



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.



Skövdebadet — solvärmepumpanläggning

Redovisning av projekterings- och installationsskedet

Thore Abrahamsson
Olle Bergman
Kaj Hansson
Sten Jonson

V.
AMK

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-1290
Plac	See

R90:1981



SKÖVDEBADET - SOLVÄRMEPUMPANLÄGGNING

Redovisning av projekterings- och installationskedet

Sten Jonson
Olle Bergman

Thore Abrahamsson
Kaj Hansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag nr 780499-7, 791245-2 och 791474-4 från Statens råd för byggnadsforskning till Skövde kommun.

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

R90:1981

ISBN 91-540-3523-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 154435

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
0 SAMMANFATTNING	7
0.1 Allmänt	7
0.2 Projektbeskrivning	9
0.3 Projektering och byggande	12
1 TERRÄNG OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR	21
1.1 Projektets lokalisering och situationsplan	21
1.2 Klimat	24
2 ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING AV BYGGNAD OCH TEKNISKT SYSTEM	27
2.1 Byggnaden	27
2.2 Beskrivning av energisystemet	31
2.2.1 Solfångarna	32
2.2.2 Värmelager	34
2.2.3 Värmepump	35
2.3 Styrssystem	38
3 SYSTEMETS FUNKTION	39
3.1 Funktionsvillkor	39
3.2 Styrningsstrategi	41
4 MÄTPROGRAM	45
4.1 Definitioner	45
4.2 Mätsystem	45
4.2.1 Mätinstrument	45
4.2.2 Behandling av mätdata	48
5 EKONOMI OCH TIDPLAN	51
5.1 Planering och projektering av projektet	51
5.2 Ekonomisk avstämning december 1980	52
5.3 Projekteringsgång	53
5.4 Marginella årskostnader	54
6 BILAGOR	57

Föreliggande rapport syftar till att redovisa projekterings- och byggskedet vid genomförandet av solenergianläggningen vid Skövdebadet. Statens råd för byggnadsforskning har genom lån och bidrag finansierat projektet. Projekteringsfasen har omfattat en tidsperiod på ca 6 månader med start hösten 1979. Byggnads- och installationsarbetena startade i mars 1980 och var färdiga till invigningen den 10 okt 1980. Under 4:e kvartalet har anläggningen intrimrats inför mätperioden som startade i januari 1981.

Skövde kommun har genom sitt fastighetskontor fungerat som beställare. Fastighetskontoret har företräts av fastighetschef Sven-Erik Johansson och ingenjör Eugen Vikström. Brukarens intressen har bevakats av fritidschef Rune Malm och badmästare Kjell Reuterholt. Särskilda informationsmöten har arrangerats för Skövdebadets personal.

Projekteringen har handlagts av en konsultgrupp omfattande Solarec Lågenergiteknik AB Borås, RNK Installationskonsult AB Göteborg, Contekton Arkitektkontor AB Skövde och Statens provningsanstalt Borås.

Entreprenörer har varit Rörmontering
Gullberg & Sundlin AB Göteborg,
Skaraborgs Plåt & Smide AB, Einar
Johansson Byggnadsfirma Skövde,
Borås Elektrokyl AB, MIKAB Mikro-
datorteknik AB Göteborg och Skövde
Energiverk.

Projektering och installation har
skett enligt fastlagda tids- och
kostnadsramar. Förstudiearbetet har
redovisats i BFR-rapport R 71:1979.
Föreliggande delrapport kommer när
mätning och utvärdering avslutats
efter ca 24 månader att kompletteras
med en slutrapport som redovisar hur
projektet lyckats som energispar-
projekt.

Sten Jonson

Thore Abrahamsson

Olle Bergman

Kaj Hansson

O. SAMMANFATTNING

0.1 ALLMÄNT

De ständigt ökande uppvärmningskostnaderna för oljeuppvärmda system i befintlig bebyggelse är ett nationellt problem. Detta projekt syftar till att visa hur man genom tillämpad värmepumpsteknik kan reducera oljeanvändningen vid Skövdebadet genom att nyttja gratisenergi från sol och luft samt använda utebassänger som värmelager. Lågenergisystemet har tidigare i ett mer avancerat prototyputförande kommit till utförande i Brämhultsprojektet i Borås. Genom mätning och utvärdering skall de i förstudien - BFR rapport R 71: 1979 - redovisade teoretiska beräkningarna verifieras.

Skövdebadet som är en befintlig badanläggning har kompletterats med 500 m² solfångaryta på badets sydfasad och tak samt en värmepumpenhet och diverse värmeväxlare, cirkulationspumpar m.m.

De befintliga utebassängerna med en vattenvolym av ca 4000 m³ nyttjas som värmelager. För att reducera värmeförlusterna från bassängerna förses dessa med rörlig täckning. Bassängytan som har en vattenyta av 1500 m² utgör dessutom en naturlig solfångaryta.

Den nya lågenergianläggningen styrs och övervakas av en mikrodata.

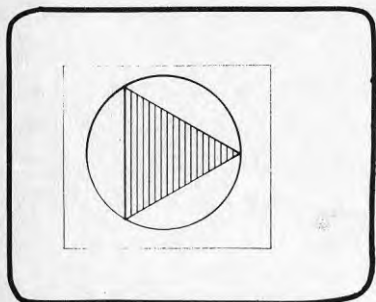
ORIENTERING

Skövdebadet är beläget strax nordväst om stadscentrum intill Vadsbovägen. Byggnaden har en öst-västlig huvudriktning vilket innebär att sydfasaden är lämplig som solfångaryta. Söder om byggnaden finns parkering, gräsmattor och utebad vilket innebär att även solinstrålning vintertid enkelt kan lösas. Omgivande bebyggelse och vegetation skuggar inte sydfasaden. Arkitektoniskt har solfångarna placerats så att de förstärker intrycket av glashus genom att fönsterytor och solfångarytor samordnats i form och skala. Därigenom har solfångarna blivit ett estetiskt komplement.



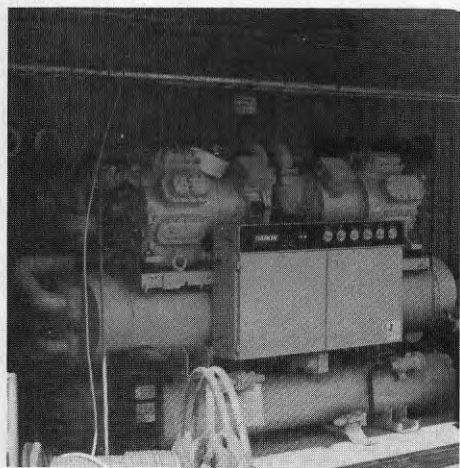
0.2 PROJEKTBESKRIVNING

SOLVÄRMEPUMPCENTRAL

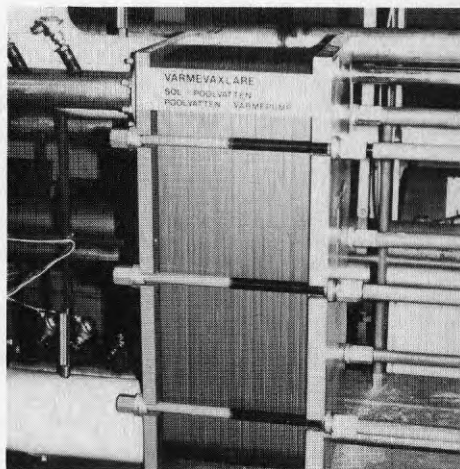


Solvärmepumpen är placerad i ett nybyggt aggregathus under en befintlig terrass. Huset har utformats så att det dels överensstämmer med den befintliga byggnadens arkitektur dels kan fungera som visnings- och demonstrationsanläggning. Värmepumpen, som har en maximal värmeeffekt på 340 kW, har två förångare - en luftkylare och en vattenkylare. Luftkylaren har uteluften som värmekälla medan vattenkylaren nyttjar bassängvatten och/eller solfångarvattnet som värmekälla.

I aggregathuset finns också en mikro-dator som styr och övervakar anläggningen samt optimerar energiuttaget från de olika värmekällorna.

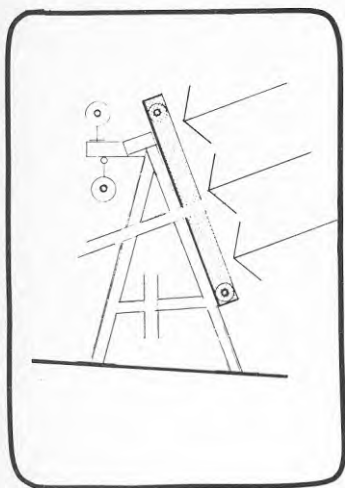


2 Värmepump



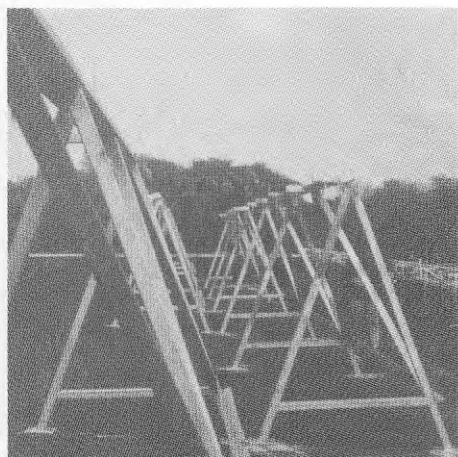
3 Värmeväxlare

SOLFÅNGARE



För att fånga in solens energi nyttjas solfångare och utebassänger.

Solfångarna har placerats på den befintliga byggnadens söderfasad och tak. Totalt finns 500 m² bruttosolfångaryta. Solfångarnas absorberaryta består av kopparrör med aluminiumflänsar som värms upp av direkt och diffus solinstrålning. När vattnet strömmar genom den av solen uppvärmda absorbertorn överförs värme till vattnet. Det solvärmda vattnet värmer därefter värmelagret (utebassängerna) och/eller kyls av värmepumpens vattenkylare. Tack vare värmepumpen kan ingående vattentemperatur i solfångarna hållas låg vilket resulterar i en hög verkningsgrad för solvärmesystemet.

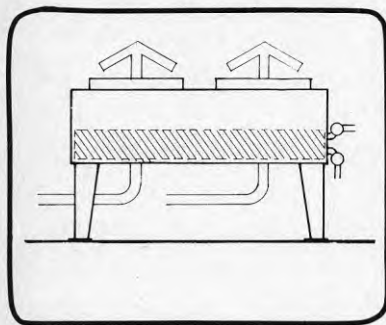


4 Stativ för solfångare

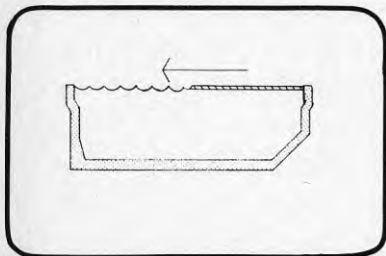


5 Lödning av solf.koppling

LUFTKYLARE



FÖRGRING



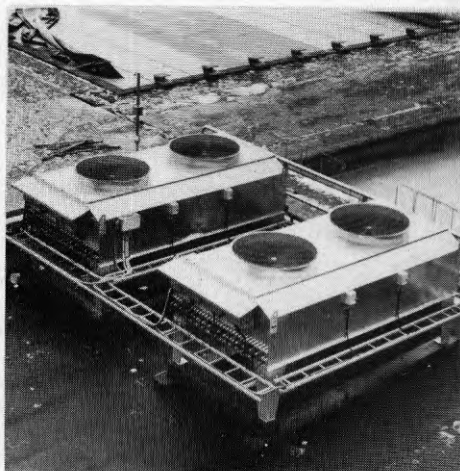
För att fånga in energi från uteluften nyttjas två luftkylar batterier som applicerats på simhallens yttertak. Med hjälp av fläktar drivs uteluften genom kylbatterierna som underkylts av köldmediet. Den varma uteluften kyls när den strömmar genom batteriet och utluftvärmen överförs till köldmediet och vidare till värmepumpen. Luftkylaren används ner till en utetemperatur på -5°C .

De befintliga utebassängerna som har en volym av 4000 m^3 används som värme lager. Dessutom fungerar den 1500 m^2 stora vattenytan som solfångare och för att minska värmeförlusterna under "icke badtid" täcks bassängerna av en flytande rörlig täckning.

Under badsäsong pådrages täckningen nattetid samt under regniga och blåsiga dagar när bassängen inte används. Under vinterhalvåret är bassängerna ständigt täckta.



6 Montering av solfångare på fasad

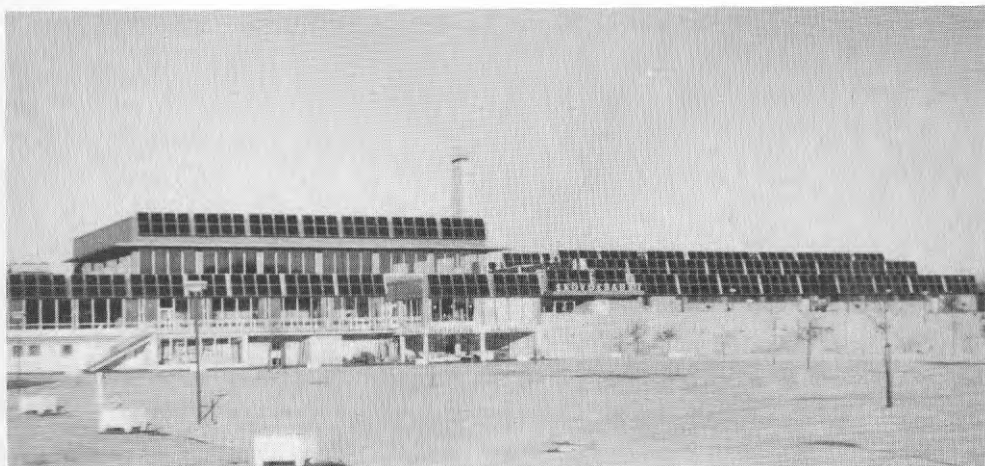


7 Luftkylare

0.3 PROJEKTERING OCH BYGGANDE

ARBETSBEKRIVNING

Beställaren har låtit konsultgruppen relativt självständigt ta fram beslutsunderlag. Genom kontinuerliga protokollförda projekterings- och byggmöten har beställare och konsultgrupp fattat beslut. Under projekteringsfasen har tre kostnadskalkyler upprättats som sedan avstämts vid två tillfällen under byggskedet. Därigenom har en god kostnadsstyrning av objektet erhållits. Konsultgruppen har samordnat projektet. Entreprenörer har upphandlats på basis av konsultgruppens förfrågningsunderlag. Större leveranser har upphandlats separat direkt från tillverkare. Den valda arbetsmetodiken har visats sig förmånlig ur konkurrens- och kostnadsynpunkt.



8 Vy från sydväst

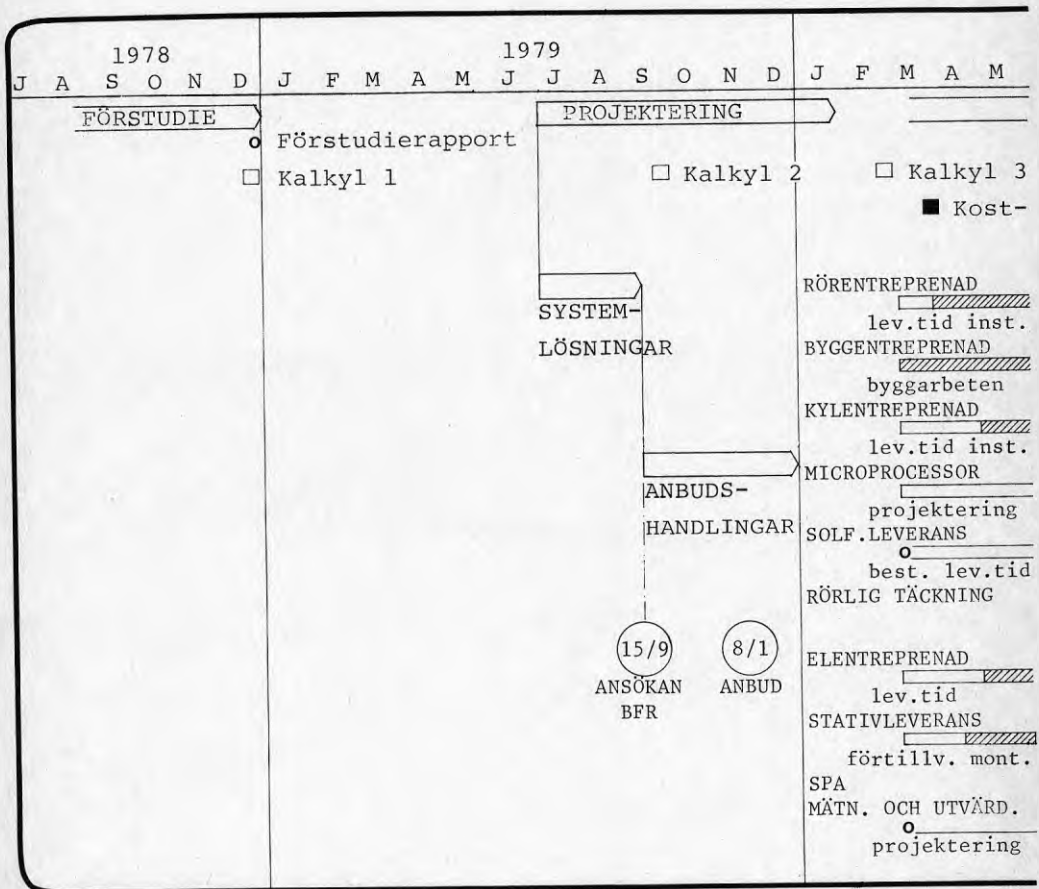
PROJEKTTIDPLAN

Projekteringen har finansierats genom BFR-anslag 780497-7 till ett belopp av 410 kkr.

Projekteringsstart skedde i augusti 1979 och arbetet omfattade följande moment:

- komponentinventering av solfångare och rörlig täckning
- inventering och analys av befintligt värmesystem
- förslagsskisser, systemanalyser och kostnadskalkyler
- upprättande av byggnadslovshandlingar

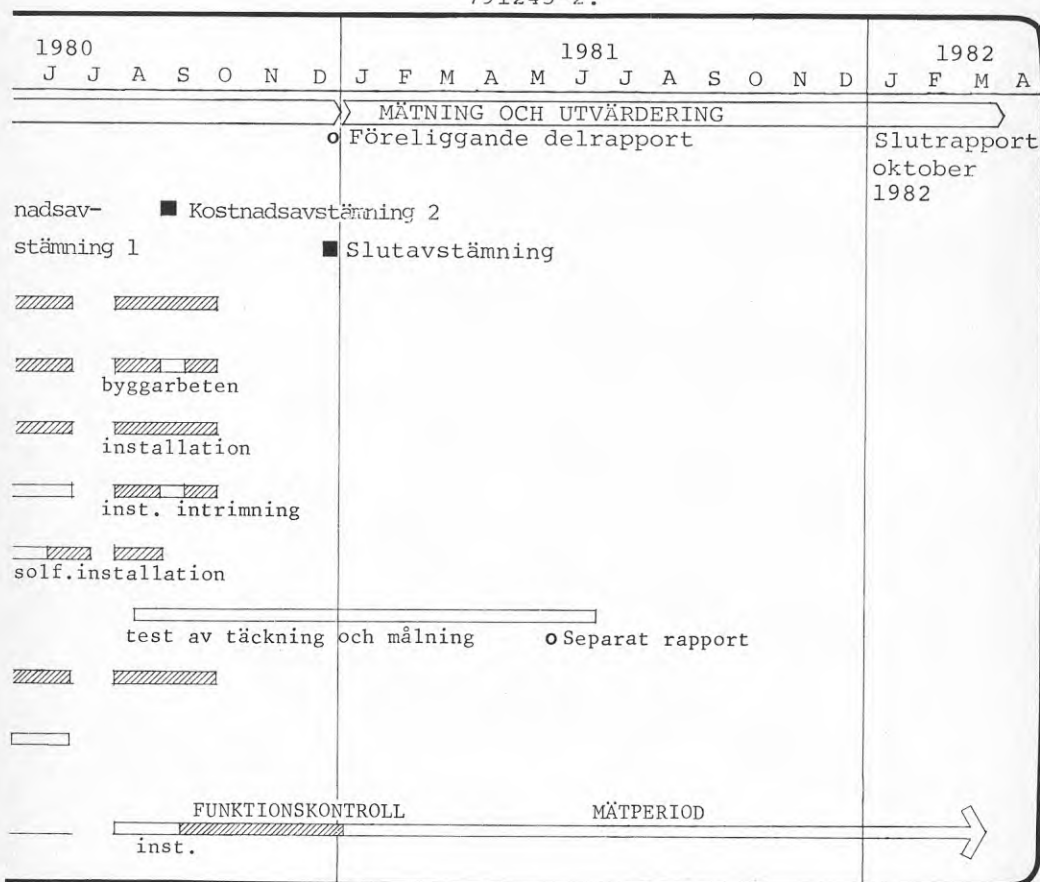
Fig 0.1 Tidplan



- samråd och information till myndigheter och brukare
- upprättande av tekniskt förfrågningsunderlag
- upphandling och utvärdering av entreprenörer.

Under projekteringsarbetet har berörda kommunala nämnder och styrelser informerats. Byggforskningsrådet erhöll 1979-10-23 en komplett omgång av entreprenadritningarna.

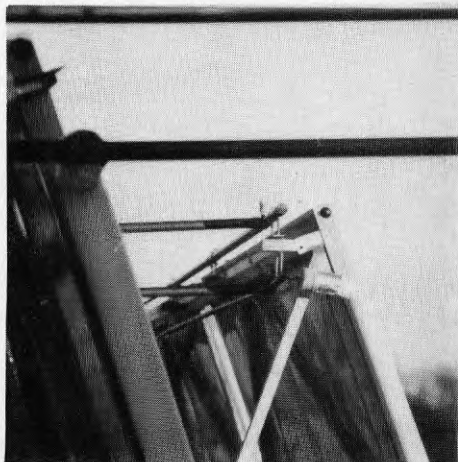
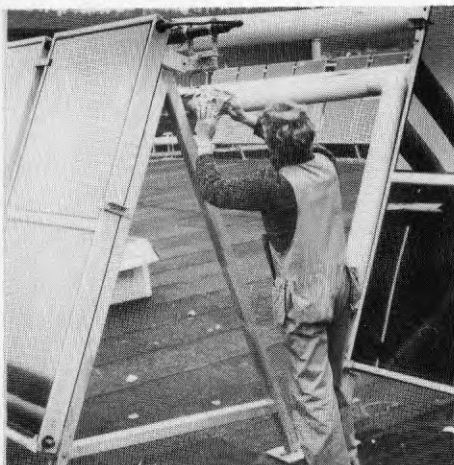
Slutligt beslut om experimentbyggnadslån och bidrag fattades 1980-02-12 genom projektanslag 791474-4 och 791245-2.



BYGGSKEDE

Byggskedet startade i mars 1980 genom montering av ställningar för solfångare och rörarbeten inomhus. Montering av värmepump påbörjades i maj. Solfångarleveransen försenades av hamnarbetarstrejken vilket innebar att solfångarna kunde börja monteras först i juni. I slutet av september var anläggningen i huvudsak klar. Under oktober har isolering av rör och intrimning skett. Den 10 oktober 1980 startade energiminister Carl-Axel Petri värmepumpanläggningen vid en särskilt arrangerad invigning.

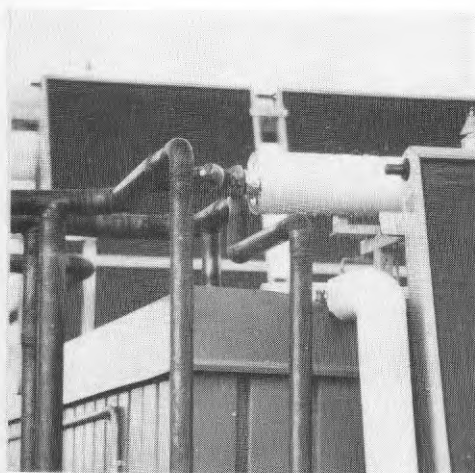
Installations- och byggarbeten har skett problemfritt. Vissa mindre tilläggsarbeten som ej kunnat förutses i projekteringsskedet har dock erfordrats för att anläggningen slutligen skulle få en riktig teknisk och funktionell utformning.



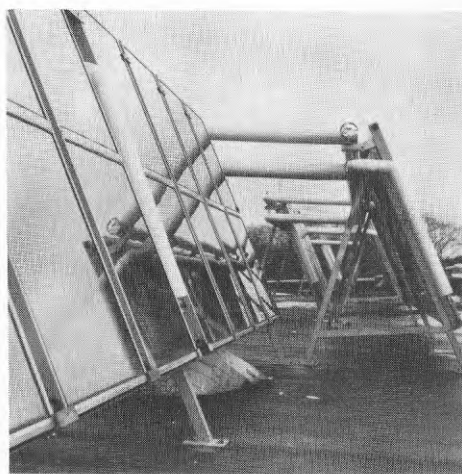
KOSTNADSSTYRNING

Kalkyltidpunkt	Kostnad vid kalkyltidpunkt	Framskrivning oktober 1980
Kalkyl 1 jan 1979	1.790.000:-	2.310.000:-
Kalkyl 2 okt 1979	2.446.000:-	2.739.000:-
Kalkyl 3 jan 1980	2.787.000:-	3.038.000:-
Avstämning 1 juni 1980	2.612.000:-	2.780.000:-
Avstämning 24 okt 1980	2.911.000:-	2.911.000:-
Slutavstämning dec 1980	2.981.000:-	

Kalkyl 1 finns redovisad i förstudien 1979 och avsåg kostnadsläget jan 1979. I samband med ansökan om experimentbyggnadslån redovisades kalkyl 2 i kostnadsläge okt 1979. I januari gjordes en revidering av kalkylen på basis av inkomna anbud. Kalkyl 3 utgjorde grund för Byggforskningsrådets beslut om experimentbyggnadslån. Kostnadsavstämning 1 avsåg läget i juni 1980 med prognos för index m.m. fram till oktober. Kostnadsavstämning 2 upprättades



11 Samlingsrör



12 Solfångare på tak

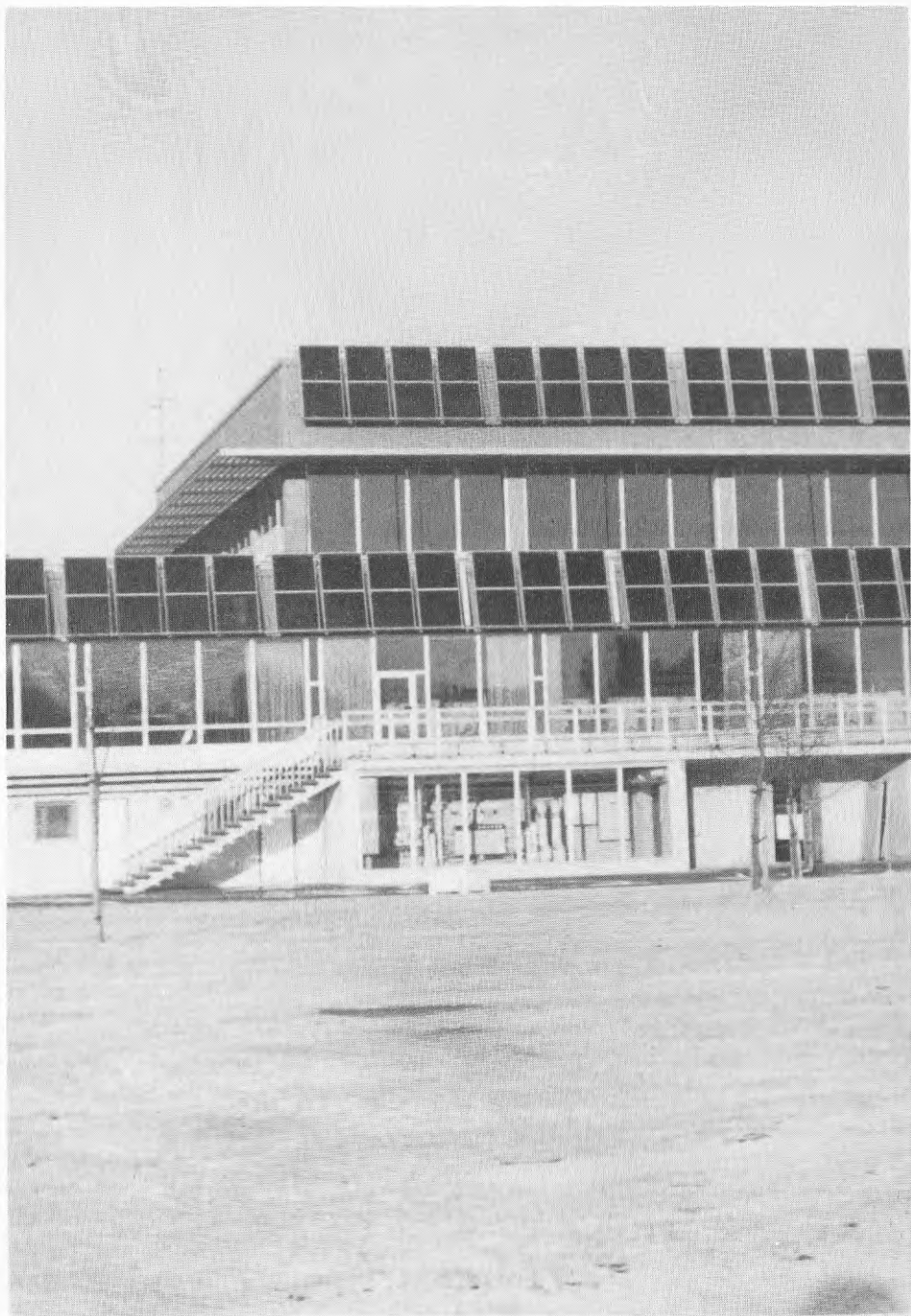
i direkt anslutning till färdigställandet av anläggningen i oktober. I tabellen ovan redovisas kostnadsutvecklingen för projektet. Som referensmånad har valts okt 1980. Index enligt H63 har generellt antagits vara 1% per månad när framskrivning skett till referensmånad.

Experimentbyggnadslånet uppgick enligt BFR:s beslut till 2.717.000 kr i prisläge febr 1980 med reservation för index. Vid ett antagande av 1% index per månad ger detta 2.934.000 kr i prisläge okt 1980.

Kalkyl 1 har visat sig för lågt räknat p.g.a det begränsade kalkylunderlaget. Bl.a visade sig rörentreprenaden bli avsevärt mer omfattande. Kalkyl 2 som baserades på ett mer konkret projekteringsunderlag har visat sig relativt korrekt. Kalkyl 3 visade att entreprenadpriserna var något höga. Detta ledde fram till beslut om prutningar av vissa tekniska lösningar, exempelvis val av köldmedium R 22 i stället för R 12 i värmepump.

Avstämning 1 visar läget i början av installationsarbetet, medan avstämning 2 beaktat vad som hänt under byggskedet.

Slutavstämningen i december visar att upprättade kalkyler i stort sett har hållits.



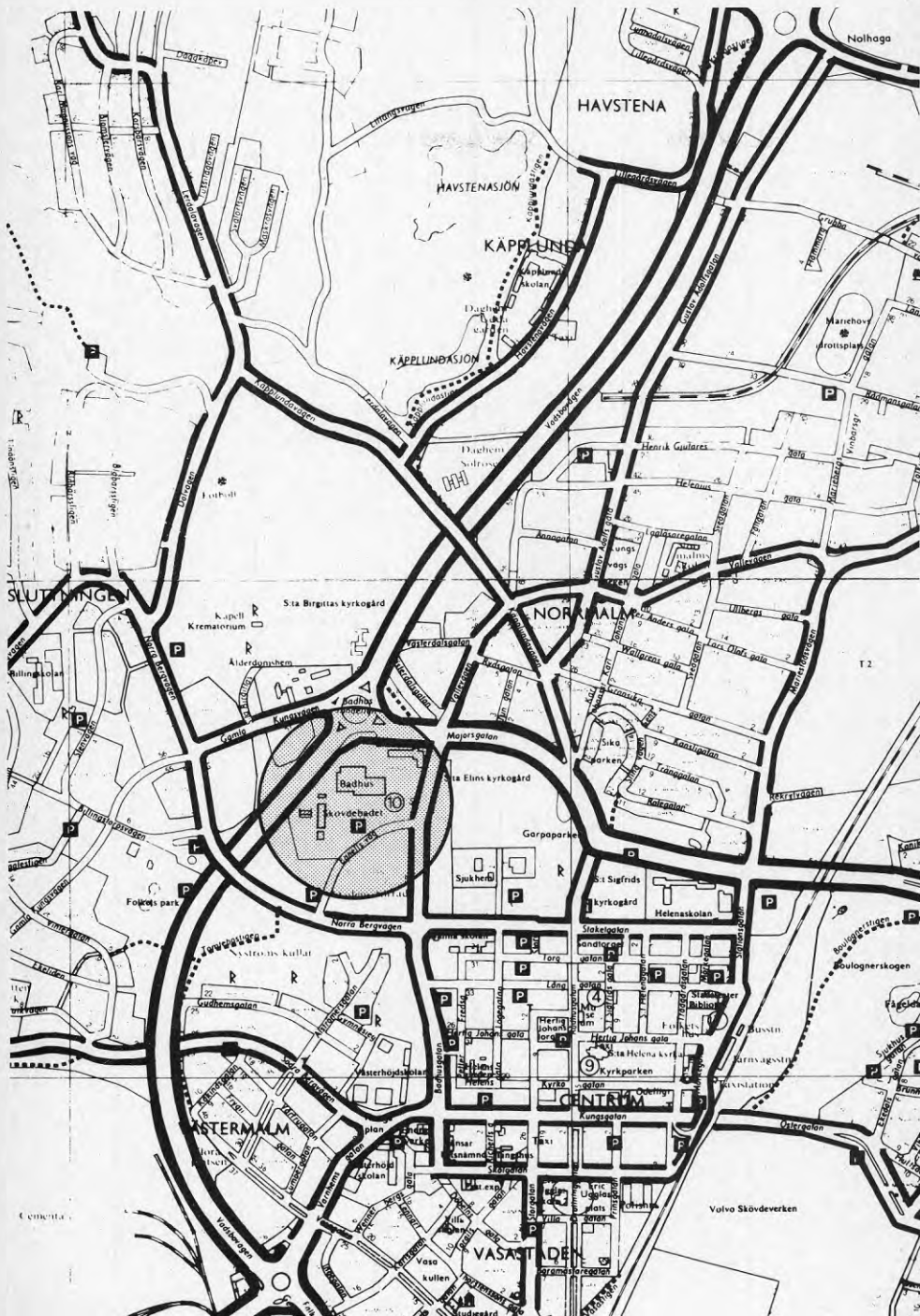


Fig 1.1 Karta över Skövde

1. TERRÄNG OCH KLIMAT- FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 PROJEKTETS LOKALISERING OCH SITUATIONSPLAN

Skövdebadet är en av Skövde kommuns offentliga badanläggningar. Badet togs i drift i slutet av 1960-talet och har ett centralt läge nära stadskärnan. Badhuset är kombinerat med sporthall och anläggningar för utomhussport. Utebadet är öppet under tre månader per år, från en vecka före pingst till mitten av augusti. Normala öppettider för innebadet är 08⁰⁰-22⁰⁰ året runt.

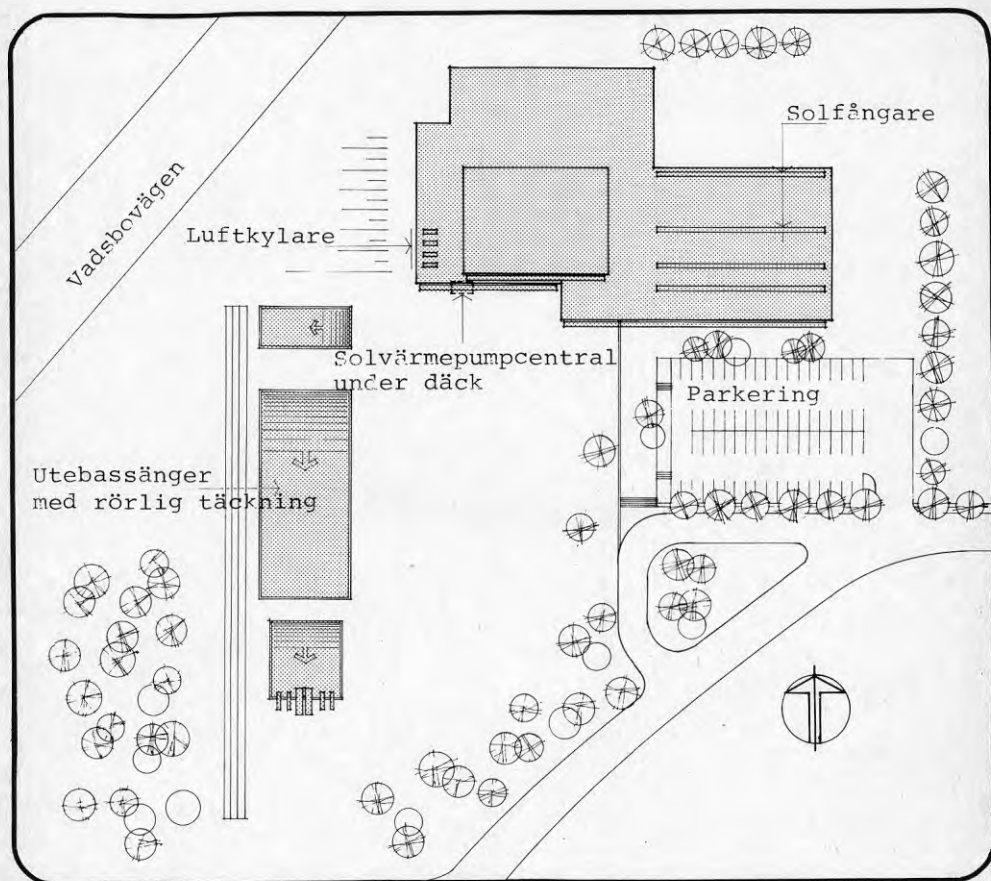
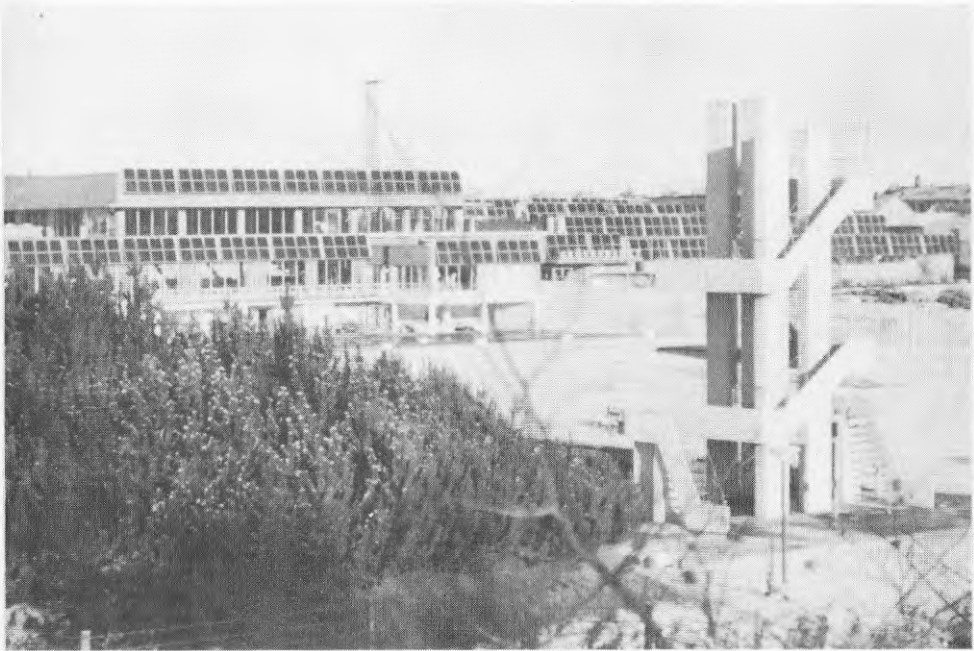
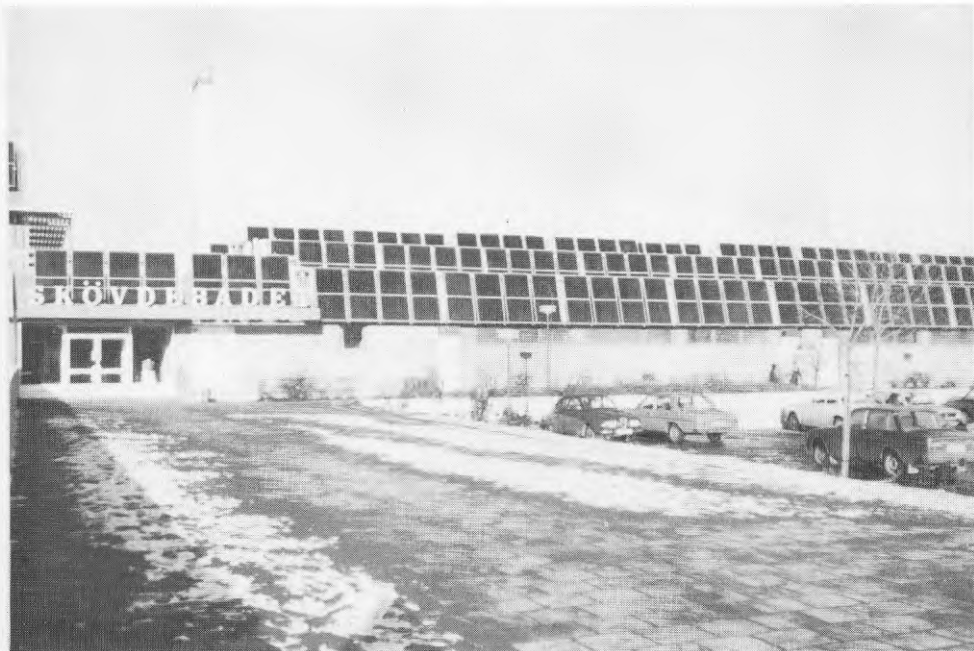


Fig 1.2 Situationsplan



14



15

Fig. 1.3 visar ändringen i rymdfri zon med hinder lägre än 20 m vid olika tidpunkter. Av observationer gjorda klockan 10 - 14 framgår skillnaden mellan de olika månaderna.

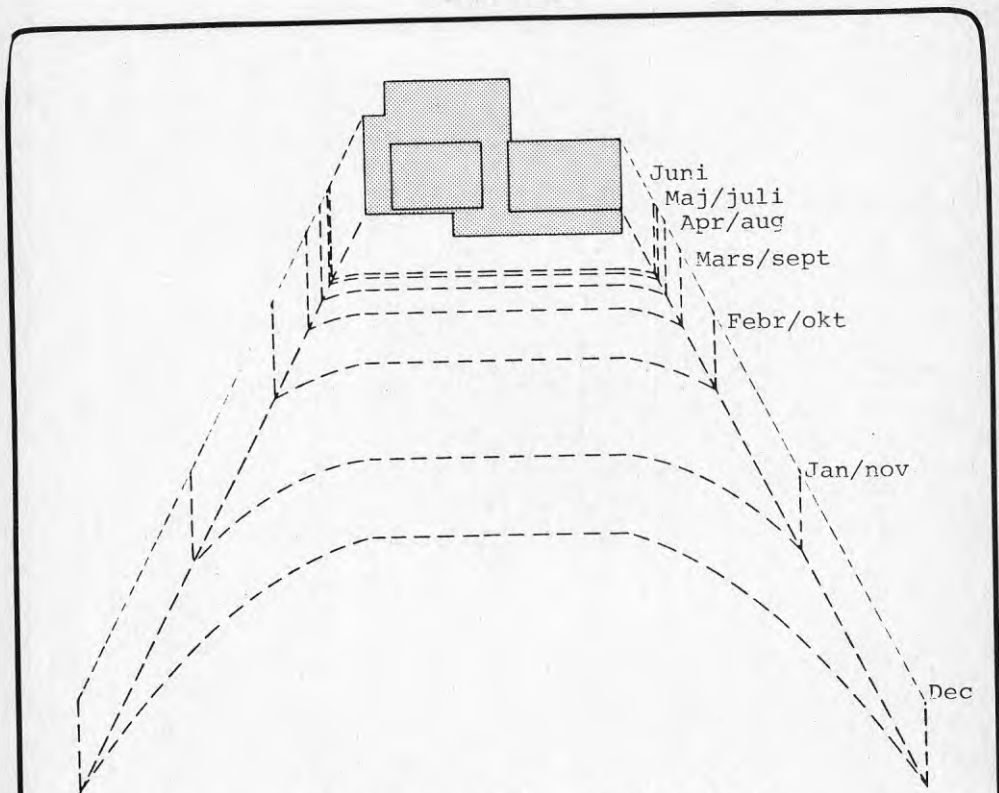
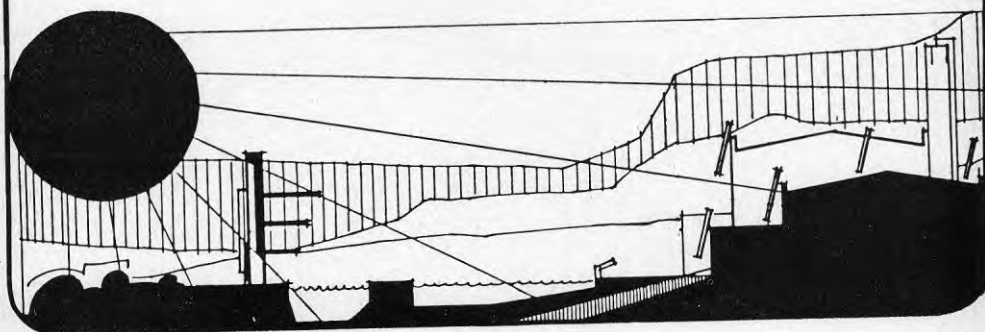


Fig 1.3 Skuggningsdiagram vid 20 m hinderfrihet



1.2 KLIMAT

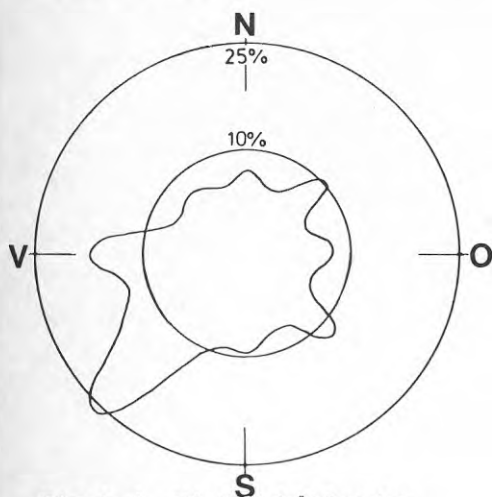


Fig 1.4 Vindförhållanden

Nedanstående tabeller anger medelvärden för Skara för åren 1931 - 1960. Källa: Klimatdata för Sverige, Statens Institut för Byggnadsforskning. På grund av Billingens inverkan kan vissa temporära, lokala variationer uppkomma. Vid västliga vindar kan ibland fönvindar bildas som skingrar eventuell molnighet i de lägre luftlagren. Sett över en längre tidsrymd gäller dock redovisade värden.

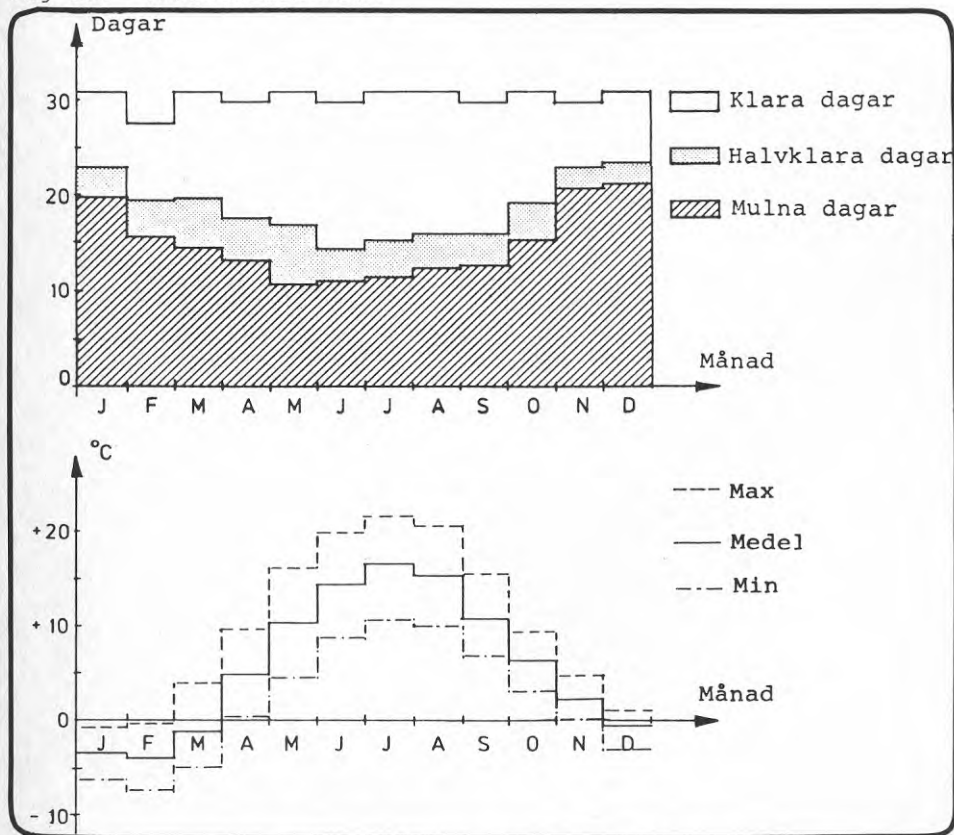


Fig 1.5 Solförhållanden resp. normaltemperatur

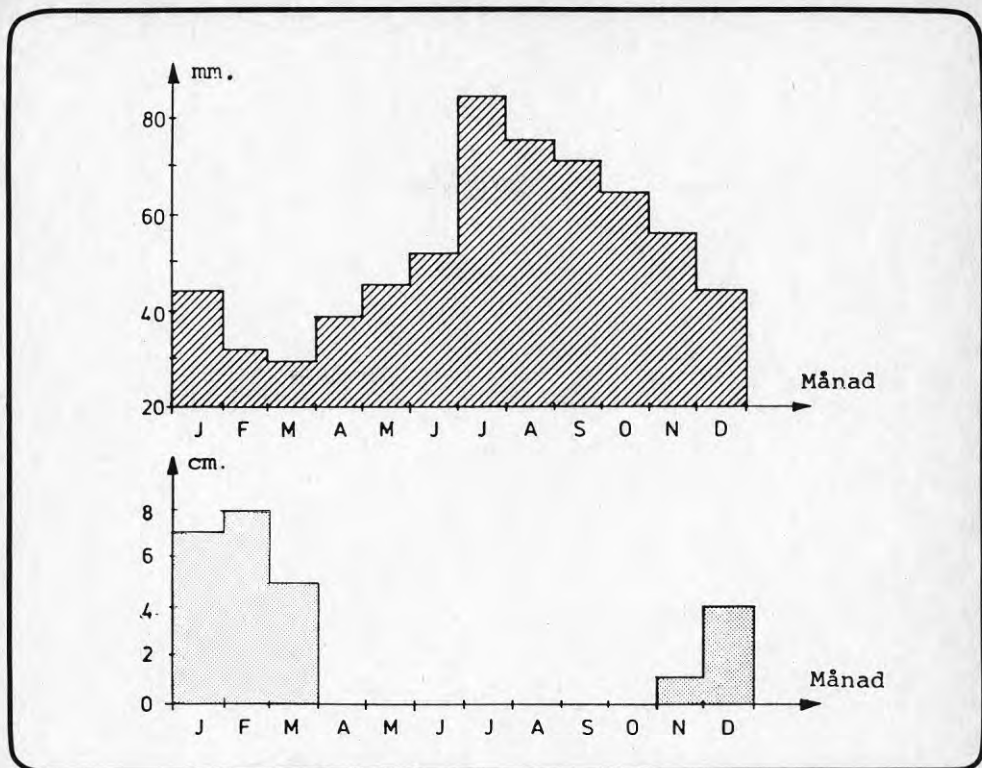


Fig 1.6 Normalnederbörd resp. snödjup

Den förhärskande vindriktningen under året är sydvästlig.
 Av solförhållandena framgår att den solrikaste perioden är april - sept med 85 - 90 soldagar. Mulna dagar förekommer mest under tiden nov - jan. Lufttemperaturen är högst under maj - sept med medelvärde på 10° - 17°C . Kallast är jan - mars med medelvärde på -2° - -4°C .
 Nederbörden är störst under andra halvan av sommaren med topp under juli - sept med 70 - 85 mm. Minst under febr - mars med 30 mm per månad. Snö förekommer normalt under dec - mars med 4 - 8 cm snödjup.

2. ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING AV BYGGNAD OCH TEKNISKT SYSTEM ²⁷

2.1 BYGGNADEN

Sport- och simhallsbyggnaden är uppförd med betongstomme och tak av lättbetong samt fasader i betong, tegel och plåt. Byggnaden är orienterad med en långfasad, entréfasaden, vänd rakt mot söder. Badanläggningen består av två inomhusbassänger varav en med en längd av 25 m samt en sim- och hoppbassäng och en mindre övningsbassäng. Därutöver finns också en plaskbassäng.

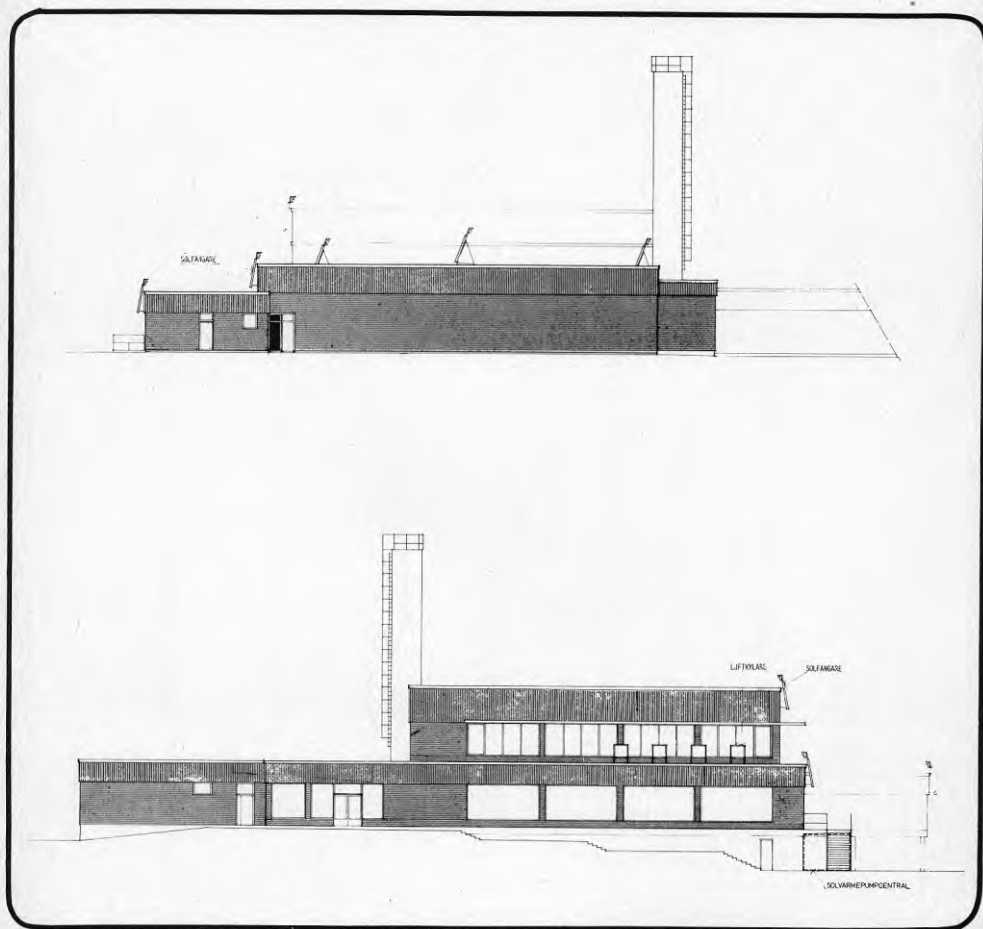


Fig 2.1 Fasad mot öster resp. väster

Utomhusbassängerna har en total yta av ca 1500 m², fördelade på plaskbassäng, hoppbassäng ca 17x17 m, simbassäng 21x50 samt övningsbassäng ca 21x10 m.

Till dessa finns en separat entré vilken används endast av tävlingspublik.

Vid utebassängerna finns åskådargradänger med omkringliggande gräsytor för solbad.

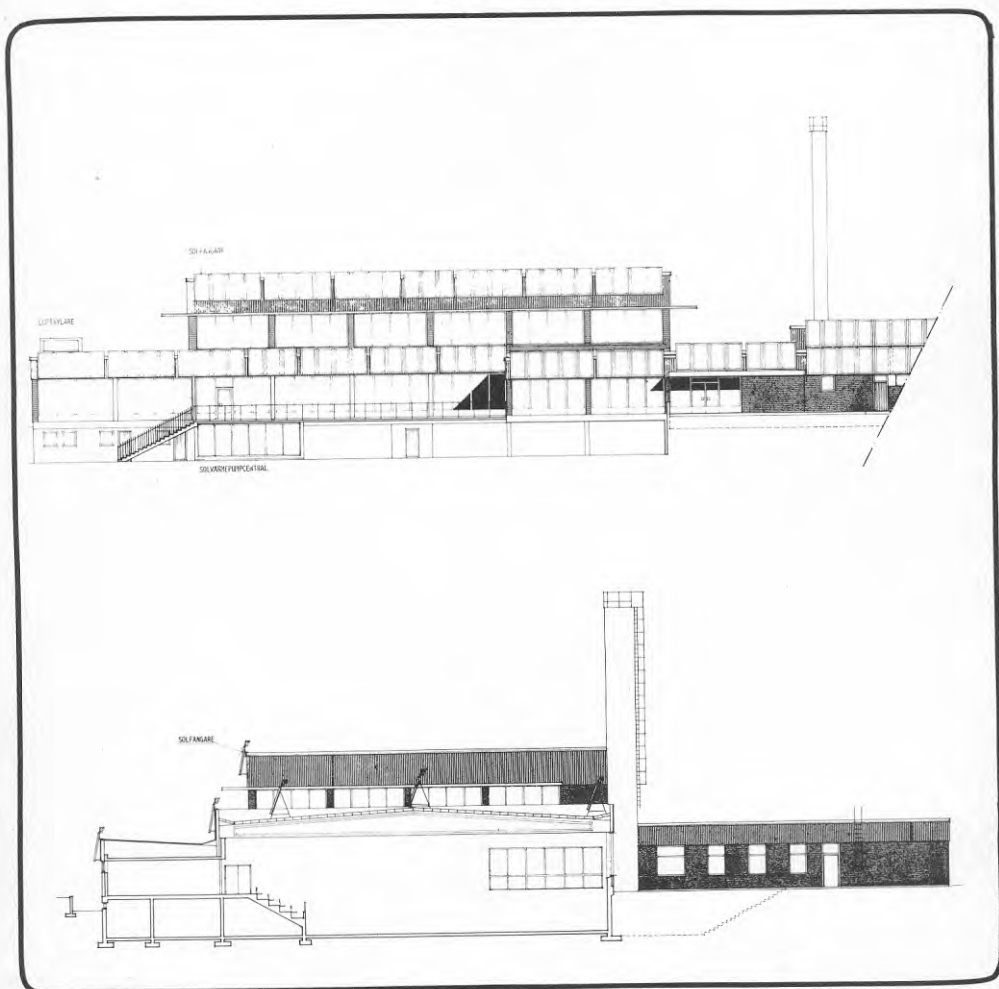


Fig 2.2 Fasad mot söder samt sektion

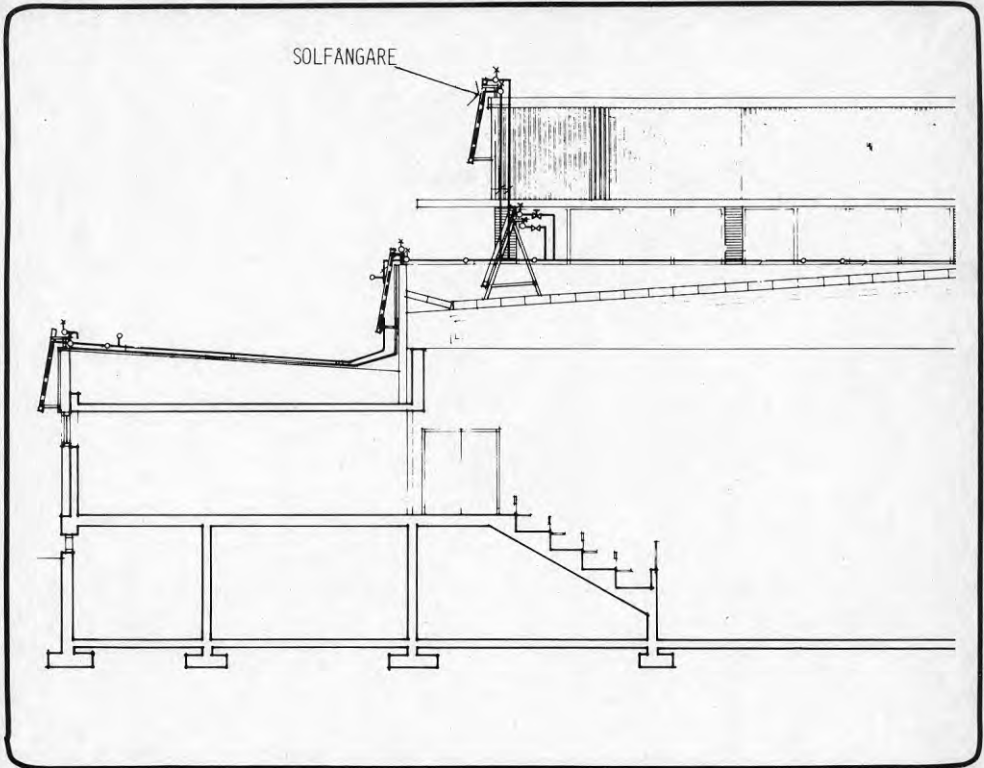
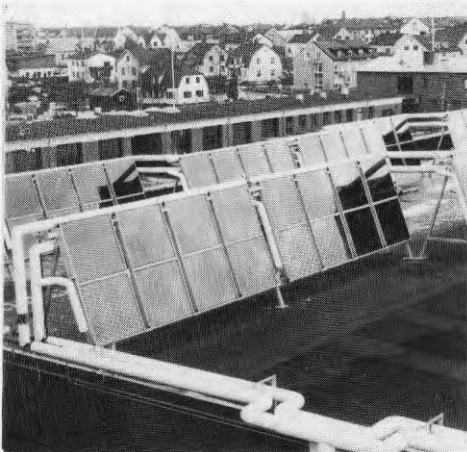


Fig2.3 Sektion genom södervägg



16 Solfångare med samlingsrör



17 Värmepumpsrör

I simhallens källarplan finns vattenre-
ningsanläggningen och i samma utrymme
har den nya värmeväxlingsutrustningen
installerats. Denna består av fyra
värmeväxlare som med pumpar och regler-
system fördelar värmen mellan de i sys-
temet ingående förbrukarna.

I en separat byggnad under balustraden
är värmepump och manöverpanel instal-
lerad. Genom att väggen mot utebadet är
uppglasad finns möjlighet att iakttä
anläggningen.

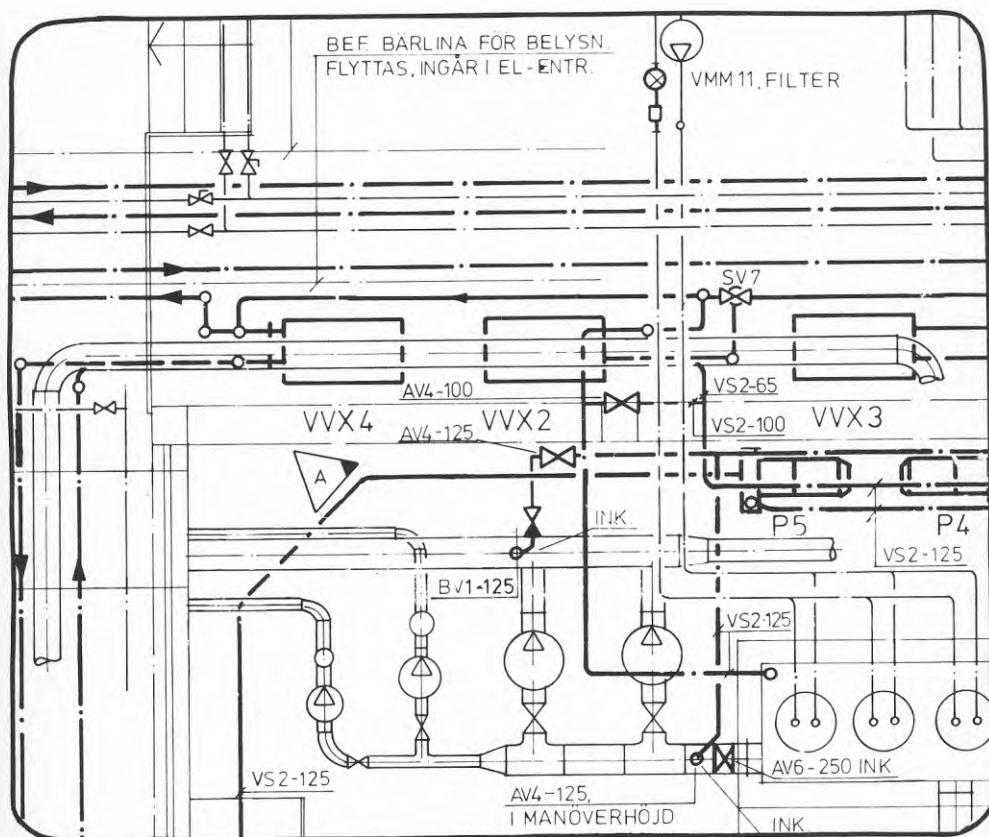


Fig 2.4 Plan över installationsutrymme, utsnitt

2.2 BESKRIVNING AV ENERGISYSTEMET

Lågenergianläggningen omfattar ca 500 m² solfångare, en värmepumpänläggning samt rörlig täckning av utebassängen. Principschema över anläggningen framgår av fig. 2.6.

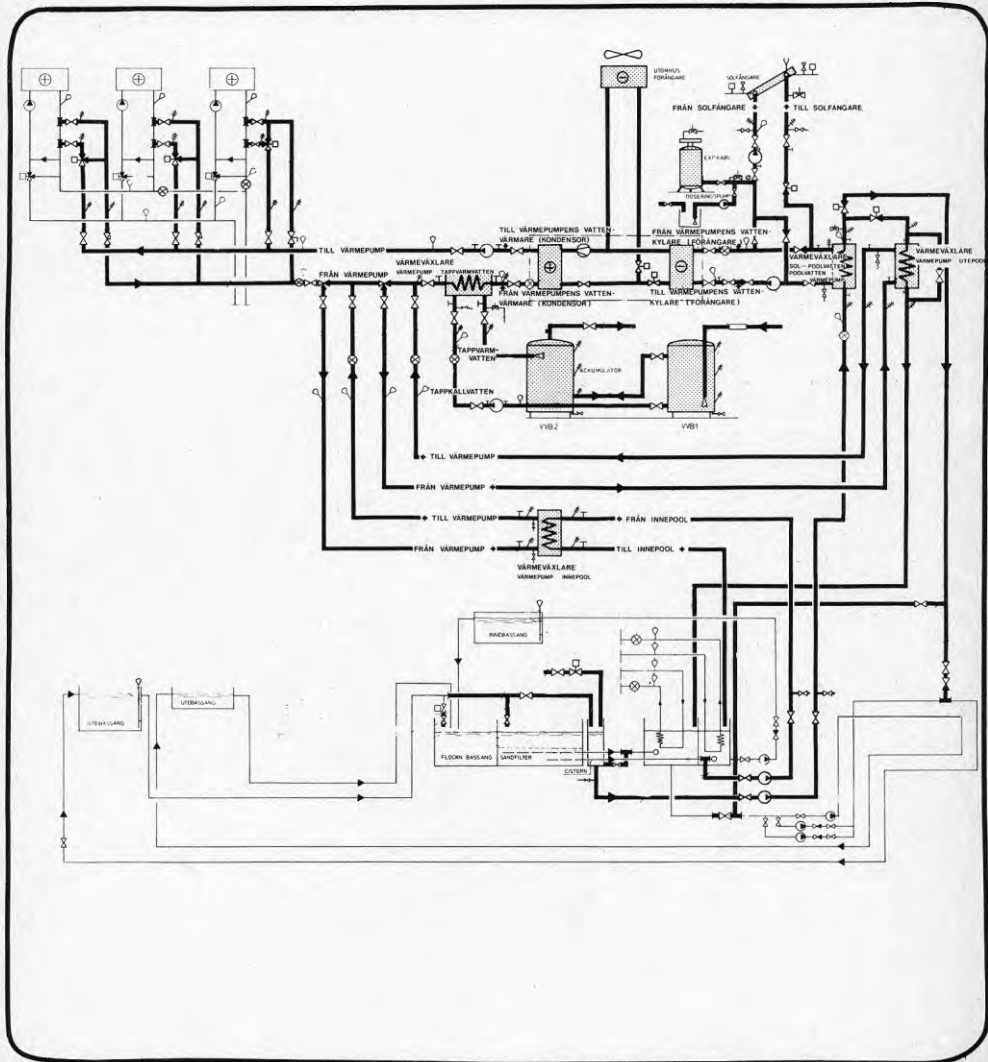
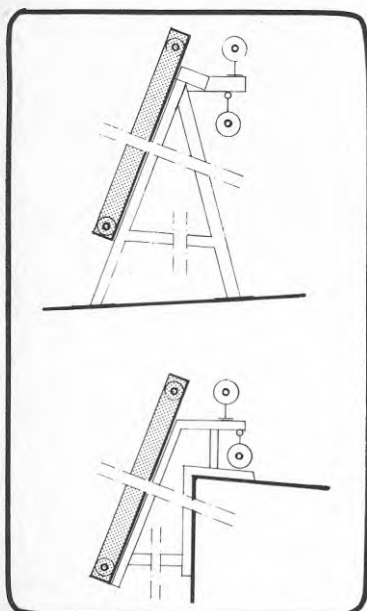


Fig 2.5 Principschema över anläggningen

2.2.1 SOLFÅNGARNA



Solfångarna är placerade på den befintliga simhallsbyggnadens fasad och tak. Solfångarna består av parallella kopparrör anslutna till fördelnings- respektive samlingsrör i över- och underkant. Solfångarrören är anbragta på en svart aluminiumplåt som fungerar som ytförstoring (absorbatoryta). Absorbatorn är monterad i en lackerad stålplåtslåda. Mellan absorbatorns baksida och lådans botten finns isolering medan framsidan är täckt av enkelt glas. Varje solfångare har en effektiv area av $1,9 \text{ m}^2$.

Fig 2.6 Solfångare på tak och fasad

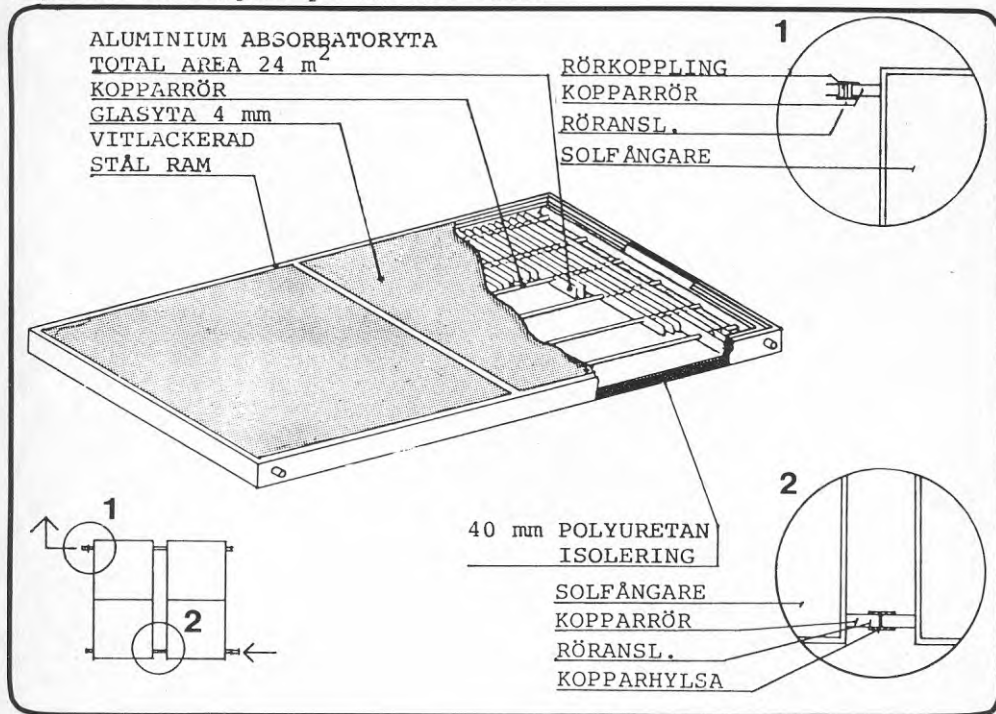


Fig 2.7 Principritning av solfångare - SOLAREC 501

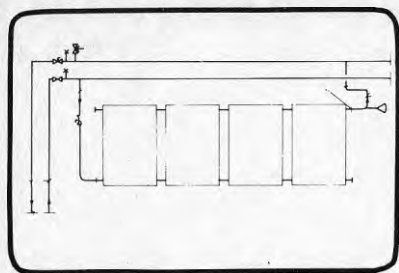
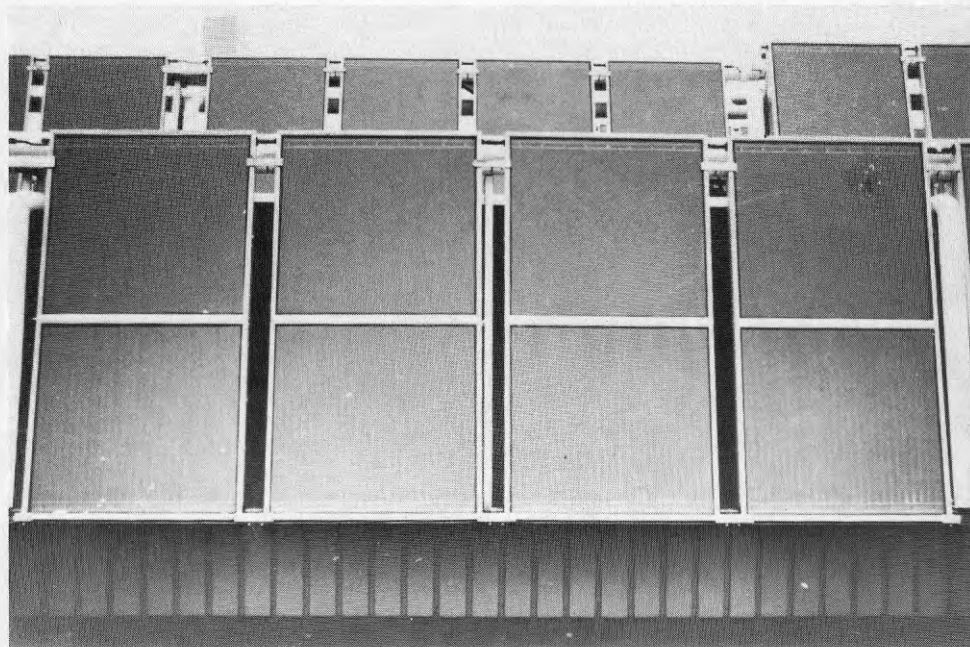


Fig 2.8 Principkoppling
av solfångare

Installationsmässigt har solfångarna hopkopplats i grupper om fyra parallellkopplade solfångare i varje. Grupperna är anslutna till samlingsledningen som står i förbindelse med värmeväxlare och värmepump i undercentral. Distributionsledningarna är av koppar. (Se fig. 2.9)

Som värmebärarmedium används glykolblandat vatten med 40 % glykolhalt, Flödet uppgår till ca $40 \text{ l/m}^2, \text{h}$. Glykolvattensystemet är dimensionerat för ett högsta arbetstryck av 6 atö, vilket ger en kokpunkt av ca $+150^\circ\text{C}$. Normalt arbetstryck är ca 2 atö.



18 Solfångare på fasad

2.2.2 VÄRMELAGER

Utebassängerna, med en sammanlagd vattenvolym av ca 4.000 m³, nyttjas som primärt vattenlager för insamlad solenergi. Vattenytan är ca 1.500 m².

Under "icke badtid" täcks bassängerna med flytande genomskinliga plastmattor för att reducera avdunstning och värmeförluster. Bassängernas yta fungerar också som naturliga solfångare.

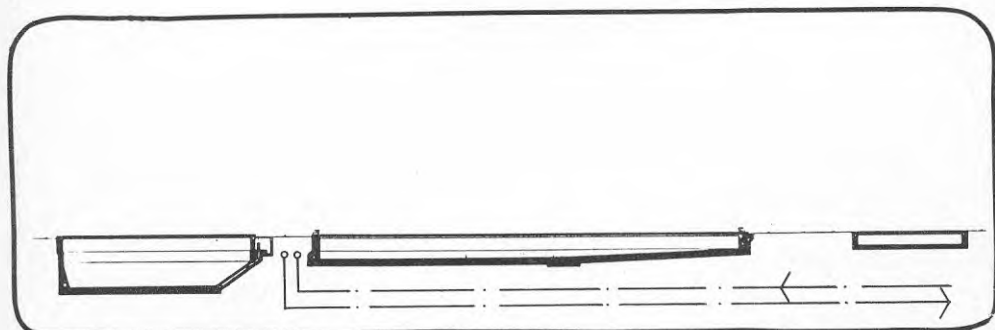
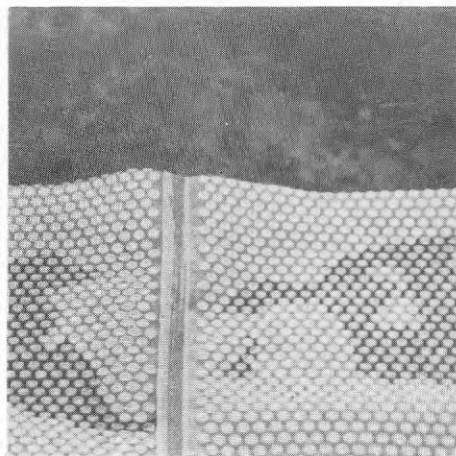


Fig 2.9 Utebassänger



19 Stativ för täckning



20 Täckning i närbild

2.2.3 VÄRMEPUMP

Värmepumpanläggningen omfattar en enhet med två eldrivna kompressorer, och har en maximal värmepumpeffekt av 340 kW vid ca 0°C förångningstemperatur och +50°C kondenseringstemperatur. Värmepumpen har två förångare - en luftkylare placerad på yttertak, där

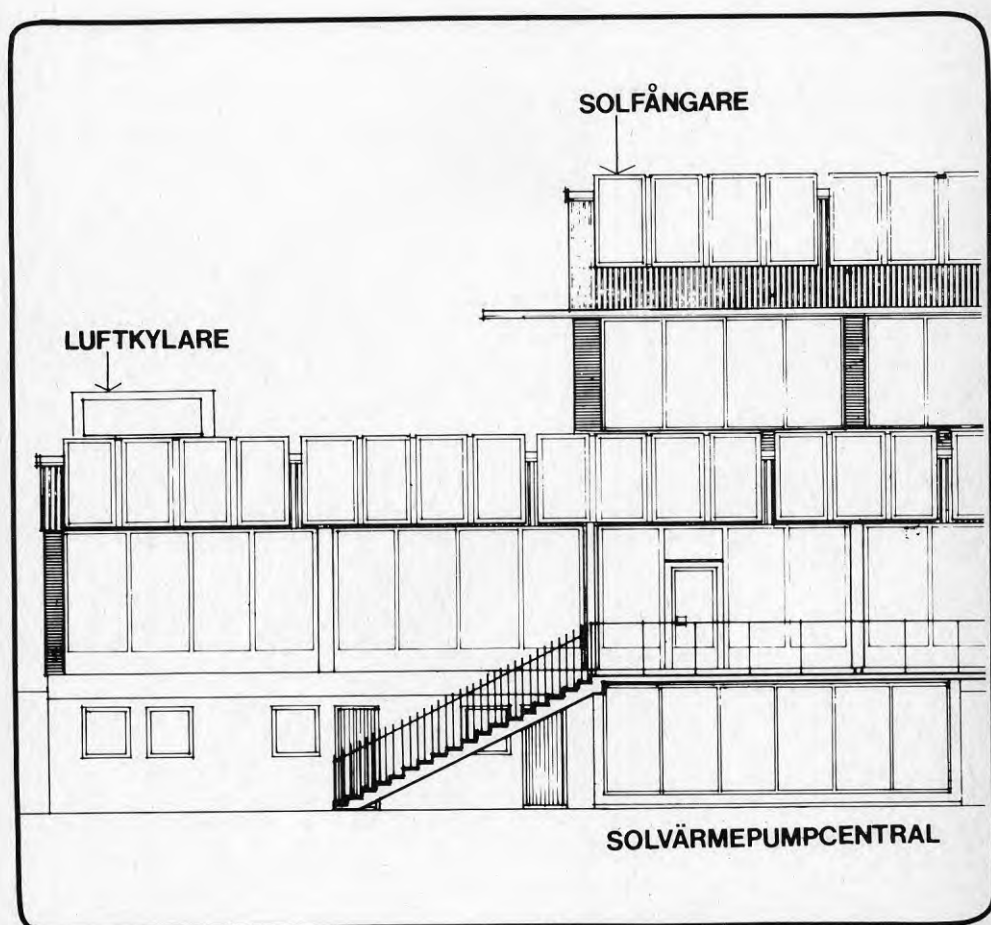


Fig 2.10 Solvärmepumpcentral

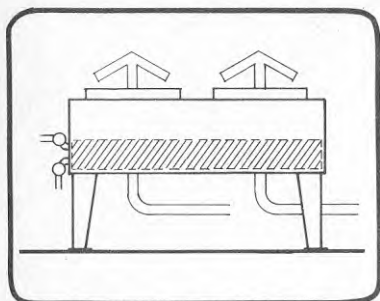


Fig 2.11 Luftkylare på tak

uteluften nyttjas som värmekälla, och en vattenkylare med glykolblandat vatten som köldbärare. Köldbäraren hämtar värme via värmeväxlare från utebassänger och/eller från solfångare.

Kondensorsidan är vattenkyld och inkopplad till det befintliga värmesystemet. Kondensorvärmern nyttjas för uppvärmning av luft i vissa tilluftsaggregat, för värmning av ute- och innebassänger samt för förvärmning av förbrukningsvarmvatten. För tappvattenuppvärmningen har nya ackumulatörer med tillhörande värmeväxlare installerats.

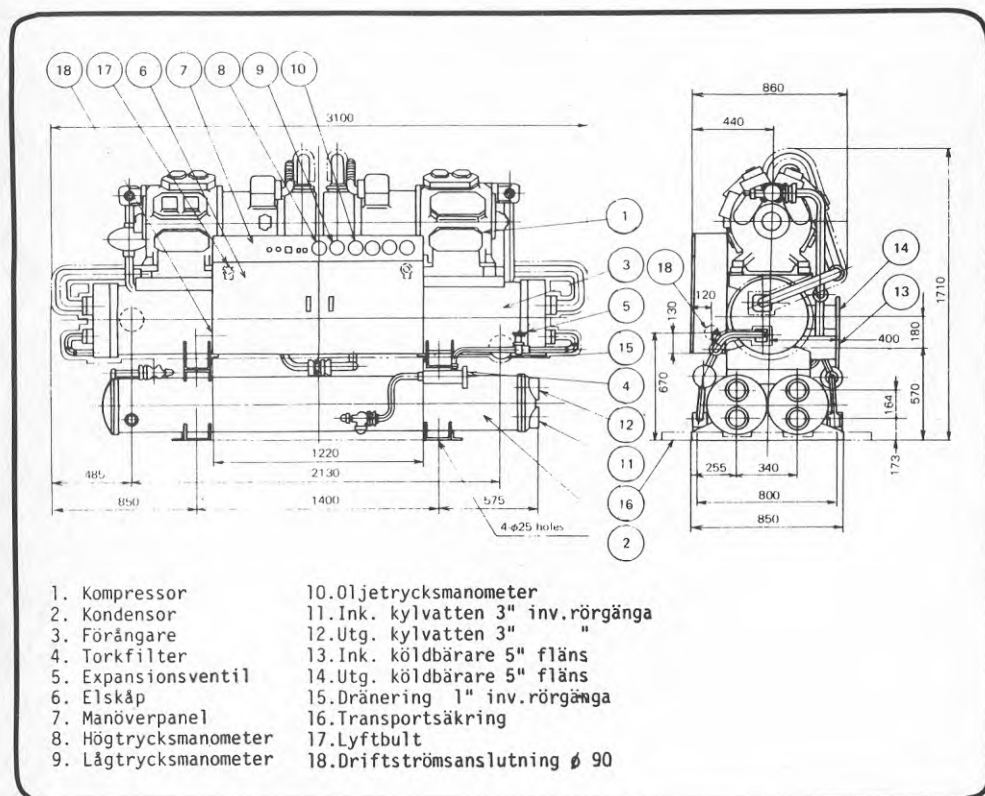


Fig 2.12 Värmepump



2.3 STYRSYSTEM

Den aktuella lågenergianläggningen styrs och övervakas av en microdator. Datorn är uppbyggd av kortmoduler i europaformat kring en Motorola microprocessor typ 6802 med 8 bitars ordlängd och består av:

- 1 CPU-kort
- 1 panelkort
- 1 ingångskort
- 3 utgångskort
- 1 analogingångskort

CPU-kortet innehåller processor med 8 kiloords programminne och 128 ords dataminne.

Panelkortet innehåller kretsar för avläsning, knappar, tumhjul, presentation på display och dessutom 256 ords batteriuppbackat dataminne för lagring av börvärden och styrparametrar. Ingångskortet har 16 digitala ingångar för kvittenssignaler, pressostater etc. Utgångskorten har vardera 16 digitala utgångssignaler som kopplas till speciella utgångskort.

Analogkortet har 15 ingångar för mätning av temperaturer med fyrtråds PT-100 givare.

De speciella utgångsdrivkorten har vardera 16 utgångar med halvledarreläer för 24 V. Utgångskortet har även driftindikeringslampor och "manuell/auto"-omkopplare för utgång.

Samtliga in- och utgångar är galvaniskt isolerade från datorns arbetsspänning för att minimera externa störningar.

3. SYSTEMETS FUNKTION

3.1 FUNKTIONSVILLKOR

Den aktuella anläggningen omfattar fem olika vattenkretsar, nämligen en krets glykolblandat vatten i solfångare och värmepumpens vattenkylare, en krets med utebassängvatten, en krets med innebassängvatten, en krets med värmevatten och en krets med förbrukningsvarmvatten. Kretsförloppet åskådliggörs i fig. 3.1

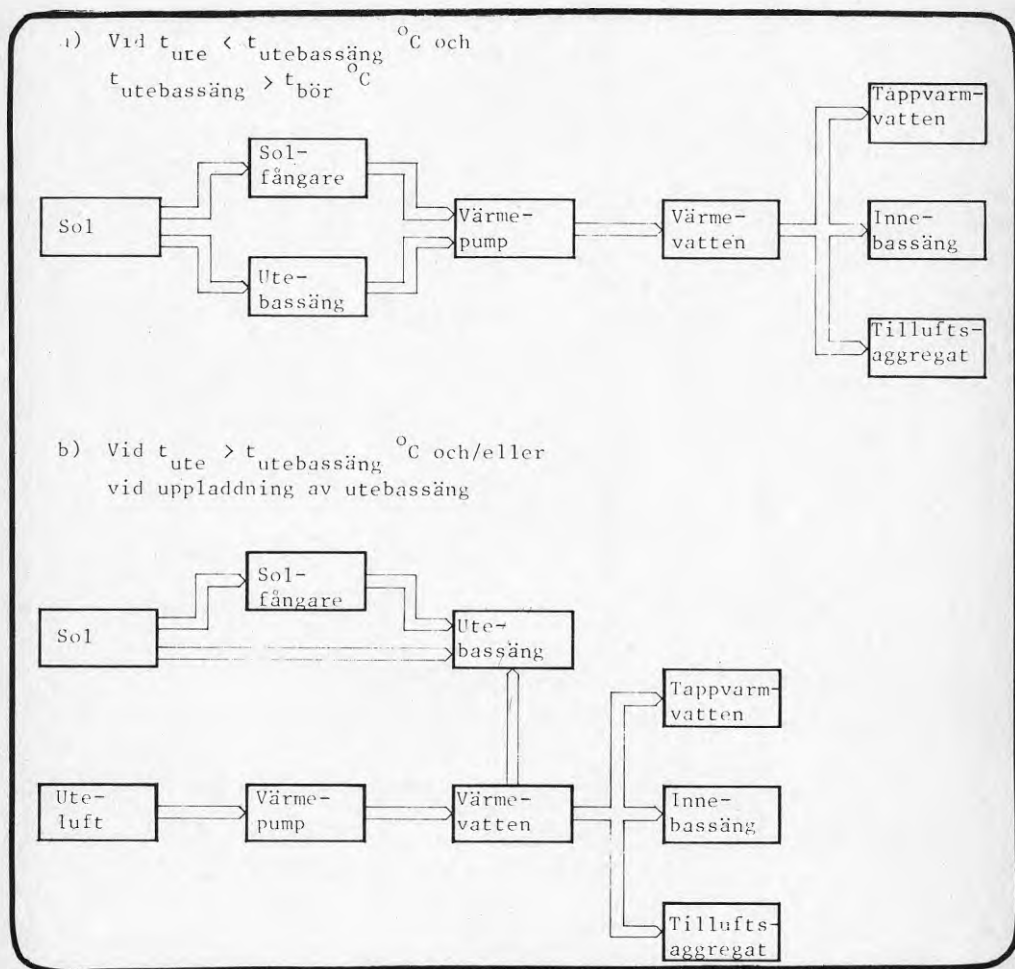


Fig. 3.1 Energiflödesdiagram

Funktionen är följande. Den ur solfångarna insamlade solenergin överföres till utebassängerna via en värmeväxlare. Om värmebehov för uppvärmning eller förbrukningsvarmvatten samtidigt föreligger kan solkretsens glykolvatten ytterligare urladdas genom passage via värmepumpens vattenkylare innan glykolvattnet transporteras tillbaka till solfångarna. Värmepumpen kan alternativt hämta värme från uteluften via en luftkylare om denna värmekälla är gynnsammare. Den av värmepumpen upptagna energin överförs via kondensorer till värmevattenkretsen, som primärt nyttjas för värmning av luften i vissa tilluftsaggregat. Värmevattenkretsens returvatten nyttjas därefter först för värmning via värmeväxlare av innebassängvattnet och därefter för förvärmning av förbrukningsvattnet. Om värmepumpen hämtar sin värme från uteluften kan alternativt värme överföras till utebassängerna i stället för innebassängerna.

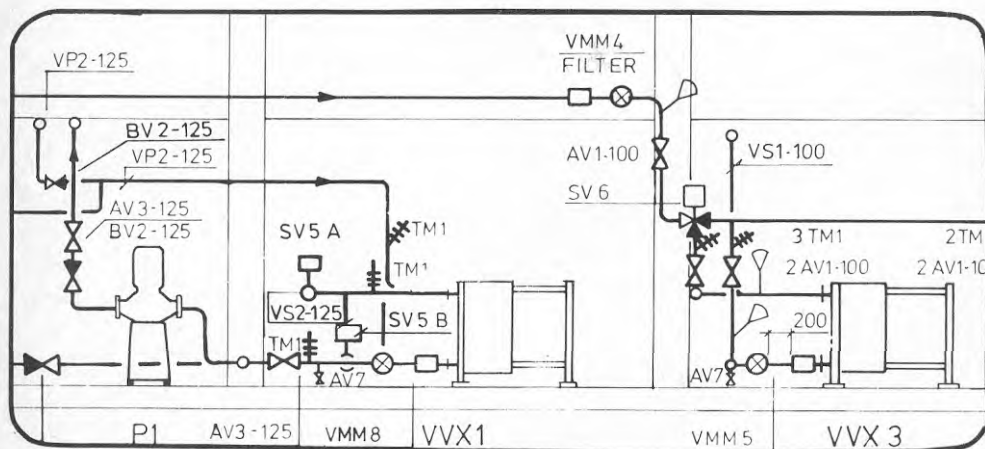


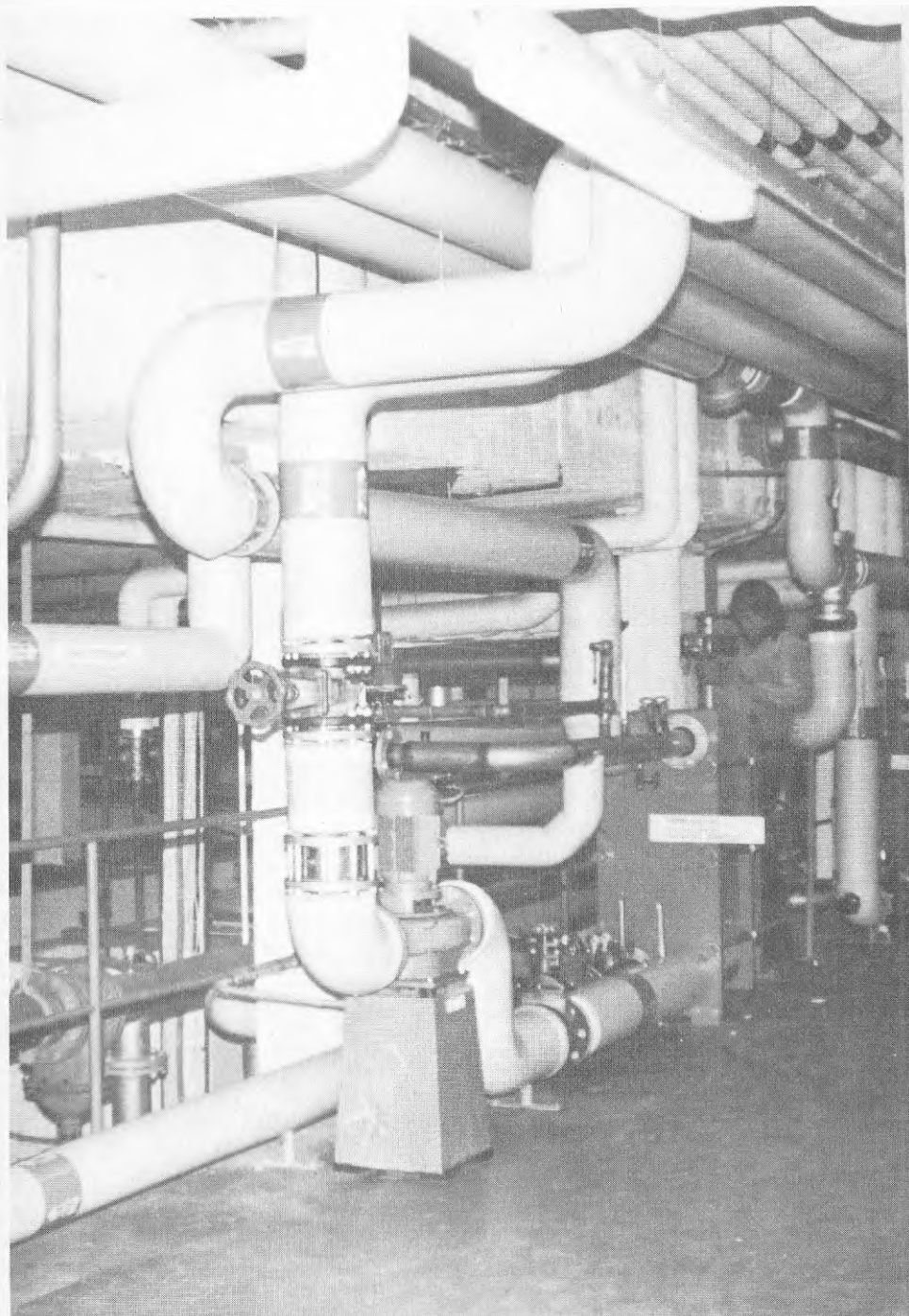
Fig 3,2 Värmeväxling

3.2 STYRNINGSSTRATEGI

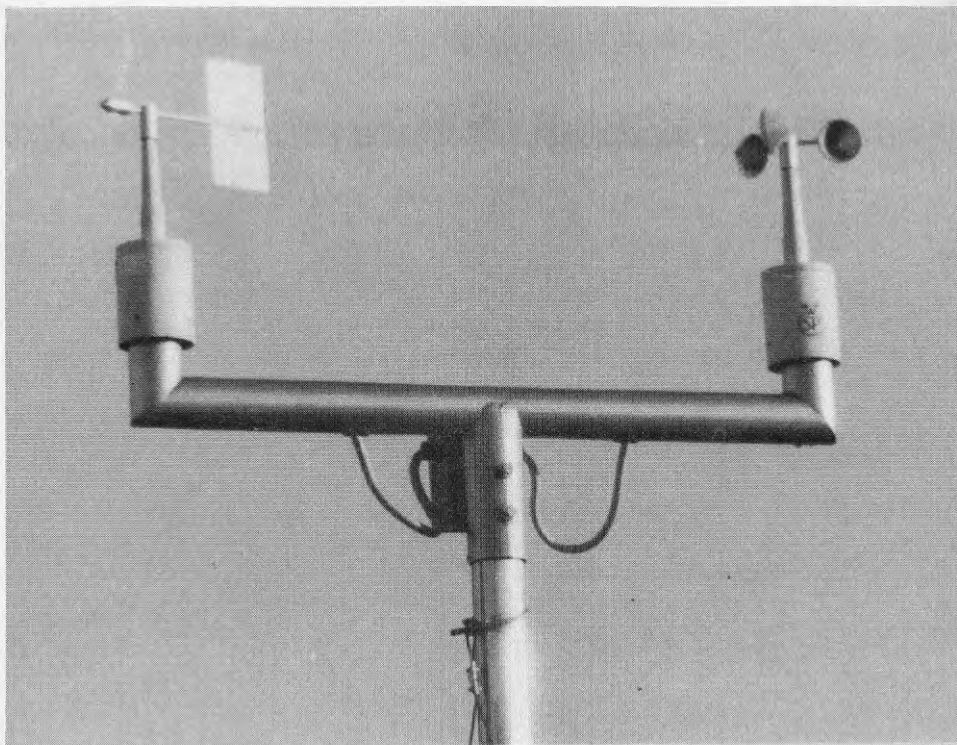
Under icke utebadssäsong kan värmepumpen hämta värme från utebassängerna via samma värmeväxlare som nyttjas för att överföra solenergi till bassängerna.

Erforderlig eftervärmning av bassängvatten, förbrukningsvarmvatten och tilluft sker med befintlig utrustning.

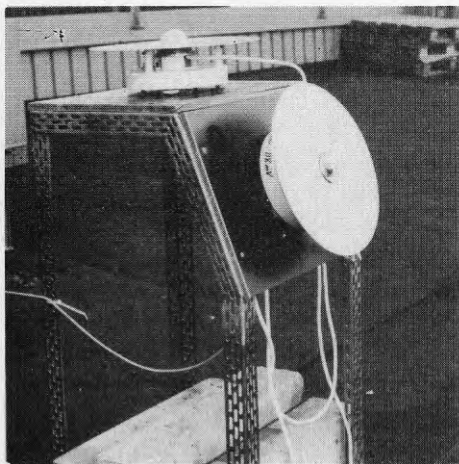
Ovanstående innebär att solfångarna alltid arbetar med en relativt låg temperatur vilket ger hög verkningsgrad. Vidare utvinns värme ur värmevattnet på värmepumpens kondensorsida stegvis, först genom värmning av ventilationsluften (nedkylning från ca 45°C till 35°C) sedan genom att överföra värme till bassängvattnet (nedkylning från 35°C till 25°C) och därefter för förvärmning av förbrukningsvarmvatten (nedkylning från 25°C till 15°C). Principen möjliggör också ett jämnt utnyttjande av värmepumpen genom fasutjämning mellan de olika värmeförbrukarna.



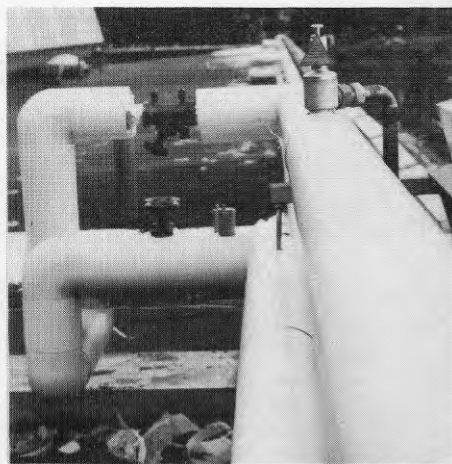
22 Installationsgång



23 Mätning av vindhastighet och -riktning



24 Mätning av solinstrålning



25 Samlingsledning från solf.

4. MÄTPROGRAM

4.1 DEFINITIONER

MÅLSÄTTNING	Mätningarnas syfte är dels att verifiera de teoretiska beräkningar som är gjorda över de installationstekniska åtgärdernas energitillskott och energiförbrukning, dels att studera de ingående komponenternas funktion.
MÄTANSVARIG	Laboratoriet för VVS-teknik, Statens provningsanstalt, Borås.
TIDPLAN	Mätperioden omfattar tiden 1981-01-01--1982-08-31.
OMFATTNING	Mätningen bygger på lokal mätvärdesavläsning med regelbundna intervaller genom badmästarens och vaktmästarnas försorg. Vanligen utföres avläsningen vid en bestämd tidpunkt varje dag. Efter systemets igångkörning kommer en funktionskontroll av solvärme- och värmepumpsystemet att genomföras. Kontrollen skall omfatta flöden, temperaturer, effekter m.m. Funktionskontrollen kan eventuellt behöva upprepas under mätperiodens gång och då vid olika driftsförhållanden (belastningar).

4.2 MÄTSYSTEM

4.2.1 MÄTINSTRUMENT

Mätgivare installeras i tillräcklig omfattning för att uppfylla den målsättning som satts enligt tidigare. Detta innebär el- och värmemätare för avgiven respektive tillförd energi

till värmepump, tillförd energi till respektive bassäng, instrålad och insamlad solenergi m.m. Vidare används drifttidsmätare för kompressorer, luft- och vattenkylare, pumpar m.m. för att kunna studera frekvensen av olika driftssituationer.

MÄTNING AV ELENERGI-
FÖRBRUKNING

Elförbrukningen för kompressorer och övrig kringutrustning mäts med hjälp av tre elmätare fabrikat Ermi, Karlskrona typ VKN 22 T, kl 2,0 med upplösningen 1 kWh.

MÄTNING AV VÄRMEMÄNGD

Energiflöden i anläggningen mäts med elektroniska värmemätare som integrerar vattenflöde och temperaturskillnad mellan framlednings- och returflödet. Värmemätarna består av vattenmätare av vinghjulstyp alt. voltmantyp (beroende på arbetsområde), termometrar av typ Pt 100 samt integreringsverk med batteridrift avsedda för fjärravläsning. Dessa har levererats av AB Svensk Värmemätning (typ SVM 67) och har en upplösning på 0,01 MWh.

MÄTNING AV TEMPERATUR

Utetemperatur vid luftkylare samt bassängtemperatur ute och inne mätes med Pt 100-givare och integreras med en specialbyggd integrator. Detta innebär att medeltemperaturen mellan avläsningarna erhålles.

MÄTNING AV UTOMHUS-
KLIMAT

Utomhustemperaturen och luftfuktigheten mäts kontinuerligt med en termohygrograf placerad i en termometerbur

av typ SMHI. Dessutom avläses en max/mintermometer.

Vindhastighet och vindriktning mäts med en utrustning av fabrikat Vaisala typ WA. Mätvärden kan registreras kontinuerligt med hjälp av skrivare.

Insamlad solenergi	VMM 1
Energi till värmepumpens vattenkylare	VMM 2
Total energi från värmepump	VMM 3
Energi från värmepump till TA 1, 2, 4-6, 8-10	VMM 4
Energi från värmepump till VVX 3, innebassäng	VMM 5
Energi från värmepump till VVX 2, utebassäng	VMM 6
Energi från värmepump till VVX 4, varmvatten	VMM 7
Inlagring av solenergi till utebassäng	VVM 8:1
Uttagen energi till värmepump från utebassäng	VVM 8:2
Energi från oljepanna till innebassäng	VMM 10
Energi från oljepanna till utebassäng	VMM 11
Energi från oljepanna till TA 1 och TA 3	VMM 12
Energi från oljepanna till TA 4-6, 8-10	VMM 13
Energi från oljepanna till VVB 1	VMM 14
Energi från oljepanna till VVB 2	VMM 15
Energi till kompressorer, luftkylare och vattenkylare	EM
Driftsmätning kompressorer, luftkylare, avfrostning och pumpar	
Lufttemperatur (ute och inne)	
Luftfuktighet (ute och inne)	
Bassängtemperatur (ute och inne)	
Solinstrålning (solfångarnas plan)	
Solinstrålning (horisontellt)	
Vindhastighet	
Vindriktning	

MÄTNING AV INOMHUS- KLIMAT

I simhallen mäts lufttemperaturen och luftfuktigheten kontinuerligt med en termohygrograf.

MÄTNING AV SOLIN- STRÅLNING

Solinstrålningen i horisontellt och i solfångarnas plan mätes med två solarimetrar av fabrikat Kipp & Zonen typ CM 6. Med hjälp av en integrator erhålles medelvärden mellan avläsningarna.

4.2.2 BEHANDLING AV MÄTDATA

Mätdata behandlas vid Statens provningsanstalt med hjälp av dator. Underlag för intressanta tabeller och diagram räknas fram och uppritas. Mätdata lagras som dygnsvärden i månadsfiler för att underlätta slututvärderingen. Vid mätperiodens början (ca 2 mån) samt under speciellt intressanta perioder kommer en sammanställning av mätdata att genomföras varje vecka, övriga perioder varje månad. Av månadsrapporten skall framgå värmepumpens värmefaktor, solvärmesystemets verkningsgrad, "energibalans" för respektive bassäng m.m.

Vid slututvärderingen skall hela anläggningens energibesparing analyseras och jämföras med de teoretiska beräkningarna.

Diagrammet nedan visar med streckad linje dagens energiförbrukning och med heldragen linje den energiförbrukning som badet kräver efter att solenergianläggningen har börjat att leverera energi.

Under jan - febr är uteluft- och bas-sängtemperaturerna statistiskt så låga att solenergianläggningen beräknas ej vara i drift och hela energibehovet täcks med olja.

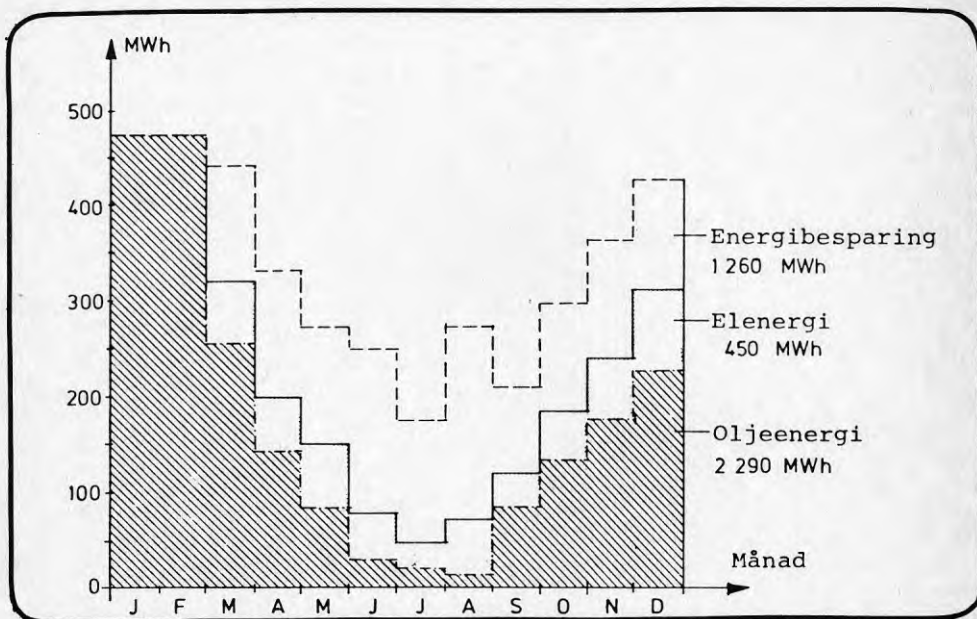


Fig 4.1 Energifördelningsdiagram enligt beräkning

5. EKONOMI OCH TIDPLAN

5.1 PLANERING OCH PROJEKTERING AV PROJEKTET

Projektet har förberetts genom en förstudie som finns redovisad i BFR-rapport R 71:1979. Efter förstudien som kostade 80.000:- erhölls bidrag på 410.000:- för projektering av anläggningen. Dessa insatser har skett inom projektnummer 780499-7 och således tillsammans kostat totalt 490.000:-. Projekteringsfasen redovisades till BFR i samband med ansökan om experimentbyggnadslån. Följande handlingar redovisades 1979-10-24 till BFR:

- huvudtidplan
- detaljerad tid- och resursplan (10 sid)
- beskrivning av experimentanläggningen (41 sid)
- preliminära entreprenadritningar.

1980-02-12 beslöt BFR inom ramen för projektnummer 791245-2 att lämna bidrag till kontroll och mätning samt för särskild utvärdering av solfångare, rörlig täckning och bassängmålnings med 289.000:-. Vid samma tidpunkt beslöt BFR även att ge lån till experimentbyggandet med 2.717.000:- och därutöver reservera 580.000:- enligt särskild begäran.

5.2 EKONOMISK AVSTÄMNING DECEMBER 1980

Förstudie 780499-7	80.000:-	(780499-7)
Projektering	410.000:-	

Experimentbyggnadslån	2.717.000:-	(791474-4)
Beräknade ränteintäkter	80.000:-	
Bidrag mätning	289.000	(791245-2)
Reservation i lån för index och icke specificerade kostnader	580.000:-	

Totalt 3.666.000:-

Förstudien och projekteringen har skett inom angivna kostnadsramar.

I kostnadsläge december 1980 kan följande avstämning göras inkl. moms och beräknad index:

Värmepumpentreprenaden	411.000:-
Microprocessor	129.000:-
Byggnadsentreprenaden	142.000:-
Smidesentreprenaden	173.000:-
Rörentreprenaden	1.405.000:-
Elentreprenaden	190.000:-
Solfångarleveransen	381.000:-
Rörlig täckning prov	47.000:-
-"- slutlig	150.000:-
Referensgrupp	15.000:-
Konsultgrupp inkl. sp	617.000:-

Totalt 3.660.000:-

Tillgängliga medel uppgår till 3.666.000:- medan utgifterna för projektet 1980-12-31 visar på en totalkostnad på 3.660.000:-.

Kostnadsavstämningen är baserad på inkomna fakturor och offerter.

Tillgängliga medel (inkl. reservation 580.000:-) 3.666.000:-
 ./.. kända utgifter per dec 1980 3.660.000:-

Icke ianspråktaga medel 6.000:-

5.3 PROJEKTERINGSGÅNG

Följande huvudtidpunkter för projektering och installation av solenergianläggningen för Skövdebadet kan anges som konkretisering av projektets tidsmässiga förlopp:

- 1979-08-20 Projekteringstart - komponentinventering
- 1979-08-28 Huvudtidplan beslutat i KS-arbetsutskott
- 1979-10-01 Projektredovisning för berörda kommunala myndigheter och badets personal
- 1979-10-15 Sammanställning av inkomna synpunkter från berörda
- 1979-10-24 Handlingar till BFR
- 1979-10-30 Redovisning i KS arbetsutskott av preliminär ansökan BFR
- 1979-11-01 Byggnadslov
- 1979-11-12 Preliminär ansökan BFR i KS
- 1979-11-15 Komplettering av prel. ansökan inlämnad till BFR
- 1979-11-26 Kommunfullmäktige behandlar prel. ansökan
- 1979-11-27 Beslut om byggande
- 1980-02-12 BFR beslutar om experimentbyggnadslån och bidrag
- 1980-02-22 Kompletterande frågor till entreprenörer utsänt
- 1980-03-07 Genomgång med entreprenörer
- 1980-03-12 Beställningsskrivelser till antagna entreprenörer
- 1980-03-31 Kommunfullmäktigebeslut ang. rör och bygn.arbeten
- 1980-04-01 Start av installationsarbete
- 1980-04-22 Samtliga VVS-ritningar slutjusterade
- 1980-05-22 Start av värmepumpentreprenaden
- 1980-06-17 Kostnadsavstämning
- 1980-06-19 Solfångare levererade till badet
- 1980-08-04 Värmepumpentreprenaden klar
- 1980-08-07 Europamästerskap för juniorer
- 1980-10-06 Datorsystemets montering och intrimning påbörjad
- 1980-10-07 Rör- och byggentreprenaden klar
- 1980-10-10 Invigning av energiminister Carl-Axel Petri
- 1980-11-06 Besiktning av anläggningen

5.4 MARGINELLA ÅRSKOSTNADER

Den första ekonomiska kalkylen över de marginella årskostnaderna gjordes i samband med förstudierapporten i jan 1979. I dessa beräkningar antogs elpriset vara 180 kr /MWh och oljepriset 80 kr/MWh. I den andra kalkylen 10 månader senare hade oljepriset stigit till 125 kr/MWh.

I nedanstående tabell redovisas även en kostnadsanalys dels för prisläget vid invigningsdagen 10 oktober 1980 och dels vid en tidpunkt då olja kostar 2000 kr/m³ och el 30 öre/kWh.

Nuvarande anläggning förbrukar ca 470 m³ olja (ca 4000 MWh).

Solenergianläggningen kommer beräkningsmässigt att förbruka ca 270 m³ olja (ca 2300 MWh) + 450 MWh elenergi. Besparingen i olja är sålunda ca 200 m³.

Kalkyltidpunkt	Befintlig anläggning	Solenergianläggning.
1979-01 (förstudie)	320.000:-	520.000:-
1979-10 (ansökan BFR)	500.000:-	700.000:-
1980-10-10 (invigning)	660.000:-	810.000:-
när el. kostar 30 öre/kWh och olja 2000 kr/m ³	940.000:-	975.000:-

Tabellen visar kostnadsutvecklingen för befintlig anläggning i förhållande till solenergianläggningen. Kostnadskillnaden har minskat avsevärt redan under planerings- och projekteringskedet.

När oljan kostar ca 2000 kr/m³ är solenergianläggningen nästan i nivå med vad befintlig anläggning hade kostat. I förstudien skulle den tidpunkten

inträffa omkring år 1990. Enligt föreliggande bedömning kan solenergianläggningen bli lönsam redan under mitten av 1980-talet. Detta givetvis under förutsättning att den uppmätta energibesparingen överensstämmer med den beräknade. Tills dess får ovanstående redovisning betraktas som hypotetisk.

6. BILAGOR


AVLÄSNINGS PROTOKOLL SKÖVDEBADET

Datum

Klockslag

Signatur

Elskåp
Elmätare

Total energi	kWh
Kompressor 1	kWh
Kompressor 2	kWh

Drifttider

Avfrostning 1	tim
Avfrostning 2	tim
Pump P1	tim
Pump P2	tim
Pump P3	tim
Pump P4	tim
Pump P5	tim
Pump P6	tim
Vätskekylare 1	tim
Vätskekylare 2	tim
Luftkylare 1	tim
Luftkylare 2	tim
Kompressor 1	tim
Kompressor 2	tim

Fjärravläsningscentral

VMM 1	MWh
VMM 2	MWh
VMM 3	MWh
VMM 4	MWh
VMM 5	MWh
VMM 6	MWh



Datum
1980-09-25

Beteckning

VMM 7	.....	MWh
VMM 8,1	.....	MWh
VMM 8,2	.....	MWh
VMM 10	.....	MWh
VMM 11	.....	MWh
VMM 12	.....	MWh
VMM 13	.....	MWh
VMM 14	.....	MWh
VMM 15	.....	MWh

Vinduppgifter

Vindhastighet	.....	m/s
Vindriktning	.....	väderstreck

Klimatdatabox

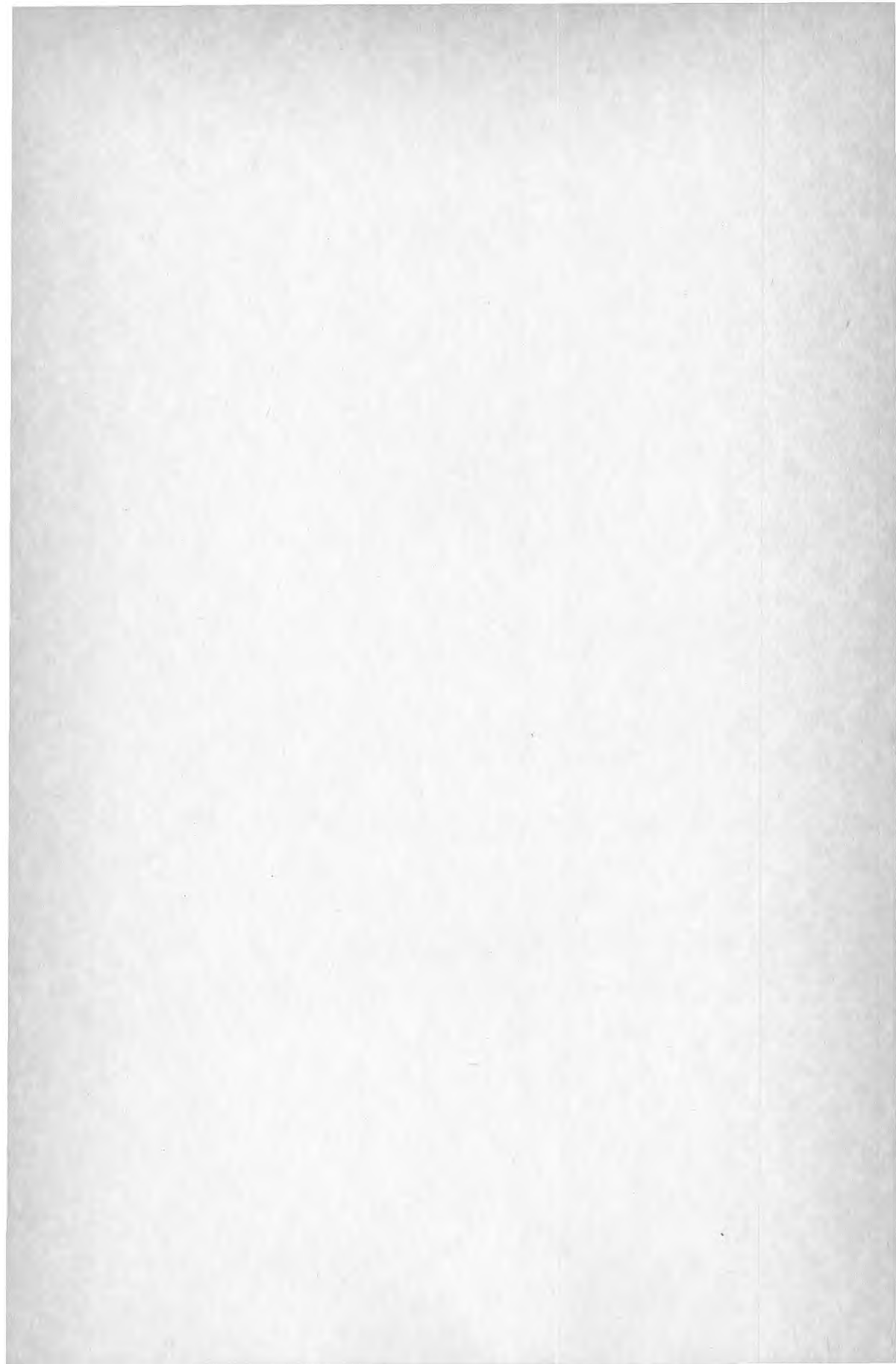
Drifttid	.....	tim
Utetemperatur	.....	gradtimmar
Utebassängtemp	.....	gradtimmar
Innebassängtemp	.....	gradtimmar
Solinstrålning, horisontellt	.....	mV-timmar
Solinstrålning, solfångare	.....	mV-timmar

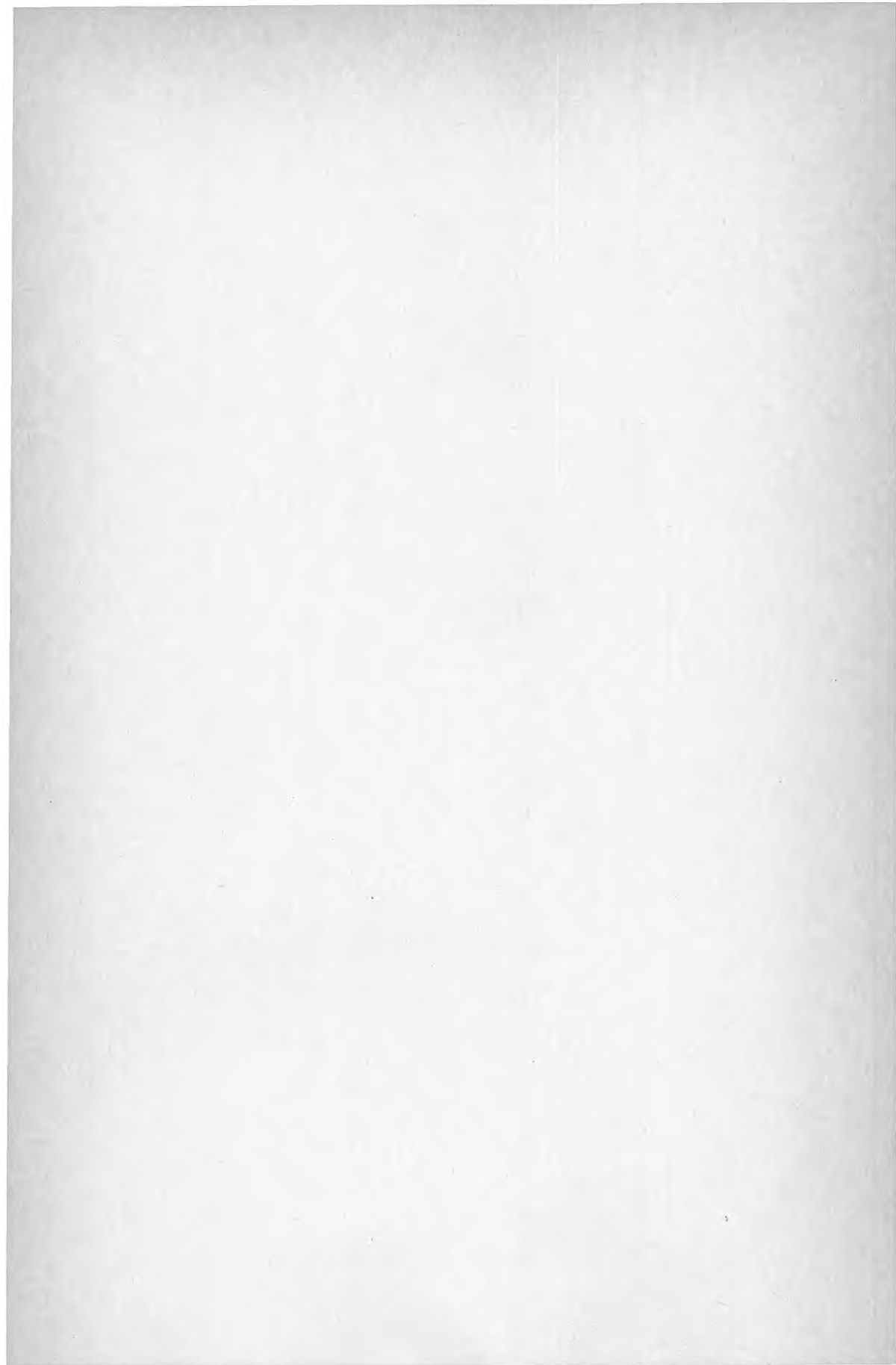
OBS! Nollställ räkneverken på klimatboxen med skruvmejsel efter varje avläsning.
Kontrollera att nollställningsknappen fjädrar tillbaka.

Termometerbur

Max.temperatur	.....	grad C
Min.temperatur	.....	grad C
Aktuell temperatur	.....	grad C

OBS! Byt papper i termohygrografen varje vecka (även den i simhallen!)





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780499-7, 791245-2 och 791474-4 från Statens
råd för byggnadsforskning till Skövde kommun.

R90: 1981

ISBN 91-540-3523-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700390

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms