



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

R57:1983

**Soluppvärmning i kombination
med energilagring vid
badanläggning**

Förstudie

Ingemar Larsson

K
GWS

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

ser

Byggeforskningsrådet

R57:1983

SOLUPPVÄRMNING I KOMBINATION MED
ENERGILAGRING VID BADANLÄGGNING

Förstudie

Ingemar Larsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
781013-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ångtekniska Byrån AB, Göteborg.

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

R57:1983

ISBN 91-540-3948-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

1.	SAMMANFATTNING	5
2.	INLEDNING	7
2.1	Dagsläge	7
2.2	Projektet	7
2.2.1	Idealt utomhusbad	7
3.	FÖRUTSÄTTNINGAR	11
3.1	Badet	11
3.2	Energibalans	11
3.2.1	Utomhussäsong	11
3.2.2	Inomhussäsong	13
3.3	Effektbehov	14
4.	ACKUMULERING	15
4.1	Bassängerna	15
4.2	Värmeförluster	16
4.3	Lagringskapacitet	18
5.	SOLVÄRME	19
5.1	Solinstrålning	19
5.1.1	Beräkningsmetoder	20
5.2	Kollektorer	22
5.2.1	Effektivitet	22
5.2.2	Dataprogram - kollektor- verkningsgrad	22
5.2.3	Uppställning	23
5.2.4	Beskuggning	23
6.	RESULTAT	27
6.1	Systemlösningar	27
6.2	Alternativ 1	28
6.3	Alternativ 2	29
7.	LITTERATURLISTA	31

1. SAMMANFATTNING

Med stöd av erfarenheter från redan utförda solfångareanläggningar, avsedda enbart för uppvärmning av utomhusbassänger, studeras i denna rapport alternativa möjligheter till effektivare utnyttjande av en anläggning med solfångare.

Klara dagar under badsäsongen råder i stort sett balansen mellan direkt solinstrålning mot bassängytan respektive värmeförluster genom avdunstning och transmission. Solfångareanläggningen bidrar sådana dagar endast till onödig höjning av badvattentemperaturen.

Behovet att lagra solenergi blir här mer uttalat än i anläggningar där behov av energi även föreligger soliga dagar under sommarhalvåret.

Anläggningar för lagring av energi är vanligen en svår ekonomisk belastning men vid badanläggningar med såväl inom- som utomhusbassäng har man i princip redan tillgång till ackumulatorer.

Inomhusbassängen, som normalt är den mindre, kan användas för korttidslagring under utebadsäsongen och vid behov täcka uppvärmning av utebassängen samt uppvärmning av duschvatten.

Utomhusbassängen, som har betydligt större lagringskapacitet, kan före resp. efter utebadsäsongen under flera månader täcka energibehovet för förvärmning av varmvatten samt alternativt bidra till temperaturhållningen i inomhusbassängen. Det förutsättes då att bassängen täckes med exempelvis flytblock av skummad plast, som överdrages med diffusions- täckning, typ plastpressennig.

Vid val av solkollektorer måste energibehovet noga definieras mot bakgrund av anläggningens geografiska placering och vilken del av året, såväl som dygnet, man önskar maximal effekt. Hänsyn måste tagas beträffande möjligheter till energilagring och tillgång på lämpliga arealer för uppställning. Beskuggningseffekten måste härvid noga beaktas.

Med beaktande av ovanstående kan man fastställa typ av solkollektorer, enkla isolerade eller glasade, isolerade. Orientering i väderstreck liksom lämplig lutningsvinkel kan nu även bestämmas.

För att snabbt och säkert kunna fastställa lämplig typ av kollektorer med hänsyn till ovan nämnda synpunkter har vi tagit fram dataprogram för beräkningsförfarandet.

Utöver vad som skall beaktas för effektivt mottagande, utnyttjande och lagring av solenergi måste stor uppmärksamhet fästas på möjligheterna att begränsa energiförlusterna. Utomhusbassänger bör om möjligt för-

läggas så att de under badsäsongen skyddas mot den förhärskade vinden dock utan att nackdelar med beskuggning av bassäng och solkollektorer uppstår.

Energiförbrukningen under nätter och mulna dagar är mycket stor. Förlusten en klar natt kan ofta motsvara hela energitillskottet under dagen genom direktstrålning. För att minska dessa förluster och bättre tillvarataga solenergin är det avgörande för anläggningens totalekonomi med täckning av bassängytan när bad ej förekommer.

Den väsentliga meningen med täckningen är att förhindra avdunstning. Även om täckningen i viss mån minskar transmissionsförlusterna d.v.s. verkar värmeisolerande, är dessa förluster normalt av underordnad betydelse.

2 INLEDNING

2.1 Dagsläge

Tempererade utomhusbad är dyra i drift. De ständigt ökade energipriserna har fått alltfler kommuner att se sig om efter alternativ uppvärmning. Byggforskningsrådet har fram till sommaren 1978 via lån och bidrag stöttat installation av solvärmeanläggningar vid utebad i fem kommuner. Mätresultat och data för fyra av anläggningarna finns publicerat. (Litt. 7)

Baden är utrustade med såväl enkla som mer komplicerade system. Isolerade och oisolerade kollektorer, med eller utan värmeväxlare som mellansteg förekommer. Solvärmeandelen är genomgående relativt liten, mindre än 30 % av totala behovet vid samtliga bad. Kostnaden för kollektorer kompletta med stativ och kringutrustning är anmärkningsvärt hög, speciellt då vid isolerat utförande. Andelen av totalkostnaden varierar mellan 40-60 %.

Vid planering av ytterligare soluppvärmda bad bör således två avsnitt studeras med extra omsorg. Kollektorvalet, där möjligheten till billiga och rationella uppfästningssystem efterlyses. Korttidsackumulering för att möjliggöra större andel solvärme.

2.2 Projektet

Ljungby kommun har länge varit aktiv på det energibesparande området. På en direkt förfrågan angående soluppvärmning av Kronoskogsbadet föreslog vi denna förstudie, där Ljungbyanläggningens möjligheter, med inriktning på solvärme i kombination med ackumulering utreds.

Rapporten omfattar förutom systemlösningar för ackumulering även tekniska beräkningar och data såsom energibalans, solinstrålning och kollektorval. Idéer och förutsättningar för projektet berörs närmare längre fram i detta kapitel.

Avsikten med förstudien är att idéer som skisseras här skall kunna tillämpas vid såväl Ljungbybadet som andra bad med likartade problem och förutsättningar.

2.2.1 Idealt utomhusbad

Ett idealt utomhusbad karakteriseras av såväl låg energiförbrukning som energiförsörjning baserad på billig, ständigt flödande energi. Bassängtäckning, sänkning av badtemperaturen samt varmvattenbesparing är åtgärder som kan vidtagas i energibesparande syfte. Lämpligt energitillskott bör kunna erhållas från solen dels via direktinstrålning mot bassängen och dels via plana termiska solfångare.

Ett idealt utebad kan ha följande utformning:

- täckningsanordning vid "icke bad"
- optimerad varmvattenanvändning
- uppvärmning med plana solfångare
- system för energilagring
- ev. konventionell tillsatsvärme

En enkel täckning nattetid reducerar enligt beräkningar bassängens uppvärmningskostnader med 60 %. Utnyttjas täckningen även vid mulet väder eller dåliga baddagar blir besparingen naturligtvis större.

Två typer av täckningar är aktuella, rörliga och fasta. Den fasta utnyttjas enbart då bassängen "våruppvärms" och då den används som värmelager. Den rörliga förses lämpligast med motor varigenom bassängen snabbt kan täckas och avtäckas även under badsäsongen. En rörlig täckning eliminerar helt avdunstningsförlusterna, vilka utgör större delen av bassängens totala förluster. På marknaden finns det idag endast ett fåtal rörliga täckningar vilka dessutom betingar ett förvånansvärt högt pris. Billiga funktionssäkra täckningar bör kunna utvecklas om intresset är det rätta. Inom ramen för vårt projekt har detta ej närmare kunnat studeras.

Badinrättningar förbrukar stora vattenmängder. Duschvatten, ersättningsvatten till bassängen, vatten till filterspolning samt vatten för rengöring vid duschplatser och kring bassängen utgör de största förbrukarna. Duschvattenmängder och temperaturer bör optimeras för god komfort och ekonomi. Vidare bör en driftsrutin som möjliggör optimalt utnyttjande av förbrukningsvattnet utarbetas för badet (se litt. 10).

Bassänguppvärmningen avses ske med solenergi. I rapporten jämförs ett system för enbart sommar drift med ett avsett för längre drifttid. Både isolerade och oisolerade, plana kollektorer studeras.

Solen är en gles energikälla. Direkt instrålad energimängd per m^2 mot jordytan är liten. Anläggningens totala kollektoryta blir således avgörande för anläggningens kvantitativa förmåga att förmedla energi. Stora horisontella takytor, lika Sunnerbohallens, synes idealiska för placering av stora ytor av valfri kollektortyp.

Ett system för lagring av överskottsenergi är väsentligt vid såväl sommar som helårsdrift. Förhållandet mellan behov av och tillgång på solenergi vid utomhusbad är ej endast säsongsberoende. Stora variationer kan konstateras såväl under som mellan enstaka somardygn. Varma och soliga dagar är behovet i bassängen ofta negativt och den via kollektorerna insamlade energin

övertempererar enbart badvattnet varför ingen energibesparing uppnås. Dyliga dagar bör energin lagras till dagar med värmebehov i bassängen.

Energilagringssystemet enligt denna studie avses utnyttja de befintliga bassängerna som ackumulatorer. Utomhusbassängen kan täckas och utnyttjas under icke utebadsäsong. Inomhusbassängen utnyttjas på motsvarande sätt under icke inomhussäsong

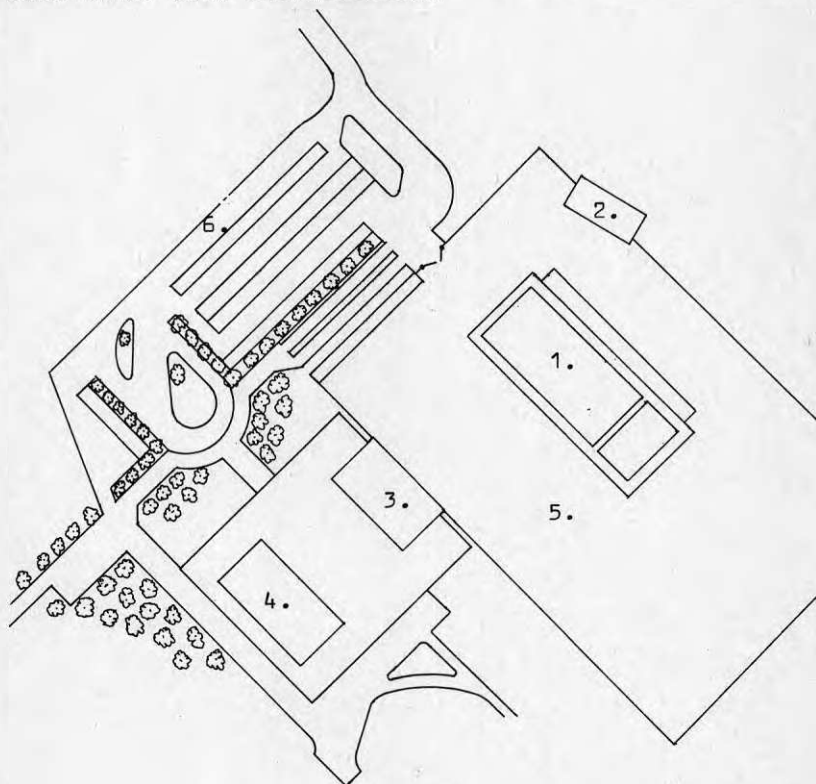


Fig. 2.1 Plan över Kronoskogsbadet.

1. Utomhusbassäng
2. Cafeteria
3. Inomhusbassäng
4. Idrottshallar
5. Inhägnad gräsyta
6. Parkering

3 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Badet

Utomhusbadet i Ljungby kommun, Kronoskogsbadet, består av en stor avdelad bassäng samt en liten friliggande plaskbassäng.

Badet är vackert beläget med omgivning av skyddande skogsdungar och kullar. Möjlighet till lek och motion finns på de stora gräsytor som omger bassängerna.

Den stora bassängen är försedd med såväl trampolin som hopptorn. Badet utnyttjas flitigt av allmänheten samt gästande turister, bl.a. från en intilliggande campingplats.

I anslutning till badet finns också en cafeteria och en idrottsanläggning, Sunnerbohallen. Sunnerbohallen innehåller inomhusbad, flera idrottshallar för blandade aktiviteter samt en cafeteria. Kronoskogsbadet öppnar i slutet av maj och hålls öppet t.o.m. augusti månad. Badet har öppet varje dag mellan 09⁰⁰-18⁰⁰.

Sunnerbohallens badavdelning har öppet hela året, utom under utebadsäsong då Kronoskogsbadet hålls öppet. Badet har öppet tisdag - fredag 08⁰⁰-19³⁰ samt lördag 10⁰⁰-15⁰⁰.

Kronoskogsbadet utnyttjas varje år av c:a 22 000 besökare. Sunnerbobadet utnyttjas av c:a 57 000 besökare per år.

Fritidsanläggningens placering med utebad och idrotts-hall samt omgivningar framgår av planskiss.

3.2 Energibalans

3.2.1 Utomhussäsong

Utomhusbadet förbrukar stora energimängder för varmhållning av badvattnet. Förlusterna utgörs huvudsakligen av avdunstning, konvektion och strålning. Transmissionsförluster och uppvärmningsenergi för ersättningsvatten är av underordnad betydelse.

Avdunstningsförlusterna är beräknade enligt ekvation

3.2a (Litt. 4).

Konvektionsförlusterna är beräknade enligt ekvation

3.2b (Litt. 4).

Strålningsförlusterna är beräknade enligt ekvation

3.2c (Litt. 4).

Svårigheten att bedömma värmeövergångstalet (α) utgör en felkälla vid beräkningarna. Här har α beräknats för "icke bad" och "bad" enligt (3.2d) och (3.2e).

$$Q_a = r \frac{\alpha}{C_p} (X_v - X) A t \quad (3.2a)$$

$$Q_k = (T_b - T_l) A t \quad (3.2b)$$

$$Q_s = E_v \gamma (T_b^4 - T_{sky}^4) A t \quad (3.2c)$$

$$\alpha \text{ "icke bad" } = 1,75 + 4 \frac{V_m}{2} \quad (3.2d)$$

$$\alpha \text{ "bad" } = 5,8 + 4 \frac{V_m}{2} \quad (3.2e)$$

Förlusternas totala storlek framgår av tab. 3.1. Bassängmedeltemperaturen har antagits vara 24°C under dagen och en grad lägre under natten.

Beräkningarna visar att varje grads sänkning av badmedeltemperaturen i badtemperaturområdet, från 25°C - 20°C, minskar energiförbrukningen mellan 12 % och 16 %. Den högre siffran mellan 25°C - 24°C. En sänkning från 25°C till 22°C minskar således uppvärmningskostnaderna med c:a 30 %.

Tabell 3.1. Beräknade värmeförluster från utomhusbassäng under badsäsong (MWh). Icke bad förutsatt under mulna dagar.

Mån.	Avd.	Konv.	Str.	Ledn.	Ers.	Tot.
Juni	239	73	66	7	6	391
Juli	207	56	61	5	6	335
Aug.	205	65	65	5	6	346
%	61	18	18	1	2	100

Enligt uppgift från badmästare sker duschning under utebadsäsong i ringa grad och med relativt kallt vatten. Energiförbrukningen för duschvattenuppvärmning beräknas uppgå till 6 MWh per månad.

Under badsäsongen erhålls även vissa tillskott av energi. Direktinstrålning av solenergi till bassängvattnet är av stor betydelse, medan tillskott från badande endast uppgår till någon MWh/månad. Tillskottens storlek framgår av tabell 3.2.

Tabell 3.2. Tillskott från direktinstrålning samt badande i bassängen (MWh). Absorptionsfaktor för vatten = 0,9.

Mån.	Str.	Bad.	Tot.
Juni	183	1	184
Juli	178	1	179
Aug.	146	1	147
%	99	1	100

Energibalansen för utomhusbadet framgår av tab. 3.3.

Den totala förbrukningen uppgår teoretiskt till 615 MWh. Med en verkningsgrad över pannan på 70 % stämmer det ganska väl överens med den uppmätta oljeförbrukningen, 86,8 m³ olja/år.

Tabell 3.3. Energibalans för utomhusbassäng under badsäsong (MWh).

		Juni	Juli	Aug.
Bassängförluster	(-)	380	333	344
Våruppvärmning	(-)	35		
Duschvattenuppvärms.	(-)	6	6	6
Direktstrålning	(+)	184	179	147
Balans	(-)	196	162	205

3.2.2 Inomhussäsong

Bad och idrottsanläggningen inomhus förbrukar stora mängder tappvarmvatten. Den stora delen åtgår till dusch och tvagning, en mindre till filterrengöring, vattenbyte och ersättningsvatten. Dagens förbrukning är betydligt högre än siffrorna redovisade i tabell 3.1, beroende på att anläggningen är försedd med äldre duschsilar vilka ger en onödigt stor duschvattenmängd. Önskvärd vattenförbrukning per besökare anges i tidigare utredning (Litt. 10). Här har ej fullt så idealiska värden använts vid beräkningarna.

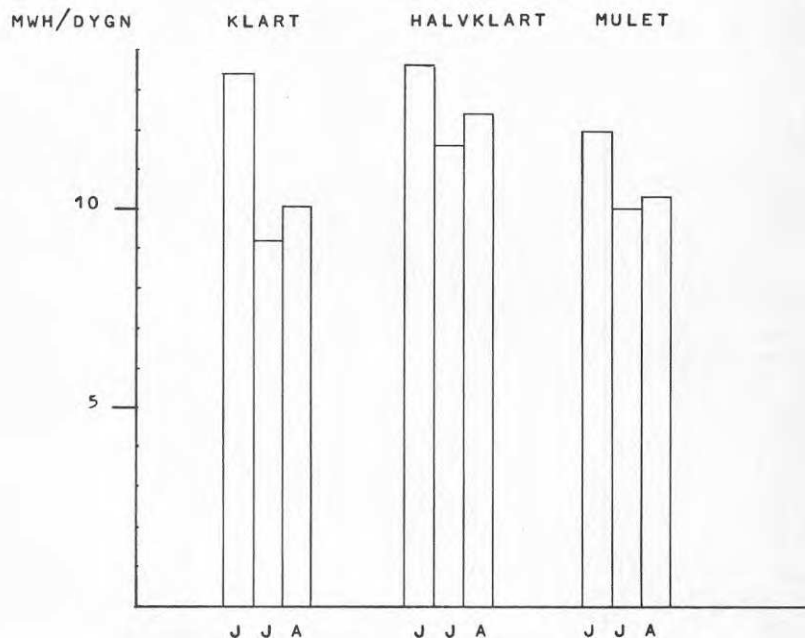
Ljungby kommun tar kallvattnet från grundvattentäckt, där temperaturen varierar obetydligt. En medeltemperatur på 7,5°C är relevant för hela året. Uppvärmning av förbrukningsvarmvatten under inomhussäsongen uppgår till c:a 30 MWh/månad.

Tabell 3.4. Varmvattenförbrukning i inomhusanläggning.

Förbrukare	°C	m ³ /mån.
Dusch, tvagning	38	700
Filterring, vattenbyte, ers.vatten	25	253
Summa	34,5	953

3.3 Effektbehov

Energibehovets fördelning i tiden under utomhusbadsäsong studeras lämpligen enligt indelningen klara, halvklara och mulna dagar. Beräkningsresultatet för Kronoskogsbadet framgår av fig. 3.5. Förutsatt att bad ej förekommer under mulna dagar kan man notera små variationer i totalvärmeförluster mellan de olika dagtyperna. Den stora variationen i direktinstrålning vid skiftande molnighet gör att behovet av tillskottsvärme ändå koncentreras till molniga dagar.



Figur 3.1 Förluster från Kronoskogsbadet under olika dagar. Icke bad förutsatt vid mulet väder.

4. ACKUMULERING

4.1 Bassängerna

Bassängernas lämplighet som ackumulatorer beror på flera faktorer. Omslutningsarea kontra volym, värmeisoleringsstandard, temperaturlåglighet och lagringskapacitet för att nämna några. I en befintlig anläggning är nämnda faktorer svårpåverkade och utnyttjandet får anpassas till givna förutsättningar.

I detta kapitel undersöks ackumuleringsförmågan för 3 olika bassängalternativ (Fig. 4.1-4.3). Vid alternativ 2 utnyttjas enbart den djupa delen av utomhusbassängen. Volymen halveras men en grundfaktor, volymen kontra omslutningsarean, förbättras. Lagringskvantiteten minskar men kvaliteten ökar.

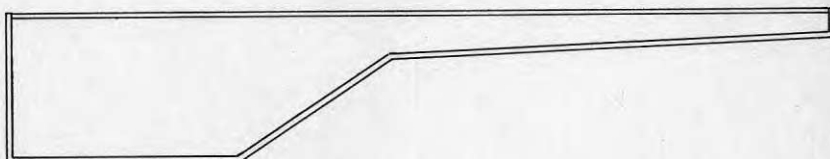


Fig.4:1 Alternativ 1, hela utomhusbassängen utnyttjas.
Ytisolerings: 15 cm cellplast
Bassängvolym: $2\,160\text{ m}^3$
Ytarea: $1\,200\text{ m}^2$ (60x20)

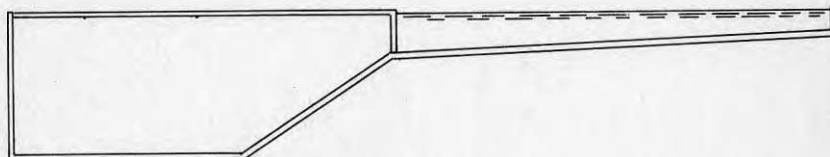


Fig.4:2 Alternativ 2, den avdelade utomhusbassängen utnyttjas.
Ytisolerings: 15 cm cellplast
Bassängvolym: 915 m^3
Ytarea: 280 m^2 (20x14)

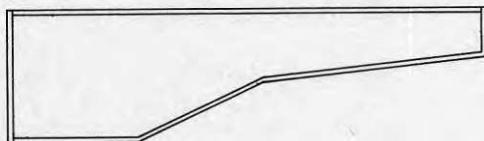


Fig.4:3 Alternativ 3, hela inomhusbassängen utnyttjas.
Ytisolerings: 15 cm cellplast
Bassängvolym: 380 m^3
Ytarea: 260 m^2 (25x10,5)

4.2 Värmeförluster

Värmeförlusterna från bassängerna varierar med temperaturdifferensen mellan bassängvattnet och omgivningstemperaturen. De totala förlusterna från bassängerna visas i fig. 4.4.

Vid en jämförelse av de olika bassängalternativen betr. isolationsstatus är det intressantare att studera förlusterna per m^3 ackumuleringsvolym, fig. 4.5.

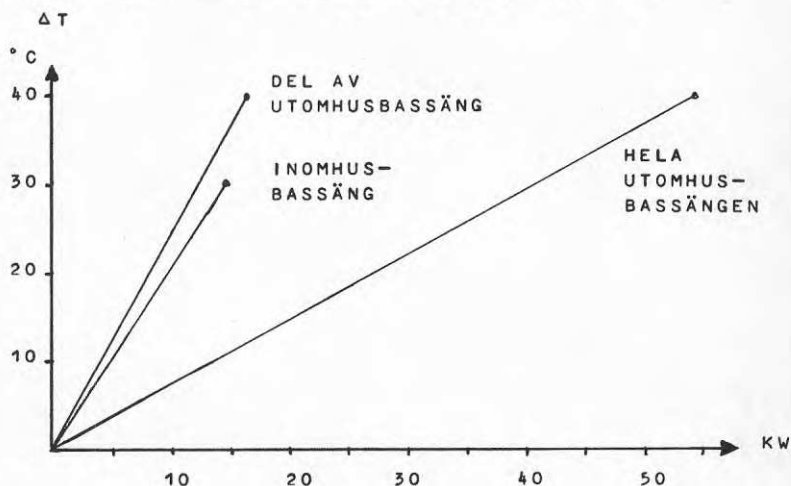


Fig. 4.4 Totala värmeförluster från bassängerna.^a

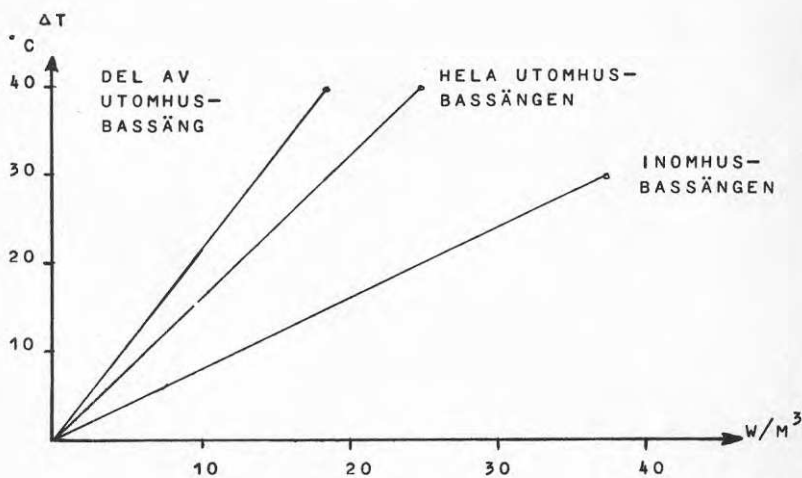


Fig. 4.5 Värmeförluster per m^3 ackumuleringsvolym.^a

^aInomhusbassängen förutsattes vara täckt med 5 cm flytblock av styrencellplast och utomhusbassängen med 15 cm. Flytblocken täckes med diffusionstät byggplast.

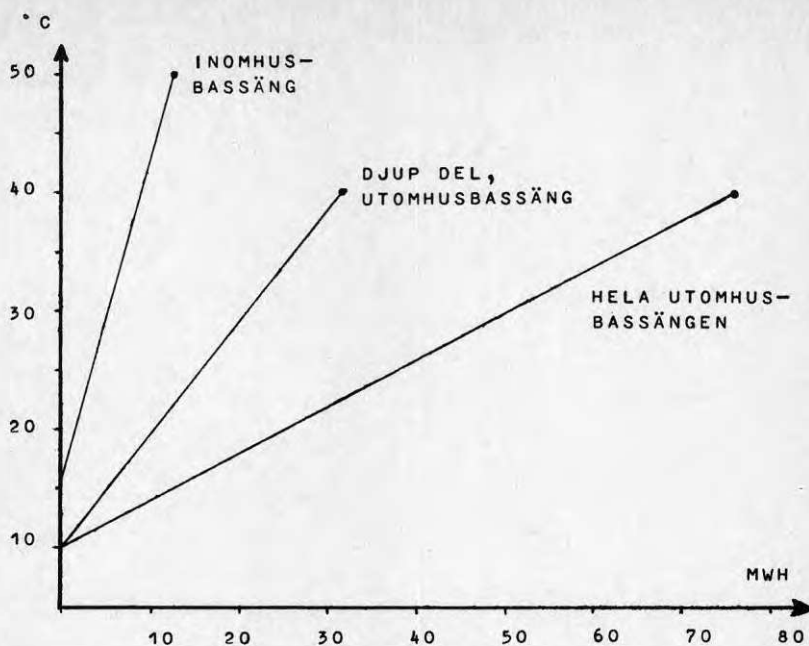


Fig. 4.6 Lagringskapacitet i bassängerna. Två alternativ för utomhusbassängen är redovisade. Inomhusbassängen antas urladdad vid 20°C (utebadtemp.). Utomhusbassängen antas urladdad vid 10°C .

Inomhusbassängens kapacitet som korttidsackumulatorken även relateras till förmågan att vid olika lagringstemperaturer höja badtemperaturen i utomhusbadet.

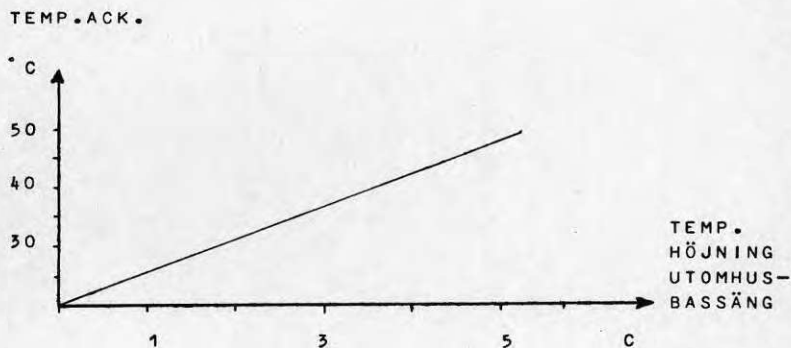


Fig. 4.7 Lagringskapacitet inomhusbassäng.

Studien visar att inomhusbassängen är sämst isolerad, medan den bästa isolerstandarden erhålls med en avdelad utebassäng.

Rumstemperaturen i till inomhusbassängen angränsade utrymmen är normalt omkring 20°C . Vid soligt väder under utomhussäsongen värms dessa utrymmen ytterligare, dels av förlusterna från bassängen och dels av direktinstrålning från solen. En maximal temperaturdifferens på 25°C får anses rimlig ($50^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$).

Förlusterna är vid tänkt tillämpning av ringa betydelse och ev. tilläggsisolering bedöms ej aktuell. Av utomhusalternativen är den avdelade bassängen det ur värmeförlustsynpunkt bästa alternativet. Vilket alternativ som slutligt bör väljas blir en optimeringsfråga. Kollektorernas effektivitet vid olika arbetstemperaturer, ackumulatorns förluster vid olika ackumuleringstemperaturer samt behovet av den vid betydligt lägre temperatur, i hela utomhusbadet, lagrade energin är faktorer som styr valet.

4.3 Lagringskapacitet

Lagringskapaciteten beror på bassängens volym och temperaturtålighet. Utomhusbassängen förutsätts kunna värmas till 40°C . Inomhusbassängen förutsätts kunna värmas till 50°C .

5. SOLVÄRME

5.1 Solinstrålning

Solinstrålningen mot jordytan är beroende av solens infallsvinkel mot ytan samt rådande väderlek. För olika värden på dessa variabler kan instrålad energimängd antingen beräknas eller hämtas ur tabellverk. Tabellverken är ofta begränsade i sin användning, varför beräkningsmetoder är att föredra.

I R 108:1978 (Litt. 6) presenterar Valdis Girdo en beräkningsmetod där timvisa värden för direkt och diffus strålning vid olika molnighetsgrad och med olika uppställningsalternativ beräknas. Metoden tar vid delvis molnigtäckta himmel hänsyn till strålningens uppdelning på himmelssfären (ej isotropisk).

I den danska projekteringsvägledningen Solvarme (Litt. 1) redogörs för en annan metod, KT-metoden, där månadsvisa medelvärden på solinstrålningen erhålls. Folke Peterson redovisar i VVS-special (Litt. 11) solinstrålningstabeller för Stockholm avseende klara och medelklara dagar. Både Folke Peterson och Solvarme förutsätter likformig strålning från hela himmelssfären (Isotropisk himmel).

Vid en jämförelse av månadsmedelvärden för Stockholm mellan de tre ovan nämnda källorna kan vissa skillnader noteras. Valdis Girdo anser 45° kollektorlutning effektivare än 0° hela året. Folke Peterson och Solvarme anser däremot att horisontell placering är fördelaktigare under juni, juli och större delen av maj. Vidare varierar andel diffus strålning under klara och halvklara dagar från 15 % till 50 % enligt Girdo och från 25 % till 30 % enligt Peterson. Det sistnämnda är av stor vikt vid koncentrerande solfångare. Girdos metod verkar också ge högre månadsmedelvärden än de andra metoderna, speciellt vid lutande kollektorer.

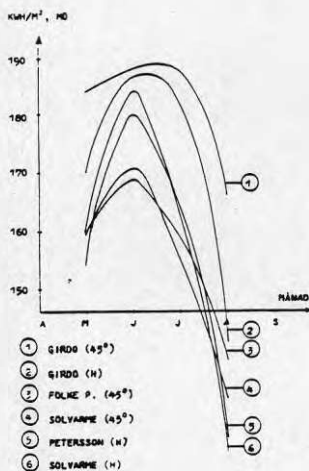


Fig. 5.1.

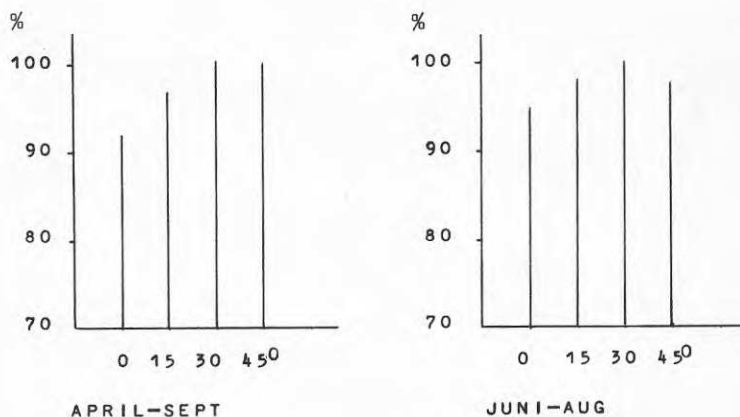
Medelinstrålning mot horisontell och 45° lutande yta i Stockholm enligt Girdo, Peterson och Solvarme

5.1.1 Beräkningsmetoder

Vi har i vårt arbete närmare studerat de två beräkningsmetoder som nämnts i inledningen av kapitlet, enligt Girdo och Solvarme (Litt. 6 resp. Litt.4). Metodernas uppbyggnad kan studeras i refererad litteratur och kommer inte vidare att behandlas i denna rapport. Meteorologiska indata är antal soltimmar i KT-metoden och antal klara, halvklara och mulna dagar i Girdos metod.

För att rationellt kunna utföra jämförande beräkningar vid varierande förutsättningar har vi konstruerat datorprogram för de båda metoderna. Datorn vi har använt är av fabrikat Pet med en kapacitet av 32 kilobytes.

Vid projektering önskar man om möjligt placera kollektorerna i en för hela utnyttjandeperioden optimal lutningsvinkel. Andra faktorer t.ex. varierande utnyttjandetid, utrymmeskäl, kostnadsskäl och estetiska synpunkter gör dock att man ofta får tumma på ambitionen. Optimala kollektorlutningen för varje enskild månad är dock en faktor av väsentlig betydelse och presenteras här enligt Girdo för Ljungby ($L=56,5^{\circ} N$).



Figur 5.2 Instrålad energi vid varierande kollektorlutningar under sommarhalvåret enligt Girdo. Gäller för Ljungby latitud $56,5^{\circ} N$.

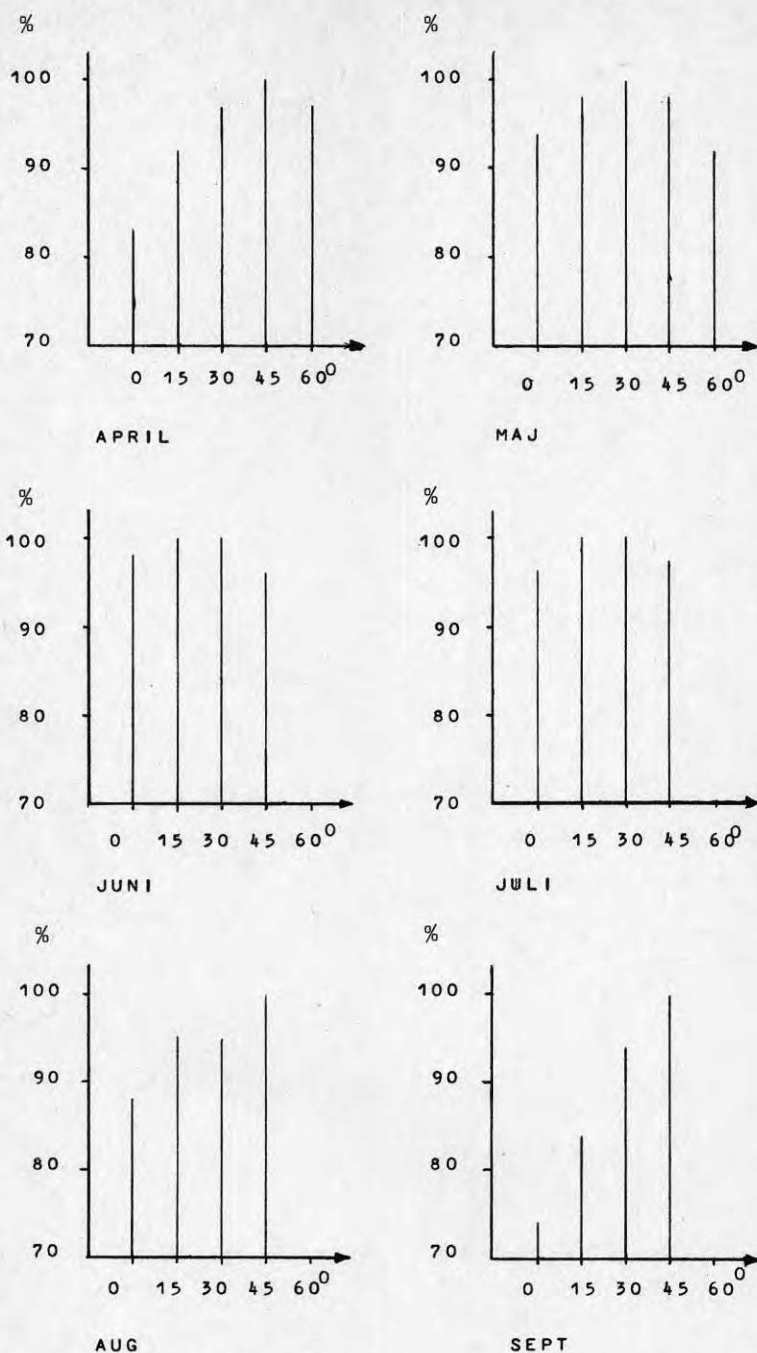


Fig. 5.3 Instrålad energi vid varierande kollektorlutningar månadsvis enligt Girdo. Gäller för Ljugby latitud $56,6^{\circ}$ N.

5.2 Kollektorer

5.2.1 Effektivitet

Kollektorer finns idag tillgängliga i flera olika material och utförande. De enklaste kollektorerna är av plast och helt isolerade. Liten temperaturskillnad mellan omgivningsluften och absorbatoren krävs för att få god verkningsgrad.

De mer avancerade kollektorerna är utförda med isolering på såväl fram-som baksidan. Beroende på driftfall kan olika isolerstandard väljas. De isolerade fungerar tillfredsställande även vid större temperaturskillnad mellan absorbatoren och omgivning.

Verkningsgraden varierar även med solens infallsvinkel mot kollektorn. Absorbatorns absorbtionsegenskaper försämras vid ökade infallsvinklar och vid glasat utförande ökar dessutom reflektionen från glaset. Förlusternas variation med infallsvinkelns framgår av fig. 5.4 och 5.5.

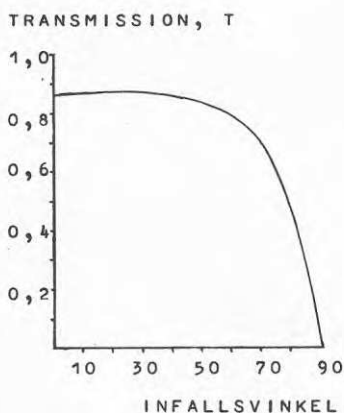


Fig. 5.4 Transmission genom 3 mm fönsterglas som funktion av solens infallsvinkel.

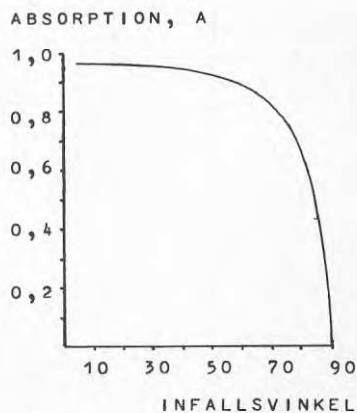


Fig. 5.5 Absorptionsfaktor för målad plåt som funktion av solens infallsvinkel.

Ovanstående samband för transmissionsfaktor (t) och absorptionsfaktor (a) gäller för direkt strålning (Litt. 11).

5.2.2 Dataprogram - kollektorverkningsgrad

Dataprogrammet beräknar den momentana verkningsgraden timvis över dagen. Dygnsverkningsgraden erhålls som kvoten mellan totalt infångad och totalt instrålad energi. Beräkningarna utförs för klara, halvklara och mulna dagar.

Föregående samband har, utöver vad som tidigare nämnts i kap. 4 använts vid beräkningarna. Den momentana verkningsgraden vid vinkelrät instrålning beräknas enligt fabrikantens uppgifter. Korrigering av faktor T_a sker enligt 5.2.1 vid ökande infallsvinklar.

Utetemperaturens variation under dagen har antagits variera enligt ett andragsgradspolynom. Förenklingen ger med temperaturen klockan 13 som indata god samstämmighet med SMHI:s statistik. Olika polynom används beroende på ortens geografiska läge samt parallellflyttas beroende på molnighet.

Instrålningen beräknas enligt Girdo (Litt. 6). Den markreflekterade strålningen har vid uppställning i rader på tak bedömts försumbar.

5.2.3 Uppställning

Den samlade kollektorytan blir normalt mycket stor varför man bör sträva efter en placering som är diskret, billig och effektiv.

Vid utomhusbad i kombination med intilliggande hallbyggnad är ofta stora horisontella takytor disponibla. Uppställning på mark är opraktiskt och får betraktas som en nödlösning.

En horisontell takyta möjliggör valfri uppställning beträffande kollektorlutning och orientering. En sydlig orientering är mest effektiv oavsett säsong. Kollektorlutningen bör optimeras med avseende på utnyttjandeperiod.

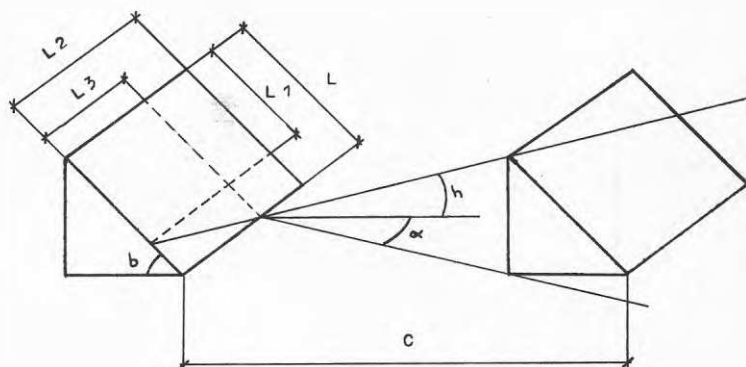
Av utrymmesskäl är det ofta nödvändigt att placera kollektorerna i ett antal rader bakom varandra. För maximal effekt under hela säsongen bör radavståndet vara så stort att bakomvarande rad ej skuggas av framförvarande rad någon del av dagen.

Den uteblivna instrålningen till följd av beskuggning kan vid vissa uppställningsalternativ, speciellt vid helårsdrift vara av stor betydelse. Är utrymmet inte tillräckligt för stora radavstånd kan det löna sig med en lägre kollektorlutning än vad som är optimalt för en enskild kollektor.

5.2.4 Beskuggning

En kontroll av beskuggningen för de svåraste driftfallen låg solhöjd och liten azimutvinkel, ger en indikation på det aktuella projektets skuggproblem. Vid kraftig beskuggning bör naturligtvis en mer komplett analys och eventuellt korrigering av kollektoruppställningen utföras.

Beräkningsmässigt utförs kontrollen enligt de trigonometriska samband som redovisas nedan. Ekvationerna gäller för sydororienterade ytor.



- b** = KOLLEKTORLUTNING
c = KOLLEKTORAVSTÅND
h = SOLHÖJD
 α = SOLAZIMUT FRÅN SÖDER
L = KOLLEKTORHÖJD
L1 = OSKUGGAD DEL AV KOLLEKTORHÖJD
L2 = RADLÄNGD
L3 = OSKUGGAD DEL AV RADLÄNGD

Fig. 5.6

Längderna L1 och L2 anger hur höga resp. långa kollektorraderna kan utformas utan risk för beskuggning. Andel solbelyst yta av total kollektoryta i raden, fortsättningsvis kallad skuggeffekt, SE, definieras enl. ekv. 5 c.

$$L1 = c / \cos \alpha \times \sin h / \sin(180 - h - b) \quad (5 \text{ a})$$

$$L2 = c / \cos \alpha \times \sin \alpha \quad (5 \text{ b})$$

$$SE = (L1 \times L2) / (L3 \times L) \quad (5 \text{ c})$$

Skuggeffekten anger således hur stor solinstrålningen till en beskuggad yta är jämfört med en oskuggad. Då SE multipliceras med timvis beräknade solinstrålningsvärden erhålls den effektiva instrålningen. Önskar man undvika skuggeffekter under en lång utnyttjandesäsong blir utrymmesbehovet orimligt stort (Tabell 5.1). Under sommarhalvåret bör det däremot vara realistiskt att hitta uppställningsalternativ som eliminerar skuggning.

Tabell 5.1 Erforderligt radavstånd (I), platsbehov (II) och platsbehov i procent av kollektorytan (III) för att undvika beskuggning.

Månad	I (m)	II (m ²)	III (%)
Jan	10,3	3655	487
Feb	7,1	2516	335
Mars	4,6	1642	219
April	3,4	1212	162
Maj	2,7	976	130
Juni	2,4	877	117
Juli	2,6	931	124
Aug	3,0	1100	147
Sept	4,0	1423	190
Okt	6,3	2257	301
Nov	9,4	3337	445
Dec	10,3	3655	487

Förutsättningar:

Latitud = 56,5
 Kollektoryta = 750 m²
 Kollektorlutning = 45°
 Radlängd = 25 m
 Antal rader = 15

6. RESULTAT

6.1 Systemlösningar

Ett ekonomiskt utnyttjande av den energi som strålar in mot jordytan från solen förutsätter att installationskostnaderna hålles låga. En, med avseende på mängd insamlad energi, optimerad anläggning blir i dagsläget ekonomiskt olönsam. Varje avsteg från den enklaste anläggning medför högre kostnader, som måste täckas genom extra insamlad energi.

En till varje ändamål anpassad systemlösning kräver noggrann analys. Vid uppvärmning av utomhusbad med solenergi är främst tre faktorer betydelsefulla, bassängförluster, direktinstrålning samt aktiv infångad solinstrålning. Fördelningen i tiden av de två förstnämnda framgår av fig. 6.1.

Fig. 6.1 visar att förlusterna även under bra soldygn är betydligt större än direktinstrålningen. Under dagar med mindre sol är underskottet än mer betydande. En förändring av situationen enligt nedanstående fyra punkter vore önskvärt.

- . Minskad energiåtgång dagtid (sänkt badtemperatur).
- . Minskad energiåtgång nattetid (bassängtäckning).
- . Tillförd värme via solenergi (solfångare).
- . Ackumulering av värme från bra till dåliga dagar (korttidsackumulering).

I avsikt att belysa det ekonomiska utrymmet för dels täckning av utebassängen och dels även komplettering med värmväxlare för förvärmning av tappvarmvatten redovisas två alternativ.

6.2 Alternativ 1

Alternativ 1 avser uppvärmning av utomhusbassäng under sommarmånaderna (juni, juli, aug). Täckningen antas eliminera avdunstningsförlusterna, men ej påverka övriga förluster.

Solfångarna väljs i isolerat (1-glas) utförande och placeras horisontellt på Sunnerbohallens tak. Kollektortytan dimensioneras så att inomhusbassängen förmår lagra insamlad energi från fem klara dagar i följd.

Mulna dagar nyttjas infångad energi direkt i bassängen. Halvklara dagar används vid behov infångad energi direkt i bassängen, övrig energi lagras i inomhusbassängen. Klara dagar täcker direktinstrålningen mer än väl förlusterna och hela den via solfångarna insamlade energin lagras i inomhusbassängen, se figur 6.2.

Verkningsgraden för ackumulering från dagar med värmeöverskott varierar med tidsdifferensen mellan de två fallen. Dygnsverkningsgraden är som framgår av kap 4. 97-99 %. Varför en totalverkningsgrad (lagring, distribution) på 85 % kan anses realistisk. Utomhusbadets energibalans och energiförsörjningsprofil framgår av figur 3.3 och 3.5.

Kostnadsutrymmet för de två åtgärderna, rörlig täckning på utomhusbassängen och kollektoranläggning med energilagringssystem, kan beräknas med ledning av de förväntade besparingarna. Med 10 års annuitet och en kalkylränta på 10 % blir kostnadsutrymmet enligt nedan. Tillkommande drift- och underhållskostnader är ej medräknade.

Oljepris:	2 200 kr/m ³
Pannverkningsgrad:	0,8
Besparing, täckning:	358 MWh = 98 450
Kostnadsutrymme, täckning:	604 900 kr.
Besparing, kollektorer:	108 MWh = 29 700 kr.
Kostnadsutrymme, kollektorer:	182 500 kr.

6.3 Alternativ 2

Alternativ 2 avser alternativ 1 kompletterat med värmväxlare för förvärmning av tappvatten under icke utebadsäsong. Kollektoranläggningen utnyttjas även under april, maj och september.

Besparing och kostnadsutrymme för komplettering framgår av nedanstående kalkyl.

Oljepris:	2 200 kr/m ³
Pannverkningsgrad:	0,8
Insamlad energi: april, maj, sept.:	57 MWh/år
Besparing	15 675 kr.
Kostnadsutrymme:	96 315 kr.

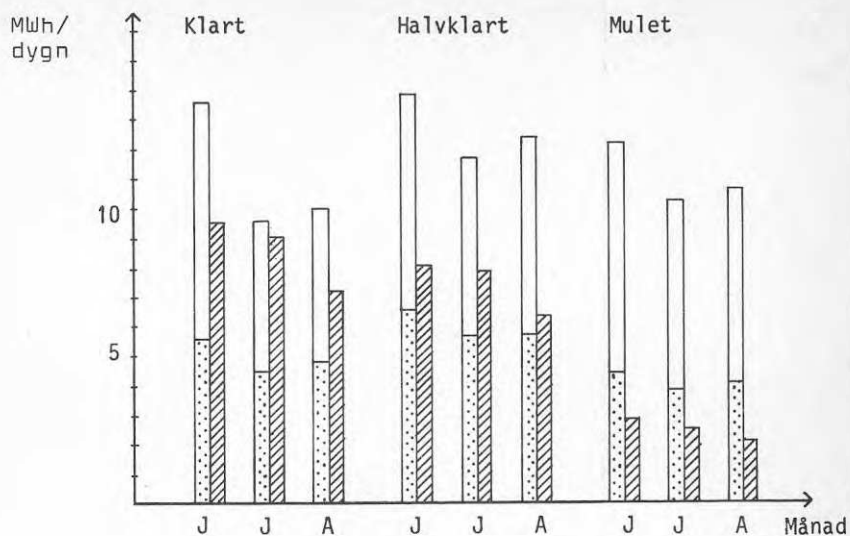


Fig 6.1 Energibalans för Kronoskogsbadet före åtgärd, under juni juli och aug.

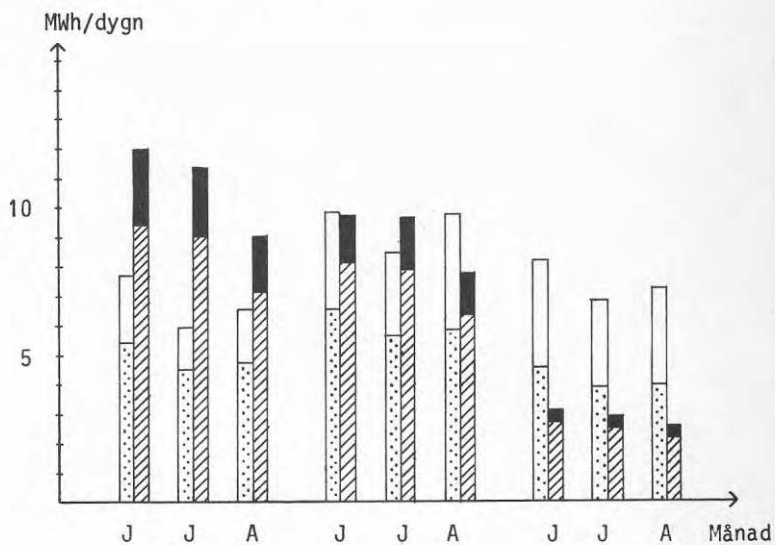


Fig. 6.2 Energibalans för Kronoskogsbadet. Alternativ 1 genomfört.

- ▨ Dir. instrålning.
- Värmeförl. natt
- ▤ " dag
- Tillskott solf.

7. LITTERATURLISTA

- (1) Solvarme, vejledning i projektering og udførelse af anlag - Teknologisk institut, Varmeteknik 1978.
- (2) Klimatdata för Sverige, Teasler
- (3) VVS 1976:1 - Solvattenvärmare för sommarbruk
- (4) VVS-håndboken, Förlags AB VVS 1963
- (5) "BFR-rapport" R 83:1978, Peterson, Ringblom
- (6) "BFR-rapport" R 108:1978, Girdo
- (7) "BFR-rapport" R 39:1979, Holmberg, Kjaerboe
- (8) "BFR-rapport" R 48:1978, Ekström, Ottosson
- (9) "BFR-rapport" R 71:1979, Abrahamsson, Jonson, Norin
- (10) "BFR-rapport" R 49:1979, Davin, Johnsson Sandart
- (11) VVS-special, nr 1, 1980, Solvärme

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
781013-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ångtekniska Byrån AB, Göteborg.

R57: 1983

ISBN 91-540-3948-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700757

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 20 kr exkl moms