



Forskning och
Utveckling

FOU 1998:21

STATUSRAPPORT TRYCKLÖSA HETVATTENACKUMULATORER

Mats Lindberg, Leif Breitholtz
FVB, Fjärrvärmebyrån

STATUSRAPPORT TRYCKLÖSA HETVATTENACKUMULATORER

*Mats Lindberg, Leif Breitholtz
FVB, Fjärrvärmebyrån*

*I Rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt.
Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB
tagit ställning till slutsatserna och resultaten.*

Förord

Det finns c:a 70 hetvattenackumulatorer i Sverige varav drygt hälften är trycklösa. Dessa behöver till skillnad från trycksatta ackumulatorer inte genomgå återkommande besiktningar. Detta faktum samt att det är mycket dyrt att tappa ner en hetvattenackumulator för inspektion, gör att mycket få av dem är besiktigade invändigt.

Dock har en ny teknik utvecklats där man med hjälp av en undervattensrobot bestyckad med bl a videokamera, rengöringsutrustning, ultraljudsmätare och sonar, kan utföra besiktningar invändigt, utan att behöva tappa ned ackumulatören. Tekniken utvecklades inom ett värmeforskningsprojekt 1992 och har sedan dess utvecklats ytterligare.

Undervattens tekniken har hittills använts vid 5 svenska anläggningar och 1 i Danmark. Många anläggningsägare är intresserade av hur den nya tekniken fungerar, samt vilken status de besiktigade ackumulatorerna har.

För att utreda detta anlätades **FVB Fjärrvärmebyrån ab** och rapporten är skriven av Leif Breitholtz och Mats Lindberg.

SAMMANFATTNING

Allmänt

Det finns ca 70 hetvattenackumulatorer i Sverige varav drygt hälften är trycklösa. Enligt tryckkärilsföreskrifterna, AFS 1994:39 behöver trycklösa ackumulatorer (till skillnad från trycksatta) inte genomgå återkommande besiktningar. Detta faktum samt att det är mycket dyrt att tappa ner en hetvattenackumulator för inspektion, gör att mycket få av dem är besiktigade invändigt.

Dock har en ny teknik utvecklats där man med hjälp av en undervattensrobot bestyckad med bl a videokamera, rengöringsutrustning, ultraljudsmätare och sonar, kan utföra besiktningar invändigt, utan att behöva tappa ned ackumulatoren. Tekniken har hittills inte fått någon stor användning, men den har kontinuerligt förbättrats sedan starten 1992.

Målet med rapporten är att redovisa behovet av insatser för att undvika ett underhållsberg och framtida haverier. En ytterligare målsättning är att redovisa olika tekniker för att utföra inre besiktningar. Resultatet förväntas leda till ökad kunskap om insatsbehov samt möjligheter att genomföra inre besiktningar, vilket i sin tur kan ge ökad livslängd, minskade driftstörningar samt minskade driftkostnader.

Med syfte att identifiera problemområden, inventera underhållsbehov samt kartlägga såväl behov av besiktningar som utförda besiktningar, skickades en enkät ut till alla anläggningsägare med hetvattenackumulatorer (i första hand riktades intresset mot trycklösa). Innan enkäten skickades ut gjordes en analys av kända problemställningar. Information har inhämtats via litteraturstudier samt selektiva intervjuer med vissa intressanta anläggningsägare. Expertis har konsulterats inom olika ämnesområden t ex korrosionsteknik.

Identifierade problem- och riskområden

Att rätt vattenkvalitet innehålls är viktigt ur korrosionssynpunkt och vid de flesta anläggningar används olika kemiska ämnen för att åstadkomma detta (förutom att termisk avgasning sker av det spådmattade vattnet). Det är mycket viktigt att luft inte tränger in i ackumulatortoppen, men detta tycks vara ett vanligt problem och beror på att ångkuddens funktion inte alltid är pålitlig. Studien visar ett klart samband mellan dessa problem och korrosion i det övre utrymmet i ackumulatoren samt på manteln kring vattenlinjen. Syresättning av vattnet kan på sikt ge skador längre ner i tanken men hittills gjorda besiktningar pekar inte på några alarmerande skador i de nedre regionerna. Bottenplåtarna har i de flesta fall varit nästan fria från korrosion, dock finns risk för att korrosion skall uppstå efter en längre tid. Teoretiskt sett finns det risk för att mikrobiell korrosion skall uppstå under sedimentet och detta gäller framförallt anläggningar som doserar sulfid till sitt fjärrvärmenät.

SA har konstaterat att det på de trycksatta tankarna ofta förekommer sprickbildningar i mantelns rundskarvar men detta har hittills inte upptäckts på de fåtal trycklösa som besiktigats. Däremot kan konstateras att de enda (två) rapporterade fallen av läckande (trycklösa) ackumulatorer primärt orsakades av tillverkningsfel och inte korrosion. Rotstöden under bottenplåtarna var inte fullständigt svetsade och över dessa spalter blev bottenplåtarnas svetsar undermåliga med läckage som följd, troligen utlöst av punkt- eller spaltkorrosion.

Behov av underhållsinsatser

För få ackumulatorer är undersökta invändigt för att generellt kunna bedöma ackumulatorernas status samt underhållsbehov. Underhållsinsatserna har hittills i huvudsak koncentrerats till att åtgärda ångkuddens funktion samt reparera korrosionsangripna delar i "ångrummet". Underhållsbehovet tycks i dag inte vara särskilt stort, men kan i framtiden komma att växa i takt med att fler ackumulatorer undersöks. De i rapporten belysta problem- och riskområdena indikerar att det primärt finns ett behov av att besikta fler ackumulatorer in- och utvändigt.

Tekniker för statusbedömning av ackumulatorer

När det gäller tekniker för att göra statusbedömningar av ackumulatorer med avseende på korrosion och hållfasthet finns inte så många att välja på. För invändig besiktning finns bara två alternativ tillgängliga om man vill undvika att tömma ackumulatorn och utföra en okulär besiktning av hela tanken. Det ena sättet är att använda dykare, men erfarenheterna är få och flera negativa faktorer talar emot denna teknik. Det blir troligen ganska kostsamt samtidigt som det är osäkert om personsäkerheten kan garanteras för dykaren med tanke på de extrema förutsättningar som råder. Det andra alternativet för invändig besiktning är att använda undervattensrobot. Tekniken är komplicerad och resultaten varierar, men det kan konstateras att jämfört mot de tre första besiktningarna som genomfördes under utvecklingsfasen 1992, har utvecklingen gått framåt. I dag har ytterligare två svenska helvattenackumulatorer och en (trycksatt) i Danmark besiktigats, samt även en svensk kylackumulator. Resultaten från besiktningarna har varit övervägande goda och tekniken borde vara fullt användbar för att dokumentera ackumulatorns inre status.

Rekommendationer

Det är svårt att med nuvarande erfarenheter ge några klara rekommendationer för vilka rutiner man bör ha för besiktningar. Varje anläggningsägare bör dock utarbeta någon form av strategi för hur och hur ofta tanken skall besiktigas. Man kan tänka sig att en ny ackumulator besiktigas med undervattensrobot efter kanske 5-6 år och sedan låta resultatet styra tidpunkten för nästkommande besiktning. Det bör dock understrykas att *det är mycket svårt att förutspå korrosionshastigheten som dessutom kan variera med tiden*. Därför bör "försiktighetsprincipen" råda.

Vid nybyggnation av ackumulatorer rekommenderas att på olika sätt förbereda tanken så att invändig besiktning med undervattensrobot underlättas. Även befintliga tankar bör modifieras av samma skäl, t ex genom att installera en separat manlucka med fri passage ner till botten. Åtgärder kan utföras i samband med eventuell avställning av ackumulatorn. Det är också viktigt att det finns inspektionsplan inne i ackumulatorn.

Slutligen kan påpekas att även om utförda besiktningar inte pekat på allvarliga korrosionsproblem hos de trycklösa ackumulatorerna så bör man ändå vara på sin vakt. De flesta ackumulatorer i studien är bara 10 år gamla eller yngre och här kanske korrosionen ännu inte tagit riktig fart.

SUMMARY

General

There are about 70 hot water accumulators in Sweden of which quite half of them are non-pressurised. According to "Tryckkärlsföreskrifterna AFS 1994:39" (rules concerning pressure vessels) non-pressurised accumulators do not need (in contrast to pressurised) recurrent survey. This fact together with the heavy expenses in connection to drainage of a tank, makes few of them inspected on the inside.

To make inspections on the inside a new technology has been developed; an under-water robot equipped with video camera, cleaning facilities, ultrasonic sounding and Sonar. The technique has not, so far got a wide use but it has continuously been developed since the start in 1992.

The purpose of this report is to describe the need of efforts to avoid an accelerating need of maintenance and future breakdowns. Another purpose is to describe different techniques for inside inspections. The expectations on the result are that it will lead to enhanced knowledge about needed efforts and possibilities to accomplish inside inspections. This can lead to increased lifetime, reduced operation interruptions and decreased operating costs.

With a view to identify problem areas, make an inventory of maintenance needs and make a survey of needs for inspections as well as performed inspections, a questionnaire was sent to owners of hot water accumulators (first of all non-pressurised). An analysis of well-known problems was made before the questionnaire was sent out. The information was gathered from different literature studies and selective interviews with owners. Experts in different areas, for example corrosion technology, have been consulted.

Identified problem- and risk-areas

As regards corrosion it is important to obtain the right water quality, in most plants chemicals are used to secure this (besides for the thermal degasifying of the dilution water). It is important that air does not penetrate into the accumulator top, although this seems to be a usual problem due to unreliable function of the steam cushion. The study shows a clear connection between these problems and the corrosion in the upper space of the accumulator as well as on the shell plate around the water line. The long-range effects of oxygenation of the water might be damages in the lower regions of the accumulator, but so far inspections have not shown any alarming signs of damages. The bottom plates have in most cases been totally free from corrosion, but there is a risk that corrosion will appear in the future. Theoretically there is a chance for microbial corrosion to appear under the sediment especially for plants where sulphite solution is being used in the district heating water.

"SA" (The Swedish Plant Inspectorate) has established that it often occurs cracking in the horizontal joints of the shell plate on the pressurised tanks, but this has not been discovered on the non-pressurised. However, it can be established that the only (two) reported cases of leaking (non-pressurised) accumulators primary was caused by manufacturing errors and not by corrosion. The bearers under the bottom plates were not fully welded and over these gaps the bottom plates welds became deficient followed by leakage, possibly released by pitting or crevice corrosion.

The need of maintenance efforts

Too few accumulators are inspected on the inside to give a general sign of their status and maintenance needs. The maintenance efforts have so far been concentrated on measures on the function of the steam cushion as well as on repairs of corrosion-attacks in the "steam room". The maintenance needs today does not seem to be very high, but they might grow in the future with the number of accumulators that are being inspected. The problem- and risk-areas illustrated in this report indicates a primary need to inspect more accumulators on the in- and outside.

Techniques for status estimation of accumulators

Techniques for status estimation of accumulators referred to corrosion and resistance are few. To execute an ocular inspection on the inside and avoiding to drainage the tank there are only two alternatives available. One way is to use a diver, but the experiences are few and several negative facts speak against this technique. It would probably be expensive and the security for the diver might not be able to guarantee considering the extreme conditions in the tank. The other alternative for inside inspection is to use an underwater robot. The technique is complicated and the results vary. However compared to the first three inspections during the development in 1992 the technique has made progress. Today has further two Swedish hot water accumulators and one (pressurised) Danish been inspected, as well as a Swedish district cooling accumulator. The results from the inspections have been good and the technique ought to be fully usable for documentation of the accumulators inside status.

Recommendations

It is hard with existing experience to give any clear recommendations of routines for inspections. Every plant owner should nevertheless work out some kind of strategy for how and how often the tank ought to be inspected. A new accumulator might be inspected after 5-6 years with an underwater robot and then the result will guide the time for coming inspections. It should be pointed out that *it is hard to foresee the rate of corrosion, which also can vary with time*. The precautionary principle should prevail.

During construction the accumulators should be designed in a way that makes inspections with an underwater robot easier. Existing tanks should also be modified of the same reasons, for example by installation of a special manhole cover with free access to the bottom. Measures can be done in connection with a shutdown of the accumulator. It is also important to have an inspection floor inside the accumulator.

Finally, it should be observed that even though inspections have not shown any serious corrosion problems on the non-pressurised accumulators it is worth being on once guard. Most of the accumulators in the study are not more than ten years old and the corrosion might not have started yet.

Keywords: accumulator, inspection, status estimation, corrosion, steam cushion, underwater robot

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	5.
1.1	Bakgrund	5
1.2	Målsättning	5
2	GENOMFÖRANDE	7.
2.1	Metodik	7
3	BESKRIVNING AV PROBLEMOMRÅDEN.....	8
3.1	Vattenkvalitet	8
3.2	Problem med att hålla ångkudde i cistern toppen	8
3.3	Sprickbildning i mantelns rundskarvar pga termisk utmattnings	9
3.4	Korrosion på manteln där vattenytan rör sig (vattenlinjen)	9
3.5	Spaltkorrosion mellan plåt och svets skarv	9
3.6	Korrosion p g a sediment på tankbotten	9
3.7	Punktkorrosion pga dåligt rotstöd vid svetsning av bottenplåtar	10
3.8	Punktfrätning och sprickbildning på kompensatorer i tank	10
4	TEKNIKER FÖR STATUSBEDÖMNING.....	11
4.1	Okulär besiktning	11
4.1.1	Okulär besiktning av upphängningar och mantel vid vattenlinjen	11
4.1.2	Okulär besiktning av tanken i sin helhet	11
4.2	Besiktning med hjälp av robot	11
4.2.1	Videofilmning med robot	11
4.2.2	Rengöring av botten sediment med robot	12
4.2.3	Ultraljudsmätning av mantel- och bottenplåt med robot	12
4.3	Besiktning med hjälp av dykare	12
4.3.1	Videofilmning med dykare	12
4.3.2	Ultraljudsmätning med dykare	12
4.4	Utvändig ultraljudsmätning av mantelns godstjocklek	13
5	BESKRIVNING AV SVENSKA ANLÄGGNINGAR.....	14
5.1	Anläggningar som ingår i studien	14
5.2	Allmänna data	14
5.3	Driftförutsättningar	15
6	ERFARENHETER FRÅN SVENSKA ANLÄGGNINGAR.....	17
6.1	Utförda och planerade besiktningar	17
6.2	Drifterfarenheter och problem	17
6.2.1	Driftproblem	17
6.2.2	Korrosionsproblem	17
6.2.3	Problem med sprickbildningar i svetsar m m	17
6.2.4	Inträffade läckage	18
7	ERFARENHETER FRÅN DANMARK	19
7.1	Besiktning av trycksatt ackumulator på Avedörevirket	19
7.2	Övriga erfarenheter	19
8	MYNDIGHETSKRAV.....	20
8.1	Konstruktionskontroll	20
8.2	Tillverkningskontroll	20
8.3	Besiktning	20

9	UTVÄRDERING AV OLIKA TEKNIKER FÖR STATUSBEDÖMNING...	21
9.1	Okulär besiktning	21
9.2	Besiktning med hjälp av robot	21
9.3	Besiktning med hjälp av dykare	22
9.4	Utvändig ultraljudsmätning av mantelns godstjocklek	22
10	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	24
10.1	Nuvarande status på ackumulatorbeståndet	24
10.2	Förslag till rutiner och teknik för statusbedömning	24
10.3	Förslag till åtgärder i samband med nybyggnation	24
11	REFERENSER	26

BILAGOR

- Bilaga 1: Undervattensrobot Phantom 300
- Bilaga 2: Enkät svar erfarenheter av trycklösa hetvattenackumulatorer
- Bilaga 3: Enkät svar åtgärder av fel

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I Sverige finns idag 71 hetvattenackumulatorer anslutna till olika fjärrvärmenät och av dessa är 39 st. trycklösa och 32 st. trycksatta. Nyttan med ackumulatorer i fjärrvärmenät (framför allt i kraftvärmesystem) är odiskutabel och en ökad användning förväntas ske. Flera ackumulatorer är dessutom under byggnation.

Enligt tryckkärtsföreskrifterna, AFS 1994:39 behöver trycklösa ackumulatorer (till skillnad från trycksatta) inte genomgå återkommande besiktningar och kontroller i form av driftprov eller in- och utvändigt undersökning. Enligt 7 kap. skall fortlöpande tillsyn ske så att säkerheten är betryggande vid användning. Definitionen för trycklöst kärl ("öppet kärl") är enligt AFS 1994:39, "behållare för vätska där trycket ovanför vätskan inte kan överstiga atmosfärstrycket med mer än 0,03 bar (3 kPa) eller underskrida det med mer än 0,0065 bar (0,65 kPa)". Då det är förenat med stora kostnader att tömma ned en hetvattenackumulator, har inre besiktningar tidigare ej utförts på trycklösa ackumulatorer annat än om speciella skäl förelegat såsom läckage e t c.

Mark & Marin AB i Askersund utförde 1990 ett "pilotprojekt" som gick ut på att med hjälp av sensorer och fjärrstyrd teknik inspektera och kontrollera vattenreservoarer under drift, samt att kvantifiera eventuella sedimentlager. Detta väckte ett intresse hos Jan Stider på Stockholm Energi som tog upp frågan med fjärrvärmeföretagen. Detta ledde till att man 1992 genomförde ett Värmeforskprojekt där en robot, "Sjöugglan", utvecklades och testades med syfte att kunna användas för inre besiktningar av ackumulatortankar. Projektet finansierades av Värmeforsk, FVF, Mark & Marin AB samt sju fjärrvärmeföretag, vilka också deltog i utvecklingsarbetet. Tre anläggningar ingick i testet (Katrineholm, Norrköping och Stockholm/Värtan) och videoupptagningar finns från dessa. Redovisning av projektet skedde vid FVFs Tekniska Möte i Sollentuna 1992. Roboten hade i början en del tekniska problem (se 9.2) och har hittills ej fått någon stor användning. Tekniken har dock utvecklats kontinuerligt. Metoden är intressant eftersom den eventuellt skulle kunna ersätta (eller komplettera) konventionella besiktningsmetoder även för trycksatta ackumulatorer. Ett annat intressant användningsområde är inspektion av ackumulatorer för fjärrkyla vilken är en bransch som expanderar snabbt.

Flera medlemmar har visat intresse för besiktning och statusbestämning av sina ackumulatorer. I Danmark har "Sjöugglan" använts vid en besiktning på Avedøreverket och flera andra fjärrvärmeföretag har också visat intresse för den nya tekniken.

1.2 Målsättning

Målet är att redovisa behovet av insatser för att undvika ett underhållsberg och framtida haverier. Ett riskområde är korrosion på manteln vid och ovanför vattenlinjen samt infästning för övre fördelningsanordning, som kan uppstå om ångkudden på toppen ej fungerar tillfredsställande. Ett annat är slambildning i botten som kan vara en grogrund för korrosion. Termiska krafter kan orsaka sprickbildningar i mantelns rundskarvar. En ytterligare målsättning med rapporten är att redovisa olika tekniker för att utföra inre besiktningar.

Resultatet förväntas leda till en förbättrad kunskap om behov av insatser samt möjligheter att genomföra inre besiktningar. Detta kan i sin tur öka livslängden, minska driftstörningar samt reducera driftkostnader.

Eftersom trycklösa ackumulatorer är eftersatta när det gäller kontroll av inre status (korrosion, sprickbildningar e t c) koncentreras rapporten kring dessa.

2 GENOMFÖRANDE

Uppdragsgivare för projektet är Fjärrvärmeföreningen (FVF) som tillsatt en referensgrupp bestående av Anders Tvärne (FVF) och Mikael Gustafsson (FVF) samt Mikael Strandberg (Bollnäs Värmeverk) och Mats Lindberg (Hallstahammar Energi AB).

Uppdraget har utförts av FVB Fjärrvärmebyrån ab genom Leif Breitholtz och Mats Lindberg.

2.1 Metodik

Projektet inleddes med att kartlägga kända problem för att så bra som möjligt kunna utforma en enkät. Enkäten skickades sedan ut till alla anläggningsägare med hetvattenackumulatorer. Syftet var att kunna identifiera problemområden, inventera underhållsbehov samt behov av besiktningar. Förutom detta ingick kartläggning av utförda besiktningar. Huvudpunkter i enkäten var följande:

- * Data på ackumulator
- * Underlag för dimensionering.
- * Hur ackumulatören används (periodicitet på laddning/urladdning etc.)
- * Material (kvalitet).
- * Vattenkvalitet samt eventuell dosering
- * Normala arbetstemperaturer.
- * Typ av ångkudde och reglering av denna.
- * Vilka typer av besiktningar som genomförts och i vilken omfattning.
- * Vilka problem man haft.

För att erhålla så detaljerad information som möjligt avseende invändiga besiktningar har intervjuer gjorts med vissa anläggningsägare såsom Katrineholm, Stockholm/Värtan, Linköping, Helsingborg (författaren deltog vid besiktning med "Sjöugglan") samt Västerås (inspektion av kylackumulator).

Information har inhämtats från adekvat litteratur samt via intervjuer med diverse expertis inom bl a korrosionsteknik, dykteknik samt SA (tillverkningskontroll och besiktningar).

3 BESKRIVNING AV PROBLEMMOMRÅDEN

3.1 Vattenkvalitet

När det gäller att begränsa korrosionen både i ackumulatören samt övriga fjärrvärmenätet är det viktigt att hålla en så god vattenkvalitet som möjligt. I kraftvärmesammanhang spädmas ofta fjärrvärmenätet med totalavsaltat och avgasat vatten. Hög salthalt är negativ ur korrosionssynpunkt. Avgasningen sker i första hand termiskt och eventuellt doseras kemikalier till vattnet för att reducera restsyret. Syrereducering är dessutom verksamt vid eventuella inläckage av syre, antingen via t ex ackumulator eller inläckt stadsvatten från trasiga värmeväxlare. Viktigt ur korrosionssynpunkt är att pH-värdet inte är för lågt och behöver i vissa fall höjas, också med hjälp av kemikalier. Till vissa nät tillsätts så kallade korrosionsinhibitorer som har till uppgift att minska korrosionshastigheten genom att en skyddsfilm byggs upp på metallytan. Om man har problem med avlagringar kan dispergeringsmedel användas för att lösa upp dessa. De kemiska tillsatsmedlen tjänar ofta flera syften.

Magnetitslam och andra partiklar förekommer alltid i mindre eller större omfattning i fjärrvärmenät och därför används vanligen någon form av delströmsfiltrering.

Förutsättningarna varierar mycket mellan olika fjärrvärmenät. Som god vägledning när det gäller att sköta sin vattenkemi finns FVFs kemihandbok (**KEMI FÖR FJÄRRVÄRMESYSTEM**).

3.2 Problem med att hålla ångkudde i cisterntoppen

Det normala sättet att hålla utrymmet i toppen syrefritt samt undvika syresättning av vattnet, är att kontinuerligt upprätthålla en ångkudde med svagt övertryck ovanför vattenytan. Reglering av trycket sker via temperatur, tryck eller en kombination av bägge. För att förhindra att cisternen står i öppen förbindelse med omgivningen används traditionellt ett vattenlås, vilket samtidigt säkerställer att över- respektive undertryck hålls inom normenliga gränser. Det har visat sig att regleringen av trycket ibland inte fungerar som avsett. Under vissa perioder har ett undertryck uppstått varvid luft strömmat in i ackumulatören genom vattenlåset.

Ångan kondenserar p g a avkylning mot väggar och tak samt framför allt mot vattenytan vilket medför att ånga ständigt förbrukas. Störst förbrukning sker när ackumulatören laddas ur och nivån sjunker. Om skiktningen dessutom störs i de övre lagren blir kondenseringen och därmed ångförbrukningen ändå större. Om ångkudden faller ihop sugas omedelbart luft in i toppen. Det är därför viktigt att ångkapaciteten är tillräckligt stor. Detta är ofta ett problem då separat ånggenerering i form av t ex en elångpanna används. Det är även svårt att övervaka ångkuddens funktion.

Syreinläckage leder till att allmän korrosion och blåsbildningar uppstår i utrymmet ovan vattenytan. Infästningar för fördelningsanordning och inre gångplan är utsatta objekt. Syret kommer också att diffundera ner i vattenlagren.

Oavsett hur vattnet/ångan till kudden genereras är det viktigt att även detta medium håller hög kvalitet ur korrosionssynpunkt.

Ett alternativ till ångkudden som studerats på flera håll är att använda en kvävgaskudde. En sådan kan vara enklare att upprätthålla och övervaka. Det ekonomiska

utfallet beror dels på vilken teknisk lösning som väljs för kvävgassystemet och dels på vilka kostnader man har för sitt ångsystem.

3.3 Sprickbildning i mantelns rundskarvar pga termisk utmattning

Språngskiktets (d v s den ganska skarpa gränsen mellan kallt och varmt vatten) vertikala rörelser orsakar stora påkänningar på mantelns rundskarvar vilket kan resultera i sprickbildningar. Sprickbildningarna får ett snabbare förlopp om det förekommer defekter i svetsfogarna från tillverkningen. Problemet kan också förstärkas av eventuell spänningskorrosion.

3.4 Korrosion på manteln där vattenytan rör sig (vattenlinjen)

Syre som befinner sig i ångfas ovanför vattenytan diffunderar in i vattenfasen. Förloppet förstärks om rörelserna i tanken är kraftiga. Den stora syresättning som sker av vattnet under ytan ger upphov till så kallad vattenlinjekorrosion. Denna lokala korrosion kan vara mycket kraftig och orsaka frätgropar. Lokal korrosion uppstår genom att korrosionsceller med urskiljbara anod- och katodytor uppstår.

Då vattenytan rör sig ganska mycket upp och ner beroende på att medeltemperaturen (densiteten) varierar i tanken, kommer korrosionen att fördelas över en ganska stor yta vilket mildrar korrosionstakten något.

Ju längre ner i tanken man kommer ju mindre drivkraft får korrosionen eftersom syrehalten är låg samtidigt som de lokala variationerna är små.

3.5 Spaltkorrosion mellan plåt och svetsskarv

Korrosion som har samband med en smal spalt och som sker i eller invid denna kallas spaltkorrosion. Detta kan uppstå mellan plåt och svetsskarv. Då vattnet i dessa spalter blir stillastående kan förhållandena lokalt ändras så att en korrosivare miljö här uppstår jämfört med utanför.

3.6 Korrosion p g a sediment på tankbotten

Stora mängder sediment som främst består av magnetit och andra korrosionsprodukter, samlas med tiden i ackumulatorns botten. En del av magnetiteten uppstår p g a korrosion i tanken och resten kommer ifrån övriga fjärrvärmenätet och fälls ut beroende på det nästan stillastående vattnet.

Korrosionsceller kan bildas och orsaka s k avlagringskorrosion. Denna typ av korrosion orsakas av att vatten hålls kvar i och under avlagringen. Korrosiva förhållanden kan uppstå på liknande sätt som vid spaltkorrosion. Skillnader i metalljon-koncentrationer kan orsaka korrosion utan att det finns syre närvarande.

Teoretiskt sett skulle korrosion kunna uppträda p g a luftningsceller (lokala skillnader i syrekoncentrationer), Det som talar emot detta är att syrehalterna normalt är försumbara vid botten och därmed blir drivkraften liten för korrosionen.

En annan korrosionsmöjlighet som måste beaktas är sådan orsakad av bakterier, s k mikrobiell korrosion. Vissa sulfatreducerande bakterier kan orsaka korrosion även under anaeroba (mycket syrefattiga) förhållanden genom att katalysera reduktion av SO_4^{2-} - joner till S^{2-} . Korrosionsprodukterna kommer sedan att innehålla FeS, vilket är ett kännetecken för denna typ av korrosion. Närvaron av FeS kan enkelt påvisas

genom lukten av svavelväte (H_2S), då ett par droppar stark syra tillförs. Många mikroorganismer fordrar för sin fortplantning följande betingelser:

- ett pH-värde av 4-8
- närvaro av sulfid eller sulfat
- en temperatur lägre än 40 - 50°C
- en syrefri miljö

De anläggningar som doserar vattnet med sulfid har stor anledning att se upp med ovanstående problematik.

Som tidigare nämnts kan flera typer av mikroorganismer frodas under de betingelser som råder i tanken. Då organismerna har en förmåga att "ställa om" förhållandena t ex sänka pH-värdet, bör man oavsett vilka kemikalier som används, beakta risken för mikrobiell korrosion.

3.7 Punktkorrosion pga dåligt rotstöd vid svetsning av bottenplåtar

Punktkorrosion och eventuell spaltkorrosion kan bildas om rotstödet för bottenplåtar är dåligt eller ofullständigt svetsat. Om ett hål uppstår i botten (vid tillverkning eller senare) kan dessutom erosion uppträda i kombination med korrosion så att hålet blir större och större.

3.8 Punktfrätning och sprickbildning på kompensatorer i tank

Skador på kompensatorer kan uppstå och är beroende av konstruktion och material. Om kompensatorn är av rostfritt material måste den avskiljas elektriskt från övriga delar (av annat material).

4 TEKNIKER FÖR STATUSBEDÖMNING

4.1 Okulär besiktning

4.1.1 Okulär besiktning av upphängningar och mantel vid vattenlinjen

Att okulärt besiktiga överdelen i ackumulatorn låter sig väl göras efter viss nedkylning och sänkning av vattennivån. Någon form av evakueringsfläktar bör användas för att hålla undan vattenånga som bildas. M h t olycksrisker måste inre gångplan besiktigas före belastning.

4.1.2 Okulär besiktning av tanken i sin helhet

Vid en total okulär inspektion måste givetvis tanken tömmas. Om även bottenplåten skall inspekteras måste slammet tas bort (sedimentprov fås på köpet). I samband med en dylik besiktning kan plåttjocklekar kontrolleras med ultraljudsmätare och manuella mätningar av korrosionsdjup och sprickor är möjliga. Det är också bra att dokumentera statusen med videokamera.

4.2 Besiktning med hjälp av robot

Det praktiska utvecklingsarbetet med att använda en kabelstyrd frisimmande robot, försedd med TV-kamera, rengöringsutrustning och tjockleksmätare (ultraljud), är utfört av Mark & Marin AB. Metoden har kontinuerligt förbättrats och kan anses fullt användbar för inre besiktning av ackumulatortankar. Utrustningen kräver att vattentemperaturen ej överstiger 55°C men av praktiska skäl bör temperaturen begränsas till 45-50°C under proven. För att möjliggöra för personalen att vistas inne i ackumulatorn bör någon form av evakueringsfläktar användas för att minska mängden vattenånga.

Dokumentationen från besiktningen levereras i form av en rapport som inkluderar diverse stillbilder och dessutom medföljer en videofilm.

Utrustningens huvudkomponenter utgörs av:

- A: Kabelstyrd propellerdriven undervattensrobot, se bilaga 1.
Roboten medför fast belysning och högupplösande TV-kamera (färg).
Som extrautrustning kan roboten medföra (i olika kombinationer) tumstock för sedimentmätning, högtrycksmunstycke och vattenslang för rengöring av mantelplåten från rostbeläggningar, sugmunstycke och vattenslang för rengöring av bottenplåten från sediment.
- B: Separat ultraljudsutrustning för tjockleksmätning av bottenplåten. Utrustningen består av belysning, kamera samt vattentät ultraljudsmätare monterat på stativ.
- C: Sonar (undervattensradar)

4.2.1 Videofilmning med robot

Kameratekniken har successivt förbättrats och bildupplösningen är idag mycket god. Rengöring av manteln med hjälp av högtrycksspolning gör att ytan kan filmas och dokumenteras på ett bra sätt. För vertikal orientering används ett dubbelsidigt, centimeterindelad måttband fäst i manteln ovanför vattenytan och mot botten med lod. Vid undersökning av bottenplåten används en speciell slamsugningsutrustning, som suger upp slam via ett munstycke framför roboten och sedan kastar det bakom densamma. Möjlighet finns också att via slang transportera upp slammet ut ur

ackumulatören. En ny metod har dessutom tagits fram där sedimentprov kan tas upp med en specialkonstruerad skopa.

4.2.2 Rengöring av botten sediment med robot

Om man skulle finna det lämpligt att rengöra hela botten från sediment (med hänsyn till korrosionsrisk) skulle man behöva använda ett kraftigare aggregat för detta. Sådan utrustning finns idag för rengöring av bassänger och vattenreservoarer. Enligt Mark & Marin skulle denna utrustning kunna användas för slamsugning av ackumulatörer men först efter modifiering till de högre tryck som här blir aktuella. Ett problem är att aggregatet har ett mått på knappt 60*60 cm och inte går ner i en manlucka med diametern $\phi = 60$ cm. För en cirkulär manlucka skulle diametern behöva vara c:a 85 cm. För att kunna få ner utrustningen i tanken måste det dessutom vara fri passage rakt under manluckan ner till botten.

4.2.3 Ultraljudsmätning av mantel- och bottenplåt med robot

Vid ultraljudsmätning under vatten fungerar vattnet väl som kontaktmedel mellan sökare och plåt. Acceptabel tjocklek på kvarvarande rostbeläggning är inte känd men under förutsättning av korrekt vinkel (90°) mellan sökare och plåt, samt rensugen plåt, kan normalt goda mätvärden erhållas. En specialkonstruerad ställning med möjlighet att sänka ner givaren skall tillse att god kontakt erhålls mot bottenplåten. För att kunna kontrollera mätarens funktion sänks en referensplåt ner till botten. Tidigare försökte man att mäta även mantelplåten med ultraljud, men detta lyckades sällan eftersom det är svårt att få tillräckligt bra kontakt. Det är bättre att försöka mäta plåttjockleken från utsidan med ultraljud där man sett en skada på insidan.

4.3 Besiktning med hjälp av dykare

Erfarenheter från att använda dykare för att inspektera hetvattenackumulatörer är fåtaliga. Det är fullt möjligt att genomföra om förutsättningarna är "uthärdliga" och i detta fall innebär det att temperaturen ej bör överstiga 25°C . När temperaturen överstiger 20°C innebär varje grads ökning att belastningen på dykaren ökar. Om dykaren använder en speciell värmedräkt med inbyggt kylsystem kan temperaturen uppgå till c:a 40°C . I detta fall måste det utredas om kylvattnet kan släppas ut direkt i tanken eller måste återföras utanför (kostnadsfråga). Vattnet måste hur som helst svalna från aktuell returtemperatur i ackumulatören, ner till för dykaren acceptabel temperatur.

Ett problem med att använda dykare vid de stora djup det här är frågan om är att anse enlig mängder syre frigörs vid utandningen (c:a 20% syrehalt vilket ger syreutsläpp på 30-40 liter/min). Teknik finns idag inte utvecklad för att transportera bort syret (ut ur tanken). Enligt Dykeriteknik AB i Göteborg kan sådan teknik utvecklas. Kostnaden för detta beräknas uppgå till 1 - 1,5 MSEK.

4.3.1 Videofilmning med dykare

Om dykare skall kunna filma botten så krävs att slammet kan tas bort på något sätt. Detta skulle kunna ske med liknande utrustning som Mark & Marin använder. Sedimentprov erhålls på köpet.

4.3.2 Ultraljudsmätning med dykare

Förutsatt att ovanstående problem var lösta skulle ultraljudsmätning vara enkel för en dykare att genomföra, både av botten och manteln.

4.4 Utvändig ultraljudsmätning av mantelns godstjocklek

Då förutsättningar finns att göra utvändig tjockleksmätning av mantelplåten är detta att föredra framför invändig.

5 BESKRIVNING AV SVENSKA ANLÄGGNINGAR

5.1 Anläggningar som ingår i studien

Enkäten skickades ut till alla som har hetvattenackumulatorer. De som har trycklös ackumulator ombads att göra en komplett ifyllnad av enkäten. Av 39 möjliga erhöles svar från 25. Dessa framgår av bilaga 2.

5.2 Allmänna data

Storleken på de studerade ackumulatorerna varierar allt mellan 1000 och 40000 m³. Storleksfördelningen framgår av fig 1 nedan. Ackumulatorernas volym är givetvis anpassade till fjärrvärmenätens storlek och flertalet är mindre än 10000 m³. Ju större ackumulatör är ju dyrare blir det att tömma ner den för eventuell reparation eller inspektion.

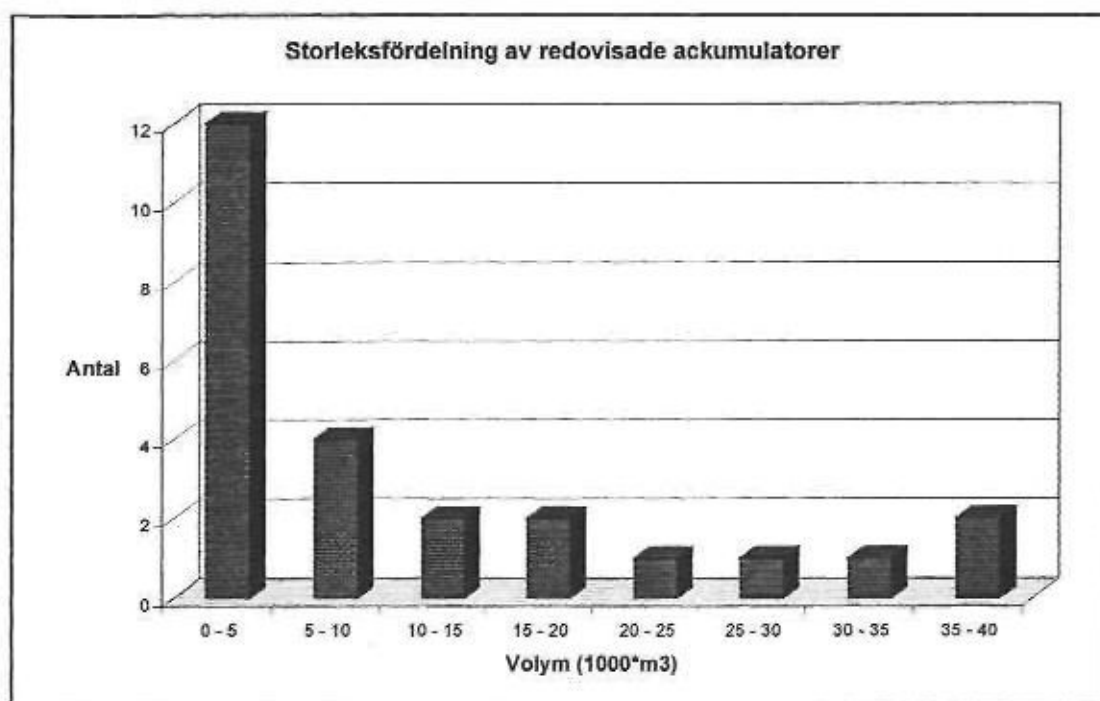


fig 1

Det kan konstateras att ackumulatorernas ålder varierar mellan 0 och 24 år. Som framgår av fig 2 är de flesta relativt nybyggda och detta har naturligtvis betydelse när man bedömer tankarnas status.

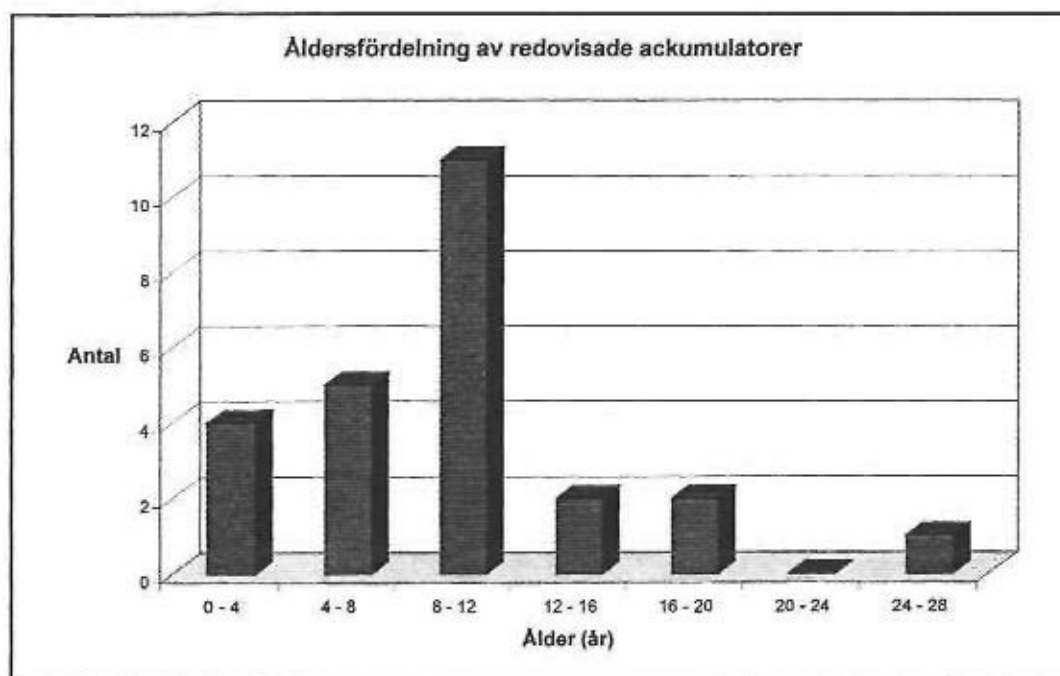


fig 2

I figur 3 görs ett försök att hitta en koppling mellan ålder och storlek. Något entydigt samband går ej att finna. Dock kan konstateras att många av de största ackumulatorerna är 10 år gamla eller äldre.

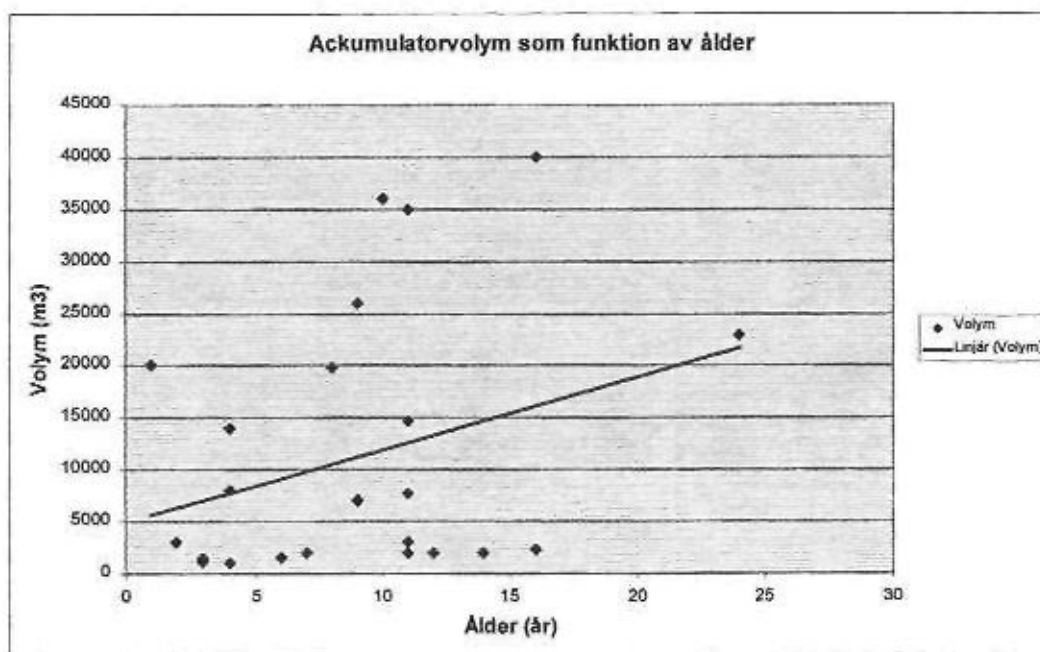


fig 3

5.3 Driftförutsättningar

Då det handlar om atmosfäriska ackumulatorer är det självklart att den maximala laddningstemperaturen blir strax under 100°C. Nätens returtemperatur varierar över året och ett typiskt intervall är mellan 45 och 60°C. För vissa nät kan temperaturen gå ner till 35°C och för några nät kan temperaturen nå upp till 70°C. Periodiciteten för laddning och urladdning varierar givetvis från anläggning till anläggning och med

rådande förutsättningar. När ackumulatören används för att optimera elproduktionen i ett kraftvärmesystem nyttjas den ofta minst 1 gång/dygn för laddning resp. urladdning. Omsättningshastigheten beror däremot på flera faktorer som aktuellt värmeunderlag, storlek på ackumulatören, maximal laddnings- och urladdningseffekt, storlek på produktionsenheten m m.

När det gäller vattenkvaliteten och dess förutsättningar så varierar detta mycket mellan de olika anläggningarna.

Ett fåtal anläggningar (5st) har installerat permanenta syrehaltsmätare vid spädmatningen och de övriga tar ut vattenprover med jämna intervall. Här skall understrykas att syrehalten på spädvattnet inte alltid överensstämmer med förhållandena inne i ackumulatören.

Vissa anläggningar har installerat kuponger i rörsystemet för att kunna bestämma korrosionshastigheten. Två anläggningar har installerat speciella korrosionssonder som via en elektrisk krets registrerar eventuell korrosion.

6 ERFARENHETER FRÅN SVENSKA ANLÄGGNINGAR

6.1 Utförda och planerade besiktningar

Som framgår av enkätsvaren är det få som har utfört besiktningar av sina trycklösa ackumulatörer efter idrifttagning. Endast för 2 anläggningar (Uppsala och Linköping) har en inre okulär besiktning ägt rum med tömd ackumulator och detta framtvingades i bägge fallen av att läckage hade uppstått. Fem svenska (atmosfäriska) hetvattenackumulatörer har besiktigats med undervattensrobot; Katrineholm, Norrköping, Stockholm/Värtan, Linköping och Helsingborg. Dessutom har fjärrkyleackumulatören i Västerås undersökts med undervattensrobot.

Avseende planerade besiktningar är det bara Norrköping som uppger att man tänker utföra en invändig besiktning med "Sjöugglan" under nästa år. Detta skulle då bli en uppföljning av den första besiktningen som gjordes 1992.

6.2 Drifterfarenheter och problem

6.2.1 Driftproblem

Drygt hälften av anläggningarna har eller har haft problem med att hålla ångkudden intakt. En mängd olika problem rapporteras som påverkar ångkuddens funktion:

- Problem med regleringen av ångtrycket
- För dålig kapacitet på ånggeneratoren
- Haverier på elvärmare beroende på korrosion
- Läckage på t ex manlucka
- Problem med dysor

6.2.2 Korrosionsproblem

Flera anläggningar har konstaterat korrosion vid vattenlinjen och i "ångrummet" ovanför vattenytan inklusive upphängningar, fördelningsanordningar, gångplan m m. I några fall är korrosionen kraftig och i andra fall är korrosionsangreppen lindriga.

För de flesta anläggningar som besiktigats med "Sjöugglan" är trenden ganska entydig, nämligen att korrosionsgraden avtar ju längre ner i tanken man kommer. Bottenplåten har i de flesta fall varit intakt eller lindrigt angripen av korrosion. Tanken i Uppsala som efter 14 års drift fick tömmas p g a läckage (se 6.2.4) besiktigades invändigt och det kunde konstateras att korrosionsangreppen på bottenplåten var ringa.

SA har vid inspektioner av liknande konstruktioner t ex oljecisterner, konstaterat att utvändiga skador ofta uppträder där mantelplåten är svetsad mot bottenplåten. Skadorna kan bero på både korrosion och mekaniska påfrestningar. I några fall har även korrosion påträffats på bottenplåtens undersida på oljecisterner.

Alla i studien förekommande ackumulatörer är obehandlade invändigt.

6.2.3 Problem med sprickbildningar i svetsar m m

Inga anläggningar rapporterar om några problem avseende sprickor i svetsar vare sig på manteln eller på bottenplåten. De anläggningar som inte utfört någon inre besiktning

har naturligtvis ingen aning om hur svetsarna ser ut i tanken. SA anger att de vanligaste anmärkningarna vid besiktning av trycksatta ackumulatorer är sprickbildningar i mantelns rundskarvar. Dessa har troligen uppstått p g a termisk utmattning förorsakad av språngskiktets vertikala rörelser. Enligt SA kan också skadorna härröra från brister i materialkvalitet och detta gäller framför allt mikrolegerade stål (i en del fall kan material som benämns 21-stål egentligen vara mikrolegerat). I vissa fall kan svetsarna vara felaktiga och det är därför viktigt att man har en god svetskontroll vid tillverkningen

6.2.4 Inträffade läckage

I två fall rapporteras läckage ha inträffat under drift. 1992 upptäcktes läckage från ackumulatorn i Uppsala och detta var i samband med att man hade färgat fjärrvärmenätet grönt med Pyranin, för att spåra läckor på fjärrvärmenätet. Ackumulatorn hade då varit i drift i 14 år. Anledningen till läckaget visade sig vara ofullständigt svetsade rotstöd för bottenplåtarna. Vid vissa tvärskarvar hade mellanrum på 3-5 mm uppstått mellan tvärgående och längsgående rotstöd (plattstänger). Svetsningen av bottenplåtarna blev undermålig över dessa spalter men detta upptäcktes inte vid vakuumtestet. Svetsarna underminerades förmodligen av punkt- eller spaltkorrosion vilket ledde till att det till slut gick hål i fogen. Erosion skyndade sedan på förloppet så att hålen blev större och större. Om denna händelse informerades på FVFs Tekniska Möte 1992.

I Linköping upptäcktes läckage strax efter idrifttagningen av ackumulatorn 1989. Man tvingades tömma cisternen för inspektion och reparation. Den bakomliggande orsaken till läckaget var även i detta fall ofullständigt svetsade rotstöd under bottenplåtarna. De i sin tur bristfälliga svetsarna på bottenplåtarna brast sedan en kort tid efter fyllning av ackumulatorn. Man misstänker att bristningarna påskyndades av byggnadsställningar som belastade bottenplåtarna under byggnationen.

7 ERFARENHETER FRÅN DANMARK

7.1 Besiktning av trycksatt ackumulator på Avedöreverket

Några besiktningar av trycklösa ackumulatorer har ej rapporterats från Danmark. Däremot har Mark & Marin utfört besiktning av en trycksatt ackumulator på Avedöreverket i Köpenhamn. Inspektionen utfördes i september 1996 och omfattade preciserade delar på mantel- och bottenplåtar, svetsfogar samt rör, stag och armaturer. Inspektionen gick enligt planerna och gav en bra bild av den invändiga statusen. Viss korrosion påträffades i de övre delarna av tanken men under det ganska tjocka sedimentlagret på botten, var korrosionen nästan obefintlig. En analys av sedimentet (ej fullständig) visade att innehållet mest bestod av magnetit.

7.2 Övriga erfarenheter

Problemet med ångkuddens funktion och dess inverkan på korrosion avseende trycklösa ackumulatorer, har uppmärksamats via flera artiklar i Danmark.

När det gäller invändig besiktning av trycksatta ackumulatorer, undersöks nu om man kan få tillstånd att låta undersökning med undervattensrobot, ingå som en del av den revisionskontroll som krävs av myndigheterna.

8 MYNDIGHETSKRAV

En s k öppen cistern för fjärrvärmevatten med en temperatur av högst 98°C och en volym av minst 50 m³ hamnar enligt AFS 1994:39 Tryckkärl i objektgrupp 4. Det innebär att ackrediterat kontrollorgan skall utföra såväl konstruktionskontroll som tillverkningskontroll.

8.1 Konstruktionskontroll

Entreprenören som uppför cisternen svarar vanligtvis för att konstruktionsritningar sänds till ackrediterat kontrollorgan för granskning och stämpel för godkännande. För konstruktionen kan man ta hjälp av Cisternanvisningar 1 (1992), som använder delar av AFS 1994:39 Tryckkärl och Tryckkärlsnormen 1987. En ny utgåva av Cisternanvisningar är för övrigt ute på remiss.

8.2 Tillverkningskontroll

Akkumulatortankar konstrueras vanligtvis med svets(styrke)faktor 0,8, vilket enligt SS 06 41 01 innebär röntgen av 10 % av ifrågavarande svets, inklusive korspunkter med andra svetsar jämte provning av 400 mm svetslängd på godtyckligt valt ställe på en längs- eller rundsvets (per svep).

Väljer man svetsfaktor 0,7 krävs ej någon röntgen alls, väljer man 0,9 innebär det 100 % röntgen.

Svetsen mellan bottenplåtarna kontrolleras med hjälp av s k vakuumlåda.

Svetsen mellan botten och mantel kan kontrolleras med hjälp av magnetpulverprovning, penetrant för sprickindikering, ultraljudsprovning eller med specialkonstruerad vakuumlåda.

Ackrediterat kontrollorgan kontrollerar även att själva svetsarbetet utförs på ett normenligt sätt.

Före isolering skall cisternen täthetsprovas genom uppfyllning för att upptäcka eventuella läckor som inte upptäckts vid fortlöpande kontroll.

8.3 Besiktning

Installationsbesiktning behöver ej utföras av ackrediterat kontrollorgan, utan kan även utföras av enskild kompetent person som anläggningsägaren utser.

Återkommande besiktning behöver ej utföras av ackrediterat kontrollorgan. Dock föreskriver man i Cisternanvisningar 1 att en fortlöpande tillsyn utförs av brukaren av anläggningen. I denna specificeras dock inte tidsintervallet och man har inte tagit med något krav på invändig inspektion.

Ackrediterat kontrollorgan kan hjälpa till med att lägga upp program för fortlöpande tillsyn.

9 UTVÄRDERING AV OLIKA TEKNIKER FÖR STATUSBEDÖMNING

9.1 Okulär besiktning

Att okulärt besiktiga "ångrummet" på ackumulatorn samt manteln vid och strax under vattenlinjen under drift, är ett enkelt och bra sätt att kontrollera korrosionen där den ofta är som kraftigast. Man får också indikationer på hur ångkudden fungerar och viss vägledning om hur mycket korrosion som kan äga rum längre ned i tanken.

Att tömma tanken för att okulärt besiktiga hela kärlet invändigt, är givetvis det säkraste sättet att få en heltäckande bild av ackumulatorns inre status med avseende på korrosion och sprickbildningar. Att tömma tanken är dock alltid förenat med stora kostnader. Dessa ackumulatörer är ofta av ansevärd volym och värdet för det "preparerade" vattnet inklusive energiinnehållet är stort. Därtill kommer problemet med var man skall tömma vattnet samt hur man snabbt skall kunna fylla tanken igen, utan att orsaka för lång avställningstid vilket kan medföra ansevärda förluster i form av ökade energiproduktionskostnader.

Om det är möjligt bör kälsvetsen på ackumulatorns "fot" (där manteln är svetsad i bottenplåten) inspekteras utifrån. Inspektionen underlättas om detta är förberett från början. Vid en sådan inspektion kan även eventuella läckage vid genomföringar i ackumulatorväggen upptäckas.

9.2 Besiktning med hjälp av robot

Denna teknik är mycket komplicerad och ställer stora krav på handhavandet. Risker finns alltid att roboten skall fastna i något stag eller dylikt och den avancerade tekniken kan mankera. För att underlätta orienteringen och undvika att roboten kolliderar med något eller fastnar, har man nyligen anskaffat en sonar (undervattensradar).

Tekniken var från början behäftad med en del tekniska och praktiska problem. Vid de första besiktningarna från Katrineholm, Norrköping och Stockholm/Värtan (1992), var resultaten blandade. Man hade bl a problem vid besiktning av bottenplåten p g a att sediment virvlade upp från botten och gav dålig sikt. Detta har dock förbättrats med hjälp av en slamsugningsutrustning som transporterar slammet bakom kameran. Normalt har man c:a 10 minuter på sig att filma botten innan sikten försämras (operationen måste då avbrytas tills slammet lagt sig).

Man har även haft olika tekniska problem med ultraljudsutrustningen. Denna har förbättrats men fortfarande är det svårt att mäta mantelpåstens tjocklek beroende på kontaktproblem mot plåten. Bottenplåten har gått bra att mäta vid de senaste besiktningarna utom i Helsingborg där endast ett fåtal mätpunkter gav relevanta resultat. I detta fall misstänker man att det fanns valshud kvar på plåten som störde mätningen.

Det var tidigare problem med att ta upp ett analyserbart sedimentprov men nu har en speciell skopa konstruerats för detta ändamål.

Tekniken har kontinuerligt förbättrats och resultaten från de senaste besiktningarna i Linköping (mars-96), Avedöre (nov-96) och Helsingborg (aug-97) är goda. Samtliga moment gick bra förutom att ultraljudsmätningen fallerade vid mätningen i Helsingborg.

Videoupptagningar från dessa besiktningar visar på en mycket hög bildupplösning (med viss förstoring), som ger en god visuell uppfattning om statusen i tankarna. Även om man normalt bara filmar vissa stråk från toppen till botten, bör detta ändå ge en representativ bild av kärlet.

Erfarenheterna visar att tekniken i dag är fullt användbar avseende inre besiktningar av trycklösa ackumulatorer. Metoden kan användas även för fjärrkyleackumulatorer såväl som trycksatta hetvattenackumulatorer (om manlucka finns i toppen). Om metoden kan komma att godkännas för att ersätta okulär (SA) besiktning av trycksatta tankar är i nuläget svårt att uttala sig om. SA har följt tekniken och säger sig vara positiva till att t ex använda undervattensrobot i kombination med utvändig inspektion. Detta utreds dock inte för närvarande inom SA och förmodligen krävs det att någon organisation (FVF?) initierar frågan. Utvecklingen i Danmark bör också studeras (se 7.2).

Det finns troligen ytterligare utvecklingspotential av tekniken men detta styrs av vilka kostnader som kan accepteras av anläggningsägarna samt vilka behov som finns.

9.3 Besiktning med hjälp av dykare

Som tidigare sagts, så är erfarenheterna ringa när det gäller att använda dykare för att besiktiga hetvattenackumulatorer. I Linköping gjordes ett försök 1990 med att använda dykare för att besiktiga tanken och det var varken billigt eller problemfritt. Temperaturen kunde med hjälp av återkylare sänkas till 25-30°C, men dykarna kunde bara undersöka tanken ned till 10-15 meter (djup = 46m). Resultatet från besiktningen blev därför inte helt lyckat. I Katrineholm nyttjades en dykare för att försöka plombera ett utjämningshål i en utgående ledning vid botten. Detta gjordes i samband med att en besiktning skulle utföras med "Sjöugglan" och tanken var nedkyld till strax under 40°C. Operationen var inte helt odramatisk och dykaren kunde inte vara nere längre än knappt 15 minuter åt gången. Påfrestningarna på dykaren blir mycket stora vid dessa temperaturer och djup. Här skall understrykas att vid en omfattande besiktning skulle ett flertal dykare behöva användas för att klara av uppdraget. Med hänsyn till de stora djup som är aktuella skulle en tryckkammare behövas i anslutning till ackumulatorns manlucka, vilket inte är helt enkelt att anordna.

Sammanfattningsvis kan sägas att frågan om användning av dykare för besiktning förmodligen inte är slutgiltigt utredd. Att använda dykare för ett begränsat reparationsuppdrag är fullt realistiskt men en omfattande besiktning innebär följande:

- Svårt att garantera personsäkerheten m h t de extrema förhållandena
- Stora kostnader bl a därför att flera dykare måste engageras
- Praktiskt svårgenomförbart (t ex anordning av tryckkammare)
- Tidsödande p g a ovanstående punkter

Samstämmiga synpunkter redovisades även från Avedöverket i Danmark då frågan om dykare utreddes inför en besiktning av en trycksatt tank 1996. Här testades istället "Sjöugglan", se 7.1 .

9.4 Utvändig ultraljudsmätning av mantelns godstjocklek

Då förutsättningar finns att göra utvändig tjockleksmätning av mantelplåten är detta att föredra framför invändig. Det är betydligt lättare att få god kontakt mellan givare och plåt i detta fall. Denna mätning utgör ofta ett bra komplement till invändig besiktning. Om skador lokaliseras på mantelns insida, är det en god idé att på motsvarande yta

mäta plåttjockleken från utsidan. För stickprovskontroller underlättar det om "provluckor" finns förberedda.

10 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

10.1 Nuvarande status på ackumulatorbeståndet

Det är svårt att utifrån enkätsvaren bedöma statusen på ackumulatorerna och det beror naturligtvis på att så få besiktningar är gjorda efter idrifttagning.

Studien visar tydliga samband mellan korrosionsproblem i de övre delarna av ackumulatören och bristfällig funktion av ångkudden. Många har haft problem med ångkudden men åtgärdat dessa. Sannolikt finns det flera anläggningar som fortfarande har problem med ångkuddens funktion. Ett alternativ till ångkudde skulle i vissa fall kunna vara ett system med kvävgaskudde.

Det är svårt att se andra kopplingar mellan olika typer av korrosion, materialkvalitéer och vattenkemi. Det kan också konstateras att de enda hittills kända fallen (2 st) av läckande ackumulatörer inte primärt berodde på korrosion utan på tillverkningsfel. Utförda besiktningar med undervattensrobot har förvisso påvisat korrosionsskador men inte av "alarmerande" grad. Många ackumulatörer har dock relativt få år på nacken (se 5.2, fig 2) och eventuella korrosionsangrepp kan ännu vara svåra att upptäcka. Om korrosionen väl börjar kan den fortgå även om låga syrehalter kan innehållas i vattnet. Det är då bara en fråga om tid innan problem uppkommer och åtgärder krävs.

Dosering av sulfat kan troligen orsaka mikrobiell korrosion (framför allt under sedimentet på bottenplåten) och detta bör beaktas av berörda anläggningar.

10.2 Förslag till rutiner och teknik för statusbedömning

Det finns flera sätt att kontrollera utsatta delar av ackumulatören. I vissa fall bör olika besiktningsmetoder kombineras, t ex invändig besiktning med undervattens teknik och utvändigt ultraljudsmätning av mantelplåten samt utvändigt okulärbesiktning av "fotringen". Att med undervattens teknik kartlägga statusen invändigt (med ett visst intervall), är ett bra sätt att undvika obehagliga överraskningar som kan innebära att tanken måste tömmas akut och därmed orsaka stora problem och kostnader. Om tanken någon gång måste tömmas för reparation är det bättre att det görs planerat.

Det är i nuläget omöjligt att föreskriva något exakt besiktningsintervall. En bra utgångspunkt skulle kunna vara att besiktiga en ny ackumulator invändigt efter 5-6 år med undervattens teknik och sedan planera in nästa besiktning baserat på resultatet från den första. Det bör dock understrykas att *det är mycket svårt att förutspå korrosionshastigheten som dessutom kan variera med tiden*. Därför bör "försiktighetsprincipen" råda. Vissa inspektioner kan vid behov göras tätare som t ex att okulärbesiktiga "ångrummet" och manteln kring vattenlinjen.

10.3 Förslag till åtgärder i samband med nybyggnation

Flera åtgärder skulle kunna vidtagas vid nybyggnation av ackumulatörer för att underlätta för olika typer av inspektioner. Om mantelplåtarna märks upp på både in- och utsidan kan man med undervattens kamera på ett bra sätt följa och dokumentera plåtarna samt göra uppföljningar vid återkommande besiktningar. Om skador påträffas på insidan kan man med uppmärksatta plåtar lätt hitta motsvarande yta på utsidan.

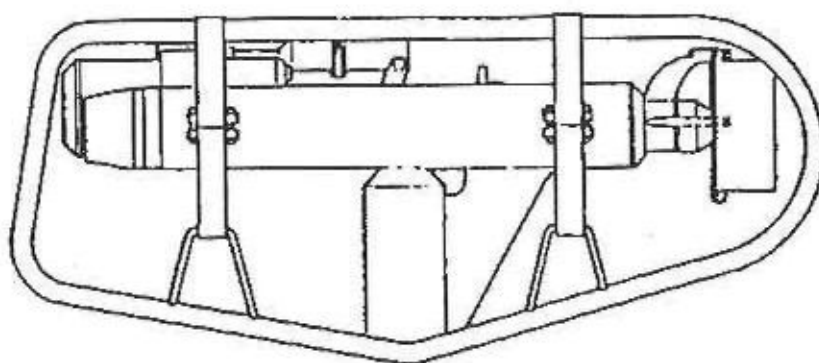
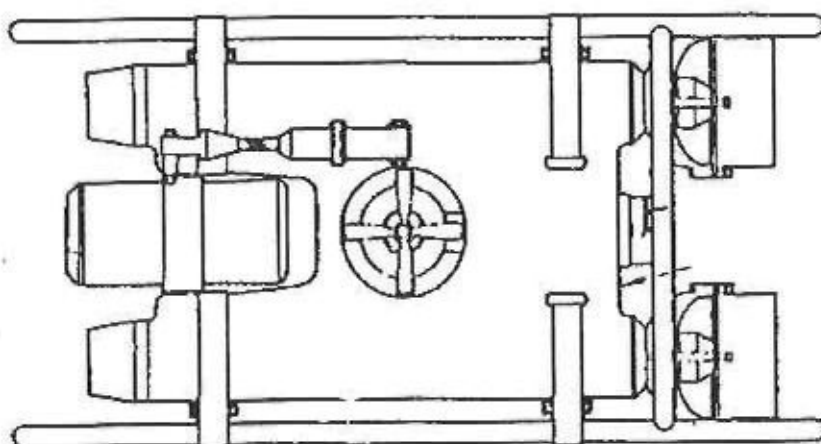
Det är viktigt att manluckor är utformade så att man lätt kan få ner en undervattensrobot. Med tanke på möjligheten att kunna använda slamsugningsutrustning (för rengöring av bottenplåten) borde manluckorna antingen vara fyrkantiga med måtten 60*60 cm, eller cirkulära med en diameter = 85 cm. Det är också viktigt att man kan skapa en fri passage från manluckan och rakt ned mot botten. En variant vore att man förutom de vanliga manluckorna med inbyggda inspektionsplan, ordnade en separat manlucka utan inspektionsplan, enbart till för besiktning och rengöring med undervattensrobot.

Det är en fördel om det finns inspektionsluckor i fasadplåten, så att man kan tjockleksmäta mantelplåten i vissa punkter. Man bör också ha möjlighet att kontrollera "fotringen" längst ner på manteln.

Självklart kan ovanstående åtgärder också utföras på en gammal ackumulator som man av någon anledning tvingats att tömma. En ny manlucka kan även installeras på en befintlig ackumulator utan att tömma den.

11 REFERENSER

1. Stider, Jan "Hetvattenackumulatorer – Inre undersökning" , Stockholm Energi, Värmeforskrapport H1-110
2. Hillborg, Jack "Ackumulatorproblem vid Uppsala Energi AB" , Föredrag FVF Tekniskt möte 1992
3. Brunqvist, Martin och Gräslund Jonas "Teknik- och kostnadsjämförelse avseende korrosionsskydd av stora solvärmeackumulatorer" , PO Andersson konstruktionsbyrå AB, BRF ansökan 1996-06-20
4. Hedbäck, Tore J "Värmelagring – Bakgrund samt tekniska lösningar" AB Tore J Hedbäck, Föredrag FVF Tekniskt möte 1980
5. Mattson, Einar "Elektrokemi och korrosionslära"
6. Bergström, Lars och Westas Håkan "Kemi för fjärrvärmesystem" FVF 1985
7. Mark & Marin AB , Besiktning med undervattensteknik
8. Korrosionsövervakning AB, Korrosionsfrågor
9. Korrosionsinstitutet, Korrosionsfrågor
10. SA , Stockholm, Tillverknings- och konstruktionskontroll samt besiktningar
11. ÄF – Kontroll, Gävle, Tillverknings- och konstruktionskontroll samt besiktningar
12. Dykeriteknik AB, Göteborg, Dykteknik



UNDERVATTENSFARKOST PHANTOM 300

Enkät svar erfarenheter trycklösa ackumulatorer

Företag	Upptäckta fel											Utförda besiktningar				
	Installationsår	Nettovolym	Problem med att hålla ångkudde i cistern toppen	Späckbildning i mantels rundskarvar p.g.a termisk utmatning	Korrosion på manteln där vattenytan rör sig p.g.a termisk expansion.	Möjlig spaltkorrosion mellan plåt och svetskarv i allmänhet.	Möjlig korrosion p.g.a sediment på tankbotten.	Punktkorrosion p.g.a dåligt roststöd vid svetsning av bottenplåtar.	Punktförätning och sprickbildning på kompensatorer i tank.	Svårigheter vid mätning av mantel- och bottenplåtar med ultraljudsmätare.	Problem med användning av undervattensrobot.	Egen okular	Akrediterat kontrollorgan	Ultraljud	Videokamera	Undervattenskamera
Arboga värmeverk	1994	1500	Ja	Nej						Nej						
Bollnäs Kommun Värmeverket	1983	2000	Ja		Ja				Nej		Nej				X ¹⁾	
Borlänge Energi AB	1986	7700	Nej							Nej	Nej	X ²⁾				
AB Enköpings Värmeverk	1988	7000	Ja		Nej				Nej			X ¹⁾				
Eskilstuna Energi och Miljö	88-89	26000	Nej													
Fagersta Energi AB	1986	2000	Ja		Nej				Nej			X ¹⁾				
Falu Energi AB	1993	8050	Ja	Nej									X ²⁾			
Hallstahammar Energi AB	1986	2000	Ja										X ³⁾			
Helsingborg Energi	1987	36000	Nej							Nej				X	X	X
Karlskoga Kraftvärmeverk AB	1988	7080	Ja										X ²⁾	X ²⁾		
Katrineholm Energi AB	1986	3000			Nej									X	X	X
Köpings Kommun tekn. kontoret	1993	14000	Nej	Nej	Nej	Nej		Nej	Nej			X ¹⁾				
Tekniska Verken i Linköping AB	1989	19800	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	X	X	X	X	X
Lunds Energi AB	1996	20000														
Norrköping Energi	1986	35000	Ja	Nej	Ja	Nej			Nej	Ja	Ja	X		X	X	X
Norrälje Energi AB ¹⁾	1993	1000										X				
Nässjö Kraftvärmeverk	1995	3000	Ja													
Sala-Heby Energi AB	1990	2000	Ja													
Skelefteå Kraft	1986	14750	Nej													
Smedjebacken Energi AB	1991	1550	Ja		Nej							X ²⁾		X ²⁾		
Stockholm Energi AB, Värtaverket	1981	40000	Ja			Nej		Nej	Nej	Ja	Ja					X
Säter Energi AB	1994	1100	Nej													
Tranås Energi AB	1985	2000	Ja		Ja							X				
Västerås Stads Kraftvärmeverk AB	1981	2300	Nej		Nej							X ¹⁾				
Västerås Stads Kraftvärmeverk AB	1973	23000	Nej		Nej							X ¹⁾				

X¹⁾ = Besiktning begränsad till ackumulatorns övre delX²⁾ = Besiktning utförd i samband med byggnationX³⁾ = Tjockleksmätning av mantelplåtens nedre del från utsidan

*) = Specialkonstruktion med spiralfalsad mantel av galvat material och botten av betong

Enkät svar gällande åtgärder vid upptäckta fel

Företag	Problem med att hålla ångkudde i cistern toppen	Korrosion på manteln där vattenytan rör sig pga termisk expansion
Bollnäs Kommun Värmeverket	Installation ny elpanna och påfyllning vattenlås	Nya upphängningar gångbana invändigt
Borlänge Energi AB	Tätning säkerhetsluckor	
Falu Energi AB	Installation ny elvärmare pga korrosion på befintlig	
Tekniska Verken i Linköping AB	Tätning säkerhetslucka	
Nässjö Kraftvärmeverk	Tätning manlucka	
Sala-Heby Energi AB	Renblåsning impulsledning tryckgivare	
Smedjebacken Energi AB	Höjd effekt elpanna 35-60 kW, fler dysor 6-11 st	
Tranås Energi AB	Monterat flottör som gör att ytvatten går till värmare, spritsvatten går även till vattenlås	

RAPPORTFÖRTECKNING

Samtliga rapporter kan beställas hos Energikontorets Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 08 - 677 26 05

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Ökat värmeunderlag i fjärrvärmevärmda byggnader	Harald Andersson	
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem - en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärnc	mars-98
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98

FORSKNING OCH UTVECKLING - ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 - 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98

Förteckning över tidigare publicerade rapporter från Värmeforsk Hetvattenteknik som kan beställas hos Energikontorets Förlagsservice.

DISTRIBUTIONSTEKNIK

540	Expansionskuddar för direktförlagda fjärrvärmeledningar - med huvudinriktning på mineralullsprodukter	Sture Andersson Bjarni Jansson	jun-95
525	Rundgångars ekonomiska betydelse för fjärrvärmenäten Investerings-, drift- och underhållskostnader	Peter Herbert	feb-95
463	Sänkt drifttemperatur i fjärrvärmenät - fältmätningar och bestämningar av fysikaliska egenskaper för cellbetong	Jan Molin Ronny Nilsson	dec-92
450	Utveckling av metoder för kvalitetssäkring av mantelrörsskarvar	Lars-Åke Cronholm Rolf Westin	jul-92
446	Bärförmåga hos CFC-fri kulvertisolering vid drifttemperatur Del 1: Provningsmetod för bestämning av axiell skjuvhållfasthet hos kulvertrör Del 2: Krypning vid radiell tryckbelastning	Ulf Jarfelt Gunnar Bergström Jonas Karlsson	jul-92
445	Direktläggning av fjärrvärmerör	Jan Fallsvik Alf Lindmark Eva Pettersson	jul-92
429	Freonfria isolermaterial för fjärrvärmekulvertar. Vacuumpulverisolering och CO ₂ -blåst polyuretanskum	Bert Oddving Heimo Zinko	maj-92
412	Läcksökning i fjärrvärmekulvertar	Heinz Thurner	dec-91

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
364	Underhållsstrategi för distributionsnät. Förstudie	Lennart Strömwall Leif Lemmeke	mar-90
340	Corona-behandlingens betydelse för mantelrör till fjärrvärmeledningar samt metod och krav för kvalitetskontroll	Lars-Eric Jansson	maj-89
335	Anvisningar för schaktning och andra arbeten i närheten av direktskummande PUR-kulvertar	Håkan Carlsson Jan Molin	apr-89
318	Sänkt drifttemperatur i fjärrvärmenät - konsekvenser i distributionsnät	Jan Molin Ronny Nilsson Helge Bergström	okt-88
315	Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer och varierande mediarörtemperaturer	Johan Ljungqvist	okt-88
286	Larmsystem - Kompatibilitet	Christer Bodin John Ljungqvist Tor Rundström	dec-87
260	Skumkvalitet vid låga omgivningstemperaturer	Lars Blomqvist John Lungqvist	mar-87
259	Kvalitetsprovning av PUR-skumisolering	John Ljungqvist Rolf Westin	mar-87
258	Spänningsanalys av fjärrvärmeledningar Del 3. Dimensioneringsanvisningar och dimensioneringsprogram för T-stycken	Sture Andersson Håkan Carlsson Jan Molin	mar-87
257	Skador på mantelrörskarvar	John Ljungqvist Bert Oddving Rolf Westin	mar-87
256	Markförlagda fjärrvärmeledningars temperaturhöjande effekt för intilliggande ledningar	Håkan Carlsson Jan Molin	mar-87
249	Metod för röntgenradiografering av isolerskikt i kulvertar för fjärrvärmeledningar	Stig Dahn	feb-87
237	Underhållsplanering av fjärrvärmenät	Thomas Asp Anders Eriksson Håkan Danielsson Stig Hård Bertil Wiktorén	aug-86
226	Skumutfyllnad i kulvertskarvar	Lars Blomqvist John Ljungqvist	maj-86
201	Friktionsfixerade fjärrvärmeledningar. Fältmätningar i Lund. Del 2	Dan Olofsson Jan Molin Kurt Bergendorff	aug-85

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FJÄRRVÄRMECENTRALTEKNIK			
556	VÄRMEVÄXLARRENOVERING - Materialpåverkan vid kemisk rengöring av värmeväxlare	Lars-Åke Cronholm	dec-95
546	Försmutningsförlopp i plattvärmeväxlare för fjärrvärmeabonnentcentraler	Janusz Wollerstrand Svend Frederiksen	aug-95
545	Funktions- och kvalitetsprovning av abonnentcentraler i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Peter Gummérus	aug-95
505	Prestandabestämning och förbättring av abonnentcentraler < 50 kW	Lena Råberger Peter Gummérus Håkan Walletun	apr-94
413	Skadinverntering, Abonnentcentraler	Bo Östlund	dec-91
411	Inverkan på returtemperaturen vid ackumulering av tappvarmvatten i abonnentcentraler	Sture Sikström	dec-91
365	Dynamisk provning av värmeväxlare med hjälp av processidentifiering	Håkan Walletun Bengt-Göran Bergdahl Bert Oddving	mar-90
360	Laboratorieprovning av villaabonnentcentraler	Johan Winberg	dec-89
355	Fjärranalys av undercentraler	Joakim Marklund	okt-89
321	Undercentralers reglering	Michael Thiede	okt-88
302	Diagnostikutrustning för 2-stegskopplade abonnentcentraler	Ulf Jansson	apr-88
272	Avkylning av fjärrvärmevatten i befintliga abonnentcentraler	Annika Winberg Sven Werner	aug-87
267	Undercentraler - Litteraturstudie av tidigare arbeten	Raija Leppänen	maj-87
255	Inkoppling av varmvattenberedare vid installation av värmepump	Göran Dahlén	mar-87
MÄTTEKNIK			
547	Jämförelsemätningar av flödes hastighet mellan ultraljudsmätare av Clamp-On typ och debiteringsmätare i fjärrvärmeabonnentcentraler	Jerker Delsing Bernt Svensson	aug-95
SYSTEMTEKNIK			
534	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås	Lars Lindgren Urban Eklund	feb-95
527	Friktionsnedsättande tillsatserns inverkan på miljön - Del 1	Henrik Bjurström Staffan Grönholm Bengt-Åke Nystrand	feb-95

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
512	Friktionsnedsättning i fjärrvärmenät genom tillsats av tensider- En teknisk och ekonomisk bedömning	Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	jul-94
481	Tryckväxlare - en anordning för effektivisering av fjärrvärmesystem	Bror-Arne Gustafson	sep-93
363	Leveranssäkerhet i fjärrvärmesystem	Sture Andersson Carl Mattsson	dec-89
320	Leveranssäkerhet vid värmedistribution	Lennart Josefsson Hans Åkesson	okt-88
298	Inventering av datorprogram för simulering och optimering av fjärrvärmesystem	Hans Gransell Anders Östergren	mar-88

RAPPORTER FRÅN ANDRA FORSKNINGS- GRUPPER

483	Korrosion hos emaljerade ytor i varmvattensystem	Britt-Marie Svensson	sep-95
380	Korrosionsstudier av emaljerade varmvattenberedare	Britt-Marie Svensson	nov-90
343	Färgämne för läckageindikering i fjärrvärmesystem	Torsten Bauer Björn Carlsson Folke Persson	jul-89
294	Akkumulatorsystem för driftutjämning	Bertil Köhler	mar-88
221	Säkerhet vid elpannedrift	Bertil Köhler	apr-86

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver ett kollektivforskningsprogram inom området
hetvattenteknik. Forsknings- och utvecklingsprogrammet fokuseras
på distributionsteknik, fjärrvärmecentralteknik och systemteknik.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 08 - 677 26 00, Telefax 08 - 677 26 05