



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.



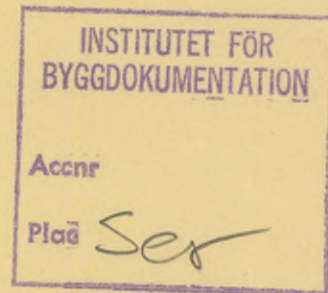
Rapport

R115:1984

**Korttidslagring av vattenburen
värme**

Teknik och ekonomi för mindre system

**Jonas Hallenberg
Roger Knutsson**



Byggeforskningsrådet

R115:1984

KORTTIDSLAGRING AV VATTENBUREN VÄRME

Teknik och ekonomi för mindre system

Jonas Hallenberg
Roger Knutsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820257-6 från Statens råd för byggnadsforskning till ÄF-ENERGI-KONSULT AB, Falun samt forskningsanslag 831334-6 till Högskolan i Falun/Borlänge.

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

R115:1984

ISBN 91-540-4224-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

| | |
|--|----|
| SAMMANFATTNING..... | 5 |
| 1 INLEDNING..... | 6 |
| 1.1 Bakgrund..... | 6 |
| 1.2 Projektet..... | 6 |
| 2 DEFINITIONER OCH PRINCIPER..... | 7 |
| 2.1 Definitioner..... | 7 |
| 2.2 Driftprinciper..... | 8 |
| 2.2.1 Skiktning..... | 8 |
| 2.2.2 Teknisk utformning när skiktning är önskvärd..... | 9 |
| 2.2.3 Teknisk utformning när skiktning motverkas..... | 10 |
| 3 TEKNISK MODELL..... | 11 |
| 3.1 Grundläggande samband | 11 |
| 3.2 Effektbehov i värmeproduktionsanläggning..... | 11 |
| 3.3 Värmeförluster..... | 12 |
| 3.4 Ackumulatorvolym..... | 15 |
| 3.4.1 Inledning..... | 15 |
| 3.4.2 Val av DT..... | 15 |
| 3.4.3 Volym..... | 15 |
| 3.5 Drifttider..... | 16 |
| 3.5.1 Inledning..... | 16 |
| 3.5.2 Urladdningstid vid effektbehov mindre än P_{max} | 16 |
| 3.5.3 Dimensionering vid andra effektbehov än P_{max} | 17 |
| 3.6 Exempel..... | 18 |
| 3.6.1 Enfamiljshus, nattackumulering av el..... | 18 |
| 3.6.2 Enfamiljshus, vedeldning..... | 19 |
| 3.7 Lathund..... | 19 |
| 4 EKONOMISK MODELL..... | 21 |
| 4.1 Inledning..... | 21 |
| 4.2 Allmänt om den ekonomiska modellen..... | 21 |
| 4.2.1 Lönsamhetskriterium..... | 21 |
| 4.2.2 Definitioner..... | 22 |
| 4.3 Olika kostnadsslag..... | 23 |
| 4.3.1 Investeringsbehov, K_a | 23 |
| 4.3.2 Energikostnad, E_a | 23 |
| 4.3.3 Underhållskostnad..... | 24 |
| 4.4 Tillämpning i 1984 års prisnivå..... | 25 |
| 4.4.1 Inledning..... | 25 |
| 4.4.2 Beräkningsfall - jämförelseobjekt..... | 25 |
| 4.4.3 Investeringsbehov..... | 26 |
| 4.4.4 Energikostnad..... | 27 |
| 4.4.5 Nuvärdesberäkning och utvärdering..... | 28 |
| 5 ACKUMULATORER..... | 30 |
| 5.1 Olika typer av ackumulatortankar..... | 30 |
| 5.2 Isolering..... | 30 |
| 5.3 Tryckklasser..... | 30 |
| 5.4 Expansionssystem..... | 31 |
| BILAGA 1 Fabrikat och priser..... | 32 |
| BILAGA 2 Några principkopplingar..... | 33 |

SAMMANFATTNING

I föreliggande utredning har studerats teknik och ekonomi med avseende på korttidslagring av vattenburen värme. En teknisk och en ekonomisk modell presenteras. Från den tekniska modellen kan man med kännedom om energibehov, laddnings- och urladdningstider samt arbetstemperaturområde i ackumulatorn erhålla erforderlig tillgång på värmeeffekt och ackumulatorstorlek. Varje i den tekniska modellen ingående parameter diskuteras i detalj. Av speciellt intresse är urladdningstidens förändring vid andra effektbehov än det dimensionerande. I den ekonomiska modellen, där varje kostnadskomponent penetreras, anges en metod för att avgöra vilket värmesystem som har bästa ekonomi. För mindre värmesänkor, i storleken motsvarande 3-10 m³ olja/år, har detaljerade investerings- och energikostnadskalkyler utförts för fallet att "billig" nattel utnyttjas. Beräknade nuvärden för ackumulatorsystem jämförs med enbart el- eller oljeanläggningar. Av kalkylerna framgår, att det i 1984-års kostnadsläge är olönsamt med värmeackumulering av nattström jämfört med enbart elpanna. Gentemot oljeanläggning kan ackumulatorsystemen i vissa fall konkurrera. För att åstadkomma ett visst mått av lönsamhet, vilket här betyder ett lägre nuvärde med ackumulator jämfört med enbart elpanna efter 10 år och räntan 4%, krävs en sänkning av eltaxan nattetid med minst 20% eller från 14 öre/kWh till 10 öre/kWh (före energiskatt).

För "snabbval" och överslagsmässiga bedömningar kan behoven av ackumulatorvolym och pannstorlekar som funktion av årlig oljeförbrukning utläsas i ett sammanfattande diagram.

I utredningen nämns även något om uppbyggnaden av ackumulatorer med avseende på olika typer, isolering, tryckklasser mm. I bilagor redovisas olika fabrikat och priser samt detaljerade principkopplingar.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Energianvändningen (el,olja etc.) är som bekant störst vintertid och under dygnet dagtid. Dessa tider när efterfrågan på energi är stor så kan även priset bli högt (speciellt elkraft). Olika typer av lagringsprocesser, där energi lagras lång tid, säsongslagring, eller kort tid, korttidslagring, kan förskjuta behoven från tider med normalt stort energiuttag till tider med normalt små energiuttag. På så sätt kan driftkostnader reduceras, tillgängligheten på lågvärdig energi (speciellt värmepumpar) utökas, regleregenskaper i värmesystem förbättras etc.

Säsongslagring har behandlats i ett flertal studier och även i några fullskaleanläggningar. Korttidslagring däremot har ej i samma grad penetrerats i studier och utredningar av typen övergripande systemanalyser. Till skillnad från säsongslager finns dock en hel mängd korttidslager i drift. Den vanligaste typen är kanske vattenackumulator kopplad till vedeldad panna i småhus. Nattackumulering av el blir även allt vanligare i både småhus och blockcentraler.

Olika media är tänkbara vid lagring, såsom kemiska ämnen, berg, lera etc. Den idag helt övervägande metoden utgår dock från lagring i vatten, endera i lågtempererad (ca 20°C) eller i högtempererad (50°C) form.

1.2 Projektet

Denna utredning försöker belysa teknik och ekonomi vid korttidslagring av vattenburen värme i samband med bostadsuppvärmning.

En teknisk modell presenteras, vilken i första hand anger behov av tillgång på värmeeffekt och ackumulatorstorlek. Huvudsakliga indata är effektbehov, laddnings- och urladdningstider samt arbets-temperaturområde i ackumulator (DT).

Till den tekniska modellen kopplas en ekonomisk modell, vilken kan tjäna som instrument för att avgöra ett projekts (speciellt vid differentierade eltaxor) lönsamhet.

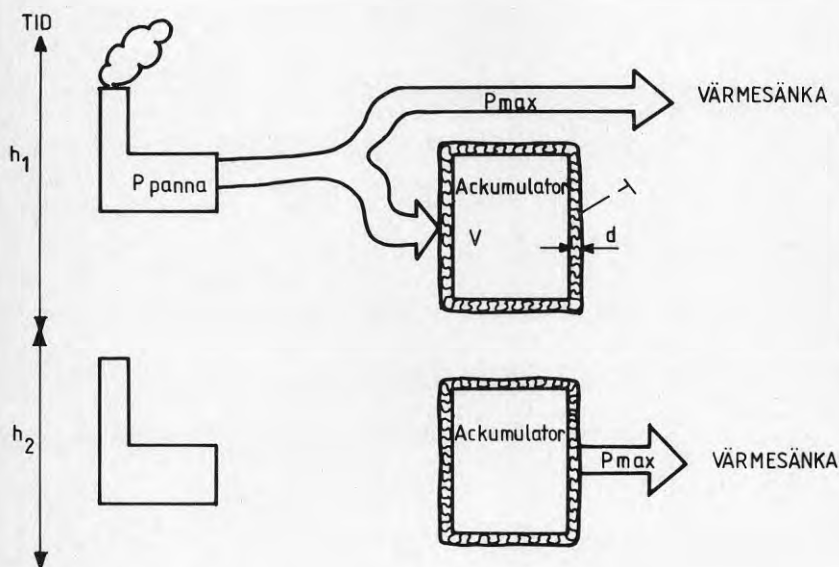
Ett kapitel behandlar ackumulatorsystem med hänsyn till typer, tryckklasser, isolering och expansionssystem.

I bilagor redovisas olika fabrikat och priser samt några principkopplingar i detalj.

2 DEFINITIONER OCH PRINCIPER

2.1 Definitoner

Vid ackumulering av värme i vatten värms en volym (V) till en given temperatur. Värmeproduktionsanläggningen (nedan kallad för panna) skall samtidigt som ackumulatören laddas även generera värme till aktuell värmesänka. Pannans maximalt avgivna effekt benämns P_{panna} och värmesänkans maximala effektbehov P_{max} . Tiden för laddning anges med h_1 och tiden för urladdning med h_2 . Utnyttjningsbart temperaturområde i ackumulatör betecknas DT . Med DT menas differensen mellan den högsta drifttemperaturen i ackumulatören och den temperatur ackumulatören håller när pannan ånyo måste tas i drift för att värmesänkan så påkallar. Ackumulatörens isolering definieras med tjocklek (d) och värmeledningsförmåga (λ). Ackumulatörens förlusteffekt benämns $P_{\text{förlust}}$. Definitioner och beteckningar illustreras i figur 1.



Figur 1 Defintioner och beteckningar

Använda sorter är:

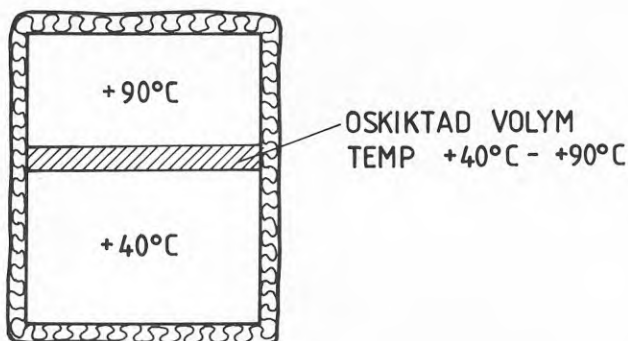
| | | |
|----------------------|---|---------------|
| Volym | - | m^3 |
| Effekt | - | kW |
| Tid | - | h |
| Linjära mått | - | m |
| Värmeledningsförmåga | - | $W/m^\circ C$ |

2.2 Driftprinciper

2.2.1 Skiktning

Det välbekanta fenomenet att varmt vatten är lättare än kallt kan utnyttjas vid värmeackumulering. I praktiken innebär detta att vattnet i ackumulatorns topp kan hålla en betydligt högre temperatur än vattnet i dess botten. Värmevatten till värmesänkan uttas i detta fall alltid från ackumulatorns topp och returvärmvattnet återförs till dess botten. På detta sätt blir temperaturen på framledningsvattnet från ackumulatorn till värmesänkan relativt konstant under hela urladdningstiden. Genom att utnyttja skiktning kan således i princip hela ackumulatorvolymen kylas till samma temperatur som temperaturen på returledningsvattnet.

Skiktningens principen exemplifieras i figur 2.



Figur 2 Skiktning

När skiktning ej uppstår i ackumulatorvolymen, dvs. varje punkt i vattenmassan har i stort sett samma temperatur under urladdningsperioden eller temperaturen faller kontinuerligt från ackumulatorns topp till dess botten, så måste laddning påbörjas tidigare än om skiktning uppstår.

Sammanfattningsvis innebär detta i de flesta fall att ett större DT (=mindre ackumulatorvolym) kan utnyttjas när skiktning utbildas i ackumulatoren än när skiktning ej utbildas.

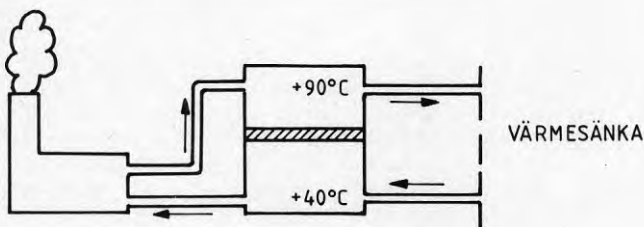
Exempel: En värmesänka kräver minst $+80^{\circ}\text{C}$ som framledningstemperatur. Ackumulatoren är laddad med $+90$ -gradigt vatten. Drifttemperaturer i värmesystemet är för tillfället $+80^{\circ}\text{C}$ som framledningstemperatur och $+60^{\circ}\text{C}$ som returledningstemperatur.

A. Skiktning - $+90$ -gradigt vatten från ackumulatorns topp shuntas till $+80^{\circ}\text{C}$. Returvattnet, $+60^{\circ}\text{C}$ återförs till ackumulatorns botten. Processen kan pågå ända till det att volymen med $+60$ -gradigt vatten når ackumulatoren topp. DT blir således 30°C ($90^{\circ}\text{C}-60^{\circ}\text{C}$).

B. Ingen skiktning - Till en början shuntas $+90$ -gradigt vatten från ackumulatoren till $+80^{\circ}\text{C}$. Returvattnet, $+60^{\circ}\text{C}$ återförs till ackumulatoren som i sin helhet avkyls. Processen kan pågå så länge som temperaturen i ackumulatoren överstiger $+80^{\circ}\text{C}$. DT blir således 10°C ($90^{\circ}\text{C}-80^{\circ}\text{C}$). I exemplet tas ingen hänsyn till eventuella temperaturförluster i värmeväxlare.

2.2.2 Teknisk utformning när skiktning är önskvärd

Enligt ovan så är en skiktning av ackumulatorvattnet från teknisk synpunkt önskvärd, eftersom ett högre DT erhålles. För att i så hög grad som möjligt uppnå skiktning så skall värmeväxling i ackumulatoren undvikas. I princip utformas systemet enligt figur 3.

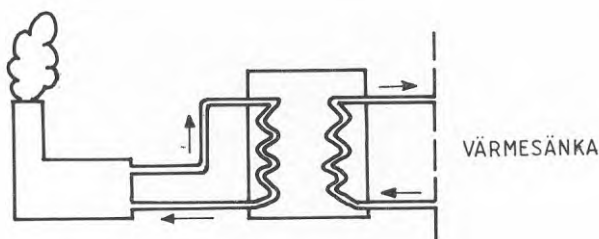


Figur 3 Teknisk utformning när skiktning är önskvärd.

Praktiskt sett kan det vara svårt att vidmakthålla skiktning eftersom systemet är mycket känsligt för omrörning, virvelströmmar mm.

2.2.3 Teknisk utformning när skiktning motverkas

När värmeväxlare i ackumulatorn överför värmen till vattenmassan motarbetas en eventuell skiktning. Teknisk utformning för detta system framgår av figur 4.



Figur 4 Teknisk utformning när skiktning motverkas

Med tanke på att man uppnår ett högre DT med ett system utan värmeväxlare så är det uppenbart att man i första hand försöker genomföra ett sådant vid installation av ackumulator. Dock finns både tekniska och ekonomiska skäl som emellanåt kan avgöra till fördel för ett system med värmeväxlare. Några av dessa är:

- ackumulatorn kan hållas trycklös, vilket ställer mindre krav på ackumulatorns konstruktionstryck
- den expanderande vattenvolymen vid uppvärmning kan hanteras lokalt vid eller i ackumulatorn

3 TEKNISK MODELL

3.1 Grundläggande samband

Med beteckningar enligt ovan är det i princip två ekvationer som styr val av panneffekt och ackumulatorstorlek när värmesänkans effektbehov och drifttider (ladd/urladd) är kända.

$$P_{\text{panna}} \geq P_{\text{max}} + P \cdot h_2/h_1 \quad (1)$$

$$1.16 \cdot DT \cdot V/F \geq h_2 \cdot P \quad (2)$$

Ekvation (1) beskriver behovet av panneffekt vid givna parametrar:

| | | |
|------------------|---|--------------------------------------|
| P_{max} | - | värmesänkans maximala effektbehov |
| P | - | dimensioneringspunkt för ackumulator |
| h_1 | - | laddningstid |
| h_2 | - | urladdningstid |
| 1.16 | - | sortomvandling från Joule till kWh |

Ekvation (2) beskriver behovet av ackumulatorvolym vid givna parametrar:

| | | |
|-------|---|--|
| P | - | dimensioneringspunkt för ackumulator |
| h_2 | - | urladdningstiden |
| DT | - | effektiv temperaturdifferens i ackumulatorn under urladdningstiden |
| F | - | parameter som beskriver behovet av volymförstoring till följd av energiförluster under lagringstiden |

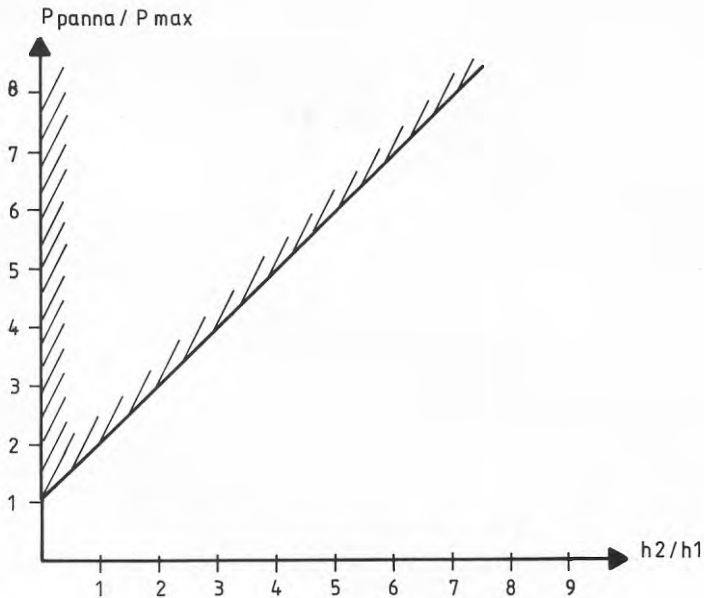
Vänsterledet i ekvation (2) uttrycker den utnyttjningsbara energimängden i kWh som är lagrad i ackumulatorn vid fulladdning.

3.2 Effektbehov i värmeproduktionsanläggning

Ekvation (1) beskriver panneffektbehovet. Om ackumulatorn dimensioneras för det maximala effektbehovet kan ekvation (1) skrivas:

$$P_{\text{panna}}/P_{\text{max}} \geq 1+h_2/h_1 \quad (3)$$

Vid ett givet förhållande mellan h_1 och h_2 kan förhållandet mellan minsta panneffektbehov (P_{panna}) och värmesänkans samtidiga effektbehov (P_{max}) utläsas i figur 5. Observera att diagrammet och även ekvation (1) gäller om P_{max} ej ändras under laddnings/urladdningstiden. För vissa anläggningar med exempelvis tidsstyrd ventilation kan värmesänkans effektbehov variera kraftigt under laddnings/urladdningstiden.



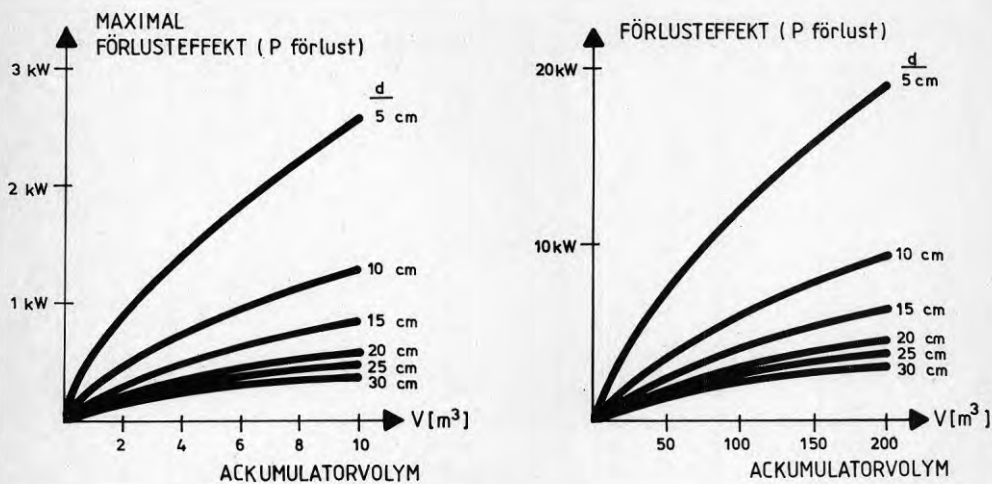
Figur 5 Panneffektbehov

Exempel: Ett enfamiljshus har ett maximalt effektbehovet på 10kW (P_{max}). Man vill utnyttja nattet under 8 timmar (h_1) och bara nyttja ackumulatör under 16 timmar (h_2). I figur 5 kan avläsas att panneffekten (P_{panna}) skall vara minst 3 gånger större än effektbehovet 10 kW, dvs minst 30 kW.

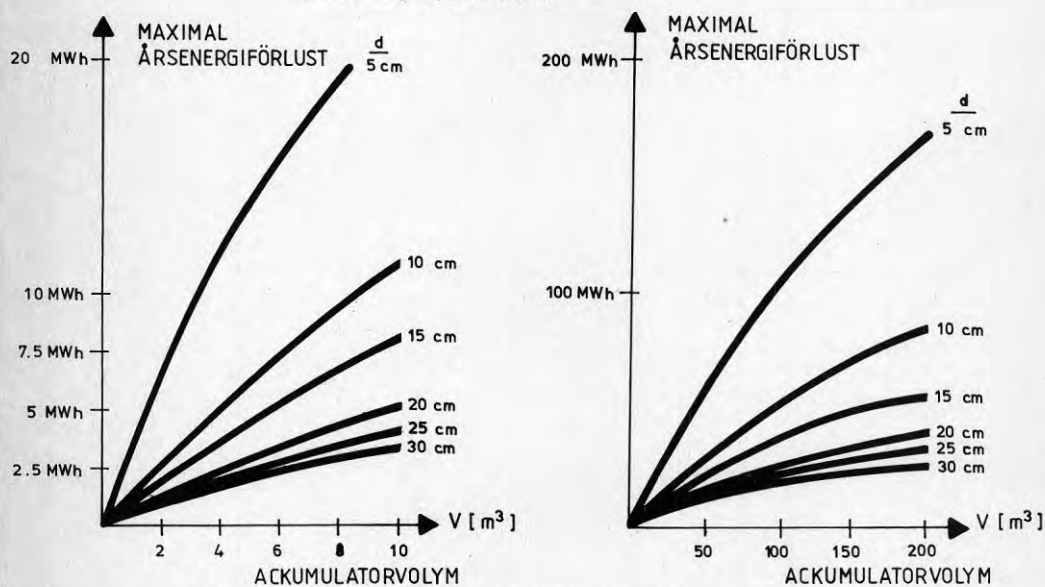
3.3 Värmeförluster

En ackumulatortank bör isoleras om inte förlusterna kan nyttiggöras på annat sätt. För att ge en grov uppfattning om storleksordningen på aktuella förluster har dessa beräknats vid vissa givna förhållanden.

I figur 6 redovisas maximala förlusteffekter ($P_{förlust}$) vid olika isoleringstjocklekar. Beräkningarna är utförda med λ -värdet 0.045 W/m°C, medeltemperaturdifferensen 100°C och lagringstiden ett dygn. Geometrin på ackumulatören är cylindrisk med längden 3 diametrar. Med samma förutsättningar redovisas i figur 7 årsenergiförluster i MWh.

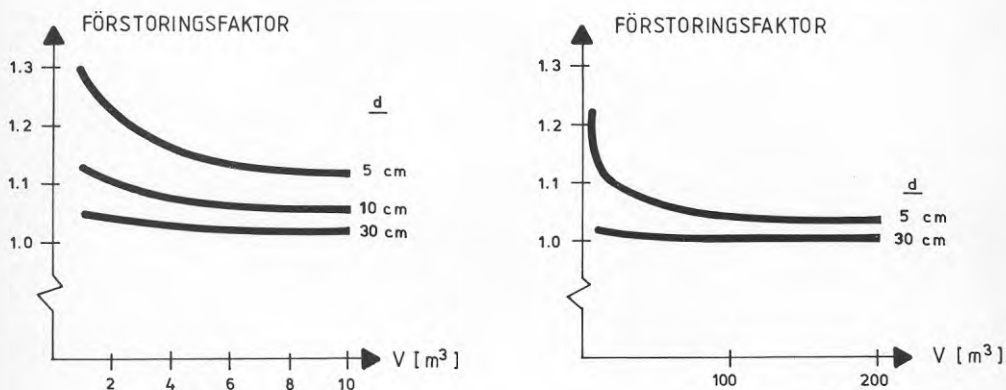


Figur 6 Maximala förlusteffekter (P_{förlust}) vid olika volymer och isoleringstjocklekar.



Figur 7 Maximala årsenergiförluster vid olika volymer och isoleringstjocklekar.

När små ackumulatörer (några m³) med liten isoleringstjocklek utnyttjas som värmelager, kan förlusterna bli så påtagliga att ackumulatören måste förstoras för att klara sin uppgift. Med samma förutsättningar som vid värmeförlustberäkningarna ovan men med ΔT 50°C bör ackumulatören väljas en faktor F större än den ideala. Storleken på F som funktion av volym och olika isoleringstjocklekar åskådliggörs i figur 8.



Figur 8 Förstoringsfaktor F

Som framgår av figur 8 så har energiförlusterna mycket liten inverkan på val av ackumulatorvolym. Exempelvis så erfordras endast maximalt 5% volymförstoring för ackumulatörer större än 1 m³ och isolerade med 30 cm.

3.4 Ackumulatorvolym

3.4.1 Inledning

Av ekvation (2) i 3.1 framgår att en minsta ackumulatorvolym kan beräknas när DT, F, h₂ och P är kända. Alternativt kan DT, F och energimängden (h₂ P) som värmesänkan kräver under urladdningstiden vara känd. Det senare ger egentligen ett säkrare dimensioneringsunderlag. För att önskvärda driftförhållanden skall vara uppfyllda måste även en tillräckligt stor panneffekt finnas tillgänglig, se 3.2.

3.4.2 Val av DT

Effektivt DT bestäms av följande faktorer:

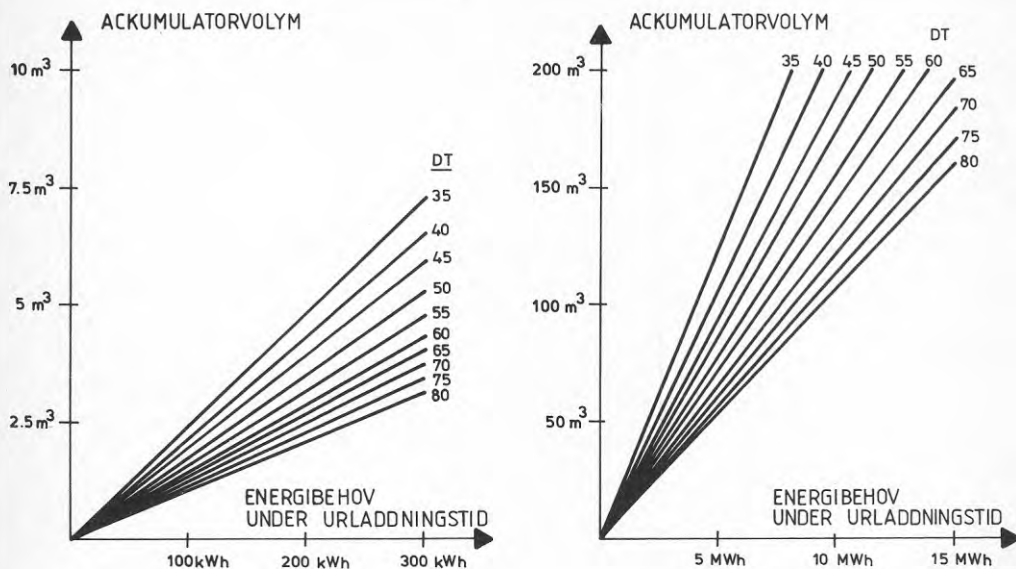
- sluttemperatur i ackumulator efter laddning
- värmeväxlares effektivitet om sådana utnyttjas
- vid skiktning den oskiktade volymens storlek (geometrin har stor betydelse)
- krav på mintemperatur från ackumulator (tappvarmvattenproduktion kan begränsa)

Ovanstående faktorer må från fall till fall avgöra DT. Storleksordningen på DT i några olika fall ges nedan i tabell 1

| Tabell 1 - Storleksordning på DT | Temp behov | DT | | Maxtemp |
|----------------------------------|---------------|----------|---------|---------|
| | | Oskiktat | Skiktat | |
| Enfamiljshus, befintligt | 60/40 | 25 | 45 | 90 |
| -"- , nybyggt | 55/45 | 30 | 40 | 90 |
| Flerfamiljshus, befintligt | 80/60 | 35 | 55 | 120 |
| -"- , nybyggt | 55/45 | 60 | 70 | 120 |

3.4.3 Volym

I figur 9 kan erforderlig minsta ackumulatorvolym, utan hänsyn till förstoringfaktor F utläsas. Volymen har valts med tanke på den energimängd som värmesänkan kräver vid maximalt effektbehov under urladdningstiden, h₂. I figuren finns olika kurvor vid varierande DT. Med den volym som avlästs i figur 9 kan en förstoringfaktor väljas i figur 8. Minsta ackumulatorvolym med hänsyn till energiförluster blir således volymen ur figur 9 multiplicerad med F.



Figur 9 Behov av ackumulatorvolym

3.5 Drifttider

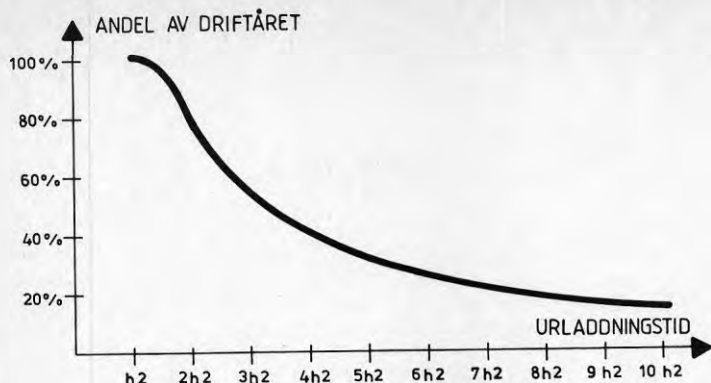
3.5.1 Inledning

I ovanstående diskussioner har förutsatts att ackumulatorvolymen väljs på basis av värmesänkans maximala effektbehov P_{max} . Detta betyder att all önskvärd energi som värmesänkan kräver under tiden h_1+h_2 kan produceras under tiden h_1 . Av detta följer naturligtvis att tiden h_2 blir längre när effektbehovet understiger P_{max} .

Som det skall visa sig nedan är det dock från ekonomiska synpunkter ofördelaktigt att välja en ackumulator dimensionerad för maximalt effektbehov.

3.5.2 Urladdningstid vid effektbehov mindre än P_{max}

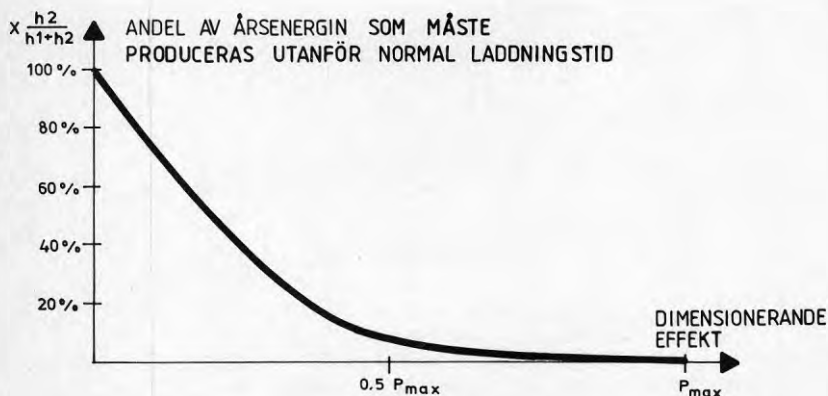
I nedanstående diagram visas konsekvenserna för urladdningstiden när ackumulatorn är dimensionerad vid P_{max} men behovet för tillfället understiger P_{max} . Exempelvis framgår att urladdningstiden är mer än fördubblad ca 80% av driftåret och mer än tiodubblad ca 15 % av driftåret. Kurvan är upprättad efter det klimat som råder i mellansverige.



Figur 10 Andel av driftåret när urladdningstiden överstiger visst värde.

3.5.3 Dimensionering vid andra effektbehov än P_{max}

I figur 11 redovisas andelen årsenergi som måste produceras utanför normal laddningstid (h_1) när ackumulatorvolymen är dimensionerad efter ett lägre effektbehov än det maximala. Procentsatsen i figur 11 skall multipliceras med faktorn $h_2/(h_1+h_2)$.



Figur 11 Andel årsenergi som produceras utanför normal laddningstid när ackumulatören är dimensionerad efter lägre effektbehov än det maximala. Procentsatsen på y-axeln skall multipliceras med faktorn $h_2/(h_1+h_2)$. Kurvan är upprättad efter klimatet i mellansverige.

3.6 Exempel

3.6.1 Enfamiljhus, nattackumulering av el

Ett befintligt enfamiljshus har ett maximalt effektbehov på 10 kW (P_{max}). Man avser att utnyttja billig nattel för produktion av hela dygnets energibehov. Tillåten drifttid för elpannan är 2200-0600. DT för tanken beräknas bli 40°C och isoleringstjockleken 20 cm (d). Sammantaget blir förutsättningarna enligt nedan.

| | | |
|---------------------|---|---------|
| P_{max} | = | 10 kW |
| h_1 | = | 8 h |
| h_2 | = | 16 h |
| DT | = | 40°C |
| d | = | 20 cm |
| $h_2 \cdot P_{max}$ | = | 160 kWh |

Alternativ 1 - dimensionerande effekt 10 kW (P_{max})

Enligt ekvation (3) eller figur 5 fås panneffektbehovet till minst 30 kW.

Ur figur 9 med $h_2 \cdot P_{max} = 160$ kWh fås en minsta ackumulatorvolym på knappt 3.5 m³. Enligt figur 8 är förstoringsbehovet på grund av energiförluster obetydligt.

Enligt figur 7 fås en maximal årsenergiförlust på ca 2000 kWh. Med en isoleringstjocklek på 30 cm sjunker denna till ca 1500 kWh.

Alternativ 2 - dimensionerande effekt 5 kW (0.5 P_{max})

Ekvation (1) ger en minsta panneffekt på 20 kW.

Akkumulatorvolymen blir med $h_2 \cdot 0.5 P_{max} = 80$ kWh, ca 1.8 m³.

Med detta val av en mindre ackumulator än den som krävs vid maximalt effektbehov, kommer endast ca 5% (8% enl fig 11 multiplicerat med $16/(8+16)$) av årsenergin att behöva produceras under "dagtid" (0600-2200).

Den maximala årsenergiförlusten blir ca 1000 kWh. Med 30 cm isolering blir energiförlusten ca 800 kWh.

3.6.2 Enfamiljshus, vedeldning

Ett befintligt enfamiljshus har ett maximalt effektbehov på 10 kW (P_{max}). Man avser att elda med ved och ansluta en ackumulator. Vidare har man tänkt sig att elda ca 3 timmar varje kväll och 3 timmar på morgonen vid behov. DT beräknas vara $50^{\circ}C$ och ackumulatorn skall isoleras med 30 cm. Man undrar: Hur stor skall ackumulatorn vara? Panneffekten? Hur många dagar av året räcker det med att elda endast på kvällen? Indata blir:

P_{max} = 10 kW
 h_1 = 3 h
 h_2 = 10 h
 DT = $50^{\circ}C$
 d = 30 cm
 P_{max} = 100 kWh

Ur figur 5 fås panneffektbehovet ca 45 kW.

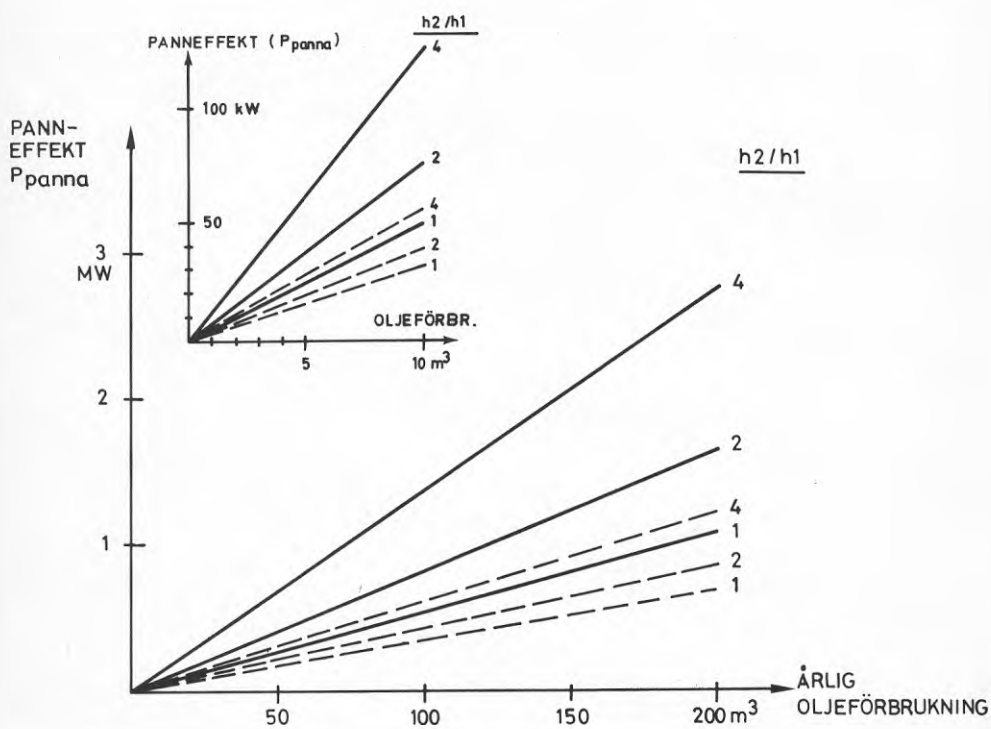
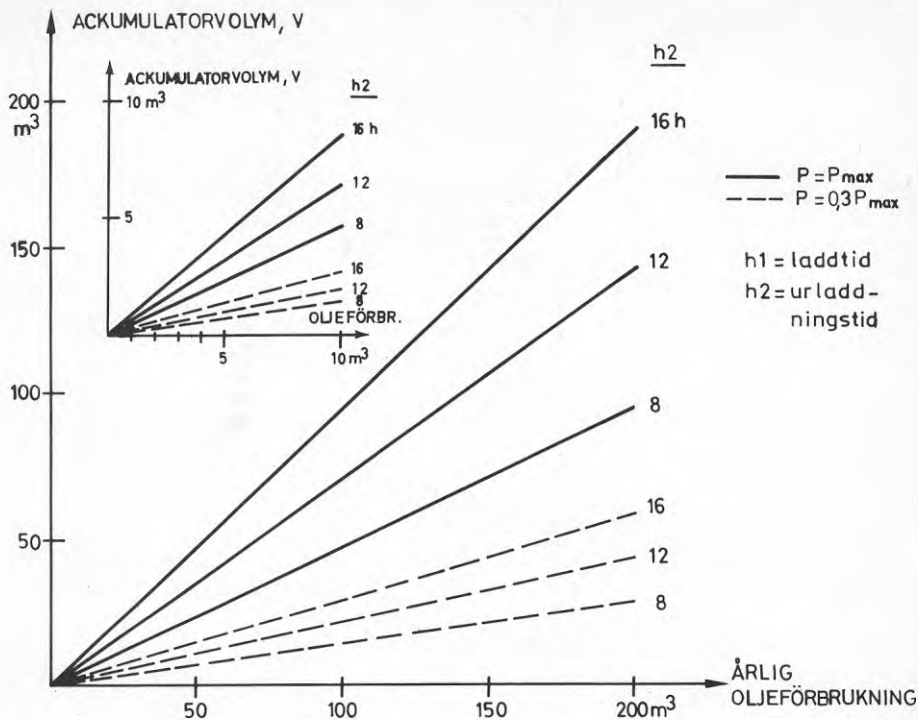
Ur figur 9 fås ackumulatorstorleken till ca 1.6 m³.

För att man bara ska behöva elda kvällar krävs en urladdningstid på 21 h, vilket motsvarar $2.1 \cdot h_2$ ($21/10$). Enligt diagram i figur 10 överstiger urladdningstiden $2.1 \cdot h_2$ ca 75% av året, vilket således betyder ca 275 dagar per år.

3.7 Lathund

För överslagsberäkningar kan figur 12 nedan användas för att erhålla erforderlig panneffekt och ackumulatorvolymstorlek baserad på årlig oljeförbrukning. Uttagna panneffekter och ackumulatorvolymter grundar sig på dels dimensionering vid maximalt effektbehov (heldragna kurvor) och dels dimensionering vid 30 % av maximalt effektbehov (streckade kurvor). DT , effektiv temperaturdifferens i ackumulatorn är satt till $40^{\circ}C$. Klimatförhållanden avser mellansverige.

För dimensionering vid andra effektbehov hänvisas till ekvation (1) och (2) under 3.1.



Figur 12 Lathund - snabbval av ackumulatorvolym och pannstorlek.

4 EKONOMISK MODELL

4.1 Inledning

När man står inför funderingar om att utnyttja värmeackumulering kan frågeställningarna skifta, beroende på om det är en industri, ett fjärrvärmeverk eller en privat villaägare som avser att utnyttja tekniken. Vidare skiljer sig beslutsunderlaget med avseende på värmekälla, exempelvis fastbränsle eller el. När man skall värdera ackumulering mot andra alternativ är det nästan enbart nattackumulering av el som kan uttryckas i ekonomiska termer. En villaägare som avser övergå till vedeldning har ju svårt att uppskatta nyttan i pengar när han bara behöver elda en gång per dygn, när det är kallt ute, istället för tre gånger per dygn. Således behandlar de nedan redovisade ekonomiska diskussionerna enbart fallet med nattackumulering av el.

4.2 Lönsamhetskriterium

4.2.1 Inledning

Inför valet att nyttja billig nattström så försöker man på ett eller annat sätt i kronor mäta nuvarande kostnad för att ställa den mot kostnaden för ett tänkt alternativ. Här görs detta så att ett nuvärde beräknas för befintlig eller alternativ värmeanläggning vilket jämförs med nuvärdet för ackumulatoranläggning. Från ekonomisk synpunkt skall man då välja den värmeanläggning som ger lägsta nuvärde. Tre kostnadsslag behandlas, investering (K), energikostnad (E) och underhåll (U). Med index a (ackumulering) och index b (jämförelse objekt) kan lönsamhetskriteriet tecknas enligt:

$$K_a + \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \cdot (E_a + U_a) \leq K_b + \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i} \cdot (E_b + U_b)$$

där n = antal år i drift
 r = ränta

Om olikheten är uppfylld betyder det att man från ekonomisk synpunkt skall välja ackumulatorsystem.

Nedan behandlas ackumulatoranläggningens investeringbehov (K_a), energikostnad (E_a) och underhållskostnad (U_a) separat.

4.2.2 Definitioner

För helhetens skull ges här samtliga definitioner.

| | | |
|---------|---|---|
| Ka | - | ackumulatoranläggning, investeringsbehov (kr) |
| Ea | - | "", energikostnad (kr/år) |
| Ua | - | "", underhållskostnad (kr/år) |
| Kb | - | jämförelseobjekt, investeringsbehov (kr/år) |
| Eb | - | "", energikostnad (kr/år) |
| Ub | - | "", underhållskostnad (kr/år) |
| n | - | antal år i drift (livslängd) |
| r | - | realränta (decimalt) |
| P | - | dimensioneringspunkt för ackumulator (kW) |
| Pmax | - | värmesänkans maximala effektbehov (kW) |
| Ppanna | - | pannkapacitet för värmesänka och ackumulator (kW) |
| Pv | - | pannverkningsgrad (decimalt) |
| h1 | - | laddningstid (h) |
| h2 | - | urladdningstid (h) |
| V | - | ackumulatorvolym (m ³) |
| DT | - | temperaturdifferens i ackumulator (°C) |
| d | - | isoleringstjocklek (cm) |
| F | - | förstoringsfaktor (försummas här) |
| Eår | - | värmesänkans energibehov per år (kWh) |
| Eför | - | årlig energiförlust från ackumulator (kWh) |
| Prish1 | - | elpris under tiden h1 (kr/kWh) |
| Prish2 | - | "- h2 -" |
| Prisjäm | - | jämförande energipris (främst olja eller el) (kr/kWh) |

4.3 Olika kostnadsslag

4.3.1 Investeringsbehov, K_a

Investeringsbehovet kan i det här sammanhanget indelas i fem delar:

- ackumulator, isolerad med anslutningar
- elpanna inklusive elarbeten
- rörarbeten bl a mellan ackumulator och elpanna
- demontering av gammal utrustning samt start och avvecklingskostnad
- engångsavgift för elkraft

Några generella riktlinjer i kr/kW eller liknande är mycket svårt att göra beroende på lokala förutsättningarna etc., dock finns nedan några genomräknade exempel vilka kan ge en viss fingervisning.

4.3.2 Energikostnad, E_a

Med definitioner enligt ovan kan den årliga energikostnaden med ackumulator tecknas:

$$E_a = E_{\text{år}}/P_v \cdot (\text{Prish}_1 \cdot (1 - F(P) \cdot HF) + \text{Prish}_2 \cdot F(P) \cdot HF) + E_{\text{för}} \cdot \text{Prish}_1 + \text{Övrigt} \quad (4)$$

där $HF = h_2 / (h_1 + h_2)$

$F(P)$ = andel av årsenergin som ej täcks med värmeeffekten ($P_{\text{panna}} - P_{\text{max}}$) h_1/h_2 .
Tillgänglig panneffekt och ackumulatorvolym förutsetts uppfylla ekvationerna (1) och (2).

Övrigt = andra kostnader, exempelvis utökning av abonnemangsavgift för elkraft.

För mellansverige är:

| | | | |
|----------|-------|----|--------------------------|
| $F(P) =$ | 0.72 | om | $P = 0.1 P_{\text{max}}$ |
| | 0.49 | om | $P = 0.2 P_{\text{max}}$ |
| | 0.30 | om | $P = 0.3 P_{\text{max}}$ |
| | 0.16 | om | $P = 0.4 P_{\text{max}}$ |
| | 0.08 | om | $P = 0.5 P_{\text{max}}$ |
| | 0.04 | om | $P = 0.6 P_{\text{max}}$ |
| | 0.02 | om | $P = 0.7 P_{\text{max}}$ |
| | 0.01 | om | $P = 0.8 P_{\text{max}}$ |
| | 0.005 | om | $P = 0.9 P_{\text{max}}$ |
| | 0 | om | $P = P_{\text{max}}$ |

Ovanstående tabell konstrueras med hjälp av varaktigheten för uteluftens temperatur.

| Exempel: | <u>Givna data</u> | <u>Beräknade data</u> |
|----------|-------------------|-----------------------------|
| | Pmax= 12 kW | Ppanna= 22 kW (ekv 1) |
| | Pv= 0.95 | V= ca 1.7 m ³ |
| | Eår = 30000 Kwh | Eför= max 1000 kWh (fig 7) |
| | h1= 8 h | F(P)= ca 0.15 (tabell ovan) |
| | h2= 16 h | HF= 0.67 |
| | DT= 40 °C | |
| | Prish1= 0.21 kr | |
| | Prish2= 0.34 kr | |
| | d= 30 cm | |

Dimensionerande punkt:

P=5 kW, dvs ackumulatorn klarar hela dygnets behov upp till effektbehovet 5 kW.

Ovanstående insatt i ekvation (4) ger:

$$E_a = 30000 / 0.95 \cdot (0.21 \cdot (1 - 0.15 \cdot 0.67) + 0.34 \cdot 0.15 \cdot 0.67) + 1000 \cdot 0.21 =$$

$$31600 \cdot 0.223 + 1000 \cdot 0.21 = 7260 \text{ kronor}$$

Enligt exemplet fås således ett genomsnittligt pris för tillgodogjord energi på ca 24.2 öre/kWh (7260/30000).

4.3.3 Underhållskostnad, U_a

Underhållskostnaden är relativt låg för ett elpanne-ackumulatortsystem och säkerligen oftast lägre än motsvarande oleanläggning. För att förenkla kan man nog sätta underhållskostnaden för små system, villastorlek, lika med kostnaden för motsvarande system baserade på enbart olja eller enbart elpanna. För större anläggningar som förbrukar motsvarande flera 100 m³ olja årligen bör elpanne-ackumulatortsystem dock nå betydligt lägre underhållskostnader än exempelvis oljeanläggningar. I det senare fallet bör detta markeras i ekonomiska kalkyler.

4.4 Tillämpning i 1984-års priser

4.4.1 Inledning

En generell beräkning av ackumulatorteknikens lönsamhet är naturligtvis svår att göra och i synnerhet för större anläggningar. Nedan görs dock ett försök att spegla de ekonomiska villkor som gäller för små system, villastorlek och något större. Förutom ekonomiska besked ger beräkningarna en känsla för hur ett ackumulatortorsystem skall dimensioneras för att nå lägsta nuvärde oavsett om det är lönsamt i jämförelse med andra system.

4.4.2 Beräkningsfall - jämförelseobjekt

Den ekonomiska studien förutsätter att man avser byta befintlig oljeanläggning, i exempelvis en villa, mot elpanne-ackumulatortorsystem eller enbart elpanna.

Tre anläggningsstorlekar studeras:

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| A. En energiförbrukning motsvarande | 3 m ³ /år |
| B. "- | 5 m ³ /år |
| C. "- | 10 m ³ /år |

Värmesänkans energibehov och maximala effektbehov antas vara:

| | Energi(Eår) | Effekt(Pmax) |
|----|-------------|--------------|
| A. | 19000 kWh | 8 kW |
| B. | 32000 kWh | 13 kW |
| C. | 64000 kWh | 26 kW |

För fall A och B studeras ackumulatortorsystem dimensionerade efter 0.3 Pmax, 0.5 Pmax och 1.0 Pmax. För fall C enbart 0.3 Pmax och 0.5 Pmax.

4.4.3 Investeringsbehov

För ackumulatoralternativen och elpannealternativen har ingående studier och beräkningar utförts för att erhålla aktuella investeringsbehov i 1984-års priser. Kalkylerna förutsätter:

- demontering av oljepanna och oljetank (av utrymmesskäl)
- ett avstånd på maximalt 5 m mellan elpanna och ackumulator
- trefasinstallation och utökning av säkringsstorlek när så behövs

För elpanne-ackumulatorvarianterna redovisas kostnader i detalj medan enbart slutsumman för rena elpannesystem anges. Alla prisangivelser inkluderar moms. Utöver kostnader redovisas i tabell nedan dimensioneringspunkt (P), erforderligt panneffektbehov (Ppanna) och ackumulatorvolym (V) samt maximal årenergiförlust från ackumulator. Laddningstiden (h1) antas vara 8 h och urladdningstiden (h2) 16 h samt DT 40°C.

Elpanne-ackumulatorsystem

| Pmax (kW) | A. (3 m3 olja) | | | B. (5 m3 olja) | | | C (10 m3 olja) | |
|-------------------|----------------|----------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|-------------|
| | 8 | 8 | 8 | 13 | 13 | 13 | 26 | 26 |
| Andel av Pmax | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 0.3 | 0.5 | 1.0 | 0.3 | 0.5 |
| P (kW) | 2.4 | 4.0 | 8.0 | 3.9 | 6.5 | 13.0 | 7.8 | 13.0 |
| Ppanna (kW) | 13 | 16 | 24 | 21 | 26 | 39 | 42 | 52 |
| V (m3) | 0.8 | 1.4 | 2.8 | 1.4 | 2.3 | 4.5 | 2.7 | 4.5 |
| Eför (kWh) | 700 | 900 | 2000 | 900 | 1700 | 3400 | 1900 | 3400 |
| Ackumulator (a)kr | 7200 | 12000 | 16200 | 12000 | 16200 | 30400 | 16200 | 30400 |
| Elpanna (b) kr | 7400 | 11900 | 11900 | 11900 | 20300 | 23600 | 23600 | 25000 |
| Rörarbeten kr | 11500 | 12200 | 13700 | 12200 | 13700 | 14900 | 13700 | 14900 |
| Demontering (c)kr | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3500 | 3500 | 3500 | 3500 |
| Elavgift (d) kr | <u>0</u> | <u>0</u> | <u>4000</u> | <u>4000</u> | <u>4000</u> | <u>4000</u> | <u>4000</u> | <u>4000</u> |
| Summa | 29100 | 39100 | 48800 | 43100 | 57700 | 76400 | 61000 | 77800 |

- a) Isolerad (7.5 cm polyuretan vilket motsvarar ca 17 cm mineralull) med anslutningar.
- b) Inklusive anslutningar och el.
- c) Inklusive start och avvecklingskostnad.
- d) Engångsavgift för utökning av elabonnemang enligt Vattenfall

Rena elpannesystem

| | A. (3m3 olja) | B. (5 m3 olja) | C. (10 m3 olja) |
|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Ppanna (kW) | 8 | 13 | 26 |
| Totalkostnad,kr | 20000 | 21000 | 31000 |

4.4.4 Energikostnad

Nedan redovisas energikostnader/år i 1984-års prisnivå för de olika elalternativen samt även vid ren oljeeldning. Tillämpade eltariffer är de av Vattenfall utgivna den 1 april 1983 för region öst, väst och mellansverige avseende lågspänning för landsbygdsdistribution. I samtliga fall har mest förmånlig tariff nyttjats. Pannverkningsgraden är satt till för elpannor 0.95 och oljepannor 0.65. Den maximala årsenergiförlusten (Eför) framgår av tabell ovan.

Årsenergikostnader

| | Årskost. kronor | Prish1 kr/kWh | Prish2 kr/kWh | Prisjäm kr/kWh | Utökning av abonnemang kr/år |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
| <u>A. Pmax=8 kW (3 m3 olja)</u> | | | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | | | |
| 0.3 Pmax | 5280 | 0.192 | 0.322 | - | 750 |
| 0.5 Pmax | 4900 | 0.192 | 0.332 | - | 750 |
| 1.0 Pmax | 5470 | 0.192 | 0.332 | - | 1250 |
| Enbart elpanna | 5890 | - | - | 0.237 | 1150 |
| Oljepanna | 8520 | - | - | - | - |
| <u>B. Pmax=13 kW (5 m3 olja)</u> | | | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | | | |
| 0.3 Pmax | 8830 | 0.192 | 0.332 | - | 1250 |
| 0.5 Pmax | 8280 | 0.192 | 0.332 | - | 1250 |
| 1.0 Pmax | 9420 | 0.192 | 0.332 | - | 2300 |
| Enbart elpanna | 10080 | - | - | 0.237 | 2100 |
| Oljepanna | 14200 | - | - | - | - |
| <u>C. Pmax=26 kW (10 m3 olja)</u> | | | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | | | |
| 0.3 Pmax | 17490 | 0.192 | 0.332 | - | 2300 |
| 0.5 Pmax | 17110 | 0.192 | 0.332 | - | 3050 |
| Enbart elpanna | 19120 | - | - | 0.237 | 3150 |
| Oljepanna | 28400 | - | - | - | - |

I ovanstående beräkningar kan märkas en del märkliga resultat. Exempelvis är årsenergikostnaden inom elpanne-ackumulatorgrupperna störst när man dimensionerar ackumulatort för värmesänkans maximala effektbehov (P_{max}). Anledningen till detta är att elabonnemangsavgifterna har en trappstegsliknande utformning samt att värmeförlusterna från ackumulatort blir större för större volymer. Vidare kan noteras att utökningen av elabonnemangsavgiften blir större, för motsvarande storlek på objekt, när man väljer en ren elpannelösning istället för elpanna och ackumulator. Det senare beror på att den för elpannealternativet tillämpade tariffen, mellantariffen, har en högre nivå med avseende på abonnemangsavgiften än den för elpanne-ackumulator alternativet nyttjade, dubbeltariffen.

4.4.5 Nuvärdesberäkning och utvärdering

Enligt metoden beskriven i 4.2.1 har nuvärden beräknats för de behandlade systemlösningarna. Redovisade nuvärden speglar en period omfattande 10 år med en ränta på 4%.

Längre beräkningsperiod än 10 år anses ej meningsfull, med tanke på osäkerheten beträffande energiprisutveckling och inflation.

Den här valda räntesatsen kan naturligtvis väljas annorlunda. Vårt val baseras på faktisk bankränta reducerad med inflation. Olika kombinationsmöjligheter kan sålunda ge just 4%, exempelvis bankräntan 12% och inflationen 8% eller bankräntan 13% och inflationen 9% osv. Ett extremfall skulle rent av kunna innebära negativ ränta, om man exempelvis betraktar låntagarens räntekostnad efter ränteavdrag i deklaration eller räntebidrag. Denna ränta skall då i sin tur reduceras med inflationsräntan.

Förutom nuvärden anges antal år till lönsamhet ("break even") för elpanne-ackumulatoralternativen jämfört med dels enbart elpanna och dels enbart oljepanna. Övriga förutsättningar samt de ovan blir:

- beräkningsperiod 10 år
- ränta 4%
- underhållskostnader (U_a, U_b) sätts lika (500 kr/år) för de alla alternativ
- K_b för tänkt befintlig oljeanläggning är satt till 10000 kronor. Denna summa avses spegla den investering som erfordras för att modernisera befintlig oljeanläggning till en nivå som är jämförbar med en ny elpanneanläggning med eller utan ackumulator.

Nuvärdesberäkning

| | Nuvärde efter 10 år (kronor) | Antal år till samma nuvärde för elpanna- ackumulator jämfört med: | |
|-----------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|
| | | <u>Enbart elpanna</u> | <u>Enbart oljepanna</u> |
| <u>A. Pmax=8 kW (3 m3 olja)</u> | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | |
| 0.3 Pmax | 77900 | 20 | 7 |
| 0.5 Pmax | 84700 | 35 | 10 |
| 1.0 Pmax | 99200 | oändligt | |
| Enbart elpanna | 73900 | - | - |
| Oljepanna | 86100 | - | - |
| <u>B. Pmax=13 kW (5 m3 olja)</u> | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | |
| 0.3 Pmax | 121800 | 30 | 7 |
| 0.5 Pmax | 131800 | 40 | 10 |
| 1.0 Pmax | 160100 | oändligt | 20 |
| Enbart elpanna | 110200 | - | - |
| Oljepanna | 134000 | - | - |
| <u>C. Pmax=26 kW (10 m3 olja)</u> | | | |
| Elpanna-ackumulator | | | |
| 0.3 Pmax | 212800 | 32 | 6 |
| 0.5 Pmax | 226300 | 58 | 7 |
| Enbart elpanna | 196500 | - | - |
| Oljepanna | 274800 | - | - |

Av ovanstående tabell framgår att elpanna och värmeackumulator i kombination ej förmår konkurrera med rena elpanelösningar. I jämförelse med oljeanläggningar förbättras bilden. En annan iakttagelse är att ackumulatorsystemen förlorar ekonomiskt över en viss gräns för en och samma värmesänka.

För att värmeackumulatortekniken skall kunna mäta sig med elpannor utan ackumulering, när "billig" nattström nyttjas, krävs en kraftig sänkning av eltaxan nattetid. För de alternativ som här har diskuterats, villastorlek och något större, erfordras en reducering av nattaxan med minst 20 % för att man skall nå "break even" efter 10 år. Detta gäller då vid räntan 4 %. Vid ökande ränta försämras de ekonomiska villkoren och vid minskande ränta förbättras de ekonomiska villkoren för ackumulatorsystem.

5 ACKUMULATORER

5.1 Olika typer av ackumulatorer

Den på marknaden mest frekventa ackumulatortanken består av två stycken pressade sfäriskt formade gavlar samt en valsad cylindrisk plåt. Komponenterna fogas samman med en ljusbågssvets eller annan likvärdig svets. Materialet är oftast vanligt handelsstål enligt SMS 1312. Andra material kan vara olika stållegeringar, koppar samt även gummi.

Andra förekomster av ackumulatortankar är fyrkantiga svetsade kärl liknande oljetankar. Man bör dock observera att tankar använda för att lagra olja inte utan vidare kan användas som värmeackumulator eftersom dessa inte är utförda för övertryck. Den fyrkantiga tanken måste till skillnad från den runda tanken stagas och eventuellt korrugeras för att klara de påfrestningar den utsätts för.

Materialåtgången är större för den fyrkantiga än för den runda, vilket oftast leder till att den fyrkantiga blir dyrare än den runda. Oftast är det dock inte tankens pris som avgör formen utan tillgången på utrymme samt tillgängligheten till utrymmet. Den fyrkantiga tanken kräver mindre utrymme än den runda.

Den runda tanken kan placeras på två olika sätt endera stående eller liggande. En stående rund tank ger bättre förutsättningar till skiktning. Priset på den liggande är i regel högre än för den stående.

5.2 Isolering

I de flesta fall bör tanken isoleras, såvida inte förlustvärmen kan tillgodogöras. Ett annat skäl som talar för isolering är att volymen kan göras mindre (se 3.3).

Akkumulatorn kan isoleras på plats eller vara fabriksfärdigt isolerad. I det sistnämnda fallet består isoleringen oftast av polyuretan, vilken har god isolerförmåga (i storleksordningen $0.020 \text{ W/m}^2\text{C}$). Används mineralull blir isolerförmågan sämre (i storleksordningen $0.045 \text{ W/m}^2\text{C}$).

Beklädnaden av isoleringen på ackumulatortanken utförs med tunnplåt, plastlaminerad plåt, aluminiumplåt, hårdplast eller liknande. Det vanligaste är aluminiumplåt eftersom den är lätt att montera.

5.3 Tryckklasser

De normer som reglerar tillverkning och användandet av ackumulatortankar är varmvattennormerna I och II, tryckkärlsnormer och pannsvetsnormer, samtliga utfärdade av Arbetskyddsstyrelsen, samt Svensk Byggnorm utfärdad av Statens Planverk.

En följd av ovanstående normer är bla att alla ackumulator-tankar för avsalu måste vara godkända av SA (Statens Anläggningsprovning). Detta innebär att ritningar skall vara godkända, svetfogar och material kontrollerade samt att tanken skall vara provtryckt. Köper man en tank utan dessa villkor är uppfyllda så rikerar man inte bara ekonomisk skada utan även hälsa och i sämsta fall liv.

I Svensk Byggnorm finns det normer som ställer krav på installation och skötsel. Dessa gäller både vid nybyggnation och ombyggnation. Byggnadsnämnden i respektive kommun kan ge ytterligare information i dessa frågor.

Byggnadsnämnder och yrkesinspektionen är de kontrollorgan som övervakar att normer och regler efterlevs.

5.4 Expansionssystem

De bägge i värmesystem förkommande metoderna att hantera expanderande vattenvolymer, öppna och slutna expansionssystem, nyttjas även i ackumulatorsammanhang. Det bör understrykas att den expanderande vattenvolymen ökar proportionellt med ackumulatorns storlek. Detta leder till kraftigt utökade behov av expansionsmöjligheter.

Syresättning av värmevatten bör alltid undvikas, varför öppna system kan vara olämpliga om ackumulatören är utförd i korrosionskänsligt material

I mindre anläggningar nyttjas ofta öppna system medan man i större övergår till slutna system. Om höga driftryck erfordras kan ett expansionskärl med ångkudde vara lämpligt.

BILAGA 1 Fabrikat och priser

Nedan redovisas några olika ackumulatorfabrikat samt cirka priser. Priserna är inte helt jämförbara beroende på olika utrustning samt tidpunkt för prissättning. Förutom de angivna fabrikaten finns ett flertal andra mindre tillverkare. Vidare kan många av Sveriges mekaniska verkstäder utföra ackumulatortankar på beställning. Karaktäristiskt för de omnämnda är att dessa säljs av de större grossisterna samt att de har ett flertal storlekar som standard. Dock är inte alla angivna storlekar, speciellt de större, att betrakta som standard.

| Volym(m3) | Bio (tkr) | Flexilia (tkr) | Focus (tkr) | OL (tkr) |
|-----------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 0.5 | - | - | - | 2.8 ³ |
| 0.75 | 3.5 ⁵ | 3.0 ⁴ | 4.9 ¹ | - |
| 1 | 4.3 ⁵ | 3.8 ⁴ | 5.2 ¹ | 3.2 ³ |
| 1.3 | 4.5 ⁵ | 4.7 ⁴ | - | - |
| 1.8 | 4.9 ⁵ | 4.9 ⁴ | - | - |
| 2.0 | - | - | 7.1 ¹ | 4.0 ³ |
| 2.5 | 5.8 ⁵ | 5.9 ⁴ | 8.1 ¹ | 4.5 ³ |
| 3.0 | 6.9 ⁵ | 6.9 ⁴ | 8.4 ¹ | 4.8 ³ |
| 4.0 | - | - | 10.6 ¹ | - |
| 5.0 | 7.3 ⁵ | 10.8 ⁴ | 12.9 ¹ | - |
| 10.0 | 11.7 ⁵ | 13.2 ⁴ | - | - |
| 25.0 | 45-55 ⁶ | - | 100 ² | - |
| 50.0 | 80-85 ⁶ | - | 140 ² | - |
| 100.0 | 100-105 ⁶ | - | 195 ² | - |

Noter: Samtliga är runda och oisolerade men förberedda för anlutningar. Övriga skillnader samt tidpunkt för prisuppgifter framgår av noterna nedan. Priserna skall betraktas som grossist-priser.

- | | | | |
|------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| 1) 2 vvx | våren -84 | 4) 1 vvx, köp av 5 våren | -84 |
| 2) osäkra priser | våren -84 | 5) 1 vvx | våren -84 |
| 3) 1 vvx | aug -83 | 6) osäkra priser | våren -84 |

Säljande företag samt adresser:

| | | | |
|---------|---|------------|---|
| Bio - | Bio Energi Danska vägen 193 521 00 FALKÖPING Tel 0515 - 178 00 | Flexilia - | PASSAT Box 123 532 00 SKARA Tel 0511 - 163 90 |
| Focus - | PALMARCO AB Box 89 433 22 PARTILLE Tel 031 - 44 08 70 | OL - | CURT NILSSON RVS AB Box 20048 400 50 GÖTEBORG Tel 031 - 44 08 00 |

BILAGA 2 Några principkopplingar

TECKENFÖRKLARINGAR



EXPANSIONSKÄRL



VVX



HANDMANÖVRERAD 3-VÄGSVENTIL



TERMISKT STYRD " "



MOTORSTYRD " "



PUMP



AVSTÄNGNINGSVENTIL



STRYPVENTIL



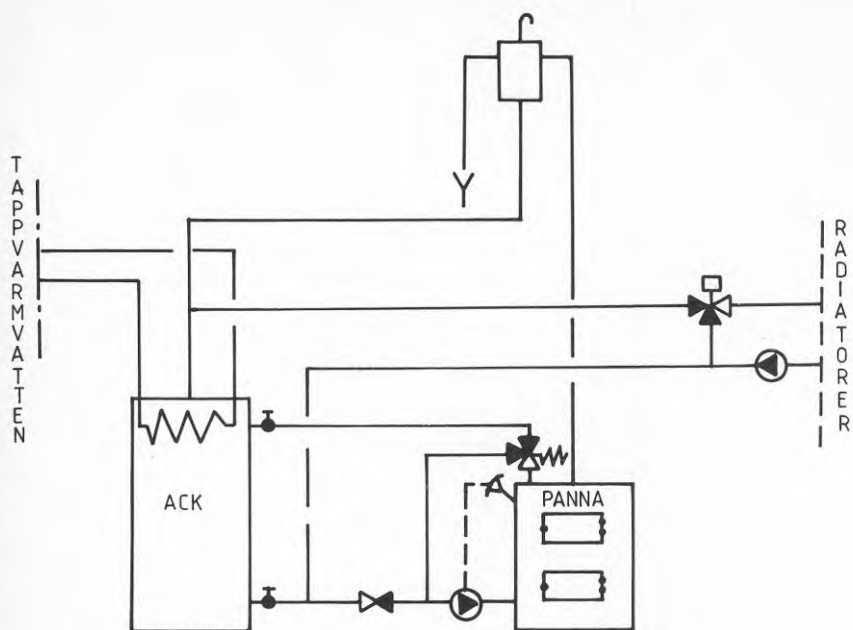
GIVARE



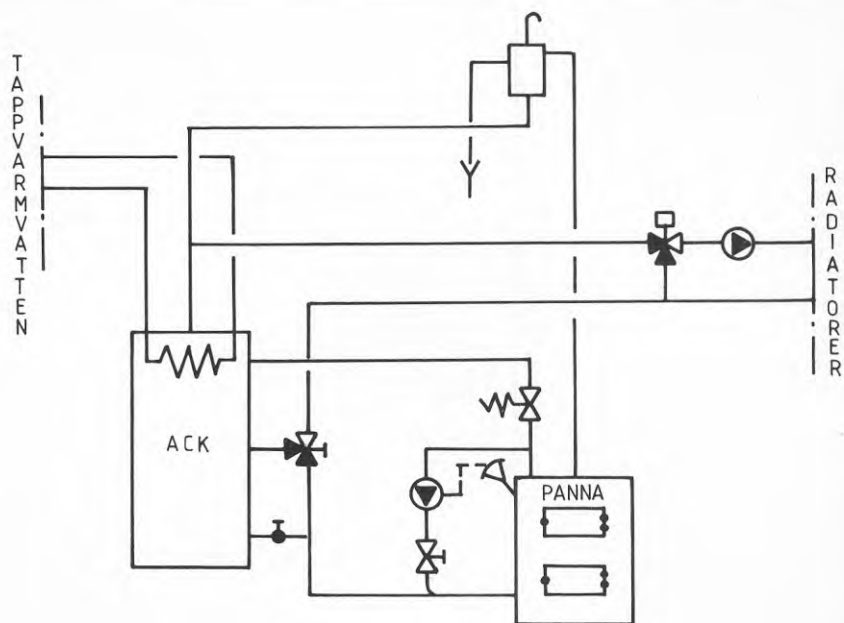
TERMISKT STYRD 2-VÄGSVENTIL



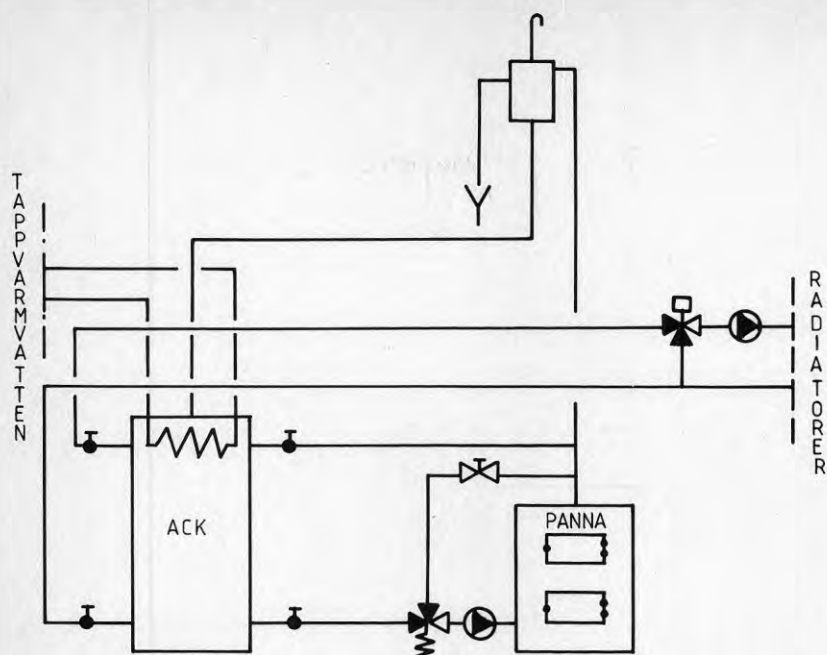
BACKVENTIL



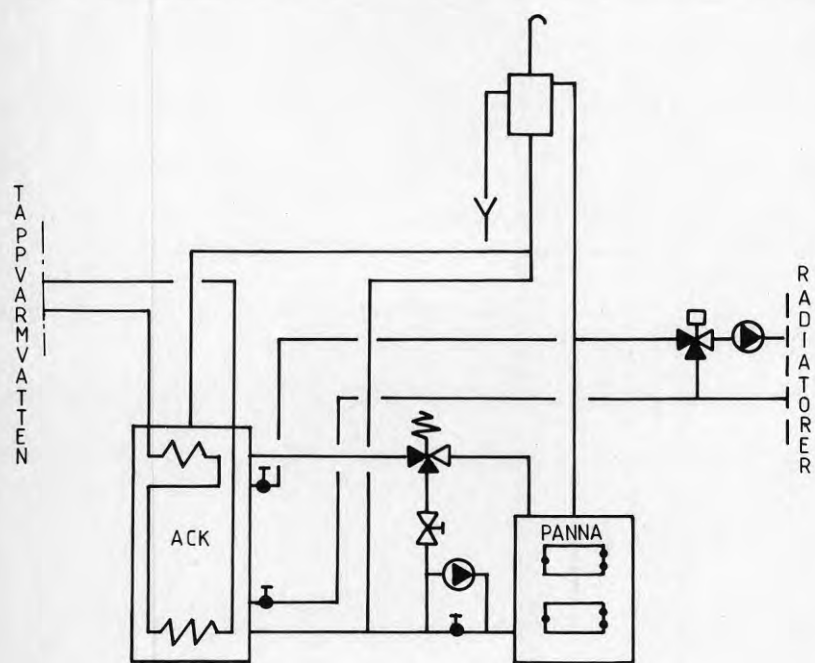
PRINCIPSKISS - BIO



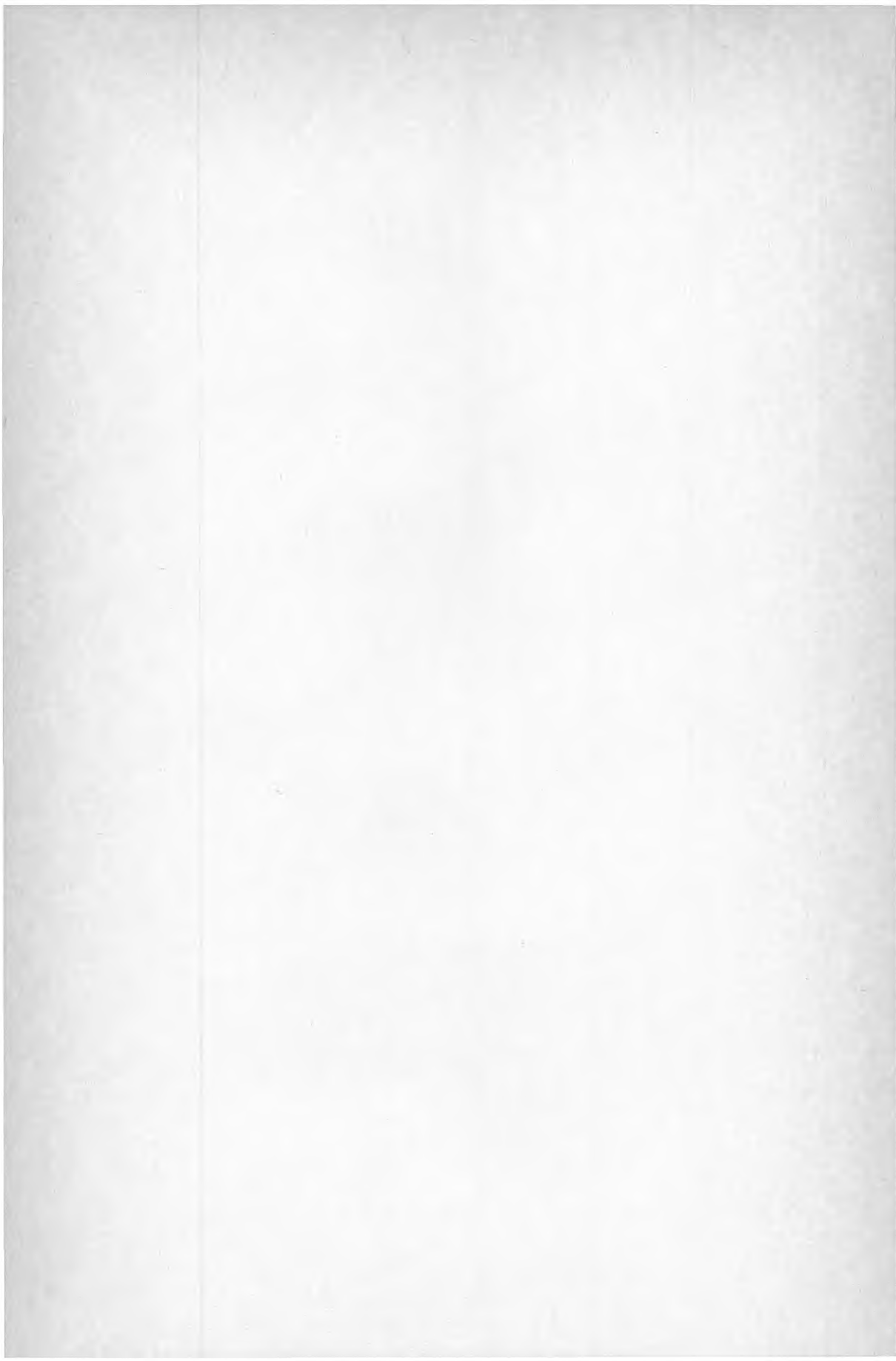
PRINCIPSKISS - FLEXILIA



PRINCIPSKISS - OL



PRINCIPSKISS - FOCUS





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820257-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till ÅF-ENERGIKONSULT AB, Falun samt
forskningsanslag 831334-6 till Högskolan i Falun/
Borlänge.**

R115: 1984

ISBN 91-540-4224-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 67074115

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 30 kr exkl moms