



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**

**R40:1992**

**Pilotprojekt för  
säsongsvärmelager**

**Erfarenheter  
Kronhjorten i Växjö**

**Jan-Olof Dalenbäck**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129240

**Byggforskningsrådet**

R40:1992

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD  
BIBLIOTEKET

**PILOTPROJEKT FÖR SÄSONGSVÄRMELAGER**

**Erfarenheter  
Kronhjorten i Växjö**

Jan-Olof Dalenbäck

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
861031-0 från Byggforskningsrådet till Chalmers  
tekniska högskola, Installationsteknik, Göteborg.

## REFERAT

Rapporten redovisar en utvärdering av experimentbyggnadsanläggningen i kvarteret Kronhjorten i Växjö. Den består av ett mindre isolerat vattenfyllt pilotvärmelager som är kopplat till en solvärmeanläggning.

Kronhjortensprojektet har varit ett värdefullt pilotprojekt för mindre isolerade vattenvärmelager. Den ursprungliga lagerkonstruktionen har inte fungerat på avsett sätt, men de praktiska erfarenheterna från byggskedet har varit direkt avgörande för utformningen av värmelagret i Säröprojektet. Rapporten redovisar även praktiska erfarenheter från såväl byggskedet som de senaste två årens drift.

Den ursprungliga konstruktionen omfattade en invändigt isolerad vattenfylld berggrop med ett invändigt tätskikt av plastduk och ett självbärande tak i marknivå. Konstruktionens främsta fördelar är dels att den bör vara fördelaktig att integrera i ett bostadsområde. Nackdelen är att den innehåller oprövad isolerings- och tätskiktsteknik.

Då tätskiktstentreprenören inte lyckades skapa ett fullgott tätskikt omkonstruerades värmelagret med en inuti gropen placerad plåttank. Den använda typen av plåttank, en valsad cylinder av tunnplåt, är en i sig etablerad konstruktion men den var tidigare inte provad i värmelagringssammanhang.

Det återstår dock en del utveckling innan man har ett eller flera färdiga lagerkoncept som bygger på den valsade tanken. I Säröprojektet demonstreras en tänkbar framtida applikation.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R40:1992

ISBN 91-540-5496-6  
Byggeforskningsrådet, Stockholm

ABSTRACT

FÖRORD

SAMMANFATTNING

INNEHÅLL

---

<b>1</b>	<b>HISTORIEBESKRIVNING</b>	<b>1</b>
1.1	Ny lagerkonstruktion	
1.2	Problemen hopar sig	
1.3	Ny intressant konstruktion	
1.4	Grundvattnet gav driftstörningar	
1.5	Värmecentral utan funktion	
<b>2</b>	<b>ISOLERAD BERGGROP</b>	<b>5</b>
2.1	Kort om lagrets konstruktion	
2.2	Praktiska erfarenheter	
2.3	Utvärdering	
<b>3</b>	<b>PLÅTTANK SOM TÄTSKIKT</b>	<b>7</b>
3.1	Kort om omkonstruktionen	
3.2	Praktiska erfarenheter	
3.3	Resultat 1990	
3.4	Resultat 1991	
3.5	Diskussion	
<b>4</b>	<b>MÄTPROJEKTET</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>13</b>
5.1	Projektorganisation	
5.2	Isolerad berggrop	
5.3	Valsad plåttank	
5.4	Framtida projekt	
	REFERENSER	17
	BILAGOR	19

## ABSTRACT

---

The Kronhjorten project has been a valuable R&D project concerning the development of small insulated heat storages. The original storage design turned out to be a failure, but a redesign created the basis for the final storage design in the Särö project (Dalenbäck, 1991).

The original design comprised an inside insulated and water filled pit in rock, with a plastic liner and a self-supporting roof construction. The main advantages with this construction are that it is based on conventional ground construction work to a large extent, and that it is suitable to integrate in residential building areas. The disadvantage is that it comprises a combination of liner and insulation that has not been tried before.

The main problem, in this case, turned out to be that the liner contractor did not succeed to make the plastic liner water tight, and the storage was redesigned with a new tank construction.

The applied tank construction, a rolled tank of thin galvanised steel plates, is in itself an established construction but has not been used in heat storage applications before. The main advantage with this type of tank is that it is much less expensive than a conventional steel tank construction, as much thinner plates can be used.

There is, however, still some design aspects that has to be looked into before a new heat storage construction can be said to be available on the market. One possible future design, based on the described tank construction, is demonstrated in the Särö project.

This report describes lessons learned during the construction phase together with two years of operation. An overall description of the project and some first results are previously reported by Dalenbäck (1988a).

## FÖRORD

---

I slutet av 70-talet uppfördes bland annat ett mindre och två större experimentbyggnadsprojekt för solvärme med säsongsvärmelager i vatten.

- Studsvik - Invändigt isolerad (mineralull) markgrop med invändigt tätskikt av gummiduk (butyl) och isolerat flytande lock.
- Ingelstad - Utvändigt isolerad (mineralull) betongtank ovan jord.
- Lambohov - Invändigt isolerad (leca) berggrop med invändigt tätskikt av gummiduk (butyl) och isolerat flytande lock.

Efter utvärdering, såväl nationellt som internationellt inom IEA, initierades ytterligare ett par mindre experimentbyggnadsprojekt för isolerade vattenfyllda värmelager med delvis nya konstruktionslösningar i mitten på 80-talet .

- Kronhjorten, 1987 - Invändigt isolerad (polyuretan) berggrop med invändigt tätskikt av plastduk (polyeten), vilken senare omkonstruerats genom att en plåttank byggts i berggropen. Självbärande tak av hålbjälklag.
- Malung, 1988 - Invändigt isolerad (polyuretan) markgrop med invändigt tätskikt av tunn kopparplåt, vilken senare omkonstruerats med tunn rostfri plåt. Självbärande isolerat plåttak.
- Särö, 1989 - Utvändigt isolerad (lösull) plåttank (av samma typ som användes vid omkonstruktionen av Kronhjortenprojektet) placerad i ett bergschakt.
- Åmmeberg, 1991 - Befintlig betonggrop där man provar en nedsänkt vägg- och takkonstruktion bestående av kopparplåtsklädda isoleringsblock (polyuretan).

Under samma tid har liknande projekt, om än i mindre omfattning, också uppförts i andra länder.

- DTH, Danmark, 1980 - Invändigt isolerad markgrop med invändigt tätskikt av plastduk (polyeten) och flytande isolerat lock.
- ITW, Tyskland, 1985 - Oisolerad grusfylld markgrop med invändigt tätskikt av plastduk (polyeten).
- Tubberupvange, Danmark, 1990 - Invändigt isolerad (polyuretan) markgrop (spontad) med invändigt tätskikt av gummiduk.

I Tyskland har man nyligen avslutat en konstruktionsstudie (ITW, Universität Stuttgart) och har för avsikt att uppföra ett mindre pilotlager omfattande en invändigt isolerad markgrop (prefabricerade betongelement) med invändigt tätskikt av plastduk (polyeten). I Danmark har man sedan länge försökt uppföra en större markgrop i en fjärrvärmertilämpning.

Syftet med ovan nämnda projekt är främst att utveckla och demonstrera nya, såväl tekniskt som ekonomiskt, intressanta isolerade värmelagerkoncept. För att vara ekonomiskt intressanta som säsongslager för solvärme krävs väsentligt lägre kostnader än vad som gäller för konventionella ståltankar, vilket leder till nya konstruktioner. Då det är önskvärt att värmelagren kan integreras i bebyggelsen måste dessa aspekter också beaktas.

Avd för Installationsteknik, CTH, har tidigare haft det övergripande ansvaret för de värmetekniska utvärderingarna, i såväl Ingelstad som Lambohov, på uppdrag av BFR.

På samma sätt har Installationsteknik nu det övergripande ansvaret för de värmetekniska utvärderingarna i Kronhjorten-, Särö- och Åmmebergsprojekten. Denna rapport redovisar sammanfattande erfarenheter från Kronhjortenprojektet.

Göteborg i mars 1992



## SAMMANFATTNING

---

Kronhjortenprojektet har varit ett värdefullt pilotprojekt för mindre isolerade värmelager. Den ursprungliga lagerkonstruktionen har inte fungerat på avsett sätt, men de praktiska erfarenheterna från byggskedet har varit direkt avgörande för utformningen av värmelagret i Säröprojektet (Dalenbäck, 1991).

Den ursprungliga konstruktionen omfattade en invändigt isolerad vattenfylld berggrop med ett invändigt tätskikt av plastduk och ett självbärande tak i marknivå. Konstruktionens främsta fördelar är dels att den i stora delar bygger på etablerad markbyggnadsteknik, dels att den bör vara fördelaktig att integrera i ett bostadsområde. Nackdelen är att den innehåller oprövad isolerings- och tätskiktsteknik.

Då tätskiktsentreprenören inte lyckades skapa ett fullgott tätskikt omkonstruerades värmelagret med en inuti groppen placerad plåttank.

Den använda plåttanken, en valsad cylinder av tunnplåt, är en i sig etablerad konstruktion men den var tidigare inte provad i värmelagrings-sammanhang. Valsningen gör att tanken kan uppföras med tunnare plåt och därmed till väsentligt lägre kostnad än andra konventionella tankkonstruktioner varför den är mycket intressant i solvärmertilämpningar.

Det återstår dock en del utveckling innan man har ett eller flera färdiga lagerkoncept som bygger på den valsade tanken. I Säröprojektet demonstreras en tänkbar framtida applikation.

Föreliggande rapport redovisar praktiska erfarenheter från såväl byggprojektet som de senaste två årens drift. En övergripande projektbeskrivning tillsammans med de första erfarenheterna finns sedan tidigare dokumenterade av Dalenbäck (1988a).



# 1 HISTORIEBESKRIVNING

---

## 1.1 Ny lagerkonstruktion

Kronhjortenprojektet kom till som ett pilotprojekt vars främsta syfte var att **konstruera, uppföra och utvärdera** en mindre variant av det värmelagerkoncept som föreslogs i Ingelstad II-utredningen (Gräslund, Hultmark, 1985). För det andra hade man också för avsikt att utvärdera en förenklad systemlösning jämfört med tidigare liknande projekt som Ingelstad och Lambohov.

Parallellt med uppförandet pågick dessutom en förstudie för ett annat fullskaleprojekt i Särö, Kungsbacka, där erfarenheterna från Kronhjorten var tänkta att ligga till grund för lagerkonstruktionen (Gräslund, 1988a).

Det värmelagerkoncept som presenterades för Ingelstad II omfattade bland annat en värmelagerkonstruktion i form av en vattenfylld rektangulär berggrop med självbärande tak som skulle isoleras och tätas invändigt med polyuretan belagd med ett invändigt vattentätt polymerskikt.

En inledande test i en mindre testgrop (Hultmark, 1987) ledde till att man bedömde det som intressant att gå vidare med polyuretan, men föreslog ett invändigt tätskikt av plast- eller gummiduk i ett pilotprojekt.

Den föreslagna platsen för pilotprojektet, Kv. Kronhjorten i Växjö, var inte direkt gynnsam med relativt dålig bergkvalitet och en förhållandevis hög grundvattennivå. Förutsättningarna bedömdes dock utgående från att det borde vara bättre att stöta på och lösa eventuella problem i ett pilotprojekt än att misslyckas i ett större projekt.

Värmelagret var tänkt att ingå i en mindre värmecentral med markplacerade solfångare och en el/oljepanna för värmeförsörjning av ett mindre kontorshus.

## 1.2 Problemen hopar sig

Den första delen av projektet gick i stort sett efter tidplan, trots en hel del problem med bergkvalitet. Efter att värmelagret nära nog färdigställts under sommaren 1987 började dock problemen ta över händelseförloppet.

1. Den applicerade **tätduken höll inte måttet** (läckage).
2. Det verkliga **grundvattenflödet var större** än man kunnat förutse.
3. Kontorshuset kunde inte uppföras varför värmecentralen kom att **sakna värmelast**.

Denna första del av experimentbyggnadsprojektet finns dokumenterad av Dalenbäck (1988a) och projektmöten och fotodokumentation i anslutning till hela byggskedet finns dokumenterade i "Bilaga 1 - Dokumentation av byggprojektet tom 1989".

## 1.3 Ny intressant konstruktion

Problemen med tätduken resulterade i att flera andra tätskiktsalternativ utreddes mer eller mindre i detalj.

1. Högdensitetspolyeten (HDPE). Ursprungligen var det tänkt att använda en duk av högdensitetspolyeten från en tysk tillverkare. På grund av kostnadsskäl valdes en annan kvalitet med något lägre densitet (MDPE) från en dansk leverantör.
2. Armerad sprutbetong. Erfarenhet från applicering på polyuretan saknades.
3. Flourplast (teflon). Ett material som verkade vara mycket intressant, men som kunde vara svårt att sammanfoga.

För att närmare utreda förutsättningarna för att använda flourplast omkonstruerades testgropen, som tidigare använts för att prova direktsprutning av polyuretan på en bergvägg, med ett inre tätskikt av flourplast. Erfarenheterna därifrån bekräftade misstankarna om svårigheter vid fogning (Gräslund, 1988b).

Parallellt med uppförandet av Kronhjorten- och Malungsprojekten initierades såväl en grupp som skulle utreda alternativa gropkonstruktioner (Ljungkrona, 1990) som en grupp med materialexperter. I de senares utredningen framkom det bland annat att flourplast av typ aclar skulle vara lämpligare än teflon.

Under samma tid upphandlades en solvärmeanläggning med korttidsackumulator i Falkenberg. Bland anbuden fanns en valsad plåttank som i första läget blev ett intressant konstruktionsalternativ för Säröprojektet.

Då alla tre omkonstruktionsalternativen i Kronhjorten var osäkra (tysk polyeten var dyr, betong och aclar behövde provas i labskala), valde man att utreda förutsättningarna för att uppföra en plåttank även i Kronhjorten. Dels skulle man då få erfarenheter inför uppförandet i Särö, dels skulle man kunna få en fungerande anläggning i Kronhjorten.

Utredningen visade att det var möjligt att uppföra en plåttank i Kronhjorten inom ramen för återstående experimentbyggnadsmedel, varpå tanken uppfördes under hösten 1989. Samma typ av plåttank uppfördes sedan också i Särö under våren 1990 (Dalenbäck, 1991).

Den ursprungliga lagervolymen var 1.200 m<sup>3</sup> (isolerad berggrop). På grund av problem med bergkvalitet var man tvungen att acceptera en mindre volym, i storleksordningen 800 m<sup>3</sup>. Då tanken är cylinderformad blev den resulterande lagervolymen nu endast cirka 300 m<sup>3</sup>, varför man inte längre kunde förvänta sig att erhålla någon säsongslagringsfunktion.

#### **1.4 Grundvattnet gav driftstörningar**

Problemen med grundvattenflödet visade sig vara ett stort orosmoment under såväl själva byggskedet som under hela utvärderingen.

Dräneringsfunktionen föll ur under flera perioder (för låg pumpkapacitet, pumphaveri), dels blev polyuretanisoleringen utsatt för grundvattnet, dels vattenfylldes lagret ett par gånger efter att plåttanken installerats.

## 1.5 Värmecentral utan funktion

Det faktum att kontorshuset inte uppfördes och att värmelasten saknades medförde framför allt att intresset för anläggningens framtid minskade. Under tiden man höll på att utreda en omkonstruktion av värmelagret anslöts dock värmecentralen till en intilliggande lagerlokal.

Med denna värmelast kom anläggningen dock att sakna sommarlast. Dessutom blev lagret som helhet inte utformat på ett för framtida konstruktioner helt realistiskt sätt, med stora värmeförluster som följd.

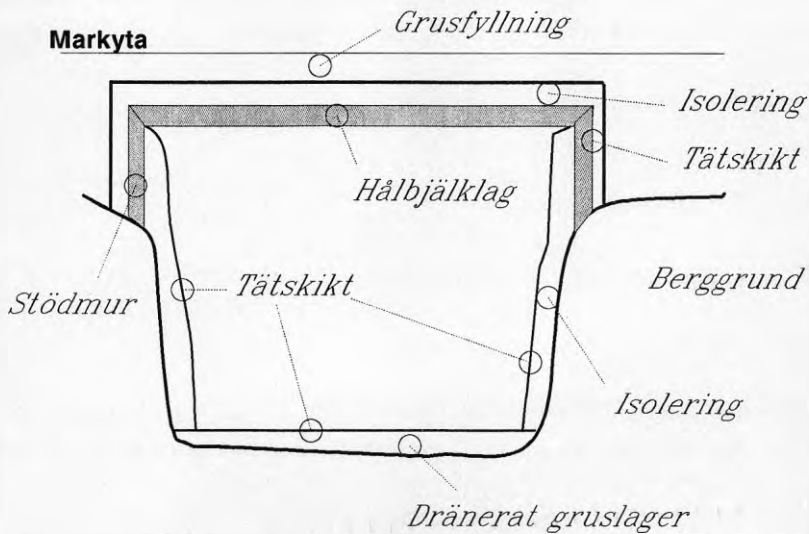
Dessa båda förutsättningar gjorde det dock möjligt att studera vad som hände med den uppvärmda plåttanken, eftersom den var fristående och därmed förhållandevis lätt tillgänglig för okulärbesiktning.

## 2 ISOLERAD BERGGROP

### 2.1 Kort om lagrets konstruktion

Den ursprungliga konstruktionen byggde på att man

- sprängde och grävde ut ett rektangulärt hål i berggrunden,
- gjöt stödmurar av betong runt om hålet,
- anlade en dränerad botten avjämnad med stensmjöl,
- lyfte på ett betongbjälklag,
- applicerade polyuretan på bergväggarna,
- lyfte av bjälklaget,
- applicerade den invändiga tätskiktsduken,
- fyllde på vatten,
- lyfte tillbaks bjälklaget,
- applicerade ett utvändigt tätskikt ovan bjälklaget,
- sammanfogade de båda tätskikten, och
- applicerade markisolering ovanpå det utvändiga tätskiktet.



**Figur 2.1** Isolerad berggrop i Kronhjorten. Principskiss för den ursprungliga lagerkonstruktion med invändig isolering (polyuretan) och invändigt tätskikt (polyetenduk). Vattenvolym 800 m<sup>3</sup>.

## 2.2 Praktiska erfarenheter

Trots att markundersökningen antydde att platsen för bergropen inte var direkt lämplig visade verkligheten att den var direkt olämplig. En mer kritisk markundersökning hade förmodligen medfört att projektet hade stoppats.

Den ursprungliga lagerkonstruktionen kräver relativt släta bergväggar vilket i sin tur ställer höga krav på såväl bergkvalitet som utförande (sprängning). Det sprickiga berget i Kronhjorten medförde stora problem såväl i anslutning till borrning och sprängning som gropens utformning i stort, med avsevärda extrakostnader som följd (extra tätning och förstärkning, större stödmurar). Genom att sänka lagret en aning och acceptera en något mindre volym, 800 m<sup>3</sup> istället för 1.200 m<sup>3</sup>, kunde man avvärja alltför dryga extrakostnader.

Isoleringsarbetena förlöpte utan större problem och den platssprutade polyuretanisoleringen fäste bra på bergväggarna. Senare krav på ytjämnhet från tätskiktsleverantören medförde dock en del merarbete.

Intressanta tidigare dokumenterade (och i anslutning till projektering inhämtade muntliga) kostnadsuppgifter från Tyskland avseende polyetenduk, visade sig vara tre gånger högre i en skriftlig offert. Man kan ha vissa misstankar att det tyska företaget inte var intresserat av att leverera sin produkt. Man tvingades därför välja en annan tätskiktsentreprenör som sedan inte kunde leverera en tät tätduk.

## 2.3 Utvärdering

Främst på grund av problemen med bergkvalitet och tätskikt fick en stor del av utvärderingsarbetet anslås till projektmöten och övriga diskussioner i anslutning till projektets genomförande.

Appliceringen av direktsprutad polyuretan som isolering på bergväggarna fungerade bra, men på grund av problemen med dränering av grundvatten och läckande tätduk var det i princip inte möjligt att utvärdera den applicerade kombinationen av isolering och tätskikt.

Den enda värmetekniska utvärdering som kunde utföras i anslutning till den ursprungliga konstruktionen var en osäker värmeförlustmätning under vårvintern 1988 (Dalenbäck, 1988a).

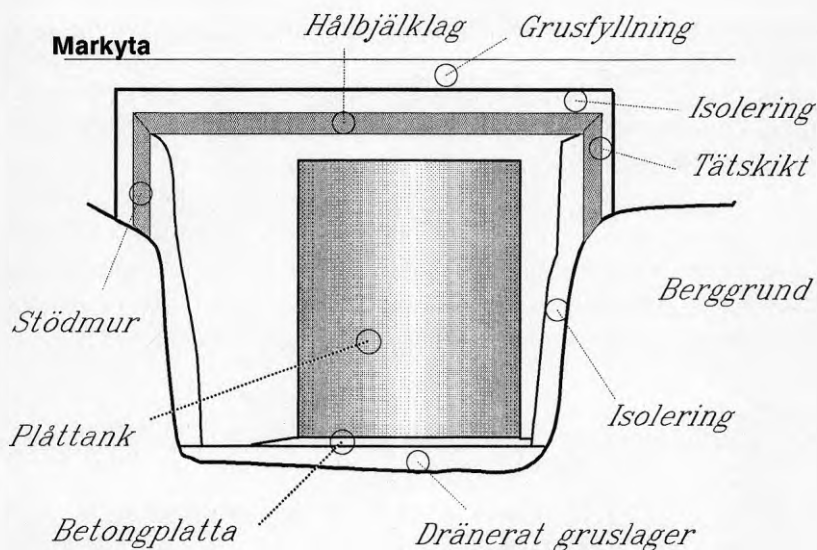


### 3 PLÅTTANK SOM TÄTSKIKT

#### 3.1 Kort om omkonstruktionen

Omkonstruktionen innebar att man

- avlägsnade markisolering och tätskikt på halva bjälklaget,
- lyfte av halva bjälklaget,
- avlägsnade tätskiktet i botten,
- gjöt en bottenplatta av betong,
- lyfte ner valsningsutrustningen,
- valsade plåt cylindern,
- lyfte upp valsningsutrustningen,
- fyllde på vatten,
- lyfte tillbaks bjälklaget, och
- återställde det utvändiga tätskiktet och markisolering.



**Figur 3.1** Omkonstruerat lager i Kronhjorten. Principskiss för den nya lagerkonstruktion med en invändigt placerad och valsad plåttank. Volym 300 m<sup>3</sup>.

### **3.2 Praktiska erfarenheter**

Omkonstruktionen medförde inga speciella erfarenheter annat än att man fick möjlighet att uppföra den valsade tanken för denna nya tillämpning, att lagra varmt vatten.

I förhållande till ett mer konventionellt utförande, tätades valsfogarna och anslutningen till betongplattan lite extra (med fogmassa respektive expanderande betong).

De verkligt betydelsefulla erfarenheterna från en mer realistisk tillämpning som bygger på denna tankkonstruktion hoppas man att få i Säröprojektet (Dalenbäck, 1991)

### **3.3 Resultat 1990**

Solfångarkretsen var inte kontinuerligt i drift förrän i slutet av sommaren på grund av diverse problem. Solfångarkretsen samlade dock in 73 MWh värme, 8 MWh lagrad värme tillfördes värmelasten och totalt distribuerades cirka 40 MWh värme under perioden 27/3-16/11.

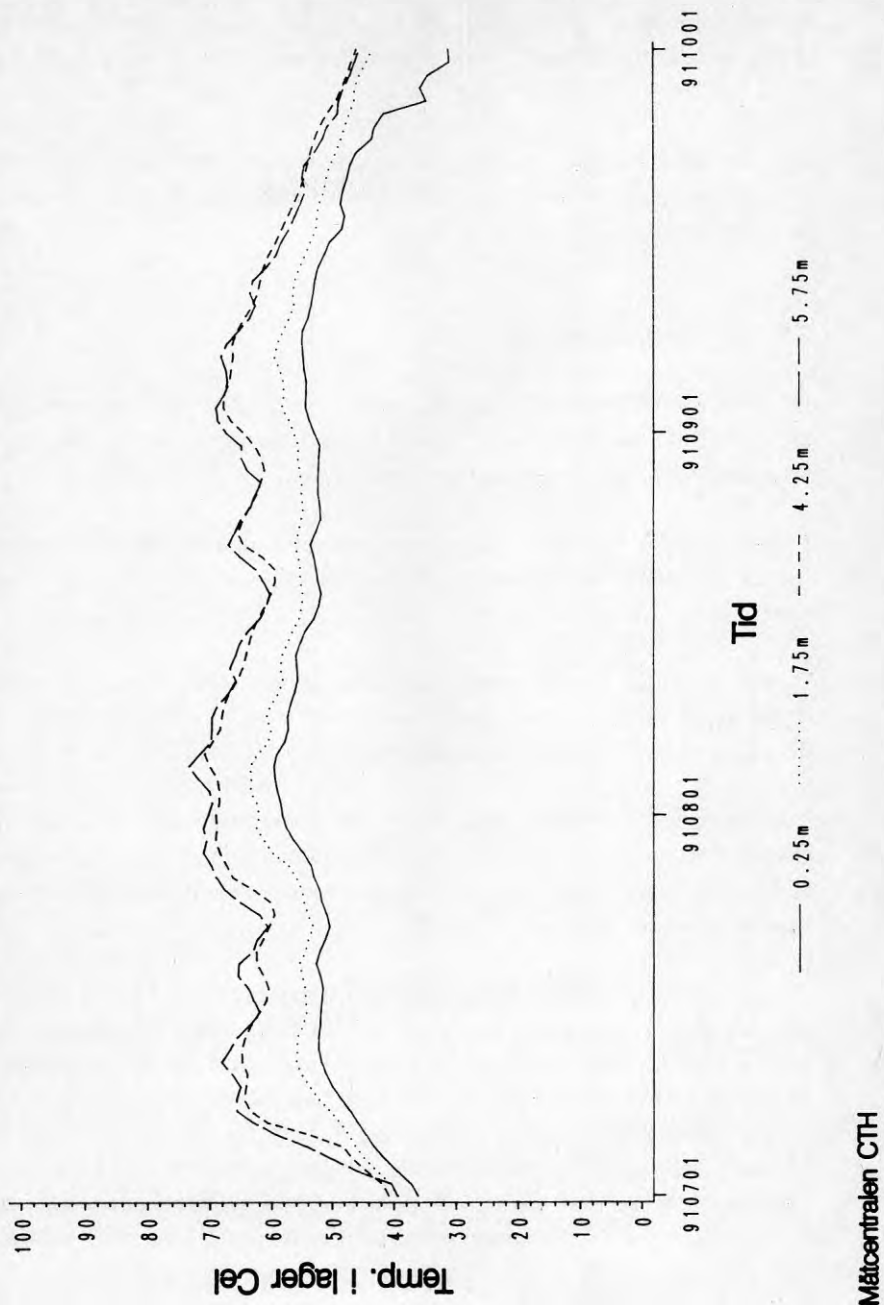
Ett mer detaljerat händelseförlopp finns redovisat i "Bilaga 2 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1990" och "Bilaga 3 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1990".

Temperaturen i själva lagertanken steg till 62 °C som mest. Större delen av insamlad solvärme gick förlorad som värmeförluster till omgivningen (grundvattnet) då dräneringsfunktionen upphörde i slutet på juni, varför oljepannan försåg distributionskretsen med nära nog all värme.

### **3.4 Resultat 1991**

Anläggningen fungerade som avsett, det vill säga, solfångarna varmhöll lagertanken. Ny dränppump och ett nytt mätsystem installerades under våren. Urlagringskretsen var medvetet avstängd hela sommaren och lagertemperaturen höll sig mellan 60 och 70 °C från början av juli till mitten av september.

# Kronhjorten temperaturer i lagret juli – sept. 91



Figur 3.2 Lagertemperaturer under senere delen av 1991.

Solfångarkretsen samlade in cirka 135 MWh och drygt 170 MWh (olja) distribuerades till den anslutna lagerlokalen under perioden mars 91 till mars 92.

Ett mer detaljerat händelseförlopp finns redovisat i "Bilaga 4 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1991" och "Bilaga 5 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1991".

### **3.5        Diskussion**

Då omkonstruktionen innebar att man som helhet fick en orealistisk lagerkonstruktion, kom den fortsatta utvärderingen att kretsa kring funktionskontroller och plåttankens beständighet.

Under 1990 övervakades anläggningen medvetet med en låg ambitionsnivå (besök varannan vecka), vilket till en viss del var orsak till det dåliga resultatet.

Dels på grund av att inte hela solfångarkretsen var i drift (läckage), dels på grund av att dränpumpen stannade under sommaren 1990 gick det inte att dra några vederhäftiga slutsatser om anläggningens detaljfunktion.

Anläggningens funktion hade dock inte speciellt hög prioritet, då systemutformningen i princip var densamma som i den nyuppförda Säröanläggningen, anläggningen saknade sommarlast och lagerutformningen som helhet var orealistisk.

Däremot var lagertankens beständighet av större intresse. Ur den aspekten genomfördes mätningar ytterligare en sommar, med dränpump och solfångare i kontinuerlig drift. För att kunna tillse att tanken verkligen varmhölls hela sommaren krävdes vidare en kontinuerlig övervakning.

Av den anledningen övervakades anläggningen via modem från CTH under 1991. Då blev det dels möjligt att upptäcka fel i ett tidigt skede, dels kunde funktionen redovisas mer kontinuerligt än tidigare.

Anläggningen fungerade på avsett sätt, men försommarens brist på solinstrålning gjorde dock att lagertemperaturen inte blev speciellt hög, endast cirka 70 °C.

## 4 MÄTPROJEKTET

---

Mätcentralen vid CTH har svarat för mätningarna i samarbete med Avd för Installationsteknik, som också svarat för utvärdering.

Anläggningen försågs från början med ett komplett datorbaserat och modemanslutet mätsystem av senaste MCTH-snitt, och temperaturgivare placerades ut såväl under, runt om, som i berggropen. Detta för att kunna studera hur värmeisoleringen fungerade.

När det stod klart att den avsedda funktionen inte erhöles, installerades dator och mätsystem istället i Säröanläggningen under våren 1989.

Under sommaren 1990 utfördes mätningarna genom manuella avläsningar av för ändamålet nyinstallerade värmemängdsmätare och befintliga temperaturgivare.

För att kunna övervaka anläggningen mer kontinuerligt under sommaren 1991 installerades en modemansluten datalogger som registrerade värmemängder och vattentemperaturer tillsammans med vattennivån i lagergropen.



## 5 DISKUSSION

---

### 5.1 Projektorganisation

En sammanfattande erfarenhet av det här beskrivna pilotprojektet är att ett liknande projekt bör drivas i en väldefinierad miljö i nära anslutning till initiativtagare och att det bör vara mer renodlat inriktat på att ta fram en konstruktion.

Det senare uppförda Säröprojektet motsvarar ur alla väsentliga aspekter ovan nämnda krav på ett projekts genomförande (Dalenbäck, 1991), vilket till viss del beror på erfarenheterna från Kronhjortenprojektet.

Kronhjortenprojektet initierades i anslutning till Ingelstad II-utredningen, där man föreslog en solvärmecentral för de centrala delarna av Ingelstad strax söder om Växjö.

Detta ledde till att man försökte hitta en plats för ett pilotprojekt i Växjötrakten för att etablera samarbete med några lokala entreprenörer. Efter en del förarbete hittade man så ABV som var intresserade att uppföra pilotprojektet i anslutning till ett planerat kontorshus.

Under projektets gång har sedan dels ABV uppgått i NCC med omorganisation som följd, dels initierades aldrig uppförandet av kontorshuset på grund av vikande konjukturer och överskott på kontorslokaler i Växjö.

Den ursprungliga projektledaren fick andra arbetsuppgifter inom NCC och den ansvarige platschefen sadlade om till lantbrukare i samband med att den ursprungliga lagerkonstruktionen stod klar.

Detta tillsammans med att projektet dragit ut i tiden, att flera av initiativtagarna till projektet stod att finna på annan ort (Göteborg) och att dessa också fått ändrade arbetsuppgifter, har medfört att det varit svårt att hålla ihop projektet.

## 5.2 Isolerad bergrop

De sammanfattande slutsatserna från uppförandet av den ursprungliga lagerkonstruktionen, invändigt isolerad bergrop, är relativt pessimistiska. Dels uppstod flera problem, dels har det inte varit möjligt att utvärdera den ursprungliga konstruktionen på ett tillfredsställande sätt.

Det ställs höga krav på såväl markundersökning som bergkvalitet, men däremot kan man nog klara sig med lägre krav på ytjämnhet. Hade man vidare kunnat utgå från att man skulle använda den senare uppförda tanken kunde man sprängt ut en cylindrisk grop. En sådan groputformning ställer lägre krav på bergkvalitet och medför en mindre risk för bergutfall.

Appliceringen av direktsprutad polyuretan som isolering på bergväggarna fungerade bra, men det har inte varit möjligt att utvärdera den värmetekniska funktionen på grund av problemen med grundvatten och läckande tätskikt.

Framtida användning av polyetenduk kräver förmodligen en större applikation och en etablerad entreprenör som kan ställa funktionsgarantier.

I och med att grundvattenflödet underskattades vid markundersökningen underdimensionerades dräneringspumpen, vilket sannolikt fick till följd att den blev överbelastad. Denna typ av lagerkonstruktion kräver dubbla dräneringssystem med en ordentlig larmfunktion, om de uppförs under grundvattennivån.

## 5.3 Valsad plåttank

De i stort sett mycket positiva erfarenheter man erhöll vid uppförandet av plåttanken medförde att man beslutade att använda samma teknik i det senare förestående Säröprojektet.

Ytterligare erfarenheter från uppförandet av denna typ av tankkonstruktion finns därför att studera i projektbeskrivningen för Säröanläggningen (Dalenbäck, 1991) tillsammans med såväl beräknade som verkliga projektkostnader.

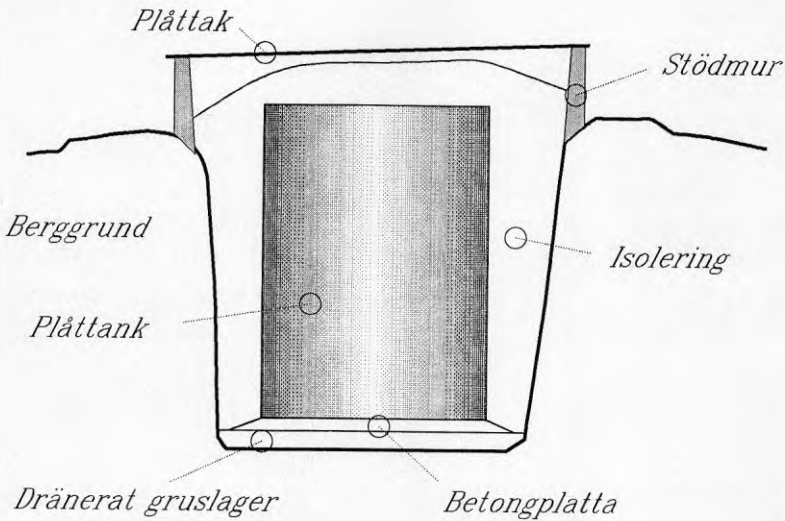


## 5.4 Framtida projekt

Mycket tack vare problemen i Kronhjortenprojektet har man hittat en etablerad teknik som är intressant att vidareutveckla i diverse värmelager-tillämpningar.

Det är nu väsentligt att man får möjlighet att uppföra ett nytt och något större värmelager där konstruktionen utgår från den här använda tankkonstruktionen. Detta för att kunna verifiera verkliga kostnader för en sådan konstruktion.

Varken i Kronhjorten eller i Särö blev lagret utformat på ett fullt ut realistiskt sätt, eftersom man inte utgick från en konstruktion med en tank.



**Figur 5.1** Värmelagret i Säröprojektet. Principskiss som visar den uppförda lagerkonstruktionen med en valsad plåttank som isolerats med lösull. Vattenvolym 640 m<sup>3</sup>. Här är lagret placerat ovanför grundvattenytan till skillnad från lagret i Kv. Kronhjorten.

Med dagens underlag ser den applicerade plåttanken ut att vara en mycket intressant teknik för mindre isolerade värmelager, vilken väl kan jämföras med andra existerande nya lagerkonstruktioner i Malung (Eriksson et.al., 1991) och Åmmeberg.

## REFERENSER

---

- Bankston, C. A. and V. Ussing. (1989). *Final Design Considerations for the First Danish CSHPSS for Housing*. Report no. 89/12, Lab. för värmeisolering, DTH, Danmark.
- Dalenbäck, J-O. (1988a) *The Swedish Pilot Plant - KRONHJORTEN - Description and some experiences from design and construction*. Rapport 1988:2, Avd för Installationsteknik, CTH, Göteborg.
- Dalenbäck, J-O. (1988b). *Storskalig solvärmeteknik i Sverige - Systemuppbyggnad och dimensionering*. Rapport R24:1988, Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Dalenbäck, J-O. (1989). *PM och diskussionsunderlag angående "Utvärdering av Kronhjorten/Säröprojekten"*, Daterad 890922, Avd för Installationsteknik, CTH, Göteborg.
- Dalenbäck, J-O. (1990a) *Lägesrapport Kronhjorten 1990*, daterad 900830. Avd för Installationsteknik, CTH, Göteborg.
- Dalenbäck, J-O. (1990b) *Programförslag Kronhjorten 1991*, daterat 910102. Avd för Installationsteknik, CTH, Göteborg.
- Dalenbäck, J-O. (1990c). *Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage - Status Report*. Document D14:1990, Byggeforskningsrådet, Stockholm. (Slutrapport IEA SH&CP, Task VII)
- Dalenbäck, J-O. (1991). *Grupphusområde med solvärme i Särö - Projektbeskrivning*. Document D14:1991, Avd för Installationsteknik, CTH, Göteborg.
- Eriksson, L., T. Hahn och H. Zinko (1991). *Gropmagasin som värmelager med rostfri tunnplåtliner i Malung*. Studsvik/Ed-91/5, Nyköping.
- Gräslund, J and G. Hultmark (1985). *Ingelstad II - A Solar Heating Plant with an Insulated Seasonal Ground Heat Storage Facility*. Arbetsnr. 145.01, AB Andersson & Hultmark, Göteborg. (Presenterat vid expertmöte inom IEA SH&CP, Task VII, Mars 1985, CTH, Göteborg).

- Gräslund, J. (1988a). *Grupphusområde med säsongslagrad solenergi i Särö - Förstudie*. Rapport R16:1988, Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Gräslund, J. (1988b). *Förnyad test av mindre isolerat dikesmagasin - Pilotprojekt i Ingelstad*. Avrapportering av arbetsläge, Arbetsnr 145.06, AB Adersson & Hultmark, Göteborg.
- Hultmark, G. m.fl. (1987). *Värmelagring i isolerat bergdike/grop - Pilotförsök i Ingelstad*. Rapport R64:1987, Byggeforskningsrådet, Stockholm.
- Ljungkrona, I. (1990). *Kostnader för gropmagasin i berg och lera*. Rapport R55:1990, Byggeforskningsrådet, Stockholm.

**BILAGOR****Sida**

---

<b>BILAGA 1 - Dokumentation av byggprojektet tom 1989</b>	<b>.. 21</b>
<b>BILAGA 2 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1990</b>	<b>.. 71</b>
<b>BILAGA 3 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1990</b>	<b>.. 73</b>
<b>BILAGA 4 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1991</b>	<b>.. 75</b>
<b>BILAGA 5 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1991</b>	<b>.. 77</b>



**KRONHJORTENPROJEKTET**

**Dokumentation över uppförandet**

**Göran Hultmark**

**Maj 1990**





## Organisation

---

### **Byggherre:**

Byggsjö AB, Växjö, Projektledare Claes Pettersson.

### **Totalentreprenör:**

ABV (senare NCC), Växjö.

Platschefer Sven Svensson och Håkan Stjernqvist.

### **Solvärmeentreprenör (solfångare, isolering, tätskikt):**

TeknoTerm, Göteborg, Bengt-Olov Johansson.

### **Tätskiktsentreprenör (omkonstruktion, valsad tank)**

Bjurenwalls, Kolbäck, Alf Bjurenwall

### **Konsulter:**

Markundersökning: VIAK, Göteborg, Magnus Lidholm.

Lagerkonstruktion: VIAK, Göteborg, Bernt Flodin.

Samordning: Andersson & Hultmark (A&H), Göteborg, Jonas Gräslund.

VVS och samordning (omkonstruktion): FLK, Växjö, Stefan Olsson.

### **Kontrollanter:**

Uppföljning, dokumentation: Göran Hultmark, A&H, Göteborg.

BFR-kontrollant: Knut-Olof Lagerqvist, SP, Borås.

### **Utvärdering:**

Samordning, beräkningar, rapport: IT/CTH, Jan-Olof Dalenbäck.

Mätningar: MCTH, Hans Bäckberg.

### **Finansiering:**

Byggforskningsrådet, Stockholm, Björn Sellberg.



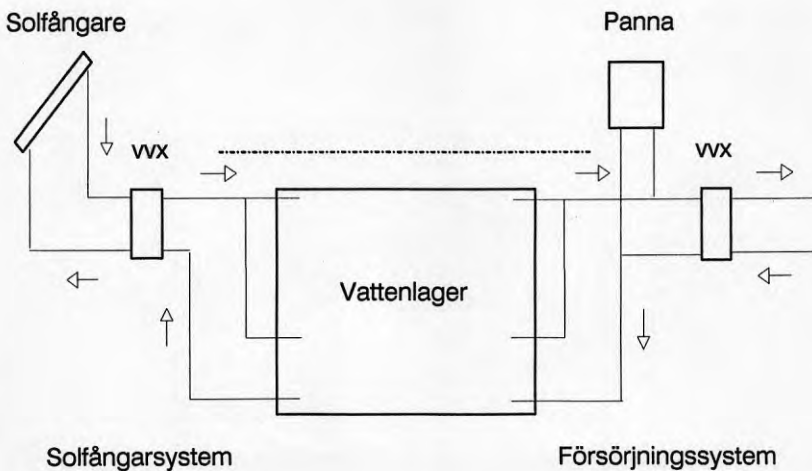
## Systembeskrivning

---

Kronhjortenprojektet är beläget strax utanför Växjö tätort. Projektering, markundersökning och planläggning av projektet startade 1986 och enligt den ursprungliga tidplanen skulle anläggningen vara i drift våren 1987.

På grund av problem med bergkvalitet och tätskikt i lagerdelen fick lagret byggas om, varför anläggningen som helhet inte kunde tas i drift förrän vintern 1989/90.

Idag består anläggningen av 450 m<sup>2</sup> solfångare, 300 m<sup>3</sup> vattenlager och en oljepanna, som värmeförsörjer en intilliggande industrilokal. Från början var det tänkt att lagervolymen skulle vara 1.200 m<sup>3</sup> och anläggningen var tänkt att värmeförsörja ett mindre kontorshus.



### Systemskiss - Kronhjorten

Anläggningen är uppbyggd kring två separata system, ett solfångarsystem och ett försörjningssystem.

Solfångarsystemet består av två kretsar med en värmeväxlare. Solfångarkretsen innehåller en termisk olja. Lagringskretsen hämtar vatten från botten på lagret och lämnar det uppvärmt på två olika nivåer beroende på temperaturhöjningen.

Försörjningssystemet innehåller också två kretsar med en värmeväxlare. Urlagringskretsen hämtar vatten från toppen via en blandningsventil och återför det avkylt till botten. Kan inte erforderlig temperatur (för värmesystemet) erhållas från lagret värms det ytterligare med pannan.

Alla i systemet ingående komponenter är förlagda i ett mindre fristående apparatrum i anslutning till lagret.

## Projekterings- och byggmöten

---

### Projekteringsmöte nr 1 - Juni 1986

Namnlista över medverkande i projektet upprättas. Tidplan upprättas. Markundersökning för att bestämma lagrets läge beställs. Utvärderingsprogrammet diskuteras. Projektets organisation och inblandade entreprenörer fastställs.

### Projekteringsmöte nr 2 - September 1986

En första markundersökning redovisas och lagrets placering bestäms till sydvästra hörnet av tomten, där bergkvaliten bedöms vara bäst. Risk för sprickbildning och blockigt berg, men där lagret placeras bedöms bergkvaliten vara relativt bra. Lagermått bestäms till 12 x 14 x 7 m enligt ursprunglig plan.

Solfångarna placeras tre i bredd utefter västra tomtränsen, med början tre meter norr om lagret.

Byggnadlovsunderlaget skickas vidare.

Dalenbäck redovisar beräkningar för en anläggning bestående av 400 m<sup>2</sup> solfångare och 1200 m<sup>3</sup> värmelager som värmeförsörjer en kontorslokal på 2500 m<sup>2</sup>. Ett beräknat årligt värmebehov på 171 MWh beräknas täckas till 60 % av solvärmesystemet. Temperaturen beräknas bli 80 °C som högst i lagret.

Alternativa tätskiktsmaterial, polyeten och bitumengummi diskuteras.

Projektet kommer att dokumenteras med bilder och anteckningar av Hultmark (denna skrift).

Experimentbyggnadslånet från Byggeforskningsrådet ännu ej utbetalt.

### Projekteringsmöte nr 3 - Oktober 1986

Lidholm sammanfattar markundersökningen. Några hundra m<sup>3</sup> av berget i det tänkta lagret kan vara dåligt och han rekommenderar därför att slänterna inte ska vara brantare än 8:1. Vidare bör dräneringsledningar förläggas väster om lagret för att förhindra att ytvatten tränger in (lagret ligger i en liten sluttning). Lagrets placering flyttas något med hänsyn till ovanstående.

Flodin redovisar lagrets konstruktion där västra betongsargen flyttas en halv meter in på berget, vilket medför att takarean blir något större.

Gräslund redogör för hur polyuretan skall sprutas med nominellt 70 kg/m<sup>3</sup>, minst 50 kg/m<sup>3</sup>. Isoleringen ska vara 20 cm tjock.

Tätskiktet som undersökts (tysk entreprenör) befanns dyrare än väntat. Styrofoam väljs som takisolering för att kunna bära en personbil.

Manlucka tillkommer och solfångarkulverten förläggs väster om solfångarfältet.

Olsson redovisar apparatrumssritningar och frågan om slag av tillsatspanna (olja, el) diskuteras.

Dalenbäck redovisar dagsläge i mätprojektet, placering av mätthål, mm.

#### **Tilläggskostnader till dags dato:**

Större apparatrum	50 tkr
Inteckningar	53 tkr
Större tomt och takarea	70 tkr

Tidplanen förskjuts två veckor på grund av markproblem.

#### **Projekteringsmöte nr 4 - December 1986**

Byggnadslov beviljat men komplettering erfordras.

Lidholm redovisar ett förslag till ytvattendränering.

Oljepanna kommer att stå för tillsatsvärmen.

Pressvisning av projektet med bl a Hans Rodhe och Ingvar Ö Andersson, STEV, samt Karin Widegren-Dafgård, Miljö- och Energidepartementet planeras. BFR ska kontaktas för deltagande.

Beslutas att upprätta en ny detaljerad tidplan till nästa möte.

#### **Projekteringsmöte nr 5 - Februari 1987**

Borrning och sprängning av lagret började den 16/1 och beräknas ta ytterligare två veckor i anspråk. Borrningen har varit problemfylld på grund av dåligt berg och Lidholm kontaktas för en jämförelse med förväntad bergkvalitet.

Lagrets utformning måste ändras på grund av kraftiga utfall. Hela lagret sänks 0.4 m, bergkanten flyttas in 0.75 m, apparatrummet flyttas 5 m österut (fristående). Den justerade lagervolymen beräknas bli 800 m<sup>3</sup> om den ursprungliga längden, 14 m, kan bibehållas.

Enligt Dalenbäck påverkar inte den ändrade lagerutformningen utvärderingen på ett avgörande sätt.

Lankro Polykem AB, Kungälv, blir isoleringsentreprenör.

Möjligheten att fylla upp lagret med kommunalt vatten undersöks.

Framtida drift och övervakning diskuteras. Extern fastighetsskötare bör anlitas för daglig tillsyn. Ytterbelysning föreslås bli kopplad till ett summalarm.

Tidplanen revideras för att ta hänsyn till förseningarna (ca 4 veckor) på grund av det dåliga berget.

### **Byggmöte nr 1 - April 1987**

Flodin ordnar med en formell kompletteringsansökan till byggnadsnämnden.

Stora problem vid sprängning rapporteras (bergutfall), varför gjutning av väggar kommer att bli väsentligt dyrare än beräknat (kraftigare väggar erfordras). Tidplanen revideras ytterligare 2 veckor för ny bestämning av väggarnas utformning.

NVS, Växjö, blir VVS-entreprenör och El Marin AB, Göteborg, blir elentreprenör.

Alla mätborrhål utom ett är klara. Dalenbäck redovisar mätprojektets status, med eventuell värmeflödesmätning i väggarna.

### **Byggmöte nr 2 - Maj 1987**

Betongsargerna färdiggjutna. Beslut om att applicera sprutbetong för bättre bergstabilitet och tätning av vattenförande sprickor. Isoleringsmaterialet (direktsprutad polyuretan) kan användas för viss utjämning av ojämnheter, dock max 15 cm.

Isoleringsarbetena kommer att utföras från ställningar istället för lift. mediumdensitetspolyeten (plastfolie) kommer att användas som tätskikt tillsammans med en fiberduk för dränering (ny dansk entreprenör).

Tekniska detaljer som rörförläggning, rörisolering, röravlastning, dränering, expansionsledningar och säkerhetsledningar diskuteras.

Mätborrhålen ska förses med ett betongrör i markytan.

Ny tidplan upprättas med planerad uppfyllning v2687.

Höga extrakostnader medför att extraanslag måste sökas.



### **Byggmöte nr 3 - Juni 1987**

Arbetena med sprutbetong har utförts med bakomliggande dräneringsmöjligheter (typ platonmatta).

Isoleringsarbetena har utförts enligt tidplanen, men tätskiktsentreprenören anser att ytorna är för ojämna och måste jämnas av.

Arbeten med rör, apparatrum och solfångare löper planenligt. Start av solfångarkretsen flyttas till v3087.

### **Byggmöte nr 4 - Oktober 1987**

Gräslund redovisar att det krävts ytterligare 12 m<sup>3</sup> isolering för att motsvara tätskiktsentreprenörens jämnhetskrav.

Tätskiktsduk monterades v2787. Vid uppfyllning befanns lagret läcka cirka 2 m<sup>3</sup>/timme (!) Lagret pumpades ur och tätskiktet lagades den 8/8, varefter det fylldes återigen. Fortfarande läckage. Nya dukstycken applicerades i hörnen utan att lagret blev tätt.

En ny fabrikstillverkad duk applicerades 27/8. Påfyllning. Nu konstaterades att läckaget reducerats till 100 l/timme den 28/8. Lagret pumpades åter ur den 21/9 och skarvarna testades med vakuumsugning, vilket inte visade sig vara en direkt bra metod. Skarvarna tätades. Påfyllning, fortfarande läckage.

En ytterligare tredje kraftigare duk monterades 1/10, varpå läckaget minskade till cirka 50 l/timme. För att utreda om "läckaget" berodde på avdunstning eller läckage hälldes ett spårämne (litiumklorid) i lagret, varvid man kunde konstatera läckage. Lagret töms på nytt för detaljerad inspektion. Flera små hål upptäcks och lagas. Ny återfyllning planeras.

Solfångare och övriga rörarbeten löper planenligt. Tidplanen revideras åter, nu på grund av problemen med tätduken. Slutbesiktning planeras till v4987.

### **Byggmöte nr 5 - December 1987**

Återigen kunde man konstatera en viss otäthet. Slutbesiktning skjuts på framtiden. Beslutas att täcka över lagret och varmhålla det under vinterperioden med hjälp av oljepannan för att skapa vissa utvärderingsmöjligheter.

Solfångare och övriga arbeten i princip färdigställda.

Mer genomgripande åtgärder måste utredas.

### **Byggmöte nr 6 - Maj 1988**

Två omkonstruktionsalternativ, armerad sprutbetong och flourplast, presenteras av Hultmark.

Extraanslag beviljade. Totalt beviljade medel 4.762 tkr, varav 4.549 tkr är utbetalt. Återstående medel, 213 tkr, beräknas täcka ett eventuellt nytt tätskikt (tidigare tätskiktsentreprenör erhöll inga medel) och utbetalas efter godkänd slutbesiktning.

Dalenbäck redogjorde kort för utvärderingen under våren.

### **Byggmöte nr 7 - September 1988**

Omkonstruktionsalternativen diskuteras. Hultmark redogör för armerad sprutbetong, typ Densit, som är 10 ggr tätare än normal betong och tål 250 °C. Osäkert om isoleringen är tillräckligt styv för att betongen inte ska spricka, vilket måste utredas ytterligare.

Hultmark redogjorde vidare för flourplast, typ Aclar, som har förnämliga egenskaper men är svår att sammanfoga och föreslog labtester. Flourplast, typ teflon, hade testats i en testgrop utan större framgång.

Ett tredje alternativ var att återigen ta kontakt med den tyska tätskiktsentreprenören.

Projektet "läggs på is" tills vidare för ytterligare utredningar.

### **Telefonkonferens - Juni 1989**

Hultmark redovisar ett nytt omkonstruktionsalternativ som går ut på att man uppför en valsad öppen stålcylander i lagret. En sådan åtgärd skulle dels innebära att man fick uppföra en mindre provtank inför Säröprojektet (samma typ av tank planerades att användas där), dels skulle man få en fungerande anläggning. Dessutom skulle kostnaden kunna täckas med tillgängliga medel.

Dalenbäck och Olsson redovisade erfarenheterna från en okulärbesiktning den 1/6 (tomt lager).

### **Byggmöte nr 8 - Augusti 1989**

Beslutas att uppföra en valsad stålcylander, typ Bjurenwall, i lagret. Halva betongbjälklaget lyfts av och gropens exakta dimensioner bestäms. Tätskiktsduken avlägsnas i botten och 1.5 m upp på väggarna. En betongplatta gjuts ovanpå befintlig grusbädd. Preliminärt uppförs sedan en tank med 7.5 m diam. och höjden 7 m, vilket ger knappt 300 m<sup>3</sup> vattenvolym.

Galvanisk korrosion mellan tank (aluzink) och befintliga kopparrör utreds. Inga genomföringar i väggarna. Överytan begjuts med paraffinolja (diffusionsspärr).

Manluckan bör placeras på lämpligt ställe i anslutning till tankväggen.

Kostnaden bedöms kunna täckas av återstående beviljade medel, 213 tkr.

### **Slutbesiktning - Januari 1990**

Anläggningen ännu inte i drift på grund av att vissa ändringar i styr- och reglerfunktionerna inte kommit till stånd ännu. I övrigt är anläggningen färdigställd och lagret uppfyllt.

Efterbesiktningsmöte bestäms till april då anläggningen beräknas vara i drift.

### **Efterbesiktning - April 1990**

Anläggningen färdigställd och funktionsprovad (Dalenbäck, Olsson). Sluthandlingar avseende styr- och regler saknas dock fortfarande.

En tredjedel av solfångarkretsen tillfälligt ur drift på grund av läckage (solfångarna hade stått oanvända sedan vintern 86/87).

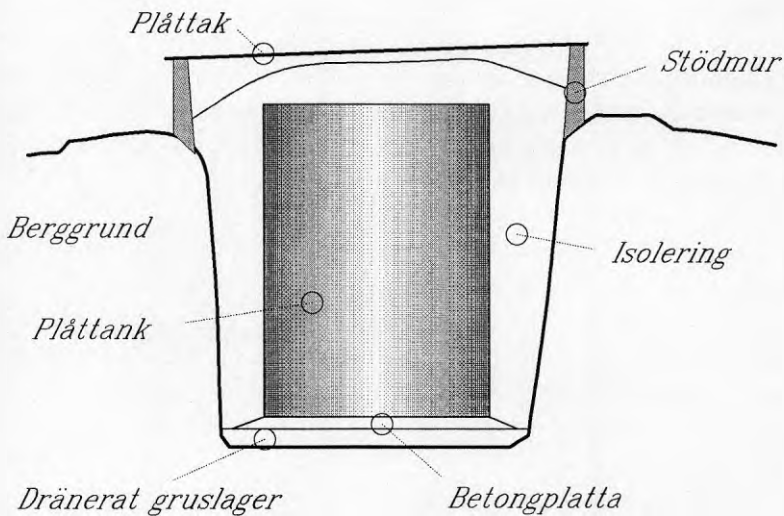
## Sammanfattning

---

Därmed skulle det mycket problemfyllda utvecklingsarbetet med Kronhjortenprojektet förhoppningsvis bringats till ett någorlunda lyckligt slut.

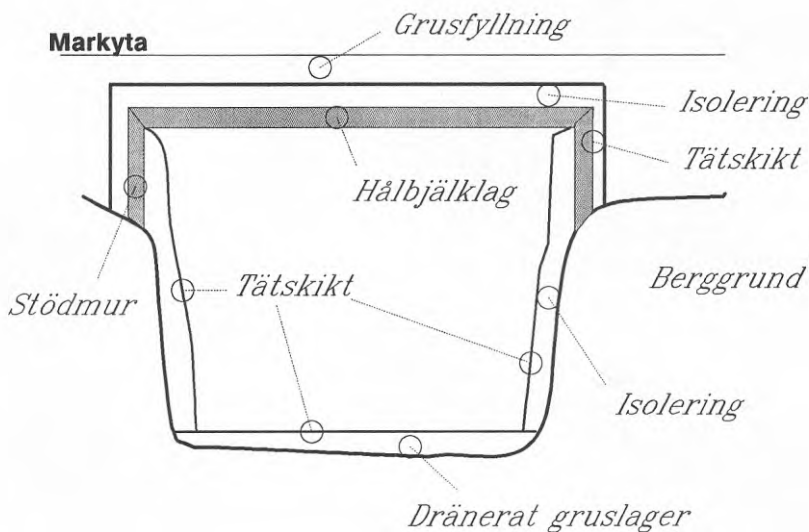
Hade man förutsett de problem som uppstod hade man säkert tvekat att uppföra lagret. Hade man vidare utgått från en konstruktion med den valsade tanken hade man kunnat göra en rund berggrop vilket säkert hade inneburit mindre bergutfall och en viss självstabilisering.

Erfarenheterna från uppförandet av tanken var så positiva att en liknande konstruktion (enligt principskiss nedan) uppfördes i Särö halvåret senare. Där var de bergtekniska förutsättningar avsevärt bättre och sedan fanns det möjlighet att använda lösull som isolering (grundvattenyta under lagret).



## Byggnation - Isolerad berggrop

---



### Bild 1

Bygnadsarbetena startade vintern 1986 och avsikten var att uppföra ett kontorshotell i anslutning till solvärmeanläggningen under 1987. Så blev inte fallet, utan anläggningen kom istället att värmeförsörja en industrilokal med ungefär lika stort värmebehov.

### Bild 2

Bilden är tagen inför första sprängsalvan i januari 1987. Hans Rodhe, Statens energiverk, avlossade salvan under lokalpressens överinseende. För att inte sprängstenar ska flyga omkring läggs dämpmattor ovanpå marken.



### **Bild 3**

Arbetena med borrhning och sprängning fortsatte i mycket långsammare tempo än beräknat. Det tog ett par månader att spränga ut lagergropen.

Vid bergssprängning borrar hål i vilka sprängmedlet förs ner. Borrhningen beredde senare stora problem genom att berget var så uppsprucket att borret kilade fast och flera borrhkronor än normalt behövde bytas.

### **Bild 4**

Det lossprängda berget grävdes ut med grävmaskin. Detta arbetsmoment kunde genomföras som beräknat.



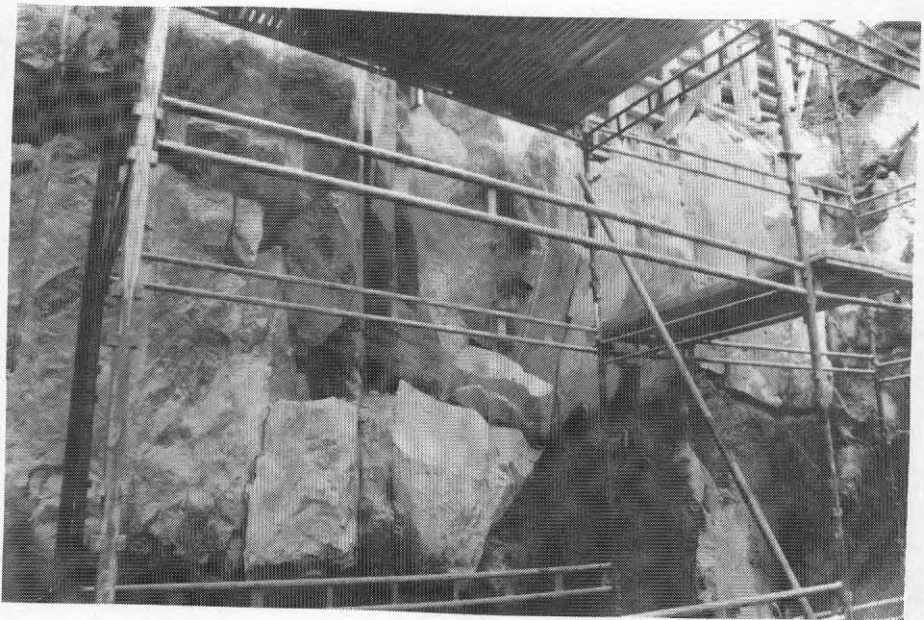


### **Bild 5**

Lagergropen börjar ta form men det sprickiga berget gav bergväggar som var långtifrån så jämna som man hade förväntat sig.

### **Bild 6**

Man tvingades att göra omfattande förstärknings- och avjämningsarbeten på bergväggarna med sprutbetong. Ställningar fick resas runt hela gropen.

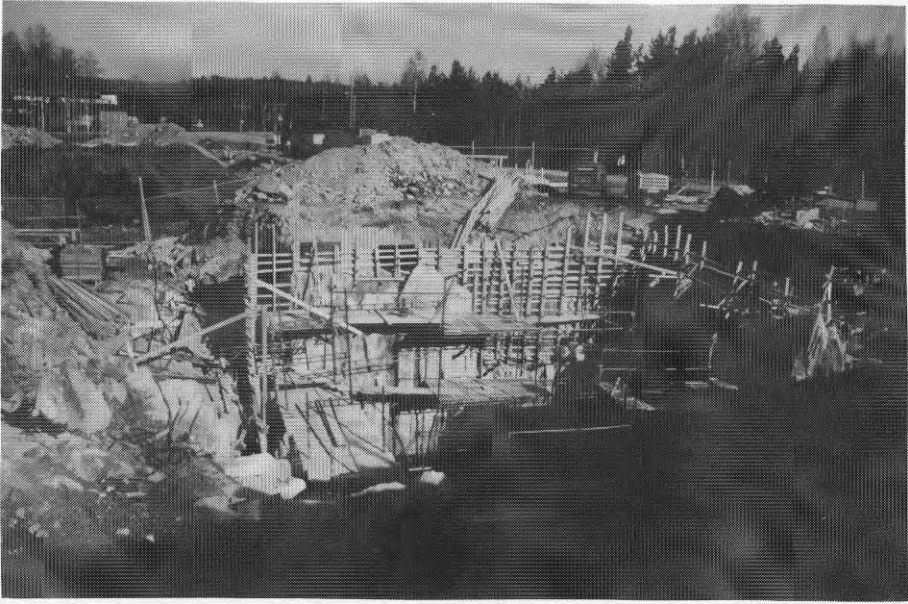


### **Bild 7**

Formning för stödväggarna av betong. På grund av stora utfall fick stödväggarna göras både högre och kraftigare än beräknat.

### **Bild 8**

Solfångarna kom på plats enligt tidplan tidigt på våren 1987. Då visste man ännu inte vilka ytterligare problem man hade framför sig med lagerkonstruktionen och hur mycket försenat projektet skulle bli.



### **Bild 9**

Solfångarna förbinds till den markförlagda kulverten med flexibla bronsrör som tål vissa lägesvariationer på grund av källsättningar och andra markrörelser.

### **Bild 10**

Översiktsbild på lagret med solfångarfältet och värmecentralen (lilla huset i högra bildkanten).

Lagrets stödväggar är färdigjutna och lagret liknar mer en fyrkantig betonglåda än den berggrop man hade projekterat. I bakre hörnet syns överdelen på den invändiga dräneringsbrunnen.



**Bild 11**

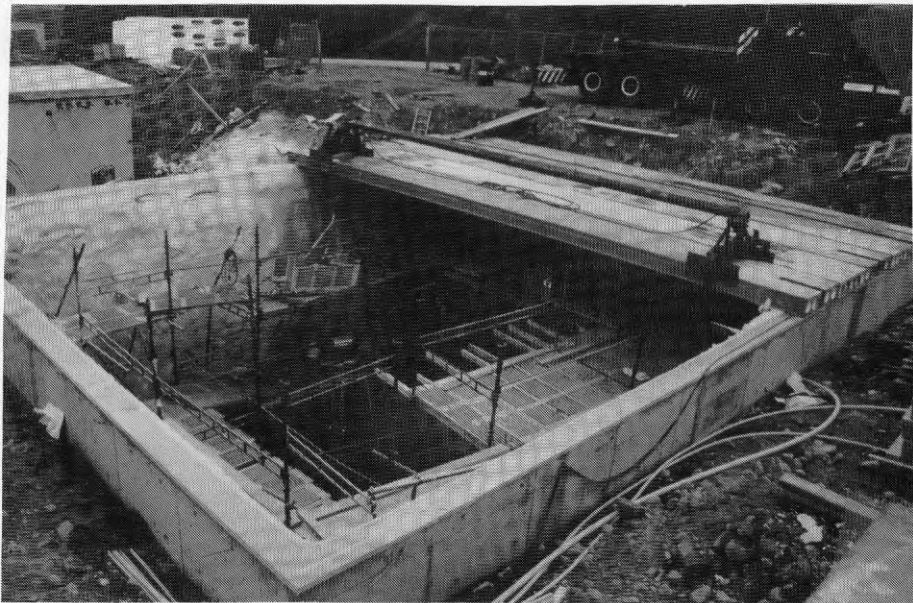
Lagergropen isolerades med polyuretan som sprutades direkt på bergväggarna (och stödväggarna). Detta arbete förlöpte som väntat och stipulerad densitet kunde innehållas.

Under isoleringsarbetena täcktes lagret över med betongbjälklaget, vilket sedan åter lyftes av för applicering av tätskiktsduken.

**Bild 12**

Två projektdeltagare i samspråk i samband med isoleringsarbetena.





### **Bild 13**

Som tak används prefabricerade hålbetongbjälklag som lyftes på plats med byggkran.

### **Bild 14**

Isoleringens densitet och jämnhet kontrolleras här av konsult Jonas Gräslund.

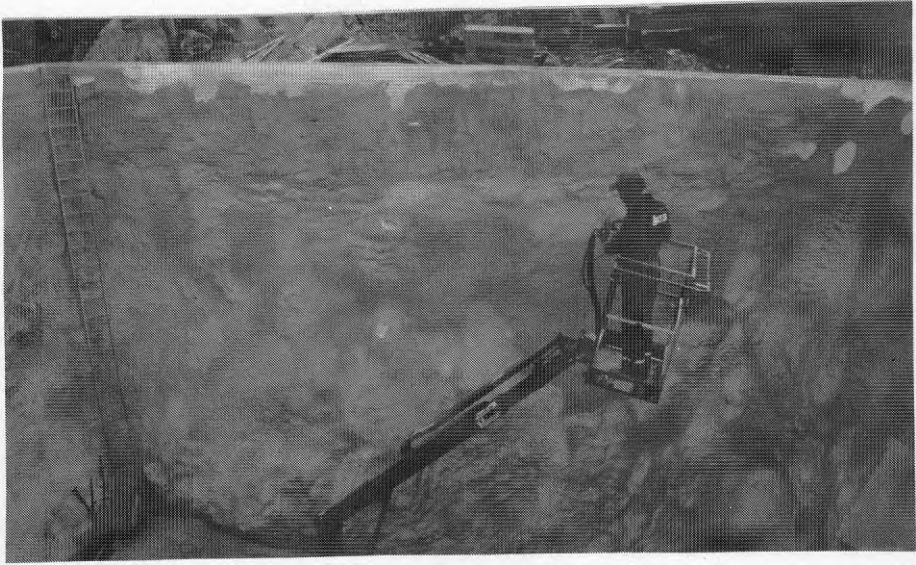


**Bild 15**

Här pågår en del efterjusteringsarbeten på grund av tätskiktsentreprenörens krav på ytjämnhet.

**Bild 16**

Efterjusteringsarbetena utfördes från en sky-lift som lyfts ner i lagret.



**Bild 17**

Botten dräneras, avjämnas och packas så att sättningar inte ska uppkomma när lagret vattenfylls.

**Bild 18**

Urtagning i sargen för rör mellan lagret och apparatrummet.



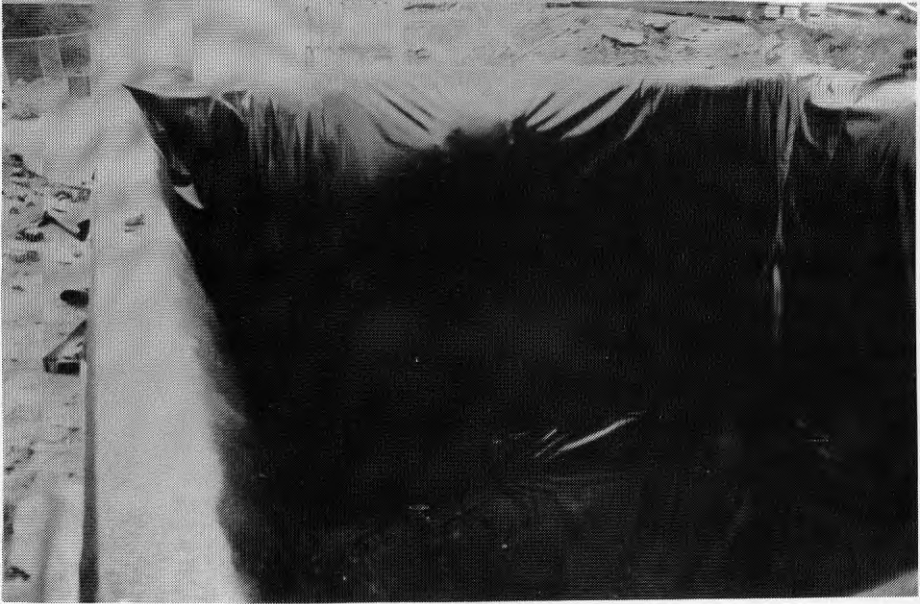
**Bild 19**

Här har den första tätskiktsduken applicerats.

**Bild 20**

Lagret vattenfylls för kontroll av tätheten.





**Bild 21**

Lagret blev inte riktigt tätt trots flera försök (tre dukar + lagning). De främsta orsakerna var svårigheter att skarva på plats och bristande materialkvalitet (små hål i dukarna).

**Bild 22**

Vy över lagergröp och solfångarfält hösten 1987.

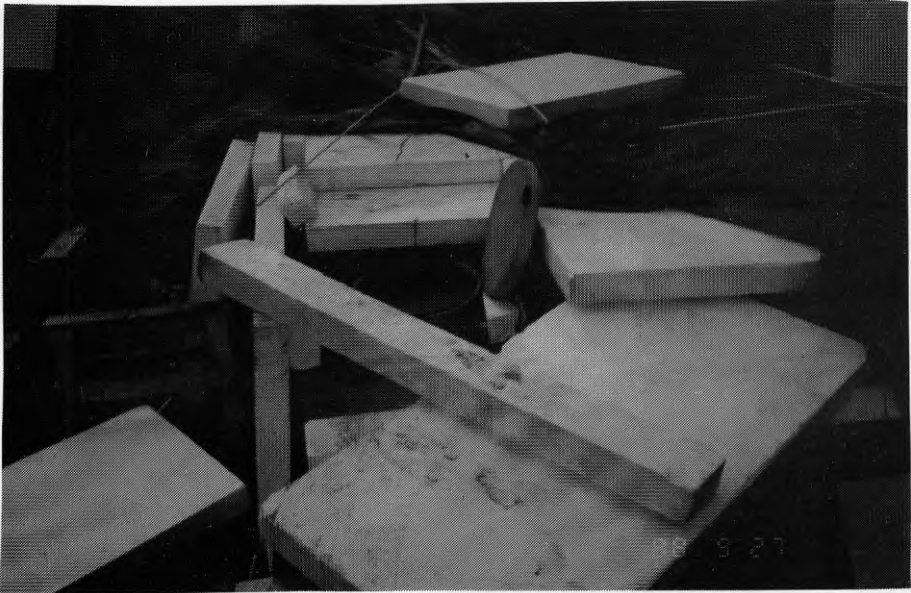


### **Bild 23**

Trots att lagret aldrig blev riktigt tätt beslöt man att lägga på betongbjälklag och isolering inför vintern. I bakgrunden syns värme-centralen med anslutande rör.

### **Bild 24**

Pumpgrop för dräneringen i lagrets nordöstra hörn. Isoleringen ovanpå lagret utfördes med styrofoam (Ecoprim) markskivor.



### **Bild 25**

Lagret klart för en första anvärmning. Presenningar har fått ersätta den slutliga återfyllningen med grus och jord i avvaktan på en omkonstruktion. I bakgrunden kan man se den industrilokal som kom att värmeförsörjas från värmecentralen.

### **Bild 26**

Rörförbindningar mellan lager och apparatrum.



### **Bild 27 och 28**

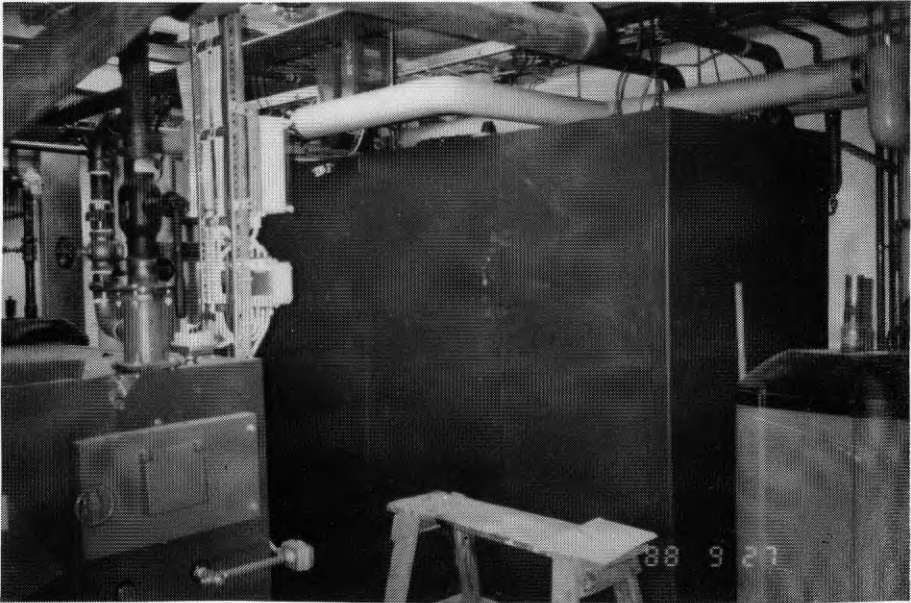
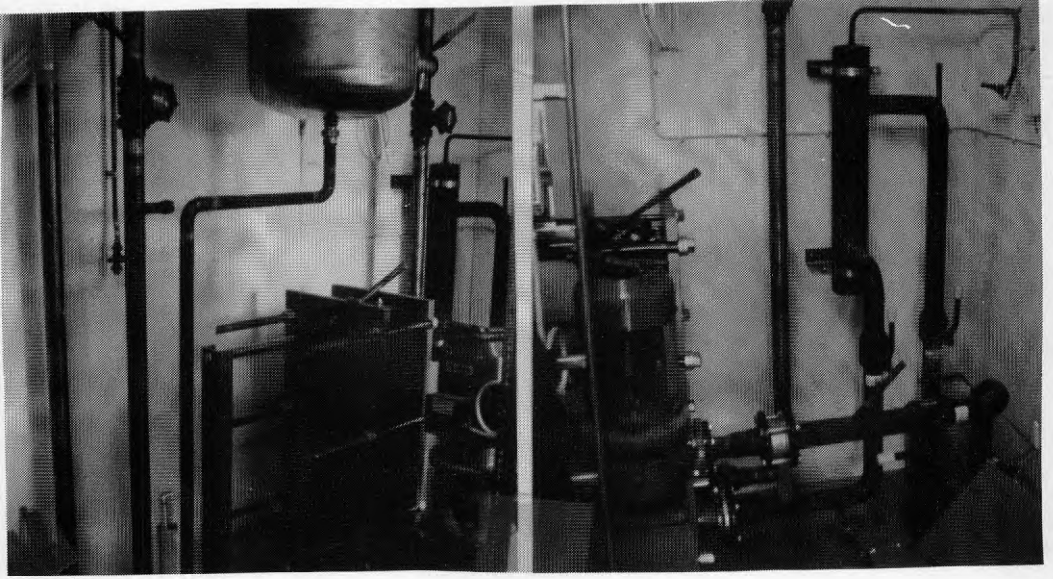
Inne i apparatrummet återstår endast en del isoleringsarbeten. Bilderna visar värmeväxlare och expansionskärl resp. avluftare i solfångarsystemet.

Då lagret är förlagt under markytan är vätskepumparna i anslutning till lagret placerade i pumpgropar (mindre sughöjd) inne i apparatrummet.

### **Bild 29**

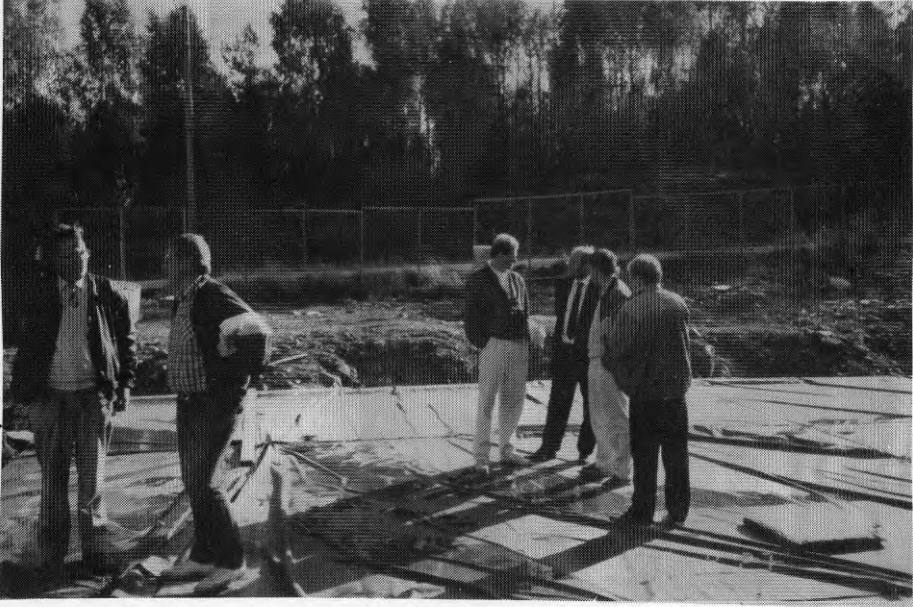
En oljepanna med tillhörande oljetank kompletterar solvärmeanläggningen.





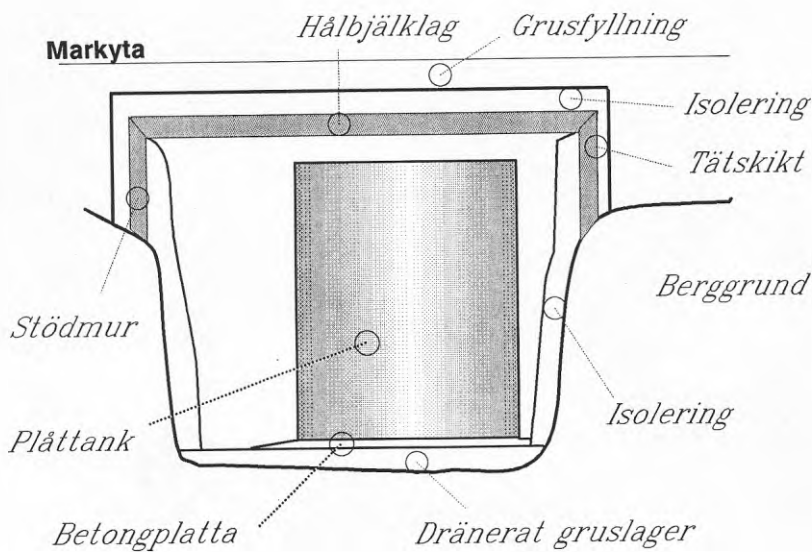
**Bild 30**

Projektgruppen diskuterar omkonstruktionsalternativ under byggmöte hösten 1988.



## Omkonstruktion - Valsad plåttank

---

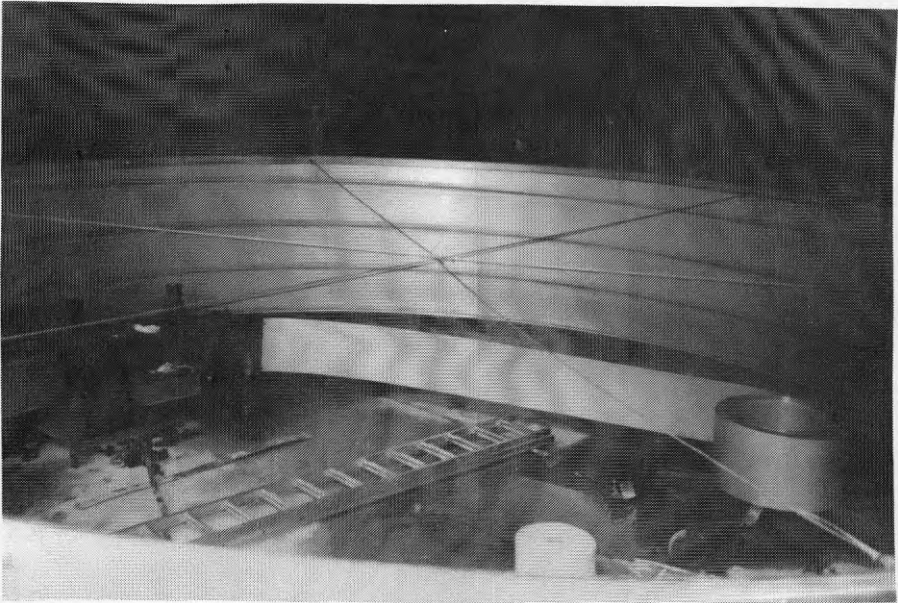
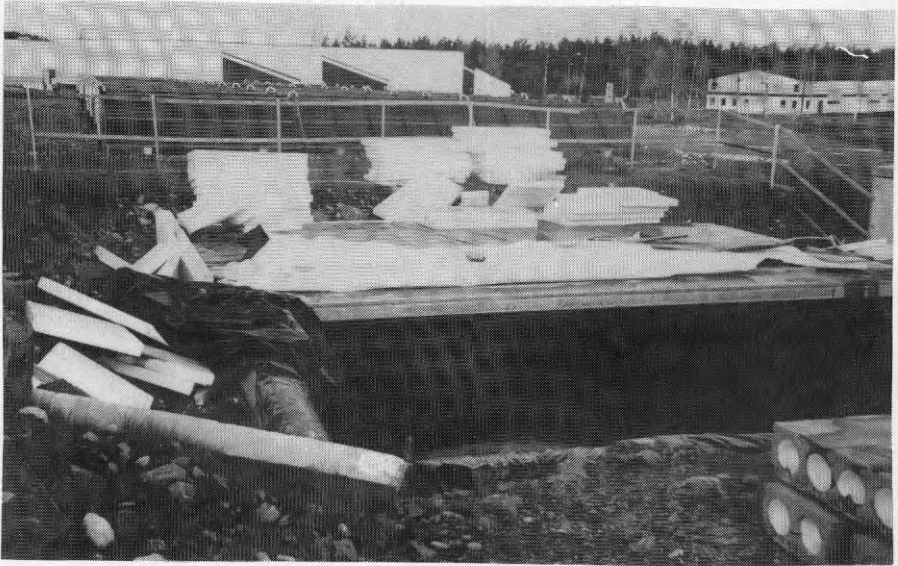


**Bild 31 - Hösten 1989**

Presenningar, isolering, tätduk och halva betongbjälklaget lyfts av för att komma åt och åtgärda lagergropan (ta bort viss tätduk och gjuta bottenplatta) och kunna lyfta ner plåtrullar och valsningsutrustningen.

**Bild 32**

Plåtcyldern börjar ta form. Överkanten sågas av och förstärks med korslagda vajrar.

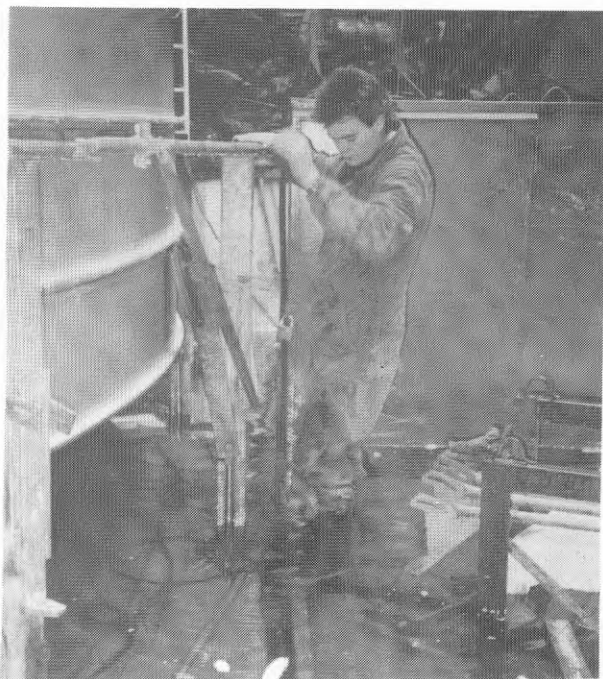


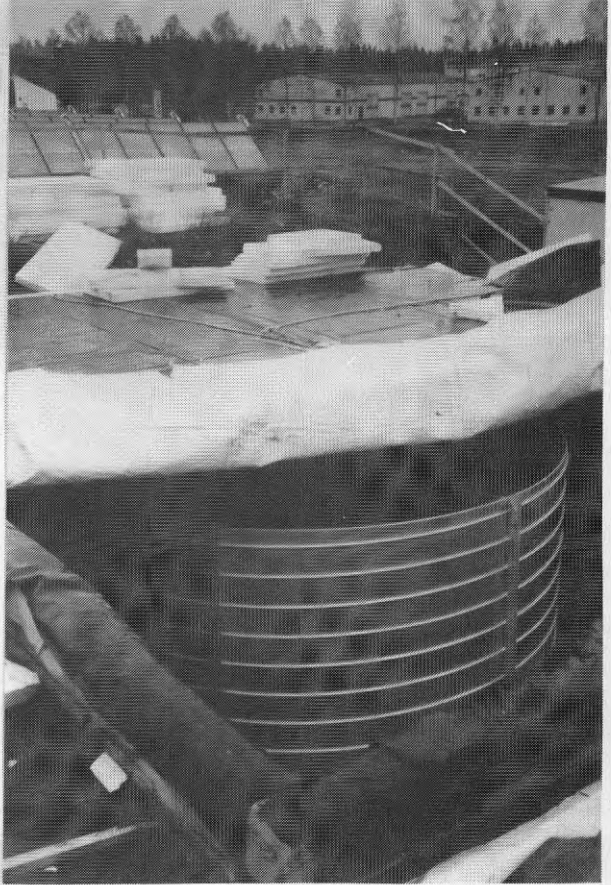
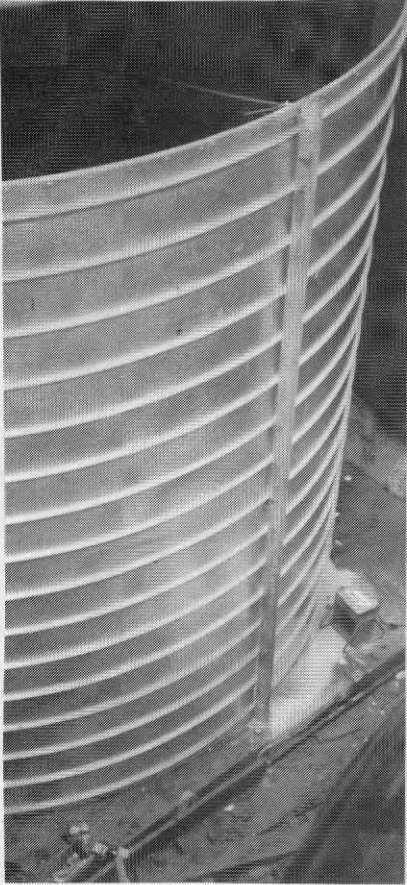
**Bild 33**

Plåtcyklern växer underifrån. Under valsningen förs cylindern runt i en vagn som löper i ett spår i bottenplattan.

**Bild 34,35 och 36**

Plåtcyklern står klar att fyllas med vatten och bjälklag och isolering läggs tillbaks.









## BILAGA 2 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1990

Period	Solv. totalt (MWh)	Solv. per dag (MWh/d)	Urlagrad värme (MWh)	Temp. i lagret (°C)	Distr. värme (MWh)
27/3-6/4	4	0.4	0	32	4.5
6/4-19/6	10	0.1 <sup>1)</sup>	0	38	11
19/6-6/7 <sup>2)</sup>	9	0.5	0	40	0 <sup>3)</sup>
6/7-26/7	10	0.5	0	48	0 <sup>3)</sup>
26/7-2/8	5	0.7	0	51	0 <sup>3)</sup>
2/8-8/8	4	1.0	1 <sup>4)</sup>	53	1 <sup>4)</sup>
8/8-16/8	4	0.5	0	55	0 <sup>3)</sup>
16/8-23/8	4	0.6	0	60	0 <sup>3)</sup>
23/8-6/9	8	0.6	2	62	2
6/9-11/10 <sup>2)</sup>	7	0.2	5	55	7
11/10-16/11	8	0.2	0	34	15
				33	
<b>Totalt</b>	<b>73</b>		<b>8</b>		<b>40.5</b>

1) Solfångarkretsen avstängd del av tiden.

2) Lagret fylls med grundvatten.

3) Ingen värmelast, ingen utnyttjad solvärme.

4) Påtvingad urlagring/distribution vid funktionskontroll.



## BILAGA 3 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1990

---

### Februari 1990

Projektmöte efter installation av plåttank och inför driftsäsongen 1990. In- och urlagringspumparna i drift (nedre utlopp resp. inlopp i hand). Distributionskretsen (retur) värmer lagret till ca 36 °C. Påfyllning av olja i lagret (diffusionsspärr).

### Mars

Funktionskontroll (JOD/FLK) som underlag till färdigställning inför efterbesiktning av styr- och regler efter ändringar i distributionskretsen och installation av plåttanken. Förslag till mindre ändringar av styr- och reglerfunktionerna meddelas elentreprenören. Två av tre solfångargrupper i drift. En avstängd pga av läckage i en solfångare.

### April

Efterbesiktning. Endast mindre detaljer återstod att fixa, men solfångaren fortfarande inte lagad. Endast nedre utlopp användes vid urlagring då det inte går att vattenfylla det övre röret (inläckage av luft?).

### Maj

Solfångarkretsen ur drift en längre period. Solfångare lagas (TeknoTerm), påfyllning av olja i solfångarkretsen (CTH/NVS 2x200 liter).

### Juni

Hela anläggningen i drift med urlagring, dock saknas värmebehov och fortfarande kan endast nedre utlopp (luftläckage?) användas vid urlagring. Två glas krossade på en solfångare. Kretsen med det krossade glaset sedemera avstängd (risk för läckage?/NVS).

## **Juli**

Dräneringspumpens motorskydd löst (under semesterperioden), varvid lagerropen (utrymmet mellan PUR/bergvägg och tanken) fylls med grundvatten som värms upp av tanken.

## **Augusti**

Lagret dräneras (NCC, tillfällig drännpump genom manluckan till lagret). Påtvingad urlagring/distribution (CTH/FLK) 2-8/8. Kretsen med krossat glas tas åter i drift (JOD/SO).

Anmärkningar vid efterbesiktning fortfarande inte åtgärdade. Brev sänds till elentreprenören (FLK)

## **September och oktober**

Mot slutet av perioden var den tillfälliga drännpumpen tillfälligt ur funktion. Oförändrad status för övrigt. Lägesrapport sammanställs (Dalenbäck, 1990a).

## **November**

Projektmöte 27/11 med syfte att diskutera fortsättningen.

## **December 1990**

Förhandskontakter med MCTH om övervakning och mätningar under 1991, varefter ett programförslag för 1991 togs fram (Dalenbäck, 1990b).

## BILAGA 4 - Sammanställda mätresultat Kronhjorten 1991

---

	Tillförd solvärme	Distr. värme
<b>Perioden 0390-0391</b>		
27/3 1990 - 16/11	73.0	40.5
16/11 - 8/3 1991	15.0	88.6
<b>Totalt under året (MWh)</b>	<b>88.0</b>	<b>129.1</b>

---

<b>Perioden 0391-0392</b>		
8/3 1991 - 4/4	11.8	14.3
4/4 - 24/4	14.3	9.6
24/4 - 26/6	36.8	13.1
26/6 1991 - 10/3 1992	72.6	134.0
<b>Totalt under året (MWh)</b>	<b>135.5</b>	<b>171.0</b>

---

### Mätcentralen CTH - April-Dec 1991 (MWh)

April *	13.7	9.5
Maj *	20.1	6.4
Juni *	5.8	2.4
Juli	31.0	1.0
Aug *	16.5	1.7
Sep	12.7	5.0
Okt	3.4	15.0
Nov	2.4	18.5
Dec	2.2	24.9
<b>Totalt under perioden</b>	<b>107.7</b>	<b>84.4</b>

---

\* Mätdata saknas ett par dagar.



## **BILAGA 5 - Dagboksanteckningar Kronhjorten 1991/92**

---

### **Mars 1991**

Funktionsbesiktning och idrifttagning (JOD/SO) av anläggningen.

### **April**

Installation och idrifttagning av mät- och övervakningssystem i början av månaden (MCTH). Ny dränump installerad.

### **Maj - November**

Anläggning fungerar i stort på avsett sätt och mätvärden överförs kontinuerligt till CTH. Sporadiska kontrollbesök utförs.

### **December 1991**

Mätsystemet slutar att fungera.

### **Mars 1992**

Okulärbesiktning i tanken och projektmöte för diskussion om anläggningens framtid. Det visar sig att dräneringen återigen är ur funktion och lagret är till hälften vattenfyllt.

Slutrapport sammanställs (denna rapport).









R40:1992

ISBN 91-540-5496-6

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6812040

Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirkapris: 60 kr exkl moms