



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

R108:1983

Luftvärmepump, minioljepanna och ackumulator

**Förstudie av ett bivalent system för
villauppvärmning**

**Allan T Malm
Stefan Yard**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

*K
AN/1*

R108:1983

LUFTVÄRMEPUMP, MINIOLJEPANNA OCH ACKUMULATOR

Förstudie av ett bivalent system för
villauppvärmning

Allan T Malm
Stefan Yard

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821589-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Suntec
System AB, Bjärred.

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

R108:1983

ISBN 91-540-3969-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHALL

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1. INLEDNING	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte och avgränsningar	10
2. PROBLEMANALYS	11
2.1 Ackumulering för värmepump	11
2.2 Uttag från ackumulatorn	13
2.3 Anslutning av oljepannan till ackumulatorn..	14
2.4 Sammanfattning av problemanalysen	16
3. SYSTEMETS KOMPONENTER	16
3.1 Ackumulatortanken	17
3.2 Luftvärmepumpen	18
3.3 Oljepannan	19
4. SAMMANKOPPLING AV SYSTEMETS KOMPONENTER	20
4.1 Koppling ackumulator - förbrukning (radiatorsystem och tappvarmvatten)	20
4.1.1 Radiatorsystem	20
4.1.2 Tappvarmvatten	21
4.2 Inkoppling av oljepannan	23
4.2.1 Direktkoppling med pumpcirkulation	24
4.2.2 Inkoppling av oljepannan med shunt-slinga och handshunt	25
4.2.3 Inkoppling av oljepannan med en automatisk pannshuntventil	25
4.2.4 Val av inkopplingsmetod	26
4.2.5 Förvärmning av pannan respektive uttnyttjande av restvärmen	26
4.3 Värmepumpens anslutning till systemet	27
4.4 Sammanfattning av den föreslagna systemlösningen	28
5. EKONOMISK UTVÄRDERING	30
5.1 Inledning	30
5.2 Beslutssituationer och tänkbara uppvärmningssystem	31
5.3 Kalkylförutsättningar	32
5.3.1 Investeringsutgift för det bivalenta värmepumpsystemet	32

5.3.2	Investeringsutgift för konkurrerande uppvärmningssystem	32
5.3.3	Tankdimensionering i värmepumpsystem - inverkan på värmepumpens prestanda	33
5.3.4	Energitäckning från värmepumpen	35
5.3.5	Antaganden om driftsprestanda och verkningsgrader för olika uppvärmningssystem	35
5.3.6	Energipriser	36
5.3.7	Kalkylränta	36
5.4	Beräkningsresultat	37
5.4.1	Samhällsekonomisk lönsamhet vid antagande om reall energipris	37
5.4.2	Samhällsekonomisk lönsamhet vid förändringar i prisnivåer och prisrelationer för energi..	38
5.4.3	Privatekonomisk lönsamhetsbedömning	38
5.4.4	Likviditetseffekt av en investering i ett bivalent värmepumpsystem	40
5.5	Slutkommentarer till beräkningsresultaten ..	40
6.	FÖRSLAG TILL FORTSATT PROJEKTUTVECKLING ...	41
Bilaga 1:	Kostnader för olika uppvärmningssystem vid alternativa eltaxestrukturer och körstrategier	43
Bilaga 2:	Likviditetsinriktad analys av en investering i ett bivalent system	47

FÖRORD

I denna rapport redovisas en förstudie som genomförts under vintern och våren 1983.

Rapporten har utarbetats av docent Allan Malm och CE, MBA Stefan Yard. Allan Malm har varit projektledare.

Under arbetets gång har värdefulla synpunkter inhämtats från utvecklingspersonal i ett flertal företag. Således har Börje Brängdal, teknisk chef vid Elektrooil AB, givit värdefulla synpunkter vad gäller oljebrännare och minioljepannor. Ing Rune Glimmerfors och ing Leif Nyman vid Markaryds Metallarmatur AB har gjort beräkningar på en luftvärmepumps täckning av årsenergiförbrukningen resp givit värdefulla synpunkter på sammankoppling av komponenter i systemet.

Lund i maj 1983

Allan Malm

Stefan Yard

SAMMANFATTNING

Projektet syftar till att utveckla och utvärdera ett bivalent system för villauppvärmning baserat på luft/vattenvärmepump, minioljepanna och ackumulator.

Den metod som användes för systemutvecklingen är att i en inledande problemanalys diskutera grundläggande krav på och principer för ett bivalent system. Därefter analyseras vilka krav ett sådant system ställer på den enskilda komponentens utformning och i vad mån lämpliga komponenter finns på marknaden. Slutligen behandlas hur komponenterna kan kopplas samman för att bilda ett system som motsvarar kraven.

Ett problem är hur man skall kunna skapa ett lagringsintervall i en ackumulator med en lågtempererad värmekälla som en värmepump. En lösning som föreslås är att utnyttja vatten som lagringsmedium och att använda värmepumpens hetgas för ackumulering vid högre temperatur än dess kondenseringstemperatur. Ackumulatören kommer då att innehålla två skikt - ett övre som håller en temperatur över kondenseringstemperaturen och ett bottenskikt med temperatur strax under kondenseringstemperaturen. Värmepumpens kondensor föreslås bli placerad direkt i ackumulatortanken.

Oljepannan skall användas för spetsvärme då värmepumpens effekt ej är tillräcklig och den i ackumulatören lagrade energin förbrukad. För att skapa goda förutsättningar till samkörning mellan panna och värmepump föreslås att oljepannan enbart värmer i det övre skiktet av ackumulatören. Vad gäller oljepannans anslutning diskuteras hur man på olika sätt kan skapa förutsättningar för hög och konstant arbetstemperatur i pannan oavsett ackumulatörens laddningsstatus.

För att hetgasenergin skall kunna ackumuleras fordras att uttagen till radiatorer och tappvatten organiseras så att de då värmepumpens effekt överstiger behoven sker från det svalare bottenskiktet, dvs uttagen måste ske på ett sätt som ger en god hushållning med energikvaliteten (temperaturen).

Uttag till radiatorerna föreslås ske med en s k bivalent shunt med två ingångar som tar hetvatten i första hand ur ackumulatorns bottenskikt och först då det ej räcker till ta ur det övre varmare skiktet.

För tappvattenuttag föreslås en tvåledad värmeväxlare som på liknande sätt i första hand värmer tappvattnet ur ackumulatorns bottenskikt.

Den ekonomiska utvärderingen av systemet sker genom en jämförelse med andra uppvärmningssystem i ett typhus som i utgångsläget förbrukar 4 m^3 olja. Jämförelsen mellan alternativen görs i olika beslutssituationer - då den befintliga oljepannan är utsliten, då det finns en fungerande oljepanna resp då det finns en fungerande kombipanna (el och olja).

Kalkylen görs ur såväl samhällsekonomiskt som privatekonomiskt perspektiv. Kalkylerna visar att värmepumpsystemet är det mest gynnsamma både ur samhällsekonomisk och privatekonomisk synpunkt. Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv ter sig dock en kombipanna resp en elkasset till en befintlig oljepanna som i stort sett jämbördiga med värmepumpsystemet om man inte är beredd att sätta ett särskilt värde på att en värmepump kan minska förbrukningen av primärenergi till ungefär hälften.

En annan intressant utvecklingsmöjlighet vore att utreda systemets förutsättningar för större fastigheter. Kapitalintensiva uppvärmningssystem torde i de flesta fall genom skalfördelar ha bättre förutsättningar ju större fastigheten är. Därutöver förefaller ett bivalent värmesystem med ackumulator ha speciellt goda förutsättningar att utnyttja befintliga komponenter. I större fastigheter har man som regel fristående varmvattenberedare varför en befintlig oljepanna är väl ägnad att anslutas till en ackumulator. Installation av en ackumulator kan också eventuellt ersätta en utsliten befintlig varmvattenberedare.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Ett uppvärmningssystem baserad på en luft/vattenvärmepump med ackumulator och med en mindre panna för olja, gas eller fastbränsle som kompletteringsvärmekälla synes kunna ge fördelar ur flera olika perspektiv.

Från tillverkare av värmepumpar har man visat intresse för att denna typ av systemlösning blir närmare studerad. Bland de potentiella fördelarna nämnes att en ackumulator skulle ge värmepumpen gynnsammare driftsbetingelser genom ett färre antal start och stopp än då den kopplas direkt till förbrukningen. Genom att inkludera en ackumulator i systemet borde också själva värmepumpens konstruktion kunna förenklas. Med en ackumulator kan det eventuellt också vara möjligt att täcka en större del av husets årsenergiförbrukning med en luft/vattenvärmepump än vad som annars är möjligt.

I samband med diskussionen om övergång till säsongs- och dygnsdifferentierade eltaxor har elleverantörerna uttryckt intresse för uppvärmningssystem som utnyttjar el under större delen av året men där någon annan värmekälla tar över och kompletterar under köldperioderna. De luft/vattenvärmepumpar som nu finns på marknaden är nästan regelmässigt försedda med elpatroner som spetsvärmekälla och har således ett ur elleverantörernas synpunkt mycket ogynnsamt förbrukningsmönster. Under kalla perioder då värmepumpen inte orkar med övergår dessa värmepumpar således till att fungera som vanliga elpannor. Det ovan föreslagna "bivalenta" uppvärmningssystemet innebär både en god hushållning med elenergi genom värmepumpen och dels ett gynnsamt förbrukningsmönster genom att värmepumpen ej utnyttjas under köldperioder/belastningstoppar.

För konsumenten kan det föreslagna systemet innebära en möjlighet att dra fördel av värmepumpens låga driftskostnader utan att man nödvändigtvis måste ha tillgång till grundvattenkällor eller tomtmark lämplig för ytjordvärme.

En nackdel med det föreslagna uppvärmningssystemet är att det bygger på dubbla värmekällor som skall samverka via en ackumulatortank. Det finns därmed risk för att systemlösningen blir så komplicerad att den blir ekonomiskt ointressant. En central fråga i denna förstudie är därför om det är möjligt att utveckla en systemlösning som inte bara ger de tekniska fördelar som nämnts ovan utan som samtidigt är tillräckligt enkel och driftsäker för att vara kommersiellt intressant.

1.2 Syfte och avgränsningar

Förstudien har följande syften:

1. Att analysera de problem som ett uppvärmningssystem baserat på luftvärmepump, ackumulator och en kompletterande panna innebär både vad gäller sammankoppling av olika komponenter och krav på systemanpassning av enskilda komponenter.
2. Att utifrån en genomgång av alternativa lösningar på olika delproblem försöka ställa samman en systemlösning som så långt möjligt motsvarar tekniska och ekonomiska krav.
3. Att göra en ekonomisk utvärdering av det föreslagna systemet med hänsyn till investeringskostnader och driftskostnader.

Vi kommer i analysen att utgå från energibehovet i en äldre villa vars behov inte enkelt kan minskas genom ombyggnader. Även om diskussionen således sker utifrån ett sådant typhus kommer vi avslutningsvis att beröra systemets möjligheter för större fastigheter.

Vi kommer också att utgå från att den kompletterande värmepannan utgörs av en oljepanna. Om behovet av spetsvärme från pannan blir mycket litet kan en gaspanna komma ifråga som kompletterande värmekälla. Inkoppling av en gaspanna till en ackumulator kan emellertid ske på samma sätt som för en oljepanna varför någon särskild diskussion av gasalternativet inte erfordras. Vad gäller fastbränslepannor kan konstateras att det sedan länge finns flera olika system i praktiskt bruk för inkoppling av sådana till ackumulator. Vedeldning kan ofta inte heller komma ifråga i tätbebyggda områden.

2 PROBLEMANALYS

Att göra en systemlösning för ett uppvärmningssystem baserat på värmepump, ackumulator och kompletterande oljepanna innebär att man ställs inför tre delvis sammanhängande huvudproblem. Dessa är för det första problemet hur man skall kunna ackumulera värme från en värmepump, dvs skapa en buffert i en ackumulator. Det andra problemet är hur man skall organisera uttagen av värme på ett sådant sätt att man hushållar med den lagrade energin och kan utsträcka den period då värmepumpen ensam klarar behoven. Det tredje problemet är hur oljepannan skall anslutas till tanken så att den dels kan arbeta med lämpliga driftsbetingelser och dels på ett lämpligt sätt samverka med värmepumpen.

2.1 Akkumulering från värmepump

I en traditionell värmepump kondenseras köldmediet inuti själva värmepumpen och energin tas ut i form av hetvatten som ungefär håller köldmediets kondenseringstemperatur. Eftersom man vill hålla denna temperatur så låg som möjligt, ca 55° , ger en sådan värmepump små möjligheter att ladda upp en traditionell ackumulator i form av en vattentank. Det för lagring användbara temperaturintervallet blir alltför litet. Om man t ex behöver 45° tappvatten erfordras en ackumulator-temperatur om kanske 50° . Även i en relativt stor tank med säg 3 000 l vatten är lagringskapaciteten endast 3,5 kWh per grad, vilket motsvarar 17,5 kWh vid 5° lagringsintervall.

Det gäller således att finna en lösning som ger ett relativt stort lagringsintervall i tanken utan att samtidigt försämra pumpens värmefaktor genom en höjning av dess kondenseringstryck/temperatur.

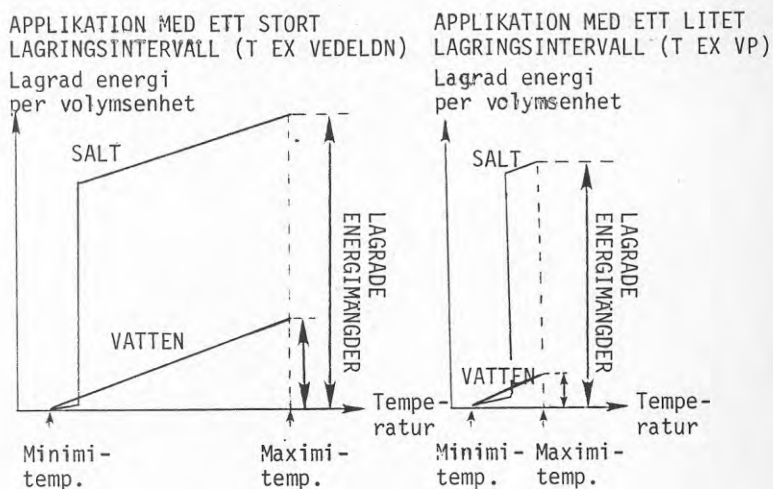
En möjlighet är att ta ut värmen i hetgasen före kondenseringen. Det borde vara möjligt att med lämplig utformning av värmepump och ackumulator kunna ta ut 7-8 % av den avgivna effekten vid ca 20° över kondenseringstemperaturen.

Ett annat sätt att åstadkomma ackumulering utan att behöva höja kondenseringstemperaturen vore att lagra energin i ett salt med smältpunkt strax under kondenseringstemperaturen. Intresset för salter med smältpunkter mellan $50-60^{\circ}$ har ökat under senare år och en framkomlig väg synes vara att använda tiosulfater och eutektiska blandningar av vissa nitrater.

Akkumulering i saltsmälta har emellertid också ett antal nackdelar. Saltet innebär en extra kostnad, det kan vara tungt och besvärligt att hantera. Det kräver också stora värmeväxларыtor av korrosions-säkert material. Salt kan därför sannolikt enbart konkurrera med vatten som lagringsmedium för sådana tillämpningar där saltet ger en mångdubbling av lagringskapaciteten. Lagringsintervallet för vatten är beroende av vilket temperaturintervall som är möjligt i den aktuella applikationen. Vid ackumulering från en vedpanna kan man kanske räkna med 40° lagringsintervall i vatten. Med ett salt skulle man i denna applikation kanske kunna öka lagringskapaciteten per volymsenhet ca tre gånger vilket knappast gör saltet konkurrenskraftigt, med hänsyn till ovan nämnda nackdelar.

Om man däremot i en värmepumpsapplikation enbart kan räkna med 10° lagringsintervall med vatten kommer saltets konkurrenskraft att öka. Lagringskapaciteten per volymsenhet blir här således ca tio gånger bättre för salt än för vatten.

Figur 1.
Vatten resp salt-
smälta som lagrings-
medier



Med hänsyn till att vi för det här aktuella värmesystemet inte kan bedöma vilket lagringsintervall som är möjligt att uppnå vid ackumulering i vatten och med hänsyn till de nackdelar och svårigheter som saltackumulering innebär kan det finnas skäl att i första hand försöka använda vatten som lagringsmedium.

2.2 Uttag från ackumulatören

Akkumulatörsystem kan allmänt sett byggas upp efter två huvudprinciper - ackumulatören som *bihang* till värmekälla respektive ackumulatören som *hjärtat* i värmesystemet. Att använda en ackumulatör som ett bihang till t ex en vedpanna innebär att radiatorsystem och tappvatten anslutes till pannan och att endast överskottsvärmen strömmar över till ackumulatortanken. Då sedan elden brunnit ut hålls pannan varm genom att hetvatten strömmar över från tanken till pannan.

Att göra ackumulatören till hjärtat i uppvärmningssystemet innebär däremot att radiatorsystem och tappvatten anslutes direkt till ackumulatören som sedan kan förses med värme från olika källor. Med hänsyn till att det här aktuella uppvärmningssystemet har två värmekällor och med hänsyn till önskemålet att kunna göra dessa så enkla som möjligt är det naturligt att välja denna senare principiella lösning.

Under den förutsättning vad avser värmepumpen som diskuterats ovan - att en del av energin kan tas ut vid en högre temperatur än kondenseringstemperaturen - ställs följande krav på ackumulatören. Ackumulatören borde i princip bestå av två delar - en som vid normal drift enbart med värmepumpen håller ungefär kondenseringstemperaturen och en som är något varmare. Detta kan lösas antingen genom två separata tankar eller genom att i en ackumulatör utnyttja vattnets förmåga att skikta sig i ett varmare och ett svalare skikt. Önskemålet om en enkel lösning talar för att man bör försöka utnyttja skiktning i en ackumulatör.

För att åstadkomma denna skiktning måste uttagen från ackumulatören organiseras så att de då värmepumpens effekt överstiger behoven sker från det kallare bottenskiktet samtidigt som den del av energin som tas ut vid högre temperatur än kondenseringstemperaturen ackumuleras i övre skiktet. Uttag från det övre skiktet skall således enbart ske då värmepumpen ej ensam klarar behovet.

Sammanfattningsvis är problemet således att ansluta värmepumpen till ackumulatorn så att en skiktning möjliggöres och att därefter organisera uttagen från ackumulatorn så att man ej i onödan förbrukar energi av hög kvalitet (temperatur).

Akkumulatorn har flera olika funktioner i systemet och var och en av dem ställer olika krav på dess dimensionering. För att slippa varmvattenberedare i värmepump och oljepanna skall varmvatten beredas i ackumulatorn. Med hänsyn till den relativt låga temperaturen fordras kanske en ackumulatorvolym om 300-400 liter för att ge tillräcklig varmvattenkomfort till en familj.

En annan funktion är att ackumulatorn skall ge gynnsamt långa driftsperioder och därmed lägre förslitning för såväl värmepump som panna. Ur denna synpunkt bör kanske volymen vara i storleksordningen 1 000 liter.

Slutligen skall den om så är möjligt innehålla en reserv för kortare köldperioder då värmepumpen ej ensam klarar uppvärmningsbehovet eller helt stängs av. Lämplig volym för denna funktion beror på vilken effekt som kan tas ut vid högre temperatur än kondenseringstemperaturen, tankens konstruktion och isolering, husets energibehov m m men är sannolikt större än 1 000 liter.

Den lämpliga dimensioneringen av ackumulatorn kommer således att bestämmas av vilken ambitionsnivå som väljes och därmed av hur många av lagringsfunktionerna ovan som man önskar tillgodose. Det krävs här en ekonomisk avvägning mellan å ena sidan den större tankens ökade kostnader och värmeförluster och å den andra de fördelar en större tank ger i form av ökad oljebesparing och komfort.

2.3 Anslutning av oljepannan till ackumulatorn

Den koppling mellan panna och ackumulator som sedan länge är i kommersiell användning för vedpannor kan inte utan vidare användas för en oljepanna. Den traditionella inkopplingen bygger på en termostatisk ventil som vid viss temperatur, t ex 70° , öppnar för självcirkulation till tanken. Eventuellt kan man förstärka cirkulationen genom att en shuntslinga med pump anslutes till returen från ackumulatorn till pannan. Shuntslingan kan även kopplas så att viss

ejektorverkan erhålles, som då ventilen är öppen förstärker cirkulationen mellan panna och tank.

Ett problem är att allteftersom tanken blir varm minskar drivkraften för själv-cirkulationen och därmed även värmeöverföringen från panna till tank. Då temperaturen stiger i en vedpanna stryker dragregulatorn lufttillförseln och minskar därmed även vedpannans effekt. Oljepannan saknar dragregulator och går alltid på konstant effekt. Det finns därmed en risk för att pannan kommer upp i sin maximitemperatur innan dess ackumulatorn uppnått önskad temperatur.

En annan nackdel med själv-cirkulationssystem av den typ som beskrivits ovan är att kallt vatten från ackumulatorn kan kyla pannan så kraftigt att den inte kommer upp i lämplig arbetstemperatur. Enligt tillverkarens uppgifter bör man med hänsyn till risken för kondens i pannan ej hålla lägre temperatur på returflödet till pannan än ca 60^o.

Vad gäller anslutning av oljepannan gäller det således att finna en inkoppling som tillåter pannan att arbeta vid lämplig temperatur och om möjligt ger en konstant effektöverföring från pannan till tanken.

En annan frågeställning är hur samspelet mellan oljepanna och värmepump skall lösas. Problemet kompliceras av att man kan tänka sig olika driftsfall. Under en kortare köldperiod kan kanske behoven klaras med värmepumpen i kombination med uttag av den energi som finns lagrad i ackumulatorn. Även om man inte skulle kunna tillgodose den radiator-temperatur som utomhusgivaren indikerar kanske man ändå inte skall låta oljepannan starta. På en byggnadens värmeförmåga tar det ett antal timmar innan dess inomhustemperaturen börjar sjunka.

Om köldknäppen blir av mindre varaktighet kan det således tänkas att värmepumpen själv kan arbeta ifatt behoven, utan att värmekomforten påverkas.

Ett annat driftsfall är den situation då man kan möta behoven med värmepumpen kompletterad med spetsvärme från oljepannan. Vid stark kyla slutligen kommer värmepumpen att stängas av helt och hela behovet måste täckas med oljepannan.

Vilka körstrategier som skall tillämpas i dessa olika driftsfall är beroende av energipriserna. Med dagens el- och oljepriser borde man t ex utnyttja värmepumpen så långt det är tekniskt möjligt. Om vi i framtiden får differentierade elpriser kommer det kanske att bli lönsamt att låta oljepannan svara för en större del av energibehovet under den kalla perioden. Även med differentierade elpriser kan det dock vara aktuellt att utnyttja värmepumpen vintertid under nätter och helger.

Mot bakgrund av ovanstående så framstår det som önskvärt att systemlösningen göres sådan att oljepanna och värmepump kan arbeta parallellt. Oljepannan bör då kopplas till ackumulatorn så att den enbart värmer i ett övre skikt medan ett undre svalare skikt reserveras för värmepumpen.

2.4 Sammanfattning av problemanalysen

Vi har ovan diskuterat vad vi uppfattat som huvudproblemen när det gäller att utveckla en systemlösning för ett bivalent system med värmepump, ackumulator och oljepanna. Vi har dessutom valt några grundläggande principer för det fortsatta arbetet med systemlösningen nämligen:

1. Ackumulatorn skall bestå av en vattentank.
2. Ackumulatorn skall utgöra "hjärtat" i systemet, dvs uttag till radiatorsystem och tappvatten skall ske direkt från ackumulatorn.
3. För att öka lagringsintervallet i tanken skall försök göras att ta ut 7-8 % av värmepumpens effekt ur hetgasen vid en temperatur ca 20⁰ över kondenseringstemperaturen.

3 SYSTEMETS KOMPONENTER

I detta avsnitt skall vi diskutera vilka krav systemet ställer på sina komponenter, och i vilken utsträckning lämpliga sådana redan finns på marknaden.

3.1 Ackumulatortanken

De ackumulatortankar som nu finns på marknaden skiljer sig åt både vad gäller konstruktion och funktionssätt. De olika tanktyperna sammanfattas i tabell 1.

Akkumulerings- principer	Tryckkärl	Trycklöst system
Direkt	1	2
Indirekt (värmväxling)	--	3

Tabell 1: Olika typer av ackumuleringstankar för vatten.

Med direkt ackumulering avses sådana system där pannvattnet eller motsvarande direkt ackumuleras i tanken och radiatorvattnet på motsvarande sätt tas ur tanken (1). Tanken måste normalt utformas som ett tryckkärl eftersom den utsättes för trycket från hela vattenpelaren i radiatorsystemet. En nackdel med direkta ackumulatortankar är att det erfordras ganska stora expansionskärl överst i uppvärmningssystemet. En tank om 3 m^3 fordrar således ett expansionsutrymme om 120 l.

Man kan undgå problemet med ett separat expansionskärl om man väljer ett s k trycklöst system (2). Detta innebär att vattenvolymen i ackumulatortanken tillåts variera. Om det är av direkt typ tas hela värmesystemets expansion upp av ackumulatortanken. Då cirkulationspumpen stannas kommer vattnet i radiatorkretsen och ev pannkrets att bli "hängande i rören" genom att alla förbindelser till ackumulatortanken mynnar under dess yta.

Trycktankar tillverkas alltid av stålplåt. Om en trycklös tank är gjord av stålplåt måste vattnet i tanken ha öppen förbindelse med luften för att volymen skall kunna varieras. För att undvika korrosion användes olika metoder för att förhindra syresättning av vattnet - luftfälla, oljefilm m m.

En annan metod (3) att göra tanken trycklös är att använda värmväxlare för att ladda resp ta ut värme ur tanken. Vi kan här tala om indirekt

ackumulering genom att tankens vatten är helt skilt från värmesystemet i övrigt.

Trycklösa tankar kan förutom av stålplåt även tillverkas av polymera material. På marknaden finns sådana tankar både av styv plast och av gummi. Gummitanken består av en gummiduk som ligger avlastad mot ett styvt och isolerat skal. Båda dessa tankar bygger på indirekt ackumulering, dvs är försedda med värmeväxlare.

För vårt bivalenta värmesystem skulle alla tre typerna av ackumulator kunna användas. Tankar med indirekt ackumulering har en potentiell nackdel i att de vid given framledningstemperatur till radiatorerna fordrar en något högre tanktemperatur. I de flesta fall torde det dock vara så att det är tappvattnet som definierar den nedre gränsen för lagringsintervallet. Om man vill kunna ta ut 45° tappvatten med en genomströmningsberedare måste tanken hålla ungefär 50° . Den intressanta frågan är då vilken framledningstemperatur till radiatorerna som erfordras vid de uthomhustemperaturer då luftvärmepumpens effekt börjar avta för att så småningom helt stängas av.

Författarnas erfarenheter från ett par äldre villafastigheter tyder på att man även i äldre fastigheter kan klara uppvärmningen med lägre framledningstemperatur än 45° vid de utomhustemperaturer då en luftvärmepump ensam klarar effektbehovet. Detta innebär att det är tappvarmvattnet som bestämmer den nedre temperaturgränsen för lagringsintervallet i tanken. Det praktiskt användbara lagringsintervallet blir således samma för en indirekt tank, där radiatorvattnet värms i värmeväxlare, som för en direktverkande tank.

I den fortsatta framställningen behöver vi således inte utgå från någon speciell typ av ackumulatortank.

3.2 Luftvärmepumpen

De flesta luft/vattenvärmepumpar som tillverkas för villabruk är utformade som kompletta uppvärmningssystem med inbyggd beredare för tappvatten och radiatorvatten. Dessa är olämpliga för anslutning till ackumulatorsystem där uttagen sker från ackumulatorn. På marknaden finns också värmepumpar, typ dockningsenheter som är avsedda för anslutning till en befintlig panna.

En sådan skulle kunna användas i ett ackumulerande system. Dockningsenheten producerar hetvatten som med en cirkulationspump kan överföras till tanken. Nackdelen med en sådan lösning är emellertid att det är omöjligt att ta ut en del av värmepumpens avgivna energi vid en högre temperatur än kondenseringstemperaturen såsom diskuterats ovan i problemanalysen.

För ett ackumulatortsystem torde den enklaste lösningen vara att låta värmepumpen kondensera direkt i tanken. Härigenom sparar man in en pumpcirkulation. Med en lämplig utformning av värmeväxlaren borde det också vara möjligt att i ett första steg ta ut energi ur hetgasen vid hög temperatur i tankens överdel och därefter låta kondenseringen ske i tankens nedre del.

För vår systemlösning skulle således värmepumpen kunna göras enklare än de som för närvarande finns på marknaden. Förutom av en förångare, som kanske placeras utomhus, och en för tanken avpassad kondensator, t ex i form av en slinga av kamflänsrör, kommer själva värmepumpsenheten enbart att bestå av kompressorn och erforderlig elutrustning.

3.3 Oljepannan

På en oljepanna som skall användas för att ladda en ackumulator ställs andra krav än på en traditionell villaoljepanna. De villapannor som finns på den svenska marknaden är "kompleta uppvärmningssystem" och innehåller varmvattenberedare, anläggningsshunt och ibland även cirkulationspump. Totala vattenvolymer är mellan 200-400 l.

En panna för laddning av ackumulator kan göras betydligt enklare. Den skall enbart producera hetvatten och behöver således varken shunt eller beredare. Vattenvolymer bör också vara så liten som möjligt. Stor vattenvolym innebär snarast en nackdel eftersom det tar längre tid att värma upp pannan och en större mängd värme går förlorad då pannan efter avslutad laddning av tanken står och kallnar.

Enkla oljepannor utan varmvattenberedare finns tillgängliga utomlands där man i större utsträckning använder separata varmvattenberedare.

Enligt en pannstillverkare skulle det vara möjligt att tillverka en oljepanna för enbart hetvattenproduktion med en så låg vattenvolym

som mellan 10-20 l. En sådan minipanna vore den lämpligaste lösningen för ett bivalent system. Det kan emellertid tänkas att man i vissa fall vill använda en befintlig oljepanna av traditionell utformning som komponent i ett bivalent system. Vi skall därför även diskutera hur en sådan skulle kunna inkorporeras i systemlösningen.

4 SAMMANKOPPLING AV SYSTEMETS KOMPONENTER

4.1 Koppling ackumulator - förbrukning (radiatorsystem och tappvarmvatten)

I problemanalysen ovan föreslogs att ackumulatortanken skall vara hjärtat i uppvärmningssystemet. Tanken skall fungera som två tankar genom att värmepumpen arbetar i en nedre svalare del och oljepannan vid behov i en övre varmare del. I den övre delen skall också om möjligt energi tas ut ur värmepumpens hetgas vid en högre temperatur än kondenseringstemperaturen. Problemet är nu att organisera uttagen ur tanken så att man hushållar med energikvaliteten (temperaturen) och således i första hand tar ut energi ur den nedre svalare delen av tanken. Vi skall här diskutera hur uttag av värme till radiatorsystem eller motsvarande samt tappvarmvatten kan ske.

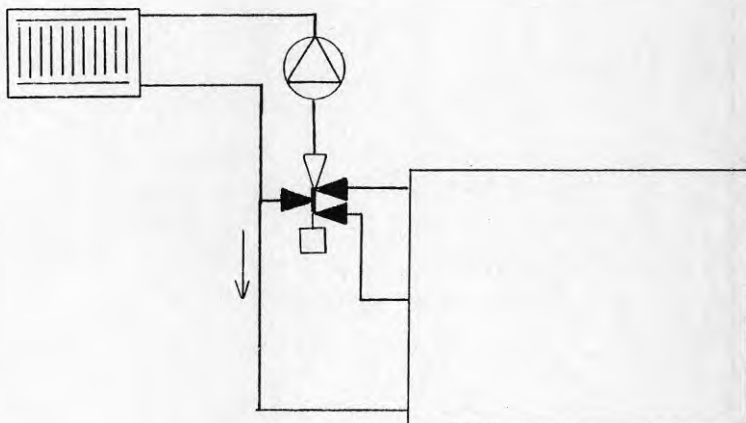
4.1.1 Radiatorsystem

Om man vill hushålla med temperaturen i tanken skall uttagen ske så långt ner som möjligt. Skall man kunna ackumulera ett skikt av hetare vatten i tankens överdel via värmen i hetgasen måste uttagen från tanken ske från det nedre skiktet vid sådana utomhustemperaturer då värmepumpens effekt överstiger behoven. Då värmepumpen och oljepannan arbetar tillsammans bör uttag kunna ske från båda skikten i tanken.

Dessa krav kan tillgodoses om man använder sig av en anläggningsshunt med flera ingångar. Man skulle kunna tänka sig en shunt med ett stort antal ingångar som ansluts till olika nivåer på tanken.¹⁾ Shunten öppnas successivt för tillopp från tanken på allt högre nivå till dess önskad framledningstemperatur uppnåtts.

1) Jfr Lindqvist: Sol- och vedvärme med korttidslagring för energisnåla hus, R 75:1982.

I vårt fall kommer tanken att arbeta med två distinkta temperaturskikt varför det är onödigt att ha fler än två tillopp från tanken/ingångar till shunten. En bivalent anläggningsshunt med två ingångar finns också på marknaden till lågt pris. Med en dylik shunt skulle anslutningen kunna utformas enligt figur 2. Eftersom tankens temperatur kommer att variera under olika driftsfall måste anläggningsshunten vara motorstyrd.



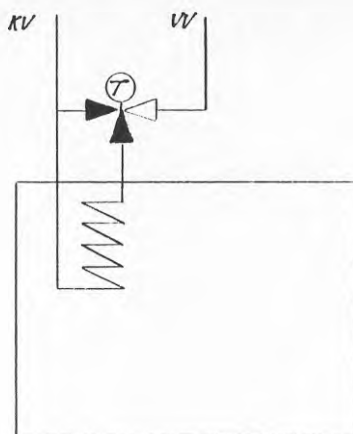
Figur 2.
Anslutning av
radiatorsystem

4.1.2 Tappvarmvatten

I ackumulatorsystem användes nästan uteslutande genomströmningsberedare för tappvarmvatten bestående av en eller flera slingor av koppar-kamflänsrör. Vi utgår från en sådan beredare och skall här diskutera hur den kan utformas för att svara mot kraven på hushållning med energikvaliteten.

Ett vanligt utförande av genomströmningsberedare framgår av figur 3. Beredaren är placerad i ackumulatortankens topp och anslutes för att ge konstant och lagom tappvarmvattentemperatur via en blandningsventil.

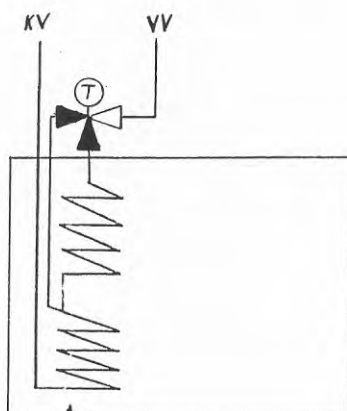
Denna lösning ger inte en god hushållning med energikvaliteten. Vattnet värms alltid upp i tankens varmaste del och för att sedan få lagom temperatur späds det ut med kallvatten i blandningsventilen.



Figur 3.
Traditionell genomströmningsberedare i ackumulatortank

Utformningen motverkar således skiktning i tanken och möjligheterna att kyla tankens nedre del och därmed ge bättre arbetsbetingelser för en värmepump utnyttjas inte. Om man kompletterar med en förvärmnings-slinga i tankens nederdel åstadkommes en kylning här men lösningen innebär fortfarande att man tar värme ur överdelen även i sådana fall då det ej behövs.

En bättre lösning vore att göra en "tvåledad värmväxlare" där de olika leden förbindes med en blandningsventil, se figur 4. Den undre delen av värmväxlaren anslutes till blandningsventilens kallvatten-ingång och den övre till dess varmvatteningång. Med denna konstruktion erhålles maximal kylning av nederdelen samtidigt som man ej tar ut mera värme ur överdelen än vad som är absolut nödvändigt för att uppnå önskad tappvattentemperatur.



Figur 4.
Tvåledad värmväxlare för tappvarmvatten

För att systemet skall fungera perfekt krävs att tankens botten-temperatur inte överstiger önskvärd tappvarmvattentemperatur mer än med 4-5⁰. Med en kondenseringstemperatur hos gasen i värmepumpen av ca 55⁰ torde temperaturen i tankens nedre skikt knappast överstiga 52-53⁰ vilket skulle ge en maximal tappvarmvattentemperatur från värmeväxlarens nedersta led om ca 47-48⁰. Konstruktionen innebär således inte någon risk för ett alltför hett tappvarmvatten.²⁾

4.2 Inkoppling av oljepannan

I problemanalysen föreslogs att för att oljepannan och värmepumpen skall kunna fungera väl tillsammans är det enklast att låta oljepannan enbart värma den övre delen av tanken och således reservera den nedre delen för värmepumpen. Vi konstaterade också att själva inkopplingen om möjligt borde göras så att pannan kan arbeta vid lämplig temperatur (minst 60⁰ returtemperatur) oavsett om tanken är kall eller varm samt att själv-cirkulationssystem knappast kan användas bl a på grund av att oljepannan saknar vedpannans dragregulator.

Inkopplingsproblematiken blir något olika beroende på om man vill använda en traditionell oljepanna med vattenvolym 200-400 l eller en minipanna med en volym av 10-20 l enligt vad som föreslagits ovan. Med en minipanna blir uppvärmningstiden mycket kort och förlusterna, på grund av att pannan kallnar efter avslutad laddning, försumbara. Med en traditionell oljepanna kan det vara aktuellt att överväga förvärmning av pannan samt något sätt att utnyttja eftervärmen då laddningen avslutats. Vi skall först diskutera själva laddningen av tanken och därefter återkomma till frågorna om förvärmning respektive utnyttjande av eftervärmen i pannan.

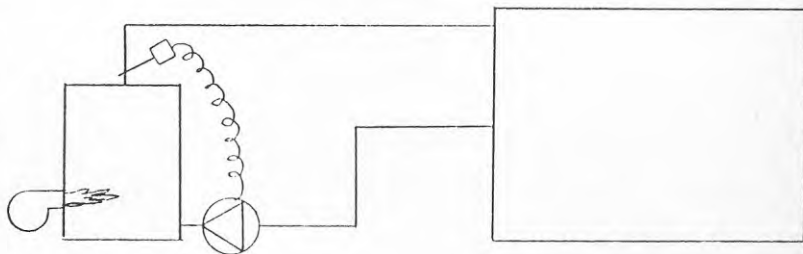
Oljepannan skall starta då värmepumpen inte ensam klarar behoven. Startimpulsen måste således komma från tanken. Enklast torde vara att placera en vanlig driftstermostat i tankens överdel inställd så att pannan startar vid t ex 55⁰ temperatur och då laddar upp tanken till exempelvis 75⁰. Det finns ett antal möjliga inkopplingsmetoder som i olika utsträckning uppfyller de krav som formulerats ovan.

2) Denna värmeväxlarkonstruktion har patentsökts av Suntec System AB.

4.2.1 Direktkoppling med pumpcirkulation

Den enklaste lösningen torde vara att koppla panna och tank direkt till varandra enligt figur 5 och låta driftstermostaten styra en cirkulationspump. Pumpen kommer således att gå så snart oljebrännaren går. Med denna inkoppling erhålles, då laddningsprocessen startar, en förvärmning av pannan till den temperatur som finns i nederdelen av tankens övre skikt. Därefter kommer pannans temperatur att följa temperaturen i detta skikt i tanken med ett litet försprång som bestäms av brännareffekt och pumpflöde. Om brännareffekten är 10 kWh och pumpflödet 30 l/minut kommer således det från pannan utgående vattnet att ha ca 5° högre temperatur än returen till pannan. Fördelen med denna lösning är dess enkelhet. Nackdelen är att pannan under en stor del av laddningscykeln kommer att arbeta vid för låg temperatur.

Figur 5.
Inkoppling av
oljepannan -
direktkoppling
med pumpcirkulation
ev med
termostat enl
figur



En variant vore att styra laddningspumpen med en termostat i pannans topp eller stigarledning. Då förloras förvärmningseffekten - pumpen startar inte förrän pannan kommit upp i lämplig driftstemperatur - och vi får därefter en intermitterent överföring till tanken. Den intermitterenta överföringen av hetvatten från panna till tank innebär också ett intermitterent inflöde av relativt kallt vatten från tanken till pannan.

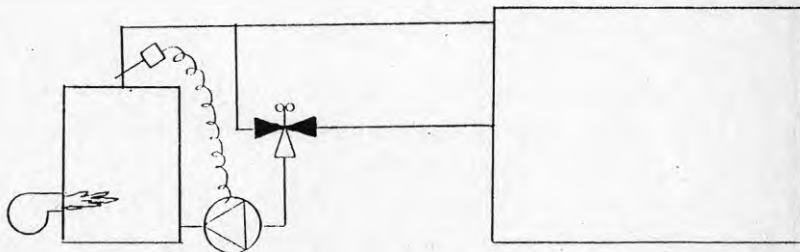
Det finns en viss risk för att stora temperaturvariationer i pannan kan leda till icke önskvärda materialpåfrestningar. En stor pannvolym borde dock ha utjämnande effekt på temperatursvängningarna i pannan. Denna lösning skulle således kunna övervägas om man använder en traditionell panna med stor vattenvolym.

4.2.2 Inkoppling av oljepannan med shuntslinga och handshunt

Antag att man med hänsyn till förbränningsresultat och pannans livslängd inte vill hålla lägre bottentemperatur (returtemperatur) än 60° . Om returen från tanken enbart håller 45° måste någon form av shuntning tillgripas. Med en inkoppling enligt figur 6 kan man medelst en handshunt ställa in hetvattenflödet till pannan så att erforderlig returtemperatur erhålles. Cirkulationspumpen, som lämpligast kan styras via en enkel termostat i pannans topp ger ett konstant flöde och därmed vid given brännareffekt också ett konstant temperatursteg över pannan.

Allt eftersom tanken värmes upp kommer såväl returen från tanken som returen till och framledningen från pannan att öka i temperatur. Om man inte ändrar shuntens inställning finns det viss risk för att pannan når sin maximitemperatur innan dess tanken värmts till önskad nivå. Detta problem blir särskilt uttalat om tanken är av indirekt typ, dvs om värmeöverföringen till tanken sker genom värmeväxling.

Det vore önskvärt att shunten kunde regleras så att returtemperaturen till pannan hölls konstant under hela laddningscykeln. Detta skulle kunna åstadkommas med en temperaturstyrd motorshunt men en enklare lösning är att använda en automatisk pannshuntventil enligt nedan.



Figur 6.
Inkoppling av
oljepanna med
shuntslinga och
termostatstyrd
pump

4.2.3 Inkoppling av oljepannan med en automatisk pannshuntventil

En automatisk pannshuntventil är en blandningsventil som specialtillverkat för att styra returtemperaturen till en panna.³⁾ Inkopplingen

3) En automatisk pannshuntventil enligt ovan har utvecklats av Suntec System AB och Markaryds Metallarmaturfabrik AB.

sker som i figur 6 med den förändringen att handshunten bytes mot blandningsventilen. Shuntslingan anslutes till ventilens varmvatteningång och returen från tanken till kallvatteningången. Ventilen blandar sedan vatten från shuntledningen med vatten från returen från tanken på ett sådant sätt att returen till pannan hålles på konstant temperatur, t ex 75⁰.

En laddningscykel får med denna inkoppling följande förlopp. Då brännaren startas är pannan kall och shuntventilen är endast öppen i den varma ingången. Vi får således enbart ett flöde i shuntslingan. Då pannan kommit upp i den temperatur som shuntventilen står inställd på börjar ventilen öppna sin kalla ingång, dvs öppna för returen från tanken. Hur stort flödet blir från tanken beror på returvattnets temperatur. En motsvarande överströmning av hetvatten sker från pannan till tankens topp.

Ventilens funktion innebär således att den styr över hetvattenflödet från pannan till tanken i den takt som pannan orkar producera. Temperaturen på pannans hetvatten är konstant under hela laddningsförloppet och bestäms av inställd returtemperatur i pannshuntventilen, pumpflödet genom pannan och brännareffekten. Med denna inkoppling blir således pannans arbetstemperatur oberoende av temperaturförhållandena i tanken och effektöverföringen konstant under hela laddningsförloppet.

4.2.4 Val av inkopplingsmetod

Om man i systemet vill använda en minioljepanna med låg vattenvolym torde en inkoppling till ackumulatorn med en automatisk pannshuntventil vara att föredra.

Denna inkoppling kan vara lämplig även om en traditionell oljepanna användes som spetsvärmekälla. I detta senare fall skulle även en enklare lösning med direktkoppling och termostatstyrd cirkulationspump kunna övervägas.

4.2.5 Förvärmning av pannan respektive utnyttjande av restvärmen

Om en traditionell oljepanna med stor vattenvolym skall användas vore det som ovan nämnts önskvärt att ordna med någon form av förvärmning av pannan. Tankens hetaste vatten finns i dess topp. Det vore

möjligt att utnyttja detta för förvärmning av pannan om den normala flödesriktningen vid laddning kunde kastas om. En möjlighet vore att använda en trefaspump med polomkopplare för cirkulationen panna-tank.⁴⁾ Förvärmning enligt denna princip är enklast vid direktkoppling mellan panna och tank. Om inkopplingen till tanken utföres med pannshuntventil är förbindelsen mellan pannans botten och tanken stängd då pannan är kall. Förvärmning genom omkastad cirkulation kräver således en förbikoppling av pannshuntventilen. Förbikopplingen måste förses med backventil för att ej störa pannshuntventilens funktion under laddningscykeln.

En annan möjlighet vore att förvärma pannan med en elpatron. Att eventuell förvärmning av pannan bör ske automatiskt då värmemetillskott erfordras från pannan är en ytterligare komplikation.

Sammanfattningsvis förefaller det som om det tekniska önskemålet om förvärmning av pannan kommer i konflikt med kravet på enkelhet i systemlösningen. Med hänsyn till att pannan kommer att utnyttjas under relativt liten del av året kan man kanske avstå från förvärmning och acceptera de nackdelar som kallstarter innebär.

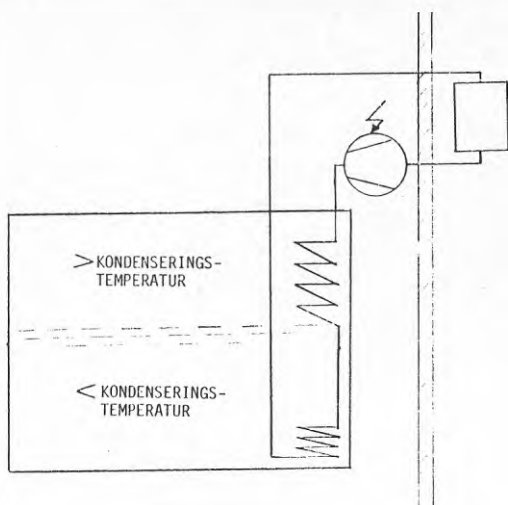
Att utnyttja eftervärmen i pannan är också önskvärt om pannan har stor vattenvolym. Enklast är att ansluta tappvarmvattnet så att det förvärmes i pannans beredare innan det går vidare till tanken för eventuell slutvärmning (eller avkylning) till önskvärd temperatur.

4.3 Värmepumpens anslutning till systemet

I problemanalys och komponentdiskussion föreslogs att värmepumpen utföres så att den kondenserar direkt i ackumulatortanken. Om värmepumpen på sådant sätt integreras med tanken blir utformningen av den i tanken placerade kondensorn det centrala problemet. Kondensorn skulle kunna göras av kamflänsrör vilka placeras i tanken som framgår av figur 7.

4) Denna lösning har diskuterats av Brosenius, bl a i "Flexibelt ackumulatorsystem för uppvärmning vid småhus", R 119:1979.

Figur 7.
Principiell utformning av kondensator till värmepump för direktkondensering i ackumulatortank



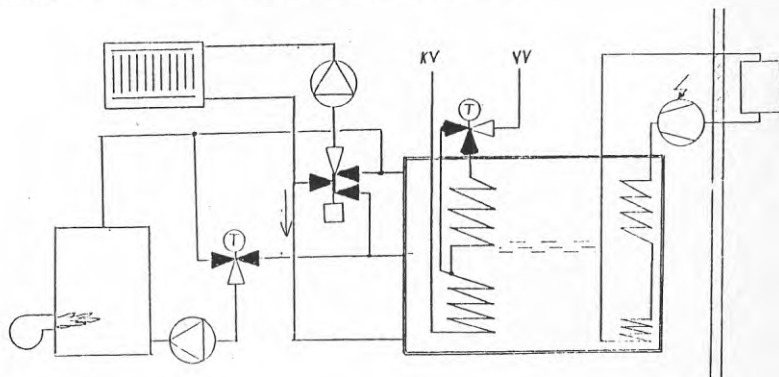
Med denna konstruktion erhålles följande uppvärmningsförlopp i tanken. Hetgasen från kompressorn kan antas ha en temperatur mellan $90-110^{\circ}$. Vid start från en kall tank kommer kondensationen inledningsvis att ske i tankens övre del. Allteftersom tanken värms upp flyttas kondensationen nedåt i slingorna.

Då hela överdelen värmts till kondenseringstemperaturen förflyttas kondensationen till tankens nedre del. Enbart övertemperaturen i hetgasen tas nu ut i tankens övre del. Om radiatorer och tappvarmvatten anslutes så som föreslagits ovan kommer uttagen enbart att göras från tankens nedre del så länge värmepumpens effekt överstiger behoven. Den energi som tas ut ur hetgasen i den övre delen av tanken kan således ackumuleras.

4.4 Sammanfattning av den föreslagna systemlösningen

Systemlösningen kan nu sammanfattas enligt figur 8.

Figur 8.
Föreslagen systemlösning



Värmepumpen styrs av en enkeltermostat placerad vid tankens botten. Termostaten slår av värmepumpen då hela tankens nedre del nått en temperatur några grader under kondenseringstemperaturen.

Oljepannan styrs av en driftstermostat (differenstermostat) som startar pannan då temperaturen i tankens övre del sjunkit till en viss gräns samt låter pannan gå till dess temperaturen i överdelen höjts ett lämpligt antal grader. Cirkulationen mellan panna och tank styrs av en enkel termostat i pannans överdel eller stigarledning. Termostaten ställes så att pumpen startar då pannan uppnått lämplig driftstemperatur. Pannan bör också förses med en säkerhetstermostat som stänger av brännaren vid en inställd maximitemperatur om t ex cirkulationspumpen skulle haverera.

Anläggningsshunten är motordriven och styrs av en utomhusgivare.

Författarnas erfarenheter av ackumulatorsystem indikerar att själv-cirkulation i anslutningarna till ackumulatören kan vara en betydande källa till värmeförluster. Alla anslutningar bör därför förses med någon form av värmefällor för att förhindra själv-cirkulation. Rören kan t ex böjas nedåt omedelbart efter anslutning till tankens sida. För att öka överskådligheten har dylika värmefällor genomgående utelämnats i figurerna.

En fråga som inte behandlats är hur stor del av tanken som skall reserveras för värmepumpen (kondenseringsvärme) respektive hur stor del som skall reserveras för ackumulering av hetgasvärme och spetsvärme från oljepannan. Det nedre skiktets funktion är att ge värmepumpen lämpligt långa driftsintervall under den del av året då dess kapacitet överstiger behoven. Ju större ackumulatorvolym som väljes desto större andel av tanken kan utnyttjas för ackumulering av vatten med högre temperatur än kondenseringstemperaturen. Vid tankdimensioneringen måste fördelarna av ackumulering avvägas mot ökad kostnad för en större tank och kostnad för större värmeförluster.

5 EKONOMISK UTVÄRDERING

5.1 Inledning

Vid en ekonomisk utvärdering av en energiinvestering kan man använda flera olika kriterier vid bedömning. Det mest närliggande är att mäta *lönsamheten* uttryckt t ex som årlig besparing eller som totalt nuvärde, dvs nuvärdesumma av de årliga besparingarna under den ekonomiska livslängden minus investeringsutgiften. Ett annat kriterium kan vara investeringens känslighet för ändringar i prisnivåer och i prisrelationer för olika energislag. Detta är en del av investeringens *flexibilitet*. Förutom priskänslighet så brukar man i flexibiliteten räkna in anpassningsförmågan till ändrade förutsättningar i allmänhet. Ett värmesystem med ackumulator torde således ha en högre flexibilitet än ett system som saknar en sådan eftersom en ackumulator medför en enklare och billigare övergång till helt nya *energislag* såsom gas eller pellets. Värdet av denna del av flexibiliteten är svårare att kvantifiera. Det kan dock konstateras att det skisserade bivalenta värmepumpsystemet är överlägset de flesta konkurrerande system i detta avseende.

I den ekonomiska utvärderingen nedan skall systemets lönsamhet och priskänslighet jämföras med några konkurrerande system för villauppvärmning. Jämförelser göres med oljepanna (detta alternativ användes som referenspunkt), med elpanna, med kombinationspanna (olja + el), samt i fallet då det finns en fungerande oljepanna göres jämförelse med en investering i en s k elkassett.

Det finns även systemlösningar som är mera likartade det här föreslagna, system där en värmepump dockas direkt till en oljepanna. Sådana lösningar blir antagligen billigare att installera men funktionen kan i flera avseenden antas bli sämre än för det här föreslagna systemet. Som tidigare diskuterats blir möjligheterna till korttidslagring och parallellkörning mellan värmepump och oljepanna sämre och kondenserings-temperaturen måste antagligen sättas högre genom sämre hushållning med "energikvalitén". Härigenom kan såväl årstäckning som värmefaktor antas bli sämre i det enklare systemet. Det är emellertid svårt att exakt kvantifiera dessa skillnader i ett projekteringssskede varför i den ekonomiska utvärderingen jämförelser endast kommer att göras med de tidigare nämnda olje- och elbaserade systemen.

Kalkylerna kommer i huvudsak att göras ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Avslutningsvis kommer även privatekonomiska kalkyler att göras där inverkan av skattemässiga ränteavdrag och bidragsmöjligheter diskuteras översiktligt.

Kalkylerna är medvetet försiktigt gjorda och ligger på något slags miniminivå. Som framgår av fortsättningen visar sig systemet trots detta som fördelaktigt i de flesta beslutssituationer.

5.2 Beslutssituationer och tänkbara uppvärmningssystem

Kostnadsstrukturen för det beskrivna systemet kännetecknas grovt sett av att den tidigare rörlig uppvärmningskostnad för eldningsolja till stor del ersättes av en fast kostnad i form av en kapitalkostnad för det nya systemet plus en mindre rörlig kostnad i form av elenergi för värmepumpen och eldningsolja för spetsvärme. Som utgångspunkt för diskussionen tages ett äldre enfamiljshus med en oljeförbrukning av ca 4 m³ olja. Möjligheter för ytterligare energibesparingar genom tätning och isolering antages vara begränsade och förutsättningar för andra slag av värmepumpsystem än ett luft/vattensystem antas vara mindre goda. Tre huvudfall för kostnadsdiskussionen kommer att diskuteras:

- A) Det befintliga uppvärmningssystemet är helt obrukbart och måste ersättas helt.
- B) En fungerande oljepanna finns installerad och denna kan tjäna som spetsvärmekälla under värmepumpens ekonomiska livslängd.
- C) En kombipanna, olja + el, finns installerad.

Under alternativ A) kommer en installation av ett bivalent system att innefatta minioljepanna, värmepump och ackumulator medan den befintliga pannan i situation B) och C) kan fungera som spetsvärmekälla, och värmepumpsystemet endast kräva nyinstallation av värmepump och ackumulator.

5.3 Kalkylförutsättningar

5.3.1 Investeringsutgift för det bivalenta värmepumpsystemet

Komponent- och installationskostnaderna för värmepumpsystemet i de tre beslutssituationerna framgår av nedanstående sammanställning, vilken uppgjorts efter diskussioner med komponenttillverkare. De kostnader som anges för minioljepanna och värmepump förutsätter att de möjligheter till konstruktionsmässiga förenklingar som systemet medger har utnyttjats och att produktion kan ske i för branschen normala seriestorlekar.

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
Minioljepanna inkl brännare	5 000	--	--
Tank inkl värmeväxlare (tankvolym: 1 500 l)	6 000	6 000	6 000
Värmepump	<u>9 000</u>	<u>9 000</u>	<u>9 000</u>
	20 000	15 000	15 000
Distribution 25 %	5 000	3 750	3 750
Installation el och VVS	<u>6 000</u>	<u>5 000</u>	<u>5 000</u>
	31 000	23 750	23 750
Moms etc	<u>4 000</u>	<u>3 250</u>	<u>3 250</u>
	35 000	27 000	27 000

5.3.2 Investeringsutgift för konkurrerande uppvärmningssystem

Efter kontakter med olika fabrikanter har följande grova uppskattningar av totalpriserna för några konkurrerande system tagits fram:

Kombinationspanna	18 000
Elpanna	15 000
Oljepanna	15 000
Elkasset	5 000

Samtliga system antages ha en ekonomisk livslängd av 15 år.

5.3.3 Tankdimensionering i värmepumpsystem - inverkan på värmepumpens prestanda

Akkumulatortanken antages rymma ca 1 500 l. I problemanalysen har olika funktioner för ackumulatorn diskuterats, tappvattenlagring, buffert för att ge långa driftsintervall för värmepumpen samt buffert för att klara korta köldperioder.⁵⁾

En tank med en volym av cirka 1 500 l skulle klara de två första funktionerna och delvis den tredje. Om tankens övre 2/3 värmes till 75⁰ medan den nedre håller undre temperaturgränsen för bruksvatten, 50⁰, finns en buffert av 29 kWh. Systemet skulle således klara drygt ett dygn med en värmeförbrukning som överstiger tillförseln med 1 kWh.

En exakt optimering av tankstorleken låter sig emellertid knappast göras i ett projekteringssskede utan måste studeras medelst praktiska prov eller simulering utifrån meteorologiska findata över årstemperaturen timme för timme. En rad faktorer måste vägas samman, möjligheterna att lagra övertemperaturer från värmepumpens hetgas i tankens överdel, värdet av korttidslagring som ökar vid många fluktuationer kring den balanspunkt där värmepumpens kapacitet och husets värmebehov är lika stora, fördelen av långa driftsintervall för värmepumpen, värmeförluster vid olika tankstorlekar etc.

5.3.4 Energitäckning från värmepumpen

En viktig faktor vid bedömning av lönsamheten för det skisserade bivalenta värmesystemet är hur stor del av årsenergiebehovet som värmepumpen förmår täcka. Åtminstone fem faktorer påverkar denna årstäckningsgrad:

1. *Klimatförhållanden*, kustklimat "milt och blåsig" är fördelaktigare än inlandsklimat. I figur 9 anges en varaktighetskurva för Syd-sverige.
2. *Dimensionering av värmepumpen*. Större pump leder naturligtvis till större täckningsgrad men samtidigt mera intermittent drift under

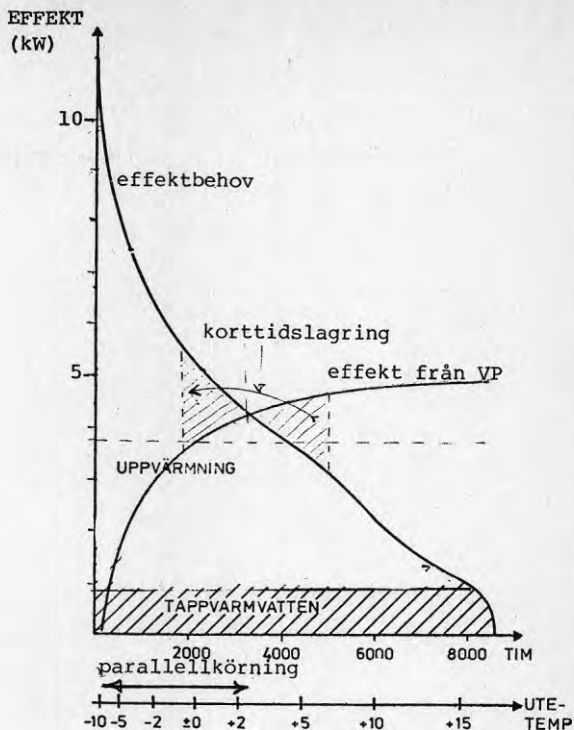
5) Omfattande studier om hur akkumulatortankar fungerar i olika uppvärmningssystem har gjorts av Hilding Brosenius.

en stor del av året. Med ackumulator blir dock driftsintervallen längre varför detta problem blir mindre. I ett system med ackumulator kan man därför välja en något större värmepump än i ett icke ackumulerande system.

3. *Lagringsmöjlighet.* En buffert på ca 30 kWh som i det skisserade systemet ger möjlighet att klara mindre fluktuationer runt balanspunkten där tillförd och avgiven effekt är lika stora.
4. *Möjlighet till parallellkörning mellan värmepump och spetsvärmekälla.* Om värmepumpen slår ifrån så snart den inte ensamt klarar behoven minskar årstäckningen. Den hushållning med temperatur som diskuterats i samband med inkopplingen av radiator- och tappvarmvattensystem innebär en kraftig kylning av tankens nedersta skikt vilket skapar förutsättningar för värmepumpen att ta en del av lasten även under de perioder då tillskott från oljepannan erfordras. Det kan därför antas att möjligheten till parallellkörning är större i det här föreslagna systemet än i ett system bestående av en oljepanna + en värmepump i form av en dockningsenhet.
5. *Prisrelationerna mellan el och olja.* Om relativpriset på el ökar kan det vara ekonomiskt motiverat att övergå till olja tidigare än vad som behövs av rent tekniska skäl.

Figur 9 på nästa sida är uppgjord för det tidigare diskuterade typhuset med en årlig oljeförbrukning av 4 m^3 eldningsolja. Efter kontakter med värmepumpsfabrikanter anses en årstäckning från en luftvärmepump av ca 70 % vara normalt.

Genom större möjlighet till korttidslagring och parallellkörning antages denna siffra i det skisserade bivalenta systemet med ackumulator kunna höjas till minst 75 %. Detta är ett försiktigt antagande. I den fortsatta kalkylen göres dock endast jämförelser med system utan värmepump varför försiktighet kan vara på sin plats. För att få en exakt jämförelse med andra värmepumpsystem typ dockningsenhet till en oljepanna krävs noggrannare praktiska prov. Skillnaderna i olika fabrikanter uppgifter gör det svårt att på förhand bedöma vad som är normalvärden för dessa konkurrerande värmepumpsystem. Som tidigare nämnts avstår vi därför i denna förstudie från sådana jämförelser.



Figur 9.
Tyhusets effektbehov och värmepumpens avgivna effekt under årets timmar ordnade efter utetemperatur.

5.3.5 Antaganden om driftsprestanda och verkningsgrader för olika uppvärmningssystem

Nedan sammanfattas de antaganden om driftsprestanda och verkningsgrader för olika uppvärmningssystem som kommer att användas i kostnadsberäkningarna.

Årsenergitäckning från värmepump i det bivalenta systemet	75 %
Årsmedelfaktor för värmepump	2,1
Medelverkningsgrad för spetsvärmepanna som endast köres vintertid	85 %
Medelverkningsgrad för äldre oljepanna	70 %
Verkningsgrad för elpanna	100 %

I alla system tillkommer naturligtvis värmeförluster. Dessa torde dock vara av samma storleksordning i de olika systemen varför de räknas in i värmeförbrukningen och ej beaktas separat i kalkylerna.

5.3.6 Energipriser

Ett mycket avgörande antagande för beräkningsresultaten är vilka relativpriser som kommer att gälla för el och olja under planeringsperioden. Som ett försiktigt grundalternativ i kalkylerna antages dessa relativpriser att förbli konstanta i fast penningvärde, dvs priset stiger endast i takt med inflationen.

Oljepris för eldningsolja 1: 2 300 kr/m³.

Som utgångspunkt för eltaxorna i kalkylerna har tagits Sydkrafts taxor från 1 maj 1983.

Eltaxor

	Abonnemangs- avgift 16 amp.	20 amp.	Energiav- gift inkl skatt 4 öre
Normaltaxa	500	680	26,5 öre
Elvärmataxa	1 250	1 550	22,0 öre
Årsdifferentierad taxa	} 800	1 000	39,0 öre
"vinter vardag", nov-mars, månd-fred, 08-22			18,0 öre
Övrig tid			

5.3.7 Kalkylränta

Valet av diskonteringsränta i kalkylerna påverkar slutsatserna kraftigt. Historiskt sett har realräntan i Sverige och utomlands varit 2-4 %. Ju högre kalkylränta man väljer vid diskonteringen desto mera missgynnas kapitaltunga investeringar med lång livslängd. Då det mera kapitalintensiva bivalenta systemet jämföres med andra system med större andel rörliga kostnader torde det innebära en ganska försiktig bedömning att använda en real kalkylränta motsvarande 4 %. Genom att kalkylerna göres i fasta priser behöver inget antagande göras om inflationstakten under planeringsperioden. Denna inverkar inte på lönsamhetsbedömningen utan endast vid en analys av likviditetseffekterna. En sådan analys kommer att göras efter den egentliga ekonomiska bedömningen. Under planeringsperioden antages en inflation av 8 % per år vilket skulle motsvara en nominell kalkylränta av $1,04 \times 1,08 - 1 = 0,1232$ dvs 12,32 %.

5.4 Beräkningsresultat

Förutom de ganska detaljerade antaganden som hittills redovisats måste man vid en fullständig lönsamhetsbedömning av olika alternativ även göra exakta antaganden om exempelvis förbrukningsmönstret för energi för uppvärmning och tappvatten under året. Detta leder till detaljrika och omfattande kalkyler som lätt får karaktär av alltför stor exakthet.

I bilaga 1 redovisas först antaganden om förbrukningsmönster för energi under olika delar av året för typhuset och därefter göres detaljerade kalkyler utifrån antagandena. På sid 34 visas en total sammanställning av lönsamhetsbilden för rimliga uppvärmningsalternativ i olika beslutssituationer. Sammanställningen är gjord i form av ett beslutsträd. För varje uppvärmningsalternativ som analyserats i bilaga 1 har det bästa förts vidare till denna sammanställning.

Den samhällsekonomiska lönsamheten beräknas vid två olika antaganden om energiprisutvecklingen. I den sista kolumnen visas den privatekonomiska lönsamheten vid reallt konstanta energipriser.

5.4.1 Samhällsekonomisk lönsamhet vid antagande om reallt energipris

I den första nuvärdeskolumnen av tabell 2 redovisas nuvärdena vid grundantagandena om en real kalkylränta av 4 % och ett antagande om reala prisändringar för olja och el av 0 %. Som framgår av sammanställningen är det bivalenta värmesystemet mest lönsamt i situationen med en utsliten panna även om en kombinationspanna inte ligger långt efter lönsamhetsmässigt. Om det finns en fungerande oljepanna kan denna kompletteras med en ackumulator och en värmepump till ett komplett bivalent system. Detta är det mest lönsamma alternativet i denna situation även om en betydligt mindre kapitalkrävande investering i en elkassett skulle ge nästan lika god lönsamhet. Om en kombinationspanna redan finns installerad finns det med grundförutsättningarna om räntor och priser emellertid inget utrymme för en komplettering till ett fullständigt bivalent system utan det mest lönsamma alternativet är fortsatt drift.

5.4.2 Samhällsekonomisk lönsamhet vid förändringar i prisnivåer och prisrelationer för energi

Den ovan diskuterade lönsamhetsbilden bygger på mycket försiktiga antaganden om prisutvecklingen för energi. Med ett blygsamt antagande om en real prisökning på energi motsvarande 2 % förändras bilden. Som framgår av tabell 2 framstår värmepumpsystemet som klart mest lönsamt i de två första beslutssituationerna medan avståndet i lönsamhet till fortsatt drift i det tredje fallet minskar betydligt. Det kapitalintensiva värmepumpsalternativet gynnas således i högre grad än övriga alternativ av stigande energipriser.

Ett fall som dock vore ogynnsamt för investeringen i värmepumpsystemet är om oljepriset förblir oförändrat eller t o m faller räknat i fasta priser medan elpriset stiger kraftigt. Denna prisstegring måste dock vara mycket kraftig för att investeringen skall bli olönsam jämfört med ren oljeuppvärmning. Den lönsamhetsmässiga nollpunkten nås vid en realprisstegring av el motsvarande 6,7 % per år. En sådan kraftig prisstegring skulle emellertid leda till ett så högt elpris att det skulle bli aktuellt med ändrad körstrategi i slutet av perioden. Det reala elpriset skulle vara 66 öre efter 15 år (motsvarande 209 öre i löpande pris vid 8 % inflation), vilket trots utväxlingen i värmepumpen skulle vara betydligt högre än "oljekilowatten". Systemets lönsamhet är således ganska okänsligt för förändringar i prisrelationerna. I detta avseende är det överlägset alla de konkurrerande systemen.

5.4.3 Privatekonomisk lönsamhetsbedömning

I en privatekonomisk kalkyl måste skatteeffekter för ränteavdrag och olika former av energisparstöd såsom räntefrihet under viss tid för viss del av investeringsbeloppen beaktas. Detta sänker den reala kalkylräntan. Eftersom förutsättningarna om kapitaltillgång, lånemöjligheter och marginalskatt varierar starkt för olika individer så blir kalkylen i princip olika för varje enskild investerare. Ett rimligt antagande kan vara att den genomsnittliga räntan före skatt (med beaktande av räntefrihet på viss del av beloppet) är 10 %. Med en antagen marginalskatt av 50 % leder detta till en real kalkylränta av ca - 3 %. I den sista kolumnen av tabell 2 har nuvärdena vid denna räntesats beräknats. Som framgår av uppställningen är investeringen i det bivalenta värmepumpsystemet lönsammast i alla beslutssituationer. Om man även i detta fall räknar med en real prisstegring på energi hade kalkylen för värmepumpen förbättrats ytterligare.

Investerings- belopp	Besparing vid dagens prisnivåer	Samhällsekonomiskt		Privatekonomiskt	
		Nuvärde Real kalkyl- ränta 4 % real e-pris- ökning 0 %	Nuvärde Real kalkyl- ränta 4 % real e-pris- ökning 2 %	Nuvärde Real kalkyl- ränta 4 % real e-pris- ökning 0 %	Nuvärde Real kalkyl- ränta 4 % real e-pris- ökning 0 %
15 000	0	- 15 000	- 15 000	- 15 000	- 15 000
15 000	2 115	8 515	12 256	25 040	25 040
18 000	3 063	16 056	21 743	39 986	39 986
35 000	4 754	17 857	26 265	54 999	54 999
0	0	0	0	0	0
5 000	2 678	24 774	29 511	45 698	45 698
15 000	2 115	8 515	12 256	25 040	25 040
18 000	3 063	16 056	21 473	39 986	39 986
27 000	4 754	25 857	34 256	62 999	62 999
0	3 063	34 056	39 473	57 986	57 986
27 000	4 754	25 857	34 256	62 999	62 999

Tabell 2: Lönsamhet för olika uppvärmnings-
system i olika beslutssituationer

5.4.4 Likviditetseffekt av en investering i ett bivalent värmepumpsystem

Som framgick av föregående avsnitt ger investeringen i värmepumpsystemet en god privatekonomisk lönsamhet. För en privatperson är emellertid förutom lönsamhetsaspekten även likviditetsaspekten betydelsefull. Investeringar med lång livslängd medför ofta en ökad årlig utbetalning de första åren jämfört med fortsatt drift. För en privatperson med ansträngd ekonomi kan detta vara oacceptabelt trots att investeringen är lönsam. I bilaga 2 visas en översiktlig kalkyl över likviditetseffekterna av en investering i värmepumpsystemet. Som framgår av denna är det endast det första året som utbetalningarna skulle bli större med det nya systemet. Likviditetseffekten bör således ej vara avskräckande.

5.5 Slutkommentar till beräkningsresultaten

Grovt sett kan kalkylresultaten sammanfattas på följande sätt. Vid dagens energiprisnivå är värmepumpsystemet ur samhällsekonomisk synpunkt ungefär jämförligt lika lönsam som en kombipanna respektive en elkasset till befintlig panna. Skillnaderna till värmepumpens fördel ligger inom kalkylens felmarginal. För att skillnaden till värmepumpsystemet skall framstå som signifikant bättre fordras en reellt kraftig realenergiprisökning (större än 2 %).

Bedömningen kan dock ändras om man är beredd att sätta ett värde på att värmepumpen kan minska förbrukningen av primärenergi till ungefär hälften. En satsning på värmepumpsystem innebär också att man ersätter importerad olja med sysselsättningskapande investeringar. Det skall dock bäras i åtanke att investeringar i en fastighets system för energitillförsel principiellt konkurrerar med byggnadsinvesteringar som minskar energibehoven. Detta gäller dock främst vid nybyggnation. För det befintliga byggnadsbeståndet stiger kostnaderna för ytterligare minskning av värmebehovet snabbt sedan enkla åtgärder som tätning av fönster, isolering av vindbjälklag osv har vidtagits. I sådana fastigheter kan det vara gynnsammare att investera i tillförselsystemet.

Kalkylen visar på mycket god privatekonomisk lönsamhet för värmepumpsystemet. Denna privatekonomiska lönsamhet beror dock till största delen på energisparlån och ränteavdrag. Man kan kanske hoppas att den

lönsamma finansiering som erbjuds konsumenten är ett uttryck för en politisk värdering av de samhällsekonomiska fördelar som nämnts ovan.

6 FÖRSLAG TILL FORTSATT PROJEKTUTVECKLING

I analysen av den föreslagna systemlösningen har ett antal antaganden gjorts om olika komponenters funktion och om hur de skall samverka i systemet.

Parallellt med färdigställandet av denna rapport har en provanläggning uppförts i en äldre villafastighet. Några veckors inledande prov har visat att systemets grundfunktioner fungerar såsom förutsatts, dvs värmepumpen kan ladda ackumulatortankens överdel till högre temperatur än kondenseringstemperaturen och uttag till radiatorer och tappvatten kyler effektivt nederdelen.

Systemets fördelar jämfört med ett enklare bivalent system t ex en oljepanna med dockad värmepumpsenhet har endast kunna bedömas diskussionsvis. För en säkrare bedömning krävs praktiska prov under en längre tidsperiod. Det finns därför anledning att driva projektet vidare i form av en uppföljning av provanläggningens prestanda. Centrala frågor för ett sådant mätprogram är:

1. Vad betyder lagringsfunktionen för värmepumpens andel av årsenergiförbrukningen?
2. Vad betyder möjligheterna till samkörning värmepump - oljepanna för värmepumpens årsenergitäckning?
3. Vilka möjligheter ger ackumulatorn och de föreslagna arrangemangen för uttag till radiatorer och tappvatten att sänka värmepumpens kondenseringstemperatur?
4. Hur påverkas systemets prestanda av ackulatorns och värmepumpens dimensionering?

En annan intressant utvecklingsmöjlighet vore att utreda systemets förutsättningar för större fastigheter. Kapitalintensiva uppvärmningssystem torde i de flesta fall genom skalfördelar ha bättre förutsätt-

ningar ju större fastigheten är. Därutöver förefaller ett bivalent värmesystem med ackumulator ha speciellt goda förutsättningar att utnyttja befintliga komponenter. I större fastigheter har man som regel fristående varmvattenberedare varför en befintlig oljepanna är väl ägnad att anslutas till en ackumulator. Installation av en ackumulator kan också eventuellt ersätta en uttjänt befintlig varmvattenberedare.

KOSTNADER FÖR OLIKA UPPVÄRMNINGSSYSTEM VID ALTERNATIVA ELTAXESTRUKTURER OCH KÖRSTRATEGIER

För att kunna göra kostnadsjämförelser mellan olika uppvärmningssystem måste detaljerade antaganden göras om förbrukningsmönster, eltaxestrukturer och körstrategier. Förutom antaganden om totalförbrukning måste dennas fördelning över året och över dygnet uppskattas. Det empiriska underlaget för sådana uppskattningar är ganska dåligt, varför de fortsatta kalkylerna mera bör ses som räkneexempel. Variationerna mellan olika familjer torde också vara ganska stora. Som framgår av kalkylerna kommer de säsongsdifferentierade taxorna i de flesta fall te sig som mest fördelaktiga. Uppskattningarna hur mycket av energiförbrukningen som kan förläggas till lågtaxeperioder har medvetet gjorts försiktiga. I verkligheten kan fördelarna av denna typ av taxor vara ännu större.

Utgångspunkter för kostnadsjämförelser

- Enfamiljsfastighet som förbrukar 4 m^3 olja per år motsvarande 27 888 kWh vid 70 % verkningsgrad hos oljepannan.
- 65 % av uppvärmningsbehovet antages ligga under tiden november-mars.
- Oljepris och eltaxor enligt sid 31.
- Förbrukningen av hushållsel antas vara 6 000 kWh per år varav 50 % under november-mars.
- Som basalternativ antas oljedrift och ett 16 amp. elabonnemang med "normaltaxa".

Säsongsdifferentierad eltaxa - förbrukningsmönster - andel låg- och högtaxa

Beräkning av hur stor andel av uppvärmningsbehovet som ligger under högtaxetid med antaganden om jämn förbrukning över dygnet och över veckan.

5 x 16 tim per vecka med högtaxa av veckans 24 x 7 = 168 tim.

Uppvärmning

$$\begin{aligned} \text{Andel under högtaxa} & \frac{80}{168} \times 0,65 = 0,3095 \\ \text{Andel under lågtaxa} & 0,6905 \end{aligned}$$

Hushållsel

Av hushållsel antages 75 % ligga under "högtaxetimmarna"

$$\begin{aligned} \text{Andel under högtaxa} & \frac{0,75 \times 5}{7} \times 0,5 = 0,2679 \\ \text{Andel under lågtaxa} & 0,7321 \end{aligned}$$

Bivalent värmesystem - beräkningar av årskostnada) Normaltaxa 16 amp. för el

$$\begin{aligned} \text{Elkostnad} & 0,75 \times \frac{27\ 888}{2,1} \times 0,265 = 2\ 639 \\ \text{Oljekostnad} & 0,25 \times \frac{27\ 888}{9\ 960 \times 0,85} \times 2\ 300 = 1\ 894 \\ \text{Årskostnad} & 4\ 533 \end{aligned}$$

b) Säsongsdifferentierad taxa 16 amp.

Spetsvärme, olja, nov-mars	25 %
VP nov-mars	40 %
VP övrig tid	35 %

$$\text{Högtaxeandel nov-mars} \frac{80}{168} = \frac{10}{21}$$

$$\text{El till VP högtaxa} \frac{10}{21} \times 0,40 = 19,05 \%$$

$$\text{El till VP lågtaxa} 55,95 \%$$

$$\text{Elkostnad} \frac{27\ 888}{2,1} (0,1905 \times 0,39 + 0,5595 \times 0,18) = 2\ 324 \text{ kr}$$

$$\text{Oljekostnad} 0,25 \times \frac{27\ 888}{9\ 960 \times 0,85} \times 2\ 300 = 1\ 994 \text{ kr}$$

$$\text{Ökad abonnemangsavgift} 300$$

$$\text{Vinst på hushållsel} 6\ 000 (0,2679 \times 0,39 + 0,7321 \times 0,8 - 0,265) = - 172 \text{ kr}$$

$$\text{Årskostnad} 4\ 446 \text{ kr}$$

Årskostnad för kombipannaa) Elvärmetaxa, eldrift hela året, 20 amp. huvudsäkring

Elkostnad 27 888 x 0,225	= 6 275 kr
Ökad abonnemangavgift	1 050 kr
Vinst på 6 000 kWh hushållsel	<u>- 240 kr</u>
Årskostnad	7 085 kr

b) Säsongsdifferentierad taxa, eldrift hela året, 20 amp. huvudsäkring

$(0,3095 \times 0,39 + 0,6905 \times 0,18) \times 27\ 888$	= 6 832 kr
Ökad abonnemangavgift	500 kr
Vinst hushållsel	<u>- 174 kr</u>
Årskostnad	7 158 kr

c) Säsongsdifferentierad taxa, eldrift april-oktober, 16 amp. huvudsäkring

Elkostnad 0,35 x 27 888 x 0,18	= 1 757 kr
Oljekostnad $0,65 \times \frac{27\ 888}{0,85 \times 9\ 960} \times 2\ 300$	= 4 925 kr
Ökad abonnemangavgift	300 kr
Vinst hushållsel	<u>- 174 kr</u>
Årskostnad	6 808 kr

d) Säsongsdifferentierad taxa, eldrift endast vid lågtaxa, 20 amp. huvudsäkring

Elkostnad 0,6905 x 27 888 x 0,18	= 3 466 kr
Oljekostnad $0,3095 \times \frac{27\ 888}{0,85 \times 9\ 960} \times 2\ 300$	= 2 345 kr
Ökad abonnemangavgift	500 kr
Vinst hushållsel	<u>- 174 kr</u>
Årskostnad	6 137 kr

Kostnader för olje- och elpanna

Uppvärmning med eldningsolja i en oljepanna betraktas som ett slags nollalternativ varifrån övriga alternativbesparingar räknas. En investering i en ny oljepanna kan inte anses som ett realistiskt alter-

nativ, men för fullständighetens skull tas detta med i en total jämförelse. Eldrift med en elpanna uppskattas ge samma årskostnader som b-alternativet med kombipanna.

Ytterligare ett alternativ är att komplettera den befintliga oljepannan med en elkassett. Enda skillnaden i driftkostnad jämfört med en kombipanna som körs med säsongsdifferentierad eltaxa är att verkningssgraden vid eldrift endast antages vara 90 % p g a större värmeförluster.

$$\text{Kostnadsökning } 0,6905 \times 27\,888 \left(\frac{1}{0,9} - 1 \right) \times 0,18 = 385 \text{ kr.}$$

$$\text{Årskostnad } 6\,137 + 385 = 6\,522$$

$$\text{Besparing } 9\,200 - 6\,522 = 2\,678$$

Sammanfattning av lägsta årskostnader

Den lägsta årskostnaden för de olika alternativen framgår av tabellen nedan. Den årliga besparingen jämfört med oljedrift har sedan beräknats och förts in på totalsammanställningen på sid 34.

	<u>Årskostnad vid dagens priser och taxor</u>
Bivalent värmepumpsystem	4 446 kr
Kombinationspanna	6 137 kr
Elpanna	7 085 kr
Oljepanna	9 200 kr (referens alternativ)
Oljepanna plus elkassett	6 522 kr

LIKVIDITETSINRIKTAD ANALYS AV EN INVESTERING I ETT BIVALENT SYSTEM

Nedan analyseras likviditetseffekterna av en investering i ett bivalent värmesystem, vilken finansieras med ett annuitetslån till 12,32 % ränta motsvarande 4 % realränta vid 8 % inflation. Valet av räntesats har gjorts för att få överensstämmelse med lönsamhetskalkylen i bilaga 1. Räntesatsen torde också vara på en rimlig nivå för vad som gäller för lån till energiinvesteringar.

Av sammanställningen nedan framgår att likviditetseffekten endast är negativ under det första året, därefter kommer besparingarna, som växer i takt med inflationen, att bli större än de nominellt konstanta annuiteterna.

År	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
Besparing	5 134	5 545	5 989	6 468	6 985	7 544	8 148	8 799
Annuitet av investering	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227
Likviditets-effekt	- 93	318	762	1 241	1 758	2 317	2 821	3 572
Nuvärde av likviditets-effekt *	- 83	252	538	780	983	1 154	1 295	1 410

År	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>
Besparing	9 503	10 264	11 085	11 971	12 929	13 963	15 080
Annuitet av investering	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227	5 227
Likviditets-effekt	4 276	5 037	5 858	6 744	7 702	8 736	9 853
Nuvärde av likviditets-effekt	1 503	1 576	1 632	1 673	1 701	1 718	1 725

* Om nuvärdet av likviditetseffekterna summeras över åren fås samma totala nuvärde som på sidan 34 dvs 17 857 kr. Analysen ovan ger således också en fingervisning om hur stor del av nuvärdesumman som tillförs varje år.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821589-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Suntec System AB, Bjärred.**

R108: 1983

ISBN 91-540-3969-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700808

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms