



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

R24:1986

Värmeackumulatorsystem för småhus

Hilding Brosenius

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Sev*

*U/0
4*

Byggeforskningsrådet

R24:1986

VÄRMEACKUMULATORSYSTEM
FÖR SMÅHUS

Hilding Brosenius

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
821268-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Cisternbolaget i Södertälje.

REFERAT

Projektet syftar till utvärdering av ett antal olika nya tekniska metoder att förbilliga i första hand ackumulatorsystem vid småhusuppvärmning, i andra hand även vissa värmepannsystem speciellt för vedeldning. Gemensamt för metoderna är att ackumulatorer eller värmepannor på olika sätt gjorts "övertrycksfria", dvs fria från vattenövertrycket från högre upp placerade vattenradiatorer och expansionskärl. I samband därmed har expansionskärl - vid en av metoderna av helt ny typ - kunnat placeras i pannrumsnivå som öppet expansionskärl.

Övertrycksfriheten i pannrumsnivå har åstadkommit på väsentligen fyra olika sätt: 1) Genom utnyttjande av viss vakuum-effekt i radiatorerna, 2) Genom anordning av värmeväxlare inuti en ackumulator, 3) Genom värmeväxlare utanför en ackumulator och, 4) Genom pumpning med pumpövertryck av ackumulatorvattnet. Vid de olika metoderna har främst undersökts en värmeuppladdad ackumulators förmåga att under en urladdningsperiod avge matarvatten till radiatorsystemet av tillräckligt hög temperatur, vidare att avge sådant matarvatten med också vintertid tillräckligt hög effekt och slutligen att kunna urtappa en ackumulators magasinerade värmemängd så fullständigt som möjligt innan ny uppladdning erfordras.

Metoden 1) har befunnits effektiv och prisbilligast men inte tillräckligt driftsäker. Metoden 2) har befunnits relativt prisbillig men har sämre temperatur- och effektdata än det tryckutsatta systemet. Metoden 3) är lika effektiv som det tryckutsatta systemet men något dyrare än detta. Förmånligast synes vara systemet 4), som till låg kostnad har samma termiska fördelar som tryckutsatt system.

Systemet 4) har nyligen lett till industriell tillverkning och marknadsföring. Resultaten härifrån är hittills goda men avses att efter något längre tids drift analyseras och redovisas i VVS-teknisk tidskrift eller i ev. kompletteringskrift från BFR.

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

R24:1986

ISBN 91-540-4546-0
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

GRUNDLÄGGANDE ENERGISYNPUNKTER SOM UNDERLAG FÖR UTVÄRDERADE ANORDNINGAR	3
1. TRYCKKUTSATTA ACKUMULATORSYSTEM	6
2. ÖVERTRYCKSFRIA ACKUMULATORSYSTEM	10
2 a. Övertrycksfritt ack.system med "vakuum-upphängt" vatten	10
2 b. Övertrycksfri ackumulator med "invändig" värmeväxlare	15
Sammanfattning av termisk utvärdering av "invändig" värmeväxlare	34
2 c. Övertrycksfri ackumulator med "utvändig" värmeväxlare	35
Tillämpning av system "utvändig" värmeväxlare vid provvillan	39
Sammanfattning av termisk utvärdering av "utvändig" värmeväxl.	42
Översiktlig kostnadsjämförelse mellan tryckutsatta och värmeväxlarförsedda ackumulatorsystem	43
2 d. Övertrycks- och vakuumfritt ack.-system utan värmeväxlare	45
Sammanfattning av utvärdering av system 2 d	56
3. VAKUUM-BASERAT EXPANSIONSKÄRL FÖR ACKUMULATORSYSTEM	57
Sammanfattning av utvärdering av system 3	62
4. TOTALSAMMANFATTNING AV UTVÄRDERING I PROVVILLAN	63
5. EXTERN UTVÄRDERING AV ACKUMULATORSYSTEMEN	70
6. EXEMPEL PÅ FÖRFATTARENS SKRIFTER OM ACKUMULATORSYSTEM	74

GRUNDLÄGGANDE ENERGISYNPUNKTER SOM UNDERLAG FÖR UTVÄRDERANDE ANORDNINGAR.

Föreliggande rapport är väsentligen baserad på uppfattningen att användning av ackumulatorsystem i samband med småhusuppvärmning möjliggör ökad flexibilitet, trygghet och energibesparing. Samtidigt innebär anskaffande av ackumulatorsystem vissa ökade investeringskostnader. Att nedbringa sådana kostnader är därför en väsentlig del av effektivisering av ackumulatorsystem. De förslag härför som framförts och utvärderats i denna rapport ha speciellt tagit sikte på konvertering av oljeeldade värmesystem till andra system. En del av de framförda förslagen är tillämpliga både på ackumulatorsystem och på konventionella värmepannor för vattenburen värme.

Det undersöknings- och förnyelsearbete betr. ackumulatorsystem, som undertecknad en längre tid bedrivit, har mera syftat till åstadkommande av ny teknik än till att metodiskt detaljundersöka olika egenskaper av eller funktioner hos i och för sig känd teknik inom området. Detta arbetssätt - alltså försök att skapa ny teknik - innebär inte att metodiska undersökningar av framkommen ny teknik försummas, men undersökningarna har ofta begränsats till att i första hand enbart söka sig fram till bästa utföringsformer av framkomna nya teknik-lösningar och att verifiera dessas egenskaper och funktion. I den mån nya och förhoppningsvis bättre lösningar skymtat har därvid flera i denna rapport behandlade undersökningar inte hunnit genomarbetas på det sätt jag helst skulle ha önskat, utan de ha främst fått tjäna som mellansteg mot en eftersträvad optimal lösning. Dock har jag ägnat en av de undersökta teknik-lösningarna, "övertrycksfri ackumulator med invändig värmeväxlare", ett ganska omfattande undersökningsarbete, tyvärr dock ändå otillräckligt för att i önskvärd grad ha hunnit kartlägga dess funktion.

I sitt hittillsvarande skick avser rapporten en redogörelse för den utvärdering av närmare bestämt fem stycken nya teknik-utföringsformer som studerats vid ett i en "provvilla" inrättat mindre "laboratorium". De ha tidigare i princip del-

vis presenterats i några tidskriftsartiklar eller andra skrifter. En tillverkning och marknadsföring av en del av anordningarna har i samarbete med ett industriföretag påbörjats - en första broschyr från detta samarbete bifogas som Bilaga 1.

- - - - -

I våra dagar är osäkerheten stor på energiområdet. Tillgång och kostnader växlar från år till år på olja, el, ved, kol etc. Ackumulatorsystem ger enligt undertecknads åsikt maximal flexibilitet att använda olika energiformer. Vid övergång till ELVÄRME är en ackumulator lämpligen samtidigt en elpanna men kan i motsats till en elpanna också lagra billig "natt-energi" för användning dagtid med dyrare eltaxor. Vid OLJEELDNING ökar en ackumulator ofta dramatiskt oljeeldningens årsmedelverkningsgrad och minskar därmed oljeåtgången. Vid VEDELNING möjliggöres effektivare förbränning genom intensiv s.k. braseldning under avgränsade perioder med samtidig lagring av överskottsvärmen i ackumulatormagasinet. Utan ackumulator måste värmeavgivningen vid vedeldning tidvis strypas med dålig förbränning, tjärbildning m.m. som resultat.

Användning av ackumulatorsystem förutsätter med nödvändighet att värmen distribueras inom en byggnad som s.k. "vattenburen värme". Undertecknad har därför tidigare i ett flertal skrifter¹⁾ argumenterat för just användning av vattenburen värme, t.ex. vattenburen el-värme i motsats till s.k. "direkt el-värme", detta framförallt ur flexibilitets- och trygghets-synpunkt. Dessa synpunkter har från början särskilt betonats i min BFR-rapport R 32:1970, "Energival vid småhusuppvärmning", som alltså är skriven flera år före 1973 års energikris. Eftersom dessa synpunkter i hög grad ligger till grund för anordningarna enligt efterföljande rapport må ur nämnda BFR-rapport följande citeras:

"De värmeanläggningar för...småhus, som nu planeras, bör därför utformas så, att de möjliggör ekonomisk uppvärmning med elenergi. Enligt en huvudtanke i rapporten...bör de emellertid utformas så, att de av

1) Se sid. 74

trygghetsskäl möjliggör uppvärmning också med andra energiformer.... med andra ord att de utförs med hög grad av flexibilitet."...."Den...allvarligaste nackdelen hos "direkt elvärme" är att detta system för all framtid - försåvitt inte omfattande och dyrbara ombyggnader av hela värmesystemet och delar av husstommen äger rum - låser resp. byggnad till en enda energiform och en enda energileverantör. Detta kan innebära riskmoment med hänsyn till handelsavspärrningar, kraftransoneringar, aggregathaverier, ledningsbrott m.m. och kanske också ändrade prisrelationer mellan olika energiformer. Ett flexibelt värmesystem med vattenburen värme, som kan uppvärmas både elektriskt och med andra energiformer, innebär inge jämförliga riskmoment."

Dessa synpunkter från 1970 ledde dock länge till föga tillämpning, eftersom för energivalet tongivande myndigheter (t.ex. Vattenfall) starkt förordade system direkt elvärme. Exempelvis utfördes under en stor del av 1970-talet upptill 95 % av nybyggda småhus inom Stockholms-området med system "direkt elvärme". I ett flertal skrifter, delvis direkt till resp. myndigheter, har jag dock fortsatt min förutnämnda argumentering till förmån för vattenburen värme. Jag finner det glädjande att en påtaglig omsvängning till sistnämndas förmån numera synes ha ägt rum.

Mitt eget utvecklings- och uppfinningsarbete betr. ackumulatortsystem vid småhus har tillämpat i huvudsak två olika huvudprinciper: 1) tryckutsatta 2) övertrycksfria ackumulatortsystem. Tyngdpunkten i denna rapport ligger på princip 2).

1. TRYCKUTSATTA ACKUMULATORSYSTEM.

Vid tryckutsatta ackumulatorsystem står ackumulatorbehållarna i direkt vattenförbindelse med de på högre nivå än ackumulatorerna befintliga vattenradiatorerna och tillhörande expansionskärl och därmed också under det vattentryck, som vållas av de sistnämnda. Expansionskärl bör enligt allmänt vedertagna principer vid kombination med ackumulatorer inte utföras som slutna expansionskärl, och de utförs därför konventionellt som på relativt hög nivå placerade öppna expansionskärl.

På grund av övertrycket från radiatorer och expansionskärl måste lägre ner placerade ackumulatorbehållare då utföras som s.k. tryckkärl i enlighet med särskilda s.k. tryckkärlsnormer. Det betyder i regel att de måste utföras som cylindriska behållare med kostnadsfördyrande trycktåliga kupade gavlar.

Trots sådana merkostnader har konventionella tryckutsatta ackumulatorsystem ändå sedan länge varit ekonomiska genom de driftkostnadsfördelar de ofta medfört.

Mitt arbete på området har därför länge varit inriktat på att försöka nedbringa också investeringskostnaderna (eller öka effekten) för - tryckutsatta - ackumulatorsystem. Eftersom föreliggande rapport i första hand är inriktad på alternativet 2) ovan, "övertrycksfria ackumulatorsystem", men arbetena enligt alt. 1) dock haft stor betydelse i sammanhanget, vill jag här inledningsvis mycket kortfattat omnämna några av mina enligt alt. 1) utförda utvecklingsarbeten som ansetts så pass nyhetsbetonade, att de lett till svenska och delvis utländska patent och tillika därigenom föranlett engagemang från industriella tillverkare.

Först bör dock framhållas, att flertalet av utvecklingsformerna enligt alt. 1) - och ett flertal enligt alternativet 2) - har tillkommit genom rent teoretiskt utvecklingsarbete utan tillgång till vare sig laboratorieutrustning eller industriell tillverkningskapacitet. (Laboratoriet i byggnadsteknik, som under min professorstid stått till mitt förfogande, har inte varit avsett eller ägnat för VVS-tekniska undersök-

ningar). De olika utvecklingsformerna ha då vanligen baserats på någon idé, som syftat till investeringsbesparing eller förbättring av kända utföranden i något visst avseende.

Därefter har den grundläggande idén bearbetats i patentskriftform. Eftersom jag från början till slut utformar mina patentskrifter själv innebär en sådan bearbetning - som vanligen omfattar många totala nybearbetningar - en grundlig och mångsidig teoretisk genomgång och belysning av resp. idés kvantitativa, kvalitativa och kostnadsmässiga egenskaper och konsekvenser. Avsaknaden under en längre tid av lämpliga laboratorieresurser eller motsvarande har dock onekligen varit en betydande nackdel, men även det rent teoretiska utvecklingsarbetet har lett till ett antal i sammanhanget industriellt observerade nykonstruktioner.

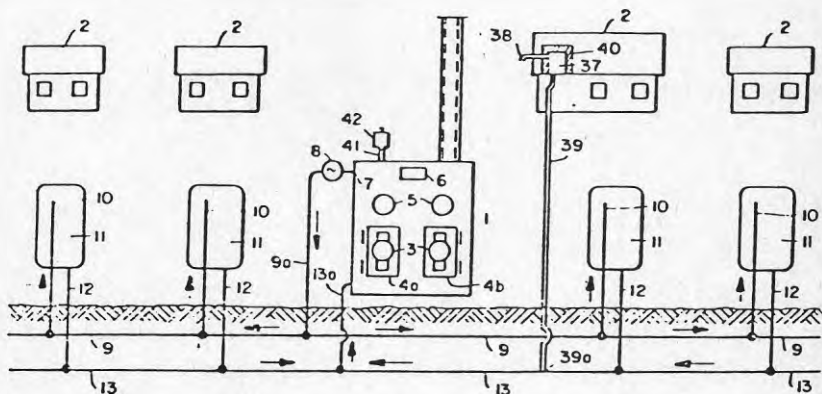


Fig. 1

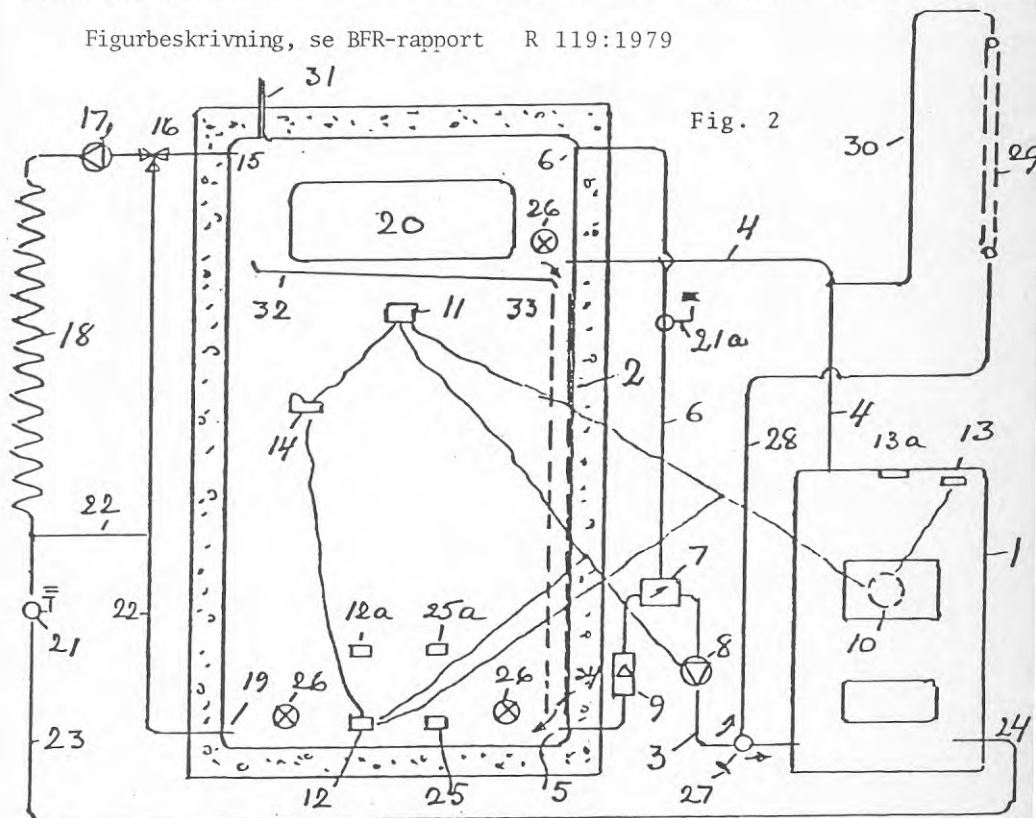
Svenska patentet 397 874 (amerikanska patentet 3,838,813), som alltså bland många andra framkommit som rent teoretiska resultat, innebar bl.a. att den dyraste komponenten i ett småhus' oljeeldningssystem, värmepannan jämte utrustning, gjordes gemensam för - och dess kostnad därför kunde slås ut på - några få närbelägna småhuslägenheter. Samtidigt fanns i varje småhus installerad både en elektriskt och av den gemensamma pannan uppvärmningsbar ackumulator försedd med varmvattenberedare, som svarade för det husets individuella husuppvärmning och tappvarmvattenberedning.

Detta system väckte spontant stort intresse hos den sven-

ska branschföreningen Svenska Petroleuminstitutet, vars styrelse utan ansökan från min sida anslog medel för patentets snabba utnyttjande. Det ledde också strax därefter till ett konsultavtal med Euroc-koncernens dotterbolag Teknoterm - på initiativ av dotterbolagets ursprungliga ledning - men i dess verkställande hierarki längre ner "fastnade" patentets produktutveckling för gott ("NIH-andan") under de åtta år under vilka jag blivit bunden av det träffade avtalet. Samma öde vederfors ytterligare tre andra teoretiskt åstadkomna patent (nr:ris 397.578, 389 389, 414 964), som ingick i konsultavtalet. Till detta ogynnsamma resultat bidrog dock under aktuell tid (1970-talet) det tidigare nämnda ogynnsamma klimatet för andra uppvärmningssätt för småhus än system direkt elvärme.

Ett annat svenskt patent, nr 422 992 jämte beviljade tilläggsopatentet enligt p.ans. 77/12775-1, avsåg tillsammans väsentligen en metod att genom tillkoppling av en på visst sätt ansluten ackumulatorbehållare till en oljepanna avsevärt

Figurbeskrivning, se BFR-rapport R 119:1979



öka oljepannans årsmedelverkningsgrad. Denna anordning är utförligt beskriven i BFR:s rapport R 119:1979. Genom ett tillhörande anslag från BFR möjliggjordes praktisk provning och utvärdering av detta ackumulatorsystem i ett småhus tillhörigt en medarbetare till mig. Mätningarna, som är närmare beskrivna i nyssnämnda BFR-rapport, verifierade den avsevärda ökning av oljepannans årsmedelverkningsgrad (alltså minskning av oljeförbrukningen), som systemet möjliggjorde. Eftersom utvecklingen även av detta system till tiden sammanföll med den direkta elvärmens förutnämnda dominans blev dock inte heller detta system föremål för industriell exploatering.

Sv. patentet 410 346 och en närbesläktad teknisk anordning enligt sv. p.ans. 80/02722-0 angav förslag till lösningar på det skenbart olösliga problemet att kunna intransportera trycktåliga men tillräckligt volymstora cylindriska tankar i fabriksfärdigt skick genom dörröppningar med mindre fri öppning än de cylindriska tankarnas tvärmått. Inte heller dessa båda rent teoretiskt framtagna lösningar kom dock till tillverkning, eftersom jag efter relativt ingående kostnadsberäkningar kom till resultatet att lösningarna ej var tillräckligt ekonomiska.

Till denna korta uppräknings kunde läggas ytterligare 19 stycken svenska patent och patentansökningar och ett antal amerikanska, som behandlade lösningar av olika detaljproblem vid tryckutsatta ackumulatorsystem. Eftersom varje sådan patentskrift inneburit normalt månadslånga teoretiska arbeten betr. anordningar, som inte kommit att tillverkas, kan det förefalla som det därpå nedlagda arbetet varit bortkastat. Onekligen har det industriellt sett varit mindre effektivt, men det har dock bidragit till belysning av en rad aktuella detaljproblem vars lösning i andra sammanhang kommit till viss nytta.

2. ÖVERTRYCKSFRIA ACKUMULATORSYSTEM

Sammantaget har mina arbeten betr. tryckutsatta ackumulatorsystem bibringat mig uppfattningen, att någon mera radikal kostnads- eller effektivitetsförbättring inte vore sannolik vid användning av principerna för konventionellt tryckutsatta ackumulatorsystem. Å andra sidan är det otvivelaktigt, att sådana system har en mycket viktig principiell försel, som skall vägas mot nackdelarna. Den stora fördelen är den, att man med utnyttjande av den s.k. skiktningseffekten - närmare åberopad senare - kan tömma praktiskt taget hela en värmeuppladdad ackumulators lagrade värmemängd och ändå under hela tömningsperioden kan från ackumulatortoppen till radiatorsystemet (här bortses t.v. från varmvattenberedningen) utmata "topphett" vatten, d.v.s. ackumulatorvatten av tillnärmelsevis ackumulators maximala uppladdningstemperatur.

Mot denna fördel bör främst ställas två klara nackdelar:

Den ena är att tryckutsatta ackumulatorbehållare måste utföras som tryckkärl enligt tryckkärlsnormerna och därför blir förhållandevis kostsamma.

Den andra är att tillhörande expansionskärl - som i kombination med ackumulatorsystem alltid måste utföras av typ öppna expansionskärl - måste placeras högst upp i radiatorsystemet, i regel i småhusets vindsutrymmen, vilket betyder långa ledningar och viss frysrisk.

Dessa nackdelar skulle kunna undvikas om ackumulatorerna kunde utföras utan det av radiatorer och expansionskärl normalt vållade vattenövertrycket. Föreliggande rapport behandlar som redan antytts fortsättningsvis utvärdering av fem olika utföringsformer av anordningar härför, "övertrycksfria ackumulatorsystem."

2 a. Övertrycksfritt ack.system med "vakuumpphängt" vatten.

En av dessa fem utföringsformer av ett övertrycksfritt ackumulatorsystem har jag redan 1956 presenterat i en artikel i dåvarande Teknisk Tidskrift, tillika samma år patentsökt enligt blivande svenska patentet 173 555 (och några utländska). Anordningen är emellertid fortfarande delvis tillämplig.

Grovt schematiskt visas funktionens princip i Fig. 3. I figuren är 1 en (eller flera) vanliga vattenradiatorer, här visade i övre planet av ett två-plans småhus. Radiatorerna är

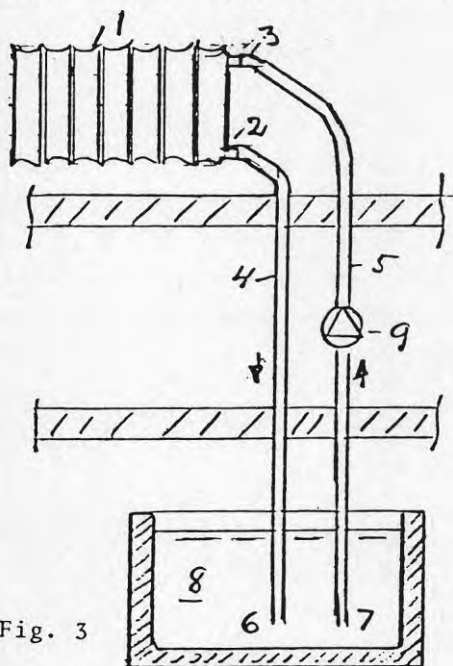


Fig. 3

med ledningar 4 och 5 anslutna till en öppen vattenbassäng (ackumulator) 8, här i källarplanet, och ledningarna mynnar med öppna ändar 6 och 7 i den öppna vattenbassängen. I den ena ledningen 5 är anbragt en vanlig mindre cirkulationspump 9. Radiatorsystemet - som givetvis kan innefatta radiatorer i samtliga våningsplan - antas nu uppfyllt med vatten. Sedan eventuella påfyllningsöppningar i radiatorerna lufttätt tillslutits är systemet efter avslutad vattenfyllning av systemet driftfärdigt på precis samma sätt som ett or-

dinärt cirkulationssystem. Vattnet rinner alltså inte - som kanske kunde väntas - ut i den öppna bassängen nedtill genom de fria öppningarna 6 och 7. Startas pumpen 9 sker cirkulation genom radiatorsystemet precis som om ledningarna 4 och 5 vore vattentätt anslutna till en sluten ackumulatorbehållare 8.

Förklaringen till den här funktionen, som fortfarande förefaller överraskande för många (jag demonstrerade den ganska nyligen i USA för några amerikanska VVS-fackmän, som inte ville tro på funktionen förrän jag handgripligen visat den i arbete) är ju den, att det yttre atmosfärstrycket på den öppna bassängvattenytan 8 (eller på en ackumulatortanks vatten) balanserar tyngden (trycket) av ovanförvarande vatten i rören 4, 5 och radiatorer. Förklaringen kan också uttryckas så, att i utåt helt täta radiatorer och rör uppkommer en viss grad av vakuum, som "håller kvar" vattnet mot tyngdkraften (inget lufttryck "kommer åt" att angripa radiatorvattnet). Nu kan ett vakuum inte bli större än vad som teoretiskt motsvarar atmosfärstryck-

et eller ca 10 meters vattenpelarhöjd, i praktiken dock mindre. Radiatorerna på andra våningsplanet i ett småhus ligger normalt på ungefär 5 meters höjd ovanför toppen av en ackumulatortorbehållare i källarplanet, vilket motsvarar ett vakuum av ungefär hälften av det teoretiskt möjliga.

Självfallet kan vattnet i de öppna ledningsändarna 6 och 7 inte utöva något övertryck på vattnet i den öppna bassängen 8 (och inte heller på en med öppet utlopp upptill försedd men i övrigt sluten ackumulatortank). Ackumulatorn blir alltså "övertrycksfri". Omvänt betyder detta att den kan utföras betydligt enklare och billigare än de tryckkärl, som erfordras vid konventionella ackumulatortor-system.

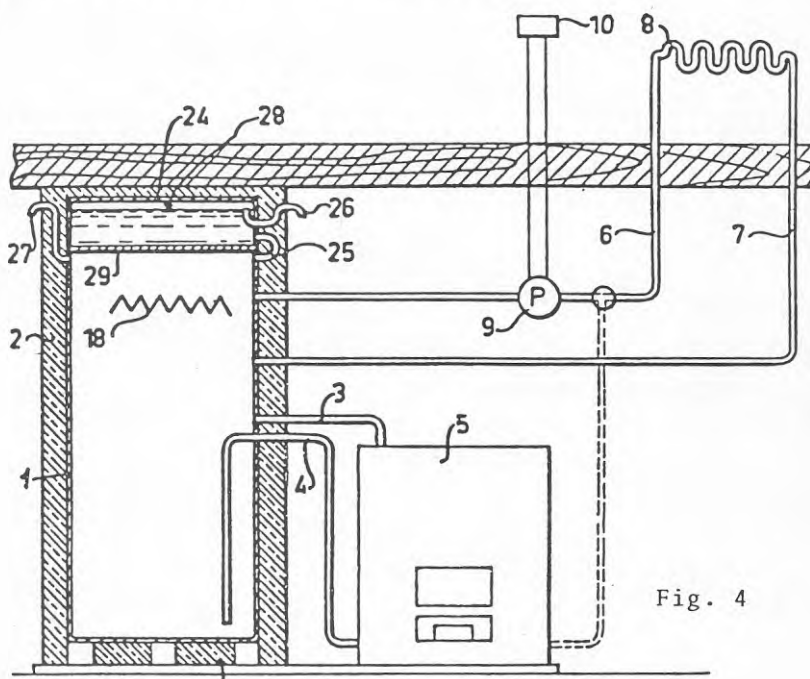


Fig. 4

En annan och viktig fördel är att systemets expansionskärll kan anbringas omedelbart intill en ackumulatortank, som framgår av patentfiguren till sv. patentet 173 555 enligt ovanstående Fig. 4. Eftersom expansionskärlets topp har ett öppet utlopp i källarplanet utsättes ackumulatortanken endast för det obetydliga övertryck, som motsvarar utloppets 26 höjd ovanför ackumulatortoppen. (Den öppna vattenbassäng 8, som för

att förtydliga principen visats i Fig. 3, kan givetvis inte användas i praktiken av korrosionsskäl, eftersom en större fri vattenyta av samma skäl inte kan få stå i direkt kontakt med atmosfärsluften).

Expansionskärlets placering i källarplanet innebär dels att det kan förbindas med ackumulator eller värmepanna med mycket korta ledningar, dels att det är placerat i uppvärmt utrymme och sålunda frostfritt anordnat. Man undviker alltså placeringen av expansionskärlet på vindar e.d. med tillhörande frysrisk. Ett fruset expansionskäril kan både resultera i vattenskador och i olyckligt fall t.o.m. i panssprängning. (Även ett högt upp placerat enbart otätt expansionskäril kan ju vålla vattenskador).

Tillsynes innebar den här på sitt sätt ganska överraskande anordningen en radikal förbättring och förbilligande av ackumulatorsystem vid småhus, men den hade en avgörande nackdel, och jag gjorde därför efter anordningens tillkomst 1956 inga nämnvärda försök att få den tillämpad inom VVS-branchen. Nackdelen är nämligen den, att systemets på viss vakuumverkan baserade funktion är helt beroende av att systemets radiatorer och ledningsanslutningar varaktigt håller sig absolut täta - - annars kan vakuum-effekten successivt upphöra.

Nu har vanliga vattenradiatorer en svag punkt ur vakuum-synpunkt, nämligen radiatorventilens spindelgenomföring från luft- till vattensidan. Om luft - på grund av tryckskillnaden mellan yttre atmosfärstryck och inre vakuum - läcker in genom tätningen kring spindelgenomföringen så minskas vakuuet i radiatorssystemet, varvid vatten avtappas motsvarande volymen av inläckande luftmängd. Kortvarigt behöver detta inte äventyra funktionen, men på längre sikt kan det leda till så stor avtappning nedåt av radiatorvatteninnehållet, att cirkulationen till sist avbrytes och uppvärmningseffekten stoppar. Denna på vakuum-effekt baserade anordning är därför långsiktigt inte så pålitlig att den utan speciella åtgärder kan rekommenderas. (även tätningen mot fasta röranslutningar kan i en del fall vålla o-tillräcklig "vakuum-tätning").

Den sålunda på rent teoretiska grunder förutsebara svag-

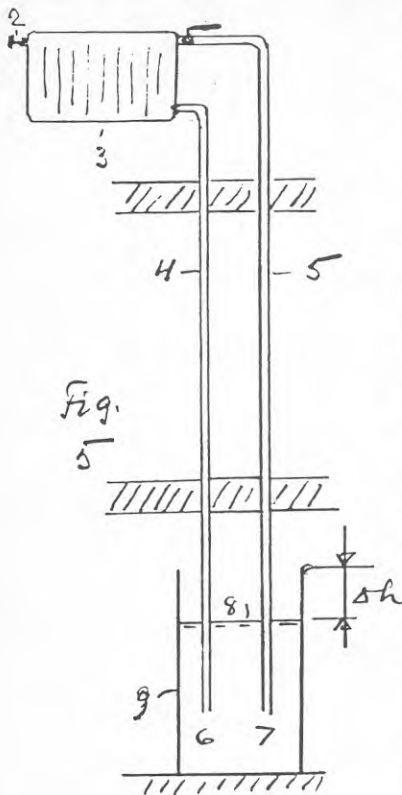


Fig. 5

ett anordnad luftskruv 2 vid radiator toppen. Sedan systemet helt fyllts med vatten och luftskruven 2 tillslutits och slangöppningarna 6 och 7 under vattenytan av vattnet i behållaren frigjorts från vattenledningsanslutningen har anordningen lämnats åt sig själv. Vattnet i radiator och slangar hållas då i läge av vakuet i systemet.

Vid provningen hade radiatoren placerats med sin topp 5,35 meter ovanför vattenytan 8 i behållaren 9, varför sålunda i systemet uppkommit ett vakuum av max. 5,35 m vattenpelare. Den i källarplanet anordnade behållaren 9 hade försetts med ett lock för att hindra oavsiktlig avdunstning. I den mån vattenytan i behållaren 9 under mätperioden skulle stiga beror detta uppenbarligen på att luft läckt in i radiator och anslutningar och att motsvarande vattenmängd nedrunnit genom endera slangen till behållaren 9. Läckaget kunde alltså direkt mätas genom mätning av vattennivåns höjning i behållaren 9.

heten hos den nu beskrivna anordningen har vid provvillan utvärderats rent praktiskt. Utvärderingen har tillgått så, att en radiator försedd med för provning avsedd radiatorventil med plastslangar anslutits till en mindre vattenbehållare i källarplanet på i princip det sätt som visas i Fig. 5. I stället för till en större vattenbassäng eller ackumulatorbehållare har dock slangarna (4 och 5) anslutits till en mindre cylindrisk behållare med 210 mm cylinderdiameter och ca 10 liters volym. Ingen pump är inkopplad i slang 5. Slangöppningarna 6 och 7 har därefter under vattenytan 8 av behållaren 9 med en speciell i figuren ej visad rörkoppling anslutits till vattenledningsnätet så att slangar och radiator helt vattenfyllda, varvid luften i systemet urtappats genom en på vanligt

Vid den första utvärderingsprovningen hade radiatorventil och slanganslutningar till radiatoren omsorgsfullt monterats och tätats. Under de första två dygnen av mätningen noterades likväl en höjning av vattenytan i mätkärl 9 med 12 mm, motsvarande ett läckage av 0,41 liter. Egendomligt nog stoppades läckaget därefter praktiskt taget helt upp - under påföljande 5 mätdygn kunde ingen ytterligare mätbar höjning av vattenytan noteras. En viss "självtätning" i tätninganslutningarna hade då synbarligen ägt rum.

Vid några följande prov utfördes ventil- och röranslutningstätningar mindre noggrant och läckage av varierande storlek kunde då uppmätas. Utvärderingen bekräftar därför att metoden enligt mitt sv. patent 173 555 från 1956 visserligen kortsiktigt möjliggör anordning av övertrycksfritt ack.system men att man inte långsiktigt kan generellt lita på dess funktion.

Systemet har också en annan besvärande svaghet. Man kan inte som vid tryckutsatta system "lufta" radiatorerna genom att öppna en luftskruv. Då sugs luft in i stället för att pressas ut och vakuet försämras ytterligare. Trots nu nämnda svagheter kommer systemets princip likväl till nyttig användning i ett av senare beskrivna nya ackumulatorsystem.

2 b. Övertrycksfri ackumulator med "invändig" värmeväxlare.

En annan princip för att åstadkomma en övertrycksfri ackumulator är att använda en värmeväxlare mellan ett övertrycksfritt ackumulatorvatten (i en övertrycksfri ackumulatorbehållare) och det tryckutsatta vattnet i radiatorer och tillhörande expansionskärl. Värmeväxlaren kan då exempelvis utgöras av en lämpligen kamflänsad kopparrörsspiral (t.ex. av typ Gränges-Wirsbo), som anbringas inuti och sålunda omges av ackumulatorns vattenmassa, medan det tryckutsatta radiatorvattnet bringas att passera genom rörspiralens rör. De båda vattenmassorna, ackumulatorvattnet resp. radiatorvattnet, står då inte i direkt trycköverförande förbindelse med varandra, men däremot kan värme överföras mellan dem via de väl värmeledande rörväggarna i rörspiralen.

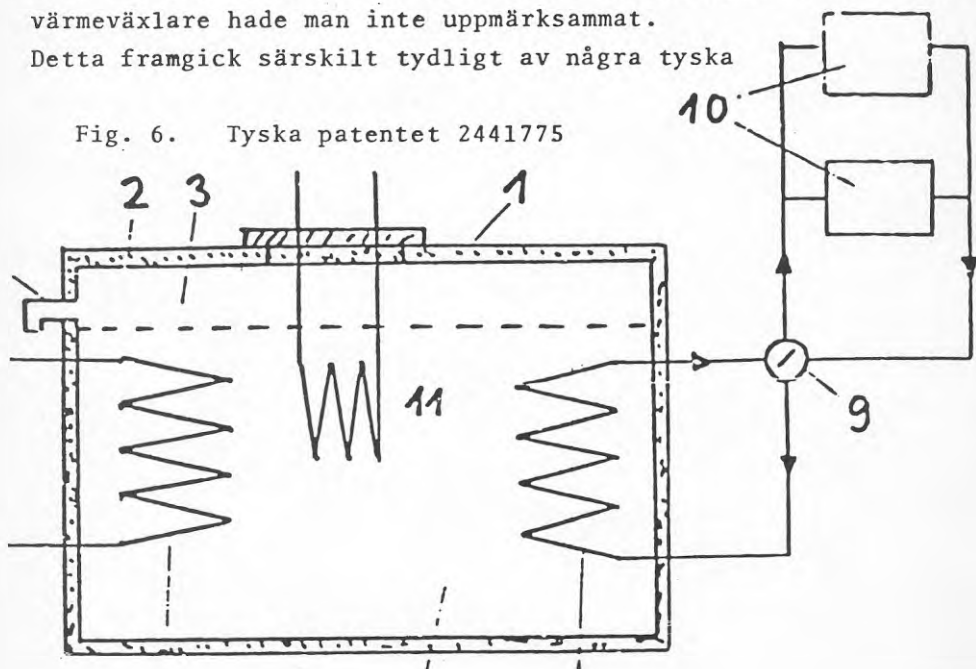
Undertecknad kom på ett relativt tidigt stadium att prä-

va tekniken med värmväxlare vid övertrycksfria ackumulatorsystem, i själva verket tekniskt sett så pass tidigt att jag till viss egen överraskning kom att beviljas ett grundläggande princippatent på en sådan värmväxlare anordning (sv. patentet nr 432 476). Anledningen härtill var påtagligen den, att man inte tidigare synes ha insett hur en rationell värmväxlare av denna typ borde anordnas för att med en given värmväxlaryta "suga ut" största möjliga värmemängd ur en ackumulator till ett radiatorsystem och samtidigt utmata högsta möjliga temperatur från värmväxlartoppen till radiatorerna.

I och för sig hade man nog ganska tidigt använt värmväxlare för att till ett radiatorsystem överföra värme från ackumulerat hetavtten, som lagrats i en icke längre för oljeförvaring använd oljetank. I samband med att man mot slutet av 1970-talet på många ställen började överge oljeeldning till förmån för elvärme eller vedeldning blev nämligen åtskilliga oljetankar överflödiga, och det låg då nära tillhanda att utnyttja dem som ackumulatorbehållare för upphettat vatten. Sådant vatten kan dock inte direkt tillföras ett radiatorsystem, utan en värmväxlare i form av t.ex. en kopparspiral bör anordnas i f.d. oljetanken för värmeöverföring till pumpcirkulerat radiatorvatten. Men den rätta placeringen eller anordningen av en sådan värmväxlare hade man inte uppmärksammat.

Detta framgick särskilt tydligt av några tyska

Fig. 6. Tyska patentet 2441775



patentskrifter, enligt vilka man också använt övergivna oljetankar e.d. som ackumulatorbehållare, men där det av både figurer och beskrivningstexter klart framgick att man helt enkelt inte förstått hur en effektiv värmeväxlare bör anordnas.

Principfrågan är i det här sammanhanget så pass intressant att här ovan (Fig. 6) återges patentfiguren från ett tyskt patent, som var ett par år äldre än min egen äldsta patentansökan på området. Av den tyska patentfiguren - som var representativ också för andra då kända utföringsformer - framgår, att man anordnat värmeväxlarspiralen ungefär mitt i ackumulatorvattnets vattenmassa. För att så effektivt som möjligt kunna urtappa en ackumulators ackumulerande värmemängd och samtidigt kunna erhålla maximal avtappningstemperatur från värmeväxlaren till radiatorsystemet är det emellertid viktigt att värmeväxlarspiralen (eller dess motsvarighet) skall sträcka sig genom hela höjden av ackumulatorvattnet, alltså från dess botten till dess toppnivå.

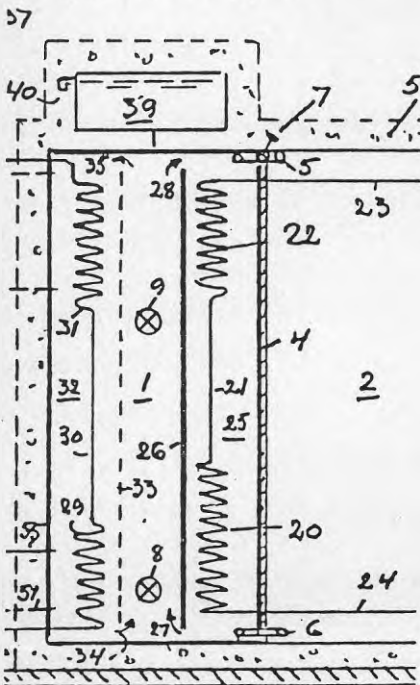


Fig. 7. Principdel av sv. patentet 432 476

Denna mycket generella princip utgjorde i själva verket innehållet i mitt äldsta patent betr. värmeväxling mellan ackumulator- och radiatorvatten, småningom beviljat under nr 432 476. Den principiella patentfiguren framgår av Fig. 7. Som framgår av figuren är det också värdefullt om delar av värmeväxlaren koncentreras till resp. botten- och toppskikt. Den förra delen är av betydelse för tömning av ackumulatorns värmemagasin, den senare för hög temperatur på utmatningsvattnet.

För att rätt förstå funktion och verkningsgrad vid den här typen av värmeväxlare bör man först göra klart för sig vis-

sa grundläggande förutsättningar. Dessa är något olika vid ackumulatorbehållare av typ begagnad oljetank och vid övertrycksfria ackumulatörer, som är avsedda att konkurrenskraftigt ersätta konventionella tryckutsatta ackumulatortankar. (I Fig. 7 visas den nu aktuella värmeväxlaren för radiatorvattnet till höger på figuren jämte anslutningsledningar till radiatorsystemet medan värmeväxlaren till vänster hänför sig till varmvattenberedarsystemet).

Vid ackumulatortankar av typ "övergiven oljetank" står själva tankvolymen till småhusägarens förfogande utan egentlig ny investeringskostnad. Visserligen tillkommer åtskilliga kostnader vid tankens förvandling till ackumulator (rengöring, isolering, vissa installationer m.m.), men man har ändå till förfogande på platsen en i de flesta fall för värmeackumuleringsändamål onödigt stor volym - en begagnad oljetank har vanligen en volym av minst 3000 liter, medan för en värmeackumulator för ett ordinärt småhus en ackumuleringsvolym av halvannan kubikmeter ofta är fullt tillräcklig. Eftersom oljetankens volym är riklig i överkant behöver man vid en väl isolerad tank inte nödvändigtvis under en uppvärmningscykel "suga ut" dess magasinerade värmeinnehåll mera fullständigt, utan man kan efter en urladdning lämna kvar vatten av relativt hög temperatur. Detta minskar i rätt hög grad kraven på att en värmeväxlare skall kunna ta vara på hela det magasinerade värmeinnehållet i tanken, och man kan med nöjaktig verkan placera värmeväxlaren med relativt stor frihet inom oljetankens stora vattenmassa.

Att en begagnad oljetank har vissa för vattenackumulering andra nackdelar lämnas här åsido.

Om man däremot vill behålla oljetanken som reserv för oljeeldning eller om man av andra skäl inte kan utnyttja den för värmeackumulering utan i stället önskar anskaffa separata övertrycksfria ackumulatorbehållare med värmeväxlarsystem, så kommer hårdare krav att ställas på värmeväxlarens effektivitet. En övertrycksfri ackumulator bör nämligen då vara allra minst konkurrenskraftig med en lika stor ackumulator av konventionell tryckutsatt typ, helst vara bättre än en sådan. Man finner att kraven på en värmeväxlarens effektivitet och konkurrenskraft nu blir avsevärda.

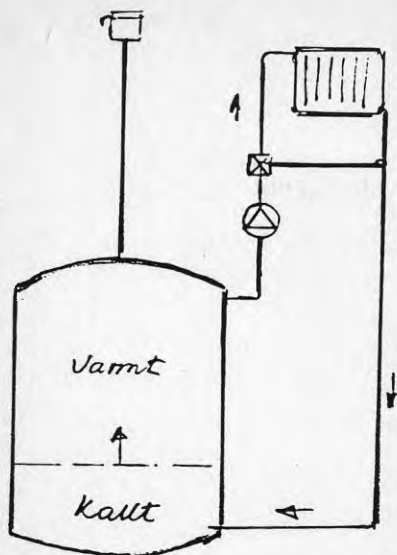


Fig. 8

principen för värmeöverföringen vid en tryckutsatt ackumulator ändå högst schematiskt återges i Fig. 8.

Det karakteristiska för denna värmeöverföring är att hett vatten till radiatorsystemet uttas från den hetaste delen av en uppladdad ackumulator, alltså från dess topp, och därefter - via blandning i ett shuntsystem - tillföres till radiatorerna där cirkulationsvattnet avkyles, varefter det kylda radiator-returvattnet återföres till botten av ackumulatören och där successivt bygger upp ett "kallskikt". I den mån ackumulatören urladdas växer kallskiktets tjocklek och pressar under skiktningens verkan ovanliggande hetare vatten utan nämnvärd blandning med "kallskiktets" vatten uppåt. Detta kan fortgå nästan ända tills att allt hetvatten urtappats ur ackumulatören med i stort sett hela tiden samma höga urtappningstemperatur. I slutskedet har kallskiktet praktiskt taget helt fyllt ackumulatören och alltså ersatt dess ursprungliga uppladdning med upphettat vatten. (Här bortses tills vidare helt från tappvarmvattenberedningen, samt från värmeledning nedåt från varm- till kallskikt).

Den tryckutsatta ackumulatorns funktion är alltså värmekniskt mycket gynnsam. Den tillåter möjligast fullständig urtappning av det magasinerade värmeinnehållet i ett uppladdat

Anledningen kan sägas vara den, att konkurrens skall ske med ett system, där värmeöverföringen från ackumulatorvatten till radiatorvatten vid en konventionell tryckutsatt ackumulator är mycket effektiv - det är ju i själva verket samma cirkulationsvatten i både ackumulator och radiatorsystem. Men här tillkommer den s.k. skiktningseffekten som en mycket gynnsam faktor vid tryckutsatta system. Det här är visserligen välkända och elementära funktioner, men efterföljande redogörelse torde ändå underlättas av en figur, varför

ackumulatormagasin - genom ersättning av uppladdat hetvatten med avkyld radiatorvatten - och ändå utlevererar ackumulatorn hela tiden maximalt hett utmatningsvatten till radiatorsystemet med samtidigt tämligen konstant temperatur på utmatningsvattnet. Systemets nackdel är som förut nämnts främst kravet på tryckbeständighet hos ackumulatortankarna och den relativt dyra expansionskärlsanordningen.

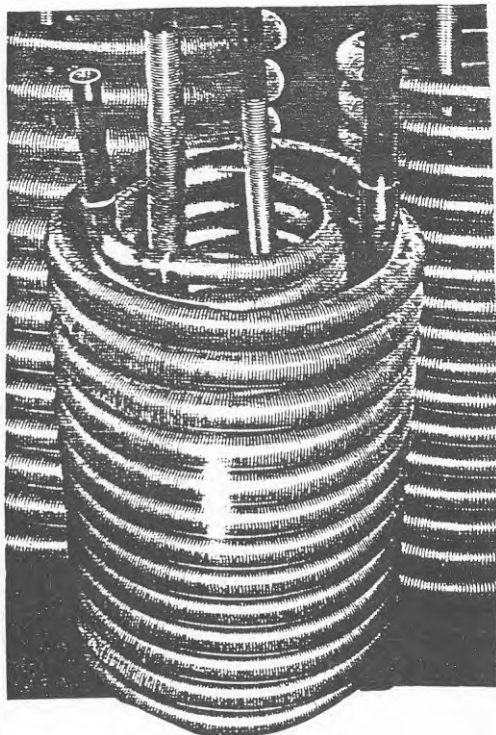


Fig. 9. En värmewäxlar spiral Typ Wirsbo WB 2 med 16 varv och 200 mm ytterdiameter syns här placerad inuti en något grövre växlare Typ Wirsbo WB 1 med 300 mm ytterdiameter

Men finner vid utvärderingen av ett värmewäxlarssystem att också vid gynnsammaste anordning av värmewäxlaren så är det svårt att värmetekniskt konkurrera med de gynnsamma termiska villkoren vid en tryckutsatt ackumulator. Undertecknads egna utvärderingsstudier betr. (invändiga) värmewäxlare har varit relativt omfattande. De ha omfattat ackumulatorbehållare av olika höjd och med värmewäxlar spiraler av i sin tur olika höjdpacering i resp. ackumulatorbehållare. De ha vidare omfattat utnyttjande av värmewäxlare med olika kapacitet inom samma höjdområde (olika diametrar). Utvärdering har även gjorts

med användning av samverkande skilda behållare och med stegvis överföring av urladdad magasin del från den ena behållaren till den andra för att uppnå maximala utmatningstemperaturer under urladdningsprocessen.

De gynnsammaste resultaten ha inneburit lägre totala investeringskostnader än för motsvarande tryckutsatta system men i stället sämre termiska egenskaper. Det ideala systemet synes

fortfarande vara ett system som i likhet med det tryckutsatta systemet har direkt vattenförbindelse mellan ackumulator- eller pannvatten och radiatorerna och därigenom möjliggör gynnsam värmeöverföring mellan dessa komponenter, speciellt med utnyttjande av skiktningseffekt, men som ändå i möjligaste mån undviker det tryckutsatta systemets nackdelar. Ett av de i det följande presenterade alternativen synes ha dessa egenskaper. Under sådana omständigheter har det inte ansetts motiverat att här ta upp utrymmet med en beskrivning av det stora antal utvärderingsresultat som framkommit i samband med föreliggande typ av värmeväxlare, "invändiga värmeväxlare".

I stället har redogörelsen här begränsats till en mera detaljerad redogörelse för ett enda typiskt exempel från utvärderingsresultaten och till de karakteristiska egenskaperna för den här aktuella typen av värmeväxlare.

Utvärderingen av effekt- och temperaturförhållanden vid en värmeväxlarundersökning har i princip tillgått så, att en ackumulatortank av lämplig storlek först fyllts med upphettat vatten, varefter en i vattenmassan placerad värmeväxlare fått genomströmmas av avkyld "radiatorvatten". Detta vatten har därvid uppvärmts av det heta ackumulatorvattnet medan det sistnämnda i sin tur avkylts av radiatorvattnet. När denna avkylning gått tillräckligt långt förmår ackumulatorvattnet inte längre uppvärma radiator-matar-vattnet i tillräcklig grad. Ackumulatören är då urladdad och måste återuppladdas. För att ett ackumulatorsystem skall anses effektivt bör största delen av dess värmemagsin ha urladdats innan återuppladdning erfordras. Omvänt bör det i värmeväxlaren upphettade radiatorvattnet å länge som möjligt under ackumulatorns urladdning ha tillräckligt hög temperatur för radiatorsystemets matning också vid stark kyla. De båda sistnämnda egenskaperna står i motsättning till varandra, varför ett förmånligt ackumulatorsystem är ett sådant, som samtidigt på bästa möjliga sätt tillgodoser bägge egenskaperna.

Det man främst vill mäta vid föreliggande typ av utvärdering är dels utmatningstemperaturen från värmeväxlaren till radiatorsystemet (resp. dess Shuntanordning), dels utmatnings-

vattnets effekt under olika skeden av ackumulatorurladdningen, dels temperaturtillståndet i ackumulatorn efter avslutad urladdningsperiod - och därmed ackumulatorns magasineringsskapacitet. Sistnämnda kapacitet utgör uttryckt i kilokalorier (vilket i detta sammanhang är det bekvämaste direkt uppmätbara måttet) lika med skillnaden mellan ackumulatorns uppladdnings- och urladdningstemperaturer, mätta som medelvärden, och multiplicerade med vattenmängden i liter. Vanligtvis omräknas därför efter magasineringsskapaciteten till kilowatt-timmar, kWh (1 kWh = 860 kcal).

Till förfogande för föreliggande utvärderingsmätningar har stått två något olika ackumulatortankar, alla av 3 mm stålplåt och med i horisontalsektion kvadratisk form med sidomått 680 mm. Den ena tanken med höjden 1700 mm och volymen 790 liter har varit slutentill, medan den mindre med höjden 1010 mm varit öpentill, vilket underlättat ändringar av värmeväxlarens anordning.

Värmeväxlaren har i bägge fallen utgjorts av en kamflänsad kopparrörsspiral av typ Wirsbo WB2 med 16 varv \varnothing 22 och 9,5 m längd (men med spiralen något olika "utsträckt" i de båda olika höga ackumulatortankarna). Den högre tanken (med volymen 790 liter) motsvarar närmare den storlek som normalt kan förväntas använd i källarpannum vid de vanligaste typerna av småhus av storleksordningen 120-150 m² lägenhetsyta, men den kunde vid föreliggande mätningar inte intransporteras in i det "laboratorium", som inrättats i ett till förfogande stående provhus. Den större tanken kom därför enbart att användas i en del förberedande utomhusförsök.

Den lägre tanken (med volymen 470 liter och höjden 1010 mm), vars höjd begränsats av tillgängliga frimått i den svängda källartrappa nedför vilken tanken måste kunna transporteras, har visserligen inte den normalstorlek, som kan förväntas vara den vanligaste vid ordinära småhus. Mätresultaten blir dock oförändrat tillämpliga om tankstorleken med oförändrad tankhöjd ökas till exempelvis 790 liter genom utökning av horisontalmåtten, om "tidsskalan" i använda mätresultat ökas i proportion till volymökningen. Däremot blir mätresultaten något ändrade om tankstorleken ökas i höjdd, eftersom man då får

andra strömningsförhållanden i höjddled runt värmeväxlarspiralens olika varv, men de principiella resultaten blir i bägge fallen desamma.

Här redovisas resultaten från den lägre tanken. Den högre tanken har kunnat uppladdas med hjälp av elpatroner, medan den lägre helt enkelt vid mätningens början fyllts utifrån med upphettat vatten, vars temperatur kunnat noggrant mätas och registreras i varje höjdnivå på nedan angivet sätt. Samtliga undersökta tankar har runtom varit isolerade med 100 mm mineralull.

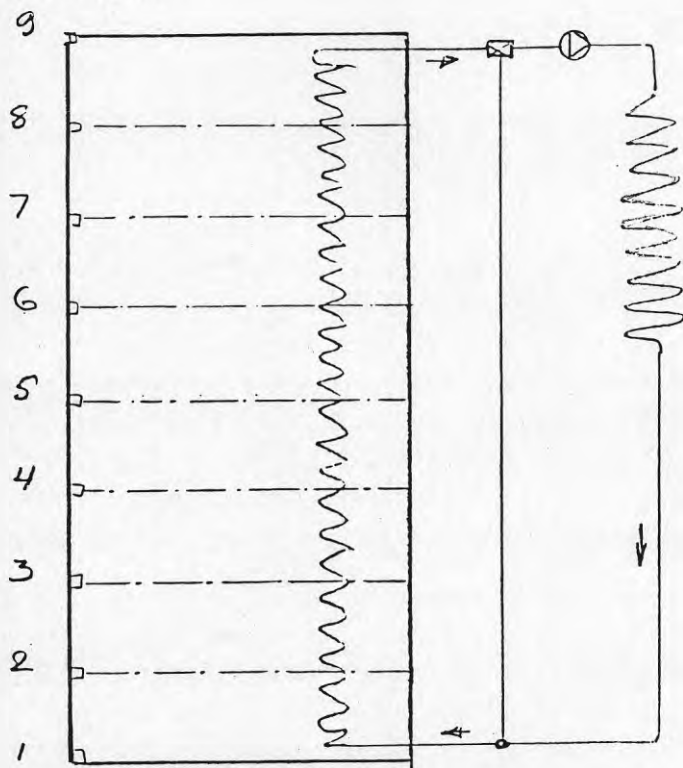


Fig. 10

Direkt på tankplåten och innanför isoleringsskiktet har anbragts temperaturgivare i form av koppar-konstantan-element, fördelade i höjddled enligt Fig. 10. Eftersom värmeledningen mellan vattenmassan i tanken och termoelementen genom den 3 mm tjocka tankplåten är mycket god och isoleringen utanför termoelementen kraftig

kan de av termoelementen registrerade temperaturerna anses vara praktiskt taget helt identiska med temperaturen hos direkt innanförvarande vatten på termoelementens nivå. (Däremot är vattentemperaturen omedelbart intill tankplåten inte nödvändigtvis densamma som vattentemperaturen på samma nivå inne i tanken. Denna skillnad, som i ett särskilt fall uppmätts, är

dock vid statistiska förhållanden så pass liten, att den här försummas).

De 9 olika termoelementen på tankens utsida har på vanligt sätt förbundits med en temperaturskrivare, här en 16-punkters Honeywell-Brown temperaturskrivare. (Punkt 9 har dock vid den här provningen hamnat ovanför vattenytan i ackumulatortanken enligt Fig. 10, vilket måst beaktas vid utvärderingen). Resterande mätpunkter 10-16 har anordnats för mätning av andra väsentliga temperaturer.

Belastningen på värmväxlar- och ackumulatorsystemet åstadkommes ju i praktiken genom en cirkulationsprocess: avkyld radiatorreturvatten inpasserar i botten av värmväxlar-spiralen och avkyler där omslutande ackumulatortvatten samtidigt som returvattnet självt successivt upphettas, jfr Fig. 10. När radiatorreturvattnet nått värmväxlarens topp har det också uppvärmts maximalt innan det återgår till radiatorerna. Med hjälp av shuntanordningen kan både ingångs- och returvattnets temperatur i regel hållas någotsånär konstanta. Antag att returtemperaturen ifråga en viss säsong utgör ca 35°C. Här aktuella mätningar av utmatningstemperatur och ackumulatorkapacitet borde då egentligen ske genom att värmväxlarens ingångssida belastas med returvattnet från ett ordinärt radiatorsystem med ett sådants ofrånkomliga temperaturvariationer kring i detta fall ca 35°C.

Vid föreliggande mätningar har dock förfarits på ett annat sätt. I stället för med radiatorreturvatten har värmväxlarens ingångssida matats (belastats) med kallvatten från vattenledningsnätet. Detta både förenklar mätningarna och gör resultaten - som nedan skall visas - mera exakta. Nu har vattenledningsvattnet givetvis en annan och lägre temperatur än ordinärt radiatorreturvatten. Vid den här beskrivna mätningen (med ca 35°C som normal radiatorreturtemperatur) utgjorde vattenledningsvattnets fortfarighetstemperatur 13°C, alltså 22° kallare än radiatorreturvattnet.

Nu är det vid här aktuella mätningar regelmässigt enbart temperatur-differenser som behöver mätas. De absoluta tem-

peraturerna har egentligen endast betydelse för isoleringsför-luster, men dessa är så pass små relativt de kvantiteter, som i första hand skall mätas, att man kan bortse härifrån. Man kan därför helt enkelt förskjuta temperaturskalan med den nyss-nämnda differensen, d.v.s. man adderar i det här fallet 22°C till alla direkt avlästa temperaturer. Mätningresultaten - och den tendens de vill belysa - blir genom denna metod nog-grannare. Efter viss initialtappning är nämligen vattenled-ningsvattnets temperatur åtminstone vid Stockholms vattenled-ningsnät mycket konstant och betydligt mera exakt definierad än ordinärt radiatorreturvattens.

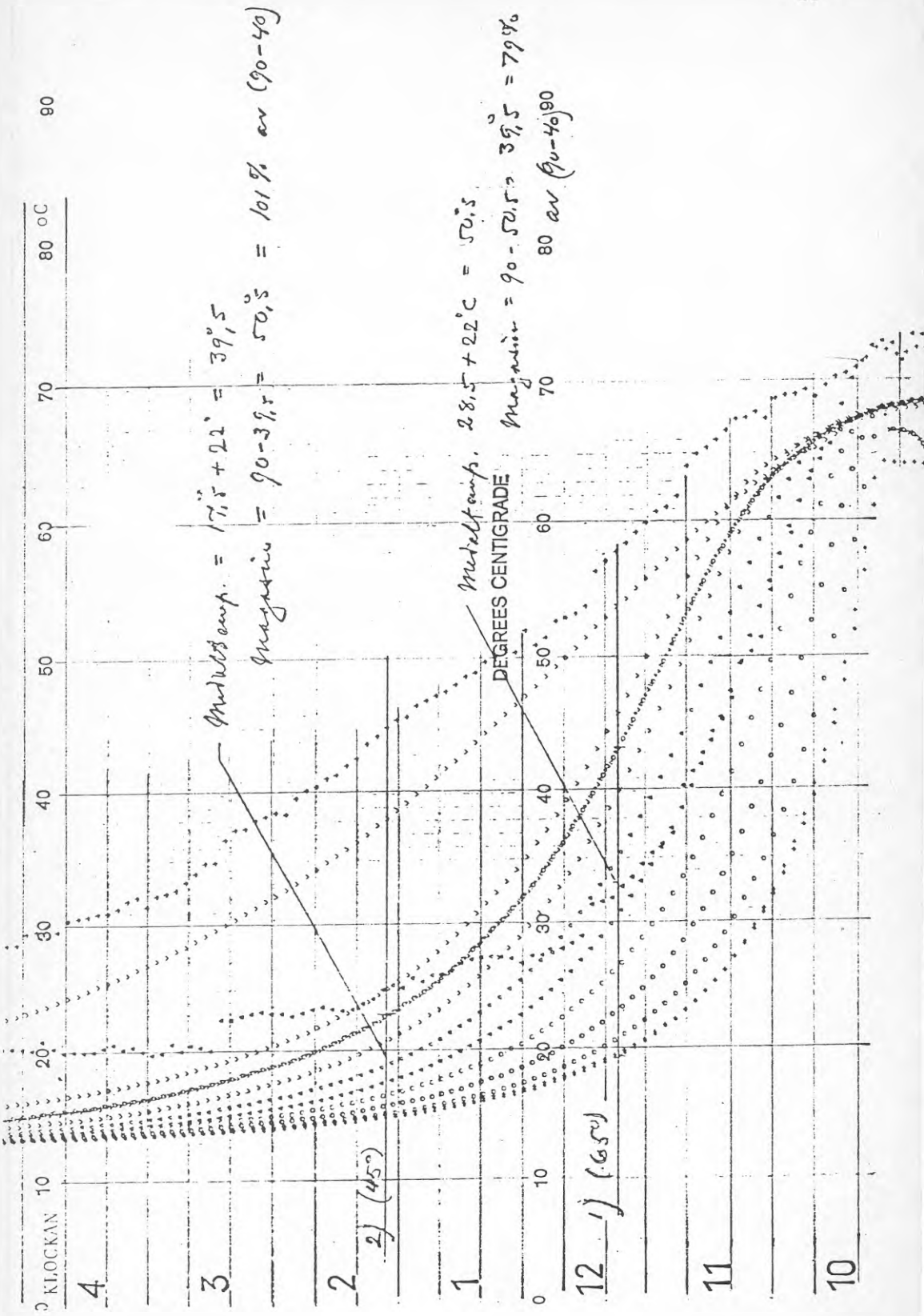
Förutom de olika vattentemperaturerna är det av särskilt intresse att mäta värmeväxlarens effekt vid olika tidpunkter, vilket här motsvaras av den värmemängd som värmeväxlaren avger per tidsenhet till radiatorsystemet. Effekten ifråga är, uttryckt i kcal/timme, lika med vatten-flödet i timliter som avges från värmeväxlaren till radiatorerna, multiplicerad med den temperaturhöjning i $^{\circ}\text{C}$ som det genom värmeväxlaren strömmande cirkulationsvattnet erhåller under passagen genom växlaren.

Vattenflödet i liter per timme har vid föreliggande mät-ningar bestämts genom att cirkulationsvattnet efter passagen genom värmeväxlarspiralen - som vid ett radiatorsystem skulle le inmatas i radiatorerna - här avtappats i ett särskilt mät-kärl med 15 liters volym och tiden uppmätts för att fylla detta mätkärl. Denna mätning har upprepats några gånger under tiden för ackumulatorbehållarens urladdning. Det uppmätta flödet har varit någorlunda konstant - vid just den här beskrivna mät-ningen ca 160 liter per timme.

Temperaturhöjningen vid vattenpassagen genom värmeväxla-ren har direkt bestämts från mätvärdena för termoelement anord-nade vid värmeväxlarens in- och utgång. Utgångstemperaturen har dessutom kontrollerats "manuellt" genom direkt termometer-mätning av det från värmeväxlarspiralen avtappade vattnet.

Den effekt som på detta sätt direkt erhålles i kcal/tim har därefter omräknats till kW. ($1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$).

För att illustrera mätresultaten från en typisk urladd-



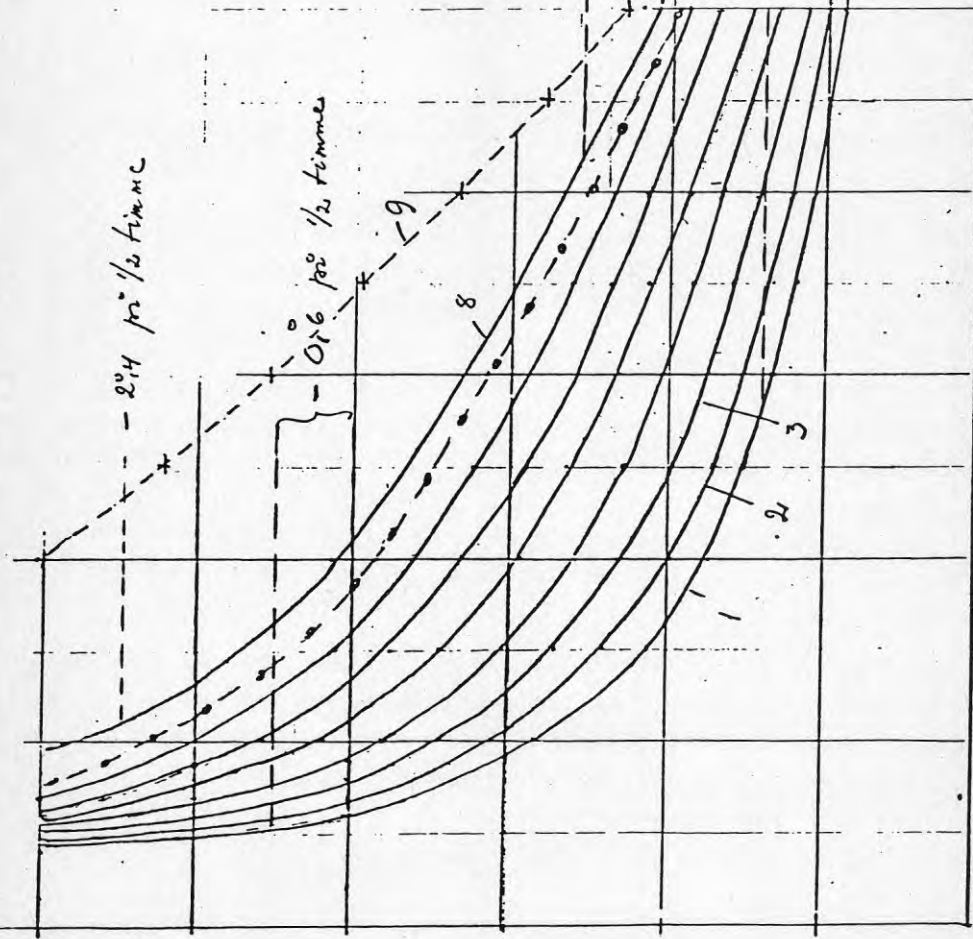
KLOCKAN
15

-2.4 pr 1/2 timme

-0.6 pr 1/2 timme

-8° pr 1/2 timme

-2.1° pr 1/2 timme



10° 20° 30° 40° 50° 60°C

30° 40° 50° 60° 70° 80°

ningsprocess återges här, Fig. 11, en kopia av ett Honeywell-Brown diagram från en sådan urladdning av den undersökta ackumulatorbehållaren. Diagrammet återger i stort sett enbart urladdningsperioden - uppladdningen har avslutats i och med att ackumulatorvattnet efter hetvattenpåfyllningen kommit i jämviktstillstånd. Enligt det parallellt med skivardagrammet förda protokollet över direktavläsningar var starttemperaturen vid detta prov anmärkningsvärt konstant över hela ackumulatorhöjden med värden som för punkterna 2-8 endast varierade mellan 68,0 och 68,2°C - bottenpunkten 1 hade dock värdet 65,2°C.

Radiatorreturvattnet med en antagen returtemperatur av 35°C representeras alltså här av vattenledningsvatten med en fortfarighetstemperatur av 13°C, vilket betyder att samtliga temperaturer på diagrammet bör adderas med differensen 35 - 13 = 22°C. Ackumulatorn har här uppladdats till ca 68°C, vilket alltså motsvarar en verklig topptemperatur av 68 + 22 = 90°C.

Sedan denna topptemperatur stabiliserats har ackumulatorns värmemagasin enligt Fig. 11 avtappats under belastning från den kallvattengenomströmmade förutnämnda värmeväxlarspiralen typ Wirsbo WB2, Fig. 10. Vattnet i en uppladdad ackumulator svalnar givetvis snabbast invid botten (mät punkt 1), eftersom inkommande radiatorreturvatten där är kallast. I övrigt anges ackumulatorvattnets temperatur på olika nivåer och vid olika tider av de 8 aktiva termoelementen enligt tid-temperatur-kurvorna på Fig. 11. Tidsskalan anges av siffror som markerar hela timmar.

Från värmeväxlaren avtappat uppvärmt vatten, "avtappningsvatten", har av skrivaren registrerats i flera mätpunkter för samma temperatur, och dess temperatur återges därför i skivardagrammet av en extra kraftigt markerad av flera skivarsymboler sammansatt kurva, Fig. 11.

En ganska likartad urladdningsperiod men med 15°C vattenledningsvatten-temperatur ("korrigeringsdifferens" 35-15 = 20°C) visas för förtydligande ändamål i Fig. 12.

De båda kurvorna enligt Fig. 11 och 12 visar flera för denna urtappningstyp karakteristiska egenskaper, som här skall något kommenteras.

Ur effektivitetssynpunkt är det angeläget att utmatningsvattnets temperatur sjunker relativt långsamt (eftersom det skall så länge som möjligt under urladdningen kunna mata radiatorerna med tillräckligt hett matarvatten), medan däremot ackumulatormagasinet temperatur (urladdningsgraden) bör sjunka snabbare (för att tömma värmemagasinet innan urladdningsvattnet blivit alltför avkyllt). Man ser av diagrammen - särskilt av Fig. 12 - att i ett tidigt skede av urladdningsperioden är detta fallet. Sålunda sjunker ackumulatorns botten-temperatur (mätpunkt 1 i Fig. 10 och 12) i ett tidigare skede med inte mindre än 21°C på en halvtimme, medan topptemperaturen 8 under en halvtimme endast sjunker med 8°C . Bottentemperaturen sjunker alltså i detta skede 3 ggr så snabbt som topptemperaturen. Utmatningstemperaturen (--o--o--o--o i Fig. 12) sjunker också till en början rätt sakta relativt botten- och magasin-medeltemperaturen.

(Mätpunkten 9 har som förut nämnts hamnat ovanför vattenytan i den öppna tanken med 1010 mm höjd och kyls därför inte effektivt av värmeväxtarspiralen).

De nyssnämnda gynnsamma förhållandena under urladdningens inledningsskede omkastar i ett senare skede av urladdningsprocessen. Efter ytterligare ca 3 timmars urladdningstid sjunker botten-temperaturen enligt Fig. 12 med endast $0,6^{\circ}\text{C}$ på en halvtimme, medan ungefär samtidigt topptemperaturen på en halvtimme sjunker med $2,4^{\circ}\text{C}$, d.v.s. nu är det topptemperaturen som sjunker hela 4 gånger snabbare än botten-temperaturen. Ackumulatormagasinet medeltemperatur sjunker alltså i ett senare skede av urladdningen endast långsamt, medan topptemperatur och utmatningstemperatur snabbt avtar. Detta betyder - särskilt under högvintern - att man inte hinner helt tappa ur ackumulatorns magasinerade värme innan man med hänsyn till utmatningstemperaturen måste återigen ladda upp ackumulatören. Detta är ogynnsamt vid jämförelse med den gynnsamma skiktningssprocessen vid tryckutsatta ackumulatörsystem (med direkt vattenförbindelse mellan ackumulator- och radiatorvatten), där utmatningstemperaturen kan göras nära konstant under hela urladdningsperioden.

Det är av visst intresse att jämföra dessa förhållanden med dem vid den "termiskt ideala" tryckutsatta ackumulatören.

Om det antas att en sådan kan urladdas till en medeltemperatur av 40°C utan att utmatningstemperaturen från toppen blir otillräcklig, och om uppladdningstemperaturen är 90°C , så har den tryckutsatta ackumulatorn en magasineringskapacitet som motsvarar vattenvolymen gånger ett temperaturfall av $90 - 40 = 50^{\circ}\text{C}$. Detta betecknas här som 100 % magasineringskapacitet. Vid mindre utnyttjningsbart temperaturfall anges magasineringskapaciteten i procent av idealfallet 100 %. Om ackumulatorn endast kan - före nödvändig återuppladdning - urladdas till exempelvis 50°C (temperaturfall 40°), är kapaciteten alltså $40/50 = 80\%$.

Enligt det exemplifierade diagrammet i Fig. 11 har bestämts utmatningstemperatur och samtidigt utnyttjad magasineringskapacitet vid två olika i diagrammet markerade tidpunkter 1) och 2). Utnyttjad magasineringskapacitet är lika med skillnaden mellan utgångstemperaturen 90°C och kvarvarande ackumulatorvattens medeltemperatur (gånger vattenvolymen). Ackumulatorns medeltemperatur vid en viss tidpunkt har beräknats som aritmetiska mediet av de av termoelementen registrerade temperaturerna (varvid hänsyn tagits till vissa avvikelser vid botten- och toppvärdena).

Tidpunkten 1) har valts så, att den med förutnämnda temperaturtillägg 22° korrigerade utmatningstemperaturen skulle bli 65°C . Detta har här ansetts utgöra minimikravet på ackumulatorns utmatningstemperatur för att värmväxlersystemet skulle kunna ses någorlunda jämbördigt med den tryckutsatta ackumulatorns utmatningstemperatur. Med 65° utmatningstemperatur bör nämligen även ett icke överdimensionerat radiatorsystem normalt kunna klara även högbelastning under extrem vinterkyla.

Man finner från diagrammet i Fig. 11 att vid tidpunkten 1) - som alltså motsvarar 65° utmatningstemperatur från värmväxlaren markerad genom den kraftiga diagramkurvan - så utgör ackumulatorvattnets samtidiga medeltemperatur $28,5 + 22 = 50,5^{\circ}$. Medelsiffran 28,5 är baserad på direkt uppmätning på diagrammet men är också kontrollerad från direkt protokollförda temperaturnoteringar under urladdningsperioden.

Vid urladdningen har alltså fram till tidpunkten 1) utnyttjats temperaturfallet $90 - 50,5 = 39,5^{\circ}\text{C}$, d.v.s. 79 %

(39,5/50) av totalt möjligt temperaturfall 50°C vid maximalt utnyttjat ackumulatormagasinet. Detta är 21 % sämre än för den tryckutsatta ackumulatorn.

Vill man däremot "suga ut" ackumulatorns magasineringskapacitet till ca 100 %, så måste man - vid denna anordning av värmeväxlarytan - nöja sig med lägre utmatningstemperatur. Detta visas vid tidpunkten 2). På motsvarande sätt som vid tidpunkten 1) har ackumulatorvattnets kvarvarande medeltemperatur här beräknats till $17,5 + 22 = 39,5^{\circ}\text{C}$. Ur magasinet har då uttagits temperaturfallet $90 - 39,5 = 50,5^{\circ}\text{C}$, d.v.s. något drygt 100 % (50,5/50).

Utmatningstemperaturen har emellertid enligt diagrammet vid tidpunkten 2) sjunkit till endast $23 + 22 = 45^{\circ}\text{C}$. Detta har ansetts otillfredsställande vintertid och naturligtvis alldeles särskilt i jämförelse med de ca 90° , som teoretiskt kan uppnås vid det konventionella tryckutsatta systemet.

Nu kan häremot anmärkas att äldre radiatorsystem ofta är så pass kraftigt överdimensionerade, att t.o.m. en utmatningstemperatur av 45°C kan räcka till vintertid. Ostridigt är dock att det kombinerade resultatet av utmatningstemperatur och utnyttjad magasineringskapacitet vid den här använda värmeväxlarytan är avsevärt sämre än resultatet vid en tryckutsatt ackumulator, och detta sett enbart ur temperatursynpunkt.

Hänsyn måste emellertid också tagas till att värmeväxlaren kan avleverera för husuppvärmningen erforderlig effekt. Denna effekt är som förut nämnts lika med produkten av från värmeväxlaren utmatad vattenmängd per tidsenhet (timme) och temperaturhöjningen för denna vattenmängd vid passagen genom värmeväxlaren. Vattenmängden ifråga, flödet, har vid här aktuella mätningar uppmätts till ca 160 timliter. Temperaturen på ingående vatten till värmeväxlaren enligt diagrammen i Fig. 11 har som förut nämnts utgjort 13°C (korrigerad temperatur $13+22 = 35^{\circ}$). Temperaturen på till radiatorerna utgående vatten (okorrigerad temperatur) kan vid några olika tidpunkter grafiskt utläsas ur Fig. 11 (grova temperaturkurvan).

Vid urladdningens början är utgående vattentemperatur ca 68°C och temperaturhöjningen i värmeväxlaren $68 - 13 = 55^{\circ}$.

Av värmväxlaren avgiven effekt sålunda $160 \times 55 =$
 $= 8800 \text{ kcal/timme} = 8800/860 = 10,3 \text{ kW}$. Tidpunkt 0.

På motsvarande sätt blir effekten vid tidpunkterna 1) och 2) i Fig. 11:

- 1) Utgående temp. 43° , effekt $160 \times (43-13) = 4800 \frac{\text{kcal}}{\text{tim}} = 5,6 \text{ kW}$
 2) " " 23° , " $160 \times (23-13) = 1600 \text{ " } = 1,9 \text{ kW}$

För att rätt bedöma storleken av angivna effekt-värden kan man lämpligen utgå från att ett genomsnittligt befintligt (alltså äldre) småhus antas erfordra 20.000 kWh för enbart husuppvärmningen (ej varmvatten) under en uppvärmningssäsong av ca 260 dygn. Den genomsnittliga uppvärmningseffekten under bränslesäsongen utgör alltså

$$\frac{20.000}{260 \times 24} = 3,2 \text{ kW}$$

Utan närmare uträkningar kan man därav dra den på annat sätt kända slutsatsen, att maximalt erforderlig uppvärmningseffekt under den kallaste årstiden är av storleksordningen 7-8 kW.

Av ovan angivna effekt-siffror kan man då dra följande slutsatser betr. här aktuell värmväxlare (Wirsbo typ WB2):

Vid urladdningens början, Tidpunkt 0, ackumulatortemperatur korrigerad $68 + 22 = 90^{\circ} \text{ C}$, är värmväxlarens effekt, 10,3 kW, väl tillräcklig för husuppvärmningen också under högvinterperiod.

Vid Tidpunkt 1), korrigerad ackumulatortemp. 65° C , räcker värmväxlareffekten väl till genomsnittsbelastningen 3,2 kW men däremot icke fullt till uppvärmning vid höglast. Ackumulatorn har likväl vid Tidpunkt 1 endast urladdats till ca 79 %.

Vid Tidpunkt 2), korrigerad ackumulatortemp. 45° , räcker effekten, 1,9 kW, inte ens till genomsnittslasten och inte alls till höglast, detta trots att avgivet värmväxlarvatten åtminstone för ett överdimensionerat radiatorsystem har nöjaktig temperatur. Ackumulatorn har emellertid vid Tidpunkt 2) kunnat urladdas till ca 100 %.

Den här beskrivna anordningen av en "invändigt" placerad värmeväxlare av typ Wirsbo WB 2 synes alltså inte uppfylla de samtida kraven på tillräckligt hög matartemperatur till radiatorsystemet och tillräcklig effekt under ackumulatorns hela urladdningsperiod och tillika någorlunda fullständig urladdning av ackumulatören före behov av nästa uppladdning - och detta också under högvinterförhållanden.

Nu kan värmeväxlaren givetvis utföras på andra sätt, exempelvis med större växlaryta relativt ackumulatorvolymen eller med annan fördelning av växlarytan i höjddled. Det är inte säkert att just 1 st. Wirsbo WB 2 utgör den optimala lösningen.

Akkumulatorns värmeurtappning påverkas också av varmvattenberedarens värmeväxlare, som normalt arbetar med betydligt lägre "inmatningstemperatur" till växlaren än en växlare för radiatorvatten. För en varmvattenväxlare har "ingående" vatten vattenledningsnätets vattentemperatur, vilket vintertid kan vara några få plusgrader, medan motsvarande temperatur för ingående radiatorreturvatten kan ha en temperatur av storleksordningen 35°C . Varmvattentappningen kan därför - särskilt vintertid med de då också högsta kraven på hög matningstemperatur till radiatorerna - bidra till snabbare urtappning av ackumulatormagasinet och därmed också till snabbare återuppladdning av detta. Detta gäller särskilt om friskvattentillförsel till varmvattenberedaren via en särskild rörslinga i botten av ackumulatören förvärmes i en sådan rörslinga och då omvänt "snabbkyler" ackumulatorns bottenvattenskikt.

En rent teoretisk beräkning av vad som är ekonomiskt optimalt ifråga om värmeväxlaryta m.m. är mycket komplicerad och är dessutom beroende av flera värmeöverförings- och strömningskoefficienter, som i alla fall måste bestämmas experimentellt. Själva värmeöverföringen mellan ett värmeväxlarspiral-varv och omgivande vattenmassa kan visserligen vid givna temperaturdifferenser ganska väl teoretiskt beräknas, men de av temperaturdifferenserna styrda vertikala strömningarna inom vattenmassan - vilka i sin tur bestämmer det temperaturmässigt starkt varierande temperaturfältet kring varje enskilt varv i en vär-

meväxlar spiral - är svåråtkomliga på teoretisk väg.

Vid föreliggande utvärdering av "invändiga" - d.v.s. direkt i ackumulatorvattnet placerade - värmeväxlare har därför utvärderingen skett enbart på basis av direkta mätningar av ett ganska stort antal olika utförande-alternativ.

Oavsett hur värmeväxlarytan för radiatorsystemet fördelas och dimensioneras synes dock systemet med "invändig" värmeväxlaryta rent termiskt vara mindre effektivt än det tryckutsatta systemet med direkt vattenförbindelse mellan ackumulator och radiatorvatten. Vid det sistnämnda kan både utmatningstemperatur och utmatningseffekt som följd av skiktningseffekt styras av ett tunt toppskikt av hett ackumulatortvatten, medan vid det förra systemet samma data styrs av en medeltemperatur i ackumulatort, som är lägre än topptemperaturen.

Sammanfattning av termisk utvärdering av "invändig" värmeväxlare.

Anordning av värmeväxlare t.ex. av typ Wirsbo WB 2 i ackumulator för uppvärmning av genomsnittligt småhus möjliggör på ett relativt enkelt sätt utformning av s.k. övertrycksfri ackumulator i kombination med ett förenklat utförande av systemets expansionskärl. Systemet möjliggör särskilt i början av en urtappning av ackumulatormagasinet väl tillräcklig utmatningstemperatur till radiatorsystemet - givetvis i kombination med lämplig shuntanordning. Vid måttlig urtappning av en ackumulator - av storleksordningen 80 % - möjliggör det nöjaktig urtappningstemperatur om än med något knapp effekt.

Vid 100-procentig urtappning av värmemagasinet räcker utmatningstemperaturen endast nödtorftigt och endast om vederbörande småhus är av den äldre typ, där radiatorsystemet är rätt kraftigt överdimensionerat. Däremot räcker i sistnämnda fall uppvärmningseffekten inte alls till under högvintern. En ackumulator måste därför i sistnämnda fall återuppladdas redan innan dess värmemagasin är urtappat, eller växlarytan rätt avsevärt ökas.

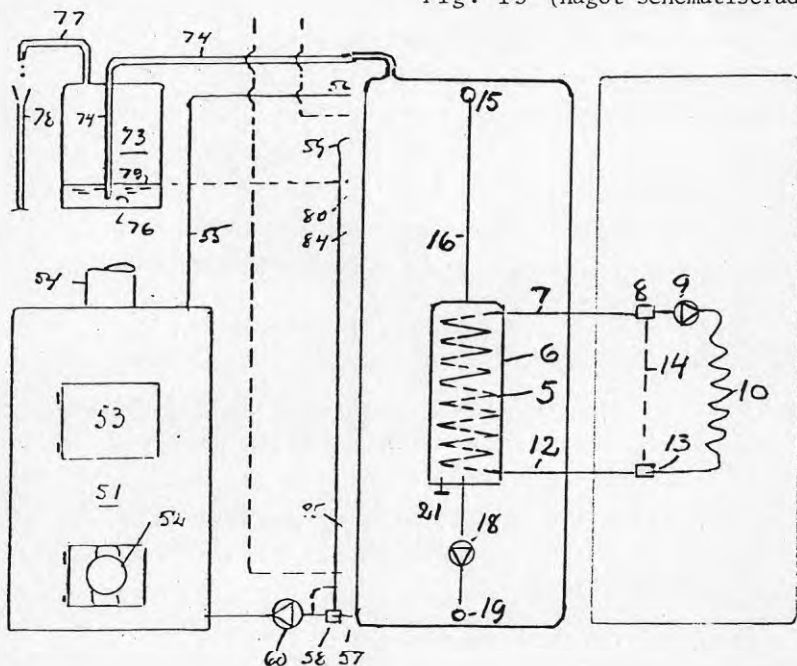
Vid ett tryckutsatt konventionellt ackumulatortsystem kan däremot också vid nästan fullständig urtappning av ackumulatortens värmemagasin hög utmatningstemperatur och tillräcklig effekt erhållas. (Från varmvattenberedning och från "långsiktig" värmeledning uppifrån-nedåt har i detta sammanhang t.v. bortsetts).

2 c. Övertrycksfri ackumulator med "utvändig" värmeväxlare.

I närmast föregående avsnitt har framhållits att vid användning av system "invändig värmeväxlare" det inte synes vara möjligt att vid urtappning av ett ackumulatorvärmemagasin uppnå samma förmånliga termiska verkningsätt som vid det tryckutsatta ackumulatorsystemet, alltså hög utmatningstemperatur och hög effekt under en hel urladdningsperiod, kombinerat med möjligast fullständig urladdning av ackumulatorns värmemagasin. Vid användning av invändig värmeväxlare kan man nämligen inte successivt mata in avkyllt radiatorvatten direkt vid botten av vattenmagasinet och samtidigt ta ut motsvarande hetvatten från ackumulatortoppen, som av det inmatade kallvattnet med skiktningseffekt pressas ut upptill.

Sistnämnda effekt borde man emellertid kunna uppnå genom att använda en värmeväxlare, t.ex. Wirsbo WB 2, i ett mycket litet från ackumulatorn åtskilt vattenmagasin och från detta lilla magasin successivt mata det större magasinet. En utveckling av denna tanke har lett till sv. patentet 430 658, Fig. 13, och en utvärdering av denna anordning skall nu här beskrivas.

Fig. 13 (något schematiserad)



I Fig. 13 är 5 en värmeväxlar spiral av i stort sett samma typ som den som använts för "system invändig värmeväxlare", t.ex. typ Wirsbo WB 2 med 200 mm ytterdiameter, 16 varv och 9,5 m rörlängd. Värmeväxlar spiralerna är anbragta i en utvändig-^{x)} plåt cylinder 6 med obetydligt större innerdiameter (210 mm) än värmespiralens ytterdiameter. Vatteninnehållet i plåt cylindern blir därvid en bråkdel av vattenmassan i en ackumulatorbehållare, medan värmeväxlar spiralerna kan vara densamma.

Medelst en mindre cirkulationspump 18 (som kan vara anbragt både före eller efter värmeväxlaren - i Fig. 13 är den anbragt efter) - uttas nu hett vatten från toppen 15 av ackumulatortoppen och bringas att uppfylla (och fortsättningsvis genomströmma) den värmeväxlar spiralerna omslutande plåt cylindern 6. Samtidigt bringas avkyllt radiatorreturvatten (från 12) att nedifrån genomströmma värmeväxlar spiralerna, här under tryck från radiator systemets ordinarie cirkulationspump 9. Radiatorvattnet avkylls därvid nedifrån och uppåt det i omgivande plåt cylinder 6 befintliga heta vattnet från ackumulatortoppen och upphettas omvänt, så att det vid plåt cylinderns topp avgår med hög temperatur till radiator systemet vid 7 (resp. dettas shuntanordningar 8-14-13).

Omvänt är det heta ackumulatortvattnet i plåt cylindern maximalt nedkyllt när det når plåt cylinderns botten. Från denna återvänder ackumulatortvattnet i plåt cylindern via en anslutning 19 till botten av ackumulatortoppen och ersätter därvid det hetvatten, som (vid 15) uttagits från ackumulatortoppen. (Fig. 13 visar dessutom vid trevägsventilen 45 en del anslutningar till angränsande ackumulatortank, som här kan bortses från).

Genom att vattenmängden i plåt cylindern är liten i förhållande till värmeväxlar spiralernas värmeöverföringskapacitet blir vattnet i plåt cylinderns nederdel snabbt nästan lika kallt som inkommande radiatorreturvatten (så när som på det temperatursprång om drygt 5°C, som är ofrånkomligt på ömse sidor om en värmeväxlarvägg). Omvänt blir från värmeväxlarens överdel uttaget radiatorvatten snabbt nästan lika varmt som från ackumulatortoppen heta topp (via 15) uttaget hetvatten.

x) från ackumulatortanken väl isolerad

Regleringen av den från ackumulatortill värmväxlaren uttagna värmen kan emellertid ske på ett par olika sätt.

Enligt ett sådant sätt är nedtill i plåt-cylinderns avtappningsdel anbragt en termostat 21, som styr en i fig. 13 ej visad avtappningsventil, t.ex. en vanlig termostatstyrd radiatorventil. När denna av radiatorreturvattnet avkylts till närheten av returvattnets temperatur öppnas den termostatstyrda avtappningsventilen och släpper då under påverkan av pumpeffekten från pumpen 18 ut viss kvantitet nedkyllt vatten ur plåt-cylinderns botten, som då återvänder till ackumulatortoppen. Småningom kommer därvid termostaten 21 att uppträda återigen omges av hetare vatten, varvid avtappningsventilen stänges. Plåt-cylinderns bottenvatten börjar nu på nytt avkylas från det hela tiden kontinuerligt inströmmande radiatorreturvattnet, vilket pågår tills avtappningsventilen på nytt öppnas. O.s.v.

Man får på detta sätt en intermitterande strömning av ackumulatortvatten genom plåt-cylindern. Ju större värmebehovet är i byggnaden, ju snabbare avkyls först radiatorreturvattnet och sedan plåt-cylinderns bottenvatten, och ju snabbare avtappas hett ackumulatortvatten genom cylindern.

Denna termostatstyrda intermitterande strömning kan dock också ersättas av en kontinuerlig genomströmning av ackumulatortvatten genom plåt-cylindern. Strömningsintensiteten - och därmed värmeuttaget från ackumulatortill - kan då regleras genom lämplig styrning av en strypventil i plåt-cylinderns avtappning mot ackumulatortoppen. Strypningen ifråga kan ske manuellt eller på flera olika sätt styras automatiskt.

När det nedkylda vattnet från plåt-cylinderns botten successivt inmatas i botten av ackumulatortill bildar det en likaledes successivt växande "kallfront", som i sin tur pressar ackumulatortillens heta toppvatten i riktning uppåt mot ackumulatortillens hetvattenuttag 15. Effekten av det hela är att hetvatt-net uttages ur ackumulatortillsystemet i enlighet med skiktning-principen på principiellt samma sätt som sker vid den tryckut-satta ackumulatortill. Skillnaden är dock bl.a. den, att man gör en viss temperaturförlust - av storleksordningen 5°C - vid

varje värmväxling. Bortsett från denna temperaturförlust har systemet i stort sett samma termiska fördelar som det tryckutsatta systemet. Utmatningsvattnet från värmväxlarens topp kan behålla hög temperatur så länge det finns hett vatten kvar i ackumulatortoppen, vilket enligt skiktningens principen är fallet under största delen av urladdningstiden. Därför förblir också urladdningseffekten hög under samma tid - av storleksordningen 10 kW vid en värmväxlare av typ Wirsbo WB 2. Systemet medger också nästan fullständig urtappning av ackumulatorns värmemagasin mellan dess uppladdningar. Det har alltså betydande

termiska fördelar jämfört med system "invändig värmväxlare".

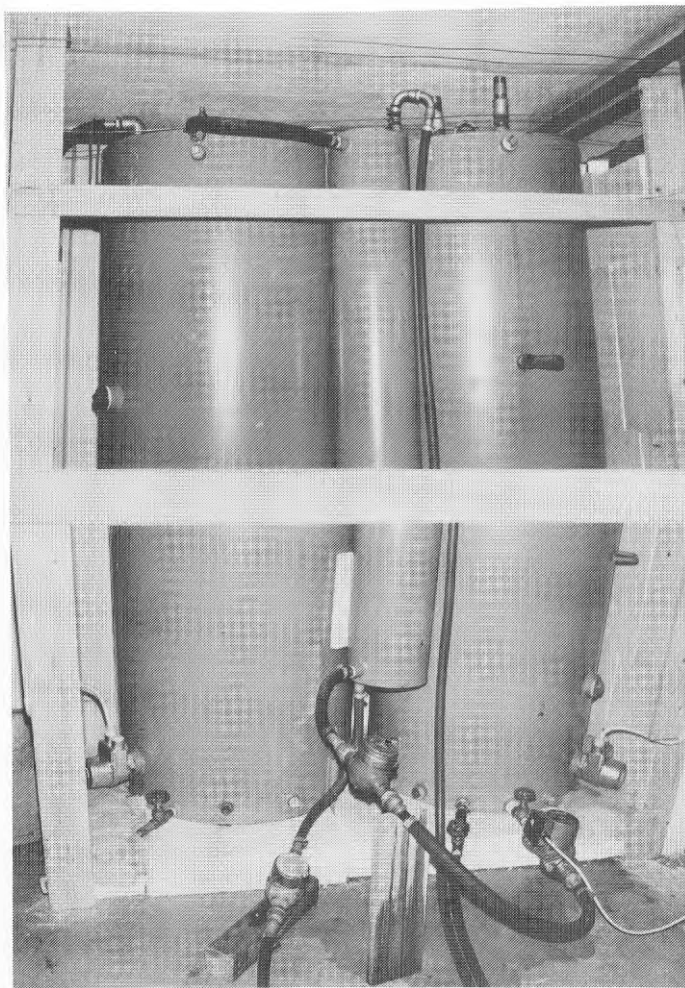


Fig. 14

Fig. 14 visar en sådan värmväxlare (ehuru med två seriekopplade Wirsbo WB 2-växlare) under utvärdering i provvillans "laboratorium". Den är där anbragt mellan två cylindriska ackumulatorbehållare med 700 mm diameter. (På grund av tillgängliga fotografieringsavstånd är bilden tyvärr uppdelad i två ej helt sammanhängande hälfter).

För att möjliggöra mätning också av högre utmatningseffekter än ca 10 kW är växlarcylindern i Fig. 14 utförd med en längd av 1,30 meter, vilket medger användning av två seriekopplade växlarspiraler Wirsbo WB 2. Man kan nämligen då omvänt proportionera fram mindre effekter, som rimligtvis är proportionella mot den använda värmewäxlarspiralens längd (i den mån övriga data är desamma).

Fig. 14 visar två seriekopplade ackumulatorbehållare, där det kalla radiatorreturvattnet på vanligt sätt matas in vid botten av den ena behållaren medan hetvattnet tas ut ur toppen av den andra - skiktningssprocessen sker i detta fall också med seriekoppling, så att kallvattnet först helt fyller den ena behållaren, därefter rinner över till botten av den andra medan hetvattnet hela tiden pressas "framför" kallfronten. Hetvatten av maximaltemperatur kan därför under hela urladdningsperioden tas ut från toppen av den andra behållaren ända tills att hetvattnet i bägge behållarna ersatts av radiatorreturvattnet.

Behållarna är givetvis under mätperioden isolerade runt om ehuru isoleringen vid fotograferingen borttagits delvis.

Tillämpning av system "utvändig värmewäxlare" vid provvillan.

Temperaturer och effekter vid system utvändig värmewäxlare har på samma sätt som vid system invändig värmewäxlare först studerats som relativt primitiva och kortvariga laboratorieprovningar, men för att studera verkningsättet under långvarig fortfarighetsbelastning och under praktiska förhållanden har en värmewäxlare enligt Fig. 14 också undergått långvariga mätningar under belastning av provvillans radiatorsystem. Eftersom seriekopplingseffekten av flera behållare i och för sig är väl känd och studerad har nu ifrågasättande mätningar skett med användning enbart av en ackumulatorbehållare, till vilken en utvändig värmewäxlare enligt Fig. 14 anslutits. Denna har sedan i sin tur inkopplats i hela provvillans radiatorsystem, som alltså åstadkommit belastningen på värmewäxlarsystemet. Värmewäxlarcylindern enligt Fig. 14 har innehållit två seriekopplade växlarspiraler av typ Wirsbo WB 2.

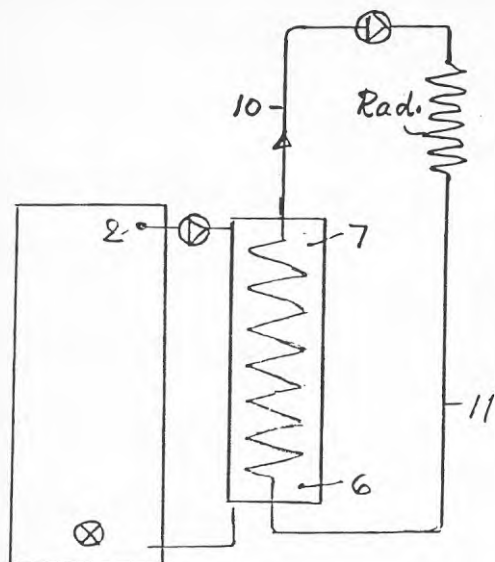


Fig. 15

Värmeväxlaranordningen är i detta fall i princip inkopplad mellan radiator-system och ackumulator på det sätt som framgår av Fig. 15. Ackumulatorm är uppvärmsbar med elektriska värmeelement. På Fig. 15 visade siffror avser ett antal temperaturmätpunkter med termoelement.

Liksom vid system "invändig värmeväxlare" är det av intresse att studera värmeväxlarens utmatningstemperatur och effekt, egentligen också ackumulatorms urtappningsgrad.

I det här fallet har den sistnämnda dock ansetts tillräckligt känd från andra undersökningar, varför mätningarna begränsats till temperaturer av betydelse för utmatningstemperatur och effekt. Mätningarna har i detta sammanhang skett på något annat sätt än för system invändig värmeväxlare. I princip har de tillgått så, att man tillfört ackumulatorm viss bestämd effekt under så långa mätperioder, att vissa jämviktstillstånd uppnått. Mätningarna har pågått under ett halvår, och de elektriskt tillförda effekterna har under denna tid - med normalt 3 kilowatts intervall - anpassats så, att man erhållit någorlunda likformig temperatur i ett bestämt temperatur-observerat rum i provvillan. För varje effektnivå har därvid temperaturerna i värmeväxlare och radiatorsystem protokollförts. Efterföljande tabell visar värdena från ett antal sådana mätningar där värdena i möjligaste mån hämtats från mätserier vid vilka representativa jämviktstillstånd uppnått.

Den anknytning till en verklig villas temperaturförhållanden som med denna mätmetod eftersträvat har inte medgett någon större precision eller regelbundenhet, men den belyser

Datum	Effekt kW	Temperatur i					punkt 10 T_u	T_i	$T_j - T_k$
		2	7	6	11				
Maj 14	3	31,8	31,0	25,8	22,1	25,3	+16,3	21,4	6,8
April 12	9	45,1	44,1	30,2	23,7	32,2	+4,8	18,1	13,9
Mars 18	12	53,4	52,2	34,1	26,7	37,6	-4,0	20,0	15,1
Jan. 22	15	61,7	59,5	38,2	30,1	43,3	-4,0	20,2	21,3
Febr 6	18	64,0	62,2	38,0	29,6	44,8	-7,0	18,8	24,0
Febr 14	21	72,8	67,8	40,0	32,7	51,5	-15,5	20,8	27,3

rätt väl vad som är karakteristiskt för system "utvändig värmeväxlare". Oregelbundenheterna i siffrorna sammanhänger nära med ofrånkomliga oregelbundenheter som är en följd av anknytningen till en verklig (ej termostatreglerad) villas temperaturrelationer till ett uppvärmningssystem. En källa till dessa oregelbundenheter är den ofta stora temperaturskillnaden mellan natt och dag - vilket givetvis inverkar på temperaturen i villans förutnämnda mätrum. En annan källa har samband med provvillans avsevärda värmekapacitet. Den är byggd med tunga väggar och bjälklag och det blir därför en avsevärd tidsförskjutning i temperaturer till följd av byggnadens värmekapacitet och värmetröghet, om ändringar i yttre temperaturer skall kompenseras av värmeväxlarens effekt innan ny jämvikt uppnås.

Här bör också noteras att provvillan på grund av sin storlek och ytterväggarnas relativt höga k-värden krävt betydligt högre värmeeffekt än ordinära småhus. Den av två seriekopplade Wirsbo-spiraler typ WB 2 utförda värmeväxlaren har dock kunnat tillgodose sådan hög effekt och detta t.o.m. under den ovanligt kalla vintern 1984/85. För en ordinär småhusvilla bör effektvärdena proportioneras ned avsevärt, vilket i allmänhet betyder att en enkel värmeväxlarspiral Wirsbo WB 2 för sådana villor är fullt tillräcklig.

Av tabellen ovan framgår att tillförd värmeeffekt i möjli-

gaste mån anpassats att åstadkomma en genomsnittlig rumstemperatur T_i av ca 20°C . Av störst intresse är då temperaturerna från den kallaste mätperioden kring Februari 14, 1985. Tillförd effekt har då nått maximivärdet 21 kW. Denna effekt har givit en topptemperatur i ackumulatorn av $72,8^{\circ}\text{C}$ och en temperaturskillnad mellan topp och botten av värmeväxlarcylindern av $67,8 - 40,0 = 27,2^{\circ}\text{C}$ och samtidigt en temperaturskillnad mellan utgående och matarvatten till radiatorerna 10 och återgående returvatten 11 av $51,5 - 32,7 = 18,8^{\circ}\text{C}$.

Trots den under mätperioden ovanligt låga yttemperaturen T_u ($-15,5^{\circ}\text{C}$) anger mätvärdena att det ännu finns en markant temperaturdifferens till möjlig topptemperatur hos ackumulatorn (från $72,8$ till inemot 90°C). Ackumulatorn skulle alltså kunna tillföras ännu större effekt än 21 kW utan större risk för överhettning, och värmeväxlaren skulle kunna avge motsvarande högre temperatur på utmatningsvattnet. Siffrorna indikerar att en värmeväxlare enligt detta system med endast en växlarspiral Wirsbo WB 2 och alltså en avgiven effekt av minst $1/2 \times 21 = 10,5$ kW bör med god marginal räcka till för uppvärmning också under högvintern av ett normalt småhus och detta både med hänsyn till avgiven temperatur och effekt. Det bör därvid noteras att enligt system "utvändig värmeväxlare" matas radiatorreturvattnet ständigt in vid ackumulatorbotten (vid flera seriekopplade ackumulatörer vid botten av borttersta behållaren) och pressar hetvattnet framför sig. I motsats till vid system "invändig värmeväxlare" kommer därvid ackumulatortoppen att under hela urladdningsperioden befinna sig vid sin ursprungligen uppladdade topptemperatur.

Sammanfattning av termisk utvärdering av "Utvändig" värmeväxlare.

System "utvändig värmeväxlare" (som lett till svenska patentet nr 436 658) med en utvändigt relativt ackumulatorvattnet anordnad värmeväxlarspiral typ Wirsbo WB 2 inuti en omgivande plåt-cylinder medger med god marginal alstring av utmatningsvatten från växlare till radiatorsystem med tillräcklig temperatur och tillräcklig effekt till ordinärt småhus även under högvinterförhållanden.

Översiktlig kostnadsjämförelse mellan tryckutsatta och värmeväxlarförsedda ackumulatorsystem.

Att utföra någorlunda korrekta kostnadsberäkningar för produkter som skall tillverkas i en mekanisk verkstadsindustri när man själv inte har insyn i en sådan industri är helt naturligt mycket vanskligt. Jag anser mig sålunda inte kompetent att utföra någon sådan kostnadsberäkning uttryckt i absoluta siffror. Däremot torde någorlunda rimliga jämförelsekostnader mellan några aktuella alternativ kunna åstadkommas. De är baserade på vissa tillgängliga baskostnader.

Det ekonomiska motivet för införande av värmeväxlarssystem och övertrycksfria ackumulatorsystem är givetvis önskan att kunna nedbringa det konventionella tryckutsatta systemets investeringskostnader.

De större kostnadsposterna resp. merkostnaderna vid sistnämnda system synes vara följande:

- 1) Merkostnader för s.k. kupade gavlar vid tryckutsatta cylindriska ackumulatorbehållare
- 2) Merkostnader för högt upp (på vinden e.d.) placerade öppna expansionskärl jämte ledningar relativt i pannrum placerade expansionskärl.
- 3) Vid förekomst av vedeldningspannor kostnader för överkokningsskydd.

För gavelkostnaderna hade från kvalificerat industrihåll erhållits uppgiften, att kupade gavlar för cylindriska behållare med ca 700 mm diameter uppginge till ca 250:- kr per gavel. För ett minimum av två cylindriska behållare motsvarar detta 4 gavlar á 250:- = 1.000:- kr. För ett övertrycksfritt system uppgår motsvarande kostnader till ca 300:-. Differens sålunda 700:- till det övertrycksfria systemets förmån.

Om ackumulatören kan utföras som en enda intransporterbar cylindrisk behållare minskas denna differens avsevärt. Dessutom har det visat sig att gavelpriset i högsta grad är en antalsfråga, och att styckepriiset vid större antal kan väsentligt minska.

Merkostnader för expansionskärl på vinden relativt i pannrummet varierar naturligtvis starkt med de lokala förhållandena men de kanske kan uppskattas inkl. isolering till 1000:-

Kostnader för överkokningsskydd vid förekomst av vedpannor kan uppskattas till 5-600:- kr.

Å andra sidan tillkommer också vid övertrycksfria system vissa merkostnader.

Vid system "invändig värmeväxlare" erfordras minst en, event. två värmeväxlarspiraler av t.ex. typ Wirsbo WB 2 med 16 varv och 9,5 m kamflänsrör \varnothing 22. Under utvärderingsarbetets gång har för en sådan erhållits prisuppgifter i intervallet 400-600:- kr, vartill kommer monterings- och anslutningskostnader.

Vid system "utvändig värmeväxlare" erfordras normalt en värmeväxlarspiral av nyssnämnda typ.

Dessutom tillkommer vid system utvändig värmeväxlare följande detaljer:

a) En plåt-cylinder kring växlarspiralen,	ca 300:-
b) En extra cirkulationspump, mindre typ	ca 400:-
c) En termostatreglerad bottenventil, ev. ersatt av en något billigare strypventil	ca 200:-
	<hr/>
	ca + 900:-

Samtliga priser är fabrikspriser.- konsumentpriser blir ungefär det dubbla.

2 d. Övertrycks- och vakuumfritt ack.system utan värmväxlare.

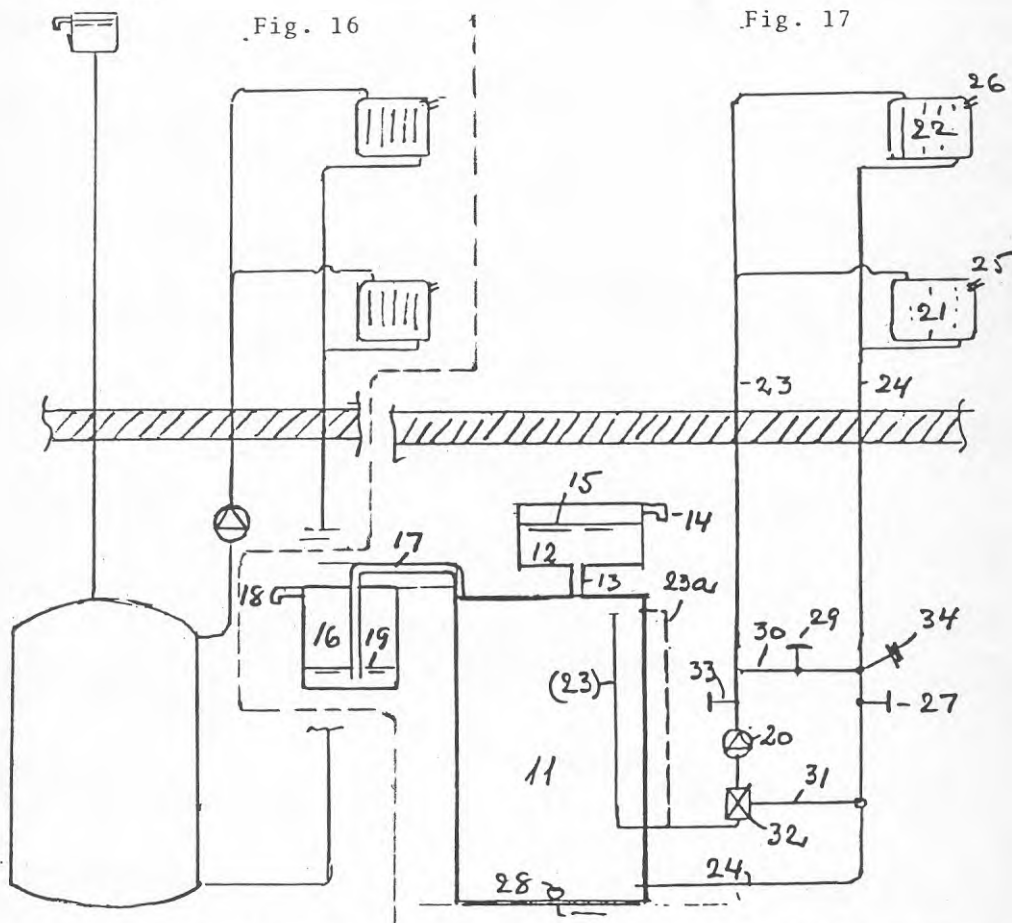
I det föregående har behandlats fyra olika principer för anordning av ackumulatorsystem vid småhus (om högst två våningsplan ovanför ev. källare), nämligen ackumulatorsystem under statiskt tryck från ovanförvarande radiatorer och expansionskärl, övertrycksfria ackumulatorsystem med "vakuum-upphängt" radiatorvatten, övertrycksfria ackumulatorsystem med "invändiga värmväxlare" och dito system med "utvändiga värmväxlare". Alla de beskrivna systemen har haft sina nackdelar och inget av de undersökta och enligt ovan utvärderade systemen har erbjudit några verkligt påtagbara kostnadsförbättringar som samtidigt varit kombinerade med tekniska resp. termiska fördelar.

Ett rätt stort antal industriföretag både i Sverige och utlandet har utvecklat och marknadsfört olika slag av ackumulatorsystem, och minst ett av de svenska företagen med totalomsättning (på andra områden) i miljardklass och sålunda med mycket stora ekonomiska resurser har investerat miljonbelopp i utvecklingen av värmväxlarsystem för vattenackumulatorer utan att detta lett till kostnadsminskningar eller termiska förbättringar av ackumulatorsystemen.

Det kunde under sådana förhållanden förfalla utsiktslöst att finna ett ackumulatorsystem, som på en gång innebär väsentliga kostnadsminskningar relativt både det kända konventionella tryckutsatta ackumulatorsystemet och relativt olika värmväxlarsystem, och som samtidigt innebär tekniska resp. termiska fördelar.

Det fjärde övertrycksfria ackumulatorsystem som under-tecknad numera haft tillfälle att utvärdera synes emellertid både innebära tekniska fördelar och betydande kostnadsreducingar. Systemets ifråga grundläggande idé har i verkligheten redan publicerats av undertecknad i en artikel i en VVS-teknisk tidskrift för flera år sedan, ehuru dess detaljer då ej avslöjats och ehuru undertecknad inte tidigare haft möjlighet att utvärdera dess funktion i full skala i en verklig villa-byggnad.

Den hittills genomförda utvärderingen har visat, att systemet utan utnyttjande av vare sig värmväxlare eller osäker vakuump-funktion har i stort sett samma termiska fördelar som det konventionella tryckutsatta ackumulatorsystemet men utan att vara belastat av dettas kostnadsfördrande nackdelar. Systemets tekniska utförande är - skenbart - mycket enkel. Den tekniska enkelheten framgår tydligast om man bredvid varandra ställer ett konventionellt tryckutsatt ackumulatorsystem, Fig. 16 och ett system enligt här föreliggande lösning, Fig. 17.



Det karakteristiska för det konventionella systemet är att man i källarplanet (eller ev. bottenplanet) anordnat tryck-tåliga ackumulatorbehållare - i regel minst två för att ernå tillräcklig ackumuleringsvolym - vilka utförts som cylindris-

ka behållare med kupade trycktåliga gavlar. Dessa står i direkt vattenförbindelse med ovanförvarande radiatorer. Vidare är samma system utfört med expansionskärl placerat ovanför de översta radiatorerna, ofta på husets vind. Vattnet i detta radiator- och expansionskärlssystem befinner sig hela tiden i statisk jämvikt men utövar samtidigt ett avsevärt vattentryck på de nedanför belägna ackumulatorbehållarna, motsvarande vattenpelarhöjden till det högst upp placerade expansionskärllet. En cirkulationspump i systemet, som är till för att cirkulera runt vattnet från panna och ackumulatorer till radiatorer och tillbaka, behöver inte uträtta något lyftningsarbete av vatten i detta vattensystem i statisk jämvikt, utan den behöver endast övervinna det relativt begränsade strömningmotståndet i ledningar och radiatorer.

Det karakteristiska för det nya systemet är i stället att man i källarplanet (bottenplanet) har anordnat icke övertryckståliga, "övertrycksfria", "trycklösa", behållare. De har öppet utlopp i princip omedelbart ovanför behållartoppen. Eftersom behållarna inte är utsatta för yttre övertryck - och inte kan utsättas för sådant övertryck eftersom de är i princip öppna upptill - så kan en ackumulatorbehållare utföras t.ex. som en långsmal rektangulär låda (med minst samma volym som två cirkulär cylindriska dörrpasserbara behållare). Bredden kan väljas så, att lådan kan intas genom ordinära dörröppningar. En sådan låda blir, trots att den ju i alla fall måste kunna motstå sitt eget vattenfyllningstryck, betydligt billigare - - vid en given volym - än två eller flera cylindriska tryckbehållare med högst samma tvärmått. Dessutom inbesparar den ledningar mellan sammankopplade behållare och i regel även en extra cirkulationspump.

Karakteristiskt för det nya systemet är vidare att dess expansionskärl är placerat på låg nivå - i källarplanet e.d. - och alltså omedelbart intill värmepanna eller ackumulator. Det sparar alltså in långa ledningar till vinden, är frostfritt placerat (vilket förenklar ev. isolering), och hela dess säkerhetssystem består av öppet rörutlopp upptill på resp. behållare. Med den anordningen förhindras t.ex. övertryck genom

överkokning av ett vedbränslesystem eller att säkerhetsanordningarna sviker vid inkoppling av elektriska värmepatroner. En "skenande" elpatron, som inte stängs av vid ett konventionellt system, skulle ju i olyckligt fall kunna vålla stora risker om t.ex. expansionsutloppet från ett vindsplacerat expansionskärl skulle råka frysa ihop en kall vinterdag med fullt el-pådrag.

Det kan invändas att de nu beskrivna fördelarna har också ett värmeväxlersystem, men det nya systemet har därutöver en fördel som ett värmeväxlersystem inte har, nämligen samma termiska fördelar som ett konventionellt tryckutsatt ackumulatörsystem. Plus att värmeväxlaranordningen inbesparats.

Det principiellt nya i detta system och dess skillnad från det konventionella tryckutsatta systemet är det, att till systemet hörande cirkulationspump inte arbetar i ett vattensystem i statisk jämvikt utan i stället hela tiden måste lyfta upp cirkulationsvattnet från källarplanet (bottenplanet) till radiatorerna högre upp, där pumpen hela tiden vållar övertryck. Vattnet i radiatorerna är alltså inte "vakuum-upphängt" som i det i kap. 2 a tidigare beskrivna systemet (enligt sv. patentet 173555.)

Cirkulationspumpen måste alltså hela tiden uträtta ett extra pumparbete. Här gör nog en läsare invändningen: Sådant extra pumparbete kräver en hel del extra energi, och kapitaliserar man driftkostnaden för denna extra pump-energi (lyftenergi), så uppväger den mer än väl vad man investeringsmässigt sparar!

Denna invändning är emellertid i regel felaktig. Orsaken härtill är helt enkelt den, att åtminstone vid elektrisk uppvärmning denna extra pumpenergi inte representerar någon merkostnad alls. Förklaringen härtill är i sin tur den, att pumpeffekten inte ökar cirkulationsvattnets genomsnittliga höjdnivå - vatteninnehållet i systemet befinner sig hela tiden på samma genomsnittliga totalnivå och har alltså hela tiden samma lägesenergi. Det betyder i sin tur att all tillförd pumpenergi om-sätts i annan energi, värmeenergi, och den värmeenergin blir kvar i huset och bidrar till uppvärmningseffekten.

Om huset uppvärms elektriskt, så kostar el-energin det-samma vare sig den tillförs via elpatroner eller (delvis) via en elektrisk cirkulationspump. Det väsentliga är endast att den sålunda tillförda värmeenergin kommer husuppvärmningen tillgodo. Det är ganska enkelt att tillse att så sker. Det väsentliga som krävs är egentligen att placera pumpen inom samma isole-ringshölje som omger ackumulator (eller värmepanna). Det mesta av lyftarbetet vållar viss - om än mycket blygsam - upphettning av cirkulationspumpen. Därutöver omsätts en del av pumparbetet på konventionellt sätt i friktionsuppvärmning inom ledningar och radiatorer. Den extra pumpenergi det här gäller är dock förvånansvärt liten. Rent teoretiskt erfordrar lyftarbetet vid ett ordinärt 2-plans småhus endast en energimängd av ca 35 kWh per år för den erforderliga cirkulationsmängden radiatorvatten, vilket är mindre än 0,2 % av den transporterade värmemängden. Beräkningen härav har skett enligt följande förutsättningar:

Årlig energimängd för uppvärmningen antas = 20.000 kWh (energiåtgången för varmvattenberedning erfordrar inget lyftar-bete för cirkulationsvatten). Det antas att temperaturförlusten i radiatorerna är 10°C. Eftersom 1 kWh = 860 kcal åtgår

$$\frac{20.000 \times 860}{10} = 1,72 \times 10^6 \text{ liter vatten för att transportera årlig vattenmängd. Hälften av denna vattenmängd lyftes från acku-mulatorstopp till andra våningsplanet och hälften till första planet, vilket högst utgör 5,0 resp. 2,5 meter eller i medeltal 3,75 meter. Lyftarbetet blir då } 1,72 \times 10^6 \times 3,75 = 6,45 \times 10^6 \text{ kilogrammeter} = \frac{6,45 \times 10^6}{427} = 15.100 \text{ kcal} = 17,6 \text{ kWh}$$

(1 kcal = 427 kilogrammeter). Antas pumpens genomsnittliga verk-ningsgrad till 50 % blir totala årliga lyftarbetet 2 x 17,6 = = ca 35 kWh.

Vid beräkningen har använts de gamla enheterna kilokalorier och kilogrammeter, vilket just för denna beräkning är ojämförligt enklast och lättast överskådligt.

Det verkliga lyftarbetet, som framgått av utvärderingen i ett småhus, blir dock betydligt större än det sålunda teoretiskt beräknade, men är fortfarande litet, och det omsättes som redan framhållits i värme, som kommer husuppvärmningen tillgodo.

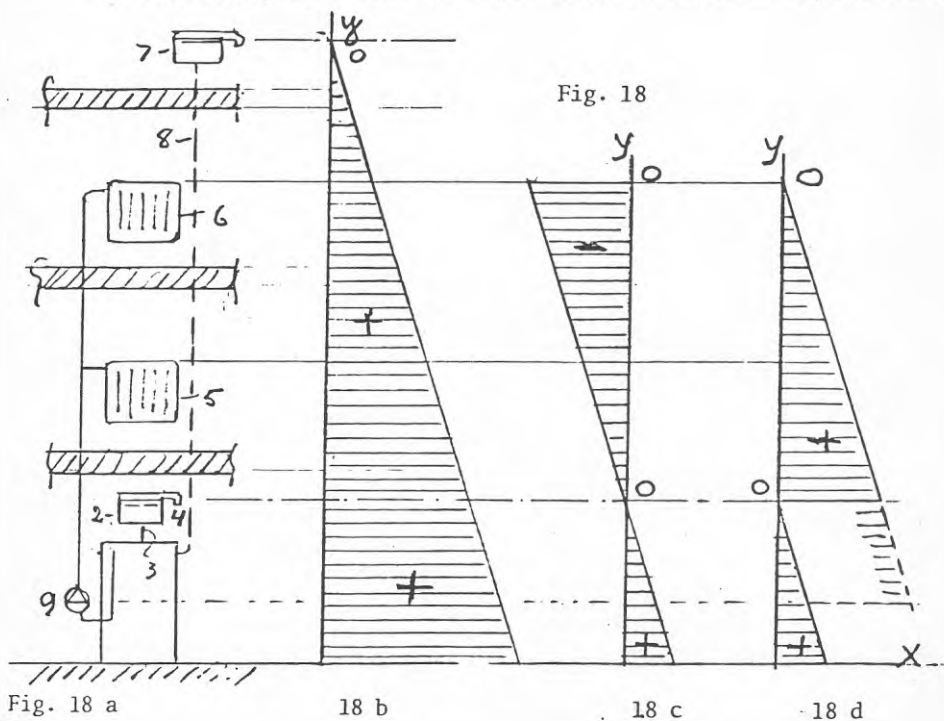
Egentligen är vad nu sagts en självklar slutsats av ener-

giprincipen och skulle alltså inte behöva experimentellt verifieras. För fullständig utvärdering av principen har dock vid försöksvillan en sådan utvärdering experimentellt genomförts. Innan denna utvärdering - som helt bekräftat "teorin" och som utförts genom att en ackumulatorbehållare uppvärmts enbart genom cirkulationspumpens arbete och dess (obetydliga) temperaturhöjning noggrant uppmäts - närmare beskrives, skall dock systemet i övrigt först något närmare beskrivas och i samband därmed genomförda utvärderingsmätningar redovisas.

Att börja med skall vattentryckssituationen vid såväl det konventionella tryckutsatta, det "vakuum-upphängda" och det nu aktuella systemet redovisas. Vattentrycket är i Fig. 18 schematiskt visat för de tre olika systemen.

Fig. 18a visar schematiskt en ackumulator (eller värme-panna) i källarplanet av ett 2-plans småhus. Den är i detta exempel försedd med ett medelbart ovanpå ackumulatorn anbragt expansionskäril 2 med fria utloppet 4. 5 och 6 betecknar radiatorsystem i två våningsplan ovanför källarplanet. Figuren visar alltså närmast ett "övertrycksfritt" värmesystem.

I och för jämförelse med ett konventionellt tryckutsatt



system visas i Fig. 18a också med streckade linjer ett expansionskärl på vinden 7 jämte ledningar 8 till värmekällan i källarplanet.

I Fig. 18 b, c och d visas tryckfördelningen i höjddled för de olika systemen i form av tryckdiagram. Trycket anges som positivt (+) med diagramlinjen till höger om diagrammets y-axel, om trycket utgör ett övertryck relativt atmosfärstrycket, och det anges som negativt (-) med diagramlinjen till vänster om y-axeln, om det utgöres av undertryck, vakuum, relativt atmosfärstrycket. Trycktillägg för cirkulationsmotstånd har här bortsetts från.

Tryckdiagrammet för det konventionella systemet enligt Fig. 18 b är positivt hela vägen. Man noterar särskilt att vattentrycket är som högst i nivå med ackumulator eller värmepanna längst ner, egentligen relativt högre än vad diagrammet indikerar.

Tryckdiagrammet för det under avsnittet 2 b i denna rapport beskrivna systemet enligt sv. patentet 173 555 från 1956 med i radiatorsystemet genom vakuum "upphängt" radiatorvatten visas i Fig. 18 c. Vattentrycket är där = 0 i nivå med vattenytan i expansionskärlet 2 omedelbart ovanför ackumulatören etc. Därifrån växer trycket nedåt med ackumulatorvattendjupet men är, som synes av diagrammet, hela tiden litet jämfört med vattentrycket vid det konventionella systemet enligt Fig. 18 b.

Ovanför noll-nivån är vattentrycket vid detta system negativt, vilket betyder viss grad av vakuum. Vakuet är här störst vid radiatorerna i andra våningsplanet, vilket betyder att kraven är särskilt stora på tätheten hos dessa radiatorer, om systemet skall fungera enligt diagrammet.

Vattentrycket enligt det nu (avsnitt 2 d) beskrivna nya systemet visas i Fig. 18 d. Det tryckdiagrammet är annorlunda än diagrammen för tidigare tillämpade system. Enligt diagrammet Fig. 18 d är trycket i en ackumulator eller värmepanna i princip likartat med trycket enligt diagram 18 c, d.v.s. mycket litet på ackumulatornivå och med nolltryck i höjd med vattenytan i expansionskärlet 2. Ovanför pumpnivån 9 är trycket rel. lågt i ackumulatören och samtidigt rel. högt i pumpledning och radiatorer enligt diagrammet 18 d. Man noterar också att vat-

tentrycket enligt Fig. 18 d är positivt på hela höjden, d.v.s. att inget vakuum där förekommer. Systemet enligt Fig. 18 d är därför inte känsligt för mindre otätheter i radiatorsystemet.

Efter de principiella påpekanden som härovan gjorts betr. det nya systemets funktion skall nu några av systemets normala detaljer, som utvärderats i provvillan, kortfattat beskrivas med hänvisning till den schematiska principfiguren i Fig. 17 (sid. 46).

I Fig. 17 är 11 en ackumulatorbehållare eller en vanlig konventionell värmepanna, som bägge kan uppvärmas med alla konventionella energiformer, dock ej markerade på Fig. 17. Till ackumulatorn (eller värmepannan), som här antagits placerad i källarplanet av ett småhus, är med stigarledningar 23 och returledningar 24 anslutna vanliga radiatorsystem 21 och 22 i de båda våningsplanen av ett 2-plans småhus.

Mellan stigarledning 23 och returledning 24 är lämpligen anordnad en konventionell shuntledning 31 med tillhörande eventuellt motorreglerade shuntventil 32. I stigarledningen 23 är vidare anordnad en cirkulationspump 20 med något större tryckhöjd än vid konventionella system, och i returledningen 24 är anordnat ett reglerbart strömningsmotstånd 27, t.ex. en vanlig strypventil (gärna av den prisbilliga kultypen). Pumpen 20 är lämpligen placerad ett stycke nedanför toppen av ackumulator eller värmepanna 11, så att den ständigt är vattenfylld, vilket underlättar starten.

Pumpen 20 har i kombination med strömningshindret 27 sådan tryckhöjd, att den förmår fylla radiatorsystemet 22 på småhusets översta plan med vatten och tillika åstadkomma erforderlig cirkulation genom radiatorsystemet också på detta plan. Härför erfordras inte någon exceptionellt kraftig pump; pumpar av nästan samma storlek som konventionella cirkulationspumpar men med större tryckhöjd är tillämpliga. Självfallet kräver de dock något större effekt än pumpar för enbart cirkulation inom ett vattensystem i statisk jämvikt och investeringskostnaden är ett par hundra kronor högre. Men denna merkostnad är den enda merkostnaden för systemet som i stället inbesparar övertrycksfria ackumulatörer och billigare expansionskärl m.m.

Akkumulatorn eller värme-pannan 11 ("värmekällan") är enligt systemet försedd med ett expansionskärl i källarplanet, som i Fig. 17 är visat i två alternativa utföringsformer.

Expansionskärlet 12 är av i och för sig mera konventionell typ och står med ledningen 13 i förbindelse med värmekällans topp och är försett med ett öppet utlopp 14. Expansionskärlet vållar ett obetydligt övertryck i värmekällan, motsvarande utloppets 14 höjd över värmekällans topp, men detta tryck är så så litet, att värmekällan ändå kan tillnärmelsevis betecknas som "övertrycksfri" .

Expansionskärlet 16 är av en mera speciell typ och tillhör de särskilda anordningar, som utvärderats i denna undersökning. Det redovisas senare under den speciella rubriken 3..

Som framgår av Fig. 17 är mellan stigar- och returledningar 23 och 24 lämpligen också anbragt en tvärförbindelse 30, försedd med en avstängningsventil 29 och anordnad efter pumpen 20. Vid vattenfyllning vid start av ett från början tomt värmesystem uppfylles först värmekällan 11 från vattenledningsnätet via bottenventilen 28 tills dess att vattnet börjar rinna ut genom expansionsutloppen 14 eller 18. Värmekällan är då fylld till toppen.

Därefter öppnas ventilen 29 och stänges helt strömningshindret 27 (som lämpligen också utgöres av en reglerbar strypventil), varefter pumpen 20 startas. Pumpen suger då via ledningen 23 (ev. 23 a) vatten från ackumulatorn, som fortfarande påfyller från nätet via ventilen 28. Pumpen 20, som efter öppnandet av ventilen 29 står i direkt vattenförbindelse med både stigarledningen 23 och returledningen 24, fyller nu radiatorerna (alltså "baklänges" i returledningen 24) via bägge dessa ledningar med vatten.

Luftinnehållet i ledningar och radiatorer släppes på i och för sig vanligt sätt ut genom radiatorernas under fyllnighgsskedet öppna luftningsventiler 25 och 26. När samtliga radiatorer vattenfyllets stänges först luftningsventilerna 25 på det lägre våningsplanet och sedan 26 på det övre. Eventuellt överskottsvatten från nätet via 28 borttrinner under tiden

genom expansionsutloppen 14 eller 18. Till sist stänges ventilen 28. Systemet är nu helt fyllt med vatten och helt befriat från ursprungligt luftinnehåll.

Till sist stänges ventilen 29 i tvärförbindningen 30 och öppnas något ventilen 27 till för denna normalt driftläge, varom något mera nedan. Även shuntventilen 32 injusteras i normalt driftläge. Den kan också utgöras av termostatstyrd motorshunt av konventionell typ.

Systemet är nu driftfärdigt. Upphettat vatten från värmekällans topp pumpas av pumpen 20 upp genom stigarledningen 23 och återvänder efter avkylning i radiatorsystemet till botten av ackumulator eller värmepanna genom returledningen 24. Vid ackumuleringsdrift utbildar det återvändande avkylda returvattnet ett kallskikt, som successivt växer i tjocklek och därvid - via skiktningseffekt - utan nämnvärd blandning tränges undan befintligt upphettat vatten uppåt ända tills att ackumulatortöms på sådant upphettat vatten. Ackumulator resp. värmepanna måste då åter upphetas (anordningar härför dock ej visade på Fig. 17). Detta är exakt samma - förmånliga - effekt som vid konventionella tryckutsatta ackumulatörer.

Eftersom pumpen i kombination med strömningshindret 27 har större pumptryck än vad som motsvarar höjden till översta radiatorerna 26, är samtliga radiatorer i huset hela tiden utsatta för övertryck från pumpkombinationen. Radiatorerna kan därför vid behov luftas på konventionellt sätt. Innan systemet efter nyfyllning med vatten blivit "avlufat" efter uppvärmning måste ju normalt luftning av radiatorerna till en början ske något oftare, men när systemet blivit initieellt avluftat har fortfarighetstillstånd uppnåtts och inga ytterligare åtgärder erfordras normalt. Systemet fungerar precis likadant som ett konventionellt radiatorsystem. Vid eventuellt läckage på någon punkt av radiatorsystemet tränges vatten ut vid läckagepunkten, som då i vanlig ordning måste åtgärdas.

Däremot blir det viss skillnad gentemot ett konventionellt radiatorsystem om pumpen 20 stoppar, t.ex. vid strömavbrott.

Om strömavbrottet är någorlunda kortvarigt och radiator-systemet tillika är normalt tätt händer egentligen ingenting alls vid och efter strömavbrott. Vattnet i radiatorerna "hänger kvar" i systemet genom tidigare beskriven vakuum-verkan. När strömmen kommer tillbaka startar cirkulationen igen på samma sätt som vid ett konventionellt system.

Stannar pumpen på grund av pumpfel och måste utbytas stänges först den i stigarledningen anordnade avstängningsventilen 33 och ventilen i returledningen 27. Vattnet i radiator-systemet är nu "inlåst" och pumpen 20 kan tas bort och repareras eller utbytas.

Även sommartid, då ingen värme från radiatorsystemet erfordras, stänges lämpligen ventilerna 33 och 27 och pumpen 20 stoppas. Inget hinder möter dock att pumpen 20 fortfarande är igång sommartid, men då utvecklar den viss - om än ringa - värmemängd.

Vid utvärderingen av det nya systemet vid provvillan har i cirkulationskretsen ytterligare inkopplats en i Fig. 17 ej visad vattenmängdsmätare. Med denna har kontrollerats att radiatorerna också i översta planet erhållit tillräcklig cirkulationsmängd också vid högsta belastning.

Vid utvärderingen har använts en värmeledningspump av Grundfos tillverkning, varvid vid utvärderingen undersökts två pumpar med något olika kapacitet. Det har befunnits att pumptypen Grundfos 40-75 vid den provade anläggningen givit kapacitet i överkant (ca 1000 timliter i översta planet), varför typen Grundfos 20-60 synes vara tillräcklig vid de flesta 2-plans småhus. Vid 2-planshus utan källare och med ackumulator eller värmepanna i bottenplanet kan en ännu mindre pumpkapacitet användas, och detta gäller naturligtvis också vid 1-plans småhus.

Om radiatorsystemet ej är tätt kan vid pumpstopp till följd av vakuets i radiatorsystemet alltför mycket luft läcka in i radiatorerna och som följd därav motsvarande mängd vatten avtappas nedåt från radiatorsystemet. Blir den avtappningen för stor kan cirkulationen brytas efter strömmens återkomst (eller efter pumpens utbyte eller reparation). Detta skulle givetvis vara

allvarligt om sådant händer vintertid och samtidigt huset en längre tid är övergivet, så att cirkulationens återkomst inte kunnat kontrolleras.

Före idrifttagningen av värmesystemet bör därför radiatorsystemets täthet provas. En sådan provning kan i ett färdigt system utföras på enklast möjliga sätt. Sedan systemet uppfyllts helt med vatten på nyss beskrivet sätt och pumpen 20 stoppats, placeras en hink e.d. under expansionskärllets utlopp 14 (resp. 18). Om radiatorsystemet inte är vakuum-tätt inläcker viss luftmängd och avrinner motsvarande vattenmängd från expansionskärllets utlopp. Om denna mängd per timme eller dygn är så stor att den riskerar att t.ex. hela övre våningsplanets radiatorer tömmas på vatten under den längsta period systemet saknar tillsyn vintertid (t.ex. vid resa), så bör systemet förses med en vid provvillan utvärderad mycket enkel och prisbillig speciell anordning. Den är oberoende av systemets vakuum-täthet och stoppar vid pumpfel omedelbart radiatorvattnet. Den avses att närmare beskrivas i ett senare sammanhang.

Rent principiellt har emellertid en radiators vakuum-täthet och dennas inverkan på ett systems avtappning redan utvärderats vid provvillan enligt det på sid. 12 i denna rapport beskrivna förfarandet.

Sammanfattning av system 2 d. Systemet innebär att värme-panna eller ackumulator jämte expansionskärl är anordnad "övertrycksfritt" i källarplanet e.d. Vattentrycket i radiatorsystemet åstadkommes i stället genom pumptryck från cirkulationspump i radiatorsystemets stigarledning. som i samverkan med ett strömningshinder i returledningen åstadkommer övertryck i hela radiatorsystemet. Detta kan alltså luftas på konventionellt sätt. Vid strömavbrott eller pumpfel kvarblir åtminstone kortsiktigt radiatorvattnet i ett någorlunda tätt radiatorsystem genom vakuumverkan. Vid otätt radiatorsystem användes en speciell separat beskriven tillsats. Systemet innebär - utan värmeväxlare - lägre kostnader för ackumulatorer och expansionskärl. Enda merkostnad viss engångsmerkostnad för pumpen men ingen ökad pumpenergikostnad, då denna tillföres huset som värme. Systemet har - i motsats till värmeväxlarsystem - samma termiska fördelar som konventionellt tryckutsatt system.

3. VAKUUM-BASERAT EXPANSIONSKÄRL FÖR ACKUMULATORSYSTEM:

Erfarenhetsmässigt erfordras för ett ordinärt småhus en ackumuleringsvolym av åtminstone 1500 liter för någorlunda effektiv ackumulering av billig elektrisk "natt-energi". Den volymen kan nöjaktigt åstadkommas med två dörrpassagebredda cirkulära tankar med minst 1700 mm höjd, eller med en övertrycksfri rektangulär tank med helst samma höjd. Ordinarie källarhöjd är dock vanligen endast ca 2 meter, ibland mindre. Inklusiv nödvändiga rörkopplingar blir det vid en sådan källare svårt att få höjdutrymme för ett expansionskärl av typen 12 i Fig. 17.

Undertecknad har därför utvecklat den expansionskärlstyp som visas som 16 i tidigare visade Fig. 17 men vilken figur här återigen återges i något begränsad utformning som schematiska Fig. 19. Expansionskärlet visas dessutom i Fig. 20-21 i den form i vilken det utvärderats vid i föreliggande rapport behandlad provvilla.

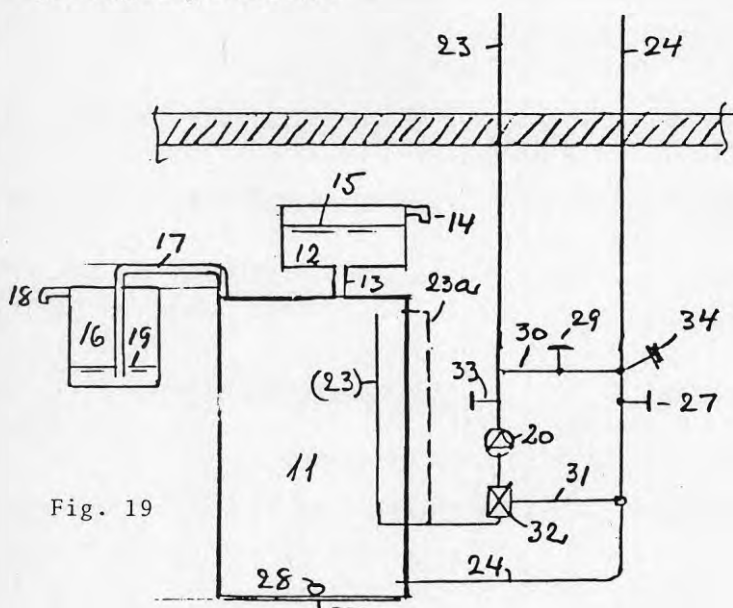


Fig. 19

Karakteristiskt för detta expansionskärl är att dess botten ligger på lägre nivå än toppen av den värmekälla (ackumulator eller värmepanna) vars temperatur-expansion (resp. kontraktion) expansionskärlet skall upptaga. Expansionskärlets utlopp -

- och helst en mindre del av expansionskärlets topp - skall däremot ligga något ovanför värmekällans topp.

Den normala anordningen av ett expansionskärl vid en övertrycksfritt anordnad värmekälla är ju annars den som princi-

piellt markeras av expansionskärlet 12 i samma figur, d.v.s. ett expansionskärl vars botten ligger ovanför värmekällans topp. Vid värmekällans upphettning och motsvarande utvidgning av dess vatteninnehåll stiger vattenytan i expansionskärlet, medan vid avsvälningen expansionskärlets vatten rinner tillbaka nedåt i värmekällan. Denna kommer då hela tiden så länge expansionskärlets botten är täckt av vatten att själv hela tiden vara fylld till toppen med vatten. Det sistnämnda är ur korrosionssynpunkt viktigt; om ett luftskikt mera varaktigt uppkommer under värmekällans topp blir denna (i regel av stålplåt) utsatt för snabb förrostning.

Ett expansionskärl med lägsta vattenytan (19 i Fig. 19) åtminstone tidvis belägen under värmekällans toppnivå uppfyller skenbart inte sistnämnda krav. En lägre belägen vattenyta kan tillsynes inte utöva vattentryck uppåt. Om vattnet i expansionskärlet 16 i Fig. 19 med en tätslutande ledning 17 står i förbindelse med en tät överdel av värmekällan enligt Fig. 19 kan likväl expansionskärlets vatten utöva tryck mot värmekällans tak (och väggar). Trycket åstadkommes av atmosfärstrycket via expansionskärlets öppna utlopp 18.

När värmekällan svalnar och dess vattenyta vill sjunka vid vatteninnehållets kontraktion pressar atmosfärstrycket vattnet i expansionskärlet via ledningen 17 mot vatteninnehållet i värmekällan, som därvid i sin tur pressas mot värmekällans tak(-plåt). Detta kan dock också uttryckas så, att värmekällans vatten (eller kanske rättare den volym som vill tömmas när resten av värmekällans vatten drar ihop sig) vid avsvälning suger ut vatteninnehållet i expansionskärlet så att värmekällan hela tiden förblir helfylld med vatten. I värmekällan uppkommer alltså viss grad av vakuum.

Anordningens funktion förutsätter alltså att viss grad av vakuum kan accepteras som en varaktig företeelse i ackumulatortoppen i detta sammanhang. Till skillnad från den typ av vakuum-utsatta radiatorsystem som ovan behandlats, är vakuumförhållandena vid här beskrivet expansionskärl betydligt gynnsammare.

Dels kan en ackumulatortopp normalt göras helt fri från

packningsförsedda röranslutningar e.d. till ackumulatortoppen, i varje fall från den typ av packningar som finns vid en radiatorspindel. Den enda nödvändiga rörförbindningen till ackumulatortoppen är röret 17 till expansionskärlet i Fig. 19, och den röranslutningen - som är fast - kan relativt enkelt utföras absolut luft- och vattentät. Dock kan också erfordras en luftskruv i ackumulatortoppen, men även en sådan kan erfarenhetsmässigt göras helt tät. Toppdelen av en ackumulator är alltså i hög grad vakuum-tät.

Dels är erforderligt vakuum i detta fall obetydligt och endast bråkdelen av vakuuet vid förut beskrivet radiatorsystem. Det senare kan vid 2-plans-hus uppgå till ca 5 meters vattenpelarhöjd, vilket motsvarar ungefär hälften av teoretiskt möjligt vakuum. I samband med expansionskärl av typen 16 i Fig. 19 utgör maximala vakuum i ackumulatorn det vakuum, som vid avsvälning av ackumulatorn uppkommer vid lägsta vattennivå i expansionskärlet, i Fig. 19 antytt som som nivå 19. Denna nivå uppnås när ackumulatorn är maximalt nedkyld och kan då ligga ungefär 40 cm under ackumulatortoppen, vilket motsvarar lika mycket vakuum uttryckt i vattenpelarhöjd. Detta är alltså mindre än 10 % av det vakuum, som kan uppkomma i ett enligt ovan vakuum-utsatt radiatorsystem.

Vid ursprunglig uppfyllning av ackumulatorsystemet med vatten upp till expansionskärlets utlopps-nivå (eller motsvarande maximal upphettning av ackumulatorinnehållet) kommer däremot ett mindre övertryck att råda i ackumulatortoppen, nämligen det som svarar mot den höjd med vilken expansionsutloppet befinner sig ovanför värmekällans topp. För att kompensera viss avdunstning samt mindre läckager är det också lämpligt att expansionskärlets topp ligger något över värmekällans toppnivå. Detta innebär en uppoffring av tillgängligt höjdutrymme som man måste acceptera ur säkerhetssynpunkt.

Vid såväl ursprunglig uppfyllning som vid event. påfyllning av ackumulatorsystemets vatteninnehåll från vattnledningsnätet via ventil 28 i Fig. 19 kommer ackumulatorbehållaren automatiskt att bli vattenfylld till ackumulators taknivå (efter eventuell luftning av tillhörande luftskruv), eftersom ni-

vån av expansionskärllets topp ligger något högre än ackumulatortoppen.

Utvärderingen av ovan beskrivet expansionskärlssystem enligt 16 i Fig. 19 (resp. Fig. 17) vid tillämpning på ett villavärmesystem har skett på sätt visas i Fig. 20-21.



Fig. 20

Expansionskärllet är där anordnat med sin toppdel ca 10 cm ovanför ackumulatortoppen (som på bilden dock är skydd av sitt isoleringsskikt). Mellan ackumulatortopp och expansionskärlstopp finns en förbindning, som under utvärderingstiden varit utförd av en glasklar plastledning, som tillåtit direkt observation av vattenfyllnadsnivån och som med vanliga rördelar varit tätt anslutna till både ackumulator och expansionskärl.

Uppfyllningen av ackumulatorsystemet vid utvärderingsanordningen har på förut beskrivet sätt fortgått tills dess att överskottsvatten avrinner från expansionsutloppet. Genom att expansionskärllets topp ligger något ovanför ackumulatortoppen blir härvid ackumulatorn helfylld med vatten - befintlig luft avtappas via en på ackumulatortoppen placerad luftskruv.

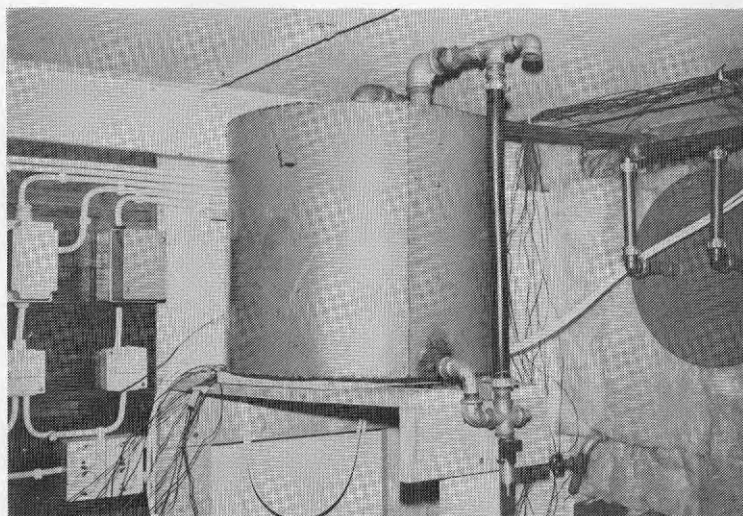
Förbindningsledningen (17) av klarplast mellan ackumulatortopp och expansionskärl ligger ännu något högre än expansionskärllets och ackumulatorns topp. Man kan direkt observera om

denna slang är vattenfylld. Om så är fallet måste också ackumulatorn vara vattenfylld ända till toppen (taket) - vilket i och för sig är viktigt ur korrosionssynpunkt.

Expansionskärlet vid utvärderingen har också utöver på Fig. 19 visade ledningsförbindelser varit försett med ett vertikalt nivårör av ljusgenomsläpplig plast på sidan om kärlet, i vilket expansionskärlets tillfälliga vattennivå kunnat observeras och mätas.

Fig. 21

Nivåröret är med rördelar anslutet så att exp.kärlets hela nivåändringar kan avläsas (från botten till topp)



Utvärderingen av expansionskärlets-funktionen har närmast omfattat en period under högvintern 1984/85, då inga ändringar av vattenmängden gjorts i ansluten ackumulatortank men dess temperatur mycket varierat - under denna period har endast en ackumulatortank varit ansluten till expansionsystemet. Under utvärderingsperioden har dels observerats vattennivån i expansionskärlet i relation till ansluten ackumulatörs momentana temperatur, dels om toppförbindningen varit vattenfylld. Det sistnämnda har hela observationsperioden varit fallet och nivån i expansionskärlet har också varierat på det sätt som motsvarat temperaturvariationerna i ackumulatören.

Expansionskärlet av typ 16 i Fig. 19 har därför fungerat enligt beräkning och bör rimligtvis kunna användas generellt vid ackumulatortanksystem. Denna funktion är oberoende av om vakuum

råder på radiatornivå eller ej.

Fördelen med detta expansionskärllssystem är givetvis den, att det sparar höjd till förmån för ökad volym hos ackumulator i normalt höjdtrång källare. Procentuellt kan denna höjdbesparing vara betydande. Inklusiva erforderliga rörförbindelser erfordrar ett expansionskärll för ett ordinärt ackumulatorsystem ett höjdutrymme av 50-60 cm, vilket motsvarar 30-35 % av tillgängligt nettoutrymme (ca 1700 mm) för ackumulatorvolymerna, Vid det av undertecknad utvärderade expansionskärllsystemet skulle det knappast varit möjligt att tillgodose rimlig ackumulatorvolym, om expansionskärlet måst. placeras ovanför ackumulatorbehållarna enligt expansionskärllstypen 12 i Fig. 19.

Sammanfattning av system 3, vakuum-baserat expansionskärll.
Systemet innebär att expansionskärlet är placerat med huvuddelen av sin volym under toppen av bredvidvarande ackumulatorbehållare, medan däremot dess utlopp mot atmosfärsluften mynnar på nivå ovanför ackumulatortoppen. Funktionen vid ett sådant expansionskärll är baserad på att en normalt heltät ackumulator-överdel vid vatteninnehållets avsvälning via en ledningsförbindelse med expansionskärlet, som slutar nära dess botten, suger tillbaka expansionsvattnet till ackumulatorn. En längre tids utvärdering av systemet i "prov-villan" har bekräftat att systemet fungerar utan problem också långsiktigt.

4. TOTALSAMMANFATTNING.

Rapporten avser utvärdering av fem olika anordningar, i rapportens innehållsförteckning numrerade 2 a-d samt 3, som syftat till att försöka åstadkomma förbättringar eller förbilliganden av ackumulatorsystem vid småhusuppvärmning i förhållande till konventionella s.k. tryckutsatta ackumulatorsystem. Fyra av dessa anordningar avser s.k. "övertrycksfria" ackumulatorsystem medan den femte avser en ny typ av expansionskärl. En av anordningarna, 2 d, synes kunna innebära kostnadsbesparingar också vid värmepannor utan anknäytning till ackumulatorsystem.

Anordningen enligt 2 a (enligt sv. patentet 173 555) innebär att en ackumulatorbehållare och tillhörande med öppet utlopp försett expansionskärl kan anordnas i källarplanet av ett högst 2 bostadsplan högt småhus utan att utsättas för vattenövertryck från ovanförvarande radiatorer. Radiatorvattnet förhindras att utöva vattentryck nedåt och att avtappas till det öppna utloppet nedanför genom att utnyttja visst vakuum i radiatorerna. Anordningen är prisbillig men har påvisats ha olägenheten att utnyttjat vakuum vid otäthet av radiator-systemet kan åtminstone långsiktigt reduceras - varvid del av radiatorvattnet riskerar att avtappas nedåt - och dessutom att radiatorerna inte kan "luftas" för att avlägsna uppkomna luftfickor.

Om radiatorssystemet är helt tätt fungerar emellertid systemet 2 a enligt utvärderingen i provvillan helt perfekt ur termisk synpunkt och är samtidigt det ojämförligt prisbilligaste av de undersökta övertrycksfria ackumulatorsystem, som hittills föreslagits. Använder vanlig cirkulationspump.

Anordningen enligt 2 b (enligt sv. patentet 432 476) innebär att en värmeväxlare - t.ex. en kamrörsspiral av typ Wirsbo WB 2 - anordnas inuti en ackumulators vattenmassa mellan tryckutsatt radiatorvatten och övertrycksfritt ackumulator vatten. En ackumulatorbehållare med tillhörande med öppet utlopp försett expansionskärl kan då liksom i fallet 2 a anordnas "övertrycksfritt" i källarplanet (eller överhuvudtaget i ett våningsplan på lägre nivå än högre upp belägna radiato-

rer). Anordningen är relativt prisbillig men enligt tämligen omfattande utvärderingsförsök ur termisk synpunkt sämre än konventionellt tryckutsatt ackumulatortsystem. Det ger lägre utnyttjningsbar värmeeffekt och utmatningstemperatur till radiatorsystemet i kombination med lägre värmeurtappningsgrad från ackumulatormagasinet.

Om en ackumulatorbehållare med särskilt stor volym står till förfogande till begränsad kostnad, t.ex. vid tillgång till övergiven oljetank, minskas dock de termiska nackdelarna vid system 2 b. Eftersom själva värmeväxlaren här kan utföras relativt prisbilligt (som enbart en växlarspiral) kan systemet som sådant då bli ekonomiskt.

Anordningen enligt 2 c (enligt sv. patentet 430 658) innebär att en värmeväxlare t.ex. av typ Wirsbo WB 2 anbringas inuti en värmeväxlarspiralen tätt omslutande mindre plåt-cylinder med liten vattenvolym (av storleksordningen 20-30 liter), vilken plåt-cylinder anbringas utanpå och värmeisolerat avskilt från en ackumulatortank.. Värmeväxlarspiralen, som genomströmmas av det avkylda radiatorreturvattnet, behöver då endast nerkyla en jämfört med en ackumulatortank mycket liten vattenvolym och kan då snabbt kyla särskilt nederdelen av denna cylindervolym. Omvänt behöver från hetvattnet i en ackumulatortopp uttaget vatten endast uppvärma en likaledes liten vattenvolym, och hetvattnet kan då snabbt uppvärma toppdelen av värmeväxlarcylindern.

Denna anordning möjliggör till motsats från anordningen enligt system 2 b att från den lilla cylinderbehållaren med skiktungsverkan mata en större upphettad ackumulatorbehållare på principiellt samma sätt som sker vid det tryckutsatta systemet med direkt vattenförbindelse mellan ackumulator- och radiatorvatten. Man kan alltså här både utnyttja skiktningseffekt, mata radiatorsystemet med både hög temperatur och hög effekt under hela urladdningsperioden och under denna tillfullo urladda den uppladdade värmen i ett ackumulatormagasin. Detta system har därför nästan samma termiska fördelar som den tryckutsatta ackumulatortank samtidigt som det möjliggör att ackumulatortanken utföres övertrycksfritt och med expansionskärlet placerat med öppet utlopp i t.ex. källarplanet.

Tyvärr måste dock dessa fördelar köpas med något högre investeringskostnad: värmeväxlarcylindern av plåt, en tillhörande extra cirkulationspump (för pumpning av hett ackumulatorvatten genom värmeväxlarcylindern) och en regleringsanordning drar en fabrikskostnad av bortåt 1000:- kr. Tillsammans med 1 st. värmeväxlarspiral är kostnaden uppe på en nivå som äventyrar den eftersträvade kostnadsvinsten relativt det tryckutsatta konventionella systemet.

Systemet är emellertid principiellt enkelt och funktionssäkert och har nu efter en långvarig utvärdering vid provvillan visat hög grad av driftsäkerhet kombinerad med förutnämnda förmånliga termiska egenskaper.

Av de fyra utvärderade systemen 2 a-d synes emellertid systemet 2 d (enligt sv. patentet 173 555 kombinerat med p.ans. 83/06752-0) totaliter ha de förmånligaste egenskaperna. Systemet innefattar övertrycksfritt anordnade ackumulator(er) - och/eller även övertrycksfritt anordnad värmepanna - men därutöver tryckutsatt radiatorsystem. Det har det helt och hållet tryckutsatta ackumulatorsystemets termiska fördelar - hög utmatningstemperatur och hög utmatningseffekt under hela ackumulatorns urladdningsperiod kombinerat med höggradig urladdning av ackumulatormagasinet under urladdningsperioden.

Likväl är systemet kostnadsmässigt förmånligt. Ackumulatorbehållare i källarplanet (eller motsv.) är utförda övertrycksfritt och anslutna till i samma plan anordnat expansionskäril med öppet utlopp i källarplanet, alltså i bägge avseendena kostnadsbesparande relativt det tryckutsatta systemet. Nämnade termiska fördelar uppnås utan behov av värmeväxlare e.d. Enda merkostnaden relativt det tryckutsatta systemet är en mycket begränsad engångs merkostnad för cirkulationspumpen - av storleksordningen ca 200:- kr - i undantagsfall dock plus en säkringsventilanordning av ännu lägre kostnad.

Systemet överensstämmer i sitt konstruktiva utförande mycket nära med systemet 2 a enligt sv. patentet 173 555, men har ett något annorlunda anordnat cirkulationspumpsystem med högre pumptryck, som vållar övertryck också i de högst upp placerade radiatorerna. Vid pumstopp förhindras radiatorvattnet

genom den vid system 2 a beskrivna effekten att avrinna nedåt - vid otäta radiatorsystem dock genom tillsats av en speciell ventilanordning som vid pumpstopp också långsiktigt förhindrar radiatorvattnet att avtappas nedåt. Radiatorerna "luftas" vid behov på precis samma sätt som radiatorerna vid konventionella tryckutsatta system.

Systemet 2 d är tillämpligt också på enbart värmesystem med konventionell vattenvärmepanna och har då vid system för vedeldning den speciella fördelen, att för sådana system annars erforderligt kostnadskrävande överkokningsskydd här inte erfordras. Eventuellt överkokningsvatten avgår nämligen utan problem genom det intill värmepannan placerade expansionskärlet med dess öppna utlopp i källarplanet.

Systemet 2 d:s egenskaper och funktion har utvärderats dels vid provvillan men dels också i samverkan med en industripartner vid ett antal småhus, hittills 15 stycken, i vilka systemet installerats. Det har dock hittills varit i drift vid dessa småhus endast en ganska kort period - några månader - varför endast högst preliminära erfarenheter från dessa installationer ännu föreligger. De redovisas kortfattat i ett efterföljande avsnitt.

Rent statistiskt erfordras ett inte alltför litet antal "försökshus" för att man skall få en någorlunda riktig bild av ett nytt systems funktionssäkerhet och felfrekvens. Om än relativt kortvariga erfarenheter föreligger nu från ovannämnda 15 st. småhus.

Utvärderingen i provvillan har huvudsakligen betr. systemet 2 d omfattat två teknik-frågor. Det ena av dessa har gällt erforderlig pumpkapacitet. Erfarenheterna härav har redan kortfattat refererats (å sid. 55).

Det andra huvudproblem som i första hand utvärderats i provvillan har gällt frågan vad som händer vid pumpstopp vid systemet 2 d, eftersom det systemet är baserat på att cirkulationsvattnet kontinuerligt lyftes till radiatornivå. I den frågan har studerats flera olika lösningar.

Den tekniskt enklaste lösningen är onekligen att inte

vidta några anordningar alls! Man förlitar sig vid denna lösning på att radiatorsystemet är någorlunda tätt och att radiatorvattnet vid pumpstopp "hänger kvar" i radiatorerna genom vakuumverkan åtminstone så länge som strömavbrottet varar. Vid de flesta strömavbrott är den genomsnittliga tiden härför kortare än 1 timme. Under en så kort tid hinner inte mycket luft läcka in i ett radiatorsystem och motsvarande vatten avtappas. Lösningen fungerar dock oftast även vid stopp som varar flera dar.

Utöver denna enkla lösning har vid provvillan studerats ett antal andra anordningar.

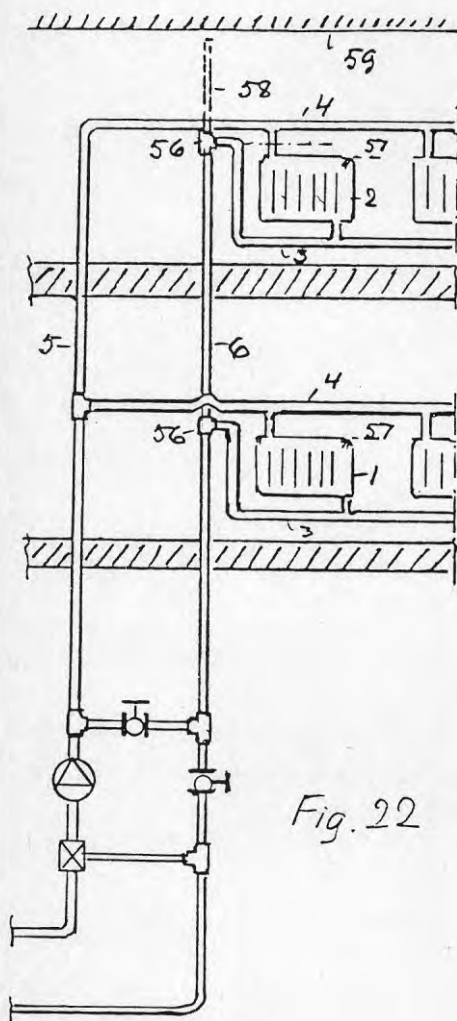


Fig. 22

En sådan anordning visas i vidstående Fig. 22. Enligt denna ombockas grenledningen på retursidan åtminstone i översta våningsplanet enligt Fig. 22 och anslutes till den vertikala returledningen på en nivå ovanför radiatortopparnas i samma plan. Till returledningen anslutes ytterligare en klen "luftningsledning" (58) eller en speciell i Fig. 22 ej visad marknadsförd ventil (italiensk). Den hindrar viss hävertverkan att uppkomma. Totaleffekten blir att radiatorvattnet inte kan avtappas till lägre nivå än till anslutningsnivån 56 i Fig. 22. Utan att här närmare ingå på anordningens funktion i detalj kan nämnas att den vid utvärderingen visat sig fungera väl. Ombockningen av minst en grenledning är dock obekvämlig och väl kostsam.

Enligt en tredje utfö-

ringsform anbringas i stigarledningen (motsvarande 5 i Fig. 22) en enkel backventil och i returledningen (6) en elektriskt styrd stopventil. Så länge elström finnes fungerar den elektriska cirkulationspumpen och då håller strömmen också stopventilen öppen. Blir det strömavbrott stoppar pumpen, men då stänges också den elektriska stopventilen i returledningen och hindrar radiatorvattnet att avtappas genom returledningen. Samtidigt hindrar backventilen i stigarledningen radiatorvattnet att avtappas den vägen. Radiatorvattnet hålls alltså kvar under strömavbrottet. Vid strömmens återkomst öppnas åter returledningen och systemet fungerar åter normalt.

Även denna tekniskt väl fungerande anordning har dock ett avgörande fel: den elektriskt styrda ventilen är alldeles för dyr!

Den fjärde lösning som i detta avseende studerats är däremot också prisbillig. Funktionellt är den enkel men beskrivningsmässigt ganska komplicerad. Den kommer därför att detaljbeskrivas i ett annat sammanhang.

Kombinerad med anordningen enligt förutnämnda patentet 173 555 resulterar den emellertid i här aktuellt avseende i ett praktiskt taget "idiotsäkert" övertrycksfritt system, där vattnet hålls kvar i radiatorerna också vid godtyckligt långa pumpstopp och vid allvarligt vakuum-otäta radiatorer. Likväl tillåter lösningen anordnande av såväl övertrycksfria ackumulatorbehållare i källarplanet som i samma plan anordnade expansionskärl med öppet utlopp i källarplanet.

Förmodligen intressantare i ett vidare sammanhang än ovannämnda tillämpning på ett system med ackumulator är dock tillämpningen på enbart en värmepanna utan samband med ackumulator. Enbart en värmepanna är nämligen betydligt vanligare än i kombination med en ackumulator.

Det som därvid är intressant är expansionskärllets anordning som öppet expansionskärl i källarplanet i stället för konventionell anordning på vinden eller som s.k. slutet expansionskärl i källarplanet. Öppet expansionskärl i samverkan med övertrycksfri anordning av värmepannan enligt system 2 d blir nämligen av allt att döma totaliter billigare än de båda

konventionella systemen, men har ändå viktiga tekniska fördelar relativt de sistnämnda. Expansionskärl på vinden kräver långa ledningar och kan vara utsatt för frysrisk. Slutet expansionskärl kan innebära viss sprängningsrisk.

Skulle fortsatta driftserfarenheter bekräfta dessa förhållanden skulle detta icke alldeles osannolikt kunna leda till en helt ny teknik för värmepannors anordnande i kombination med sina expansionskärl. Särskilt torde detta gälla för värmepannor som också skall kunna användas för vedeldning. Sådana pannor brukar vid slutna expansionskärlssystem erfordra relativt kostsamma överkokningsskydd. Vid expansionskärl i källaren med öppet utlopp därstädes torde sådant överkokningsskydd inte behöva erfordras.

Anordningen enligt 3, vakuum-baserat expansionskärl, (enligt p.ans. 82 /01787-2) från början av 1982 utgör en av förf. utarbetad speciell lösning av expansionskärl för övertrycksfria ackumulatorer. Traditionellt ät ett expansionskärl placerat ovanför tillhörande ackumulator eller värmepanna och avser att ta upp volymändringarna i denna vid varierande temperaturer. Men ett sådant expansionskärl kräver mycket höjdutrymme på ackumulatorvolymens bekostnad. Expansionskärlet har därför enligt denna lösning i stället placerats bredvid ackumulatortoppen genom att på visst sätt utnyttja ett relativt obetydligt vakuum i ackumulatortoppen vid dess temperaturvariationer.

Utvärderingen av detta system i provvillan, som pågått ett par år, visar att anordningen fungerar utan några komplikationer.

5. EXTERN UTVÄRDERING AV ACKUMULATORSYSTEMEN.

Den nya teknik, som representeras av framförallt systemen 2 c, 2 d och 3 i ovanstående redogörelse har kommit att på ett relativt tidigt stadium uppmärksammas av ett par intresserade, som tämligen slumpvis kommit i kontakt med författaren.

Den ene av dessa är förvaltningsdirektören Åke Linde för Kungl. Djurgårdens Förvaltning i Stockholm, som för det stora friluftsför- och energiprojektet Stora Skuggan på norra Djurgården med bl.a. energilagring i stor skala av på flera olika sätt alstrad energi uttryckt intresse att utnyttja ett par av mina i denna rapport behandlade nykonstruktioner inom ackumulatorområdet.

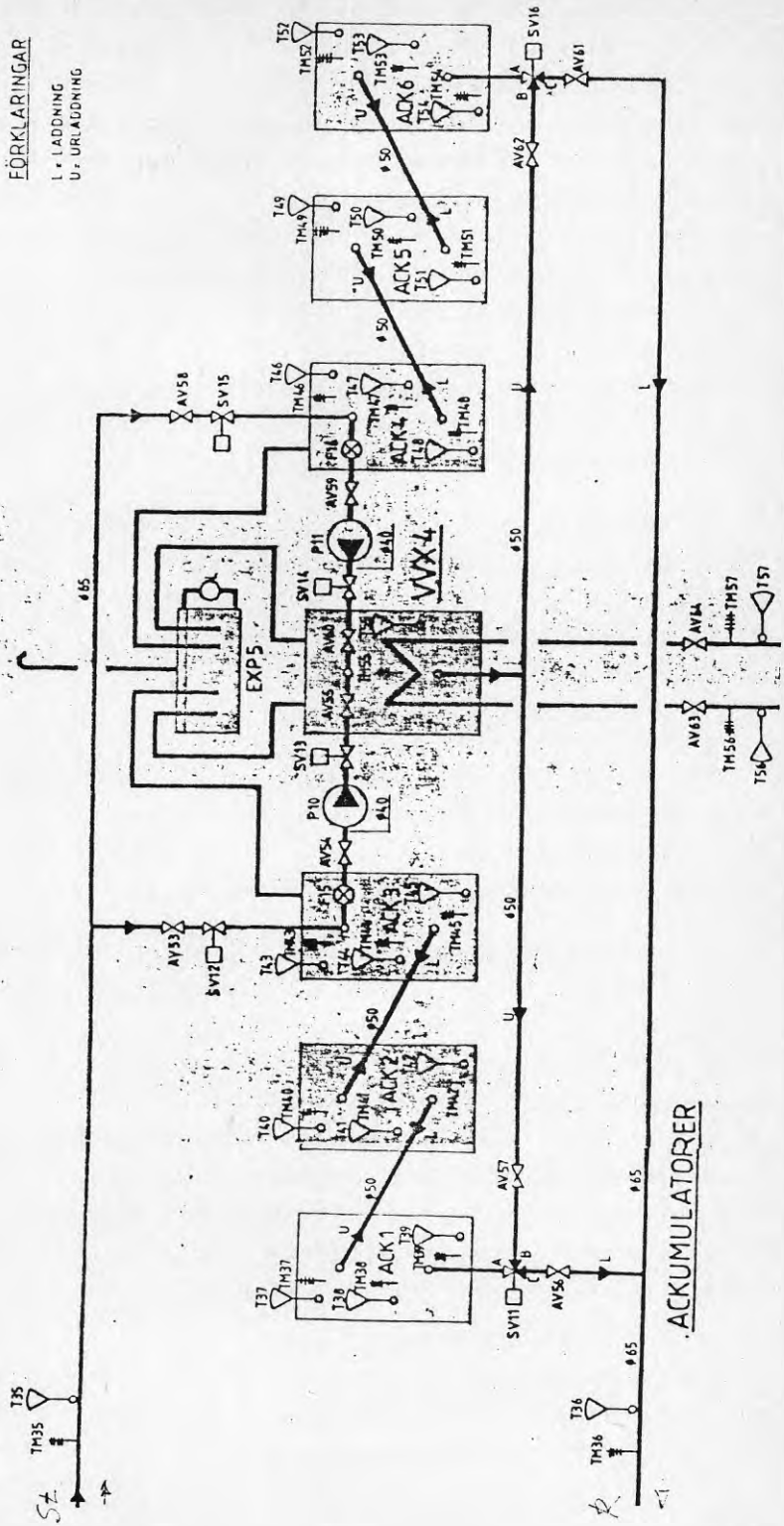
Den andre är Energibesparingsbolaget i Dalarna AB med VD Bengt Erik Lövgren, som sedan rätt länge varit en av landets största tillverkare och marknadsförare av tryckutsatta ackumulatorsystem.

Akkumulatoranordningen vid projektet Stora Skuggan illustreras av kopplingsdiagrammet i Fig. 23, som dock i ett väsentligt avseende är missvisande, varom mera nedan. Det visar ett ackumulatorsystem av samma typ som förf. använt vid bl.a. ovan behandlade provvillan, ehuru systemet vid Stora Skuggan är av helt annan storleksordning än i provvillan. Det omfattar nämligen inte mindre än 6 ackumulatortankar om vardera drygt 12500 liter eller tillsammans 76000 liter, vilket kan jämföras med ca 1500 liter i mitt egentliga provningssystem. Ackumulatorkapacitetem vid Stora Skuggan är alltså ca 50 gånger så stor som mätanläggningen vid provvillan. Motsvarande gäller olika tillbehör och ledningar. Expansionskärlet utgöres av ett rostfritt kärl med ca 5000 liters volym (i provvillan f.n. 62 liter). Mellan ackumulatorerna är placerad en värmewäxlare (i Fig. 23 betecknad VVX 4) om ca 8000 liters volym.

Akkumulatorsystemet enligt Fig. 23 kan uppladdas från två större vedeldningspannor som inte är visade i Fig. 23 men där stigarledningen från panntoppar och returledningen till pannbottnar är markerade med resp. St. och R på Fig. 23. Ackumulatorsystemet kan emellertid också laddas på annat sätt med energi från ett på Fig. 23 ej visat värmepumpsystem,

FÖRKLÄRINGAR

- L = LADDNING
- U = URLADDNING



AKKUMULATORER

SA

SA

Diagrammet i Fig. 23 måste emellertid i ett viktigt avseende omtolkas för att motsvara verkligheten. Expansionskärlet EXP 5 är nämligen på sådant sätt hopbyggt med värmeväxlaren VVX 4 att bägge kärlen tillsammans upptar ungefär samma höjd som vardera av ackumulatorerna, dock att expansionskärlets topp befinner sig ca 10 cm ovanför ackumulatorbehållarnas toppnivå. Däremot befinner sig expansionskärlets botten i nivå med halva ackumulatorhöjden, alltså avsevärt (ca 1 meter) under ackumulatorernas toppnivå. I det sammanhanget har alltså utnyttjats den i avsnittet 3 ovan beskrivna nya principen för expansionskärlets anordnande vid ackumulatorsystem, ehuru volymerna har haft helt annan storleksordning än vid provvillan.

Även rörledningarna mellan expansionskärl och ackumulatorer har helt annan storleksordning, ca 75 mm i st. för 20 mm. En fråga som i detta hänseende uppstått var i ett tidigare skede denna: Kan det bli risk för dubbelcirkulation i de mycket grova förbindningsrören?

När denna rapport inlämnas har anläggningen enligt Fig. 23 varit i drift endast halvannan vecka, varför någon längre tids erfarenhet från systemet i denna skala ännu ej föreligger. Hittills har dock systemet fungerat exakt på samma sätt i princip som det ca 50 gånger mindre villa-systemet.

Här bör tilläggas att hela ackumulatorsystemet enligt Fig. 23 jämte expansionskärl måste installeras i källarplanet av en befintlig byggnad, där utrymme inte funnits för placering av expansionskärlet ovanför ackumulatortopparna (som schematiskt visats på Fig. 23. Figuren visar däremot helt korrekt att förbindningsledningarna från ackumulatortopparna mynnar nära expansionskärlets botten. Däremot visar diagrammet felaktigt att expansionskärlets utlopp mynnar uppåt. I verkligheten är utloppet anordnat några få centimeter ovanför expansionskärlestoppen, där det är utdraget i sidled).

Även värmeväxlaren VVX 4 synes fungera på i princip samma sätt som beskrivits ovan vid system 2 c, ehuru värmeväxlaren här i första hand avses för varmvattenberedning.

Energibesparingsbolaget i Dalarna AB har fram till skrivande stund installerat ackumulatorsystemet enligt systemen 2 d och 3 ovan i 15 stycken småhus, som hittills varit i drift ett par månader. Själva ackumulatorns utförande framgår delvis av bifogade broschyr i Bilaga 1. Den utgöres före anbringandet inom ett isoleringsskikt av polyuretan av en relativt långsmal "låda" av 3 mm stålplåt, bredd 680 mm, längd 1400 mm, höjd 1700 mm, volym ca 1600 liter. Dess dimensioner är så valda, att den kunnat intas genom ordinära källardörröppningar där ej andra hinder förefunnits.

Expansionskärlet har utgjorts av en ca 80 liters rostfri expansionstank, utförd och placerad enligt i avsnitt 3 beskrivna principer.

Energibesparingsbolagets chef har telefonledes rapporterat till mig att hela ackumulatorsystemet för de 15 småhusen fungerat utan anmärkning. Tyvärr finns i skrivande stund därutöver inga mera detaljerade uppgifter, men min avsikt är att så snart mera det aljerade och långvariga drifterfarenheter finns tillgängliga så kommer jag att beskriva dem i en separat artikel i VVS-Wnergi eller annan lämplig VVS-teknisk tidskrift.

Det väsentliga resultatet av denna externa provning av de nya systemen synes bekräfta att de laboratiemässiga provningarna överensstämmer med praktiska driftresultat under visserligen ännu väl kort tid. Däremot är antalet småhusinstallationer, 15 st., så pass stort att det bör kunna utjämna slumpmässiga resultat från en enstaka installation.

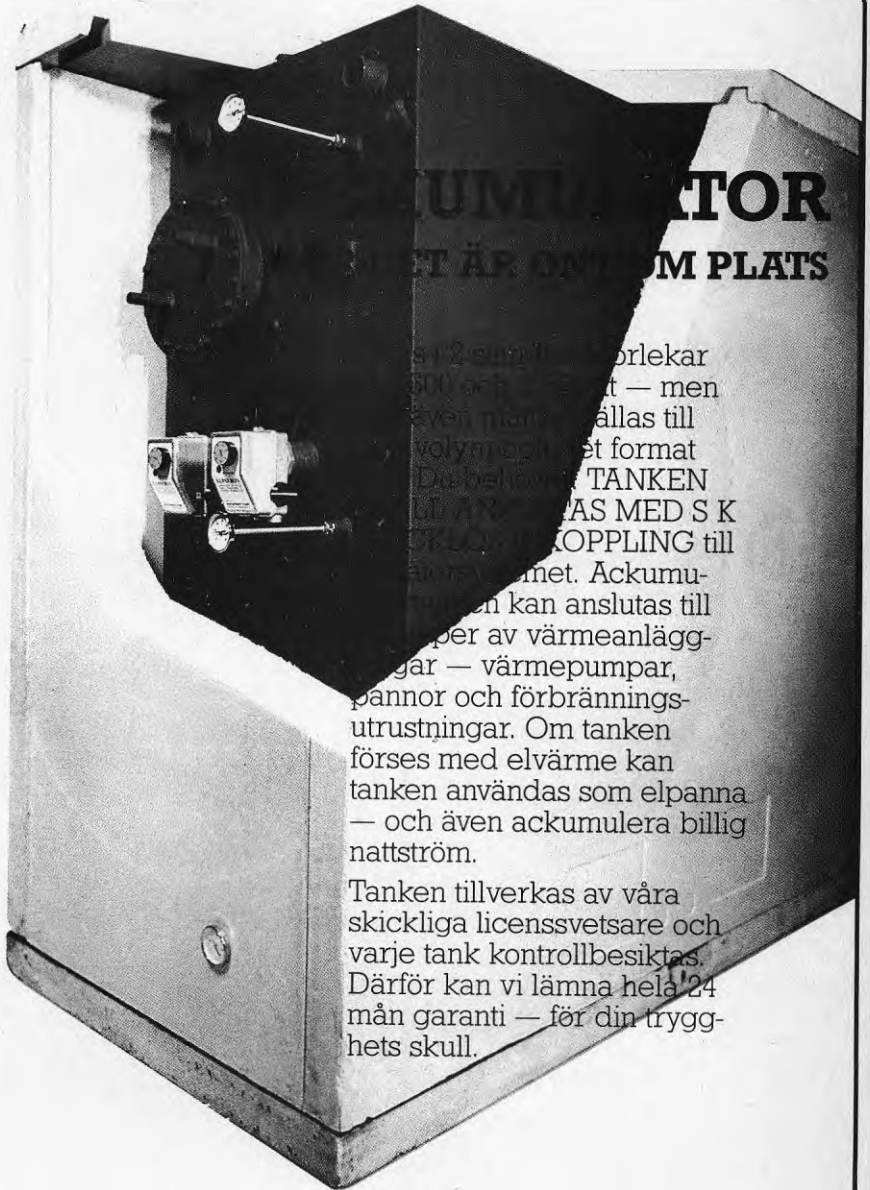
Till driftserfarenheterna från de 15 småhusen kan emellertid fogas en ytterligare intressant uppgift från samma telefonrapport. Enligt denna har nämligen ytterligare 5 anläggningar leverats till en industri, där man disponerade visst kontrakterat överskott på elenergi nattetid som man vid den tiden inte hade nyttig användning för. Man hade där funnit att ackumulatorsystemet enligt system 2 d utgjorde ett förmånligt sätt att nyttiggöra överskottsenergin på dagtid då den bättre behövdes. Enligt samma telefonrapport bedömdes sådan tillämpning av system 2 d vara av intresse för åtskilliga industri-företag.

6. EXEMPEL PÅ FÖRFATTARENS SKRIFTER OM ACKUMULATORSYSTEM.

- Reglerbar värmemagasinerings för bostäder, Teknisk Tidskrift 1956
- HB-ackumulatören - lagrad värme för villaägare, Broschyr HSB 1957
- Utvecklingsmöjligheter vid oljevärme för småhus, Byggnads-
industrin 1968
- Energival vid småhusuppvärmning, BFR-rapport R32:1970
- Energival vid småhusuppvärmning, direkt elvärme eller
flexibel vattenburen värme, Byggmästaren 1970
- Energival vid småhus, Rörmokaren 1971
- Energibesparingsmöjligheter vid småhusuppvärmning, Byggnads-
industrin 1973
- Flexibel småhusuppvärmning, ett sätt att spara energi, VVS 1973
- Spara energi på rätt ställe, Lättbetong 1974
- Flexibel ackumulerande småhusuppvärmning, VVS 1974
- Nya byggnader bör utformas för flexibla värmesystem, ERU-
aktuellt 1975
- Elvärmens energikostnader, ERA 1975
- Flexibelt ackumulatorsystem för vattenburen värme vid småhus,
BFR-rapport R119:1979
- Akkumulatorsystem för småhusuppvärmning, VVS Special 1981
- Övertrycksfria ackumulatorsystem för småhus, VVS&Energi 1983
- Radiatorsystem med öppet expansionskärl i källarplanet,
VVS&Energi 1983

TRYCKLÖST

ISOLERAD MED 80 MM POLYURETAN



AKKUMULATOR
 DET ÄR DEN ENASTA PLATS

... 2 st... orlekar
 50 och... — men
 även... till
 volymoch... format
 Du behö... TANKEN
 ... AS MED S K
 ... KOPPLING till
 ... Akkumu-
 ... kan anslutas till
 ... per av värmeanlägg-
 ... — värmepumpar,
 pannor och förbrännings-
 utrustningar. Om tanken
 förses med elvärme kan
 tanken användas som elpanna
 — och även ackumulera billig
 nattström.

Tanken tillverkas av våra
 skickliga licenssvetsare och
 varje tank kontrollbesiktas.
 Därför kan vi lämna hela 24
 mån garanti — för din trygg-
 hets skull.

energi-besparingab

Industriomr. 796 00 ÄLVDALEN 0251-11415

24 mån
 tillverknings-
 garanti

VAD ÄR EN TRYCKLÖS ACKUMULATORTANK?

En ackumulatorbehållare är trycklöst inkopplad om den är försedd med ett öppet utlopp omedelbart ovanför tanktoppen. Något övertryck kan inte uppkomma i en tank som är öppen upp till! Trycklös inkoppling har alltså inget att göra med om expansionskärlet är slutet eller öppet.

TRYCKLÖS INKOPPLING kan utföras på olika sätt. Ett sätt är värmeväxlare i tanken. Vattentrycket från högre upp placerade radiatorer överföres inte via växlare till ackumulatorvattnet.

Ett effektivare och investeringsbilligare sätt är dock det nyligen patentsökta sätt som vi förespråkar till denna tank. Det inbesparar kostnaden för värmeväxlare men ger ändå högre verkningsgrad.

EN TRYCKLÖS INKOPPLING innebär i princip att man skulle kunna använda ett badkar i källaren utan lock som ackumulatortank (om man inte behövde tänka på korrosionsrisker!) Ändå råder fullt vattentryck i radiatorsystemet ovanför ackumulatorn. Låt oss visa hur det går till! Sättet är grundligt utprovat.

TRYCKLÖS INKOPPLING ställer krav på att Din rörinstillatör följer bifogad kopplingsanvisning. Expansionskärl **med öppet utlopp** är enligt en annan patentsökt anordning placerat frosfritt i pannrum omedelbart intill eller ovanför ackumulatorn och vållar inget resp. försumbart övertryck i ackumulatorn. Inga långa ledningar till expansionskärl på vinden, ingen frysrisk eller risk för vattenskada från expansionskärlet. En övertrycksfri tank för upp till 2,5 kubikmeters volym tar Du in genom en standarddörr.

VARFÖR TRYCKLÖST

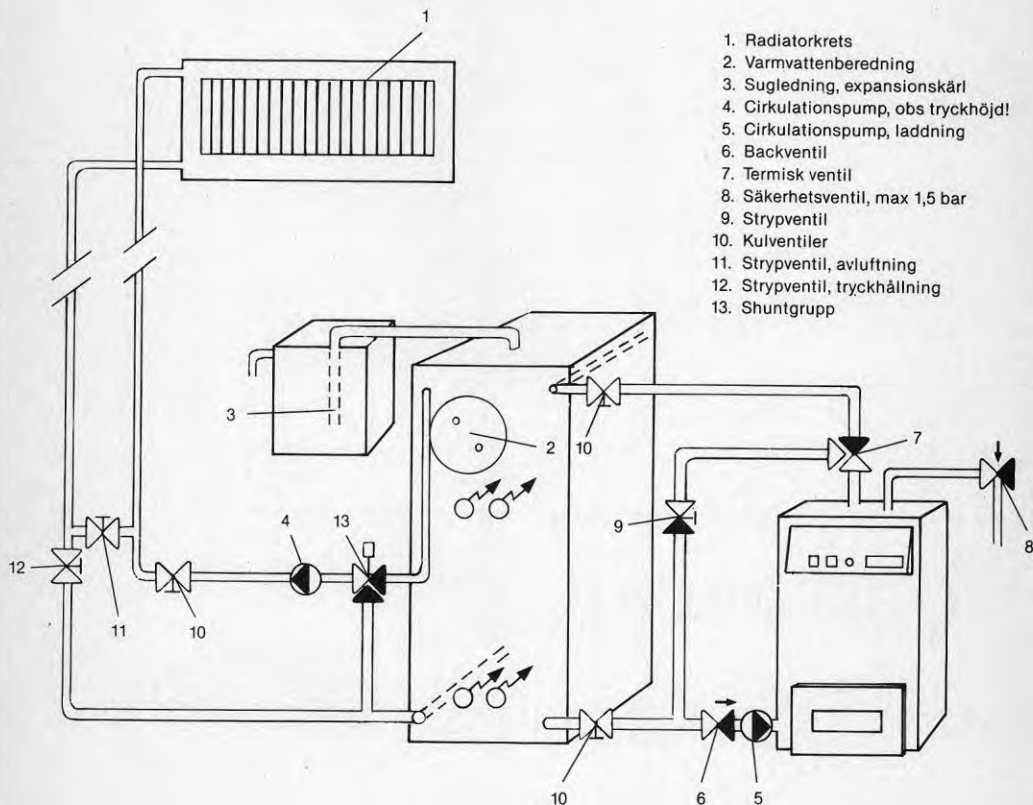
Vattnet lyfts upp i systemet av cirkulationspumpen som sedan får arbeta mot en strypt ventil på returledningen. Därmed skapar pumpen ett övertryck i anläggningens högre placerade radiatorer. Skulle pumpen stanna har systemet vacuum som håller vattnet kvar. Är strömavbrottet långvarigt kan dock luft tränga in och vattenpelaren försvinna. Då måste anläggningen luftas. Detta **kan** lösas automatiskt med en annan patentsökt metod som vi inte går in på i denna broschyr.

Man kan använda den gamla oljetanken med detta system. Men tänk på att oljetanken inte är tillverkad för vatten, dels har vattnet högre densitet (är tyngre) och dels är svetsarna i en ackumulator-tank utsatta för en liten, men märkbar, korrosion. Det kan gå ganska fort att få läckage i en gammal oljetank.

VI TROR att allt fler upptäcker fördelarna med TRYCKLÖSA ACKUMULATORSYSTEM. Ofta är det ont om plats, svårt att komma in genom dörrar, lågt i tak osv. Då är alternativet flera mindre trycksatta tankar. Detta blir avsevärt dyrare och besvärligare att koppla så att maximal funktion erhålles. Och tänk på att utrymme kostar pengar. — Du får med trycklös tank plats med 1,5 m² på mindre än en kvadratmeter. Naturligtvis är all ackumulering beroende av tankens isolering. 80 mm polyuretan täcker mer än väl framtidens stränga krav på en god energihushållning.

ACKUMULATORTANKEN ÄR ALDRIG ONÖDIG !!

FÖRSLAG TILL INKOPPLING



TEKNISKA UPPGIFTER

Material	3 mm stålplåt 1312	Anslutning	3 st \varnothing 15 termometer 4 st \varnothing 40 anslutning 4 st \varnothing 00 elpatron 1 st \varnothing 25 expansion
Provtryck	0,5 bar	Mått	1 500 lit (isolerad): h=1 700 mm, b=690 mm, l=1 250 mm (h=1 900 mm, b=1 000 mm, l=1 780 mm)
VV-bearbetning	Standard kamfläns genomströmning även förrådsberedare		2 500 lit (isolerad): h=1 700 mm, b=690 mm, l=2 250 mm (h=1 950 mm, b=1 000 mm, =2 760 mm)
Isolering	80 mm polyuretan i mont-sats. (OBS! ca 100 mm större innermått = plats för intern koppling)	Extra tillbehör	Spec. expansionskärl termometrar kopplingsatts
Storlekar	1 500 lit och 2 500 lit även andra mått efter beställning		

SÅ HÄR SÄGER PROF. HILDING BROSENIUS OM ACKUMULERING

Han har ägnat flerårig forskning åt ackumulatorsystem och är mannen bakom detta systems nyheter.

"I våra dagar är osäkerheten stor på energiområdet. Tillgång och kostnader växlar från år till år på olja, el, ved, kol.

Akkumulatorsystem ger maximal flexibilitet att använda olika energiformer. Vid övergång till ELVÄRME är en ackumulator samtidigt en elpanna men kan i motsats till en elpanna också lagra billig "natt-el" för användning dagtid med dyrare eltaxor. Vid OLJEELDNING ökar den dramatiskt oljeeldningens årsverkningsgrad — minskar oljeåtgången. VEDELNING blir bekväm och effektiv med ackumulator. En eller två maximalt förbränningseffektiva "brasor" per dygn — sen sköter värmsystemet sig självt lika automatiskt bekvämt som vid elvärme."

Hilding Brosenius
professor

OBSERVERA

VIKTIGT: Det är absolut nödvändigt att tanken inkopplas trycklöst. En kantig konstruktion som denna tål inte det tryck som en vattenpelare upp till ett expansionskäril på vinden ger. Sitter expansionskärilet 8 meter ovanför tanken blir trycket på en 2,5 m³ tank totalt över 100 ton!

FUNKTIONSGARANTI kan bara lämnas om vårt inkopplingsförslag följes i detalj. Utförlig monteringsanvisning medföljer varje tank. Inkoppling sker i enlighet med de patentutskrifter som vår metod baseras på.

MÅSTE KOPPLAS TRYCKLÖST !!

Återförsäljare:

energi-besparingab

Industriomr. 796 00 ÄLVDALEN 0251-11415

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821268-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Cistern-
bolaget i Södertälje.**

R24: 1986

ISBN 91-540-4546-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706024

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirka pris: 35 kr exkl moms