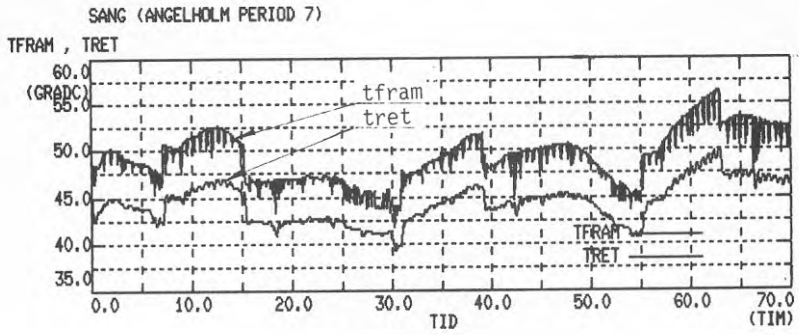
I

SANG7(ANGELHOLM PERIOD 7)

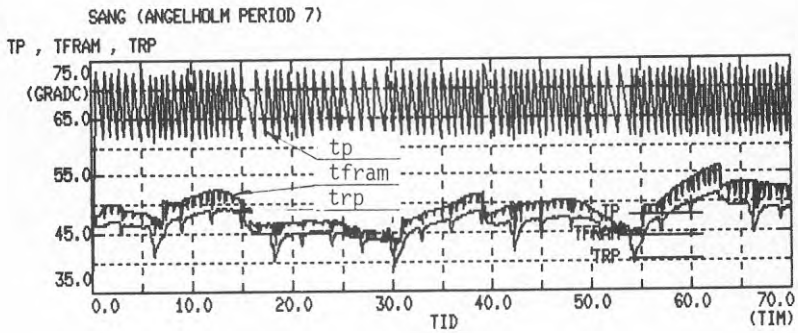
TFVP, TRVP



Figur 13 a, b och c visar simulerade temperaturförlopp och motsvarar förloppen i period ÅNG7 enligt figur 11 a, b och figur 12a. Observera att trum i programmet motsvarar ett medelvärde för hela huset. I figur 11b motsvarar trum uppmätt medelvärde för en punkt i ett vardagsrum. Vidare sker avfrostning av värmepump samt varmvattentappningen efter ett visst program, som beskrivs i ref. [2].



I



Figur 14 a och b visar simulerade temperaturförlopp och motsvarar förloppen i period ÄNG7 enligt figur 12 b och c.

7 LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Johansson G, 1987. Drifterfarenheter av 15 värmepump-anläggningar i fält (Statens råd för byggnadsforskning).
- [2] Sönsteröd G, 1987. Reglerstrategins inverkan på värmepumpsdrift i bivalenta system (Statens råd för byggnadsforskning).
- [3] Koebel M, Elsener M, 1987. Korrosion von Ölgefeurten Zentralheizkesseln. (Abteilung Wärmetechnik, Institut für Reaktorforschung) Wärmetechnik 1/1987, p9-16.
- [4] Kast W, Eberhard V, 1985. Untersuchung bivalenter Heizanlagen durch Rechnersimulation. Heizung Lüftung und Haustechnik, Nr 12-December.
- [5] Dafgård N. Intermittent uppvärmning, nattsänkning, 1979. (Kungliga Tekniska Högskolan, institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik) Rapport nr 22.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851128-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
provningsanstalt, Borås.

R3: 1988

ISBN 91-540-4846-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708003

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms