



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**

**R16:1988**

**Grupphusområde med  
säsongslagrad solenergi i Särö**

**Förstudie**

**Jonas Gräslund**

K/A

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plad	Ser

**Byggeforskningsrådet**

R16:1988

GRUPPHUSOMRÅDE MED SÄSONGSLAGRAD SOLENERGI  
I SARÖ

Förstudie

Jonas Gräslund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860435-9  
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson  
& Hultmark, Göteborg.

## REFERAT

Rapporten beskriver ett nybyggnadsområde med 45 st lägenheter i Särö 2 mil söder om Göteborg, som föreslås förses med solfångartak anslutna till ett isolerat säsongsvärmelager i mark. Genom att använda en ny högtemperatursolfångare integrerad i tak kan takytorna producera 60-70% av byggnadernas årliga värmebehov utan att ytterligare markyta behöver tas i anspråk för solfångaruppställning.

Systemet beskrivs i detalj och förhållandet mellan solfångaryta, lagervolym, lagerisolering samt solvärm täckningsgrad utredes ekonomiskt och tekniskt.

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.

R16:1988

ISBN 91-540-4849-4  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SID

---

FÖRORD	1
1. SAMMANFATTNING	2
2. INLEDNING	3
2.1 Allmänt	3
2.2 Lambohov-konceptet	3
2.3 Särö-konceptet	4
3. BOSTADSOMRÅDET	5
3.1 Områdesbeskrivning	5
3.2 Energibehov	6
4. SOLFÅNGARE	7
4.1 Solfångartaket	7
4.2 Verkningsgrad	8
4.3 Samlings- och fördelningsledningar	9
5. LAGER	11
5.1 Isolerat dikesmagasin	11
5.2 Ekonomisk isoleringstjocklek	13
6. VÄRMECENTRAL	19
7. SYSTEMBERÄKNINGAR	22
7.1 Indata	22
7.2 Variation av systemstorlek samt förhållandet mellan lagervolym och solfångaryta	23
8. KOSTNADER	27
8.1 Kostnad för solfångartak och rörinstallationer	27
8.2 Kostnad för isolerat dikesmagasin	27
8.3 Kostnad för värmepanna inkl. kringutrustning	30
8.4 Framtida kostnader	31
9. RESULTAT	32
9.1 Energipris för solvärmesystemet	32
9.2 Energipris för solvärmesystemet med framtida kostnader	35
10. SLUTSATSER	38
11. REFERENSER	40



## FÖRORD

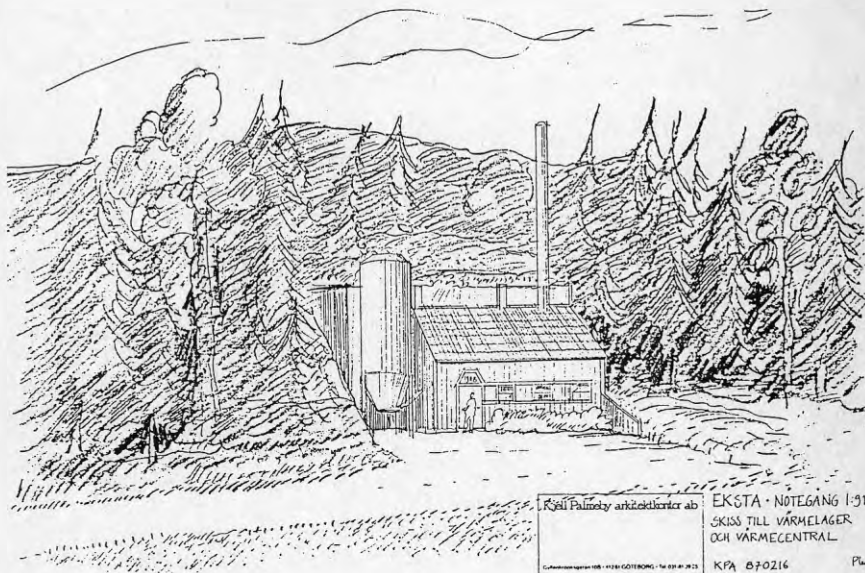
Flera projekt med säsongslagrad solvärme för grupphusbebyggelse har tidigare utförts i Sverige, t ex i Ingelstad och Lambohov.

Sedan dessa båda anläggningar byggts har funktion, effektivitet och kostnad för solfångare, system och lager utvecklats i gynnsam riktning.

I denna förstudie kombineras den senaste tekniken för solfångarsystem och för isolerade lager för att erhålla en så effektiv och ekonomisk solvärmeanläggning som möjligt.

Arbetet med förstudien har utförts av Jonas Gräslund, AB Andersson & Hultmark samt av Jan-Olof Dalenbäck, Avd. för Installationsteknik, Chalmers.

Jan-Olof Dalenbäck har utfört datorberäkningar med programmet SIMSYS samt skrivit kapitel 5.2, Ekonomisk isoleringstjocklek.



Kjell Palmesty arkitektkontor ab

Carlsholmsvägen 108 - 131 83 GÖTEBORG - Tel 031-41 213

EKSTÅ · NOTEGÅNG 1:31  
SKISS TILL VÄRMELAGER  
OCH VÄRMECENTRAL

KPA 870216

Plan

Förslag på placering av värmelager i Särö med värmecentral och pelletssilo i anslutning till värmelagrets gavel.

## 1. SAMMANFATTNING

I Särö 2 mil söder om Göteborg planeras nybyggnad av 45 st lägenheter (3.500 m<sup>2</sup> byggnadsyta) som skall värmas av en gruppcentral.

Genom att söderorientera takytorna och förse dessa med solfångare integrerade i tak som ansluts till och värmer upp ett isolerat marklager, kan 60-70% av årsvärmebehovet täckas med solenergi.

Solfångartaket, som är en utveckling från tidigare BFR-stödda projekt, är försett med ett konvektionshinder samt extra isolering för att höja energiutbytet. Taket är utfört i traditionell taklutning, 27 grader.

Värmelagret är isolerat med 20 cm polyuretanskum i väggarna, 24 cm markisolering i taket och oisolerat i golv. Ett tätskikt förhindrar lagervattnet att diffundera in i isoleringen och vidare till omgivningen.

Tillsatsvärmen föreslås bestå av fastbränsle. Med 850 m<sup>2</sup> taksolfångare och 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym kan 60% av totala energibehovet 403 MWh täckas. Energiutbytet ut från lager är då 283 kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta och år. Årsförlusterna från lagret utgör 19% av inlagrad energi. Resterande andel av energibehovet förses med en fastbränslepanna alternativt en oljepanna.

För att erhålla motsvarande energiutbyte med ett solfångartak utan konvektionshinder krävs 1.300 m<sup>2</sup> solfångaryta, d v s en utökning av solfångarytan på 53%

Kostnaden för solvärmesystemet är 7,8 kr/årlig kWh (april 1987).

Totala energikostnaden är 64 öre/kWh i sol/pellets-alternativet, 61 öre/kWh i sol/flis-alternativet och 55 öre/kWh i sol/olja-alternativet. Energikostnaden för solvärmen ut från lager är 69 öre/kWh. Efter framtida prisreduceringar sjunker energikostnaden till 55 öre/kWh, 53 öre/kWh resp. 49 öre/kWh och priset för solvärmen ut från lagret till 55 öre/kWh.

Det bör noteras att dessa priser gäller för denna "nedskalade" anläggningsstorlek.

En kommersiell anläggning bör vara 5 - 10 ggr större än den här föreslagna då framförallt kostnaden per m<sup>3</sup> lagervolym men även fasta kostnader för rör- och regler (VVS) sjunker med ökad storlek.



## 2. INLEDNING

### 2.1 Allmänt

Eksta Bostadsstiftelse planerar att våren 1988 uppföra 45 lägenheter samt 8-10 st småhus i Särö 2 mil söder om Göteborg.

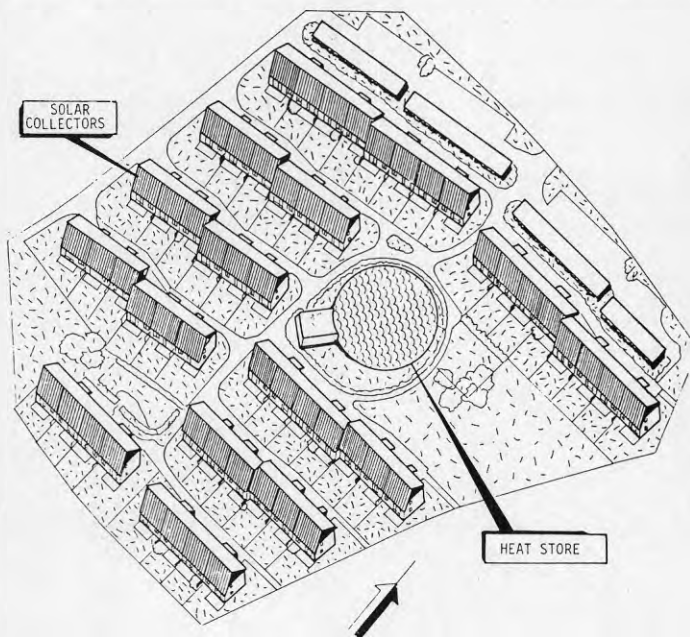
Flerfamiljshusen utgörs av traditionella tvåvåningsbyggnader som är isolerade enligt svensk byggstandard. Byggnaderna orienteras åt söder och förses med solfångartak, vilka även utgör regntak.

En värmecentral inkluderande en värmepanna och huvudpumpar samt ett isolerat dikesmagasin placeras i utkanten av bostadsområdet.

Mellan värmecentral och byggnader dras distributionskylvert för värme, kall- och varmvatten samt ledningar från solfångartak till värmelager.

### 2.2 Lambohov-konceptet

Ett projekt med grundiden solfångartak samt säsongslagring uppfördes 1980 i Lambohov, Linköping.



Figur 2.1 Situationsplan över Lambohov

Här användes osymmetriska tak för att erhålla maximalt solutbyte från de uppvinklade 2.900 m<sup>2</sup> tak-solfångarna, ett 10.000 m<sup>3</sup> isolerat värmelager i centrum av bebyggelsen samt värmepumpar för att förse 55 lägenheter med värme och varmvatten.

Andel sol var planerad till 70% där resterande 30% skulle utgöras av el till värmepumparnas kompressorer.

Värmelagret bestod av en isolerad grop i mark täckt av flytande isolerblock samt gummiduk vilket omöjliggjorde vistelse på lagret, varför lagret måste inhägnas. Dessutom visade sig isoleringen ej fungera tillfredsställande.

Värmecentralen med ackumulatorer, värmepumpar och datorundercentral var komplicerad och dyr.

### 2.3 Särö-konceptet

I Särö-systemet, som också bygger på grundiden solfångartak och säsongslagring, har solfångartaketts prestanda förbättrats såpass att en traditionell takkonstruktion med takvinkeln 27 grader kan användas med gott energiutbyte. En traditionell takkonstruktion medför även ett rationellt och billigt byggande.

Värmelagret isoleras med material som tål fukt samt förses med en takkonstruktion vars överyta är vistelsebar.

Systemlösningen är utförd enkel med få driftfall för att säkerställa god funktion och hög tillgänglighet.

Systemstorleken väljs så att andelen sol är 60-70% av hela energibehovet. En värmepanna krävs för att täcka resterande 30-40% av energibehovet.

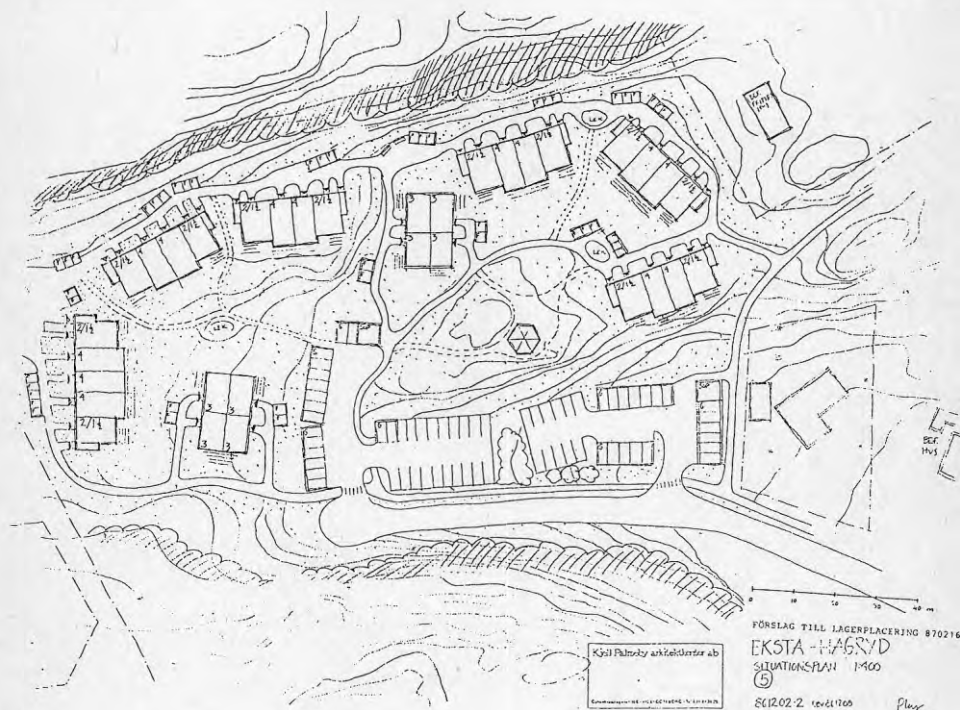
Marginalkostnaderna för täckning av även denna del via solvärme stiger markant när man närmar sig 100% täckning varför en viss andel tillsatsenergi bör ingå i systemet.

### 3. BOSTADSOMRÅDET

#### 3.1 Områdesbeskrivning

Husen består av 1 1/2-, 2-, 3- och 4-rums lägenheter fördelade på 8 st tvåvåningsbyggnader.

Området ligger i en väster-östergående dal. Byggstart är beräknad till våren 1988.



Figur 3.1 Särö-Nötegång

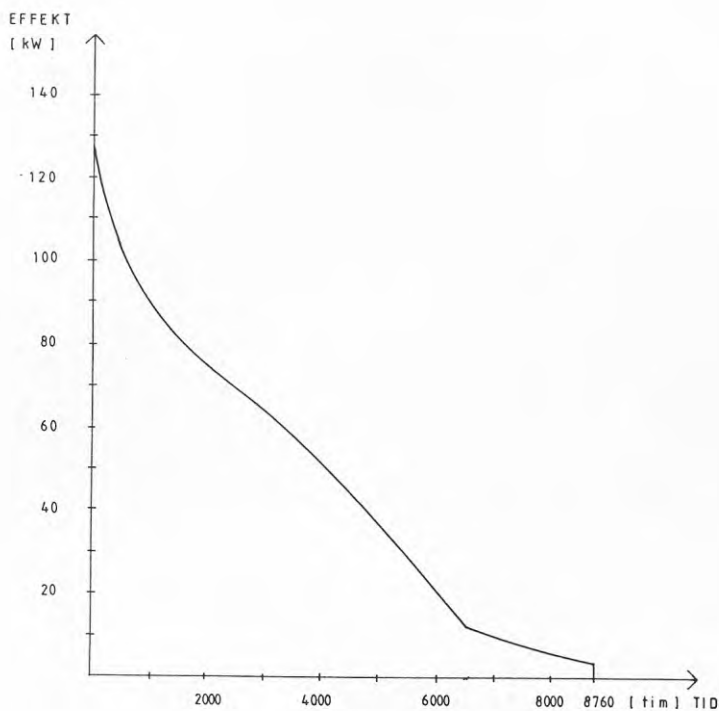
Eventuellt kommer i ett senare skede 8 - 10 st småhus att uppföras i anslutning till flerfamiljshusen och anslutas till värmenätet. Solvärmecentralen dimensioneras för de planerade flerfamiljshusen för att ej riskera överdimensionering. Vid tillkommande småhus täcks detta ökade energibehov med tillsatsvärme, pelletseldning.

### 3.2 Energibehov

Den totala byggnadsytan för flerfamiljshuset är 3.500 m<sup>2</sup>. Husens värmesystem består av radiatorer med termostatventiler. Framledningstemperaturen styrs från värmecentralen och är dimensionerad för 55/45 grad. C (framledningstemp./returledningstemp.) vid dimensionerande utetemperatur -16 grad. C.

Ventilationen löses med individuella lägenhetsfläktar där tilluften värms vid behov av elslingor.

Varmvattnet bereds centralt i värmecentralen.



Figur 3.1 Varaktighetsdiagram för Särö

Varmvattentemperaturen fram är 55 gr. C.

Totala energibehovet är beräknat till 403 MWh per år (115 kWh/m<sup>2</sup>), vilket fördelas på 323 MWh värme inkl. kulvertförluster (36 MWh) samt 80 MWh varmvatten inkl. varmvattencirkulationsförluster.

#### 4. SOLFÅNGARE

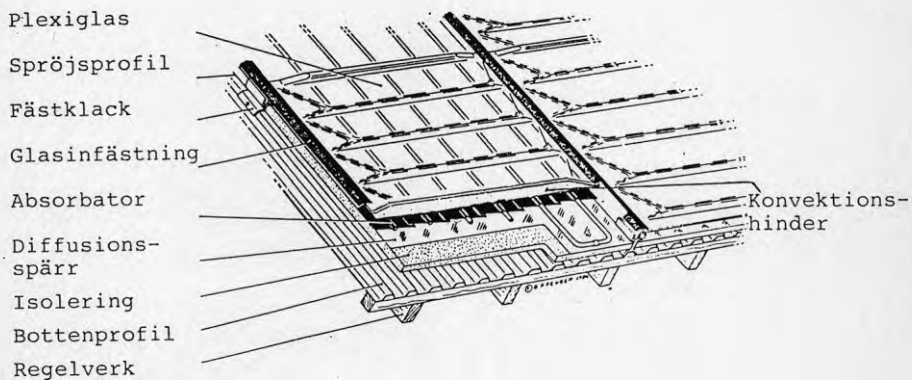
##### 4.1 Solfångartaket

Om samtliga tvåvåningshus södervänds är totala södervända takytan ca 1100 m<sup>2</sup>, d v s 31% av totala byggnadsytan.

I Särö kommer 700 - 900 m<sup>2</sup> takyta vara södervänd och lämplig för solfångartak.

Solfångarna är av plan typ och försedd med konvektionshinder för god verkningsgrad vid höga temperaturer.

Solfångartaket är utvecklat ur de tidigare solfångartaken i t ex Backa, Kullavik, Åsa och Hammarkullen, typ TeknoTerm IT.



Figur 4.1 Solfångare TeknoTerm IT med teflon

Konstruktionen platsbyggs på ett regelverk ovan takstolarna.

Soltaket byggs skikt för skikt med ett korrugerat aluminiumtak som undre skikt följt av isolering, aluminiumfolie, absorbatorer och akryltäckskivor.

Taket är indelat i ett antal fack där spröjsprofiler från takfot till taknock utgör gräns mellan facken samt bär upp täckskivorna.

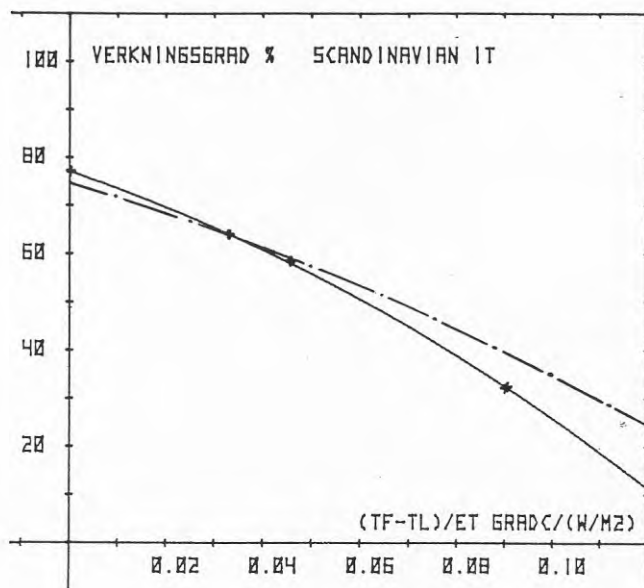
Konvektionshindret, en tunn teflonfolie, är monterad på absorbatoren och hindrar luftrörelser i solfångaren. Eftersom den fria luftrörelsen i solfångaren orsakar en värmetransport från den varmare absorbatoren till de kallare täcksivorna medför konvektionshindret ett ökat solenergiutnyttjande.

I överkant av solfångartaket förläggs fördelnings- samt samlingsledningar.

#### 4.2 Verkningsgrad

Konvektionshindret medför ett högre energiutbyte vid höga driftstemperaturer jämfört med TeknoTerm IT utan teflon.

Täckningsgraden kan således ökas med konstant solfångaryta alternativt täckningsgraden kan hållas konstant med minskad solfångaryta om konvektionshinder av teflon används.



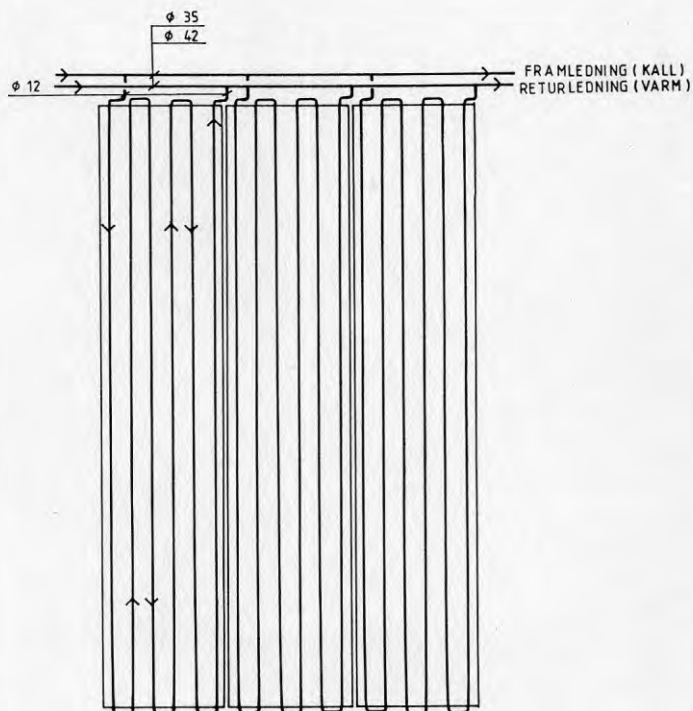
Figur 4.2 Momentan verkningsgradskurva för TeknoTerm IT enligt Statens Provningsanstalt (heldragen) resp. beräknad verkningsgradskurva för TeknoTerm IT med teflon (punkt streckad)

Verkningsgradskurvan ovan har beräknats med datorprogrammet SUNSYST. Mätningar hos Statens Provningsanstalt, Borås, planeras för att validera beräkningarna.

Under hösten -87 skall ett 100 m<sup>2</sup> solfångartak med teflon uppföras i Tuggelite, Karlstad, där energiutbyte samt byggbarhet skall studeras.

#### 4.3 Samlings- och fördelningsledningar

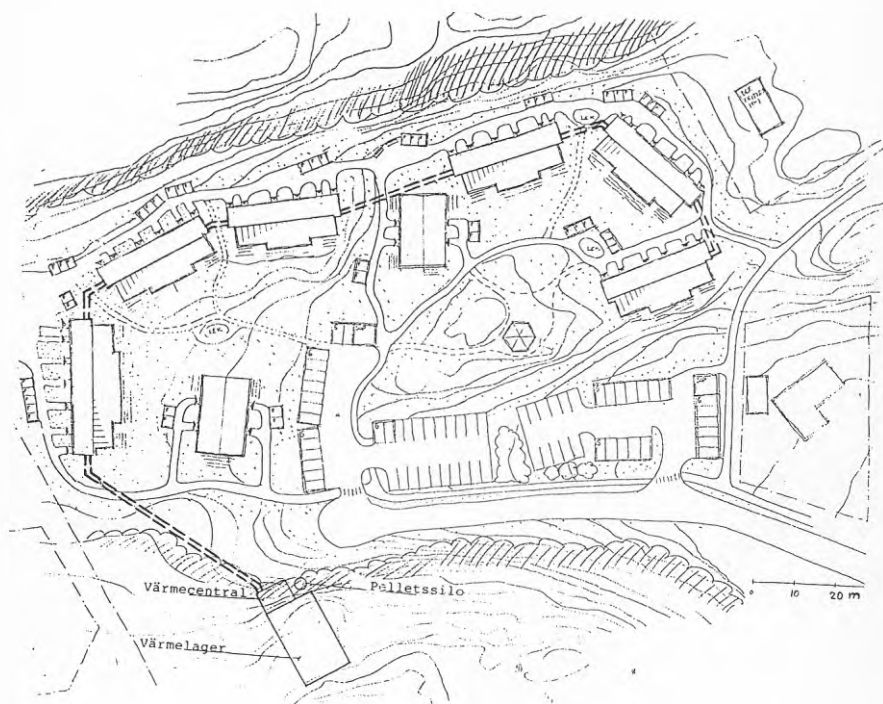
Soltaken förses med samlings- och fördelningsrör i ovankant tak. Varje enskilt soltak utgör en solfångargrupp med avstängnings-, säkerhets- och inregleringsventiler.



Figur 4.3 Del av solfångartak med absorbatorer och fördelnings/samlingsrör

Den totala solfångarytan utgör 850 m<sup>2</sup> solfångaryta fördelad på 6 st tak.

Gruppledningarna dras i vertikala schakt i husen ner till mark där de förläggs invid övriga kulvertrör. Gruppledningarna ansluts till en huvudkulvert i mark som förbinder grupperna med värmecentralen och värmelagret.



Figur 4.4 Solfångartak samt kulvert



## 5. LAGER

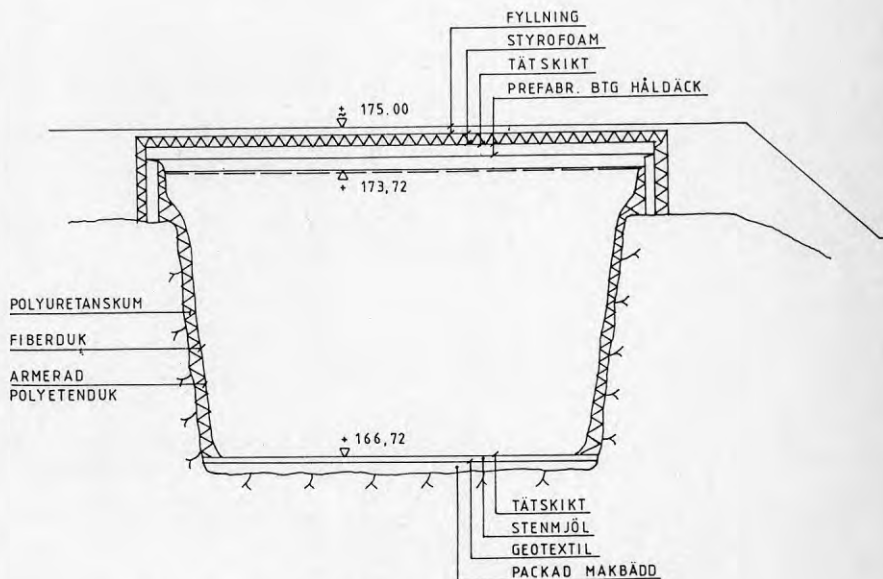
### 5.1 Isolerat dikesmagasin

Dikesmagasin-konceptet består av en grop i mark som täcks med ett tak. Lagerväggarna sprayas med isoler-material och innanför isoleringen, mellan isolering och lagervatten, placeras ett vattentätt skikt.

Själva lagerformen är vald med utgångspunkt från dels rationellt byggande och låg kostnad vid uppförandet av lagret, dels för att erhålla en termisk gynnsam geometri där de horisontella väggarna ger lagret en kubisk form. Lagerväggarna kan sprängas, schaktas och gjudas fram i etapper och brytningen utförs hela tiden i dagbrott i motsats till förfarandet vid bergrum.

Taktäckningen utförs med prefabricerade standard-betonelement vars spännvidd ligger kring 12 m.

Ett dikesmagasin med volymen 1.800 m<sup>3</sup> har måtten 7 m djupt, 12 m brett och 23 m långt. Denna lagerkonstruktion har en större förlustyta mot omgivningen än ett cirkulärt lager men valdes p g a att ett prefabricerat takelement med längden 12 m ger en billigare lösning än ett platsgjutet runt tak.



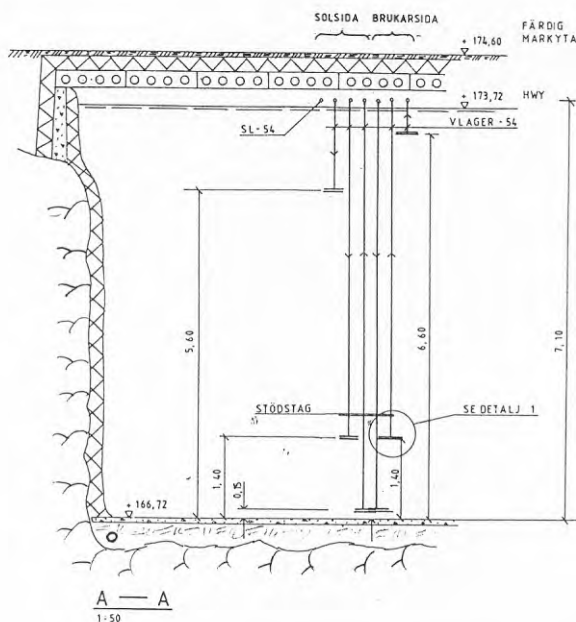
SEKTION AV KRONHJORTENLAGRET

Figur 5.1 Sektion av dikesmagasin

## Byggnadsteknik:

Lagret sprängs och schaktas ur med slanter utefter lagerväggarna för att minska mängden erforderlig förstärkning. Ytor mot mark som ej består av berg förses med betongväggar. Golvet täckes med 20 cm makadam samt 5 cm stenmjöl. Båda skikten packas väl. Runt lagret gjuts en ram för att bära takelementen.

När lagerstommen är klar och takelementen lagda på plats torkas ytorna rena för att garantera gott isoleringsresultat.



Figur 5.2 Installationer i dikesmagasin

En primer stryks på samtliga ytor för att erhålla god vidhäftning mellan isolering och lagervägg.

Därefter sprutas väggar med spraypolyuretan i 1,5 cm tjocka skikt tills önskad isoleringstjocklek, ca 20 cm erhålles.

Isoleringskvaliteten har valts till densiteten 65 kg/m<sup>3</sup>, vilket ger värmeledningstalet 0,025 W/m gr. C samt ett styvt isolermaterial som tål tryckpåkänningar.

Taket isoleras från ovansidan med 0,24 m markskivor av cellplast eller mineralull.

K-värdet för väggar och tak är 0,125 W/m<sup>2</sup>,gr. C.

Golvet isoleras ej då en körbar yta krävs för såväl isolering- som tätskiktsarbetena.

Polyuretan-isoleringen tål fukt men ej vatten under tryck. Dräneringsledningarna och drän.pump krävs således under lagret för att sänka grundvattennivån och vattentrycket mot bergsidan av isoleringen.

Ett diffusionstätt tätskikt mellan isolering och lagerutrymme hindrar lagervattnet att tränga in i isoleringen från lagervattensidan.

Tätskiktet utgörs av en tunn temperaturtålig och vattentät duk som utgör en "påse" i lagret vilken fylls med lagervatten.

Samtliga rörgenomföringar i lagret utförs ovan vattenytan. Tätskiktet placeras även ovan lagervattenytan för att förhindra ångförlust till omgivningen. Av appliceringsskäl hamnar även lagertaket bestående av betongelement innanför tätskiktet, d v s betongtaket kommer att vara i den våta zonen. Takisoleringen läggs däremot ovan taktätskiktet.

## 5.2 Ekonomisk isoleringstjocklek

Särö-anläggningen beräknas bestå av 850 m<sup>2</sup> l-glas plana takintegrerade solfångare med konvektionshinder och ett vattenfyllt värmelager med volymen 1.800 m<sup>3</sup>. I de följande beräkningarna behandlas en anläggning i ungefär samma storlek med 900 m<sup>2</sup> solfångaryta och 2.150 m<sup>3</sup> lagervolym, vilket var en av de tilltänkta systemstorlekarna. För att hålla nere värmeförlusternas storlek i ett så här litet lager måste man förse de relativt volymen stora omslutningsareorna med värmeisolering.

I det följande diskuteras en ekonomisk isoleringstjocklek för detta lager utgående från givna förutsättningar.

Lagret är tänkt att bli utfört som en rektangulär grop med överytan i marknivå och dimensionerna:

Djup 7,2 m  
Bredd 12 m  
Längd 25 m

vilket innebär att den totala omslutningsarean är drygt 1100 m<sup>2</sup> fördelat på ovandel, sida och botten som 300, 530 och 300 m<sup>2</sup>. Fyra olika isoleringsalternativ har studerats.

Då det bland annat av praktiska skäl är intressant att kunna utföra botten utan isolering har dessa fyra alternativ studerats både med och utan isolering i botten. I tabell 5.1 anges de k-värden som antagits gälla för de olika isoleringsalternativen.

Tabell 5.1 Isoleringsalternativ

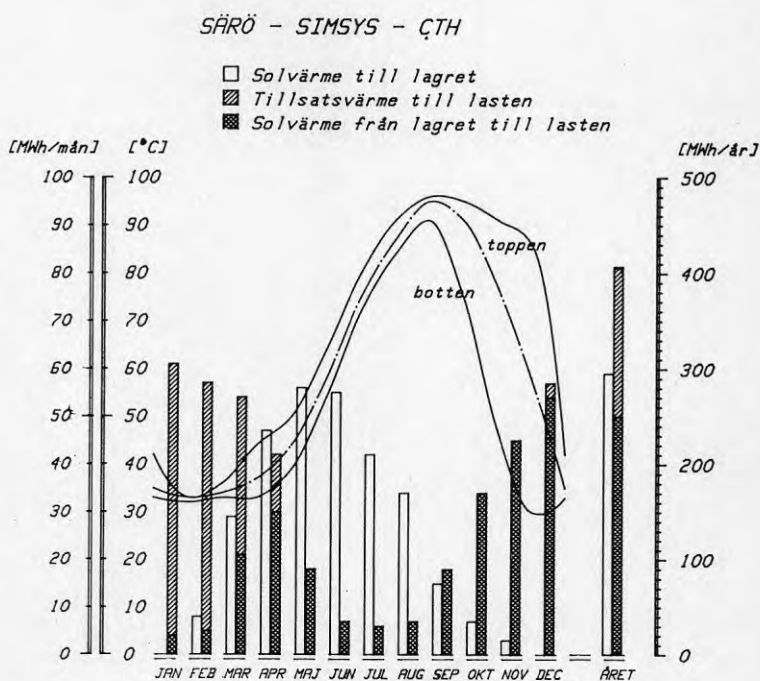
(W/m <sup>2</sup> ,gr. C)	Ovandel	Sida	Botten
	K-värde mot uteluft	K-värde mot berg	K-värde mot berg
1.	0,25	0,25	0,5/-
2.	0,125	0,25	0,25/-
3.	0,125	0,125	0,125/-
4.	0,125	0,065	0,125/-

Tabell 5.2 Lagerkostnad - Nettoutbyte

Kr/m <sup>3</sup> Mwh	Lager	Netto	"Oisolerad" botten	
	kostnad	Solvärme	Lager	Netto
			Kostnad	Solvärme
1	402	223	383	218
2	435	237	400	229
3	473	251	424	239
4	510	258	462	245

Gropkonstruktionen inklusive ovanbelägg beräknas kosta ca 250 kr/m<sup>3</sup>. Invändigt i lagret placeras ett tätskikt till en beräknad kostnad av 100 kr/m<sup>2</sup>. För att med en högvärdig isolering erhålla ett k-värde i storleksordningen 0,125 W/m,gr. C krävs 20 cm tjock isolering till en kostnad av ca 350 kr/m<sup>2</sup> inklusive material och utförande. I tabell 5.2 redovisas de med ovanstående förutsättningar beräknade totala lagerkostnaderna för de olika isoleringsalternativen.

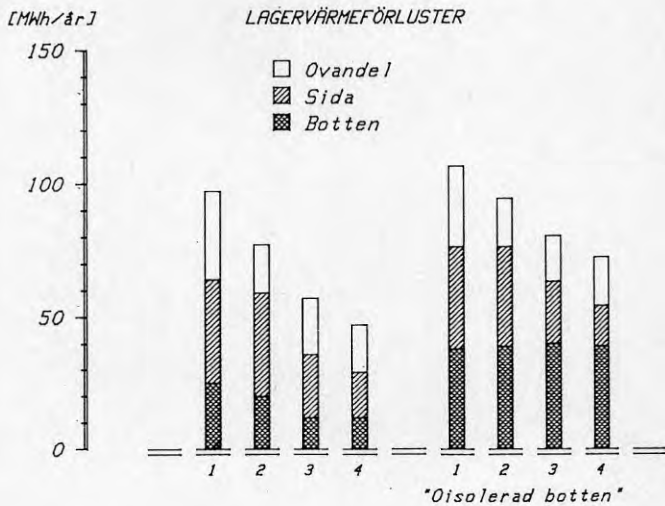
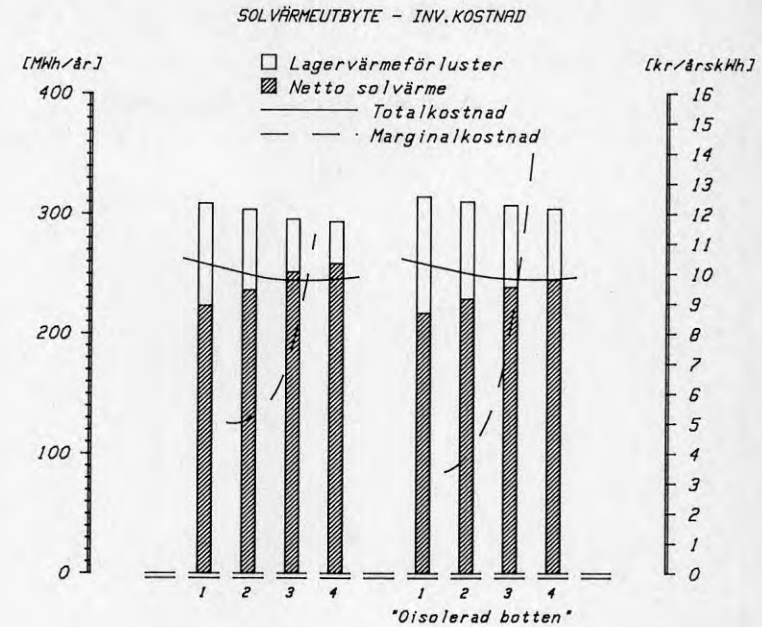
För att studera hur dessa olika isoleringsalternativ påverkar tillgängligt solvärme från lagret har värmekniska beräkningar gjorts med SIMSYS-modellen. Det på så sätt beräknade solvärmets som kan utnyttjas i värmelasten redovisas också i tabell 5.2. Exempel på hur värmebalansen ser ut visas i figur 5.3 för isoleringsalternativ 3 med isolerad botten. Värmebehovet är det samma som beräknats med SUNSYST-modellen.



Figur 5.3 Värmebehov i lasten, värmeutbyte i solfångarna och temperaturer i lagret. Simulerad värmebalans för isoleringsalternativ 3 med isolerad botten.

I figur 5.4 redovisas solvärmeutbyte brutto och netto samt lagervärmeförlusten fördelat på förlusten genom ovandel, sida och botten för de studerade alternativen. I samma figur visas också värmekostnad som kr/års kWh och marginalkostnaden för ökad isolering för de olika isoleringsalternativen. Här har de i tabell 5.2 redovisade lagerkostnaderna och nettoutbyte använts. För att kunna bestämma värmekostnaden har kostnaden för komplett solfångarsystem och övrig VVS antagits uppgå till 1400 kr/m<sup>2</sup> solfångararea.

Ur figur 5.4 kan man utläsa att värmekostnaden och det mest ekonomiska isoleringsalternativet är alternativ 3 oavsett om botten är isolerad eller ej. Däremot blir värmetäckningsgraden, det vill säga förhållandet mellan erhållet solvärme från lagret och värmebehovet, lägre då botten är oisolerad. För de studerade fallen varierar värmetäckningsgraden från 54 till 63% beroende på isoleringsalternativ.



Figur 5.4 Energiutbyte från solfångare resp. ut från lager för isoleringsgrad 1-4 med isolering i golv (till vänster) samt utan isolering i golv (till höger).

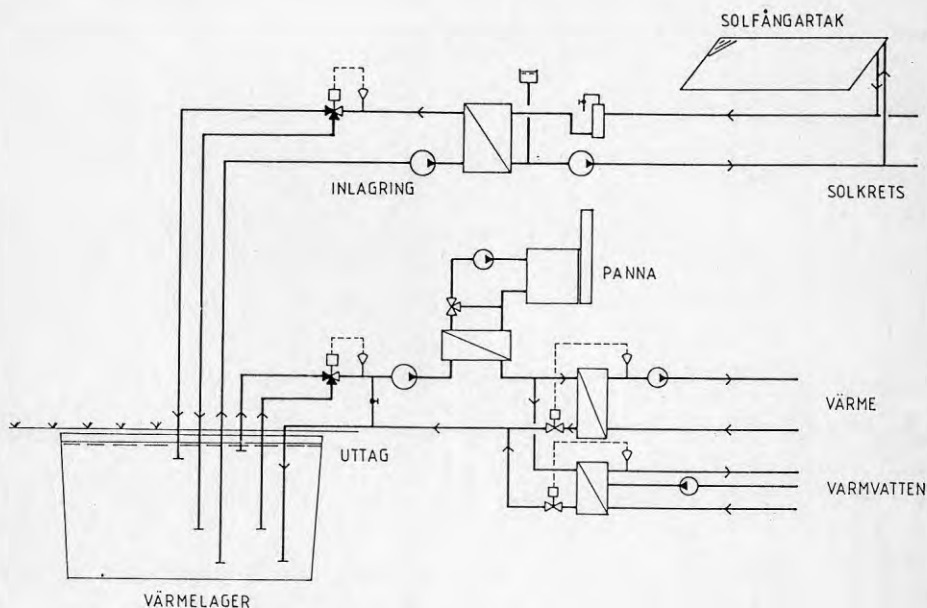
Den heldragna kurvan i figur 5.4 visar investeringskostnad per årlig kWh för de olika isoleringsalternativen. Den punktstreckade kurvan visar marginalkostnaden per ökad årlig kWh då man går från ett isoleringsalternativ till nästa.

I de undre staplarna redovisas delförlusterna genom tak, vägg och golv för de olika isoleringsalternativen.



## 6. VÄRMECENTRAL

I värmecentralen placeras huvudpump och värmeväxlare för solvärmekrets, värmepanna med kringutrustning, utrustning för in- och urmatning i lager samt pumpar, värmeväxlare m m för distribution av värme och tappvarmvatten till byggnaderna.



Figur 6.1 Principschema över värmecentral med solfångare, tillsatspanna samt säsongslager

### Solvärmekrets:

I värmecentralen placeras solvärmeväxlare, solcirkulationspump samt påfyllnings-, avluftnings- samt expansionsutrustning.

Flöde och tryckuppsättning dimensioneras för 20 gr. C temperaturhöjning i solfångarnätet vid 500 kW full effekt. Pumpen är en enhastighetspump, d v s flödet (25 m<sup>3</sup>/h) är konstant medan temperaturhöjningen varierar med solinstrålningen.

Solvärmekretsen fylls med 50% propylenglykol/vattenblandning.

Systemet styrs av ett differenstemperaturrelä som startar solpumpen då solfångartemperaturen registrerad av en givare i en solfångare överstiger temperaturen i lagrets bottennivå.

Värmepannan:

En fastbränslepanna för flis alternativt pellets placeras i samma rum som övriga installationer. I installationen ingår inmatningsskruv, panna, stoftavskiljare (cyklon), rökgasfläkt, skorsten samt askutmatare. Utanför värmecentralen placeras en silo i mark med skrapor för inmatning av flis, alternativt en silo ovan mark utan skrapor om pellets används.

En flis-silo med måtten 3 x 3 x 6 m (b x d x l) rymmer 54 m<sup>3</sup> flis.

En cirkulär pelletssilo ovan mark med diametern 2,5 m och höjden 6 m som rymmer 29 m<sup>3</sup> pellets.

Pannans effekt bör vara ca 175 kW om framtida behov förväntas öka.

Vid projekterad maxeffekt vintertid, 140 kW, räcker 54 m<sup>3</sup> flis i drygt 9 dygn. Motsvarande räcker 29 m<sup>3</sup> pellets i 17 dagar.

Pannan kopplas in i rörsystemet så att den via värmväxlare eftervärmer lagervattnet under vinter och vår.

Pannkretsen är försedd med en shuntventil för att säkerställa hög temperatur i pannkretsen.

Under senvåren, sommaren och hösten förser solvärmerna via lagret brukarna med erf. energi. Under denna tid är pannan således avställd.

Utrustning för in- och urmatning i lager:

Lagermediet består av kommunalt vatten, vilket är syresatt. Att behandla vattnet för att minska korrosion på rördelar är dyrbart, varför rör, pumpar, ventiler och värmväxlarytor i lagerkretsen istället väljs i mer korrosionsbeständiga material.

Rör utförs av koppar, ventiler och pumphus av mässing, brons och värmväxlarytor av syrafast stål resp. koppar.

För att kunna lagra i och ur nära 100-gradigt lager-  
vatten via lagret krävs ett statiskt övertryck på  
flera meter vattenpelare på lagerpumparna för att  
förhindra kokning, kavitation, i desamma. Lager-  
pumparna måste således placeras under lagervatten-  
nivån, vilket löses genom att utföra en pumpgrop  
i värmecentralen för endast dessa två pumpar eller,  
som här i Särö, förlägga värmecentralen i nivå med  
lagerbotten.

Inlagringsrören från solfångardelen placeras så att  
lagervattnet i bottenkiktet pumpas ur lagret, värmes  
via solvärmväxlaren och återförs till lagrets överdel  
eller mellandel beroende på temperatur. Överstiger in-  
lagringstemperaturen erforderlig framledningstemperatur  
till brukarna med ett antal grader (t ex +8 gr. C) väljs  
den övre lagerdelen via en växelventil.

Urlagringsrören tar lagervatten på två olika nivåer,  
toppnivå och mellannivå, och blandar dessa båda flöden  
till önskad framledningstemperatur. Returvattnet  
återförs alltid till lagrets botten.

Mellan urlagringsrörens framledning och returledning  
finns en förbindelseledning. Denna kan användas under  
vårvintern för att koppla ur lagret från distribu-  
tionsdelen då lagertemperaturen understiger distribu-  
tionsnätets returledningstemperaturer. I ett sådant drift-  
fall skulle annars lagret kyla distributionskretsen.

Distributionskretsen:

Via två värmväxlare för värme respektive varmvatten  
leder huvudpumpar flödet genom distributionskulverten  
till de enskilda husen. Framledningstemperaturen för värme  
styrts som en funktion av utetemperatur av en tvåvägsven-  
til i lagerkretsen, vilket säkerställer låga returtempera-  
turer till lagret och därmed bra solvärmeutbyte.

Ytterligare temperaturreglering krävs ej i de enskilda  
husen. Effektbehovet i dessa styrs istället av termostat-  
ventiler monterade på varje vägghängd radiator. Likaså  
varmvattentemperaturen styrs av en tvåvägsventil i  
lagerkretsen för att erhålla låga returtemperaturer.

Temperaturen för tappvarmvattnet är konstant +55 gr. C.

Distributionskulverten består således både av värme-  
rör (fram + retur) samt av varmvattenrör inklusive  
varmvattencirkulation (VVC).

## 7. SYSTEMBERÄKNINGAR

### 7.1 Indata

Beräkningsprogrammet SUNSYST har använts för att beräkna energiutbytet från solfångarna, energiuttag från lager till uppvärmning och tappvarmvattenberedning samt lagerförluster timme för timme som en funktion av klimatdata samt temperaturer i solfångare, lager och värmesystem m m.

Indata:

Klimat:

Solinstrålning:	971 kWh/m <sup>2</sup> horisontell yta
Årsmedeltemperatur:	+7,9 gr. C
Latitud:	57,4 grader
D.U.T:	-16 gr. C

Brukare:	
Årsvärmebehov:	403 MWh varav TVV 80 MWh.
Framledn.temp. värme:	+55 gr. C
Returledn.temp. värme:	+45 gr C
Uppvärmning till:	+17 gr. C
Tappvarmvattentemp.:	+55 gr. C

Solfångare:

Väderstreck (azimut):	0 grader (söder)
Takvinkel:	27 grader
Solfångaryta:	varieras

Solfångaren beskrivs med två täckskivor i 1,5 mm acryl vilket har motsvarande fysikaliska egenskaper som 1 st 3 mm acryl och 1 st 0,025 mm teflon.

Täckskivornas brytn.index:	1,49
Täckskivornas absorbtionskoeff:	16,8 l/m
Täckskivornas transmission av värmestrålning:	0%
Absorbatorns absorbtionskoeff.:	0,95
" emissionskoeff:	0,15
" värmeledn.tal:	180 W/m <sup>2</sup> , gr. C
" tjocklek:	0,5 mm
" c/c avstånd tuber:	150 mm
Värmeövergång tub-medium:	1700 W/m <sup>2</sup> , gr. C
K-värde på solfångarens baksida:	0,7 W/m <sup>2</sup> , gr. C

Lager:

Lagervolym: varieras  
 Isolering:  $k \times A$  där  $k = 0,125 \text{ W/m}^2, \text{ gr. C}$   
 och  $A$  varieras (omslutn.ytan)  
 Temp. i omgivande mark:  $+8 \text{ gr. C}$

System:

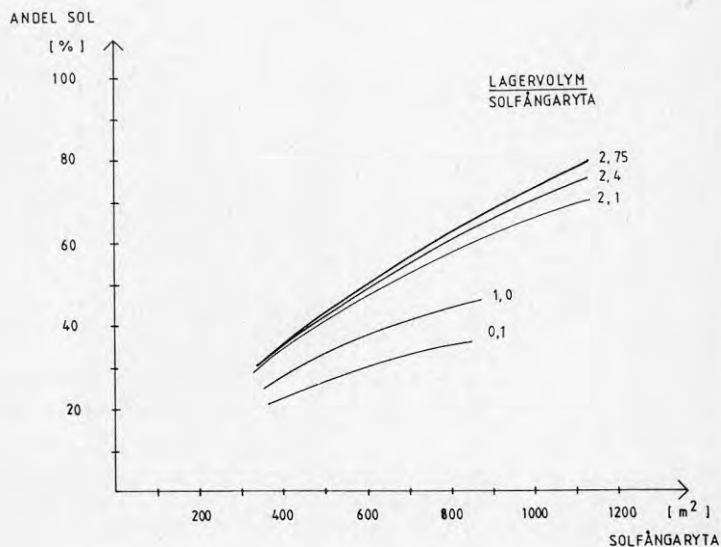
Solfångarkretsens system-  
 förlust: 10%  
 Värmeväxlarkapacitet:  $0,05 \text{ kW/gr.C, m}^2 \text{ solf. yta}$

## 7.2 Variation av systemstorlek samt förhållandet mellan lagervolym och solfångaryta

Beräkningar har utförts för olika täckningsgrader, d v s andel sol, i förhållande till totala energibehovet.

Dessa olika täckningsgrader har beräknats för 3 st olika förhållanden mellan solfångaryta och lagervolym, se figur nedan.

Solfångarytan varierar mellan  $400 \text{ m}^2$  och  $1.100 \text{ m}^2$  och lagervolymer varierar mellan  $840 \text{ m}^3$  och  $3.000 \text{ m}^3$ . Resulterande täckningsgrad från sol blir då från 35% upp till 77%.



Figur 7.1 Täckningsgrad som funktion av solfångaryta vid olika förhållanden mellan lagervolym och solfångaryta

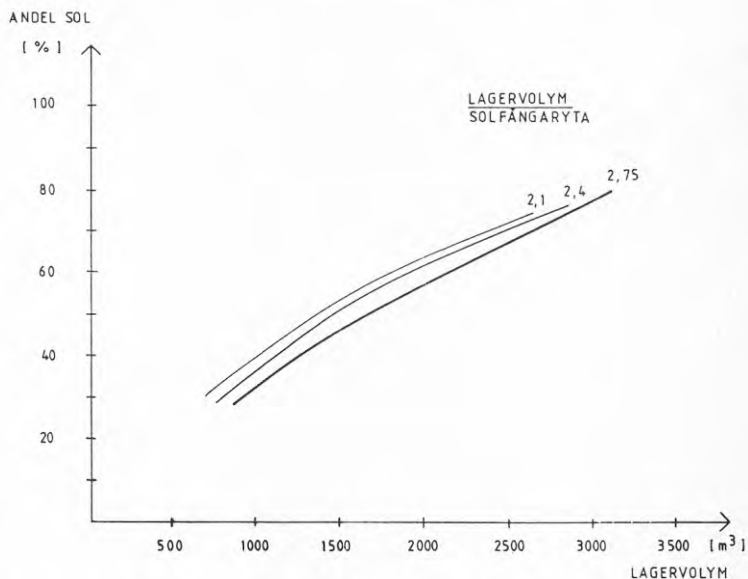
Figuren ovan visar att ett större energiutbyte d v s högre täckningsgrad erhålles vid konstant solfångaryta, då lagervolymen ökas. Detta gäller för täckningsgrader större än 35%.

Detta beror på att ett större lager jämfört med ett mindre lager håller en lägre medeltemperatur under vår och sommar. Ett större lager kan magasinera mer energi, vilket medför att värmebehovet täcks under fler vintermånader, lagret töms ej så snabbt.

Vid lägre solfångarytor är lagerstorlekens inverkan marginell då merparten av energin används direkt av brukaren. Energin korttidslagras och lagervolymsbehovet för korttidslagring är endast en 1/20-del av volymen jämfört med volymen vid säsongslagring exempelvis vid täckningsgraden 40%.

I figur 7.1 är kurvorna för korttidslager (förhållande 0,1) samt mindre säsongslager (förhållande 1,0) även inlagda.

Figuren nedan visar täckningsgraden som funktion av lagervolymen vid lika förhållanden mellan lagervolym och solfångaryta som redovisades i föregående figur.



Figur 7.2 Andel sol som funktion av lagervolym vid olika förhållanden mellan lagervolym och solfångaryta.

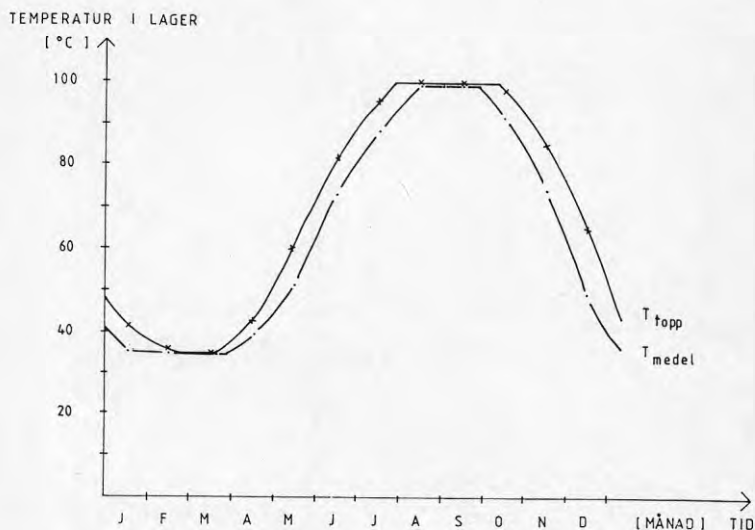
Figuren visar att skillnaden i energiutbyte mellan en större solfångaryta per lagervolym (2,1) och lägre solfångaryta per lagervolym (2,7), är större vid mindre lagervolym och skillnaden är mindre vid större lagervolym.

Ökad solfångaryta förmår således ej öka täckningsgraden nämnvärt eftersom lagret redan laddats fullt av en mindre del av solfångarytan.

Vid mindre lagervolymer (och därmed mindre total solfångaryta) påverkas utbytet ej så drastiskt utav valet av lagerstorlek eftersom merparten av energin endast korttidslagras och säsongslagret i detta fall ej värms till topptemperatur förrän i slutet på augusti. En ökad andel solfångare producerar då endast överskottsvärme som måste säsongslagras.

Dessutom kan man ur figuren utläsa hur täckningsgraden vid konstant lagervolym påverkas av ändring av solfångarytan:

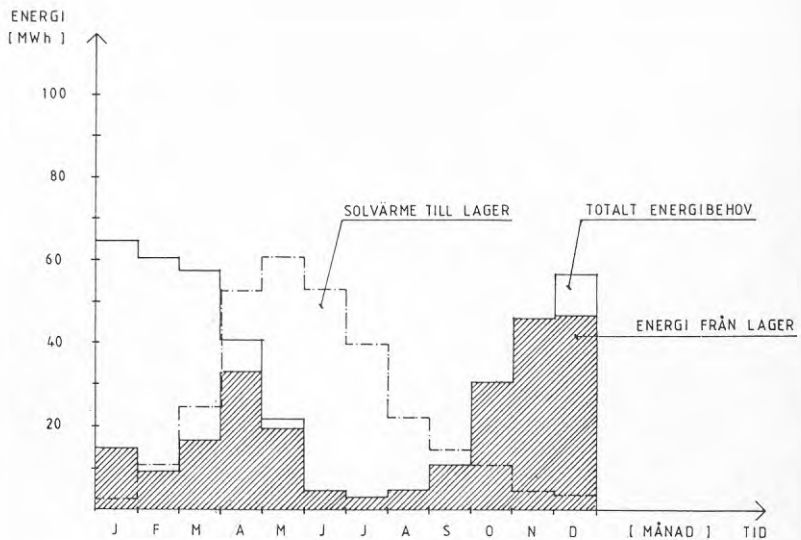
- Vid ex.vis 1.500 m<sup>3</sup> lagervolym ger en ökning i solfångaryta med 170 m<sup>2</sup> (31%-ig ökning) från 545 m<sup>2</sup> till 715 m<sup>2</sup>, en ökning av täckningsgraden med 7,5% andelar (16%-ig ökning), från 45,5% till 53%.
- Vid 2.500 m<sup>3</sup> lagervolym ger en motsvarande ökning i solfångaryta med 280 m<sup>2</sup> (31%-ig ökning) från 910 m<sup>2</sup> till 1.190 m<sup>2</sup>, en ökning av täckningsgraden med 5%-andelar (7,5%-ig ökning), från 67,5% till 72,5%.



Figur 7.3 Medeltemp. samt topptemp. i lagret för lagervolym 1.800 m<sup>3</sup>, solf.yta 850 m<sup>2</sup> (förhållande 2,1) och täckningsgraden 60%.

I figuren ovan ser man dels att temperaturnivån i lagret vid månadsskiftet dec - jan sjunker under erforderlig framledningstemperaturen ca 50 gr. C, vilket inskränker dess roll till förvärmning av tappvarmvatten, lagret är "tömt", och i maj månad stiger temperaturen åter över erforderlig framledningstemperatur.

Under juli går lagret upp i 100 gr. C i toppskiktet och lagret kan ej ta emot all inlagrad energi, lagret måste kylas nattetid alternativt solfångarkretsen måste stängas av. Överladdningen pågår från och med augusti in i oktober.



Figur 7.4 Energiförbrukning samt energi in till lager resp. ut från lager månad för månad. 850 m<sup>2</sup> solfångare 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym, täckningsgrad 60%.

För ett IT-tak med konvektionshinder med solfångarytan 850 m<sup>2</sup> är alltså energiutbytet från solfångarytan till lager är här 350 kWh/m<sup>2</sup> och år och energiutbytet ut från lager är 283 kWh/m<sup>2</sup> och år. Årslagerförlusterna är således 19% av inlagrad energi.

För att erhålla motsvarande energiutbyte med ett IT-tak utan konvektionshinder av teflon krävs solfångarytan 1.300 m<sup>2</sup>, d v s en 53% större yta. Denna takyta finns ej att tillgå då maximala takyten är begränsad till 1.100 m<sup>2</sup>.



## 8. KOSTNADER

### 8.1 Kostnad för solfångartak och rörinstallationer

Ett färdigt solfångartak typ TeknoTerm IT kostar 800 kr/m<sup>2</sup> där material, arbete samt plåtinklädnad kring solfångaren ingår.

Kostnad för komplettering med ett lager teflon är 80 kr/m<sup>2</sup>.

Då solfångartaket även utgör vattentak avgår en kostnad på 74 kr/m<sup>2</sup> för råspont, läkt och takpannor där solfångartaket byggs.

Priset blir således 806 kr/m<sup>2</sup> för färdigt teflonförsatt soltak.

Kostnad för solvärmekulvert (120 kr/m<sup>2</sup>) och installationer i värmecentral för solkrets, inlagrings- och urlagringskrets (504 kr/m<sup>2</sup>) är 624 kr/m<sup>2</sup>.

Detta pris gäller en anläggningsstorlek kring 600 m<sup>2</sup> solfångaryta.

Vid fördubblad anläggningsstorlek ökar totala kostnaden med 25% och vid halverad anläggningsstorlek minskar kostnaden med 25%.

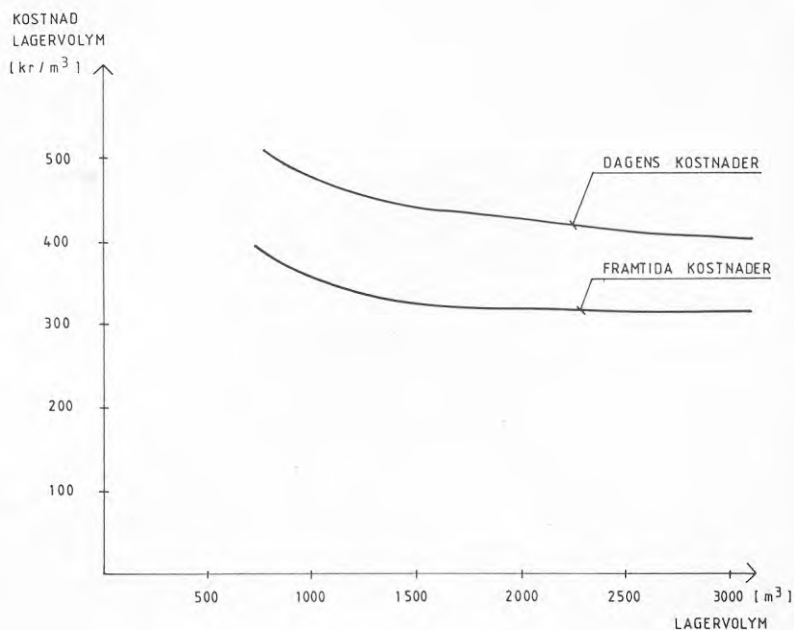
Avskrivningstiden för solfångare och installationer i värmecentral är 20 år till realräntan 6%.

Underhållskostnaden för sol och lagerdelen är 1% per år av investeringskostnaden för soltaket inklusive solvärmekulvert och installationer i värmecentral (exkl. värmepanna).

Kostnader enligt april 1987.

### 8.2 Kostnad för isolerat dikesmagasin

Kostnaderna för lagret kan delas upp på ett antal delposter med de två huvudgrupperna lagergrup med tak samt isolering och tätskikt.



Figur 8.1 Kostnad för isolerat dikesmagasin vid varierande lagervolym i dagens prisnivå (april 1987) samt i framtida förväntad prisnivå.

#### Lagergruppskostnaderna:

##### Jordschakt:

Berget antas ligga relativt ytligt med bergytans toppar ca 1 m under markytan. Ett område som sträcker sig 4 meter utanför lageröverytan schaktas bort till en kostnad av 25 kr/m<sup>3</sup>.

##### Bergavtäckning:

Jordrester och lösa stenar på bergets överyta tas även bort på ett område som sträcker sig 1,5 m utanför lageröverytan till en kostnad av 12 kr/m<sup>2</sup> överyta.

Sprängning och borttransport: Vid ett maxdjup av 7 m kan urschaktning ske från markytan vilket eliminerar kostnaden för en nedfartsramp:

Kostnad: 101 kr/m<sup>3</sup> lagervolym

Skrotning av väggar: 58 kr/m<sup>2</sup> väggyta

Bergsförstärkning: 80 kr/m<sup>2</sup> väggyta

Sprutbetong: 9 kr/m<sup>2</sup> + 15.000 för etablering

Makadambädd + dräneringsrör i lagerbotten samt kring lager inkl. pumpbrunn: 184 kr/m<sup>2</sup> bottenyta

Betongsarg kring lagerkant: 1390 kr/m<sup>3</sup> betong inkl. formar, armering

Takelement, typ TT-kassetter: 360 kr/m<sup>2</sup> överyta

Isolerings- och tät-skikt-kostnaderna:

Isolering med friskummad polyuretan: Densiteten 65 kg/m<sup>3</sup> och tjockleken 0,2 m inkl. torkning av väggar och primerstrykning på densamma kostar 350 kr/m<sup>2</sup> väggyta.

Takisolering med extruderad styrenplast: 250 kr/m<sup>2</sup> överyta inkl. utläggning.

Tätskikt: Installation av tätskikt bestående av teflonfolie beräknas ligga på högst 100 kr/m<sup>2</sup>. Väggar, golv och tak täcks med folien.

Med lagervolymer 1.800 m<sup>3</sup> är kostnaden för första posten lagergropskostnaden 440.000:-- och för andra posten isolering och tätskikt 336.000:-- , vilket ger totalkostnaden 776.000:-- , d v s 431 kr/m<sup>3</sup>.

Avskrivningstiden för det isolerade dikesmagasinet är 25 år, vilket motsvarar förväntad livslängd för polyuretanisoleringen med bibehållen isoleringsförmåga. Tätskiktet av teflon förväntas hålla längre. Realräntan är 6%

Kostnader enligt april 1987.

### 8.3 Kostnad för värmepanna inklusive kringutrustning

#### Pelletspanna:

Kostnad för en komplett 200 kW pelletspanna med rörlig rost inkl. tilläggsutrustning är enligt följande:

30 m <sup>3</sup> silo + transportör	35.000
Pelletspanna inkl. mellanbehållare, eldningsutrustning och elskåp	370.000
Askutmatning samt container	25.000
Rökgasrening, rökgasfläkt och skorsten, 10 m hög	+ 50.000
	-----
	500.000

Bränslekostnaden för pellets är ca 21,5 öre/kWh med pannverkningsgrad 85%. Värmevärdet är 4,8 MWh/ton och priset inkl. frakt 880 kr/ton.

#### Flispanna:

Kostnad för en komplett 200 kW flispanna med rörlig rost inkl. kringutrustning är enligt nedan:

54 m <sup>3</sup> flislager med tak försedd med pendelskruv och transportör:	100.000
Flispanna inkl. eldningsutrustning och elskåp:	370.000
Askutmatning samt container:	25.000
Rökgasrening, rökgasfläkt och skorsten, 10 m hög:	+ 50.000
	-----
	545.000

Bränslekostnaden för "torr" flis med fukthalt kring 40% är ca 13 öre/kWh med pannverkningsgraden 85%. Värmevärdet är 0,9 MWh/m<sup>3</sup> och priset inkl. frakt 100 kr/m<sup>3</sup>.

#### Oljepanna:

En pannutrustning bestående av:

155 kW oljepanna inkl. 2-stegsbrännare och dragregulator	44.000
Skorsten, 10 m hög	33.000
Oljetank, 2,5 m <sup>3</sup>	+ 5.000
	-----
	82.000

Kostnad enligt april 1987.

Oljepriset beräknas utifrån råoljepriset 20 dollar/fat vilket medför ett pris på 2.100:--/m<sup>3</sup> för Eol, där den nya energiskatten från 1/1-87 är inkluderad med en pannverkningsgrad på 75% och energiinnehållet 10 MWh/m<sup>3</sup> olja blir rörliga energikostnaden 28 öre/kWh.

#### 8.4 Framtida kostnader

Taksolfångarna:

Framtida kostnad:

Då solvärmemarknaden förväntas växa med ökande energikostnad för el, gas, olja m m, bedöms kostnaden för IT-solfångaren sjunka till 540 kr/m<sup>2</sup> och extra kostnaden för konvektionshindret bedöms vara 60 kr/m<sup>2</sup>.

Avgående kostnad för råspont, läkt samt takpannor är oförändrad 74 kr/m<sup>2</sup>.

Lagerkostnaderna:

Framtida lagerkostnad:

Vid en växande lagermarknad kommer framför allt isolerings- och tätskiktskostnaderna att kunna minskas då främst materialpriset här är högt med dagens små produktionskvantiteten.

Även arbetskostnaderna kan minskas med ökande erfarenhet.

Takbjälklaget bedöms kunna utvecklas och kostnaden sänkas 20%.

För isolering och tätskikt förväntas prisreduktionen vara 50%.

Kostnaden för utförande av gropen, d v s avtäckning, sprängning och schaktning, bergsförstärkning m m bedöms ej kunna reduceras då tekniken och kostnaderna är välkända och marknaden för markarbeten redan idag är stor.

Kostnaden för 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym är här 240 kr/m<sup>3</sup> för första posten lagergropen och 95 kr/m<sup>3</sup> för andra posten isolering och tätskikt, d v s totalt 335 kr/m<sup>3</sup>.

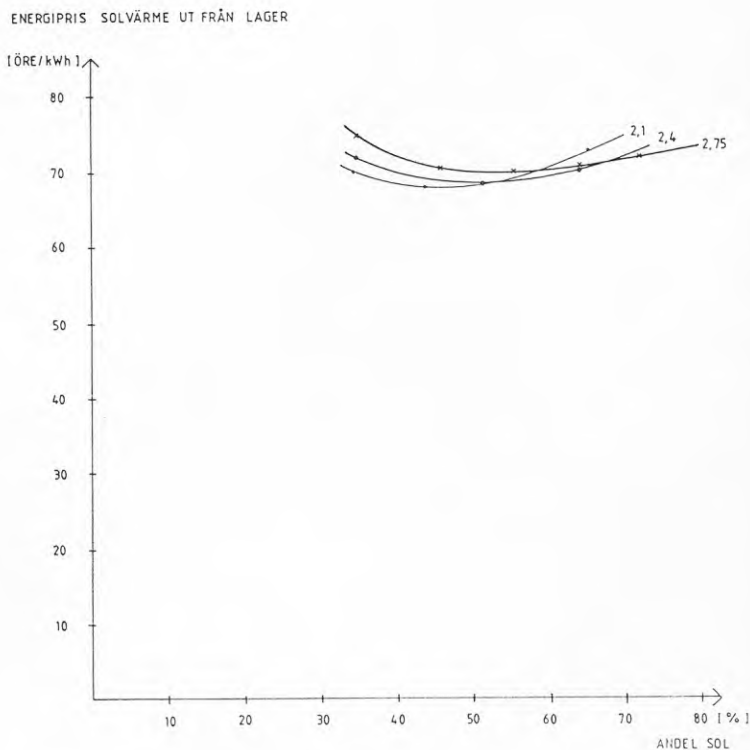
Kostnader för kulvert samt rörinstallationer i apparatrum förväntas ej sjunka då marknadsvolymer för dessa komponenter redan idag är stor.

Eventuellt kan kostnaden för pellets pannan sjunka med en ökande fastbränslemarknad.

## 9. RESULTAT

### 9.1 Energipris för solvärmesystemet

Genom att sammanställa energiutbytet enligt kapitel 7 med kostnaderna enligt kapitel 8 erhålls följande resultat:



Figur 9.1 Energipris för solvärme ut från lager som funktion av andel sol av total energiförbrukning samt funktion av antal m<sup>3</sup> lagervolym per m<sup>2</sup> solfångaryta.

Figuren ovan visar att energipriset ökar något vid ökande andel sol. Prisnivån ligger kring 70 öre/kWh. I viss mån är priset beroende av förhållandet mellan lagervolym och solfångaryta. Förhållandet 2,75 m<sup>3</sup> lagervolym per m<sup>2</sup> solfångaryta är billigast över 70% täckningsgrad, förhållandet 2,4 ger det lägsta priset i intervallet 52% upp till 70% täckningsgrad medan förhållandet 2,1 är billigast vid en täckningsgrad under 52%.

Vid täckningsgrader kring 30% bör ej säsongslager användas. Ett korttidslager på ca 50 m<sup>3</sup> och en solfångaryta på ca 400 m<sup>2</sup> skulle räcka här.

I. Totalkostnaden för en anläggning med 850 m<sup>2</sup> solfångaryta och 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym inklusive pellets-panna är:

850 m <sup>2</sup> solfångartak:	685 tkr
Installationer i värme- central exkl. panna:	418 tkr
1.800 m <sup>3</sup> lagervolym:	776 tkr
200 kW fastbränslepanna med kringutrustning:	500 tkr
	-----
TOTALT	2.379 tkr

Den årliga kostnaden fördelar sig på:

kapitalkostnad för solfångartak, värmecentral samt panna (20 år, 6% realränta):

1.603.000:-- x 0,08718            139.700:--

Lager (25 år, 6% realränta):

776.000:-- x 0,07823:            60.700:--

Drift och underhåll:

Solfångartak och värme-  
central (1% av invest.):            11.000:--

Fastbränslepanna (2% av  
invest.):            10.000:--

Bränsle (21,5 öre/kWh vid  
85% pannverkningsgrad):  
59 m<sup>3</sup> pellets vilket utgör  
163 MWh x 215 kr/MWh:            35.000:--

-----

256.400:--

Med årliga energibehovet 403 MWh och andelen solvärme 60% blir energipriset 64 öre/kWh. Med realränta 4% sjunker priset till 55 öre/kWh.

II. Totalkostnaden för en anläggning med 850 m<sup>2</sup> solfångaryta och 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym inklusive flispanna är:

850 m <sup>2</sup> solfångartak:	685 tkr
Installationer i värmecentral exkl. panna:	418 tkr
1.800 m <sup>3</sup> lagervolym:	776 tkr
200 kW fastbränslepanna inkl. flis- lager och kringutrustning:	545 tkr
	-----
TOTALT	2.424 tkr

Den årliga kostnaden med avskrivningstid och ränta som ovan:

Solfångartak, värmecentral och panna 1.648.000:-- x 0,08718:	143.700
Lager: 776.000:-- x 0,07823:	60.700
D.o.U: Solfångare och värmecentral:	11.000
Fastbränslepanna:	11.000
Bränsle (13 öre/kWh vid 85% pann- verkningsgrad): 181 m <sup>3</sup> flis vilket utgör 163 MWh x 130 kr/MWh	21.200
	-----
	247.600

Energipriset är således 61 öre/kWh. Med 4% realränta är energipriset 53 öre/kWh.

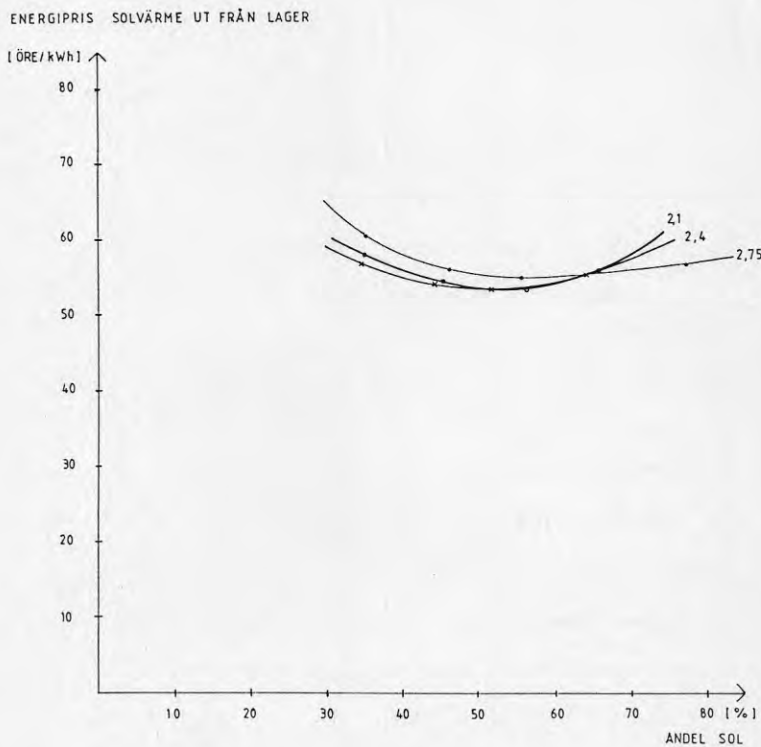
III. Motsvarande kostnader för sol + oljealternativet med investeringskostnaden 82.000 kr för oljepanna inkl. kringutrustning och bränslekostnaden 45.600 kr (28 öre/kWh) för 21,7 m<sup>3</sup> Eol är:

Investering:	1.961.000 kr
Årlig kostnad:	222.200 kr
Energipris:	55 öre/kWh.

Vid realränta 4% sjunker priset till 48 öre/kWh.



## 9.2 Energipris för solvärmesystemet med framtida kostnader



Figur 9.2 Framtida energipris för solvärme ut från lager som funktion av andel sol samt av antal m<sup>3</sup> lagervolym per m<sup>2</sup> solfångaryta.

Kurvorna för framtida energipris uppvisar samma samlade kostnadsbild för olika systemstorlekar och lager/solfångarförhållanden men prisnivån har sänkts från 70 öre/kWh till 55 öre/kWh.

I. Totalkostnaden med framtida kostnader för 850 m<sup>2</sup> solfångaryta och 1.800 m<sup>3</sup> lagervolym inkl. pelletspanna är:

850 m <sup>2</sup> solfångartak:	447 tkr
Installationer i värmecentral exkl. panna (oförändrad kostnad):	418 tkr
1.800 m <sup>3</sup> lagervolym:	586 tkr
200 kW fastbränslepanna med kringutrustning (oförändrad kostnad):	500 tkr
	-----
	1.951 tkr

Årliga kostnaden fördelar sig enligt nedan:

Solfångartak, värmecentral samt panna (20 år, 6% realränta):

1.365.000:-- x 0,08718                      119.000:--

Lager (25 år, 6% realränta):

586.000:-- x 0,07823                      45.800:--

Drift och underhåll (samma kostnad som tidigare):

Solfångartak och värmecentral: 11.000:--

Fastbränslepanna:                              10.000:--

Bränsle (samma kostnad som tidigare):

163 MWh x 215 kr/MWh:                      35.000:--

-----

220.800:--

Vid 60% täckningsgrad solvärme som tidigare blir totala energipriset 55 öre/kWh och med 4% realränta sjunker priset till 48 öre/kWh.

II. I sol + flisalternativet med framtida kostnader är investeringen enl. alternativ I med en merkostnad för bl a flislagret på 45 tkr vilket ger:

Investering:                                      1.996.000:--

Årlig kostnad:                                      212.000:--

Energipris:                                        53 öre/kWh

Vid realräntan 4% sjunker energipriset till 46 öre/kWh.

III. I sol + oljealternativet med samma investeringskostnad för oljedelen som tidigare, 82.000 kr och bränslekostnaden 45.600 kr för 21,7 m<sup>3</sup> Eol, är kostnaderna:

Investering: 1.533.000:--

Årlig kostnad: 199.200:--

Energipris: 49 öre/kWh

Vid realräntan 4% sjunker priset till 43 öre/kWh.

## 10. SLUTSATSER

Vid en jämförelse av dimensioneringskriterier för Särö- och Lambohov-anläggningen är följande punkter centrala ur ekonomisk synpunkt.

### - Effektivare solfångare:

Med Särö-solfångaren kan energiproduktionen utföras vid en högttemperaturnivå med bibehållen god verkningsgrad, vilket eliminerar behovet av värmepump, d v s en förenkling av systemet. Dessutom krävs ingen uppvinning av södertak för att erhålla tillräckligt solvärmeutbyte.

### - Stort temperaturspann i lagret:

Genom att värma upp lagret till nära 100 gr. C och sedan kyla det till 35 gr. C kan en mindre lagervolym användas. Vid ett mindre temperaturspann krävs en större volym för att magasinera samma mängd energi. Lambohov-lagret har relativt stort temperaturspann.

### - Hög temperaturdifferens mellan ingående och utgående flöde till solfångarna:

Den större temperaturdifferensen i Särö-solfångaren (20 gr. C jämfört med 10 gr. C i Lambohov) innebär klenare rördimensioner, mindre solcirkulationspump samt snabbare uppstartningsförlopp då systemvolymen är begränsad.

Lagergolvet har här valts att ej isoleras av byggtkniska skäl.

Kostnaden för att isolera golvet med 20 cm polyuretanskum är i samma storleksordning som kostnaden för den ökning av solfångarytan som krävs för att kompensera de ökade lagerförlusterna vid oisolerat golv.

Den här beskrivna systemstorleken med gruppcentral för 45 st lägenheter är ekonomiskt sett för liten för att motivera säsongslagring av solvärme.

Vid större systemstorlekar minskar framförallt lagerkostnaden då förhållandet omslutningsyta/lagervolym minskar vilket påverkar mängden isolering och tätskikt per m<sup>3</sup> lagervolym.

Dessutom finns skalfördelar vid en större solfångaryta samt en större installation i värmecentral och lager.

För att erhålla ett konkurrenskraftigt energipris med säsongslagrad solvärme bör gruppcentralen därför försörja i storleksordningen 200 lgh eller mer.

Observera att detta gäller för solvärmesystem med säsongslagring. Vid solvärmesystem med korttids-lager är system i storleksordningen 15 lgh eller större redan idag konkurrenskraftiga.

Vid utformande av nybyggnadsområden bör hänsyn tas till orienteringen av takytorna så att en stor del av takytorna vetter mot sydsydväst, syd eller sydsyd-ost för att underlätta ev. framtida komplettering med solfångartak.

## REFERENSER

1. Norbäck K., Hallenberg J.  
A Swedish group solar heating plant with  
seasonal storage  
BFR-rapport D36:180  
Stockholm 1980.
2. Gräslund J.  
Ingelstad II - en solvärmecentral med isolerat  
säsongslager i mark. IEA-annex VII, teknisk  
beskrivning  
BFR-rapport i koncept  
Göteborg 1985
3. Bernestål B., Hultmark G., Olsson S.  
Soltappvarmvatten i flerbostadshus  
BFR-rapport R192:1984  
Stockholm 1984
4. Olsson S.  
Solenergi för varmvattenberedning och upp-  
värmning i flerbostadshus  
BFR-rapport R51:1985  
Stockholm 1985
5. Elfström H., Gräslund J.  
Solvärme med årslagring i Sundby. Förstudie  
BFR-rapport R34:1987  
Stockholm 1987
6. Konstruktion av isolerat dikesmagasin för värme-  
lagring - fallstudie för Ingelstad II  
BFR-rapport i koncept  
Göteborg 1987
7. Dalenbäck J-O.  
Solvärmeteknik i stor skala.  
Synpunkter på systemuppbyggnad och dimensionering  
BFR-rapport i koncept, Avd. för Installations-  
teknik, CTH
8. Andersson P-Å., Askling Å., Dalenbäck J-O.  
SIMSYS - Simuleringsprogram för värmecentra-  
ler med ny energiteknik.  
Internrapport I24:1986 Avd. för Installations-  
teknik, CTH
9. Hultmark G., Ljungkrona I.  
Beräkningsprogrammet SUNSYST - en beskrivning  
och validering av beräknat energiutbyte i  
solfångare  
BFR-rapport i koncept  
Göteborg 1986











Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860435-9 från  
Statens råd för byggnadsforskning till AB Andersson & Hultmark,  
Göteborg.

R16: 1988 Gruppomsråde med säsongslagrad solenergi i Särö J Gräslund

R16: 1988

ISBN 91-540-4849-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708016

Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 33 kr exkl moms