



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**

**R179:1984**

**Solvärmecentral med säsongslager för 500 lägenheter i Södertuna**

**Planering och förprojektering**

**Björn Hedlund m fl**

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Ser*

*K  
AWA*

**Byggeforskningsrådet**

R179:1984

SOLVÄRMECENTRAL MED SÄSONGSLAGER FÖR 500  
LÄGENHETER I SÖDERTUNA

Planering och förprojektering

Björn Hedlund m fl

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 810096-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till Björn Hedlund,  
Södertälje.

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

R179:1984

ISBN 91-540-4290-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984



	Sid
1. <u>FÖRORD</u> (läsanvisning och författare)	5
2. <u>SAMMANFATTNING</u>	
2.1 Inledning	8
2.2 Komprimerad sammanfattning	9
2.3 Utförlig sammanfattning	11
3. <u>INLEDNING</u>	
3.1 Södertälje energiplanering	21
3.2 Varför solvärme?	22
3.3 Varför solvärme i Södertuna?	23
3.4 Vad är nytt med Södertuna	23
3.5 Historik över Södertuna-projektet	29
3.6 Det kommunala beslutsläget	35
3.7 Medverkande i planeringen	36
3.8 Publicerade rapporter om Södertuna	37
3.9 Huvudprinciper för planeringen	38
4. <u>BESKRIVNING AV OMRÅDET</u>	
4.1 Områdets läge	39
4.2 Naturtyper	39
4.3 Geoteknik och geohydrologi	43
5. <u>KLIMAT</u>	
5.1 Inledning	49
5.2 Allmänna klimatförhållanden	51
5.21 Lufttemperatur och graddagssummor	51
5.22 Vind	54
5.23 Solinstrålning	56
5.3 Lokala klimatförhållanden i Södertuna	58
5.31 Vinden	58
5.32 Temperaturen	67
5.4 Beräkningar av lokalklimatets effekt på byggnaders energibehov	75
5.41 Problemställning	75
5.42 Beräkningsmodellen	75
5.5 Bebyggelseplanering - slutsatser	80

6.	<u>BESKRIVNING AV BOSTADSOMRÅDET</u>	Sid
6.1	Kort om Järna tätort	82
6.2	Områdesplan för Stor-Södertuna (1000 lägenheter)	85
6.3	Utveckling av planalternativ	86
6.4	De två slutliga planförslagen	96
6.5	Hustyper	99
6.6	Lägenhetsstorlekar och etapputbyggnad	112
6.7	Ståltank och landskapsbild	114
7.	<u>EFFEKT OCH ENERGIBEHOV FÖR BOSTÄDER OCH LOKALER</u>	
7.1	Allmänt	116
7.2	Effektbehov - inledning	118
7.3	Transmissionsförluster	118
7.4	Ventilationsförluster	120
7.5	Effektbehov för tapparmvatten	122
7.6	Sammanställning av effektbehov	124
7.7	Energibehov - inledning	124
7.8	Energibehov för transmission	125
7.9	Energibehov för ventilation	127
7.10	Varmvattenförbrukning	127
7.11	Solavskärmning	132
7.12	Solinstrålning genom fönster	133
7.13	Personvärme	133
7.14	Hushållsel	134
7.15	Sammanställning av energibehov	134
8.	<u>SYSTEMLÖSNING</u>	
8.1	Inledning	137
8.2	Installationer i lägenheterna	143
8.21	VA-installation	143
8.22	Värmesystemet	143
8.23	Ventilationssystemet	144
8.3	Värmedistribution	154
8.31	Allmänt	154
8.32	Primärledning	156
8.33	Sekundärledning	157
8.34	Distributionssystemets utveckling	166
8.35	Kostnadsberäkningar	168

	Sid
8.4 Solfångare	171
8.41 Allmänt	171
8.42 Utvecklingsarbete	173
8.5 Värmeundercentraler	177
8.51 Allmänt	177
8.52 Värmekrets	177
8.53 Solfångarkrets	179
8.54 Funktionsbeskrivning	181
8.6 Värmecentral	190
8.61 Allmänt	190
8.62 Funktionsbeskrivning	192
8.7 Värmelager	196
8.71 Allmänt	196
8.72 Värmepumpar	196
Funktionsbeskrivning	
Dimensionerande data	
Buller	
8.73 Värmetekniska förutsättningar för lagret	199
8.74 För- och nackdelar med olika lagertyper	201
8.75 Kostnadsjämförelse mellan olika lagertyper	203
8.76 Studerade lagertyper	210
Ståltank	
Bergrum	
Blockfyllt bergrum alt. blockfyllt grop	
Borrhålslager	
8.77 In- och utmatning i skiktade vattenmagasin	219
8.78 Etappvis utbyggnad	224
8.79 Fältundersökningar	225
8.8 Reserv för värmeproduktion	229
8.9 Drifts- och skötselinstruktioner	229
8.10 Mätprogram	230
8.11 Alternativ till Södertunas huvudförslag	231

9.	<u>EKONOMI - UPPVÄRMNINGSSYSTEM</u>	Sid
9.1	Sammandrag av investeringar samt drift- och underhållskostnader	234
9.2	Investeringar och kostnader för ett kon- ventionellt alternativ	235
9.3	Investeringskalkyl	236
9.31	Allmänna förutsättningar	236
9.32	Investeringskalkyl för solvärmesystemet	236
9.33	Investeringskalkyl för konventionell upp- värmning	239
9.34	Jämförelse mellan solvärme och konventionell uppvärmning	240
9.4	Finansiering	240
9.5	Slutsats	242
10.	<u>SLUTORD</u>	243
11.	<u>REFERENSER</u>	244
	Bilaga 1: SOLSIM, minimerings- och dimensionerings- program	246
	Bilaga 2: Projektorganisation Södertuna	251

## 1. FÖRORD (läsanvisning och författare)

Denna BFR-rapport om Södertuna solvärmeområde har skrivits under hösten 1982 med ett flertal författare.

Kapitel ② innehåller, för att underlätta läsandet, en komprimerad sammanfattning (kap 2.2) och en utförlig sammanfattning (kap 2.3).

I den fullständiga rapporten riktar sig de olika kapitlen till olika läsare.

Kapitel ③ "Inledning" innehåller en beskrivning i stort av Södertuna-projektet. Kapitlet riktar sig inte till någon speciell läsargrupp, utan är avsett att ge en allmän information om bakgrunden, kopplingen till den övriga kommunala planeringen, kort om Södertunas huvudförslag, vilka som deltar i arbetet, hur utvecklingsprocessen varit och vilka huvudprinciper som styrt oss.

Kapitel ④ "Beskrivning av området" innehåller en beskrivning av områdets naturförutsättningar. Kapitlet är mest inriktat på de tekniska förutsättningarna för bostadsbebyggelse. Fotografier från de olika landskapstyperna redovisas, liksom de geotekniska och geohydrologiska utredningar som gjorts.

Kapitel ⑤ "Klimat" innehåller en beskrivning av klimatförhållandena i området. Dels redovisas undersökningar inom området i stort, dels i vissa terrängavsnitt. De data som finns med är bl a temperatur, vind och solstrålning.

Kapitel ⑥ "Beskrivning av bostadsområdet" handlar dels om Järna tätort, dels om Södertuna. Kapitlet är mest bostadsinriktat. Järna beskrivs kort liksom de översiktliga planerna för Södertuna. Ganska ingående redovisas den utveckling av planalternativ som funnits hela tiden och dess koppling till det tekniska solvärmesystemet. Ändringar i alternativen beskrivs och dess orsaker. De två slutliga planförslagen beskrivs med ekonomiska kalkyler samt vilka hustyper, lägenhetsstorlekar och den etapputbyggnad som föreslås.

Kapitel ⑦ "Effekt och energibehov för bostäder och lokaler" innehåller en relativt ingående analys kopplat till en antagen etapputbyggnad. Kapitlet som helhet innefattar en detaljerad teoretisk beräkning, där det första avsnittet 7.1 gäller som en sammanfattning för hela kapitlet.

Kapitel ⑧ "Systemlösning" är helt inriktat på det tekniska solvärmesystemet. De olika huvudkomponenterna distributionsnät, solfångare, värmepump, värmelager och värmecentral/undercentraler beskrivs ingående liksom installation i lägenheterna och ventilationssystemet.

Kapitel ⑨ "Ekonomi" är inriktat på ekonomin för det tekniska solvärmesystemet

Ett flertal författare har bidragit med olika delar av rapporten. Dessa är i bokstavsordning följande:

- Tomas Bruce, Södertälje energiverk.  
Ansvarig för rapportens uppläggning, inriktning och innehåll i stort.  
Ekonomi, (kap 9)
- Mauritz Glaumann, Statens institut för byggnadsforskning (SIB).  
Klimat (kap 5)
- Gunnar Hanson, Södertälje energiverk.  
Värmedistribution, (kap 8.3).  
Ekonomi, (del av kap 9).
- Björn Hedlund, Södertälje kommuns planeringskontor.  
Inledning, (kap 3).  
Beskrivning av området, (kap 4).  
Beskrivning av bostadsområdet, (kap 6).  
Uppläggning av rapporten, lay-out, bilder, figurer och samordning av rapportskrivandet.
- Bengt Hidemark, Hidemark Danielsson arkitekter SAR.  
Idégivare till och utarbetande av Södertunas huvudförslag.  
Omslag, lay-out, bilder och figurer.
- Åke Johansson, Riksbyggen.  
Produktionskalkyler, (del av kap 6.4).



- Torsten Josepson, Vattenfall.  
Värmelager, (kap 8.7).
- Per-Olov Karlsson, Vattenfall.  
Värmelager, (kap 8.7)
- Mats Larsson, Vattenfall (Älvkarlebylaboratoriet)  
Solfångare, (kap 8.4)
- Lars Ljung, Allmänna ingenjörbyrå (AIB).  
Borrhålslager, (del av kap 8.76).
- Jan Nilsson, Riksbyggen.  
Effekt och energibehov för bostäder och lokaler, (kap 7).  
Systemlösning, (kap 8 - ej 8.23, 8.4, 8.7 och 8.10).  
Ekonomi, (kap 9)  
Uppläggning av rapporten, lay-out, bilder, figurer och samordning av  
rapportskrivandet.
- Yvonne Peltokoski, Riksbyggen.  
Utskrift av all text.
- Gösta Skoog, Södertälje kommuns stadsarkitektkontor.  
Landskapsbild och ståltank, (kap 6.7).  
Lay-out, bilder och figurer.
- Roger Taesler, Statens meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI).  
Klimat (kap 5).
- Bengt Waldenstad, Vattenfall.  
Alternativ till Södertunas huvudförslag, (kap 8.11).

## 2. SAMMANFATTNING

### 2.1 Inledning

Huvudman för planeringen av Södertuna solvärmeområde är Södertälje kommun. Byggherrar är Riksbyggen och det kommunala bostadsföretaget Stiftelsen Telgebostäder. Huvudman för och ägare av det tekniska solvärmesystemet (solfångare, värmelager, värmepump och distributionsnät) förutsätts vara Södertälje kommun. Teknisk konsult för solvärmesystemet är Vattenfall. Plan- och husarkitekt är Bengt Hidemark vid Hidemark Danielsson arkitekter SAR. Planeringen inleddes 1979 och stöds ekonomiskt av Statens råd för byggnadsforskning (BFR). Södertuna utgör Sveriges bidrag i det internationella samarbete inom International Energy Agency (IEA). Storleken på bostadsområdet är 525 bostadslägenheter (ca 47000 m<sup>2</sup>) och allmänna lokaler på ca 3500 m<sup>2</sup>, dvs totalt ca 50 000m<sup>2</sup>. Huvudprincipen är att området ska planeras för passiv solvärme i botten och därefter ska 80 % av behovet av tillförd energi täckas av solvärme.

## 2.2 Komprimerad sammanfattning

9

### SÖDERTUNA PROJEKTBESKRIVNING

Södertuna ligger inom Södertälje kommun ca 15 km söder om Södertälje stad och ca 50 km söder om Stockholm. Latituden är 59° nordlig 5' och longituden 17° östlig 36'.

Huvudförslaget innebär att 525 lägenheter byggs, varav 215 i terrasshus och 310 i låghus. Till detta kommer allmänna lokaler för skola, barnomsorg, affär mm.

Huvudprincipen är att först utnyttja fritt tillgänglig energi från solen, från människor och aktiviteter och överskottsvarme från hushållsmaskiner och övriga apparater i byggnaderna s k passiv solenergi-teknik. Resterande värmebehov täcks med värme från ett kombinationssystem med solvärme och värmepumpar där andelen elektricitet är maximalt 20 %.

### KLIMAT

Total solinstrålning mot horisontell yta	1064 kWh/m <sup>2</sup> , år
Total solinstrålning mot vertikal yta	757 kWh/m <sup>2</sup> , år
Total solinstrålning mot horisontell yta, december	7 kWh/m <sup>2</sup>
Total solinstrålning mot horisontell yta, juli	179 kWh/m <sup>2</sup>
Dygnsnedeltemperatur under året	+6 °C
Dimensionerande utomhustemperatur	-18 °C
Graddagar (bas +17 °C)	3850

### HUSTYPER

Storleken på bostadsområdet är 525 lägenheter (ca 47 000 m<sup>2</sup>) och allmänna lokaler på ca 3 500 m<sup>2</sup>, dvs totalt ca 50 000 m<sup>2</sup>. Solvärmsystemet i Södertuna utgör ett hybrid-system med kombinerad passiv och aktiv solvärme. Först har man reducerat lägenheternas energibehov genom att placera, gruppera och orientera hus förmånligt med tanke på solmottagning och vindavkylning. Därtill har lägenheternas våningsyta resp varmhållen och ventilerad rumsvolym minimerats utan avkall på standard och boende-kvalitet vilket resulterat i ytterligare ett reducerat uppvärmningsbehov. Genom att slutligen glasa upp söderfasader för ett maximalt solvärmetilskott, utnyttja betongjätlagens värmelagrande dygnseffekt och välja högisolerade väggar och tak i den starkt begränsade omslutnings-ytan.

Parallellt med "passiva" åtgärder i hus-utformning och bebyggelse gruppering har byggnaderna samutvecklats med avseende på de aktiva systemens dimensionering, utformning och integrering med byggnaderna. De aktiva energisystemen har koncentrerats till terrasshusen där yttertakens ytskikt utgörs av sol-fångare. Den samhallna solfångarytan blir med denna placering i områdets bakre zon minst störande i den byggda miljön.

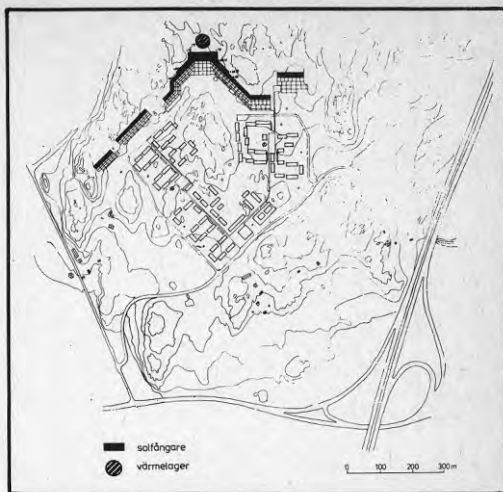
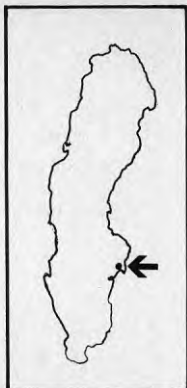
Såväl solfångare som distributionssystem har med terrasshuslösningen helt integrerats med husen och värmeförluster i systemet tillfaller i stor utsträckning husen vid jämförelse med fristående solfångare och markförlagda ledningssystem.

Ett starkt reducerat värmebehov har i motsvarande grad reducerat erforderlig solfångaryta och årsvärmelager och därmed också anläggnings- och drift-kostnaderna. Lagrets centrala belägenhet i anläggningen utgör en annan kostnads-reducerande faktor för distributions-systemet.

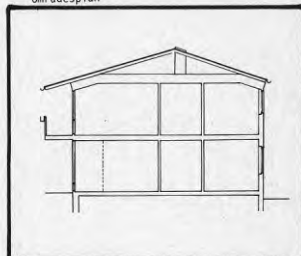
Storleken på ytorna i lägenheterna i låghusen är relativt begränsade mot vad som var normalt för några år sedan.

Som exempel kan nämnas en femrummare på 94,5 m<sup>2</sup>. Trots att lägenheten är ganska snål på ytor bör den upplevas som rymlig då rumsskiltjande väggar begränsats och rummen delvis går i varandra. En möjlighet är att på syd-sidan kunna bygga ett glasat rum på 15-16 m<sup>2</sup>.

Lägenheterna i terrasshusen blir något större ytmässigt jämfört med lägenheterna i låghusen. De olika lägenhetsstorlekarna får ungefär följande ytor 2-3-4-5 rum och kök, 60-80-100-120 m<sup>2</sup>. Även för en del terrasshus-lägenheter finns möjlighet för glasade uterum.



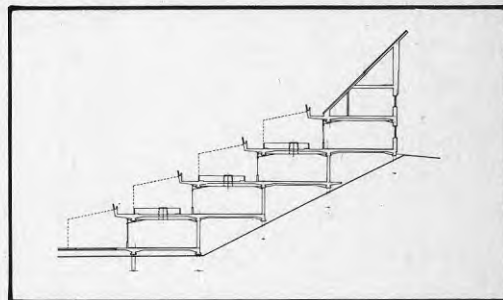
Områdesplan



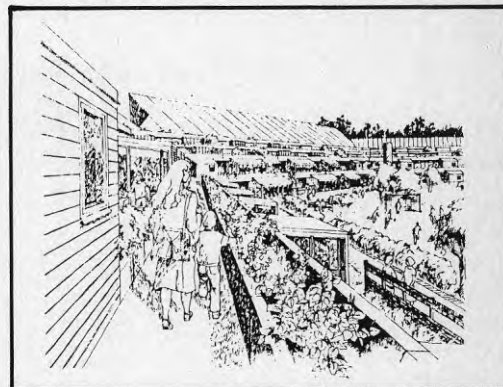
Sektion genom låghus



Modell av terrasshus



Sektion genom terrasshus



Entréer till lägenheterna i terrasshuset

## EFFEKT OCH ENERGIBEHOV

Totalt energibehov för uppvärmning för 525 lägenheter är 3,2 GWh/år inklusive 13 % för-luster. Effektbehovet vid -18 °C utomhus-temperatur är 1,8 MW. Energi och effektbehov för tappvarmvatten är 2,5 GWh/år respektive 1,9 MW.

## SYSTEMLÖSNING

Kombinationssystem solvärme/värmepump. Täckningsgrad 80/20 %. I solfångarna insamlad värme lagras i ett årstids-lager. För att minska lagrets volym höjs temperaturen i lagret med hjälp av värmepump. Värme till förbrukaren distribueras via ett kulvertsystem och undercentraler.

### Värmelager

I ett solvarmesystem måste ett värme-lager av något slag ingå. Hittills har lagring i vatten varit vanligast. För att hålla nere kostnaden per lagrad energienhet vid säsonglagring måste lagret vara av en viss storlek. Utformningen av systemet innebär en kompromiss mellan försörjningsgrad, solfångarutnyttjande och lagerut-nyttjande. Den höga försörjnings-graden som är antagen medför att av-kall på utnyttjandet av solfångare eller lager måste göras.

För Södertunaprojektets del kommer lagret att laddas med solvämt vatten en gång per år. Detta innebär ett lågt lagerutnyttjande. Däremot kan man nyttig-göra en mycket stor del av solfångarnas sommarproduktion, vilket innebär ett högt solfångarutnyttjande.

Som värmelager finns tre alternativ av vilka alla är möjliga inom området.

Ståltank	55 000 m <sup>3</sup> vatten
Bergrum	70 000 m <sup>3</sup> vatten
Borrhålslager	145 000 m <sup>3</sup> berg

För ståltanken vilket är projektets huvud-alternativ, har beräkningar av värmeför-luster, temperaturskiktning, utförande och kostnader utförts.

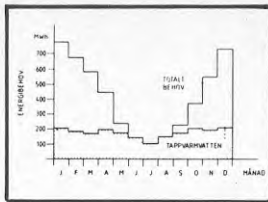
### Solfångare

Solfångarna är utbyggda av en på under-sidan isolerad trapezskorrugerad takplåt, Gränges Sunstrip och en plasttäckning. Samtliga solfångare, 13 000 m<sup>2</sup>, är inte-grerade i terrasshusens tak. Energiutbyte från solfångarna vid en medel-temperatur i solfångaren på 40 °C är ca 370 kWh/m<sup>2</sup>·år, dvs ca 4,3 GWh/år.

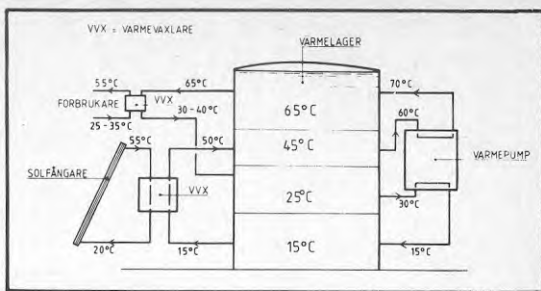
### Värmepumpar

Värmepumparna har flera funktioner i systemet. Båda värmepumparna arbetar internt inom värmelagret. Genom att höja temperaturen i värmelagrets övre del till 60-70 °C fås en för systemet i övrigt användbar temperatur. Samtidigt sänks temperaturen i lagrets botten till ca 15 °C. Genom att ut-nyttja denna låga temperatur till att kyla solfångarna säkerställs en hög sol-fångarverkningsgrad. Lagret kan också ges en mindre volym vid ett givet önskat energinnehåll.

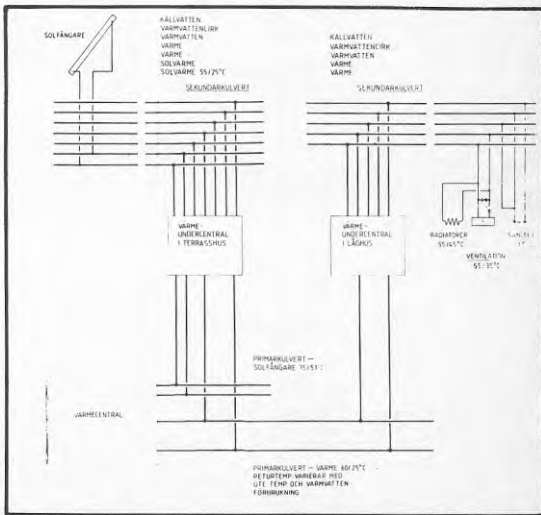
Värmepumparnas drifttid har beräknats till vardera 300 dagar per år för att få bästa utnyttjandegrad av värmelagret. Avställningstiden förläggs till perioden oktober-december, därvid bör också hän-syn tas till underhållsintervall och till perioder med hög belastning av elnätet (hog-och lågtaxa).



Energibehov



Principschema



Uppvärmningssystem

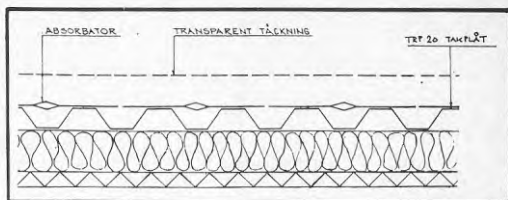
## EKONOMI

Vid den ekonomiska utvärderingen har sol-värmesystemet ställts mot ett konventionellt uppvärmningssystem.

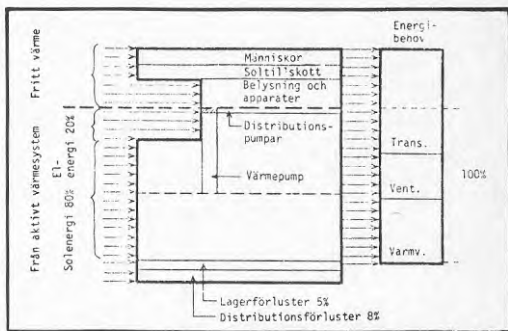
Detta alternativ bygger på en centraliserad värmeförsörjning med en gemensam elpanna. I ett längre perspektiv ersätts denna sannolikt av bränslebaserad uppvärmning.

För att vara på den säkra sidan görs generella påslag, för de komponenter som innehåller ny teknik, vid investeringskalkylen.

Beräkningarna visar att det finns för-utsättningar, beroende bl a av kommande energiprisutveckling, att solvärmesystem-et kan bli den billigare lösningen för Södertunas värmeförsörjning. Under alla förhållanden tyder kalkylerna på att sol-värmen åtminstone inte under några för-hållanden blir väsentligt dyrare än den konventionella värmen. En förutsättning för att detta också ska upplevas löpande år för år av dem som har att betala för värmen är att finansieringen löses så att en över åren jämn betalningsprofil erhålles. Vår slutsats är således att solvärmeförsörjning, i enlighet med vad vi i denna studie redovisat för Södertuna, är av intresse för framtida större nybyggnadsområden. Vi skymtar möjligen ett ekono-miskt genombrott för denna typ av sol-värmesystem.



Solfångare

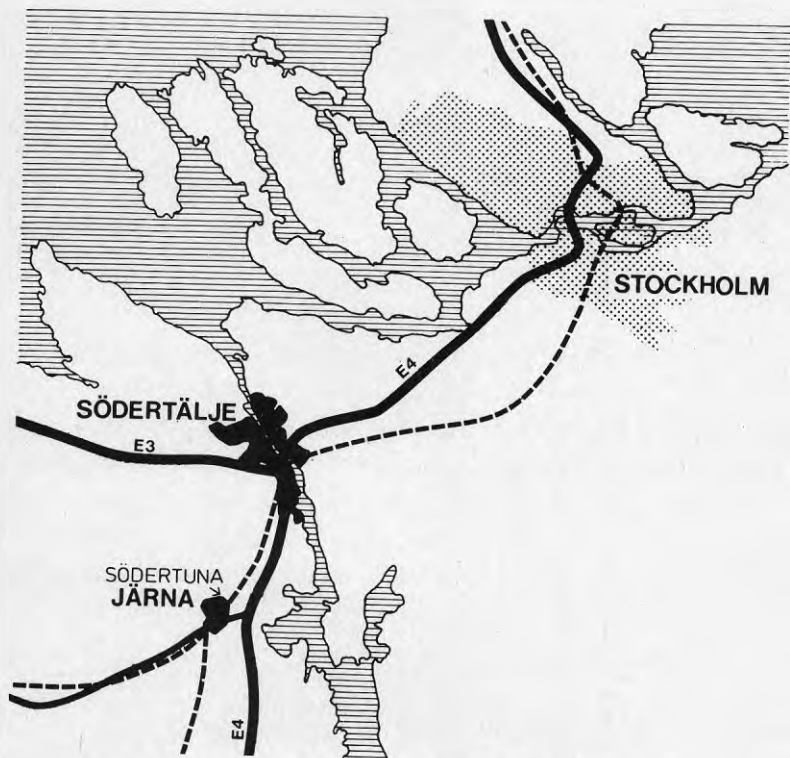


Energiflödeschema

### 2.3 Utförlig sammanfattning

#### Södertunas läge

Södertuna ligger inom Södertälje kommun ca 15 km söder om Södertälje stad och ca 50 km söder om Stockholm. Området ligger inom Järna tätort ca 2 km från Järna Centrum. Järna ligger på latitud  $59^{\circ}$  nordlig  $5'$  och på longitud  $17^{\circ}$  ostlig  $36'$ . Höjden över havet är 35-40 meter. Avståndet till Östersjön är ca 2 km. (Se nedanstående karta).



Stockholm, Södertälje, Järna och Södertuna.

Fig. 4.1

### Huvudprinciper för Södertuna

Arbetet med Södertuna påbörjades under hösten 1979. I inledningskedet gjordes en förstudie över ett soluppvärmt bostadsområde med 400-500 lägenheter och vilka begränsande faktorer för solvärmesystemt som fanns.

För förstudien sattes upp några huvudprinciper som i allt väsentligt formulerats på samma sätt under arbetets gång.

- Området ska innehålla ett tekniskt-ekonomiskt optimerat system för tillvaratagande av solenergi för minst 80 % av behovet av tillförd energi för uppvärmning och varmvatten.
- Området och husen ska planeras för ett utnyttjande av den passiva solvärmetekniken.
- En ekonomisk riktig avvägning ska göras mellan ett aktivt tillvaratagande av solvärme och ett utnyttjande av passiva komponenter.
- Känd teknik ska utnyttjas så långt som möjligt.
- Bostadsområdet ska innehålla alla de kvaliteter som man kan fordra av ett modernt område (kombinera boende och solvärme på ett bra sätt).

### Medverkande

En projektorganisation med alla berörda parter utsågs liksom byggherrar och erforderlig konsulthjälp. Kommunstyrelsen som är huvudnan för planeringen utsåg Riksbyggen och det kommunala bostadsföretaget Stiftelsen Telgebostäder som byggherrar. Vattenfall tillkallades som konsult för det tekniska solvärmesystemet, och då i första hand för solfångare och värmelager. Bengt Hidemark vid Hidemark Danielsson arkitekter SAR utsågs till kommunens och byggherrarnas konsult för planarbetet och utformningen av husen. Arbetet med Södertuna stöds ekonomiskt av Statens råd för byggnadsforskning (BFR).

### Klimat

Antalet graddagar/år för perioden 1961-1978 är i medeltal 3 850 i Södertuna. I januari är antalet graddagar (medel) 640, i april 400, juli 0 och i oktober 350. Relativt stora variationer finns mellan olika år.

Årsmedeltemperaturen inom Södertuna är ca 6°C.

Årsmedianvinden är ca 3 m/s i Järnaområdet medan den är ca 7,5 m/s över öppet hav vid Södermanlandskusten. I Södertuna kan årsmedianvinden vara ännu lägre än 3,5 m/s.



Solstrålningen i Södertuna mot en horisontell yta över året är  $1\ 064\ \text{kW/m}^2$ , varav 516 direkt solstrålning och 548 diffus. Mot en vertikal yta mot söder är motsvarande summa 757, varav 483 direkt och 274 diffus.

### Järna

Järna är ett samhälle som i dag bebos av ca 6 100 personer. Södertuna planeras som nästa stora bostadsområde i Järna. För Södertuna finns planer på upp till 1 000 lägenheter där solvärmeområdet skulle utgöra den första halvan eller ca 500 lägenheter. Då området byggs måste relativt stora kommunala investeringar göras, i första hand för skola och vattenförsörjning.

### Utveckling och planskisser

För solvärmeområdet har en rad planskisser arbetats fram och dess ekonomiska konsekvenser har beräknats. I förstudien redovisas skisserna 1, 2 och 3. I korthet innebär planskiss 3 att solfångare placerades på 80-85 % av låghusens sydvända tak. Alla hus är låghus. De resterande 15-20 % frigjordes från solfångare vilket medgav en friare orientering av huskropparna. För husen med solfångare medgavs en avvikelse med  $45^\circ$  från ett rakt söderläge. I planalternativet ingick ett solvärmesystem med  $20\ 000\ \text{m}^2$  solfångare och en ståltank på  $65\ 000\ \text{m}^3$  som ackumulator baserat på en värmeförbrukning av  $15\ 000\ \text{kWh/år}$  och lägenhet.

Därefter arbetades en helt ny planskiss fram som även den medförde stora förändringar på solvärmesystemet. Det huvudsakliga argumentet för denna ändring var att utnyttja den relativt sett högre solinstrålningen i en lång sydslutning. Uppskattningsvis kunde detta medföra  $1-2^\circ$  högre temperatur inne i lägenheterna med lägre uppvärmningsbehov och eventuellt också en högre boendekomfort.

Innehållet i denna nya planskiss -planskiss 4- var i korthet följande. Områdets storlek omfattade fortfarande 500 lägenheter med 240 lägenheter i en ny hustyp -terrasshus- och 260 lägenheter i låghus som tidigare. Solfångare placerades på låghusen med en taklutning av  $15-16^\circ$  ( $7\ 200\ \text{m}^2$  solfångaryta) och på terrasshusen med  $42^\circ$ 's taklutning ( $10\ 000\ \text{m}^2$  solfångaryta). Både ståltank och bergrum var möjliga.

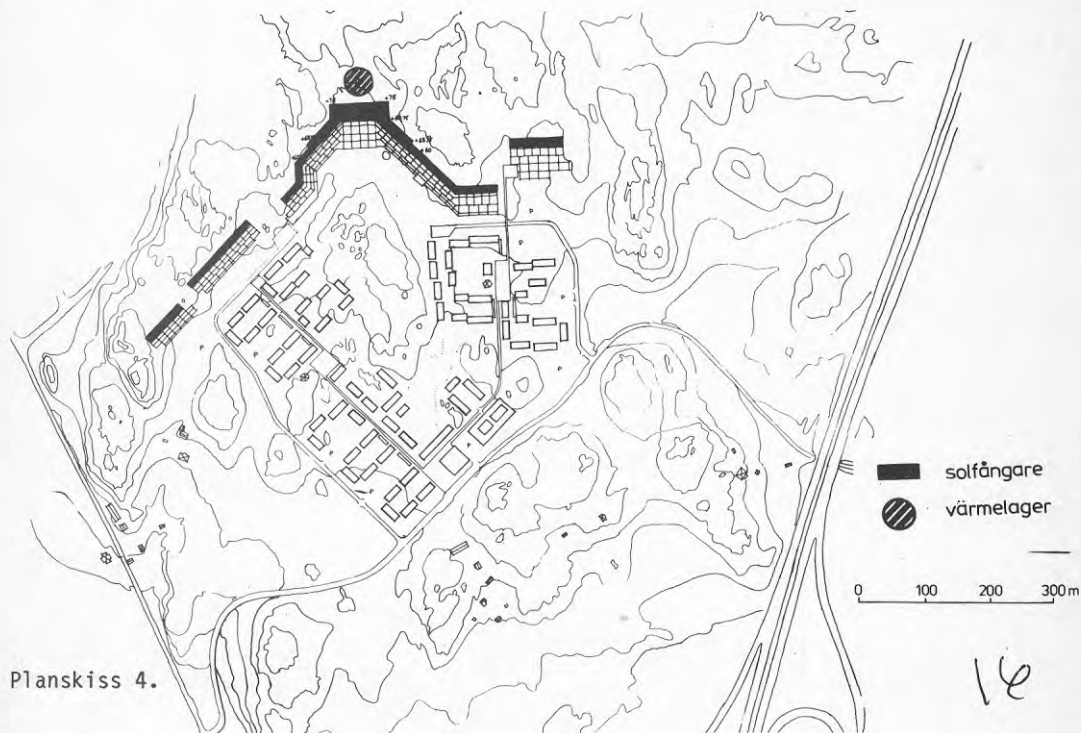
Vissa frågetecken fanns beträffande förverkligande av planskiss 4. I första hand var det terrasshusens byggnadsekonomi. För att kunna jämföra plankvaliteter och ekonomi arbetades planskiss 5 fram. Denna skiss innehöll låghus och terrasshus (båda med solfångare på taken) och friliggande låghus (ej med solfångare).

Solfångare spriddes ut på både låghus och högre hus. Här lades inte terrasshusen i slutningen utan till viss del på åkern. Även här var både ståltank och bergrum möjliga. Planskisserna 4 och 5 jämfördes tekniskt, ekonomiskt och driftsmässigt och resultatet blev att skiss 4 var att föredra ur alla aspekter varför planskiss 5 förkastades.

Om planskiss 4 av någon anledning inte skulle gå att bygga borde vi ha ett alternativ för att trygga bostadsförsörjningen i Järna. Vi valde ett alternativ - planskiss 6 - som skulle vara så enkelt och billigt som möjligt. Ingen aktiv solvärmeteknik skulle användas och heller inga terrasshus. Uppvärmningen blir då konventionell (fjärrvärme) och bebyggelsen består av konventionella låghus (radhus).

Resultatet av planarbetet har blivit att dessa planskisser 4 och 6 ska ligga till grund för det fortsatta arbetet, där då planskiss 4 är huvudförslaget. Huvudförslaget har något utökats och utvecklats och innehåller 215 lägenheter i terrasshus och 310 i låghus, totalt 525 lägenheter. Efter beräkningar av värmebehov, solfångaryta och värmelagrets storlek har solfångarytan reducerats till 13 000 m<sup>2</sup>, allt samlat på terrasshusens tak. (Se nedanstående figur). Planskiss 6 innehåller 452 lägenheter i låghus (radhus).

På dessa planskisser har produktionskostnadskalkyler, pantvärdesberäkningar och hyresberäkningar gjorts. Av dessa framgår att båda planskisserna kan byggas med rimliga kostnader och med rimliga hyror till följd. En utbyggnad måste ske etappvis under ett antal år.



### Effekt och energibehov för bostäder och lokaler

För att beräkna byggnadernas uppvärmningsbehov har en handberäkningsmetod med utnyttjade graddagar använts. Svårigheten med handberäkningsmetoder är att på rätt sätt bestämma och ta hänsyn till så kallad gratisvärme från varmvatten, hushållsel, personvärme och till solinstrålning genom fönster. Denna gratisvärme kan delvis utnyttjas för byggnadernas uppvärmning beroende på hur tillsatsvärmens regleras.

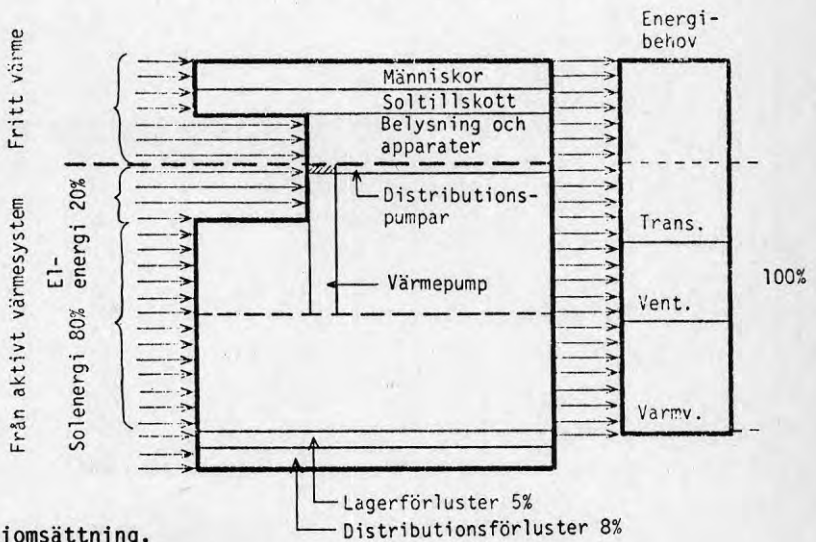
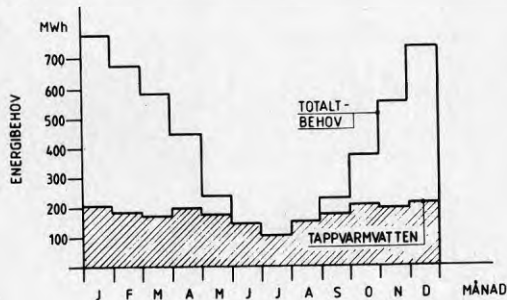
Beräkningarna har utförts för ett låghus i 2 våningar med 94 m<sup>2</sup> vy och en lägenhet i terrasshus 3 rum och kök med 75 m<sup>2</sup> vy och summerats för 525 lägenheter och 3 500 m<sup>2</sup> lokaler.

I beräkningarna förutsätts rumsluftens temperatur vara 20°C.

Totalt värmeeffektbehov genom transmission, ventilation och infiltration, för låghus, terrasshus och lokaler, inkl 13 % förluster är ca 3,7 MW.

Totalt energibehov inkl förluster är för uppvärmning 3,2 GWh/år och för tappvarmvatten 2,5 GWh/år.

Månadsfördelning av energiförbrukning.

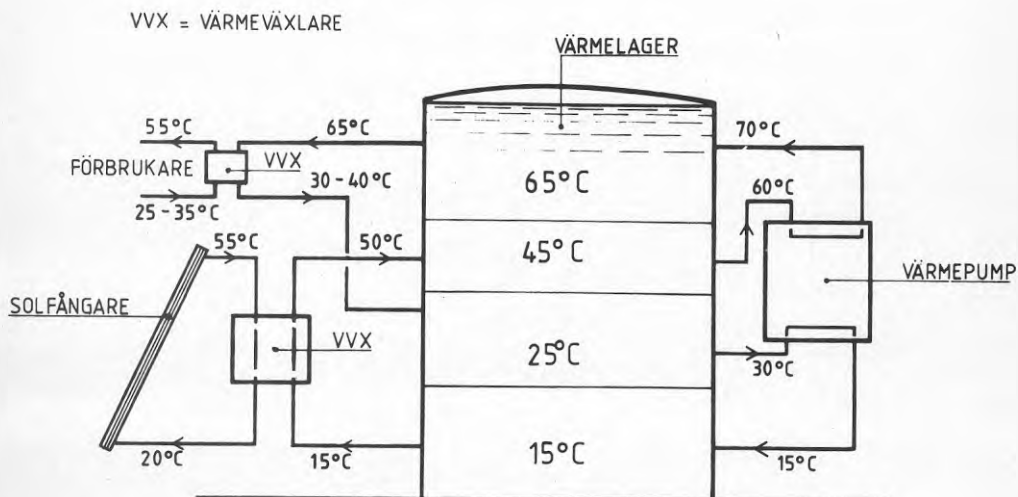


Systemets energisättning.

### Systemlösning

Projektets förutsättning har varit att först utnyttja fritt tillgänglig energi från solen, från människor och aktiviteter och överskottsvärme från hushållsmaskiner och övriga apparater i byggnaderna s k passiv solenergi-teknik.

Resterande värmebehov täcks med värme från ett kombinationssystem med solvärme och värmepump. Det har fastslagits att minst 80 % av det totala energibehovet i kombinationssystemet ska täckas med solvärme och resterande del med elektricitet till värmepumpen.



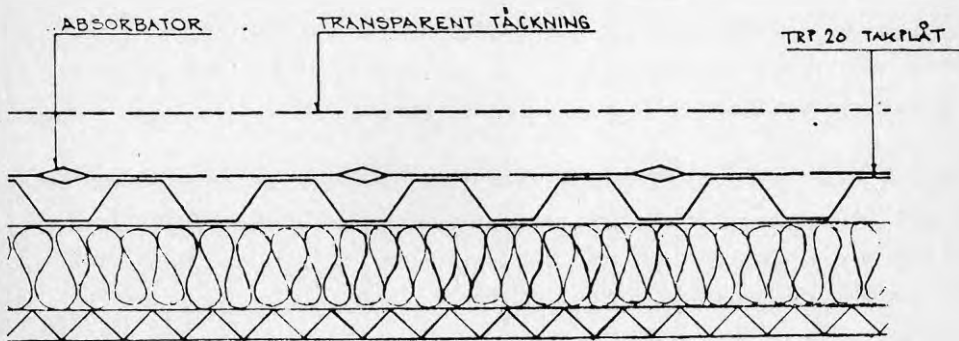
Principschema - solenergisystemet.

Värmesystemet består av ett värmelager med tillhörande värmecentral där värmepumparna är placerade, värmeundercentraler där solfångarkretsarna är anslutna och där värme och tappvarmvatten till förbrukarna distribueras samt värmekulvert som förbinder systemdelarna.

Beräknade medietemperaturer för respektive systemdels dimensioneringsfall framgår av ovanstående figur.

### Solfångare

Solfångarna är utbyggda av en på undersidan isolerad trapetskorrugerad takplåt, Gränges Sunstrip och en plasttäckning. Samtliga solfångare, 13 000 m<sup>2</sup>, är integrerade i terrasshusens tak.



Energiutbyte från solfångarna vid en medeltemperatur i solfångaren på 40°C är ca 370 kWh/m<sup>2</sup>,år, dvs ca 4,3 GWh/år.

### Värmelager

I ett solvärmesystem måste ett värmelager av något slag ingå. Hittills har lagring i vatten varit vanligast. För att hålla nere kostnaden per lagrad energienhet vid säsonglagring måste lagret vara av en viss storlek. Utformningen av systemet innebär en kompromiss mellan försörjningsgrad, solfångarutnyttjande och lagerutnyttjande.

Den höga försörjningsgraden som är antagen medför att avkall på utnyttjandet av solfångare eller lager måste göras.

För Södertunaprojektets del kommer lagret att laddas med solvärmvt vatten en gång per år. Detta innebär ett lågt lagerutnyttjande. Däremot kan man nyttiggöra en mycket stor del av solfångarnas sommarproduktion, vilket innebär ett högt solfångarutnyttjande.

Tre olika typer av värmelager har studerats:

- o Ståltank, 55 000 m<sup>3</sup> vatten
- o Bergrum, 70 000 m<sup>3</sup> vatten
- o Borrhållager, 145 000 m<sup>3</sup> berg

Volymerna är ekvivalenta med avseende på uttagbar energimängd.



För ståltanken, vilket är projektets huvudalternativ, har beräkningar av värmeförluster, temperaturskiktning, utförande och kostnader utförts.

### Värmepumpar

Värmepumparna har flera funktioner i systemet. Båda värmepumparna arbetar internt inom värmelagret. Genom att höja temperaturen i värmelagrets övre del till 65-70°C fås en för systemet i övrigt användbar temperatur. Samtidigt sänks temperaturen i lagrets botten till ca 15°C. Genom att utnyttja denna låga temperatur till att kyla solfångarna säkerställs en hög solfångarverkningsgrad. Lagret kan också ges en mindre volym vid ett givet önskat energiinnehåll.

Värmepumparnas driftstid har beräknats till vardera 300 dagar per år för att få bästa utnyttjandegrad av värmelagret. Avställningstiden förläggs till perioden oktober-december, därvid bör också hänsyn tas till underhållsintervall och till perioder med hög belastning av elnätet (hög- och lågtaxa).

Värmeeffekt 200 + 400 kW.

Temperaturer på förångarsidan in/ut, 30/15°C.

Temperaturer på kondensorsidan in/ut, 60/70°C.

### Ekonomi

I den ekonomiska utvärderingen har solvärmesystemet jämförts med ett konventionellt uppvärmningsalternativ. Detta alternativ bygger på en centraliserad värmeförsörjning med en gemensam elpanna. I ett längre perspektiv ersätts denna sannolikt av bränslebaserad uppvärmning. För att vara på säkra sidan vid den ekonomiska utvärderingen görs ett generellt påslag vid beräkningen av investeringsbehoven. För de komponenter som innehåller ny teknik görs dessutom ett extra påslag för att täcka in den extra kalkylsvårigheten.



Sammantaget innebär detta att solfångare och värmelager belastas med 20 % extra och värmepump och distributionssystem med 10 % extra vid investeringsberäkningen.

En ekonomisk känslighetsanalys har utförts för att utröna vid vilka förutsättningar de två alternativen är likvärdiga.

Följande kalkylräntor och energiprisökningar har valts 0, 4, 8 % respektive 0, 3, 6 %, reallt.

Vid en real energiprisökning om 0 % är solvärmens alltid dyrare än den konventionella värmen.

Vid en real energiprisökning om 3 % är solvärmens upp till ca 3 % kalkylränta billigare än konventionella värmen.

Vid en real energiprisökning om 6 % är solvärmens upp till ca 7 % kalkylränta billigare än konventionella värmen.

Vid 0 % realkalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 1,5 %.

Vid 4 % realkalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 4 %.

Vid 8 % realkalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 7,5 %.

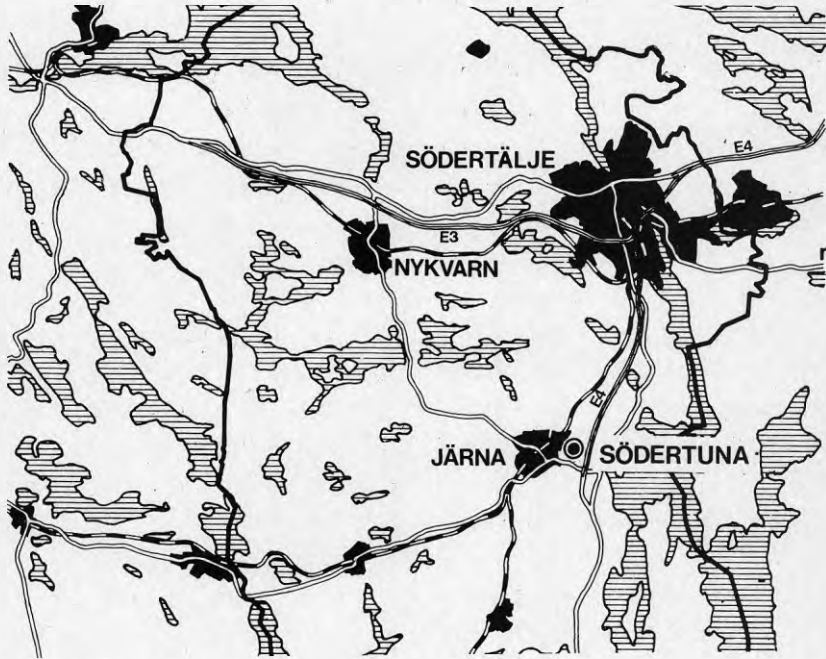
Beräkningarna visar att det finns förutsättningar, beroende bl a av kommande energiprisutveckling, att solvärmesystemet kan bli den billigare lösningen för Södertunas värmeförsörjning. Under alla förhållanden tyder kalkylerna på att solvärmens åtminstone inte blir väsentligt dyrare än den konventionella värmen.

En förutsättning för att detta också ska upplevas löpande år för år av dem som har att betala för värmen är att finansieringen löses så att en över åren jämn betalningsprofil erhålles. Vår slutsats är således att solvärmeförsörjning, i enlighet med vad vi i denna studie redovisat för Södertuna, är av intresse för framtida större nybyggnadsområden. Vi skymtar möjligen ett ekonomiskt genombrott för denna typ av solvärmesystem.

### 3. INLEDNING

#### 3.1 Södertäljes energiplanering

För att anknäta Södertuna till kommunens energiplanering bör inledningsvis nämnas något om värmeförsörjningen i Södertälje kommun som helhet och för Järna tätort. (Se orternas läge i nedanstående fig 3.1).



Södertälje kommuns totala värmebehov var 1980 ca 1000 GWh.

(Se figur 3.2). Beroendet av olja var ca 90 %. De resterande 10 % täcktes av el. Fjärrvärmedelen av det totala värmebehovet var ca 50 % där oljeberoendet var 100 %.

I oktober 1982 har Igelsta kolvärmeverk tagits i drift. Under hösten 1983 kommer ytterligare kapacitet att införas och då har även Botkyrka och Huddinge kommuner anslutits. I och med detta kommer oljeberoendet att reduceras kraftigt. Oljeandelen av uppvärmningen kommer till 1985 att sjunka från ca 90 % till ca 23 %. Kolandelen kommer att uppgå till ca 56 %. De resterande 21 % täcks av el och spillvärme. Av uppvärmningsbehovet kommer ca 65 % att täckas med fjärrvärme där kolandelen är ca 85 % och oljeandelen 15 %

### 3.2 Varför solvärme?

Vårt huvudförslag i Södertuna innebär i korthet ett årsvärmesystem med passiv solvärmeteknik och ett aktivt system med solfångare för en täckning av 80 % av årets värmebehov (inklusive varmvatten) för ett bostadsområde på drygt 500 lägenheter plus allmänna lokaler (skolor mm). Viktigt är också att solfångarna samlats enbart på terrasshusen för en rationell drift och ett rationellt underhåll. (Se vidare om detta i bl a kapitel 6 och 8).

Ett av skälen till att solvärme bedöms som ett intressant uppvärmningsalternativ i Södertuna är den erfarenhet som vunnits av 70-talets satsningar på solvärme. Dessa satsningar pekar på att ett sådant förslag bör ha goda förutsättningar att utvecklas till ett realistiskt alternativ med en relativt god ekonomi.

Ett annat skäl är att en satsning på solvärme kan ge ett märkbart tillskott i energibalansen. Lokalt för Järna tätort blir tillskottet ganska stort. Järna består i dag av ca 2 600 lägenheter och Södertuna planeras för drygt 500 lägenheter. Om huvudförslaget visar sig fungera tekniskt och ge ett förmånligt ekonomiskt resultat i förhållande till andra alternativa energikällor kan detta genomföras även på andra håll i kommunen och i landet.

Ett tredje skäl är att inga förbränningsutsläpp kommer från en solvärmeanläggning vilket medför en bättre miljö. Såväl olja som kol medför sådana utsläpp, även om de kan reduceras mycket kraftigt som vid Igelsta kolvärmeverk. Inte heller behöver energiråvaran (solenergin) transporteras till området som är fallet med alla andra uppvärmningsformer.

Ytterligare ett skäl är att en omfattande satsning på forskning och utveckling av solvärmetekniken pågår såväl nationellt som internationellt. Det internationella FoU-arbetet sker bl a inom International Energy Agency (IEA) där Sverige medverkar och där Södertuna utgör Sveriges bidrag.

### 3.3 Varför solvärme i Södertuna?

Ett skäl till att Södertuna är lämpligt för en satsning på solvärme är att det ligger utanför Igelstas fjärrvärmeområde. Avståndet mellan Igelsta (i Södertälje stad) och Södertuna (i Järna) är ca 15 km vilket gör en anslutning av Södertuna och Järna till Igelsta mindre sannolik. (Se fig 3.1).

Inom Järna ligger Södertuna ca 2 km utanför tätortens centrum. För närvarande pågår ett utredningsarbete om en fjärrvärmecentral för hela Järna. En anslutning av Södertuna till en sådan anläggning blir beroende på avståndet relativt kostsam. Detta talar för en lokal lösning på uppvärmningen i Södertuna.

Ytterligare skäl för Södertuna är att det är ett exploateringsområde. Detta medför att det finns en stor frihet att planera området, då inga låsningar finns i form av befintlig bebyggelse eller redan utförda vägkroppar och ledningssystem. Det bör således finnas goda förutsättningar att optimera samtliga ingående parametrar för ett socialt sett bra bostadsområde med en fungerande teknisk lösning och ett gott ekonomiskt resultat.

### 3.4 Vad är nytt med Södertuna?

Södertunas huvudförslag innebär ett årsvärme-system med passiv solvärmeteknik i botten och ett aktivt system med solfångare för 80 % av årsbehovet av värme för uppvärmning och varmvatten för drygt 500 lägenheter.

I Sverige har ett flertal anläggningar med aktiva värme-system tagits i drift och planerats under de senaste åren. I Studsvik finns sedan 1979 en fungerande prototypanläggning för årsvärmebehovet i ett kontorshus på ca 500 m<sup>2</sup> golvyta. I Ingelstad utanför Växjö togs 1979 en solvärmecentral för 52 småhus i drift för att täcka 50 % av värmebehovet för uppvärmning och varmvatten. Anläggningen i sig har i huvudsak fungerat förutom att solvärmeproduktionen blivit ca hälften mot beräknat i första hand beroende på att andelen direkt ljus i solinstrålningen visat sig vara mindre än väntat.

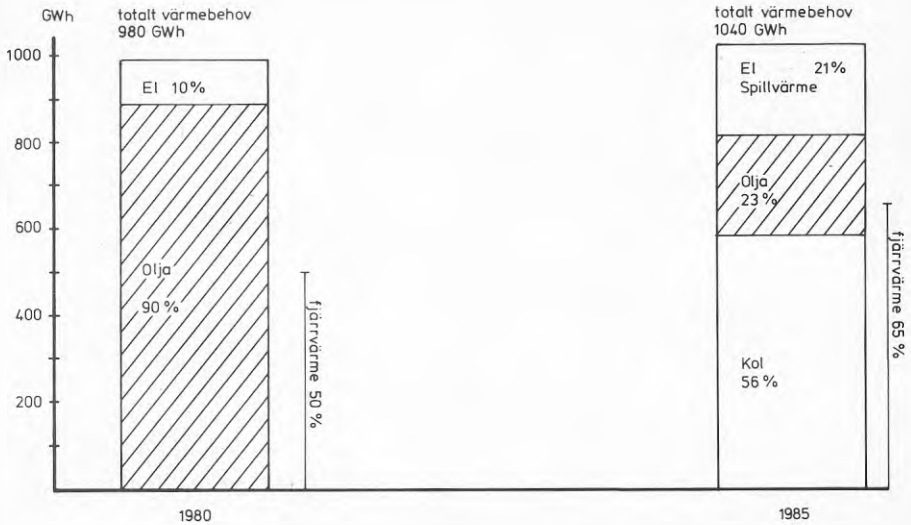


Fig. 3.2. Södertälje kommuns uppvärmningsbehov 1980 och 1985  
(källa: Oljereduktionsplanen för Södertälje kommun).

Järna tätort är idag till 100 % beroende av olja för sin uppvärmning. Beslut finns att övergå från individuell uppvärmning till fjärrvärme. Detta beslut omfattar dock inte bränsletypen. Denna fråga utreds för närvarande.

Att minska kommunens kraftiga oljeberoende är en energipolitisk förstahandsuppgift om vilken det råder en bred enighet. Södertälje har redan tagit ett stort och viktigt steg för detta då Igelsta tagits i drift. Att minska importberoendet är också en mera långsiktig strävan inom vilken det är viktigt att pröva möjligheterna till en successiv introduktion av förnybar energi i stor skala. För byggnadsuppvärmning är solvärme av intresse.



Utanför Linköping har i Lambohov byggts en solvärmecentral för att försä 55 radhus med 100 % av värmebehovet för uppvärmning och varmvatten. Anläggningen har haft betydande funktionsstörningar med bl a syresättning av vattnet vilket medfört bakterier i vattensystemet. Lindälvs skolan i Kungsbacka byggdes 1981 och installerades med det s k Sunclay-systemet. Systemet skall försä skolan på ca 15 000 m<sup>2</sup> golvyta med det totala årsbehovet av värme för uppvärmning och varmvatten.

Det s k Sunstore-systemet finns för närvarande i prototyp-utformning i en större villa i Sigtuna. Detta system planeras för en friskvårdsanläggning i Stora Skuggan i Stockholm. För närvarande byggs solvärmecentral Lyckebo utanför Uppsala för 550 nya lägenheter med ett planerat idrifttagande till våren 1983.

Även den passiva energitekniken har under senare år utretts, planerats och tillämpats på en rad håll. Denna tekniktillämpning har ofta kombinerats med en mindre solfångaranläggning för täckning av varmvattenbehovet.

Med passiva åtgärder menas då att byggnadernas disposition och utformning relateras till de lokala vind- och temperaturförhållandena, att byggnaderna och dess närmaste omgivning utformas så att de nås av solinstrålningen, att den infallande solstrålningen kan mottas och lagras i byggnaden samt att byggnaderna utformas så att den från solen tillförda energin och värme från människor, belysning och hushållsmaskiner kan nyttiggöras.

Som exempel på passiva solvärmeområden kan nämnas de större bostadsområdena Kråkhult och Öndered i Borås kommun. Där har plankonsekvenserna utretts till följd av byggnadernas anpassning till topografi, grundförutsättningar, vegetation, klimat och mikroklimat.

Under 1981 skedde inflyttning i de 32 lägenheterna i 4 flerfamiljshus i bostadsområdet Taberg, Jönköpings kommun. Varje lägenhet har försatts av glasat rum/växthus. För närvarande pågår mätningar av energibalansen mm samt utvärdering av de boendes inverkan på lägenheternas energibalans. I Knivsta utanför Stockholm har Riksbyggen byggt ett lågenergihus med 4 st lägenheter och en gemensam solfångare för varmvattenproduktion. För enfamiljshus finns en rad hus byggda och planerade, exempelvis i Färgelanda, Lidköpings kommun och ett BFR-stött serietillverkat småhus i Växjö kommun samt i Göteborg, Limhamn, Nacka m fl.

Den passiva och den aktiva solvärmetekniken finns i olika former, storlekar och tillämpningar förverkligade i en rad projekt i Sverige. I regel har det då varit antingen den passiva eller den aktiva tekniken som stått i förgrunden. Det som däremot inte har genomförts är ett större område där en total integration har gjorts mellan den passiva och aktiva tekniken. I Södertuna är principen att i botten täcka värmebehovet genom passiva åtgärder. Det resterande värmebehovet ska täckas med värme från ett kombinationssystem med solvärme och värmepump. En planeringsförutsättning har varit att minst 80% av det totala energibehovet i kombination ska täckas med solvärme och de resterande 20% med elektricitet till värmepumpen. (Se fig. 3.3).

Värmebehov - reduktion - försörjning

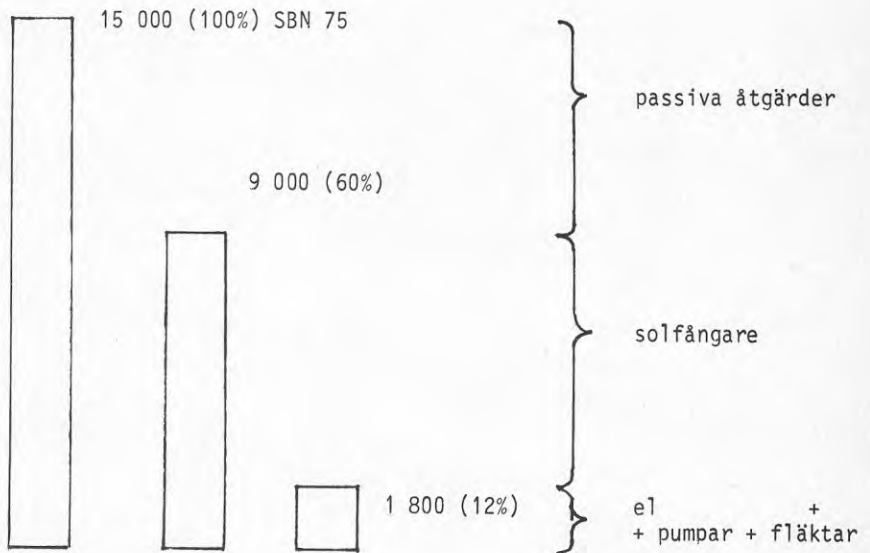


Fig. 3.3 Södertunas "affärsidé".

En viktig faktor som ofta "glömts bort" vid planeringen av solvärmeområdena är områdets estetik och människornas trivsel. Arbetet har i första hand koncentrerats till de tekniska systemen och dess komponenter. Men rimligtvis borde man ställa samma krav på ett snyggt och trevligt område även om dess uppvärmning kommer från solen. Väsentligt i detta sammanhang är också att det ska vara lika lätt eller svårt att bo i ett solvärt område som i ett konventionellt. Man ska inte behöva vara driftingenjör för att bo i en lägenhet som uppvärms med sol.

Driften och underhållet av solvärmeanläggningen får inte i dess normala verksamhet vara så komplicerat att endast experter klarar den. Normal förvaltningspersonal med viss kompletterande utbildning måste kunna klara anläggningen vid normal och kontinuerlig drift. Vid mera omfattande reparationer och om fel uppstår måste självklart en ökad kompetens in. Att komma till rätta med dessa frågor ingår som några av huvudprinciperna för planeringen.

Den soolfångare som troligen kommer att väljas för Södertuna är en takintegrerad plan solfångare med enkelt glas och möjligen med en selektiv absorbtoryta. Värmedium är vatten. Den totala solfångarytan beräknas till ca 13 000 m<sup>2</sup>.

På den svenska marknaden finns i dag ett flertal solfångare som varit i drift och där erfarenheter kan dras.

Vid de större solvärmecentraler som finns i Sverige finns olika typer av solfångare representerade. Vid solvärmecentralen i Studsvik finns 120 m<sup>2</sup> av en sk CPC-solfångare (Compound Parabolic Concentrator) på en roterande plattform. I Ingelstad utanför Växjö finns 1 300 m<sup>2</sup> av en linjefokuserande vertikal typ. Solfångaren som är parabolisk och enbart fångare av direkt strålning arbetar med höga temperaturer. I Lambohov utanför Linköping har 2 900 m<sup>2</sup> plana solfångare installerats. Vid Lindälvs skolan i Kungsbacka har utnyttjats en utpräglad lågtemperatursolfångare. Den består av svartmålade aluminiumplåtar med infästade kopparrör för vatten.

Inget täckglas eller isolering finns. Utöver dessa större anläggningar i Sverige kan nämnas att Gränges Aluminium AB tagit fram en absorbatör av aluminium och koppar med en selektiv yta. Denna absorbatör ingår i Teknoterm Systems AB's solfångare samt i de solfångare som byggts för användning i Torvalla (Östersund) och Lyckebo (Uppsala). I dagsläget finns inte någon solfångare som med känd teknik direkt är applicerbar på Södertuna. Här måste ett utvecklingsarbete till för att ta fram en solfångare som motsvarar våra krav på teknisk lösning och prestanda samt ekonomi och driftsäkerhet.

Olika typer av värmelager är tänkbara för Södertuna. Tänkbara är en ståltank för ca 55 000 m<sup>3</sup> vatten, ett bergrum för ca 70 000 m<sup>3</sup> vatten (oisolerat) eller ett borrhålslager i berg på 145 000 m<sup>3</sup> berg. I Sverige finns de olika lagertyperna förverkligade eller i ett försöksstadium. Ståltankar representerar i stort sett en känd teknik då dessa redan byggts som korttidslager för varmvatten i fjärrvärmesammanhang. Som exempel kan nämnas Uppsala på 30 000 m<sup>3</sup> och Värtan i Stockholm på 40 000 m<sup>3</sup>. Vid solvärmecentralen i Ingelstad byggdes en betongtank på 5 000 m<sup>2</sup>. I Studsvik och Lambohov har lagret utformats som ett gropmagasin, dvs en grop i marken som försetts med ett vattentätt skikt i form av gummiduk. Lagervolymer är 640 m<sup>3</sup> och 10 000 m<sup>3</sup>. För bergrum finns idag erfarenhet från stora volymer i samband med byggandet av stora beredskapslager för olja. I allt väsentligt kan samma teknik användas även för lager för varmvatten. För lagring av varmvatten färdigställdes ett bergrumslager i Avesta under 1982. Volymen på detta lager är 15 000 m<sup>2</sup>. För Lyckeboprojektet i Uppsala har byggts ett bergrum på 100 000 m<sup>3</sup>. För borrhålslagret pågår ett antal försök med prototyper där tekniska mätningar och beräkningar görs tillsammans med ekonomiska analyser. Nämnas kan ett borrhålslager i Sigtuna på 10 000 m<sup>3</sup> (Sunstore) och försök vid Vattenfalls laboratorium i Älvkarleby och Tekniska Högskolan i Luleå. För Södertuna är fortfarande de tre lagertyperna tänkbara. Känd teknik finns således i allt väsentligt beträffande ståltank och bergrum. Där emot finns en stor utvecklingspotential beträffande ett borrhålslager. Relativt litet finns utrett och prövat endast i liten skala. Andra faktorer som fordrar ett utvecklingsarbete oavsett val av lagertyp, är dels att en värmepump planeras till lagret och dels att Södertuna eventuellt kommer att byggas ut etappvis vilket kan medföra önskemål om två mindre lager.

### 3.5 Historik över Södertuna-projektet

Idén till Södertuna solvärmeområde kommer ur ett samarbete i andra frågor mellan Södertälje kommun och Vattenfall. Båda parterna visade sig intresserade av att utreda möjligheter för ett gemensamt solprojekt. Kommunstyrelsen i Södertälje beslutade i december 1978 om en sådan utredning.

Det ursprungliga förslaget innebar att ett större bostadsområdes årsbehov av värme för uppvärmning och varmvatten tillgodosågs i ett solvärmesystem. Systemet innebar att solfångare placerades på hustaken, att det uppvärmda vattnet distribuerades genom rörledningar och att en varmvattenackumulator på minst 65 000 m<sup>3</sup> kompletterades med en värmepump. Kommunen gick igenom tänkbara nybyggnadsområden där Södertuna i Järna var det mest lämpade. Det konstaterades också att statligt var nödvändigt för projektet. Underhand diskuterades därför frågan med Statens råd för byggnadsforskning (BFR) i januari 1979. Från BFR framkom att intresse fanns att utveckla dessa tankegångar i en förstudie och att det även passade in i rådets utvecklingsprogram.

#### Förstudie

Kommunstyrelsen beslutade i mars 1979 att hos BFR ansöka om projektanslag för en förstudie över möjligheterna att införa ett solvärmesystem. Arbetet skulle dels omfatta solvärmesystemet och dess komponenter, dels konsekvenserna för bebyggelseplaneringen. Samtidigt beslutade kommunstyrelsen att utredningsarbetet skulle följas av en lokalt förankrad referensgrupp i Järna bestående av representanter från de politiska partierna, intresseorganisationer och föreningar.

Som utgångspunkt för förstudien valdes Vattenfalls solvärmesystem och en PM 1979-06-01 upprättad av kommunens stadsarkitektkontor som klarlade områdets planmässiga förutsättningar. Som storlek på bostadsområdet angavs 400-500 lägenheter. Syftet med förstudien var att undersöka förutsättningarna för att solvärma Södertuna, där bostadsområdet skulle ha de planmässiga kvaliteter som man kan förvänta sig av ett modernt område. Genom förstudien avsåg man kunna bedöma vilka delar av solvärmesystemet som är de mest begränsande, såsom ståltank, bergrum, kulvertsystem eller solfångarnas storlek och placering. Förstudien utarbetades av Vattenfall samt de kommunala förvaltningarna planeringskontoret, stadsarkitektkontoret och energiverken.



Den finns publicerad som BFR-rapport R 28:1981 "Solvärmecentral Södertuna för ca 500 lägenheter". Arbetet med förstudien pågick fram till och med våren 1980. I korthet redovisas här nedan förstudiens innehåll. I övrigt hänvisas till ovanstående BFR-rapport.

Arbetet med förstudien gick till på sådant sätt att stadsarkitektkontoret utarbetade planskisser utifrån ett systemförslag. För dessa planskisser gjordes kostnadsberäkningar på solvärmesystemet. Ett konventionellt 2-våningshus med 10 meters husdjup och sadeltak med 45 % taklutning antogs gälla för hela området, dvs 500 lägenheter. Lägenheterna antogs ha en yta på 115 m<sup>2</sup>. Kostnadsberäkningar gjordes även på kommunens exploateringskostnader och följdinvesteringar. Ett antal skisser och kostnadsberäkningar togs fram för att successivt förbättra resultatet. Den första skissen innehöll en strikt gruppering av husen i parallella rader med rakt sydlig orientering med ett minsta avstånd av 20 meter mellan husen. Jämförande kostnadskalkyler gjordes, dels på ett solvärmebaserat alternativ och dels på ett oljebaserat alternativ. Beräkningarna visade att 80-85 % av de sydvända taken behövde utnyttjas för solfångare och att en friare orientering av huskropparna mot sydväst och sydost inte nämnvärt skulle påverka solfångarnas verkningsgrad.

Den andra skissen hade en friare husgruppering och större hänsyn togs till topografin. Denna skiss utvecklades till en tredje där vissa hus gruppvis förseddes med solfångare och vissa befriades från solfångare med en friare orientering som följd. På skiss 3 gjordes den jämförande ekonomiska kalkyl som redovisades i förstudien.

Det solvärmesystem som ingick i förstudien, ser i korthet ut enligt följande. Systemet är ett kombinationssystem där både solfångare, värmepump och värmelager utnyttjas. Solfångarna ska svara för 80 % av den tillförda energin och värmepumpen för 20 % som drivelektricitet. Solfångarna angavs till 20 000 m<sup>2</sup> placerade på i stort sett varje sydvänt tak. Som ackumulator angavs primärt en ståltank på 65 000 m<sup>3</sup> med värmepump. Distributionsnätet bestod av ett 6-rörssystem, med 2 rör vardera för solfångarkretsen, värmesystemet och tappvarmvatten. På grund av höga kostnader för 6-rörssystemet studerades möjligheten att utföra primärkulverten med 3-rör.



I den slutliga skissen i förstudien (skiss 3) hade 15-20 % av husen frigjorts från solfångare, vilket medfört en friare orientering av dessa hus. Dessutom medges en avvikelse med 45° från ett rakt söderläge. Dessa eftergifter i solvärmesystemet till förmån för stadsplane-krav medförde endast små negativa konsekvenser.

I de ekonomiska kalkylerna jämfördes soluppvärmning med oljeuppvärmning (konventionell fjärrvärme). I de båda alternativen beräknades anläggningskostnaden till 34 mkr för solvärme och 8 mkr för olja. Som jämförelsekostnad angavs 32,6 öre/kWh respektive 19,8 öre/kWh. (Kostnadsläge maj 1980).

Som underlag för förstudien genomfördes några utredningar. Under april 1979 gjordes en översiktlig fotogeologisk tolkning av området. Med denna som underlag gjordes under vintern/våren 1980 en översiktlig geoteknisk utredning där även rekommendationer gavs om grundläggningssätt. En utredning gjordes om den passiva solvärmeteknikens möjligheter och dess applicering på Södertuna. Som underlag för beräkningar av erhållen solvärme från solfångarna gjordes en rad skuggstudier.

Den ackumulatortyp som kostnadsberäknades i förstudien var en ståltank på 65 000 m<sup>3</sup>. Skälen till att ett bergrum tidigare inte på allvar diskuterats var dels att sådana försök pågick på andra håll, dels att vissa tekniska frågor inte var lösta. En ståltank bedömdes därför som mera realistiskt. Underhandsdiskussioner med BFR i januari 1980 gav vid handen att ett bergrumsalternativ borde vara med i det fortsatta arbetet. Skälen var dels att Södertuna mer är tänkt som en forskningsanläggning än som en drifanläggning, dels att bergrummet otvivelaktigt har fördelar ur landskapsbildssynpunkt då lagret göms under markytan. Bergrumsalternativet betraktades därefter utredningsmässigt som ett alternativ till ståltanken. Som en bilaga till förstudien redovisades därför en översiktlig bedömning av förutsättningarna för värmelager i bergrum i Södertuna. Som underlag användes den tidigare nämnda fotogeologiska tolkningen och en kompletterande ytgeologisk karta över området.

Denna översiktliga bedömning gav vid handen att de geologiska förutsättningarna för bergrumsbyggande och värmelagring i bergrum bedömdes som preliminärt gynnsamma. Ytterligare undersökningar och då i form av fältundersökningar skulle dock givetvis utföras för en säkrare bedömning.

Ungefär samtidigt, dvs mot slutet av 1979 och i början av 1980, upptogs ytterligare två frågor till diskussion. Det var lämpliga byggherrar och behovet av tekniskt kunnig plan- och husarkitekt.

#### Byggherrar och arkitekt

Beträffande byggherrefrågan bedömdes det lämpligt att flera olika dispositionsformer representerades i området. Då solfångarna i detta skede planerades på nästan varje hustak befanns äganderätten vara en dispositionsform förknippad med svårigheter av juridisk art, då husen ägs av de boende medan solfångarna på taken förutsattes ägas av energiverken. Av detta skäl kom äganderätten något på undantag som dispositionsform. De båda återstående - hyresrätt och bostadsrätt - bedömdes ha goda möjligheter att förverkligas i området. Kommunstyrelsen beslutade i februari 1980 att det kommunala bostadsföretaget Stiftelsen Telgebostäder skall svara för hyresrätten och att Riksbyggen skall svara för bostadsrätten. Samtidigt lämnades dock en dörr öppen även för äganderätten, att den om möjligt bör förverkligas utan att det ovan beskrivna problemet uppstår. Kommunen genom dess planeringskontor står som byggherre för äganderätten.

Kommunstyrelsen beslutade i maj 1980 att i samråd med byggherrarna engagera Bengt Hidemark vid Bengt Hidemark Gösta Danielsson arkitekter SAR.

#### Lagring av varmvatten

Beträffande lagring av varmvatten var huvudprincipen i inledningskedet en ståltank. Som tidigare nämnts ansåg BFR det önskvärt att även ta med bergrummet som ett alternativ. Även ett alternativ med blockfyllt bergrum eller blockfyllt grop har prövats översiktligt. En utvärdering av detta gjordes och en jämförelse med ett öppet bergrum utfördes under senhösten 1980. Denna jämförelse utföll till det öppna bergrummets fördel i första hand orsakat av Södertunalagrets relativt begränsade volym.

Först vid mycket stora volymer blir blockfyllda bergrum konkurrenskraftiga medan blockfyllda gropar kan bli det vid något måttligare volymer. Detta har dock medfört att de blockfyllda varianterna inte vidare behandlats i Södertunaprojektet.

Under vintern/våren 1981 kom ytterligare en lagertyp upp till diskussion, nämligen ett så kallat borrhålslager i berg. Idén bygger på lagring i homogent berg med värmeväxling i borrhål borrade regelbundet inom lagervolymer. Även denna lagringsmetod är främst tänkt för mer storskaliga system, men en översiktlig jämförelse med ståltank respektive öppet bergrum visade att borrhålslagret föreföll konkurrenskraftigt. En rad frågor beträffande detta lagers möjlighet att fungera i ett system som Södertunas restes dock. Det beslöts därför att studera de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för applicering av borrhålslageridén på Södertunaprojektet inom ramen för ett separat BFR-projekt som redovisas i en egen rapport. Denna studie har dock genomförts i nära samarbete med huvudprojektet så att erfarenheter kunnat arbetas in i Södertunasystemet.

Under hösten 1981 genomfördes en första utvärdering mellan de tre aktuella lagertyperna ståltank, bergrum och borrhålslager. Denna utvärdering hade föregåtts av preliminära systemoptimeringar med resultat att den optimala lagervolymer nu bedömdes mindre än tidigare. De volymer som då var aktuella var en ståltank på ca 50 000 m<sup>3</sup> vatten, ett bergrum på ca 65 000 m<sup>3</sup> vatten och ett borrhålslager på ca 130 000 m<sup>3</sup> berg. De angivna volymerna är approximativt likvärdiga med hänsyn till uttagbar energi ur lagret, dvs specifika värmeförluster för lagringsmediet och energiverkningsgraden (värmeförlusterna) för lagret i sin helhet är beaktade.

Jämförelsen mellan de tre lagertyperna visade relativt entydigt att borrhålslagret var fördelaktigast från ren kostnadssynpunkt, anläggningkostnader och driftskostnader. Osäkerheten beträffande denna lagertyps förutsättningar att fungera i Södertunasystemet var dock fortfarande så stora att de andra lageralternativen skulle ligga kvar möjliga att återgå till om borrhålslageridén inte skulle bära.

Vissa lagertyper har inte medtagits i utredningen. Detta gäller akvifärer, gropmagasin och lerlager. De geologiska och geotekniska förutsättningarna i Södertuna innebär att dessa alternativ inte kan bli aktuella här.

### Klimat

I maj 1980 påbörjades en diskussion om behovet av klimatmätningar. Planläget var då sådant att vi hade arbetat fram den ovan beskrivna skiss 3, dvs 80 % av husens sydvända tak var klädda med solfångare och samtliga 500 lägenheter var i småhus. (Se vidare i BFR-rapporten R 28:1981), Under hösten 1980 fortsatte diskussionen och därför togs kontakt med Statens meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) i Norrköping och Statens institut för byggnadsforskning (SIB) i Gävle. Kommunen och byggherrarna var intresserade av det allmänna lokal-klimatet i Järna och klimatvariationerna inom Södertuna. Andra intressanta frågor var vilka problem som kunde identifieras, ex kall-luftsbildningar, skuggeffekter, öppna fält, inversionsområden, fuktiga områden mm, samt vilka energivinster och boendemiljövinster som kan göras genom att tidigt vid området planering och projektering ta hänsyn till klimatfaktorerna. Skälet till att både SMHI och SIB kontakades var att de båda parterna hade olika angreppssätt på samma problem och att detta skulle medföra en mer fullständig belysning av problemen och möjliga lösningar.

Diskussionerna resulterade i ett gemensamt utvecklingsarbete mellan SIB/SMHI. Resultatet av detta arbete redovisas i sammanfattning i kapitel 5 "Klimat". Hela SIB/SMHI:s arbete redovisas som en egen BFR-rapport under rubriken "Klimatundersökningar för bostadsområden i områdesplaneskedet". Mättningsarbetet pågick under april-maj 1981. SIB mätte vind och temperatur på 2 meters höjd i ca 50 mätpunkter i ett antal karakteristiska terrängavsnitt. SMHI mätte samma data på 18 meters höjd i 3 punkter. Dessutom mättes solinstrålningen. Med dessa data som underlag gjordes beräkningar över vilka variationer av klimatförhållandena som råder i Södertuna, vilka möjligheter till energibesparing som föreligger genom att anpassa bostadsbebyggelsen efter dessa klimatdata och vilka förändringar som kan uppstå inom området efter det att bebyggelsen färdigställts.

Underhand som planarbetet har fortsatt har resultatet av dessa klimatmätningar styrkt utformningen av huvudförslaget. I den fortsatta planeringen och projekteringen kan planen och husen ytterligare justeras på några punkter. Då plan- och husalternativet under arbetets gång ändrats, från solfångare på 80 % av småhusen till alla solfångare samlade på terrasshusen, har även detta påverkat SIB/SMHI:s klimatstudie. I första hand gäller det det faktum att solfångare på terrasshusen blir mer exponerade för vindar än solfångare på småhusen. Därför infördes frågan om avskärmning och läeffekt för solfångaren på terrasshusen.

#### Bostadsområdet Södertuna

Södertuna solvärmeområde är tänkt att bebos av som mest 1700 - 1800 personer. För detta bostadsområde i tätorten Järna behövs en rad kommunala investeringar i Södertuna och i Järna. Detta har beskrivits i handlingen "Program för områdesplan Södertuna" från februari 1981. Programmet har remitterats till alla berörda, dvs kommunens facknämnder, länsstyrelse, landsting, statliga verk, föreningar och organisationer. Remisstid var våren 1981. Programmets innehåll framgår av kapitel 4 och 6, dvs "Beskrivning av området" och "Beskrivning av av bostadsområdet".

#### 3.6 Det kommunala beslutsläget

Kommunstyrelsen behandlade Södertuna för första gången i mars 1979. Som tidigare påpekats beslutades då att möjligheterna att införa ett solvärmesystem i Södertuna skulle undersökas. Ursprungligen sattes planerad byggstart till 1983. Bl a för att planeringen av Södertuna skulle kunna samordnas med IEA-arbetet senare lades byggstarten från 1983 till 1984.

Under 1981 och 1982 har Södertunas byggstart diskuterats i samband med det kommunala bostadsförsörjningsprogrammet. Svårigheterna med bostadsområdet Södertuna är av två slag, dels relativt höga kommunala investeringar för skola, vattenförsörjning och gator, dels den allmänna pessimismen och nedgången som spridits över landet de senare åren beträffande bostadsbyggandets omfattning.



Kommunen som helhet har ett beräknat behov av ca 350 nya lägenheter per år under 80-talet. För att öka flexibiliteten i planeringen inriktas bostadsbyggandet på mindre objekt som kan föskjutas över åren. Förtätningsområden prioriteras före större exploateringsområden. Större områden måste kunna byggas ut etappvis under ett antal år. För Södertunas del innebär detta att en successiv utbyggnad är angelägen.

### 3.7 Medverkande i planeringen

Huvudman för planeringen av Södertuna är Södertälje kommun genom kommunstyrelsen. Huvudman, ägare till och förvaltare av solvärmesystemet (solfångare, lager, distributionsnät mm) är kommunen genom energiverksstyrelsen.

Som byggherrar har, som tidigare nämnts, utsetts Riksbyggen och det kommunala bostadsföretaget Stiftelsen Telgebostäder. Riksbyggen kommer att utföra stora delar av projekteringen av Södertuna.

Kommunen och byggherrarna har gemensamt engagerat Bengt Hidemark vid Hidemark Danielssonarkitekter SAR som arkitektkonsult. Detta konsultarbete omfattar både utformningen av stadsplanen och utformningen av husen med hänsyn till såväl det aktiva som passiva utnyttjandet av solvärme.

Vattenfall fungerar som teknisk konsult åt kommunen och byggherrarna i första hand med avseende på det aktiva solvärmesystemet och då främst för solfångaren och lagret.

SMHI och SIB genomför klimatmätningar för Södertuna. Deras arbete redovisas som ett särskilt BFR-projekt.

Allmänna Ingenjörbyrå (AIB) har gjort en studie över borrhålslager och dess möjlighet i Södertuna. Detta arbete redovisas som ett särskilt BFR-projekt.

Geotekniska och geohydrologiska undersökningar samt landskapsanalys har genomförts av AB Jacobson & Widmark.

BFR finansierar detta projekt genom projektanslag.



Södertuna är Sveriges bidrag i det internationella samarbetet rörande solvärmecentraler inom IEA (International Energy Agency). Varje medverkande land inom IEA (10 länder totalt) skall redovisa ett konkret projekt. Södertuna är således ett område till vilket de övriga 9 ländernas parallella studier skall läggas för att öka kunskaperna om solvärme och dess tillämpning i praktiken.

Arbetet med Södertuna har organiserats i en projektorganisation vilken framgår av bilaga 1. För att leda arbetet under kommunstyrelsen har tillsatts en styrgrupp under stadsdirektören. I styrgruppen sitter representanter från kommunen, byggherrarna och Vattenfall. Under styrgruppen har tillsatts två delstyrgrupper med olika ansvarsområden, dels plan och hus, dels solvärmesystemet. Dessa båda grupper leds av planeringschefen respektive energiverkschefen. Under dessa båda delstyrgrupper har ansvarsområdena indelats i olika arbetsgrupper. Projektorganisationen klarlägger ansvarsgränserna. I praktiken fungerar samarbetet smidigt och utan de formella gränser som kan framgå av projektorganisationen.

För att lokalt följa och förankra planeringen av Södertuna har tillsatts en referensgrupp under ledning av kommunstyrelsens ordförande. I referensgruppen ingår lokala representanter från Järna. Representerade är de fem politiska partierna från kommunfullmäktige, hembygdsföreningen, hyresgästföreningen, villaägareföreningen, folk-kampanjen mot kärnkraft och en berörd markarrendator. Referensgruppens uppgift är att följa planeringen och ge synpunkter på dess utveckling.

### 3.8 Publicerade rapporter

Följande rapporter har tidigare publicerats rörande Södertuna.

- Solvärmecentral Södertuna för ca 500 lägenheter, förstudie BFR-rapport R 28:1981.
- Program för områdesplan Södertuna, remisshandling, Södertälje kommun, februari 1981.
- Södertuna - solvärt bostadsområde med 500 lägenheter, IEA-rapport, september 1981 (finns även på engelska).
- Södertuna - the solar heated community 500 flats, IEA-rapport, april 1982 (finns endast på engelska).

Södertuna har även redovisats i olika rapporter och tidskrifter.  
Följande bör nämnas.

- Solvärmeforskning, en utvärdering av statens insatser, DFE-rapport nr 44, Delegationen för energiforskning, oktober 1981.
- Tidskriften Plan, nr 1-2 1982, specialnummer om energi och markanvändning.
- Arkitekttidningen, nr 12 1981, temanummer om energianvändning i bebyggelse.
- VVS-tidningen, nr 3 1981.
- Energi och arkitektur, BFR-rapport T 23:1982, redovisning av föredrag från arkitektdagen 1981.

Följande BFR-rapporter kommer att färdigställas under hösten 1982.

- Södertuna - soluppvärmt bostadsområde med 525 lägenheter (dvs denna rapport).
- Klimatundersökningar för bostadsområden i områdesplaneskedet (SIB/SMHI:s rapport).
- Borrhålslager och dess tillämpning i Södertuna (AIB:s rapport).

### 3.9 Huvudprinciper för planeringen

I samband med att arbetet med förstudien för Södertuna startades, dvs. hösten 1979, fastlades några huvudprinciper för området. Dessa huvudprinciper ligger fortfarande fast och formuleras i allt väsentligt på samma sätt.

- Området skall innehålla ett tekniskt-ekonomiskt optimerat system för tillvaratagande av solenergi för minst 80 % av behovet av tillförd energi för uppvärmning och varmvatten.
- Området och husen skall planeras för ett utnyttjande av den passiva solvärmetekniken.
- En ekonomisk riktig avvägning skall göras mellan ett aktivt tillvaratagande av solvärme och ett utnyttjande av passiva komponenter.
- Känd teknik skall utnyttjas så långt som möjligt.
- Bostadsområdet skall innehålla alla de kvaliteter som man kan fordra av ett modernt område (kombinera boende och solvärme på ett bra sätt).

#### 4. BESKRIVNING AV OMRÅDET

##### 4.1 Områdets läge

Södertuna ligger inom Södertälje kommun ca 15 km söder om Södertälje stad och ca 50 km söder om Stockholm. (Se fig. 4.1).

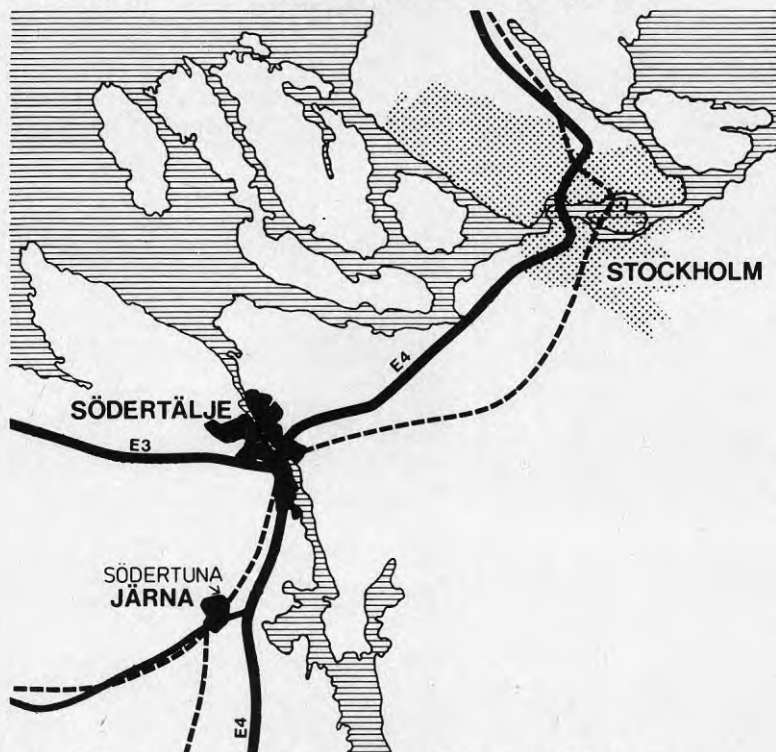


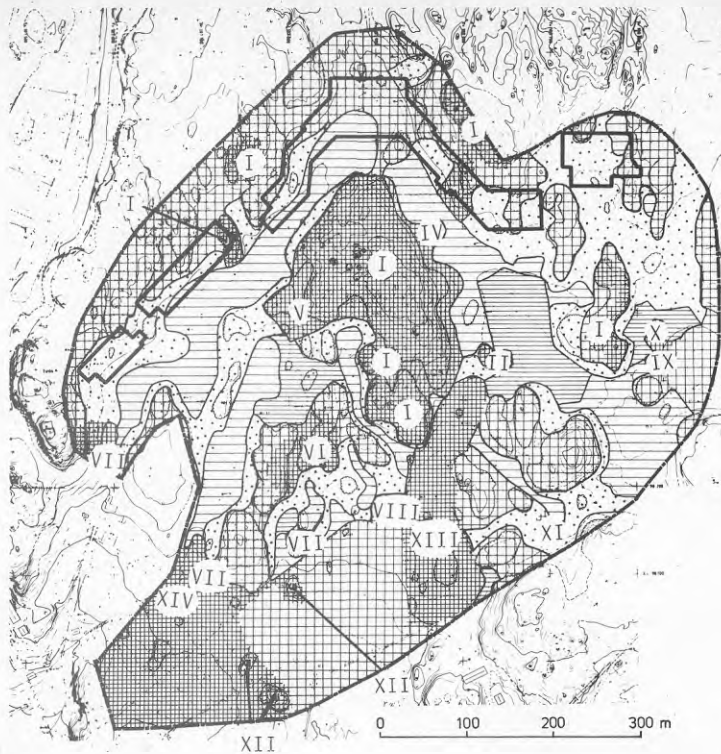
Fig. 4.1 Stockholm, Södertälje, Järna och Södertuna.

Södertuna ligger inom Järna tätort ca 2 km från Järna Centrum. Området ligger på latitud  $59^{\circ}$  nordlig  $5'$  och på longitud  $17^{\circ}$  ostlig  $36'$ . Höjden över havet är 35-40 meter. Avståndet till Östersjön är ca 2 km.

##### 4.2 Naturtyper

Södertuna ingår i det sönderspruckna Mäljarlandskapet med böljande odlingslandskap och bergiga, delvis försumpade, skogsmarker. Ingen enhetlighet finns således inom området utan flera olika landskapstyper finns representerade.

De karakteristiska landskapstyperna skall kort beskrivas i text och bild. Se fig. 4.2 där de olika landskapstyperna ritats in på områdeskartan.



## FÖRKLARINGAR

GRÄNS FÖR UNDERSÖKNINGSOMRADE



BERG I DAGEN

Överfört från JÄN's Geotekniska handlingar, Förhandskopior 81-09-29, arb.nr 1 082 085.

## OMRÅDESKLASSIFICERING

### A OMRÅDEN SOM ÄR SÄRSKILT VÄRDEFULLA ATT SPARA

- I Fina hållmarksområden. Spännande lekplatser med stora stenblock och klyftor. Markvegetationen är känslig för intensivt slitage. Bör utnyttjas som extensiv parkmark.
- II Grupp med tall och björk invid stenhäll. Har förutsättningar att klara omställningarna i nära anslutning till bebyggelse.
- III Glest tallbestånd som kan sparas i bebyggelsen. Område lämpligt som passage upp till berget.
- IV Attraktiv gallrad granskog i slutning mot centrala hållmarken. Bör avskattas som parkstråk, för strövande.
- V Gallrad granskog som har stark värde sparad i ett sammanhang.
- VI Spännande stråk genom hållmarken. Landskapets riktning bör uppmärksammas. Vackra hållar och block med en del gran i kanten. Värdefull lekmiljö och viktiga rumsavgränsning.
- VII Övergångszon mellan bebyggelse och den öppna jordbruksmarken. Anpass. lövduner och slånbrun. Även en hel del gamla gran. Attraktiv för strövande och värdefull ur landskapsynpunkt.
- VIII Vacker plan håll med lavar och mindre stenblock. Ett gäst genomskiktigt tallbrun avgränsar mot jordbruksmarken. Asp-sly i norra delen. Mycket attraktivt område men känsligt för slitage. Skall karaktären bibehållas förutsättes mer extensiv utnyttjande.
- IX Dunge med stora aspar. Värdefulla att spara under bebyggelsens första skede men kommer på sikt att behöva förnyngas.
- X Något kuperad äng med stenröse, stora hagmarksgranar och diverse överåriga buskar. Attraktiv gårdsallé. Några granar samt en vacker hagmarksbjörk utgör värdefulla solitärer.
- XI Frisk ängsmark. En resurs att ta till vara för att minska anläggningskostnaderna. Hela fuktströket mot sydväst skulle efter dränering kunna bli ett attraktivt parkstråk.
- XII Bergnhällar spridda i åkerlandskapet. Mycket värdefulla att spara. Den huvudsakliga trädvegetationen återfinns i åkerkanten. Ex. på arter: en, oxel, björk, sälg.
- XIII Smal tunga med betesmark oansen av tät skosbryn. Mycket värdefull att behålla. Tilligt mot slitage och med attraktiv landskapsbild. Om karaktären skall bestå är det viktigt att skosbrynen sparas eller ersätts med nya. Trädvegetationen på bergnhällarna är närt betad och ser rätt risig ut.
- XIV Odlingenslandskap med mycket värdefull landskapsbild.

### B OMRÅDEN SOM ÄR RELATIVT TÄLIGA VID ÄNDRADE FÖRHÅLLANDEN

- Värdefulla och attraktiva att spara både i närmiljön och som parkmark. Krävs måttliga åtgärder för att få en hållbar naturmark. Ex. viss röjning, viss markförstärkning, sopning av lavar närmast bebyggelsen.
- Hållmarken inom område B utgör s k RISKOMRÅDEN där mycket av naturmarken går att spara men där det krävs stor varsamhet och noggrannhet vid projektering och byggande. Val av hustyp, grundläggning, terrännumpassning i höjd och plan m m är avgörande för hur mycket som blir kvar.
- Imätning av träd i anslutning till huskropparna bör utföras.

### C OMRÅDEN DÄR TRÄDVEGETATIONEN ÄR KÄNSLIG FÖR ÄNDRADE FÖRHÅLLANDEN MEN HÄRKEN ÄR TÄLIG

- Större sammanhängande partier kan sparas som parkmark. Gränsen har svårt klara omställningen inom bebyggelseområden. Vissa gallringar bör sättas in i området, så att ny utvecklingsbar slyvegetation hinner komma upp före byggstart.

### D OMRÅDEN SOM ÄR MYCKET KÄNSLIGA FÖR ÄNDRADE FÖRHÅLLANDEN

- Omfattar i huvudsak våtmarksområdena. Dessa delar är mycket svåra spara intakta inom bostadsområdet. Vissa områden kommer desutom att dikas. Skall våtmarkspartier bevaras, vilket är möjligt i yttreområden, måste vattentillgången säkras och trädvegetationen förnyngas. I anslutning till bebyggelse där markslitage blir stort bör nya tätigare vegetationstyper byggas upp.

### E OMRÅDEN SOM INTE ÄR ATTRAKTIVA ATT SPARA

- Lämpliga utnyttja för bebyggelse, p-platser m m.

Fig. 4.2. Naturtyper (terrasshusens konturer är markerade).

Bergsryggar som är ganska markanta finns på ett flertal ställen. Ryggarnas orientering är nord-sydlig och de är i huvudsak bevuxna med lavtallskog. Dessa områden skall i allt väsentligt sparas och på vissa ställen bör även vegetationen förstärkas som vindskydd.



Genom området sträcker sig en i stort sett sammanhållen sluttning med lutning 1:2 till 1:8. Den vanligaste lutningen är 1:3 till 1:4. Vissa brott i sluttningen finns, såsom mera markanta bergsryggar och flackmark. Sluttningen är orienterad i riktning sydost, syd och sydväst. Denna sluttning är tänkt att tas i anspråk för 4 terrasshus som slingrar sig längs sluttningen.

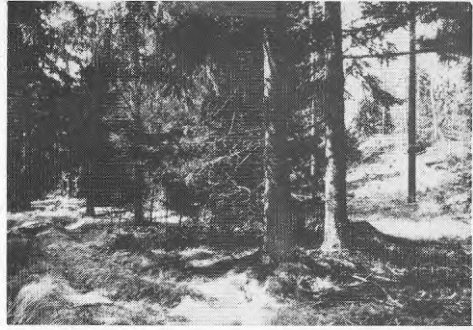


Centralt inom Södertuna finns ett kraftigt markerat höjdparti med gles tallskog som avses bevaras.





Mellan bergryggarna och de fuktiga markerna är granen vanlig. Inslag av tall och lövträd finns också. Vissa delar av dessa områden har goda förutsättningar att utnyttjas som närmiljö i bostadsområdet. Gallringar och kompletteringar utförs.



Söder om området finns jordbruksmark, antingen som åker för stråsäd eller som betesmark. Dessa öppna ytor bör så långt som möjligt bevaras.



Den planerade uppfarten till Södertuna från Verkstadsvägen utgörs idag av åkermark.



Särskilt attraktiv är den del av betesmarken som avses bevaras som öppen yta för de boende och för låg- och mellanstadieskolan.





För Södertuna har en landskapsanalys gjorts under hösten 1981 av AB Jacobson & Widmark. Materialet har en noggrannhet motsvarande underlag för stadsplan och redovisas i skala 1:1000. Denna redovisning har sammanfattats i fig. 4.2. Förutom en beskrivning och utvärderingen har området klassificerats med avseende på känslighet och användbarhet. Områden som är särskilt värdefulla att spara respektive oattraktiva avsnitt utpekas. Känsliga och tåliga områden anges med avseende på ändrade förhållanden (högre slitage). Rekommendationer ges för vissa områdens användning, exempelvis parkeringsplatser eller värdefull lekmiljö.

Ett åtgärdsförslag för att öka naturmarkens tålighet och förmåga att anpassa sig till de förändringar som uppstår i samband med bebyggelsen finns färdigt. Vissa åtgärder, i huvudsak förberedande gallringar och vegetationsförstärkningar för vindskydd, bör genomföras innan byggstart.

Samtliga träd som bedöms värdefulla och ha en rimlig chans att finnas kvar efter bebyggelsen (ca 230 st) har mätts in och redovisas separat i skala 1:400. Denna inmätning har utförts av kommunens stadsingenjörskontor under hösten 1981.

I Jacobsson & Widmark:s landskapsanalys finns även en översiktlig konsekvensbedömning till vårt huvudförslag, dvs där solfångarna samlas på 4 st terrasshus och bebyggelsen i övrigt består av låghus.

#### 4.3 Geoteknik och geohydrologi

I korthet kan de geotekniska och geohydrologiska förutsättningarna i Södertuna beskrivas enligt följande. (Se även figurerna 4.3 och 4.4). De tidigare omtalade bergryggarna är vanliga, då i form av både berg i dagen och i form av berg med tunnt jordtäckte. I sluttningarna till bergryggarna ligger friktionsjord (morän och/eller svallsediment) direkt på berget. Leran når oftast måttliga djup på 5-7,5 meter men lerdjup på över 10 meter finns på några ställen. I de tidigare omtalade kärren överlagras leran av ett ca 1 meter djupt lager av lös organisk jord, dytorv och gyttja. Grundvattnet ligger i lerområdena högt. På vårarna ligger ofta vattnet ovan markytan. Artesiskt grundvatten finns också inom området.

Samtliga geotekniska och geohydrologiska undersökningar för Södertuna har utförts av AB Jacobson & Widmark. En översiktlig utredning gjordes på våren 1980. Under hösten 1981 har hela området undersökts med en noggrannhet för stadsplan och redovisats i skala 1:1000. Denna har sammanfattats i fig. 4.3 och 4.4. Samtidigt har noggranna markundersökningar gjorts av den sluttning där terrasshusen är tänkta att placeras liksom även för uppfarten från Verkstadsvägen och bussgatan från viadukten under E 4.

Den geotekniska undersökningen för hela stadsplaneområdet (se fig. 4.3) pekar på följande förhållanden. Lerdjupen är relativt små så att några betydande sättningsproblem skall inte behöva uppstå. De organiska jordarna är i och för sig ytmässigt omfattande, men djupen överstiger inte 1 meter varför sättningarna i dessa jordar blir måttliga och utbildas ganska snabbt (inom några månader). Det höga grundvattnet kan leda till problem vid schaktning. Genom dränering av dessa områden i ett tidigt skede kan dessa problem minskas. Rekommendationer beträffande grundläggning ges för olika byggnader med olika tyngd. Lätta byggnader (1-2 våningar) kan som regel grundläggas direkt i mark vid berg i dagen eller om jorden består av friktionsjord. Om lerdjupen understiger 7,5 meter kan lätta byggnader eventuellt grundläggas med platta på lera och golv på mark. Vid större lerdjup än 7,5 meter blir grundläggningen stödpålar och fribärande golv. För tunga byggnader (4 våningar och uppåt) får man räkna med pålning och fribärande golv för alla lerdjup (eventuellt kan plintar i vissa fall tänkas) medan de kan grundläggas direkt i mark vid berg i dagen eller friktionsjord som under liggande jordlager. För ledningar i mark kan förstärkningsåtgärder vara erforderliga vid lerdjup över 2,5 meter och där grundvattnet är högt.



## Förklaringar

----- Områdesgräns

----- Troligt läge av större terrängindikerad sprickzon. Erhållen från Vattenfalls ritn nr I-799598 daterad 1960-03-21.

24.9  
M4400-400  
81-09-8202  
Ny 4400

### MÄRKTYP



Berg i dagen eller berg med ett tunt jordlocke. Delvis mycket osäkra gränser.



Friktionsjord (morän och/eller svallsediment) direkt på berg. Delvis mycket osäkra gränser.



0-2,5 m mäktigt halvfast - fast lera vilande på friktionsjord eller berg. I kanten mot höjdparterna är leran ofta överlagrad av svallsediment.

### PRINCIPGRUNDLAGGNING M M

**GRUNDLAGGNING:** Lätta-tunga byggnader grundläggs direkt i mark. Golv på mark

**LEDNINGAR:** Förläggs direkt i mark

**MÄRSÄTTNINGAR:** Försumbara

**GRUNDLAGGNING:** Lätta-medeltunga (1-3 vån) byggnader kan grundläggas med plattor på lera om förhållandena är jämna under byggnaden. I övrigt grundläggning med plintar eller korta stödpålar alt. på packad fyllning efter urgrävning av lera. Golv på mark

**LEDNINGAR:** Förläggs direkt i mark

**STABILITET:** Inga problem

**SCHAKTER:** Kan försvåras av stora ytvattentillflöden och höga grundvattentryck. I övrigt inga problem.

**MÄRSÄTTNINGAR:** Små sättningar (max ca 0,05 m) vid belastningsökningar  $\leq 40$  kN/m<sup>2</sup>

2,5-5,0 m mäktigt lös-halvfast lera vilande på friktionsjord eller berg.

5,0-7,5 m mäktigt lös-halvfast lera vilande på friktionsjord.

7,5-10,0 m mäktigt lös-halvfast lera vilande på friktionsjord

10,0-12,5 m mäktigt lös-halvfast lera vilande på friktionsjord

>12,5 m

0 - max ca 1 m lös organisk jord, dyttor och ytjilla

**GRUNDLAGGNING:** Lätta (1-2 vån) byggnader kan ev. grundläggas med plattor på lera om förhållandena är jämna under byggnaden. Golv på mark med stödpålar. Fribrärande golv

**LEDNINGAR:** Tyngre byggnader grundläggs med stödpålar. Fribrärande golv. Förläggs direkt i mark. Flexibla anslutningar till pålade konstruktioner

**STABILITET:** Uppfyllning max 3-3,5 m. Vid högre fyllnadshöjder kan markförstärkning erfordras.

**SCHAKTER:** Maximalt schaktdjup ca 3 m utan spont. Kan försvåras av stora ytvattentillflöden. Risk för hydraulisk bottenuppträckning.

**MÄRSÄTTNINGAR:** Små sättningar (max 0,1 m) vid belastningsökningar  $\leq 40$  kN/m<sup>2</sup>

**GRUNDLAGGNING:** Byggnader grundläggs med stödpålar. Fribrärande golv

**LEDNINGAR:** Förläggs direkt i mark. Flexibla anslutningar till pålade konstruktioner. Vid uppfyllnader större än ~1 m eller grundvattensänknningar större än ~2 m kan någon form av förstärkningsåtgärder krävas.

**STABILITET:** Uppfyllning max ~3 m. Vid högre fyllnadshöjder erfordras markförstärkning.

**SCHAKTER:** Maximalt schaktdjup ca 3 m utan spont. Schaktning kan försvåras av stora ytvattentillflöden. Risk för hydraulisk bottenuppträckning vid djupa schakter.

**MÄRSÄTTNINGAR:** Måttliga sättningar (max 0,2 m) vid belastningar  $\leq 40$  kN/m<sup>2</sup>

**GRUNDLAGGNING:** Organisk jord bortschaktas, grundläggning sker sedan på berg, friktionsjord eller lera enligt ovanstående principer. Vid grundläggning där golven görs fribrärande kan organisk jord kvarlämnas under huset.

**LEDNINGAR:** Se ovanstående principer. Risk för stora vattenproblem i samband med schaktning.

**STABILITET, SCHAKTER:** Risk för markbrott i organiska jordens om den lämnas kvar vid schaktningar. I övrigt se ovanstående principer.

**MÄRSÄTTNINGAR:** Besvärande sättningar (0,3-0,5m) i den organiska jorden om större mäktigheter (~1m) utsatts för belastningsökningar. I övrigt se ovanstående principer.

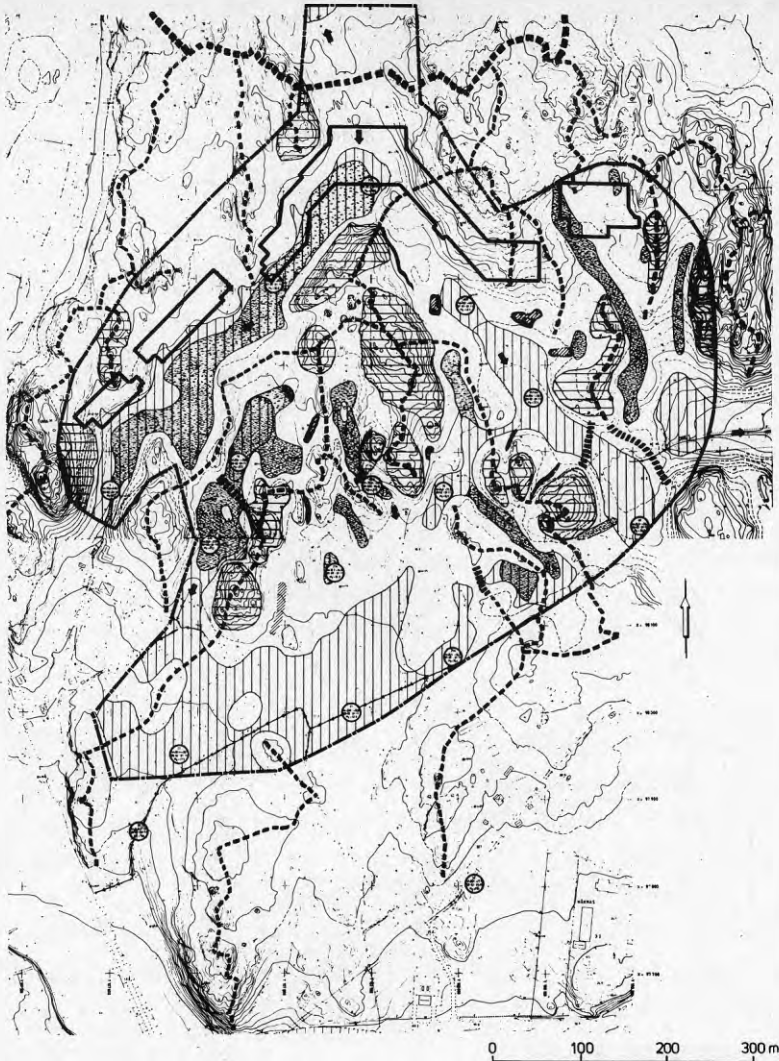
Fig. 4.3. Geoteknik (terrasshusens konturer är markerade).

Den geohydrologiska undersökningen för hela stadsplaneområdet innehåller bl a följande (se fig. 4.4). Området har översiktligt klassificerats med avseende på olika delområdets betydelse för grundvattenbalansen, områden med risk för dräneringsproblem och markens möjlighet att utnyttja lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD).








Allmänt sett bör Södertuna planeras så att en vattenbalans anpassad till områdets framtida utnyttjande kan erhållas.

Detta innebär kort att där det idag finns allför hög markfuktighet (högt) grundvatten eller riktigt med ytvatten), bör dräneringsåtgärder sättas in och där vi vill bevara vattnet får man tänka sig att återföra regnvatten till marken. De kärrpartier som finns i Södertuna bör därför dräneras i den mån de avses bebyggas eller utnyttjas för gator eller ledningar. I och med dessa dräneringar kan man också anpassa vegetationen till de nya hydrologiska förhållanden.

Den organiska jorden kan eventuellt tas omhand inom Södertuna att nyttjas vid markplaneringen av området. En viktig faktor vid planeringen och byggandet är att inte i onödan skära av naturliga vägar för vattentransporter. Detta är en viktig fråga bl a vid utformningen av terrasshusen i den långa sluttningen.



### Förklaringar

-  Områdesgräns
-  Ungefärligt läge för huvudvattendelare
-  Bedömt ungefärligt läge för sammanfallande större yt- och grundvattendelare alt. grundvattentroskel
-  Bedömt ungefärligt läge för grundvattentroskel alt. grundvattendelare
-  Lägsta resp högsta grundvattennivå, avläst under angiven tidsperiod. Grundvattentrycket mätt i friktionsjorden under leran
-  Vattenavrinning i diken
-  Grundvattnets huvudströmningsriktning

### Områdesklassificering

-  Områden av betydelse för grundvattenbalansen
-  Områden av stor betydelse för grundvattenbalansen - infiltrationszon
-  Områden av liten betydelse för grundvattenbalansen - avrinningszon
-  Områden av ofast liten betydelse för grundvattenbalansen - översilningsmark, sankmark eller utströmningsområde. Draneringsfrågorna måste ägnas stor uppmärksamhet. Yt- och grundvattnen kan försvara schaktning
-  Markerat utströmningsområde för grundvatten. Draneringsfrågorna måste ägnas stor uppmärksamhet. Beträffande utströmningsområden se även tillhörande text.

### Anm.

Fältkartering utförd under augusti och september 1981

Fig. 4.4. Geohydrologi (terrasshusens konturer är markerade).



För terrasshusen har som tidigare nämnts gjorts undersökningar med större noggrannhet än för det övriga stadsplaneområdet. Skälen för detta är två, dels att terrasshus ofta visar upp en något besvärande kostnadsbild, dels att grundläggningen kan bli svår då terrasshusen är ganska långa och slutningen inte har en jämn lutning och då slutningen gränsar till ett ler- och kärrområde. (Terrasshusen har antagits ha ett stomsystem med förspända betongbalkar/-däck, upplagda på ett pelarsystem med pelaravstånd ca 12x24 meter. Detta gäller även grundläggningspunkterna. Se vidare om detta under avsnitt 6.5 "Hustyper"). Vi ville således "veta" ganska bra i detta tidiga skede att terrasshusen som hus och oavsett solfångaren går att bygga med en rimlig bostadskostnad som följd.

Den aktuella slutningen har undersökts med ett sektionsavsnitt av ca 20 meter. De 40 erhållna sektionerna redovisas separat i skala 1:100, på varje sektion anges högsta grundvattennivå. Rekommendationer om grundläggningen ges och observerade problem påpekas. I det successiva planarbetet har vi tagit hänsyn till dessa markundersökningar. Terrasshusen har skjutits upp något i slutningen för att undvika vissa besvärliga grundläggningspunkter (i lera direkt på brant sluttande berg) och släpp i terrasshusens utbredning i längd har lämnats för att undvika vissa svåra partier (markerade mindre bergryggar och stråk med kraftig ytvattenföring).

Längs slutningen har kommunens stadsingenjörskontor mätt in berg i dagen och J & W:s undersökningspunkter samt avvägt markytan.

Dessa detaljerade markundersökningar gör att vi tror oss ha en ganska god uppfattning om möjligheterna att bygga terrasshus i slutningen utan alltför många oväntade tekniska problem och med en rimlig boendekostnad som följd.

Som tidigare nämnts har J & W även utfört detaljerade markundersökningar för den planerade uppfarten från Verkstadsvägen och för den planerade bussgatan från viadukten under E 4. Skälet till detta var att den tidigare utförda översiktliga grundundersökningen indikerade relativt svåra problem för dessa gator och att vi således ville ringa in dessa problem för att se vad som var tekniskt - ekonomiskt rimligt.



## 5. KLIMAT

### 5.1 Inledning

Klimatet i ett bostadsområde har främst betydelse för utemiljön och byggnadernas energiförbrukning. Genom den fysiska planeringen kan man också i hög grad påverka mikroklimatet. För att kunna planera för ett gynnsamt klimat i Södertuna måste klimatförutsättningarna på platsen närmare studeras.

Som tidigare nämnts fick Statens institut för byggnadsforskning (SIB) i Gävle och SMHI i Norrköping i uppdrag att närmare studera klimatet i Södertuna för en energisnål soluppvärmd bostadsbebyggelse. SMHI:s arbete inriktades på att för området som helhet fastställa karakteristiska vind-, temperatur- och solstrålningsförhållanden. SIB inriktade sin del av arbetet på att detaljstudera småskaliga vind- och temperaturvariationer inom området. I uppdraget ingick också att formulera riktlinjer för områdesplaneringen med utgångspunkt från de uppmätta klimatförutsättningarna. SIB och SMHI redovisar sina resultat i en separat BFR-rapport. Här redovisas endast ett sammandrag.

Fältmätningarna inleddes i början av april år 1981 och pågick till mitten av maj 1981. Genom att kombinera SIB:s och SMHI:s mätresurser kunde stora delar av planområdet täckas, dock inte samtidigt. SIB förfogade över 24 st av vardera vind- och temperaturgivare, vilka monterades på ca 2 meters höjd på master. Totalt mättes klimatet i ca 50 punkter på 2 meters nivå. Mätningarna skedde succesivt i 4 olika mätuppställningar i olika terrängavsnitt. Vind- och temperaturgivare anslöts via kabel till en minidator i en specialinredd buss där alla data lagrades. (Se mätuppsättningarna i nedanstående fig 5.1). Mätdata relateras till motsvarande värden vid en central mätpunkt, en referenspunkt. SMHI placerade sina master i 3 punkter och dessa master stod i stort sett i samma läge under hela mätperioden. (Se dessa master i fig. 5.2). Dessa master var högre än SIB:s, vardera 15,6, 18 och 10 meter höga. Som högst nådde man 71 meter överhavet, vilket är 20-30 meter över områdets genomsnittliga marknivå. De utvalda mätpunkterna och de utvalda terrängavsnitten bör ge en god bild av hela områdets klimatsförutsättningar. Parallellt med att SIB/SMHI mätte i fält pågick ett planarbete. Detta planarbete gjorde att nya mätuppställningar blev intressanta att studera, vilket också gjordes. Därmed bör en ganska stor del av i området intressanta klimatsförutsättningar ha kunnat lokaliserats och mätts.

Södertunaområdet representerar en landskapstyp som är vanlig i de östra delarna av Mälardalsregionen. Det är lätt kuperat med omväxlande öppna fält, svackor med tät och hög skog samt kullar med låg och glesa tallar. Området ligger i övergångszonen mellan kust och inland och har ett relativt gynnsamt klimat. Vindhastigheterna är betydligt lägre än i kustzonen samtidigt som temperaturklimatet är något mildare än i inlandet på grund av närheten till havet. Solenergitillgången är också något större än i inlandet.

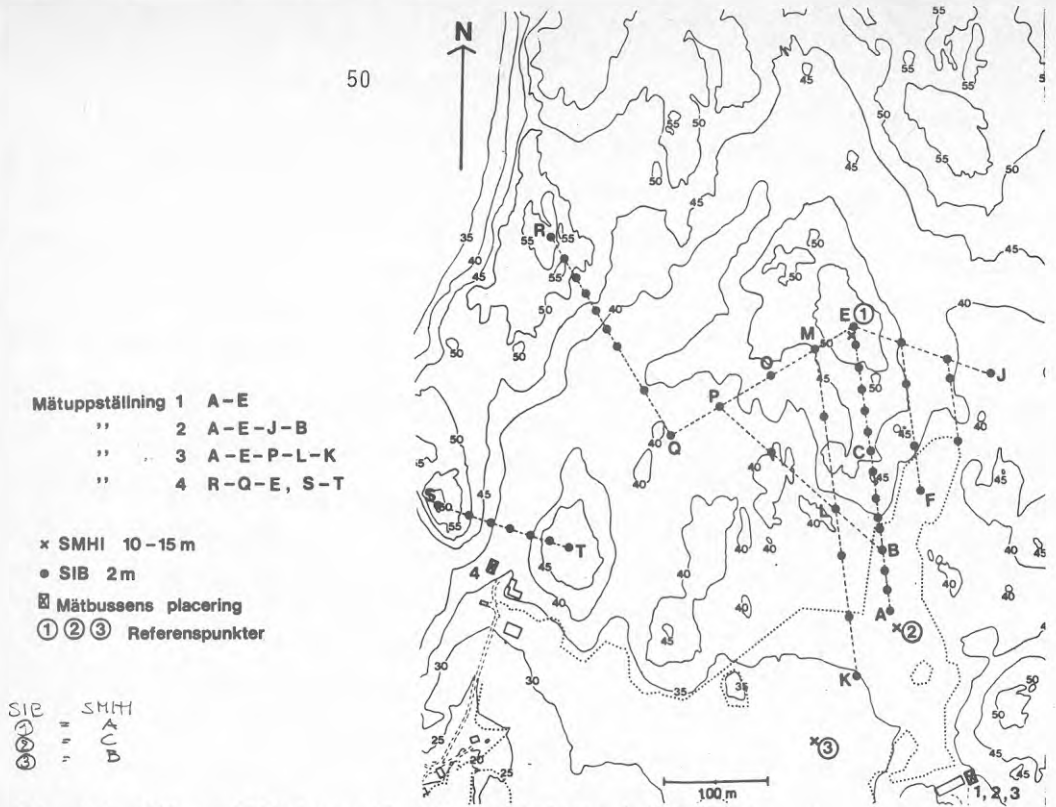


Fig. 5.1 Mätuppställningar för klimatmätningar i Södertuna.

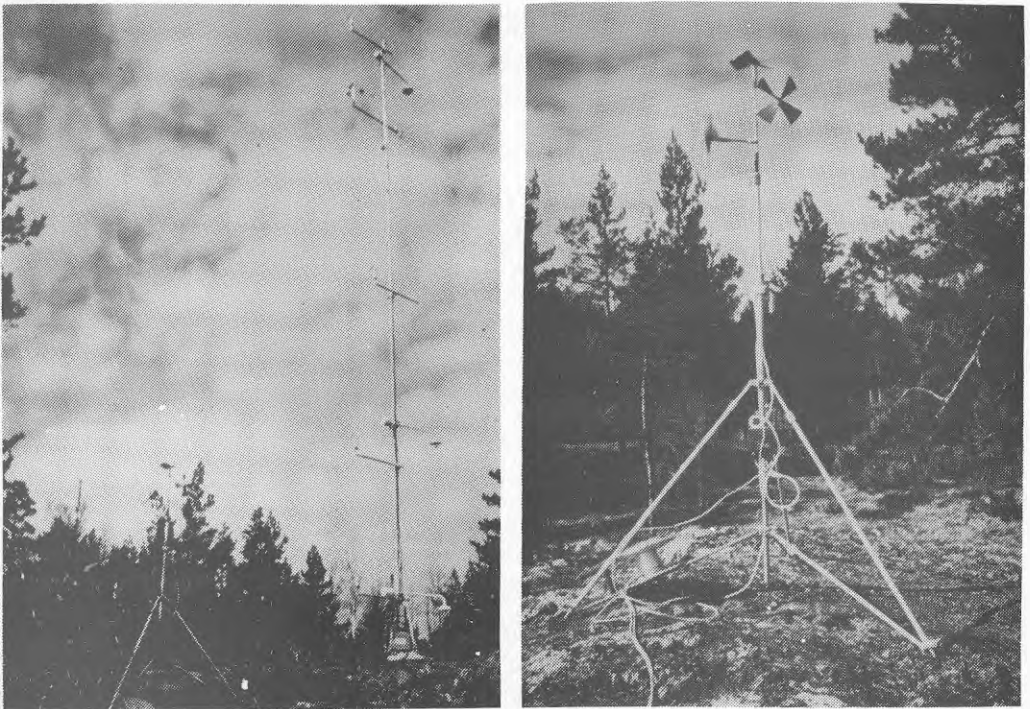


Fig. 5.2 Master för klimatmätningar.

## 5.2 Allmänna klimatförhållanden

### 5.21 Lufttemperatur och graddagssummor

Årsmedeltemperaturen i Södertunaområdet är ca  $+6^{\circ}\text{C}$  och skiljer sig härvid obetydligt ( $0 - \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) från andra delar av kustzonen i östra Södermanland. Temperaturförändringen i övergångszonen mellan hav och fastland framträder tydligare i årsförloppet, se fig. 5.3. Årsförloppet i Södertuna ansluter nära till kurvorna för Tullinge och Nyköping, approximativt enligt den streckade kurvan i figuren. Tullinge har valts som referensstation vid jämförelser med mätdata från Södertuna.

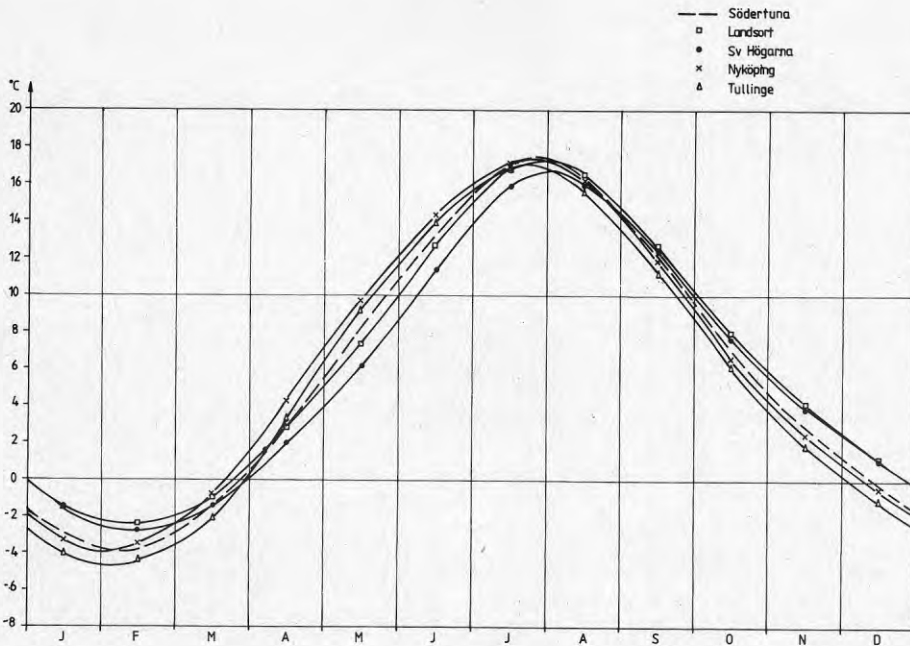


Fig. 5.3 Temperaturens årsförlopp, medelvärden 1931-1960.

Skillnaden mellan kust- och inland i temperaturförhållandena framgår tydligast vid jämförelse av temperaturens dygnsvariation,  $\Delta T = T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}}$ , under olika månader, se figur 5.4. Södertuna ligger troligen nära kurvan för Nyköping i figuren. Under försommaren orsakar sjöbrisen att temperaturen under dagen blir lägre än någon mil längre inåt land. Under hösten medför närheten till havet i stället en viss temperaturhöjning.

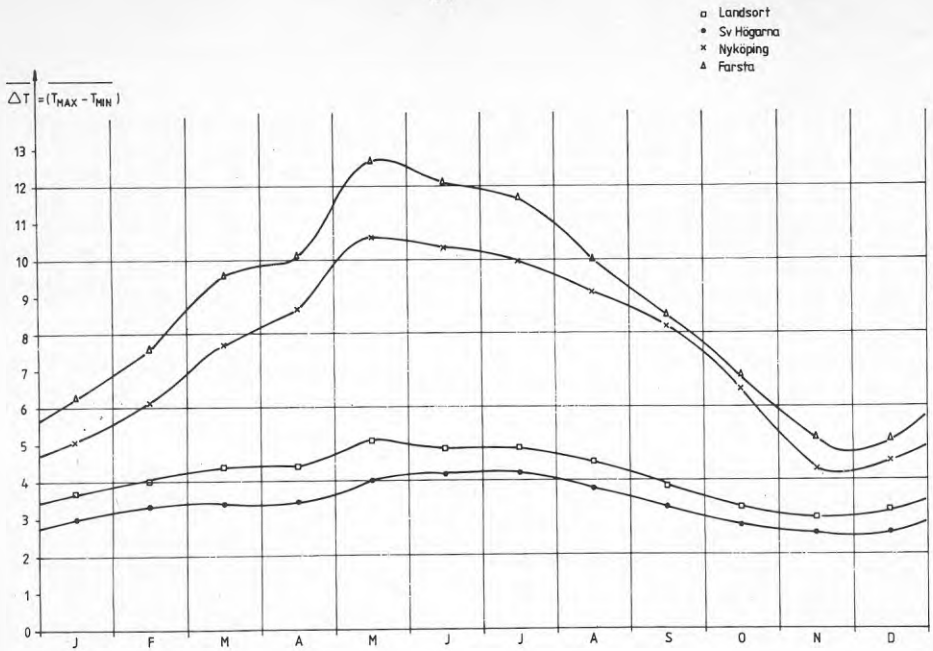


Fig. 5.4 Temperaturens medeldygsamplitud 1931-1960.

Ett approximativt mått på en byggnads värmebehov kan erhållas med hjälp av graddagssummorna för årets månader.

Graddagsberäkningar för månaderna och året, 1961-1978, har utförts enligt Byggnadsstyrelsens norm (se nedan), avseende uppvärmning till  $+17^{\circ}\text{C}$  rumstemperatur. Eldningsgränsen för respektive månad är vald med hänsyn till variationen i passivt solvärmestillskott.

$$GD = \sum (17 - T_D)$$

$T_D$  = dygnsmedeltemperatur för visst dygn

Eldningsgränser:

januari-april	$+12^{\circ}\text{C}$
maj-juli	$+10^{\circ}\text{C}$
augusti	$+11^{\circ}\text{C}$
september	$+12^{\circ}\text{C}$
oktober-december	$+13^{\circ}\text{C}$

I Järna-området finns ingen direkt tillämplig meteorologisk referensstation. Närmaste station är belägen vid Brandstationen i Södertälje och påverkas av omgivande stadsbebyggelse vad beträffar temperaturförhållandena. En jämförelse med övriga stationer i östra Södermanland visar att antalet graddagar/år är 5-10 % mindre i Södertälje.

I övergångszonen mellan kust och inland är antalet graddagar under året som helhet ca 5 % lägre vid kusten än i inlandet.

Denna skillnad beror framför allt på ett temperaturöverskott vid kusten under månaderna november-januari. Under våren, främst maj månad, är däremot kusten kallare än inlandet.

Antalet graddagar/månad respektive år i Södertuna har beräknats genom interpolation mellan kust- och inlandsstationer i östra Södermanland. I figur 5.5 visas dels medelvärden för varje kalendermånad och året, dels högsta respektive lägsta antalet graddagar/månad, år under åren 1961-1978.

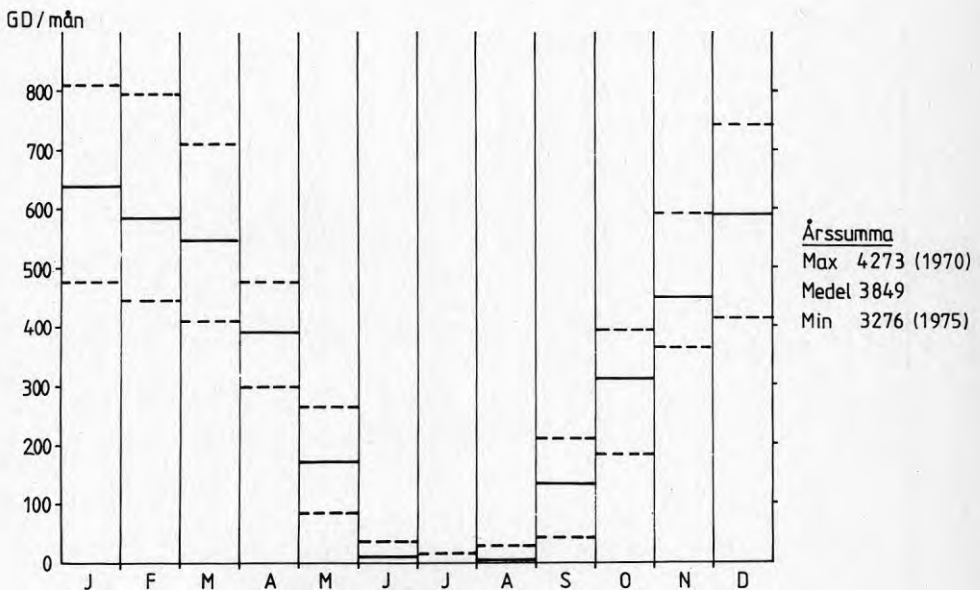


Fig. 5.5 Graddagar per månad, Södertuna 1961-1978 (högsta, medel, lägsta).



### 5.22 Vind

Vindhastigheten över Södertunaområdet är starkt påverkad av det omgivande kuperade och skogbevuxna landskapet. Årsmedianvinden är ca 3 m/s mot ca 7.5 m/s över öppet hav utanför Södermanlandskusten.

Även i jämförelse med Tullinge flygplats, som används som klimatologisk referensstation, är vinden över Södertunaområdet i allmänhet svagare.

Vind- och temperaturförhållandena i östra Södermanland representeras med data för Tullinge flygplats i figurerna 5.6 - 5.9 på nedanstående sidor. Där framgår bl a att lufttemperaturen varierar starkt med vindriktning och vindhastighet.

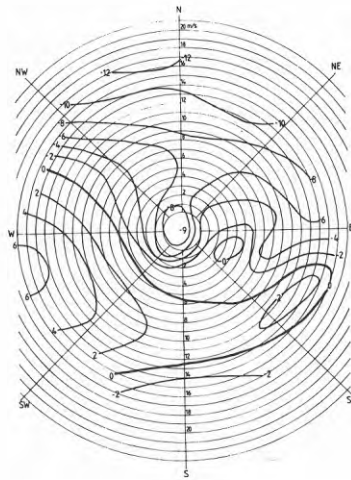


Fig. 5.6 Medeltemperatur vid olika vindriktning och vindhastighet (Tullinge flygplats, medelvärden 1955-1975, januari månad).

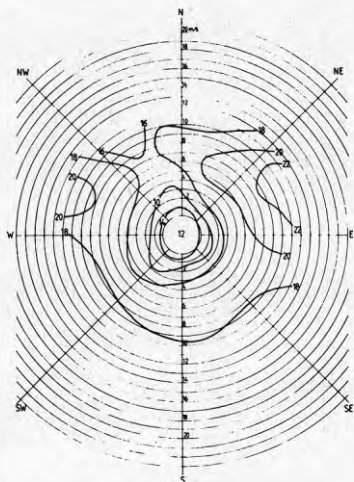


Fig. 5.7 Medeltemperatur vid olika vindriktningar och vindhastighet (Tullinge flygplats, medelvärden 1955-1975, juli månad).

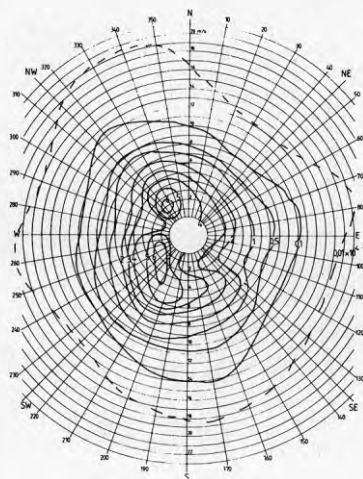


Fig. 5.8 Sannolikhetstäthet för samtidig vindriktning och vindhastighet (10-dels 0/00 per riktungsgrad och m/s) (Tullinge flygplats 10 meter över marken, 1955-1975, januari månad).

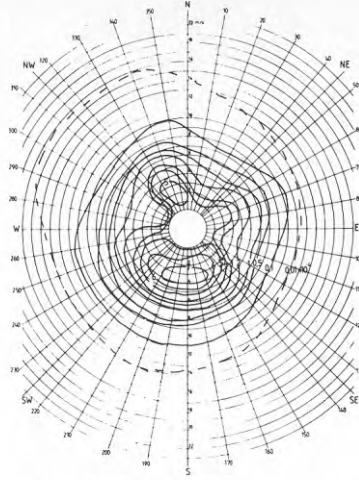


Fig. 5.9 Sannolikhetstäthet för samtidig vindriktning och vindhastighet (10-dels  $\text{‰}$  per riktningegrad och m/s) (Tullinge flygplats, 10 meter över marken, 1955-1975, juli månad).

### 5.23 Solstrålning

Solstrålningsförhållandena i Södertuna har beräknats teoretiskt av SMHI. Resultaten redovisas i figurerna 5.10 - 5.12.

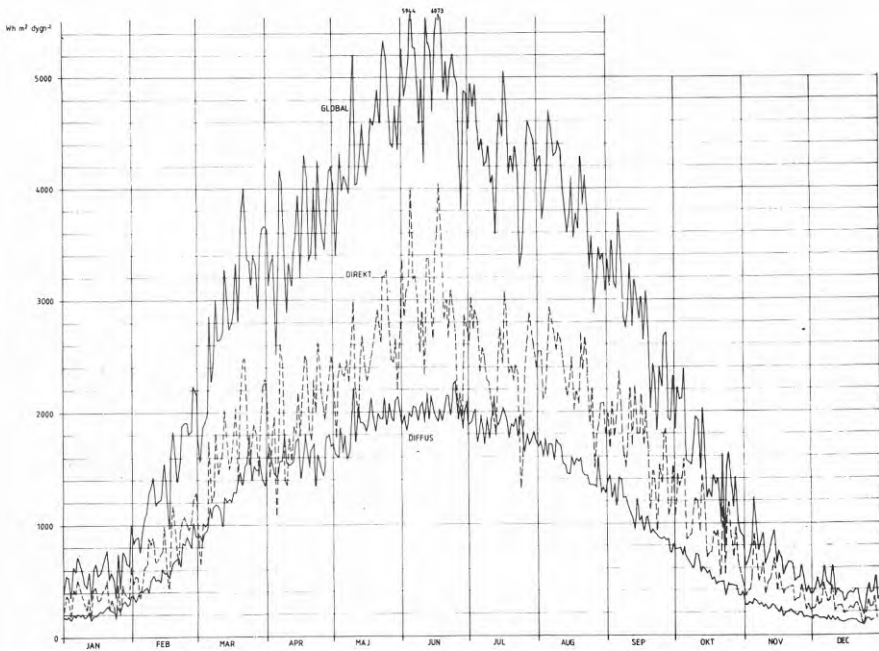


Fig. 5.10 Beräknade dygnssummor och direkt, diffus- och total solstrålning mot  $45^\circ$  lutande yta riktad mot söder (medelvärden 1955-1975, Södertuna).

Strålningskomponent	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
<i>Horisontell yta</i>													
Direkt	1.89	6.54	25.28	57.49	94.04	100.14	99.52	75.08	41.64	11.17	2.25	0.86	515.9
Diffus	12.23	31.85	54.79	57.85	73.04	79.95	79.88	66.43	44.39	29.67	1.15	6.13	547.7
Total	14.12	28.29	80.07	115.34	167.08	180.09	179.40	141.51	86.03	40.84	13.76	6.39	1063.6
<i>Vertikal yta mot norr</i>													
Direkt	0	0	0	0.81	6.52	10.33	8.04	1.58	0	0	0	0	27.7
Diffus	6.11	15.93	27.40	28.92	36.52	39.97	39.94	33.21	22.19	14.83	5.75	3.07	273.9
Total	6.11	15.93	27.40	29.73	43.04	50.31	48.38	34.79	22.19	14.83	5.75	3.07	301.5
<i>Vertikal yta mot öster</i>													
Direkt	1.87	6.12	19.50	36.45	51.80	51.26	51.47	41.80	26.98	8.78	2.24	0.97	299.2
Diffus	6.11	15.93	27.40	28.92	36.52	39.97	39.94	33.21	22.19	14.83	5.75	3.07	273.9
Total	7.98	22.05	46.89	65.38	88.32	91.24	91.41	75.01	49.17	23.62	7.99	4.03	573.1
<i>Vertikal yta mot söder</i>													
Direkt	13.53	24.91	51.23	60.48	59.88	48.44	52.67	59.93	60.46	30.85	12.54	7.78	482.7
Diffus	6.11	15.93	27.40	28.92	36.52	39.97	39.94	33.21	22.19	14.83	5.75	3.07	273.9
Total	19.64	40.83	78.63	89.40	96.40	88.41	92.61	93.15	82.66	45.68	18.30	10.84	756.6
<i>Vertikal yta mot väster</i>													
Direkt	1.87	6.12	19.50	36.45	51.80	51.26	51.47	41.80	26.98	8.78	2.24	0.97	299.2
Diffus	6.11	15.93	27.40	28.92	36.52	39.97	39.94	33.21	22.19	14.83	5.75	3.07	273.9
Total	7.98	22.05	46.89	65.38	88.32	91.24	91.41	75.01	49.17	23.62	7.99	4.03	573.1

Fig. 5.11 Beräknade månads- och årssummor (kWh/m<sup>2</sup>) av direkt-, diffus- och total solstrålning mot horisontell yta samt mot vertikala ytor med viss orientering. Fri horisont. Latitud 59° N,

Yta mot	Strålningskomponent	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
N	Direkt	0	0	0	3.44	28.77	43.87	39.10	11.83	0	0	0	0	127.0
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	10.44	27.19	46.77	52.82	91.11	112.11	107.28	68.53	37.89	25.32	9.82	5.23	594.5
NO	Direkt	0	0.47	6.39	24.01	48.49	56.16	53.92	34.10	13.23	1.56	0	0	238.3
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	10.44	27.66	53.16	73.39	110.83	124.40	122.10	90.79	51.12	26.88	9.82	5.23	705.8
O	Direkt	2.18	7.18	25.18	52.22	80.63	83.31	83.03	64.63	37.94	11.22	2.58	1.08	451.2
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	12.62	34.37	71.95	101.60	142.97	151.56	151.21	121.33	75.83	36.55	12.40	6.32	918.7
SO	Direkt	8.10	17.20	44.67	74.37	100.71	97.99	100.08	86.65	61.22	23.53	7.86	4.49	626.9
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	18.54	44.38	91.44	123.75	163.06	166.23	168.27	143.35	99.11	48.85	17.69	9.73	1094.4
S	Direkt	10.90	22.24	54.10	82.85	105.74	100.36	103.37	94.36	72.20	29.71	10.46	6.11	692.4
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	21.34	49.42	100.87	132.23	168.09	168.60	171.55	151.05	110.09	55.03	20.29	11.34	1159.9
SV	Direkt	8.10	17.20	44.67	74.37	100.71	97.99	100.08	86.65	61.22	23.53	7.86	4.49	626.9
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	18.54	44.38	91.44	123.75	163.06	166.23	168.27	143.35	99.11	48.85	17.69	9.73	1094.4
V	Direkt	2.18	7.18	25.18	52.22	80.63	83.31	83.03	64.63	37.94	11.22	2.58	1.08	451.2
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	12.62	34.37	71.95	101.60	142.97	151.56	151.21	121.33	75.83	36.55	12.40	6.32	918.7
NV	Direkt	0	0.47	6.39	24.01	48.49	56.16	53.92	34.10	13.23	1.56	0	0	238.3
	Diffus	10.44	27.19	46.77	49.38	62.34	68.24	68.18	56.70	37.89	25.32	9.82	5.23	467.5
	Total	10.44	27.66	53.16	73.38	110.83	124.40	122.10	90.79	51.12	26.88	9.82	5.23	705.8

Fig 5.12 Beräknade månads- och årssummor (kWh/m<sup>2</sup>) av direkt-, diffus- och total solstrålning mot 45° lutande ytor med olika orientering. Fri horisont. Latitud 59° N.

### 5.3 Lokala klimatförhållanden i Södertuna

#### 5.31 Vinden

Vindstatistiken från Tullinge har omräknats av SMHI till att gälla lokalt på 10 meters höjd över de högsta, skogbevuxna kullarna i Södertuna. Omräkningen har gjorts med en teoretisk modell som verifierats genom mätningar i Södertuna. Den lokalt beräknade vindstatistiken redovisas i figurerna 5.13 och 5.14.

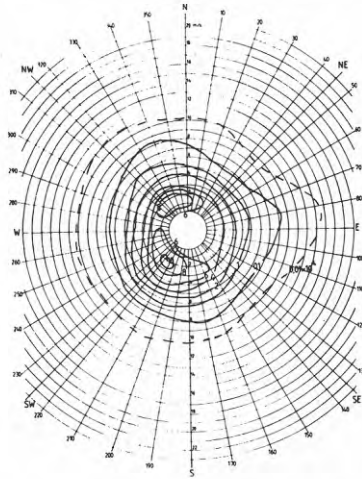


Fig. 5.13 Sannolikhetstäthet för samtidig vindriktning och hastighet (10-dels  $^{\circ}/_{oo}$  per riktningegrad och m/s) (Södertuna, berget, 10 meter över marken, januari månad).

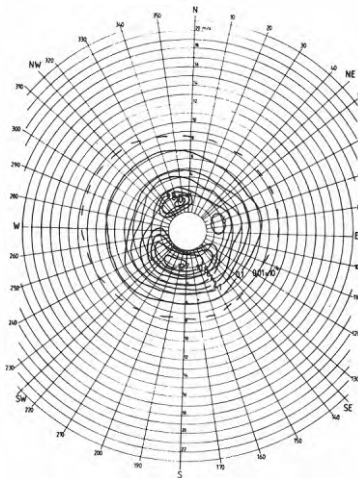


Fig. 5.14 Sannolikhetstäthet för samtidig vindriktning och hastighet (10-dels  $^{\circ}/_{oo}$  per riktningegrad och m/s) (Södertuna, berget, 10 meter över marken, juli månad).



Jämförelser har gjorts av vindhastigheten i SMHI:s tre referenspunkter (1, 2, 3, fig. 5.1) relativt Tullinge.

Hastigheten på berget (p. 1) är igenomsnitt ca 70 % av hastigheten på Tullinge flygplats. Motsvarande värden är ca 50 % för punkt 2 och 55 % för punkt 3.

Ingående detaljstudier utfördes av SIB beträffande topografins och skogsvegetationens inverkan på vindhastigheten i vistelsenivå (2 m ö m). Exempel på uppmätta vindprofiler längs mätsnitt i området visas i figur 5.15. Med användande av en vid SIB utvecklad beräkningsmodell har mätresultaten generaliserats i form av karteringar av den relativa vindhastigheten i området vid olika vindriktningar, figur 5.16 a-h. Härvid har hastigheten i en viss punkt normerats med den samtida vindhastigheten i referenspunkten på 15 m ö m på berget.

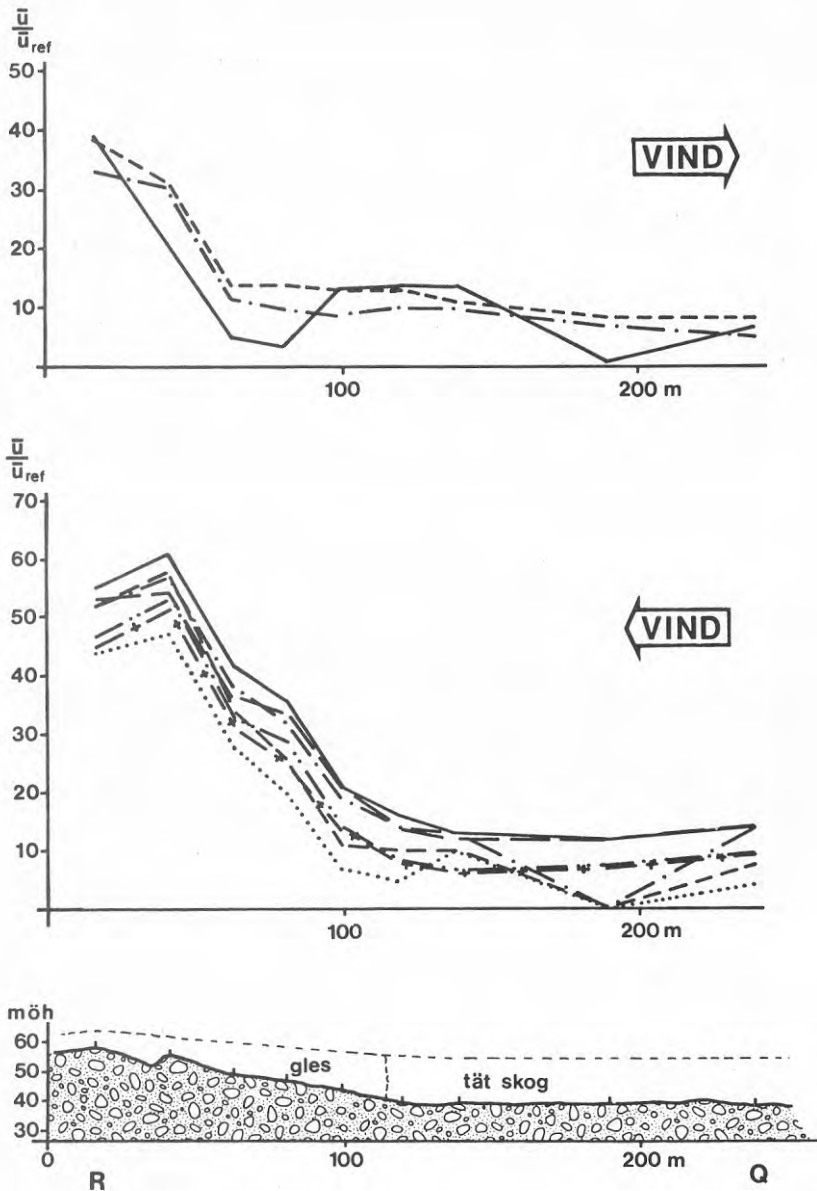
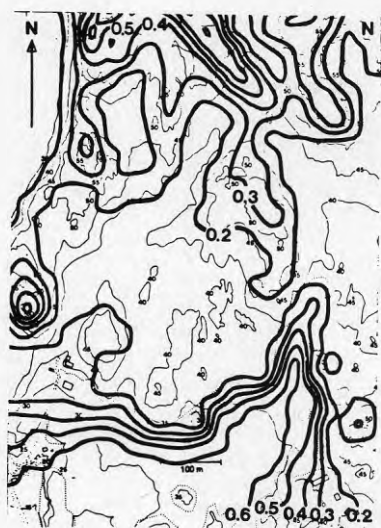
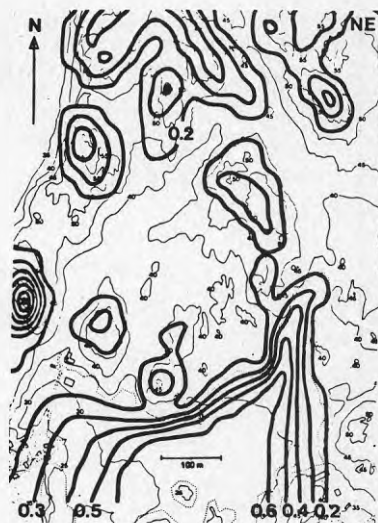


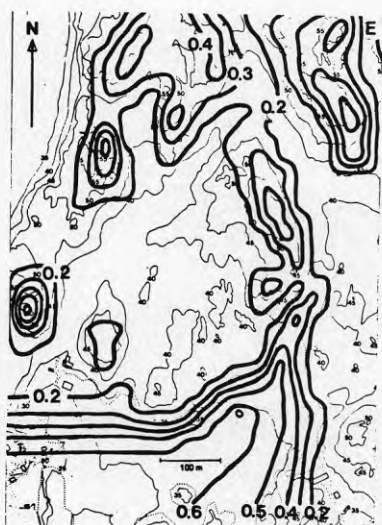
Fig. 5.15 Förhållandet mellan medelvindhastigheter på 2 meters nivå i mätavsnitt R-Q (fig. 5.1) och 15 meters nivå i referenspunkten, timmedelvärden. Medelvindhastigheten i referenspunktens 2 metersnivå är större än 1 m/s.



A,



B,

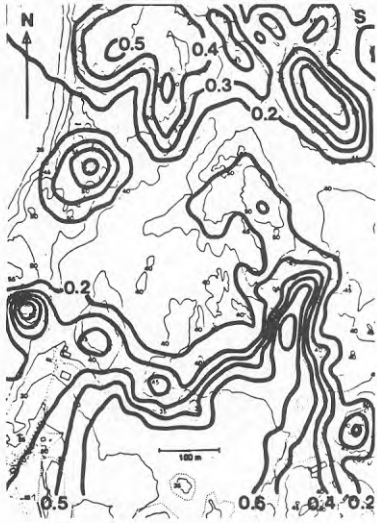


C,

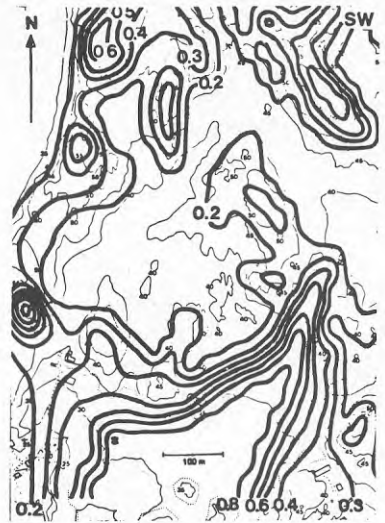


D,

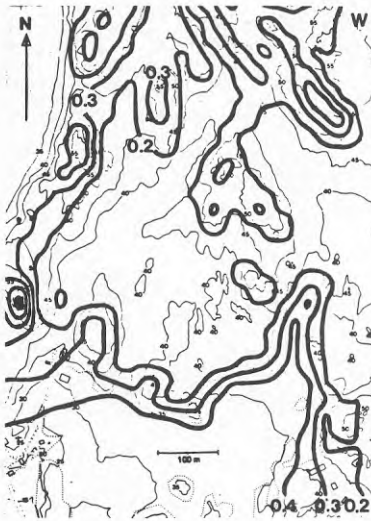
Fig. 5.16 a-h Relativa vindhastigheten vid 8 olika huvudritningar då vindhastigheten i referenspunktens 15 metersnivå över ca 3 m/s. Timmedelvärden.



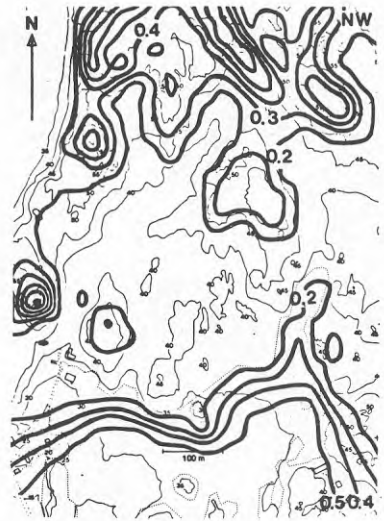
E,



F,



G,



H,

Sammanfattningsvis kan sägas att skogen i dag ger stora delar av Södertuna ett mycket gott vindskydd. De glesare bevuxna delarna i norr där avverkning förekommit är blåsigare. Fälten i söder och den kalhuggna sänkan i norr är ofta nästan lika blåsiga som bergskränen vilka delvis skyddas av gles vegetation. En utglesning av vegetationen bedöms ge en ökning av vindhastigheten på ca 20%. Hastigheterna på de kala ytorna som ligger öppna för vinden har ca 40-50% högre högre hastigheter än motsvarande ytor med skog.

Den verkliga innebörden av figur 5.16 a-h med relativa vindhastigheter visar sig emellertid först när man samtidigt studerar hur ofta och hur hårt det blåser från olika riktningar. En sammanfattande bild av blåsigheten inom området fås genom summering av den tid,  $t$  ex per år, då vinden överskrider en viss hastighet. Det låter sig göras med datorns hjälp. Området delades i ytor om 20 x 20 meter, och för varje medelpunkt matades en reduktionsfaktor per vindriktning in i datorn. Därefter matades referenspunktens frekvensfördelning av olika hastigheter för varje vindriktning, figur 5.17. (Frekvensfördelningen är framtagen av SMHI). Sedan kunde datorn beräkna hur lång tid under året som  $t$  ex vindhastigheten 2 m/s i genomsnitt överskrids, figur 5.18. Här framgår tydligt de relativa blåsningsvariationerna under året. Trots att det finns flera bergskrän så är de öppna fälten i söder ändå blåsigast. Bara den allra mest utsatta kullen i sydväst är i genomsnitt blåsigare än fälten.

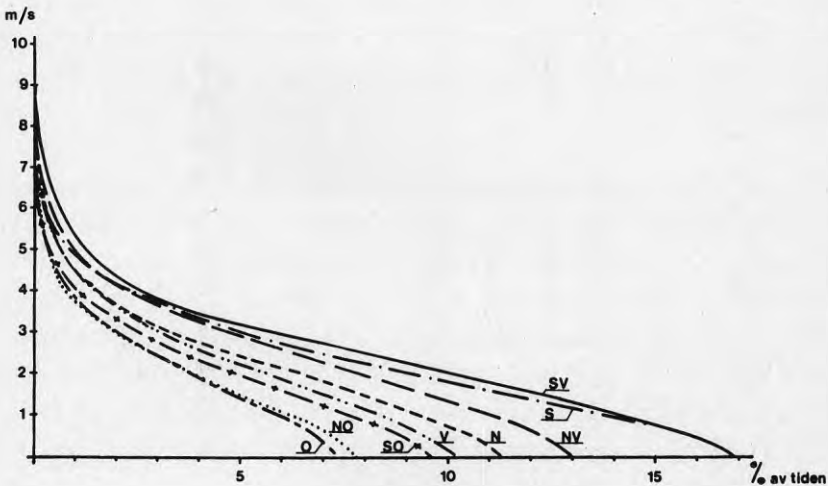
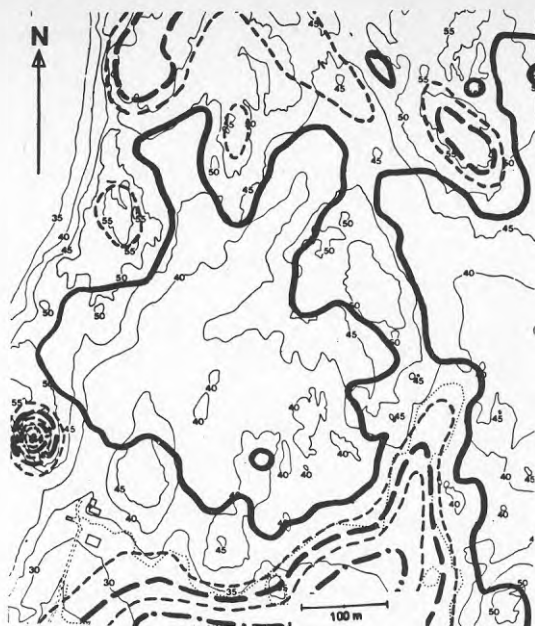
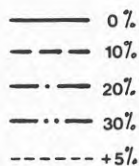


Fig. 5.17 Vindens hastighetsfördelning under året vid referenspunkten (15 m) Södertuna. Kumulativa frekvenser.



Figur 5.18.

Del (%) av tiden under året  
då medelvindhastigheten per  
timme överskrider 2 m/s.



För att få en uppfattning om hur pass besvärande blåsigheten i Södertuna är i dag måste emellertid absolutvärdena jämföras med erfarenheter från andra håll, dels i fråga om upplevelse och dels ifråga om inverkan på en byggnads värmeförluster.

Skillnaden i blåsighet inom ett område kan således beskrivas genom varaktigheten av medelvindhastigheter över en viss nivå. Kriterier för blåsighet kan uttryckas med gränsvärden för hur ofta en viss medelvindhastighet får överskridas vid en turbulensintensitet motsvarande den på ett öppet fält. I skog och bebyggelse blir emellertid turbulensintensiteten större. För att motsvara vindkriteriernas medelvindhastighet, som vi i fortsättningen kallar 'den upplevda vindhastigheten', måste den verkliga medelvindhastigheten korrigeras enligt uttrycket  $u_s = 0.85 u (1+I)$  ( $u_s$  = standardmedelvindhastigheten).

Turbulensintensiteten,  $I = \frac{\sigma}{\bar{u}}$  ( $\sigma$  = standardavvikelse,  $\bar{u}$  = medelvindhastighet under en timme) ger ett mått på hur pass ostadig vinden är.

Om den beräknade standardmedelvindhastigheten på en punkt i skogen är 5 m/s så ska vindförhållandena där motsvara dem som upplevs när medelvindhastigheten på ett öppet fält är 5 m/s.

Följande vindkriterier (se fig 5.19) som är baserade på mätningar i ett blåsigt höghusområde i Malmö, har tidigare utarbetats vid SIB.

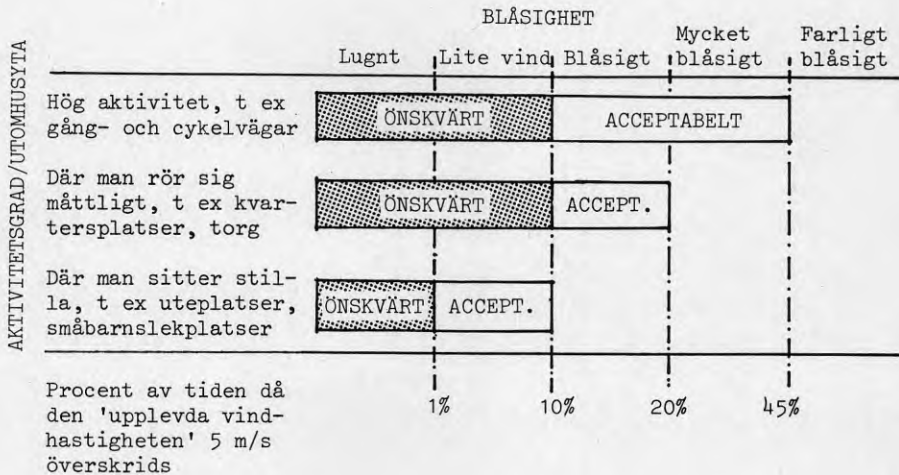


Fig. 5.19 Vindkriterier för utemiljö.

På ett öppet fält är turbulensintensiteten ungefär 0.15-0.20.

I tät bebyggelse eller skog kan den bli upp till 0.7. Med ökande relativa vindhastigheter minskar turbulensintensiteten. På de mest utsatta kullarna i Södertälje var den som lägst 0.2 men låg oftast på 0.3-0.4. I den glesa skogen liksom vid brynen låg turbulensintensiteten på 0.5-0.6. Vi har enbart tagit fram turbulensintensiteten stickprovsmässigt och således inte gjort någon kartering av turbulensintensiteter inom hela området. Vi har räknat med värden på turbulensintensiteten som innebär att 'den upplevda vindhastigheten' 5 m/s motsvaras av medelvindhastigheten 4 m/s på fälten och 3.5 m/s i skogen, figur 5.20.

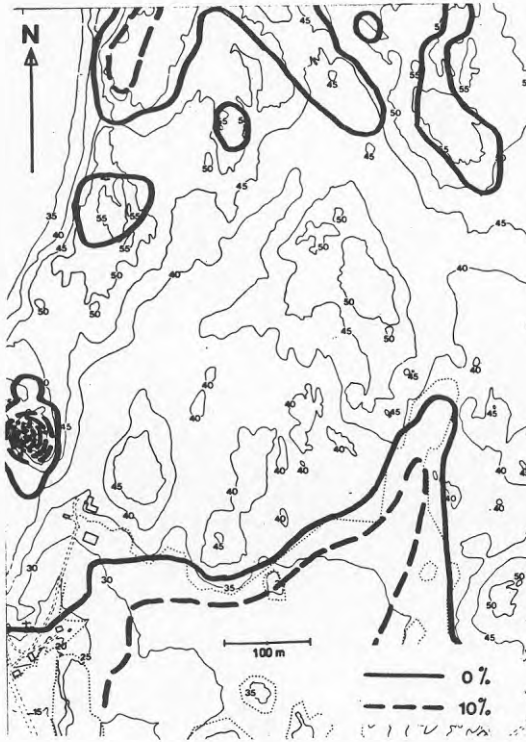


Fig. 5.20 Del (%) av tiden under året då medelvindhastigheten per timme överskrider 'upplevda 5 m/s' i Södertuna.

På de högre bergskrönen och på fälten överskrids 'den upplevda vindhastigheten' 5 m/s under någon procent av tiden under året - aldrig på övriga ytor. Nivåerna är mycket låga jämfört med figur 5.19. Bara på fälten och de högsta krönen blåser det så mycket att där är olämpligt att förlägga helt oskyddade uteplatser som man sitter stilla vid. Trevåningshus inom de lägre delarna av skogen eller på fälten skulle knappast medföra ökad blåsighet. Högre bebyggelse eller expoartering av krönen skulle emellertid medföra högre hastigheter, kanske oacceptabla beroende på vilken omsorg som läggs ner på detaljutformningen av byggnader och uppehållsytor.

Skogen ger kraftig läverkan även uppe på höjderna där den är gles. Medelvindhastigheten är ofta 4-6 ggr så hög ute på fältet som i skogen. Beräkningar av vindhastigheter på olika höjd vid referensmasten tyder på att den glesa vegetationen på krönen reducerar vindhastigheten till ungefär hälften av hastigheten på ett kalt krön. Om den ömtåliga tallvegetationen på kullarna skadas och försvinner skulle kullarna kunna få vindhastigheter upp till 10 gånger högre än i skogen och 1.5-2 gånger högre än på fälten.

Med den mycket låga genomsnittliga vindhastighetsnivån i Södertuna som SMHI räknat fram är emellertid vinden knappast en faktor att ta särskilt stor hänsyn till i stadsplanearbetet.

### 5.32 Temperaturen

Jämförelser mellan samtidiga temperaturmätningar i Södertuna och på Tullinge flygplats visar att skillnaden i de allra flesta fall är praktiskt försumbar. Endast vid mycket stabil skiktning (huvudsakligen nattetid) erhålles signifikanta differenser.

Lokalt inom området uppträder dock relativt stora temperaturvariationer, relaterade till topografi, vegetation och markfuktighet. Exempel härpå visas i figur 5.21-5.23. Temperaturmätningarna har av SIB generaliserats enligt figur 5.24.

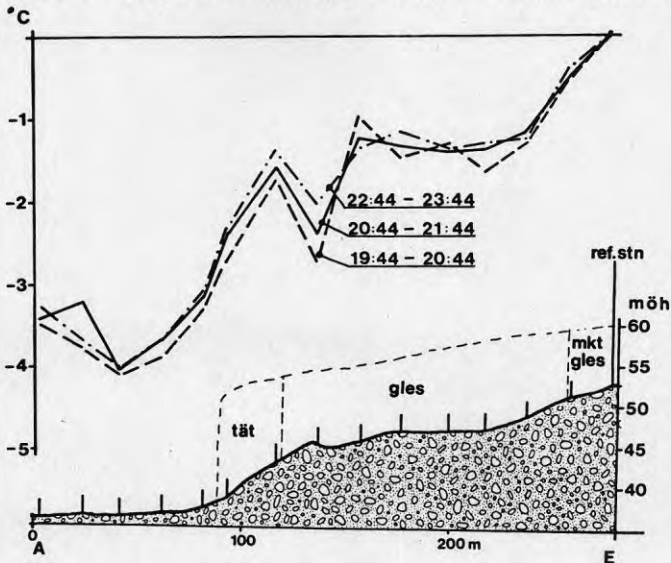


Fig. 5.21 Genomsnittliga temperaturskillnader på 2 metersnivå i förhållande till referenspunkten på krönet (E) under olika nattimmar med förhållandevis klart väder och lite blåst. Mättsnittet A-E (OBS ! Höjdskalet är 4 ggr större än längdskalet).

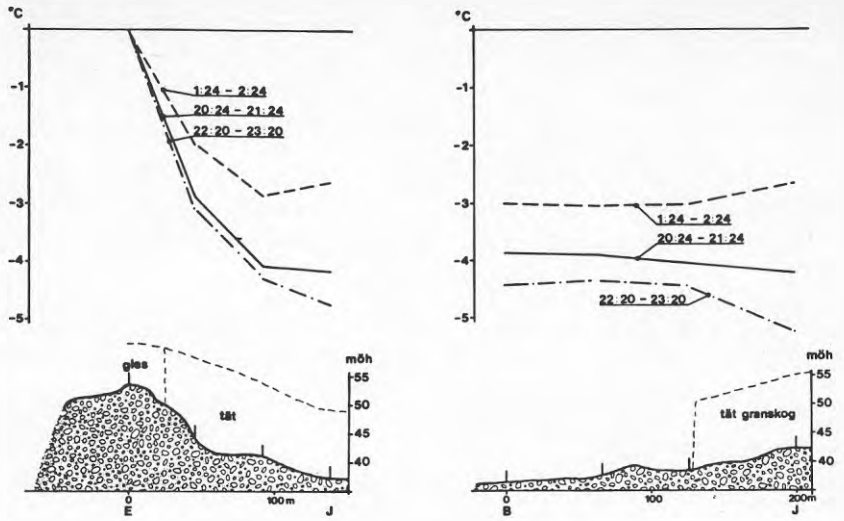


Fig. 5.22 Genomsnittlig temperaturskillnad på 2 metersnivå i förhållande till referenspunkten på krönet (E) under tre olika nattimmar med förhållandevis klart väder och lite bläst. Timmedelvärden. (OBS ! Höjdska- lan är 4 ggr större än längdskalan).

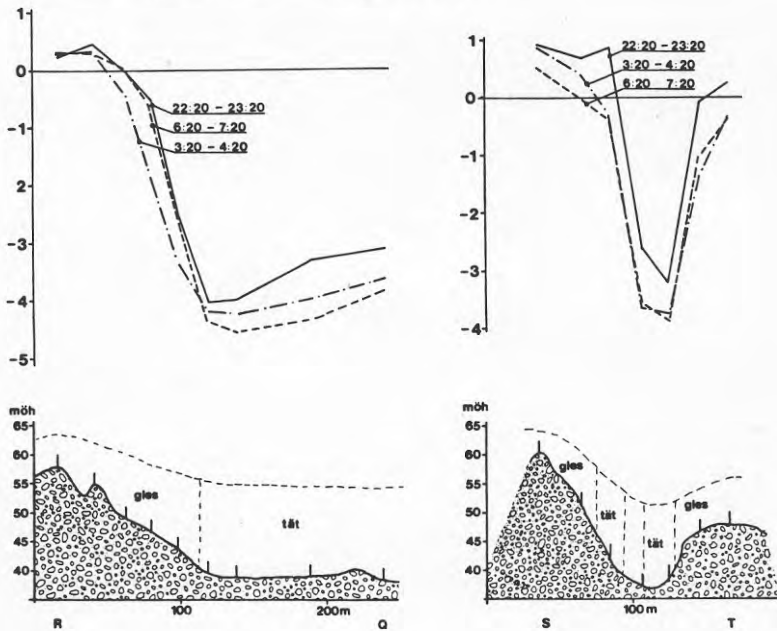


Fig. 5.23 Genomsnittlig temperaturskillnad på 2 metersnivå i förhållande till referenspunkten på krönet (E) under olika nattimmar med förhållandevis klart väder och lite bläst. Timmedelvärden. (OBS ! Höjdska- lan är 4 ggr större än längdskalan).



Under klara och stilla nätter sjunker den kalla luften ner i sänkorna och det utbildas därför ett temperaturmönster som ganska väl följer nivåkurvorna.

Nedanstående fig 5.24 har konstruerats med utgångspunkt från de mest likartade nattimmarna vid klar och stilla väderlek. Resultaten från de olika mätuppställningarna har huvudsakligen med nivåkurvornas hjälp generaliserats till att täcka hela området. De lågt liggande och sanka delarna med höga träd får de lägsta temperaturerna, åtminstone under våren. De kalare bergkrönen tar åt sig mer värme under dagen och blir ett par grader varmare under natten. Då det ligger snö på marken och värme inte lagras upp i marken under dagen blir fälten sannolikt kallare än i sänkorna i skogen.

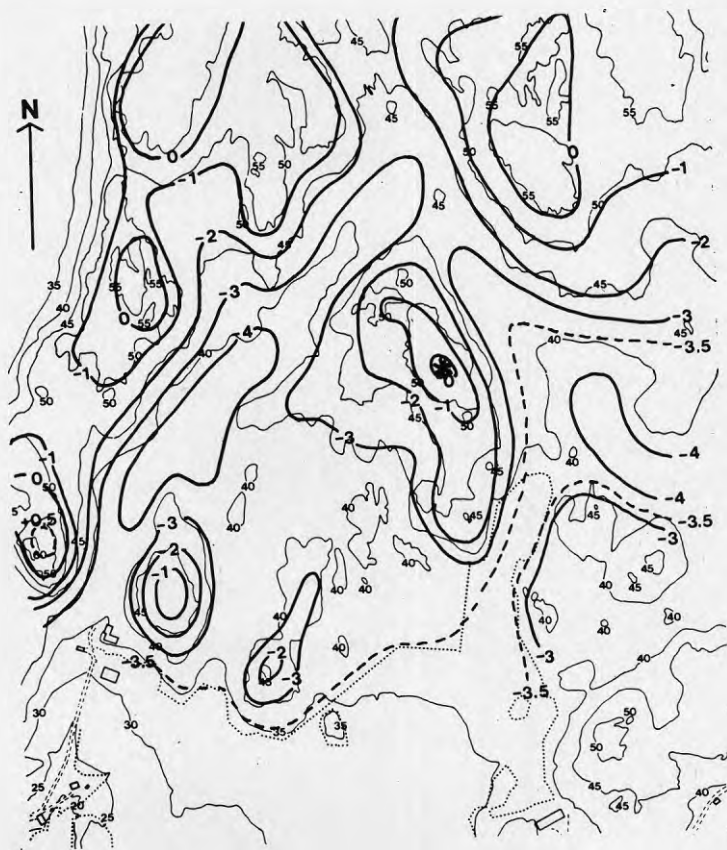


Fig. 5.24 Nattligt temperaturmönster på 2 m nivå vid klart väder och lite vind. Temperaturdifferenser till referenspunkten (\*). Timmedelvärden.

Under dagtid blir temperaturskillnaderna betydligt mindre, figur 5.25. I den täta skogen dit solstrålningen inte når kan det vara en grad lägre temperatur än i solbelysta ängsvikar. Sydsluttningarna med glesare vegetation blir också varmare. Upphettningen kring det solbelysta skogsbrynet blir tydlig men mycket lokal. Yttemperaturen på solbelysta växter och mark kan bli tiotals grader högre än lufttemperaturen. Värmestrålningen på sådana platser gör att det känns mycket varmare än vad lufttemperaturen ger vid handen.

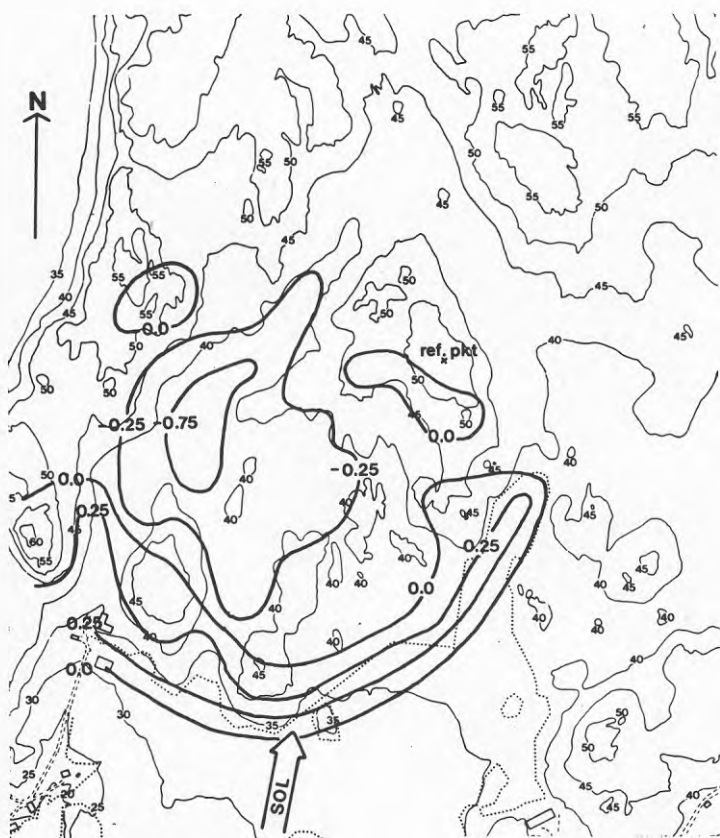


Fig. 5.25 Exempel på temperaturmönster på 2 m nivå under en klar majdag kl 12.30-13.30. Temperaturdifferenserna till referenspunkten.

Som framgått kan samma vind och nettostrålningsförhållanden leda till att temperaturskillnaderna blir olika stora. Det kan bero på de väderleksförhållanden som rått innan och det kan bero på att markegenskaperna faktiskt ändrats, t ex genom ändrade fuktighetsförhållanden eller snöavsmältning. Med ledning av vind- och molnighetsstatistiken går det inte utan vidare att beräkna genomsnittstemperaturer för Södertuna-området. Temperaturen är så att säga alltid en sammanfattning av en rad tidigare förhållanden.

Under de fyra dygnen, 18-21/4, med omväxlande klart och mullet väder var dygnsgenomsnittstemperaturen densamma på fältet som på krönet. Under en klarare tredagarsperiod som följde senare hade fältet en dygnsgenomsnittstemperatur som var mer än en halv grad lägre än krönets. I den täta skogen var genomsnittstemperaturen emellertid ungefär densamma vid båda tillfällena, dvs en halv grad lägre än krönets. I den glesare skogen uppmättes ner till 2 grader lägre genomsnittstemperatur jämfört med krönet under en mycket klar tredagarsperiod i mitten av maj. Vid mulnare väderlek var emellertid motsvarande skillnad mindre än en halv grad.

Under den växlande väderlek som råder under längre perioder blir de genomsnittliga skillnaderna sannolikt ganska små, högst någon halv grad mellan den täta skogen och krönet. Även vid övervägande klar väderlek blir skillnaderna måttliga, kanske 1 å 2 grader i dygnsgenomsnitt mellan fältet eller lågpunkter i skogen och krönet. Under de 331 nattimmar som samtidigt mätningar pågick på fältet och på krönet var det genomsnittligt 1 grad kallare på fältet. På vintern bör emellertid skillnaderna kunna bli avsevärt större. Dels är utstrålningsperioden under klara dygn längre och dels hindrar snötäcket att värme tillförs underifrån varför den utstrålade värmes måste tas från luften. Avskärmning av utstrålning får då stor betydelse och det bör kunna bli betydligt varmare i skogen än på fältet.

Orsakerna till de nattliga temperaturvariationerna inom området diskuteras utförligare i BFR-rapporten från SIB/SMHI. Härvid visas bl a att avkylningsförloppet över de öppna fälten under renodlade förhållanden (vind  $\leq 1$  m/s, klar himmel) med god approximation kan beräknas ur den långvågiga nettostrålningen,  $L^*$ , se fig 5.26. Horisontavskärmningen från skog och omgivande kullar har stor inverkan på den långvågiga nettostrålningen vid avskärmningsvinklar  $\geq 30^\circ$ . Betydelsen härav för temperaturförloppet efter solnedgången redovisas i fig 5.27. Ur SIB:s mätningar i skog framgår även att avkylningsförloppet i vissa fall beskrivs av den beräknade kurvan för en viss lokal avskärmningsvinkel, se fig 5.28. Avvikelser förekommer emellertid som pekar på att det renodlade förloppet kan störas av faktorer som fordrar ytterligare studier.

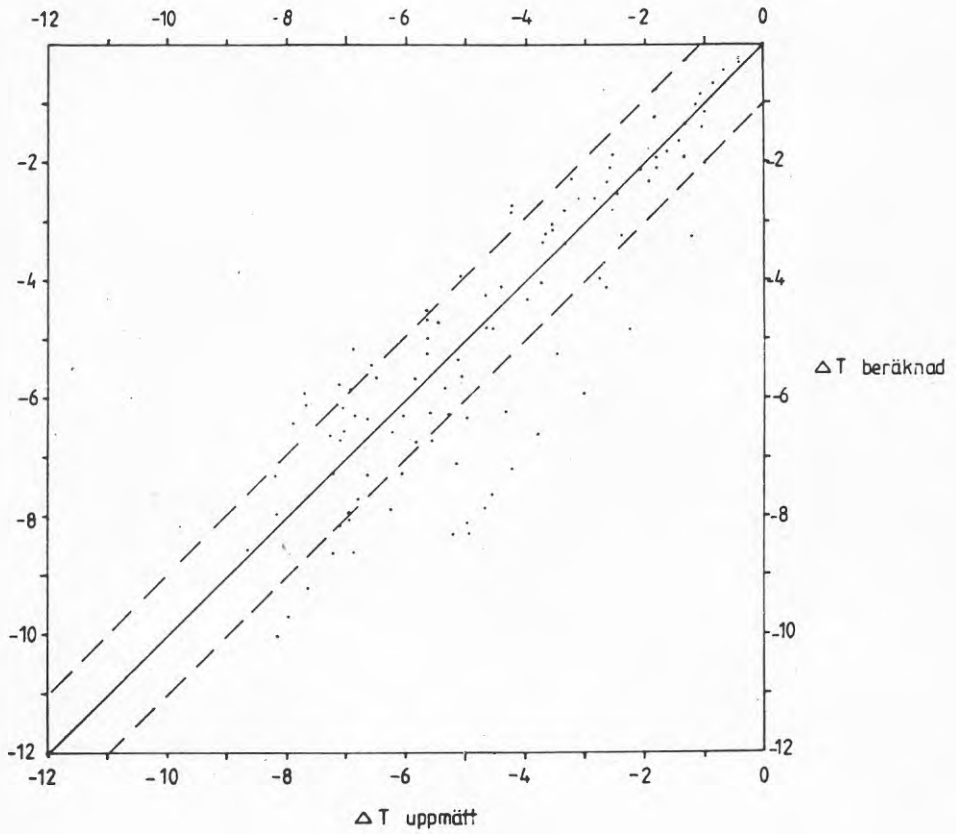


Fig. 5.26 Beräknad och uppmätt temperatursänkning 1-8 timmar efter solnedgången. Södertuna punkt B, åker med frihorisont  
 ( $u \leq 1$  m/s,  $-100 \geq L^* = 40$  W/m<sup>2</sup>)

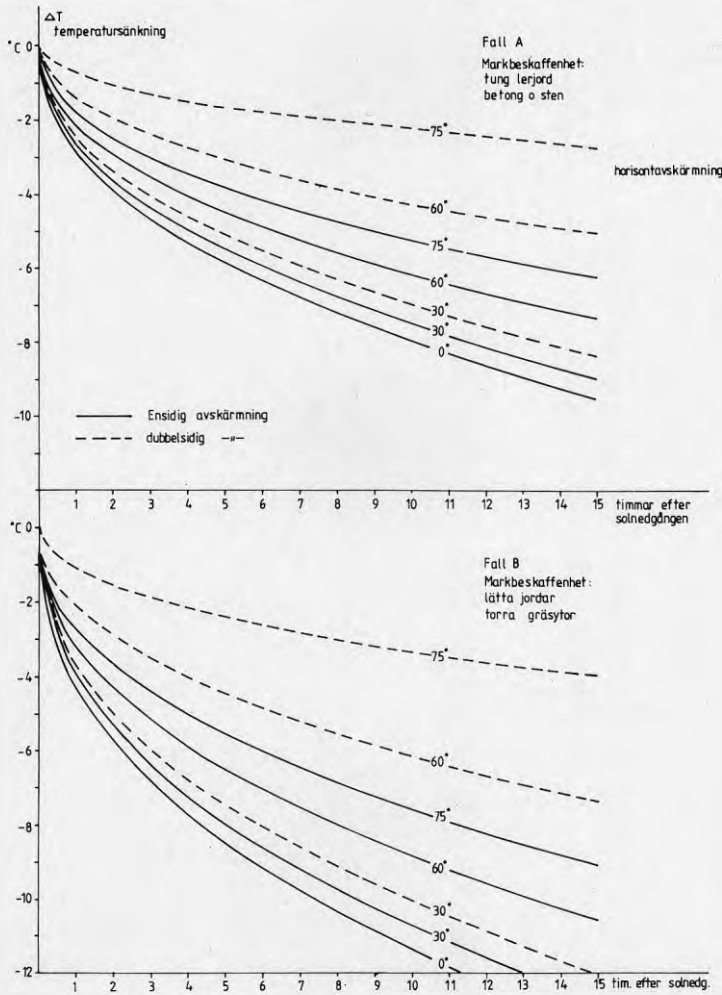


Fig. 5.27 Av SMHI beräknad temperaturstänkning efter solnedgången vid olika horisontavskärmning. (Klar himmel, svag vind, nettostrålning  $L^* = -75 \text{ W/m}^2$ ).

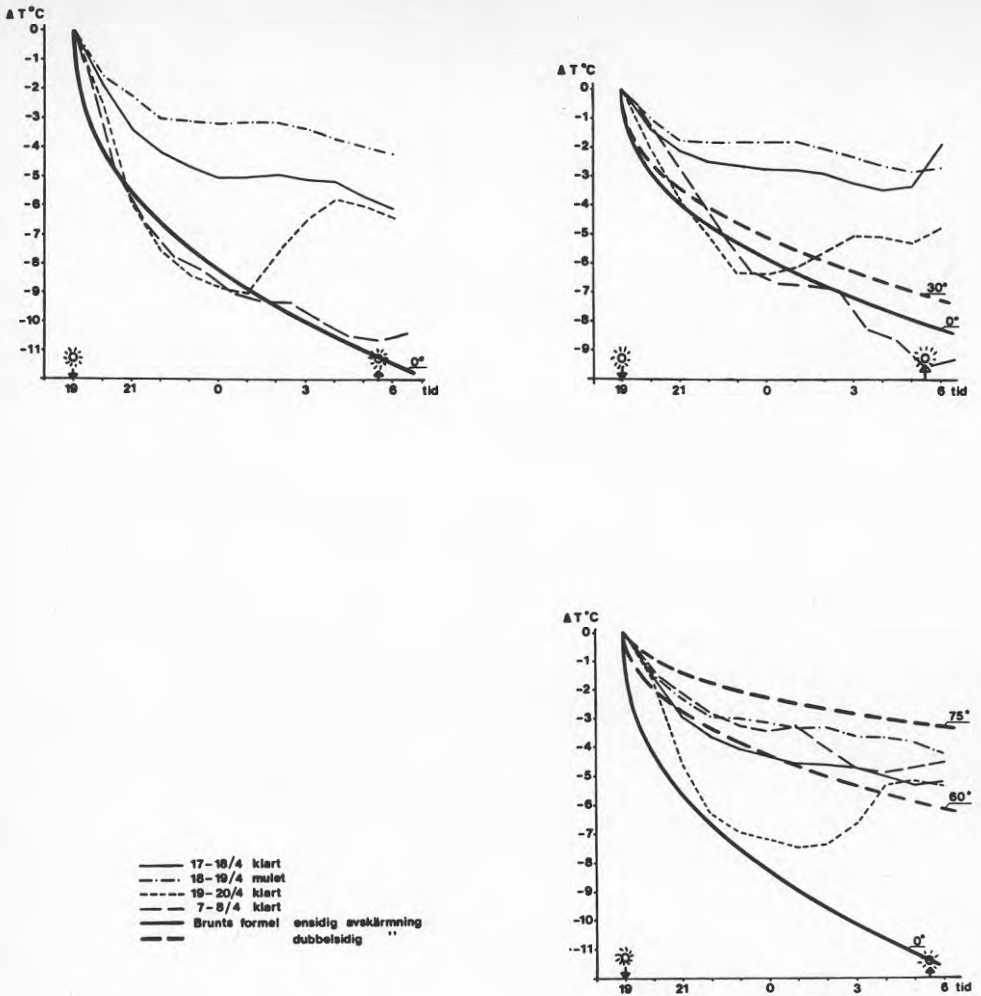


Fig. 5.28 Avsvlningsförlopp vid 3 mätpunkter under 4 olika nätter jämförda med kurvor beräknade av SMHI för olika avskärmning och markbeskaffenhet. Egenskaper motsvarande dem hos lätta jordar och torra gräsytor har antagits gälla från punkt A och J samt tung lerjord och betong och sten för punkt E, där berget går i dagen.



#### 5.4 Beräkningar av lokalklimatets effekt på byggnaders energibehov

För att undersöka hur lokalklimatet påverkar byggnaders energibehov och i vilken utsträckning detta behov kan reduceras genom bebyggelseplaneringen har beräkningar utförts såsom beskrives i det följande.

##### 5.4.1 Problemställning

Behovet av energi för upprätthållande av önskat inomhusklimat bestäms av följande faktorer:

- a) krav på innetemperatur.
- b) byggnadens konstruktion, installationer och reglersystem.
- c) uteklimatförhållanden, främst lufttemperatur, vind och solinstrålning, i bebyggelsen.

Klimatfaktorernas variationer i tid och rum, lokalt inom området, måste simuleras med utgångspunkt från tillgängliga observationsdata. Sådana data hämtas för varje timme under dygnet under en 25-årsperiod från Tullinge flygplats. Genom teoretiska och empiriska korrektionssamband genereras motsvarande lokala tidsserier för olika punkter inom den planerade bebyggelsen.

För att utvärdera effekten av de lokala klimatförhållandena fordras en modell för simulering av byggnadens respons - i detta fall värmeutbytet med omgivningen. Modellen måste kunna simulera värmeutbytet timme för timme under många år för att en klimatologisk korrekt bild av energibehovet ska erhållas.

##### 5.4.2 Beräkningsmodellen

Datorprogrammet ENLOSS har utvecklats vid SMHI för beräkningar av energiförlusten från en byggnad på grund av transmission och utstrålning samt luftomsättning. Programmet genererar lokala tidsserier av lufttemperatur och vindhastighet med utgångspunkt från timobservationer från flygplatser (i detta fall Tullinge) samt beräknar energiförlusten timme för timme över 25 år. Med datorprogrammet SOLTIMSYN genereras motsvarande tidsserier av direkt och diffus infallande solstrålning mot byggnadens olika delytor under varje timme med hänsyn till horisontavskärmningar i olika riktningar.

ENLOSS-modellen finns i två versioner, vilka skiljer sig främst ifråga om beräkningen av den ofrivilliga ventilationen (läckflödet) samt ifråga om beaktandet av byggnadens proportioner och orientering.

I den enklaste versionen utgörs byggnaden av ett givet referensobjekt, 1 1/2-plans småhus med ytterarea = 300 m<sup>2</sup> och innesluten volym = 300 m<sup>3</sup>.

Byggnaden saknar fönster. Beräkningarna tar ej hänsyn till byggnadens orientering. Läckflödet beräknas enligt ett uttryck, för regelbyggda trähus, enligt  $n = 0.15 + 0.12 \Delta T + 0.077 \bar{u}$  ( $\text{h}^{-1}$ )

där  $n$  = antal luftomsättningar/timme

$\Delta T$  = temperaturdifferens inne-ute

$\bar{u}$  = medelvindhastighet

För  $\bar{u}$  har använts hastigheten 10 m ö m i den enklaste versionen.

Resultaten från beräkningar enligt ovan, utförda för en tänkt placering dels på Tullinge flygplats, dels i Södertuna i SMHI:s mätpunkter visas i fig 5.29. För respektive beräkningsfall har först den totala (transmission + läckflöde) årliga värmeförlusten beräknats för  $10^\circ$  - vindriktningsektorer. Värdena har utjämnats genom överlappade medelvärdesbildning över tre angränsande sektorer samt därefter i samtliga fall normaliserats genom division med den summerade, genomsnittliga årliga värmeförlusten för Tullinge-fallet (29 500 kWh/år). Fig 5.29 visar således den relativa fördelningen av värmeförlusten för respektive beräkningsfall vid olika vindriktningar och relativt Tullinge.

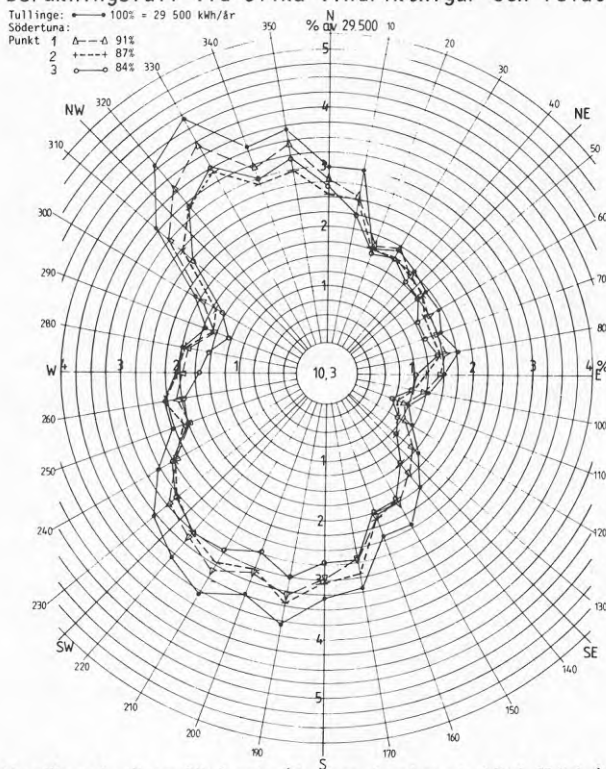


Fig. 5.29 Beräknad värmeförlust (transmission + läckflöde) vid olika vindriktningar för referenshus (friliggande småhus) beläget i Södertuna ref.punkterna 1,2,3,(fig. 5.1) resp. Tullinge flygplats. (Värden i procent av årsvärmebehov för Tullinge. Medelvärden 1955-1979).

Värmeförlustens variation med vindriktningen är i allt väsentligt densamma i alla fyra punkterna. De inbördes skillnaderna är dock något mer markerade för vindar från nordväst och syd-sydväst. De höga relativa förlusterna vid nordväst-vind är en återspeglning av den lägre lufttemperaturen vid dessa vindar.

De små skillnaderna mellan respektive punkter beror främst på att vindhastigheten allmänt i området är förhållandevis svag. Ytterligare vindreducering genom lokal läbildning har därigenom relativt liten inverkan.

De totala, årliga värmeförlusterna i SMHI:s 3 referenspunkter förhåller sig till Tullinge enligt följande.

Tullinge	100 % = 29 500 kWh/år
Punkt 1	91 %
2	87 %
3	84 %

I den förbättrade versionen av ENLOSS-modellen har läckflödesberäkningen utvecklats väsentligt längre. Härvid har följts en principiell metod utvecklad av P.O. Nylund, som bygger på beräkning av tryckdifferensen över olika delar av byggnadshöljet. Det ekvationssystem, som härvid erhålles löses iterativt under villkor om flödesbalans. Beräkningen innebär även att byggnadens orientering beaktas. Vindtrycket mot respektive ytteryta beräknas för närvarande med användande av formfaktorer enligt SBN-75, varvid friströmshastigheten valts såsom den observerade (Tullinge) eller beräknade (Södertuna) hastigheten på 10 m ö m.

Transmissionsberäkningarna utfördes i princip på samma sätt som tidigare. Resultat, 2-vånings radhus med 1 fri gavel placerat i punkt A, Södertuna. (Se fig. 5.31) Transmissionsförluster redovisas i fig 5.30.

För beräkning av läckflödet såsom funktion av vindhastighet och lufttemperatur har antagits att samtliga ytterväggar och taket har läckfaktorn 0.2, vilket innebär väsentligt större täthetskrav än i SBN-75.

Formfaktorer har valts enligt SBN-75, 21:633. Flödet är direkt proportionellt mot storleken på läckfaktorn K för respektive delyta. Ingen fläktventilation har antagits vid beräkningarna. Innetemperaturen har antagits konstant, = +20°C.

Utetemp °C	Vindhastighet (ms <sup>-1</sup> )									
	0	1.5	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5
+19	39	46	47	48	49	49	49	49	49	49
+16	155	185	190	193	194	195	196	197	197	198
+13	270	323	332	337	340	342	343	344	345	346
+10	383	461	475	482	486	488	490	492	493	494
+7	495	599	617	626	631	635	637	639	641	643
+4	604	736	759	770	777	781	784	787	789	791
+1	713	874	901	915	922	928	931	934	937	939
-2	820	1011	1043	1059	1067	1074	1078	1082	1085	1087
-5	925	1148	1185	1203	1213	1220	1225	1229	1233	1235
-8	1028	1284	1327	1347	1358	1366	1372	1377	1380	1383
-11	1130	1421	1469	1491	1504	1512	1519	1524	1528	1532
-14	1229	1557	1610	1634	1649	1659	1666	1671	1676	1680
-17	1327	1693	1752	1778	1794	1805	1812	1819	1824	1828
-20	1423	1829	1893	1922	1939	1951	1959	1966	1971	1975
-23	1517	1965	2034	2066	2084	2097	2106	2113	2119	2124
-26	1609	2100	2176	2209	2229	2243	2253	2260	2267	2272
-29	1698	2235	2317	2353	2374	2389	2399	2408	2414	2420
-32	1786	2371	2458	2496	2519	2535	2546	2555	2562	2568

Fig. 5.30 Transmissionsförlust (Wh/h) vid viss vindhastighet och utetemperatur. Södertuna 2 vån låghus med 1 frigavel. Rumstemperatur +20°C.

Vid vindstilla bestäms läckflödet enbart av det termiska övertrycket. Detta är noll då inne- och utetemperaturerna är lika (+20°C) och ökar med ökande temperaturskillnad. Med ökande vindtryck motverkas först det termiskt be- tingade läckflödet men från och med en viss vindhastighet samverkar yttre vindtryck och inre, termiskt tryck till att ge ett succesivt ökande läck- flödet.

Detta leder exempelvis till att en alltför effektiv vindreducering skulle kunna öka luftomsättningen, särskilt vid låga utetemperaturer. Kraftig läbildning från omgivningen medför emellertid sannolikt att formfaktorn vid fri anblåsning på lovartsidan ej längre är representativ. Sådana effekter har dock hittills ej kunnat beaktas i beräkningarna.

Även för en mycket tät byggnad kan tydligen vinden ha en betydande inverkan på luftomsättningen. För att utvärdera betydelsen härav måste dock ett fler- tal faktorer tagas i beaktande. Dels måste den lokala frekvensen av olika vindhastigheter och temperaturer vid aktuell anblåsningensriktning vara känd, dels måste giltigheten av använda formfaktorvärden prövas med hänsyn, bl a till byggnadens läge relativt omgivande byggnader eller annat omgivnings- element.

Beräkningarna utföres liksom tidigare timme för timme under perioden 1955-1975. I fig 5.31 visas den över alla vindriktningar summerade totala årliga värmeförlusten p g a självdragsventilation vid olika orienteringar av byggnaden (låghuset). Resultaten skiljer sig från fig 5.29 däri att den totala förlusten är betydligt reducerad. De båda byggnadstyperna är dock härvidlag ej helt jämförbara. Vidare framgår att låghusets orientering spelar en förhållandevis obetydlig roll för energiförlusten.

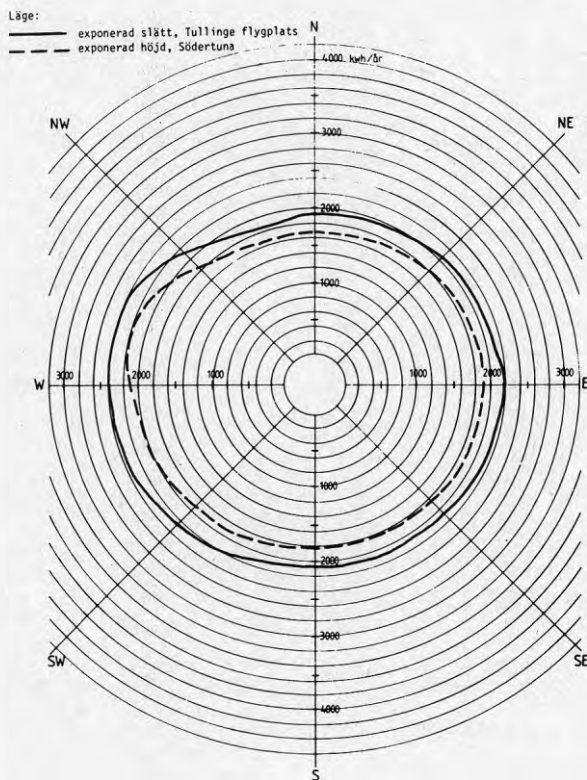


Fig. 5.31 Beräknad energiförlust (kWh/år) självdragsventilation (2-våningslåg-  
hus med fri gavel orienterad mot visst väderstreck).



### 5.5 Bebyggelseplanering - slutsatser

Ett antal enkla "tumregler" kan formuleras beträffande planering med hänsyn till vind.

1. Utnyttja skyddade lägen i terrängen.
2. Håll nere hushöjden om möjligt under landskapets övre nivå.
3. Slut bebyggelsen så att byggnaderna inbördes skyddar varandra och närmiljön.
4. Utnyttja befintlig vegetation som vindskydd och plantera ny för att ge vindskydd.
5. Bryt upp stora öppna ytor, t ex parkeringsytor och stora betongdäck, helst i mindre enheter - annars genom indelning med träd, buskar, plan, vallar eller dylikt.
6. Undvik att förlägga vistelseytor, t ex gångvägar, uteplatser, balkonger mm, närmast hörn.
7. Undvik långa, raka kommunikationsytor.
8. Undvik överbyggda gångar och smala passager mellan hus.
9. Använd glesare fjärrskydd (skyddszon upp till ca 20 ggr hindrets höjd) för att minska blåsten över större vistelseytor och kommunikationsstråk.
10. Använd tätare närskydd (skyddszon upp till ca 5 ggr hindrets höjd) för att skydda vistelseytor där man stannar, t ex uteplatser, lekplatser osv.
11. Kombinera snabbväxande och mer långsamt växande träd i läplanteringar för att snabbt få vindskydd som efter hand kan förstärkas. Tänk på växtmateriallets vindtålighet och läverkan under olika årstider.
12. Närskydd bör vinklas för att luften inte ska strömma längs skyddet i många vindriktningar.
13. Komplettera med artificiella vindskydd, plank, spaljéer, förråd osv, där vegetationen inte kan utnyttjas i närmiljö.

Mot bakgrunden av resultaten för Södertuna bör av de nämnda tumreglerna följande speciellt beaktas: 2, 4, 7, 10 och 11.

I övrigt kan följande konstateras. Nuvarande skogsvegetation ger ett gott vindskydd inom hela området. Det öppna fältet är dock relativt starkt exponerat för vindar från W. Energibesparing genom vindskyddande planteringar eller lämplig byggnadsgruppering på det öppna fältet är främst motiverad med hänsyn till vindar från 180-220° samt 260-300°. Den sammanlagda energibesparingen, som härigenom skulle kunna uppnås i punkt B kan uppskattas till 3-5 %.

Vid exploatering av sluttningar och höjdparter måste skogen sparas i största möjliga utsträckning. Kalavverkning eller stark gallring kan orsaka väsentlig förstärkning av vindhastigheten. Speciellt där terrängen exponeras mot sydsydväst eller nordväst kan detta leda till betydligt ökade värmeförluster.



Den i nuläget sanka svackan väster om berget (punkt 1, fig. 5.1) är det enda mer utpräglade kallluftsområdet. Även efter dränering torde risk för kallluftsamling föreligga här på grund av att svackan är instängd av omgivande kullar och, mot söder, av skog. Öppnas skogen blir svackan å andra sidan utsatt för vindar från denna riktning.

Gynnsammast ur energisynpunkt vore en tät och låg bebyggelse på sydsluttningarna där man tillgodogör sig solstrålningen och tillgodogör sig vindskydd från höjdpartierna. De allra högsta och lägsta punkterna bör man undvika att bebygga, men i övrigt är det detaljutformning och materialval som kommer att få den största betydelsen för energiförbrukningen. Hur vegetationen kan utnyttjas för att bibehålla lägre vindhastigheter inom området visas i fig 5.32.

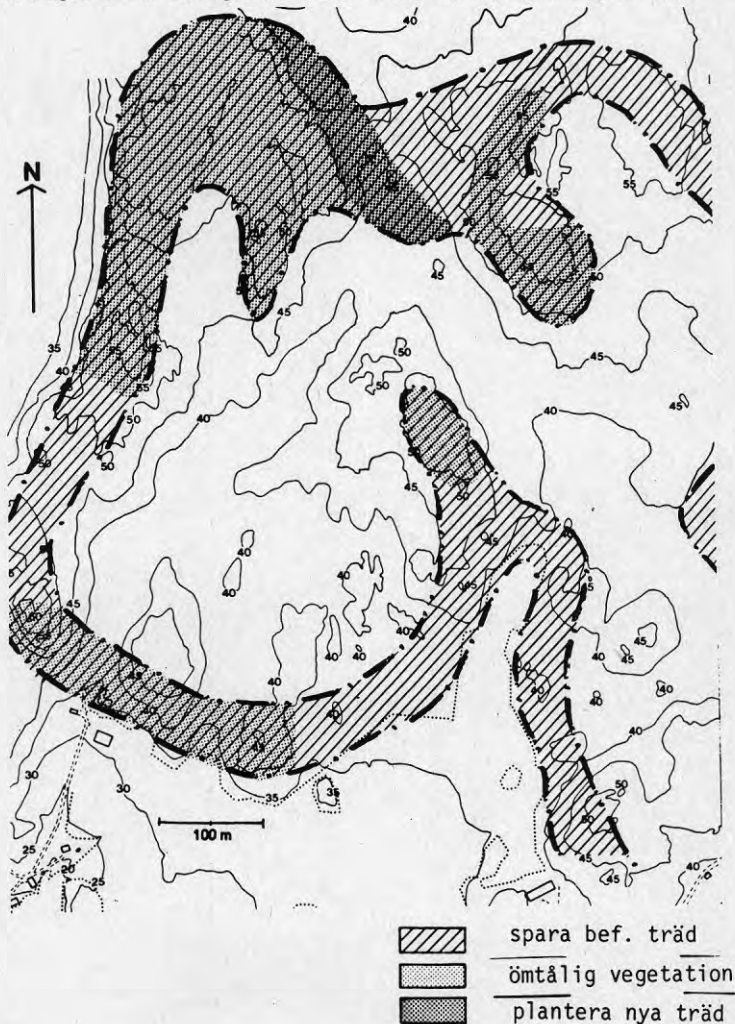


Fig. 5.32 Vegetationsåtgärder för att bibehålla låga vindhastigheter.

## 6. BESKRIVNING AV BOSTADSOMRÅDET

Södertuna planeras som Järnas nästa större bostadsområde. Detta innebär att Södertuna måste få en sådan storlek att viss grundläggande service typ låg- och mellanstadieskola, barnomsorg, mindre livsmedelsbutik mm kan byggas i området. Samtidigt måste området bli beroende av i första hand Järna och i andra hand Södertälje stad för annan allmän och kommersiell service.

### 6.1 Kort om Järna tätort

I dag bor drygt 6 100 personer i Järna. Tätorten expanderade kraftigt under 1960-talet för att under 1970-talet stagnera och efter 1975 har antalet nya lägenheter varit mycket måttligt. Cirka 2 300 lägenheter finns varav 950 i småhus och 1 350 i flerfamiljshus. Järna ingår som en del i kommunens bostadsmarknad (kanske även i Storstockholms) men kan även sägas ha en egen bostadsmarknad. Av de utbyggnadsmöjligheter som finns i Järna är Södertuna det bästa större exploateringsområdet. Andra områden som kan vara tänkbara är små, kanske för 20-30 lägenheter. Skall kommunen således satsa på Järna och ett större område är det Södertuna det är frågan om. (Se fig. 6.1).

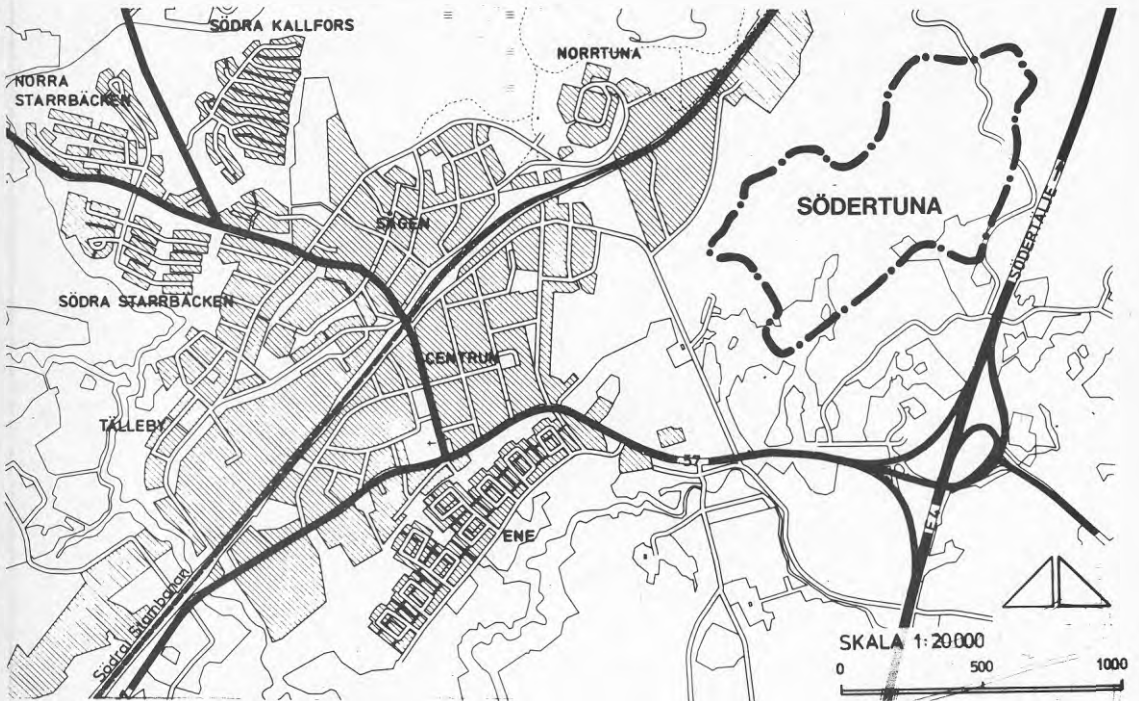


Fig. 6.1. Järna tätort.

I dag finns det ca 1 700 jobb i Järna med omnejd. En relativt omfattande pendling, ca 1 600 personer, från Järna förekommer. De arbetsområden som finns är i stort sett ianspråktaga varför kommunen måste ta fram nya. Ett bra alternativ är att öppna ett arbetsområde i direkt anslutning till Södertuna solvärmeområde. Därigenom kan man också försöka uppnå målet att minska arbetsresorna genom att förlägga arbets- och bostadsområden bredvid varandra.

Järna trafikeras med lokaltåg på linjen Södertälje - Gnesta. Södertuna är tänkt att kopplas på en befintlig busslinje 786, Gnestabussen, för resor till och från Södertälje.

Då Södertuna byggs måste vissa åtgärder vidtas för gatunätet samt för gång- och cykelvägnätet i Järna. I första hand gäller det väg 57 (mot Katrineholm) och gång- och cykelnätet från Södertuna och till Eneskolan (högstadiet).

Ett frågetecken är när en utbyggnad av Järnas vattenförsörjning är erforderlig och hur stor denna utbyggnad måste vara. I vatten-sammanhang måste man se på hur hela den sydvästra kommundelen utvecklas, dvs även Hölö tätort som utnyttjar samma vattentäkt. Planeringsmässigt kan 200 - 300 lägenheter byggas i Södertuna utan att några större förstärkningsåtgärder är erforderliga. Därefter kan investeringar behövas för nytt ytvattenverk och en ny högreservoar med huvudledningar. Avloppet är inga problem då Järna är anslutet till reningsverket vid Himmerfjärden.

För skolan och högstadiet gäller samma som för vattenförsörjningen, dvs att man får se hela sydvästra kommundelen i ett sammanhang. Högstadiet måste utökas i Järna - Hölö. För närvarande lutar det åt att en högstadieskola byggs i Hölö medan Eneskolan och Tavestaskolan i Järna förblir som i dag. För Södertunas låg- och mellanstadieelever skall erbjudas skollokaler i Södertuna. Där får man då tänka sig en successiv utbyggnad.

Samma förhållande skall gälla även för barnomsorgen, dvs den byggs ut i Södertuna för områdets behov.

Beträffande övrig allmän service kommer Södertunaborna i första hand att hänvisas till Järna och i andra hand till Södertälje stad. Det behov man bör tillgodose i Södertuna är i första hand en mindre fritidsgård och bokcafé. Då hela solvärmeområdet byggs kan lokaler för folk- och skolbibliotek och samlingsal bli aktuella som komplettering. Det bör också tilläggas att olika former för samverkan utreds mellan barnomsorg, äldreomsorg, fritids- och kulturverksamhet samt byggherrarnas behov av gemensamma lokaler.

Södertunaborna kommer beträffande den kommersiella servicen att nästan helt hänvisas till Järna eller Södertälje. En mindre livsmedelbutik bör byggas i Södertuna. För Järna Centrum planeras en viss utbyggnad av den kommersiella servicen under 1980-talet.

### 6.2 Områdesplan för Stor-Södertuna (1 000 lägenheter)

Södertuna solvärmeområde med 525 lägenheter är den södra delen av hela Södertuna som planeras för ca 1 000 lägenheter. (Se fig. 6.2). Detta område kommer sannolikt att täcka det behov av nya bostäder i Järna som kommer att finnas fram till sekelskiftet. Solvärmeområdet är då den första delen som tas i anspråk under 1980-talet medan den norra delen först kommer under 1990-talet.

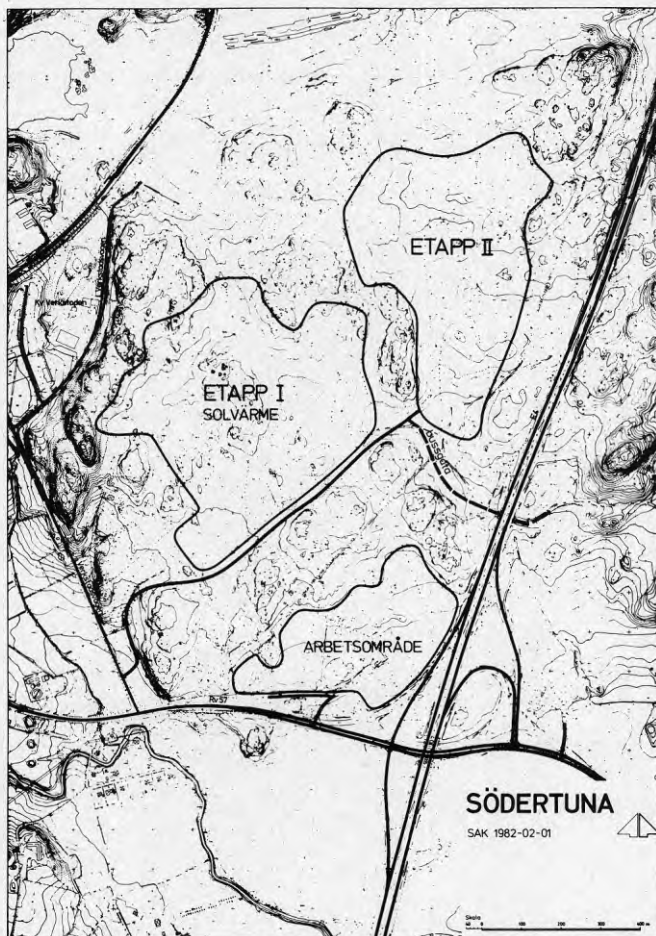


Fig. 6.2. Områdesplan för Stor-Södertuna (1000 lägenheter).



Den norra delen av Södertuna får planeras i detalj senare. Detta gäller exempelvis uppvärmningssätt, utbyggnadstakt, hustyper, lägenhetsstorlekar, byggherrar mm. Det som bör göras i solvärmeområdet för den norra etappen är i princip att vi inte skall omöjliggöra denna fortsatta utbyggnad i form av exempelvis olyckliga dragningar av VA-nätet eller matargatan.

I fortsättningen kommer endast Södertuna solvärmeområde att beröras.

### 6.3 Utveckling av planalternativ

Som nämndes i kapitel 3.5 arbetades i inledningskedet fram tre planskisser - planskiss 1, 2 och 3 - som redovisades i BFR-rapporten om förstudien (BFR 28:1981).

Planläget under 1980 var att planskiss 3 tagits fram (se fig. 6.3). Planförslaget innebar att solfångare placerades på 80-85 % av låghusens sydvända tak. Alla hus är låghus. De resterande 15-20 % frigjordes från solfångare vilket medgav en friare orientering av huskropparna. För husen med solfångare medgavs en avvikelse med 45° från ett rakt söderläge. I skissen ingick ett solvärmesystem med 20 000 m<sup>2</sup> solfångare och en ståltank på 65 000 m<sup>3</sup> som ackumulator baserat på en värmeförsörjning av 15 000 kWh/år och lägenhet.



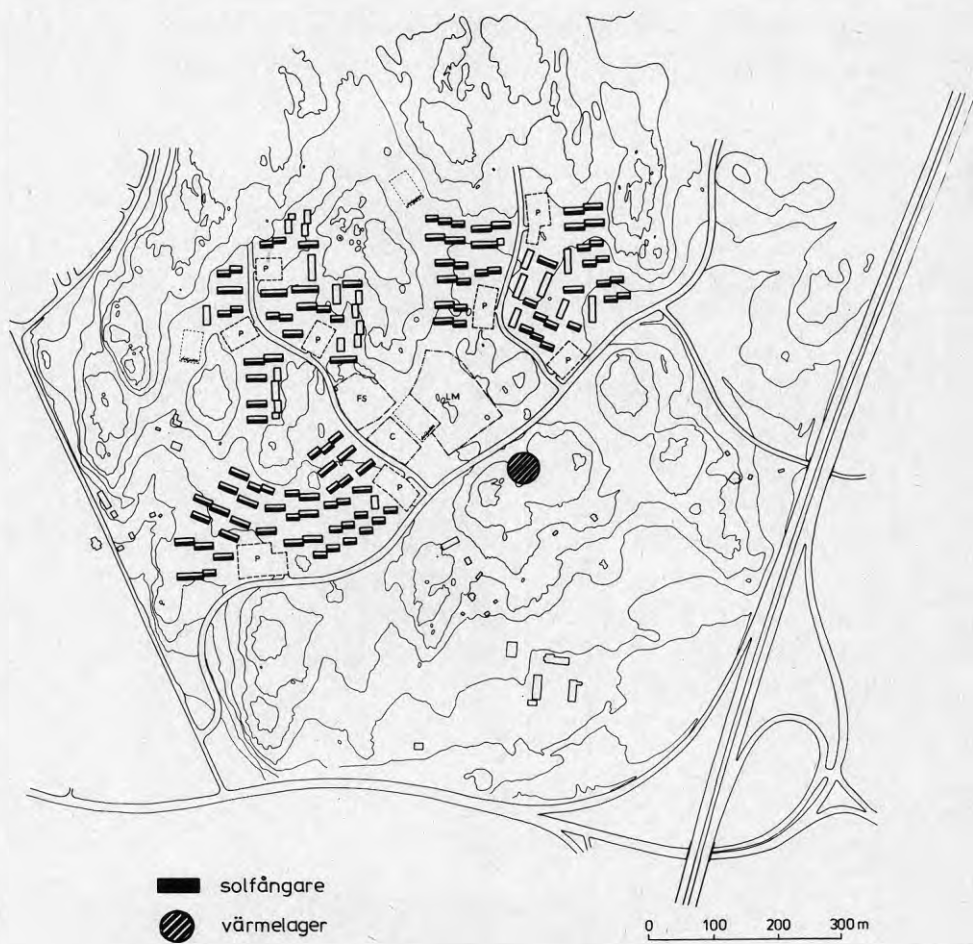


Fig. 6.3. Planskiss 3.

Under början av 1981 arbetade Bengt Hidemark fram ett helt nytt planförslag som även medförde stora förändringar på solvärmesystemet. (se fig. 6.4). Det huvudsakliga argumentet för denna ändring var de inledande diskussionerna om att utnyttja den relativt sett högre solinstrålningen i den långa sydslutningen.

Uppskattningsvis kan detta medföra 1-2<sup>o</sup> högre temperatur inne i lägenheterna med lägre uppvärmningsbehov och eventuellt också en högre boendekomfort.



Fig. 6.4 Planskiss 4.

Innehållet i skiss 4 är i korthet följande. Områdets storlek omfattar fortfarande 500 lägenheter med 240 lägenheter i en ny hustyp - terrasshus - och 260 lägenheter i låghus som tidigare. Solfångare placeras på låghuset med en taklutning av 15 - 16° (7 200 m<sup>2</sup> solfångaryta) och på terrasshuset med 42°:s taklutning (10 000 m<sup>2</sup> solfångaryta). Både ståltank och bergrum är möjliga.

Nyheterna med detta var

- ett 900 meter långt terrasshus med solfångare på taket.
- att åkerpartier frigörs från bebyggelse då slutningen i stället tas i anspråk genom terrasshuset.
- olika lutning på solfångare (15 - 16° på småhus och 42° på terrasshus) för att utnyttja sol under olika delar på solåret.

Underhand har det pågått en diskussion om hur mycket solfångare vi måste ha. I förstudien i den tidigare BFR-rapporten angavs 20 000 m<sup>2</sup> och denna skiss 4 innehöll 17 200 m<sup>2</sup>. I förstudien hade vi räknat med ett värmebehov på 15 000 kWh/år och lägenhet. Strängare byggnormer pekar dock på ett avsevärt lägre värmebehov än dessa 15 000 kWh. Ett avsevärt lägre värmebehov gör också att erforderlig solfångaryta kan reduceras om man antar att solfångaren i övrigt är likadan.

Denna diskussion togs upp på nytt då vi såg möjligheten att kunna befria alla låghus från solfångare och kunna samla solfångarna till taket på terrasshuset. Genom detta kan driften och underhållet på solfångarna förenklas.

En annan fråga som togs upp samtidigt var områdets estetik. Om en större och samlad solfångare byggs (8- 9 meter hög) på ett 900 m långt hus, hur kommer det att se ut och hur kommer folk att trivas där. Ansträngningar bör kanske inriktas på att ta fram en vacker solfångare och eventuellt stycka upp terrasshuset i mindre enheter.

En tredje fråga som omedelbart anmälde sig var terrasshusens byggnadsekonomi.

Den strategi vi fastnade för var att utreda dessa frågor beträffande terrasshuset och att ställa skiss 4 tekniskt och ekonomiskt mot ett förslag med solfångare på 80 % av hustaken med bebyggelse där även högre hus förekommer.

Detta alternativ kallas planskiss 5. Denna skiss innehöll en terrasshusbebyggelse och låghus (båda med solfångare). I detta alternativ lades inte terrasshuset i slutningen utan till viss del på åkern.

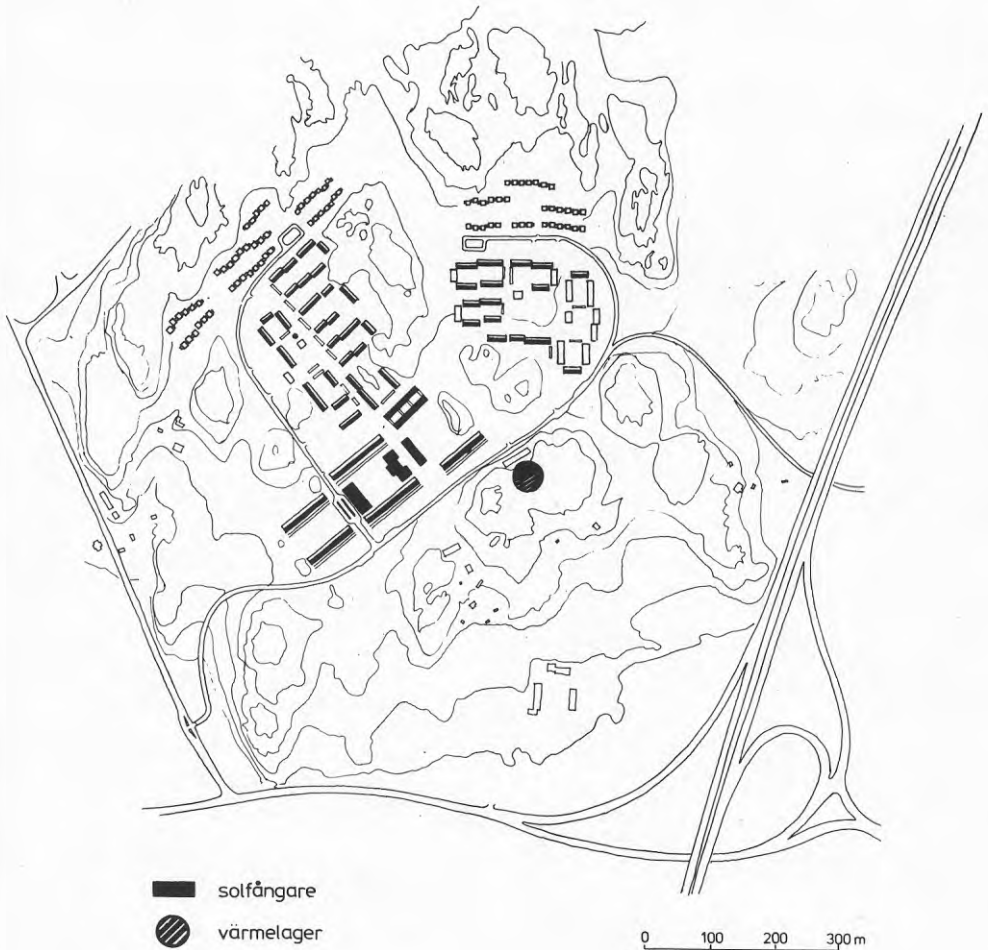


Fig. 6.5 Planskiss 5.

För att klargöra förhållandet mellan värmebehov - solfångaryta - lagerstorlek gjordes inledningsvis en energibalans för en lägenhet. (Se vidare om detta under kapitel 7 "Effekt och energibehov för bostäder och lokaler"). Beräkningarna gjordes för olika antagna behov av tillförd energi, 6-8-10-12 000 kWh/år och lägenhet. De olika energiförbrukningsnivåerna låg också till grund för simuleringsberäkningarna.

Resultaten visade att det med antagna distributions- och lagringsförluster (20 %) var svårt att nå 80 % täckningsgrad med dagens solfångare placerade enbart på terrasshusens tak (ca 11 000 m<sup>2</sup>). Genom att sänka täckningsgraden till 76 % erhöles en något bättre bild. Resultaten av ett antal olika körningar med denna täckningsgrad framgår av fig. 6.6. Av denna figur kan utläsas att vid ett solvärmebehov av 8 000 kWh/lgh och år uppgår den erforderliga solfångarytan till 10 300 m<sup>2</sup> om k-värdet på solfångaren är 5 W/m<sup>2</sup>, K. Detta ger en lagervolym (ståltank) på 40-50 000 m<sup>3</sup>. Om vi antar att ca 13 000 m<sup>2</sup> solfångaryta kan placeras på terrasshusens tak (enligt planskiss 4) kan således alla solfångare - 10 300 m<sup>2</sup> - placeras där.

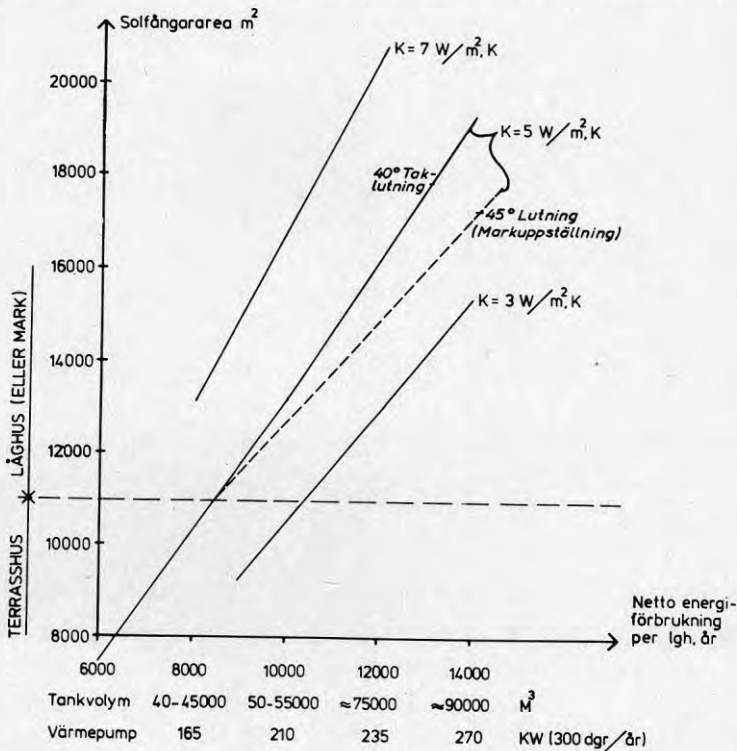


Fig. 6.6. Systemberäkningar i ett tidigt skede.



Om värmebehovet i stället antas vara 10 000 kWh/lägenhet, är blir den erforderliga solfångarytan drygt 13 000 m<sup>2</sup> vid k-värdet 5 W/m<sup>2</sup>,K och 45° taklutning. För att undvika att placera solfångare på andra mindre lämpliga platser (låghus, mark) måste någon av följande insatser göras:

- utökning av solfångarytan på terrasshuset.
- förbättrade solfångare.
- sänkning av energibehovet i lägenheterna.
- ytterligare sänkning av solenergens täckningsgrad.
- reducering av distributions- och lagringsförluster.

Sänkning av täckningsgraden bör ej komma ifråga eftersom den redan är sänkt från 80 % till 76 %. Det är tvärtom så att täckningsgraden om möjligt bör ökas så att det eftersträvande målet nås.

Det vidare arbetet visade att det var möjligt att utöka solfångarytan på terrasshusen med de ca 2 000 m<sup>2</sup> som behövdes. Dessutom ledde en förnyad beräkning av distributionsförlusterna till en sänkning från 15 % till ca 8 % var möjlig om all kulvertdragning kunde göras i terrasshusen.

Dessa åtgärder ledde fram till bedömningen att relativt goda förutsättningar finns att med solfångare enbart på terrasshusen klara energitäckningsgraden 80 %.

Beträffande området estetik konstaterades att det 900 meter långa terrasshuset borde brytas ned i mindre enheter. Denna nedbrytning gav delvis sig själv efter noggrannare studium av naturförutsättningarna. Slutningen är på vissa ställen alltför brant med markerade bergryggar. På ett par ställen samlas stora mängder ytvatten som av vattenbalansskäl bör ledas ner i de lägre partierna. Dessa båda skäl gjorde att 3 släpp gjordes så att det långa terrasshuset delades upp i 4 byggnader.

De båda skisserna - skiss 4 och skiss 5 - ställdes mot varandra tekniskt och ekonomiskt. I båda skisserna är såväl bergrum som stältank möjliga att bygga, varför vi bortser från detta. Samma mängd solfångaryta måste också läggas på i båda alternativen varför vi antar att kostnaderna även för dessa är lika. Ur värmeförsörjnings-synpunkt ligger skillnaden då främst i distributionsnätet.



I skiss 4 erfordras 10 undercentraler, 5 för terrasshusen och 5 för låghusen. Alla solfångare är samlade till terrasshusen. Primärkulverten till samtliga undercentraler består av 2 rör, framledning och retur till uppvärmningssystem och varmvattenberedning. I terrasshusen tillkommer dessutom 2 rör för solfångarkretsen. Sekundärkulverten innehåller 7 rör i terrasshusen och 5 rör i det övriga systemet. Under vår och höst kan värme tas från solvärmekretsen och föras till värmekretsen ute i undercentralerna utan att gå omväg via värmelager.

I skiss 5 är 80 % av de sydvända taken täckta av solfångare. Primärkulverten består av 3 rör, framledning till uppvärmningssystemet och varmvattenberedning, framledning av kallvatten till solfångarna och en gemensam returledning från värmesystem och solfångare. Systemet innehåller 10 undercentraler. Sekundärkulverten innehåller 7 rör. På samma sätt som i skiss 4 kan man under vår och höst ta värme från solvärmekretsen och föra den till värmekretsen ute i undercentralerna utan att först passera värmelagret.

En jämförande kalkyl mellan skiss 4 och skiss 5 medför således lägre kostnad för skiss 4 än för skiss 5 med avseende på distributions-systemet.

Denna kalkyl innebar att det för våra alternativ var billigare att samla ihop solfångarna så mycket som möjligt istället för att sprida ut solfångare på nästan varje hus. Denna slutsats var viktig när det gällde att utveckla ett realistiskt förslag för Södertuna.

Skiss 4 är således att föredra främst ur teknisk synvinkel där den ekonomiska kalkylen styrker under detta. Denna skiss har en enklare reglerteknik och ett enklare underhåll av solfångarna då dessa är samlade på terrasshusens tak med en praktisk rörförläggning. Dessutom gjordes översiktliga beräkningar av produktionskostnaden för husen i de båda figurerna där även hyresnivåerna uppskattades. Även dessa beräkningar ledde till samma resultat, dvs att skiss 4 var bättre än skiss 5.

Även om skiss 4 bedömdes vara bättre än skiss 5 med avseende på kostnaderna och driften av solvärmesystemet, fanns några osäkerheter för den. Detta gäller främst terrasshusen vilket ska behandlas i det nedanstående.

Terrasshusens möjligheter - tekniskt och ekonomiskt - var av avgörande betydelse för planens och hela förslagets möjligheter att förverkligas. Därför måste olika frågor belysas noggrannt. Husens produktionskostnader, bostadskostnader (hyror), grundläggningssätt mm utreddes med anledning av detta. Vi ville således veta ganska väl om det var möjligt att bygga terrasshusen. För detta gjordes relativt sett noggranna markundersökningar och slutningen inmättes. En tomt- och grundberedningskalkyl och pantvärdeberäkning gjordes. Beräkningar över kommunens exploateringskostnader genomfördes.

Även om kalkylen över investeringarna i skiss 4 och skiss 5 hade lett till att det senare förkastats, bedömde vi det som nödvändigt att ha ett realistiskt alternativ till terrasshusförslaget.

Skälen för detta var dels att vi måste kunna jämföra två förslag mot varandra, dels att om inte solvärmesystemet i terrasshusförslaget (skiss 4) skulle gå att förverkliga, så måste vi ha ett realistiskt förslag för att kunna bygga bostäder och trygga bostadsförsörjningen i Järna. Vi valde ett alternativ som skulle vara så enkelt och billigt som möjligt. Ingen aktiv solvärmeteknik skulle användas och heller inga terrasshus. Uppvärmningen blir då konventionell (fjärrvärme) och bebyggelsen består av konventionella låghus (radhus), Detta alternativ kallades för planskiss 6. (Se fig 6.7).

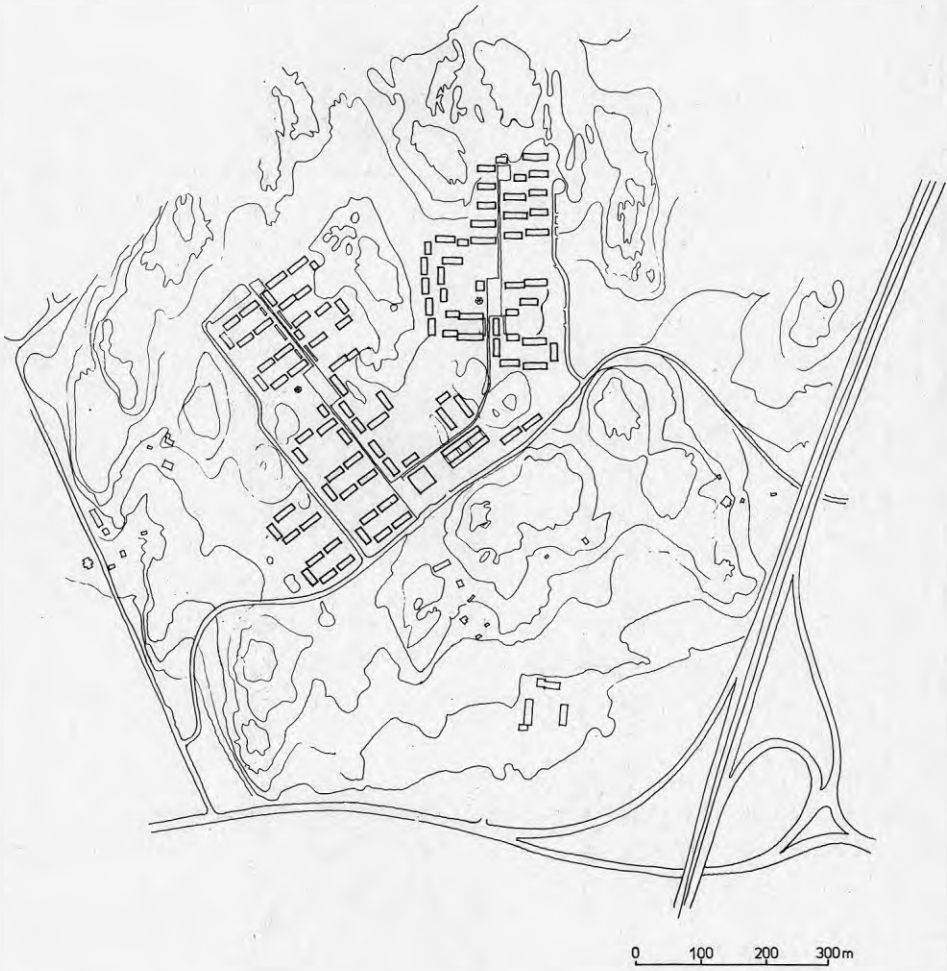


Fig. 6.7 Planskiss 6.

Dessa planalternativ - skiss 4 och skiss 6 - kom därefter att utgöra de planskisser som bearbetades vidare. Skiss 4 med terrasshusen är vårt huvudförslag medan skiss 6 är det bostadsområde som bör byggas om inte aktiv solvärme och terrasshus blir aktuellt. På dessa skisser gjordes därför mera detaljerade beräkningar av byggkostnader och därpå följande hyror. Se vidare om detta under nästa rubrik 6.4 "De två slutliga planalternativen".

Tre alternativa ventilationssystem har också i detalj arbetats fram till kalkylhandlingar. Detta framgår av kapitel 8 "Systemlösning" Slutsatsen av denna studie är att en kall ventilerad torpargrund med ventilationssystem FTX (från-till-växling) är att föredra såväl ur anläggnings- som driftssynpunkt.

#### 6.4 De två slutliga planförslagen

Vårt huvudförslag är skiss 4 i fig 6.4. Den ursprungliga skiss 4 har under arbetets gång ökat något och i viss mån har även planfiguren ändrats. Detta innehåller 215 lägenheter i terrasshus och 310 i låg-hus, totalt 525 lägenheter. Alla solfångare 12 875 m<sup>2</sup> samlas på terrasshusens tak. Alla tre lagertyperna - ståltank, bergrum och borrhålslager - är möjliga.

Mot detta huvudförslag ställs skiss 6, med konventionell uppvärmning (gruppvärmecentral, de första åren baserade på el, därefter fast bränsle) och en konventionell bebyggelse med 452 låghus (radhus).

På dessa planförslag har produktionskostnadskalkyler, pantvärdesberäkningar och hyresberäkningar gjorts. Detta framgår av nedanstående tabell. Alla kostnader anges i prisläge maj 1982.

	Skiss 4	Skiss 6
Prisläge maj 1982	Terrasshus (tkr)	Låghus (tkr)
Markkostnad	12400	12400
Anslutningskostnader	8800	6900
Mark-, byggnads- och installationsarbeten	230000	170000
Projektering inkl kopiering	23000	17000
Byggledning, kontroll besiktningar, utredningar	9000	7000
Budgeterad reserv	27000	19700
Kapitalkostnad under byggtiden	36000	26000
Moms	28000	22000
Avgår för LM-skola	14200	
Produktionskostnad (Pk)	355000	281000
Pantvärde (Pv)	320000	274000
Pk/Pv	1,10	1,02
Uthyrbar yta BRAP m <sup>2</sup>	51300	41100
Kostnad kr/m <sup>2</sup> BRAP	6920	6835
Kapitalkostnader under förutsättning att produk- tionskostnadsbelåning med- ges, kostnad kr/m <sup>2</sup> BRAP	220-235	210-225
Driftkostnad kr/m <sup>2</sup> BRAP	110	110
Kallhyra kr/m <sup>2</sup> BRAP	330-345	320-335

För området har kalkyler även utförts på kommunens exploateringskostnader och serviceinvesteringar. Dessa har beräknats till följande belopp.

(Prisläge maj 1982)	Skiss 4	Skiss 6
	Terrasshus (tkr)	Låghus (tkr)
Mark	2 700	2 400
Administration	2 600	2 300
Lokalgator (matargata, bussgata +   2 lokalgator)	8 000	8 000
Lokalpark	2 300	2 100
Gatubelysning	500	500
Exploateringskostnader (Ek)	16 100	15 300
Tomtpris (Tp) (Inkomst)	16 700	18 000
Ek - Tp	-600	-2 700
Generalplanegator	-	-
Generalplanepark	400	400
VA, generalplan	14 700	14 700
VA, lokalnät	5 700	5 000
VA, anläggningsavgift (Inkomst)	2 500	2 000
El	2 190	2 650
El, anslutningsavgift (Inkomst)	345	550
Värme	9 150	7 100
Skolor (inkl inventarier)	19 200	19 200
Förskolor (inkl inventarier)	6 400	6 400
(brutto)		



Av ovanstående beräkningar av exploateringskostnaderna och serviceinvesteringarna framgår att de båda alternativen uppnår en ganska hygglig kostnadsbild. Flera kostnadsposter har i detta skede beräknats vara lika stora. Skillnaderna mellan planerna består i första hand av att skiss 6 har ett gynnsammare förhållande mellan tomtpris och exploateringskostnader. Detta förklaras främst av att låghuset har bättre belåningsmöjligheter. Vid en jämförelse mellan skisserna bör man dock komma ihåg att skiss 4 innehåller 525 lägenheter medan skiss 6 endast innehåller 452 lägenheter.

### 6.5 Hustyper

Två hustyper planeras i Södertuna. Det ena är terrasshusen (i skiss 4) och det andra är låghuset (i både skiss 4 och 6). Den solmottagande ytan är stor för båda hustyperna. Stora delar av de solorienterade fasaderna är glasade. Eventuellt kan glasade uterum på 15-20 m<sup>2</sup>, "växthus", vara en tänkbar kvalitet. De glasade ytorna mot norr är begränsade jämfört med de glasade ytorna mot söder. Detta gäller både för terrasshuset och låghuset. På detta sätt kan värmeförlusterna genom fönstren begränsas.

Bebyggelsen i Södertuna utgör ett sådant hybridsystem där man först reducerat lägenheternas energibehov genom att placera, gruppera och orientera hus förmånligt med tanke på solmottagning och vindavkyllning. Därtill har lägenheternas våningsyta resp varmhållen och ventilerad rumsvolym minimerats utan avkall på standard och boendekvalitet vilket resulterat i ytterligare ett reducerat uppvärmningsbehov. Genom att slutligen glasa upp söderfasader för ett maximalt solvärmestillskott, utnyttja betongbjälklagens värmelagrande dygnseffekt och välja högisolerade väggar och tak i den starkt begränsade omslutningsytan har man genom passiva åtgärder och med en lägre livstidskostnad reducerat värmeförbrukningen per lägenhet med ca 40 % jämfört med samtida SBN-normhus.

Parallellt med "passiva" åtgärder i husutformning och bebyggelsegruppering har byggnaderna samutvecklats med avseende på de aktiva systemens dimensionering, utformning och integrering med byggnaderna.

De aktiva energisystemen har koncentrerats till terrasshusen där yttertakens ytskikt utgörs av solfångarekomponenter. Den samhallna solfångarytan blir med denna placering i områdets bakre zon minst störande i den byggda miljön.

Såväl solfångare som distributionssystem har med terrasshuslösningen helt integrerats med husen och värmeförluster i systemet tillfaller i stor utsträckning husen vid jämförelse med fristående solfångare och markförlagda ledningssystem.

Ett starkt reducerat värmebehov har i motsvarande grad reducerat erforderlig solfångaryta och årsvärmelager och därmed också anläggning och driftkostnaderna. Lagrets centrala belägenhet i anläggningen utgör en annan kostnadsreducerande faktor för distributionsystemet.

Varje del, passiv som aktiv, i hybridssystemets totallösning har dimensionerats och utformats med målsättningen att i god boendemiljö integrera funktionella, enkla och effektiva försörjningssystem.

Storleken på ytorna i lägenheterna i låghusen är relativt begränsad mot vad som var normalt i nyproduktioner för några år sedan. Som exempel kan nämnas en femrummare på 94,5 m<sup>2</sup>. Trots att lägenheten är ganska snål på ytor bör den upplevas som rymlig då rumsavskiljande väggar begränsats och rummen delvis går i varandra. En möjlighet är att på sydsidan eventuellt kunna bygga ett glasat rum på 15 - 16 m<sup>2</sup>. Sådana glasade rum har byggts i Smålands Taberg utanför Jönköping med goda erfarenheter. (Se fig. 6.8 - 6.9).

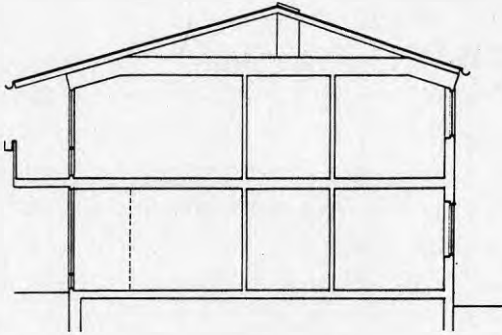


Fig. 6.8 Låghus, sektion.

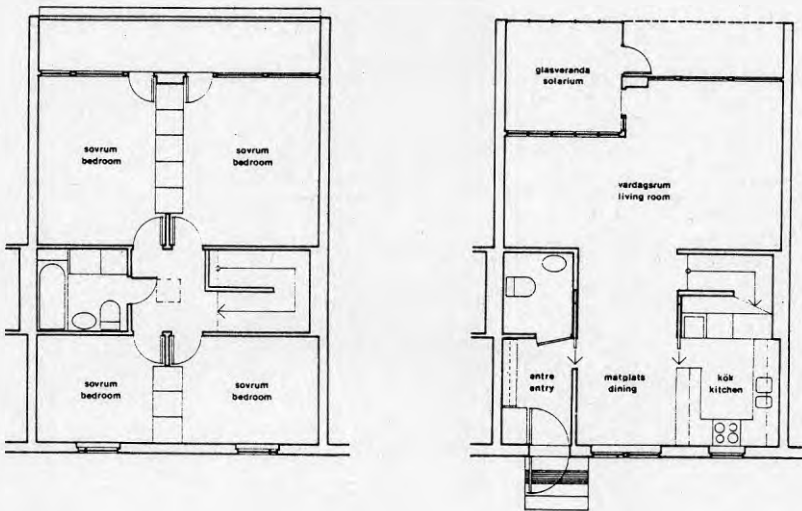


Fig. 6.9 Låghus, planlösning, 5 rum och kök, över och undervåning.

Boendekvaliteterna i låghusen bör kunna bli minst lika goda som i ett vanligt område som inte uppvärms med solenergi. Låghusen kommer ju inte att belastas med solfångare, varför hänsyn till dessa inte behöver tas vid husens orientering. Området kan därmed bli mera omväxlande och variationsrikt. En annan fördel med detta är att de boende i låghusen inte behöver störas för underhåll av solfångarna. De kvaliteter som bör kunna tas till vara med en omsorgsfull projekttering är att utnyttja den passiva solenergitekniken och motverka eventuella problem med vind och låga temperaturer genom att ta hänsyn till de klimatutredningar som finns. Kan man dessutom ekonomiskt lösa frågan om glasade rum bör detta vara ett bra argument för en god boendemiljö. Ekonomiskt är också dessa låghus mycket fördelaktiga då de enligt dagens kalkyler bör kunna byggas till rimliga kostnader och med rimliga hyror. (Se exempel på glasat rum i fig. 6.10).

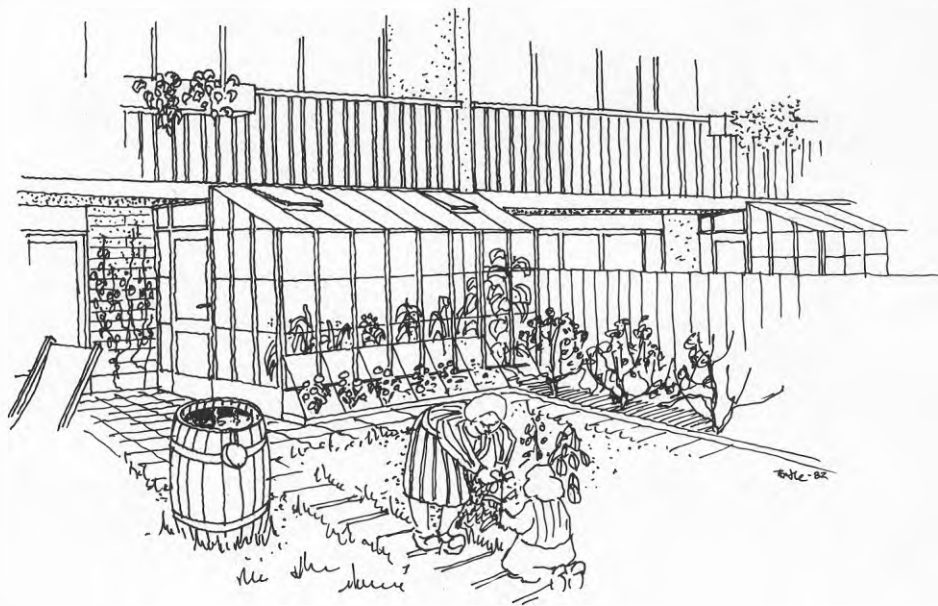


Fig. 6.10 Glasat uterum för ett låghus.

Lägenheterna i terrasshusen blir något större ytmässigt jämfört med lägenheterna i låghusen.

De olika lägenhetsstorlekarna får ungefär följande ytor 2-3-4-5 rum och kök, 60-80-100-120 m<sup>2</sup>. Även för en del terrasshuslägenheter finns möjlighet till glasade rum.

Terrasserna på terrasshusen är i stort sett sydvända varför utetemperaturen där förmodas bli någon eller några grader högre än i den närmaste omgivningen. Detta får också ett minskat värmebehov i lägenheterna till följd och även en ökad användning av terrasserna (tidigare på våren och senare på hösten).

Entreéerna till varje bostad i terrasshuset sker via en "loftgång" på terrassens framsida. På så sätt når man entrédörren över en förgård på husens sydsida. Med denna entrélösning kan var och en få en naturlig social kontakt med övriga boende.

Terrasshus som sådana har tagits emot positivt där de har byggts i Sverige de senaste åren. Ofta uppvisar dock dessa hus en något besvärande kostnadsbild, men detta har vi i Södertuna försökt komma till rätta med dels genom grundläggningssättet på plintar och med en kall ventilerad torpargrund, dels genom ett spännbalkbjälklag. Så långt vi kan bedöma idag bör terrasshusen kunna byggas till överkomliga produktionskostnader och med drägliga hyror.

Spännbalkssystemet är en effektiv och ekonomisk metod att bygga säkra och täta bjälklag. Stomsystemet är helt i betong. Bjälklaget blir plant, tätt och sprickfritt.

Ofta när terrasshus byggs blir lägenheterna enkelsidiga, dvs man har fönster endast åt ett håll. Detta har vi försökt motverka så långt som möjligt. Cirka hälften av lägenheterna är genomgående. För ytterligare några lägenheter har vi försökt åstadkomma solljus från syd och väst respektive syd och öst. Under arbetets gång har synpunkter framförts om att terrasshusen skulle bli dominerande i terrängen. Detta har åtgärdats genom att 3 släpp lämnats och att således 4 mindre hus byggs istället för ett sammanhängande.

Terrasshusen slingrar sig fram längs sluttningen och skyms delvis av bergspartier, varför man aldrig kommer att se alla hus samtidigt. Farhågorna om terrasshusens dominans bör således vara kraftigt överdrivna. Se nedanstående figurer 6.11-6.23.

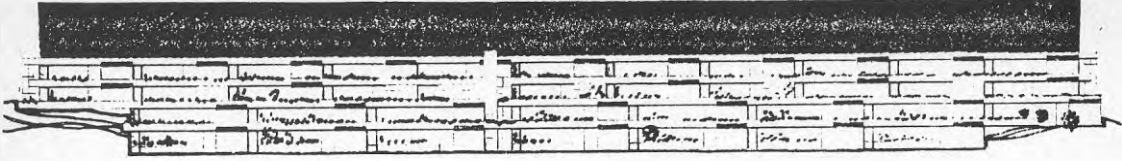


Fig. 6.11 Enhet om 36 lägenheter i ett terrasshus, fasad mot fram-  
sidan, hisstorn i mitten, solfångare på taket

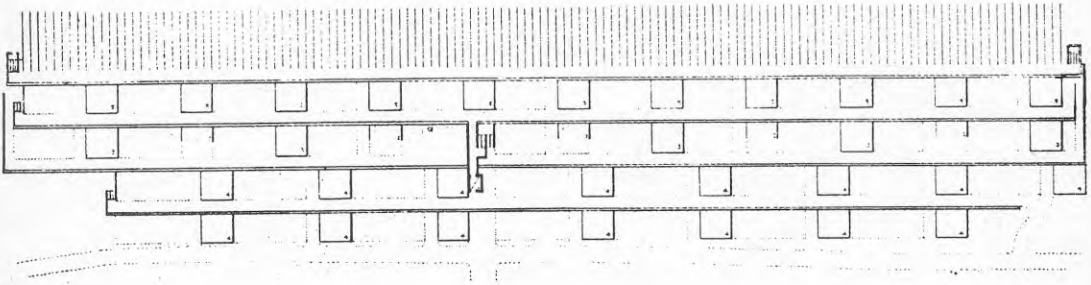


Fig. 6.12 Terrasshuset. Plan av enhet om 36 lägenheter. 1:a och 2:a  
våningen består av fyrrummare, 3:e våningen av 2:or och  
3:or samt 4:e våningen av femrummare.

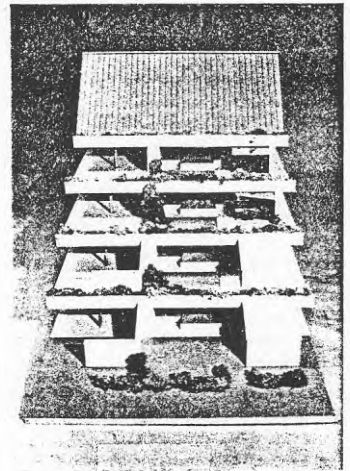


Fig. 6.13 Terrasshuset, modell  
av enhet med 4 lgh  
och solfångare högst  
upp.



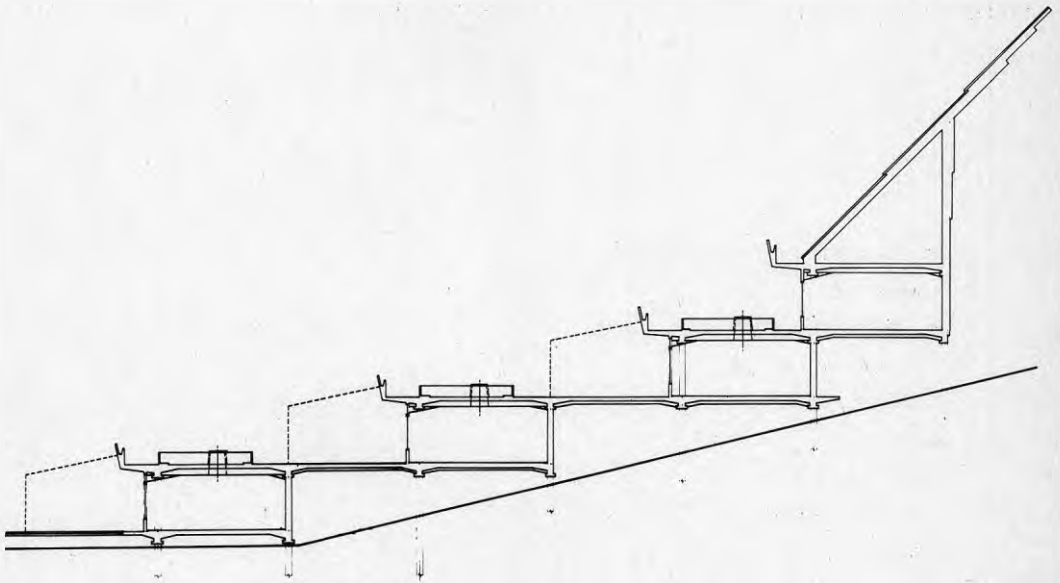
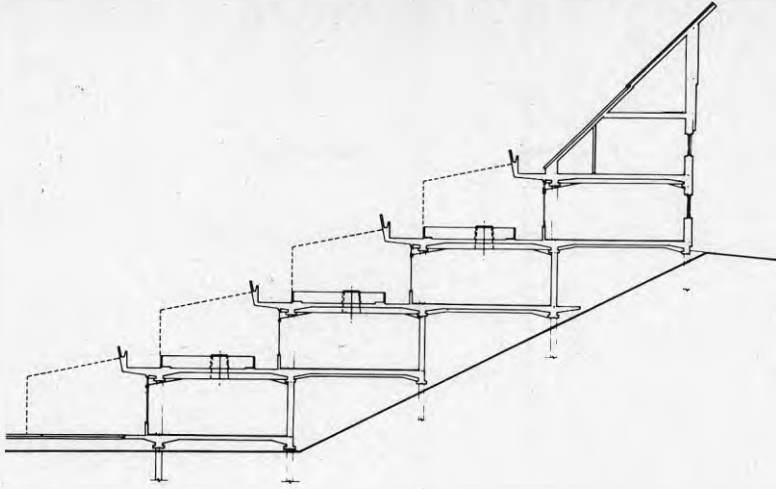
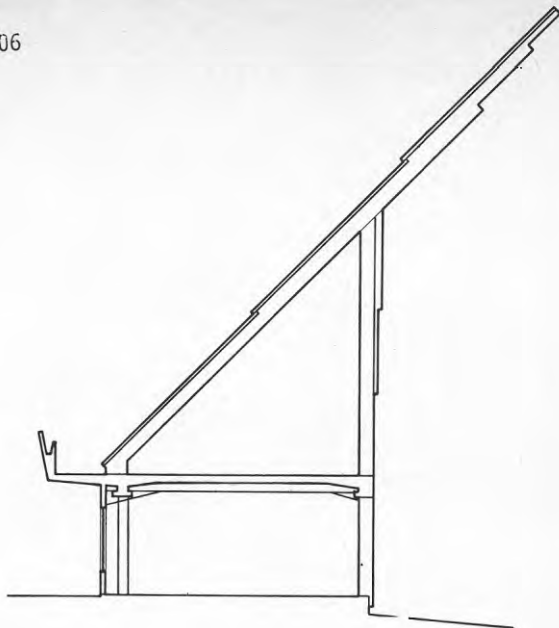
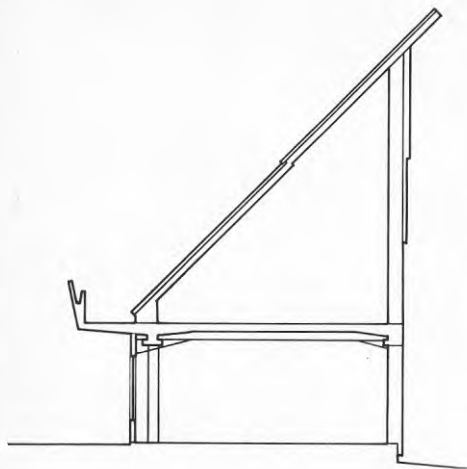


Fig. 6.14 a och b: Terrasshuset, sektioner i olika avsnitt med olika lutning på slutningen.



a. Den vanligast förekommande sektionen. Utrymmet under solfångaren utnyttjas för övre våningen till en 5-rummare (2 sovrum och badrum).

b. Denna sektion förekommer på två ställen av terrasshuset. Utrymmet under solfångaren utnyttjas som bostadslägenhet.

c. Denna sektion förekommer längst norr-ut längs terrasshuset, mot en ev. stål-tank. Utrymmet under solfångaren utnyttjas dels som apparatrum för värmelager och värmepump.

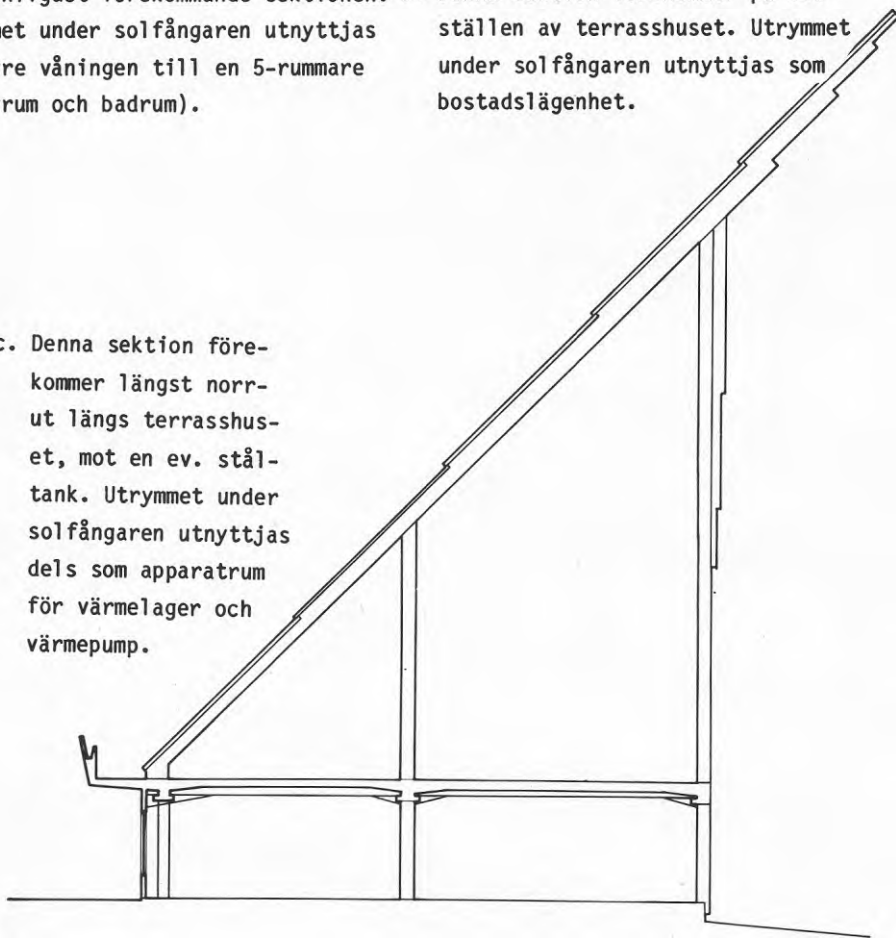


Fig. 6.15 a-c Terrasshuset, sektioner på soltriangeln.

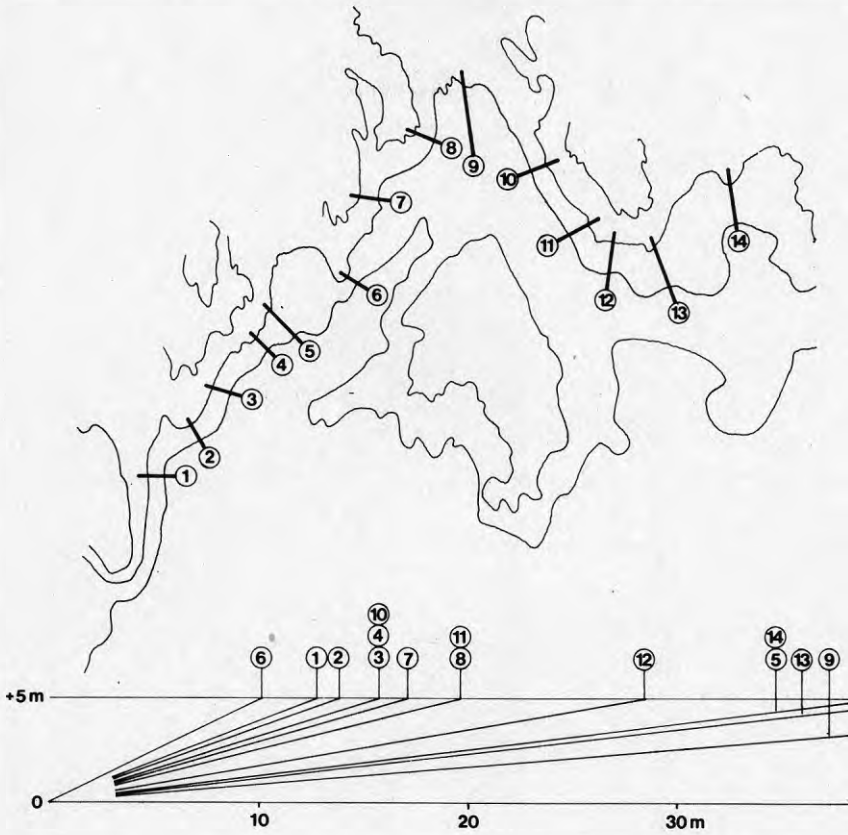


Fig. 6.16 Diagram över lutningen för den sluttning där terrasshusen placeras. Lutningen är 1:2 till 1:8 där 1:3-1:4 är den vanligast förekommande lutningen.

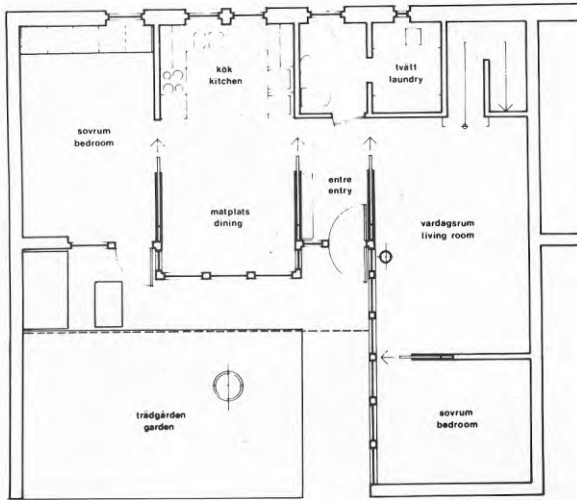
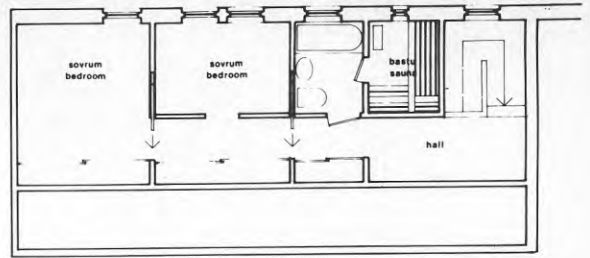


Fig. 6.17 Terrasshus, planlösning för 5-rummare, över- och under-våning.

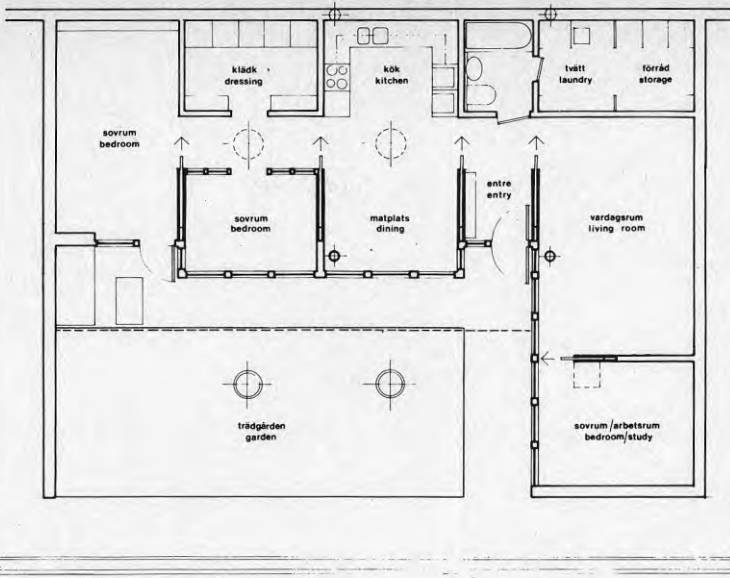


Fig. 6.18 Terrasshus, planlösning för 4-rummare.

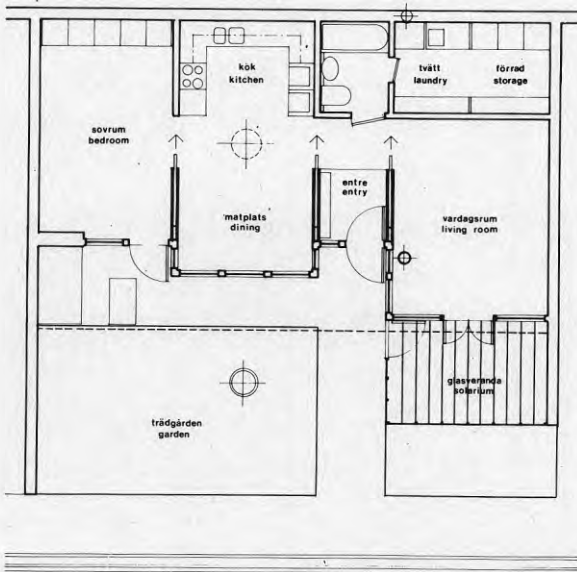


Fig. 6.19 Terrasshus, planlösning för 2-rummare med möjlighet till glasat uterum.

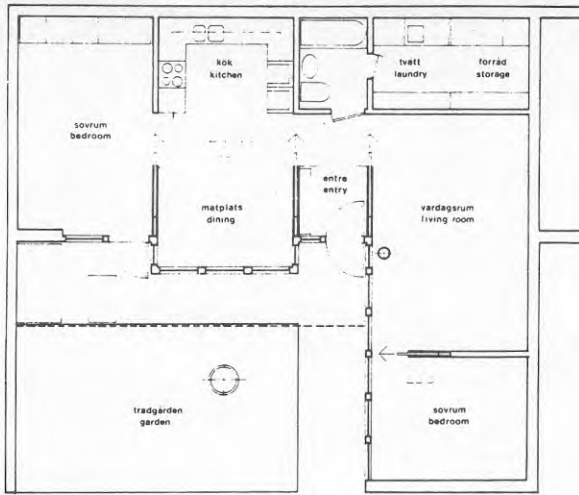


Fig. 6.20 Terrasshus, planlösning för 3-rummare.

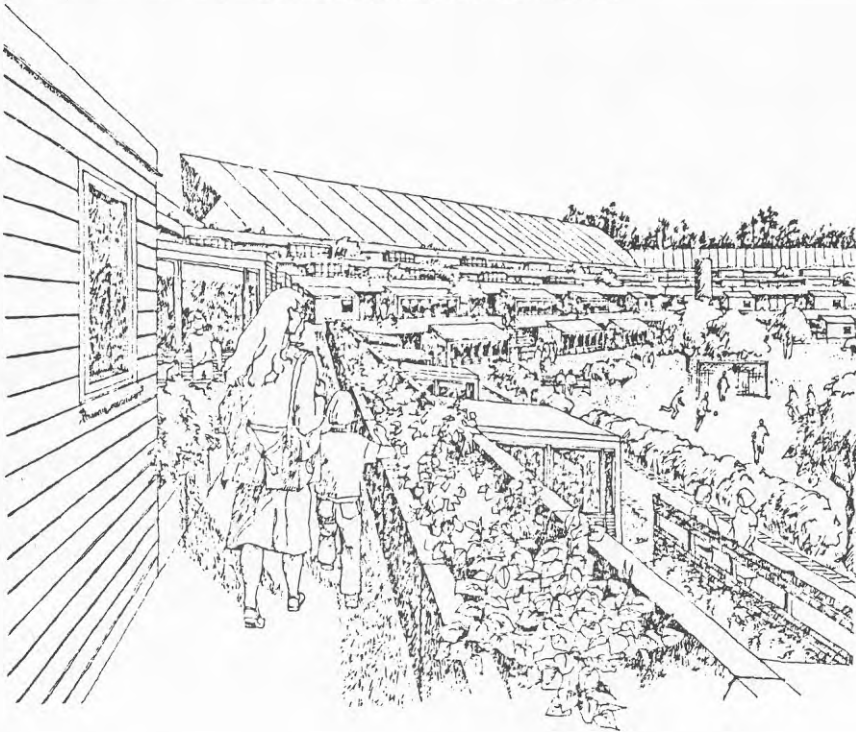


Fig. 6.21 Entréer till lägenheterna i terrasshusen längs en "loftgång".



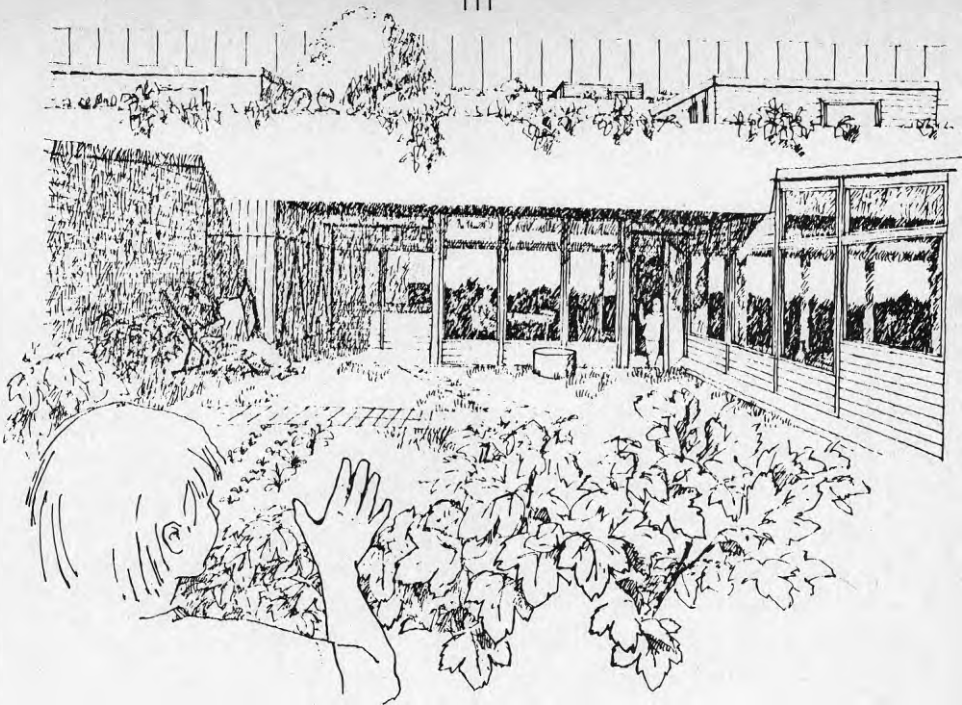
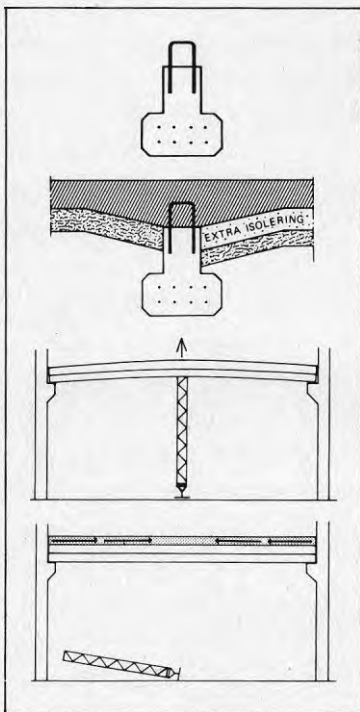


Fig. 6.22 På terrasshusens framsida/sydsida finns en planterad för-gård och eventuellt ett glasat uterum.



6 a Spännbalk

6 b Spännbalkkonstruktion

6 c Överhöjning av spännbalken. Konstruktionen sänks i takt med plattans härdning.

6 d Sänkning av spännbalkkonstruktionen

Fig. 6.23 Spännbalkssystemet.

### 6.6 Lägenhetsstorlekar och etapputbyggnad

För hela Södertuna ska lägenheternas storlekar fördelas enligt

30 %	2-3 rum och kök
40 %	4 - " -
30 %	5 - " -

Inom terrasshusdelen och låghusdelen får man tänka sig att gå ifrån denna fördelning något, dock att den skall gälla för området som helhet. En svårighet uppstår nämligen i att åstadkomma små lägenheter i terrasshusen. Avvikelsen kommer inte att vara större än några procentenheter. Denna avvikelse i terrasshusdelen får då kompenseras i låghusdelen med en större andel små lägenheter.

Då Södertunaplaneringen inleddes skulle området byggas ut i stort sett på en gång, dvs under kanske 2 år. Den allmänna nedgången i bostadsbyggandet i landet, kostnadsutvecklingen inom bostadsbyggandet och den sänkta privata standarden tillsammans med arbetsmarknadsproblemen har gjort att dessa optimistiska planer måste omprövas. För Södertuna innebär detta att området måste byggas ut etappvis under ett flertal år.

För Södertuna har vi fastnat för följande strategi för utbyggnaden. Med tanke på Södertunas läge - 2 km till Järna och 15 km till Södertälje - måste en ganska ordentlig första deletapp byggas på en gång för att inte området skall upplevas som "utkastat i skogen". Vi har antagit att minst 300 lägenheter måste komma igång för att över huvud taget bygga Södertuna. Den första deletappen i vår planering omfattar 344 lgh. Dessa lägenheter skall då byggas upp under högst 2 år tillsammans med en viss allmän och kommersiell service. Samtidigt som beslut tas om när dessa första 344 lägenheter skall byggas, måste beslut också fattas om att även de resterande ca 200 lägenheterna skall byggas inom överskådlig framtid. Däremot behöver man inte exakt veta när. Denna första deletapp med 344 lägenheter skall utformas så att det kan fungera självständigt under en övergångsperiod även med avseende på solvärmesystemet.

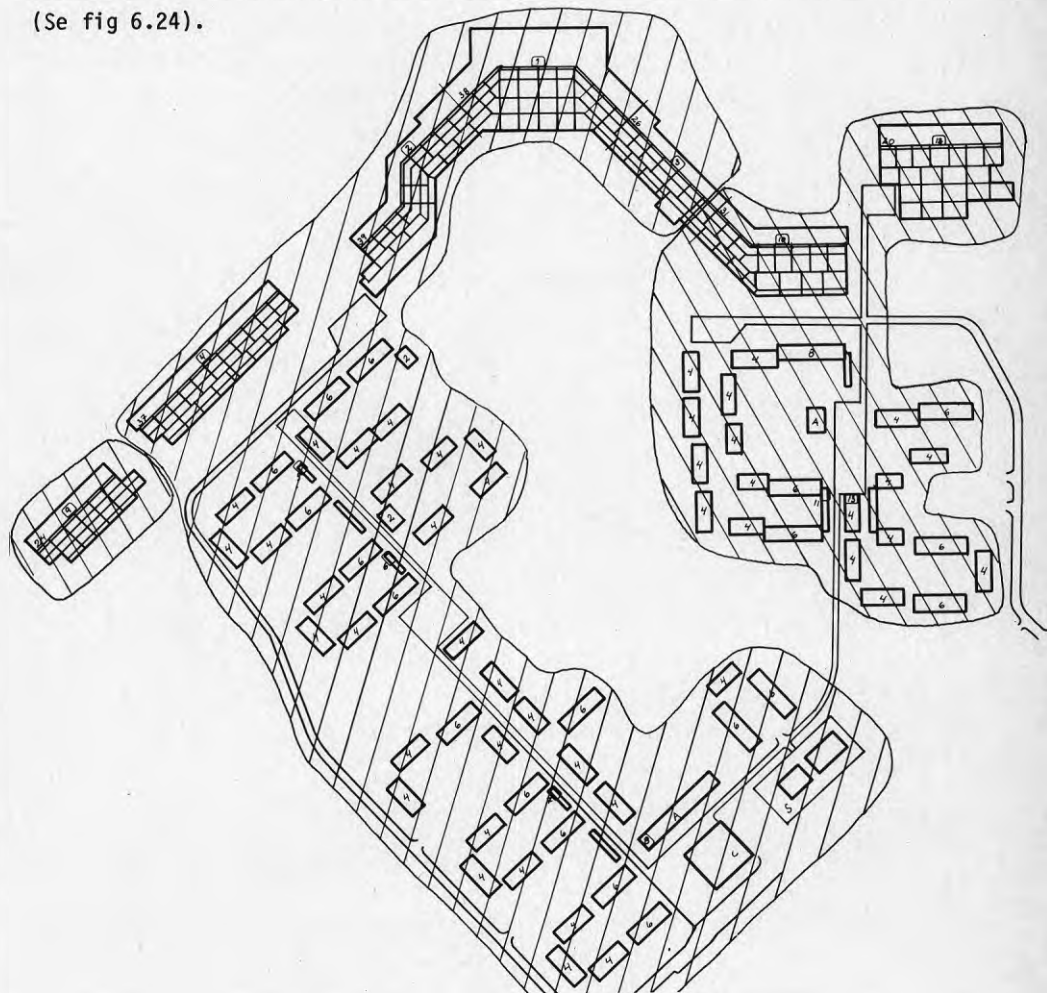
I denna rapport antas att den första deletappen om minst 344 lägenheter byggs under 1986-1987.

Av dessa lägenheter är 140 i terrasshus och 204 i låghus.

Den andra deletappen om 200 lägenheter byggs senare. I denna rapport antas 181 lägenheter byggas under 1988-1989, varav 75 i terrasshus och 106 i låghus.

Därmed skulle Södertuna solvärmeområde vara färdigbyggt och inflyttat 1990 med 525 lägenheter, varav 215 i terrasshus och 310 i låghus.

(Se fig 6.24).



	Terrasshus	Låghus	Totalt
Deletapp 1	140	204	344
Deletapp 2	75	106	181
Totalt Södertuna solvärmeområdet	215	310	525

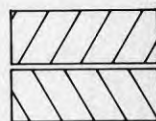


Fig. 6.24 Antagen utbyggnadstakt för Södertuna solvärmeområde.

### 6.7 Ståltank och landskapsbild

Värmelagret i det här fallet en ståltank, har vid diskussioner ofta ansetts som ett miljömässigt problem. Skälet för detta har varit dess stora volym, ca 40 meter hög och 40 meter diameter. Frågan har varit hur den kommer att upplevas i landskapet sett bl a från Järna samhälle och från motorvägen.

Ballongstudier har gjorts för att konstatera detta. En stor ballong har skickats upp till en höjd motsvarande tankens topp. Genom okulärbesiktning och fotografiering har konstaterats varifrån man kommer att se tanken. Den har sedan illustrerats på bilder från vissa punkter.

Tankens placering på terrasshusets baksida i dal omgiven av skogbevuxna kullar gör att själva tanken inte dominerar påtagligt på någon punkt i Järna. Endast Norrtunaborna och norrgående trafikanter på motorvägen ser något av ståltanken och solfångarna.

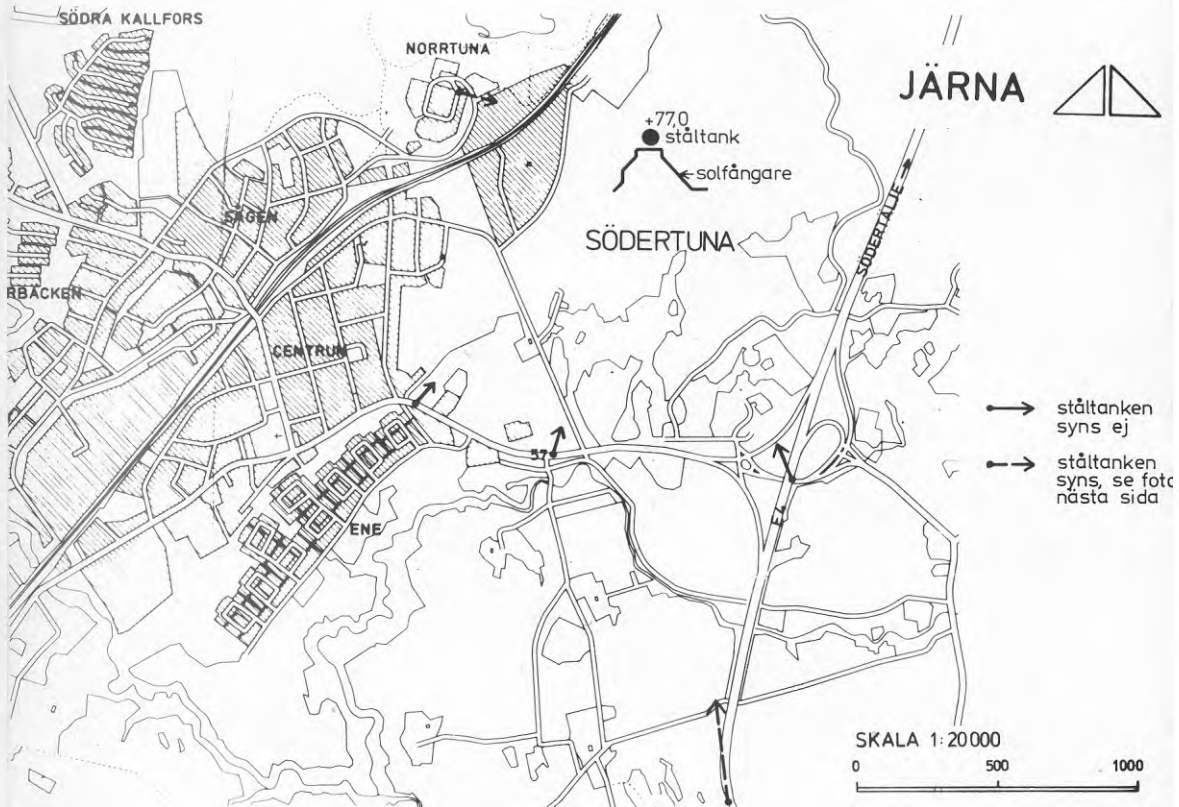


Fig. 6.25 Fotopunkter för studie av ståltankens påverkan på landskapsbilden.





Fig. 6.26 Foto från Norrtuna. Ståltank och solfångare syns.

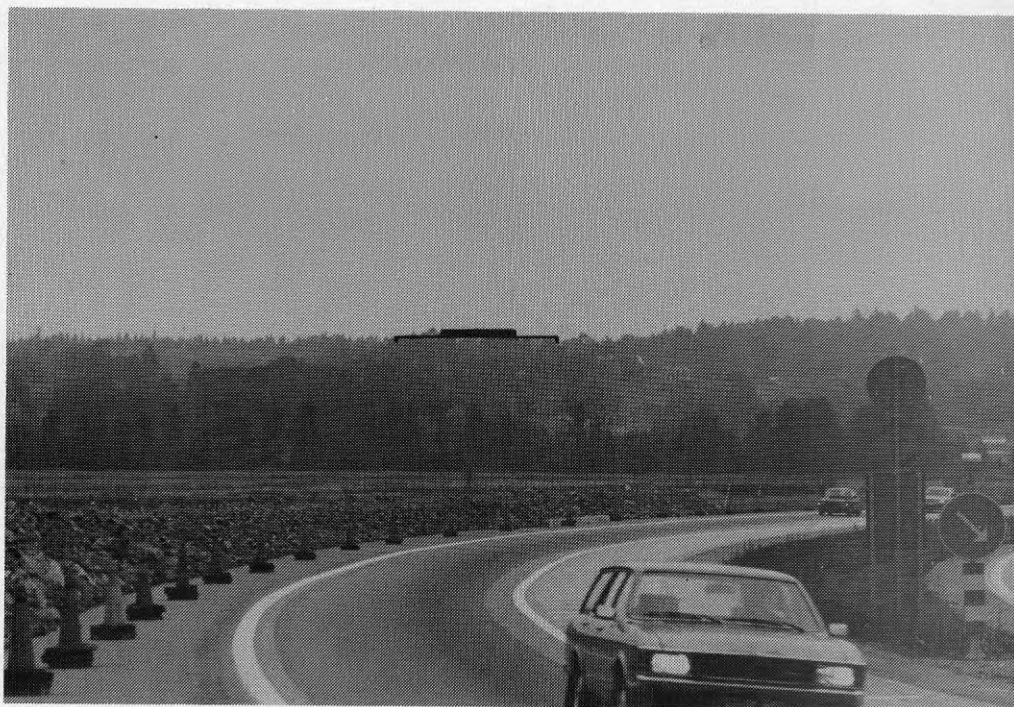


Fig. 6.27 Foto från motorvägen. Solfångare syns.

## 7. EFFEKT OCH ENERGIBEHOV FÖR BOSTÄDER OCH LOKALER

### 7.1 Allmänt

Behovet av bostäder styrs av befolknings- och hushållningsförändringar, befolkningsomflyttningar, hushållsekonomi och konsumtionsmönster samt kostnaderna för boendet. För att kunna ta hänsyn till dessa osäkerheter avses Södertuna byggas i två etapper med start 1986. Tanken är att den första etappen ska vara fristående och att exploateringen ska kunna avbrytas om svårigheter med att placera lägenheterna uppstår.

Följande etappindelning är tänkbar, deletapp 1 byggs under tiden 1986 till 1987 bestående av

204 lgh i låghus  
 140 " " terrasshus  
 3 500 m<sup>2</sup> lokaler (skola, butiker mm)

Deletapp 2 byggs under tiden 1988 till 1989

bestående av 106 lgh i låghus  
 75 " " terrasshus

Därmed skulle Södertuna vara färdigbyggt och inflyttat 1990.

För uppvärmningssystemet innebär detta att ca 70 % av effektbehovet för värme och varmvatten kommer under etapp 1 resterande 30 % under etapp 2. Samma förhållande gäller för energiförbrukningen. För att eneriproduktionen från solfångarna ska korrespondera mot energiförbrukningen byggs solfångarytorna ut med 70 % under etapp 1 och 30 % under etapp 2, 9000 resp 4000 m<sup>2</sup>. På liknande sätt byggs lagervolymer och värmepumpeffekten ut i två etapper. Här är det lämpligt att etapperna blir lika stora. Antalet värmeundercentraler för deletapp 1 blir 3 st (nr 1-8) och för deletapp 2 5 st (nr 9-13). Se avsnitt 8.3.



Nedan ses effekt- och energibehov för resp deletapp.

Deletapp	Värme		Varmvatten		Solfångare		
	kW	MWh	kW	MWh	kW	MWh	m <sup>2</sup>
1	1230	2020	1320	1520	4483	2958	9000
2	555	815	1505	710	1955	1290	4000
Totalt	1785	2835	1930*	2230	6438	4248	13000

\* värdet är sammanlagrat.

Beräkningar av ekonomisk isolering har visat att 8 % förluster i kulvert-nätet är ett rimligt antagande.

För alternativet med en välisolerad ståltank har 5 % förluster antagits.

För hela uppvärmningssystemet inklusive solvärmesystemet har beräkningarna utförts med hänsyn till 13 % förluster.

Summa effektbehov inkl 13 % förluster 4198 kW

Summa energibehov inkl 13 % förluster 5723 MWh

## 7.2 Effektbehov - inledning

För att beräkna byggnadernas uppvärmningsbehov har en handberäkningsmetod med utnyttjande av graddagar använts. Svårigheten med handberäkningsmetoder är att på rätt sätt bestämma och ta hänsyn till sk gratisvärme från varmvatten, hushållsel, personvärme och till solinstrålning genom fönster. Denna gratisvärme kan delvis utnyttjas för byggnadernas uppvärmning beroende på hur tillsatsvärmens regleras. Om gratisvärmens är tillräcklig för att upprätthålla önskad temperatur blir tillsatsvärmens noll. Är gratisvärmens större än värmebehovet stiger inomhustemperaturen. Beroende på byggnadens värmetröghet stiger temperaturen olika snabbt. En lämpligt vald solavskärmning kan också minska olägenheterna av alltför hög solinstrålning.

Om man antar att stationärt tillstånd råder dvs att ingen in och urladdning av värme i byggnadsstommen pågår kan en värmebalans för en lägenhet ställas upp.

Ekvationen lyder

$$P = P_t + P_v$$

$P$  = Totalt värmebehov (kW)

$P_t$  = Värmeeffektbehov för transmission (kW)

$P_v$  = Värmeeffektbehov för ventilation (kW)

Vid bestämningen av hela byggnadens värmebehov tas även hänsyn till effektbehovet för beredning av tappvarmvatten.

Beräkningarna har utförts för ett låghus i 2 våningar med 94 m<sup>2</sup> vy och lägenhet i terrasshus 3 rum och kök med 75 m<sup>2</sup> vy. Summeringen har gjorts för deletapp 1 och 2 varvid hänsyn till förekommande husgavlar har tagits.

## 7.3 Transmissionsförluster

Värmetransmissionen genom en byggnadsdel kan beräknas med ganska stor säkerhet. Det som i huvudsak kan påverka värmegenomgången i en given byggnadsdel är kvaliteten på arbetet vid utförandet. I beräkningarna förutsätts rumsluftens temperatur vara 20°C.

Följande ekvation har använts vid beräkningarna.

$$P_t = K \cdot A \cdot (t_i - t_u) / 1000$$

$P_t$  = Värmeeffektbehov (kW)

$K$  = Värmeövergångskoefficient ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$A$  = Area för resp byggnadsdel ( $m^2$ )

$t_i$  = Rumsluftens temperatur ( $^\circ C$ )

$t_u$  = Utomhusluftens temperatur ( $^\circ C$ )

Deletapp 1 består av 204 lägenheter i låghus och 140 lägenheter i terrasshus samt 3500  $m^2$  lokaler (skola, butiker).

Deletapp 2 består av 106 lägenheter i låghus och 75 lägenheter i terrasshus.

Månad	Dygnsmedeltemp utomhus $^\circ C$	Låghus kW	Terrasshus lgh kW	Lokaler kW	Etapp 1 kW	Etapp 2 kW	Summa kW
Jan	-4,0	1,52	1,20	73	551	251	802
Feb	-4,4	1,54	1,22	74	559	255	814
Mars	-2,1	1,40	1,11	67	508	232	740
April	3,3	1,05	0,84	51	383	174	557
Maj	9,2	0,68	0,54	33	247	113	360
Juni	13,9	0,39	0,31	19	142	65	207
Sept	11,2	0,56	0,44	27	203	92	295
Okt	6,1	0,88	0,70	42	320	146	466
Nov	1,9	1,14	0,91	55	415	189	604
Dec	-0,9	1,32	1,06	64	482	219	701
LUT	-18	2,40	1,90	116	873	398	1271

Fig 7.1 Månadsmedelvärden av transmissionsförluster.

#### 7.4 Ventilationsförluster

Ventilationssystemet, vilket beskrivs i kap. 8.23, är av typen FT med värmeåtervinning. En realistisk temperaturverkningsgrad för återvinningsaggregat är 65 %. I beräkningarna förutsätts tilluftstemperaturen vara 20°C.

Beräkning av effektbehovet för värmning av luft kan beräknas med ekvationen:

$$P_V = q \times \rho \times C_p \times (1 - \eta) \times (t_i - t_u) \times 1000 + P_I$$

$P_V$  = Värmeeffektbehov (kW)

$q$  = Luftflöde (l/s)

$\rho$  = Luftens densitet (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  = Värmekapacitiviteten (kJ/kg x K)

$\eta$  = Temperaturverkningsgraden

$t_i$  = Tilluftens temperatur (°C)

$t_u$  = Utomhusluftens temperatur (°C)

$P_I$  = Effekt för värmning av infiltrerad luft (kW)

Värmeförlusterna genom ofrivillig ventilation s k infiltration är svåra att bestämma. Vid kraftig blåst uppstår krafter p g a tryckskillnad mellan en byggnads vind- och läsida. Exakt hur dessa krafter påverkar den ofrivilliga ventilationen är dock osäkert då både vindstyrka och vindriktning varierar. Dessutom varierar husplaceringen i naturen, vegetationsskyddet och omgivande bebyggelse. Byggnadens konstruktion med avseende på täthet, inverkar också starkt på förlusterna. Stora ansträngningar måste göras för att få en tät byggnadskonstruktion och uppförandet måste ske med stor noggrannhet. Täthetsprovning enligt SP 1977:1 utföres.

För ett lågenergihus kan förlusterna p g a infiltration bli ca 1/10 del av totala effektbehovet för uppvärmning och ventilation, detta beräknat för en luftomsättning på 0,1 gånger rumsvolymen per timme. (Enligt Svensk byggnorm behöver dock ingen hänsyn tas till infiltration vid beräkning av installerad effekt).

En metod för att uppskatta förlusterna är att anta att luftläckage endast förekommer genom springor vid fönster och dörrar, mäta springlängden och använda en beräkningsformel av typen

$$V = K \times L \times (P)^N$$

V = Infiltrerat luftflöde

L = Springlängd

P = Tryckdifferens över byggnaden

K och N är konstanter

Därefter kan effektbehovet för värmning av infiltrerad luft beräknas.

Här har en mer överslagsmässig metod använts.

$$P_I = 0,1 \times V \times \rho \times C_p \times (t_i - t_u) / 3600$$

$P_I$  = Effekt för värmning av infiltrerad luft (kW)

V = Rumsvolym (m<sup>3</sup>)

$\rho$  = Luftens densitet (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  = Luftens värmekapacitet (kJ/kg x K)

$t_i$  = Rumsluftens temperatur (°C)

$t_u$  = Utomhusluftens temperatur (°C)

Här har den ofrivilliga luftomsättningen satts till 0,1 omsättning per timme.

Månad	Dygnsmedel- temp utomhus °C	Låghus kW	Terrass- hus 1gh kW	Lokaler kW	Ettapp 1 kW	Ettapp 2 kW	Summa kW
Jan	-4,0	0,57	0,51	38	226	99	325
Feb	-4,4	0,58	0,52	39	230	100	330
Mars	-2,1	0,52	0,47	35	207	90	297
April	3,3	0,40	0,35	26	157	69	226
Maj	9,2	0,26	0,23	17	102	45	147
Juni	13,9	0,14	0,13	10	57	25	82
Sept	11,2	0,21	0,19	14	83	37	120
Okt	6,1	0,33	0,29	22	130	57	187
Nov	1,9	0,43	0,38	29	169	74	243
Dec	-0,9	0,50	0,44	33	196	86	282
LUT	-18	0,90	0,80	60	357	157	514

Fig 7.2 Månadsmedelvärden av ventilationsförluster.

### 7.5 Effektbehov för varmvatten

Varmvatten ska enligt SBN 1980 ha en temperatur av minst 45 °C. Detta kan motiveras med att det bl a är svårt att diska bort fett vid lägre temperatur. Varmvatten för personlig hygien får inte överstiga 65 °C. Med personlig hygien avses här alla varmvattenuttag i bostäder. Dimensionering av värmeväxlare, distributionssystem, primärvattentemperatur måste utföras så att temperaturen på tappvarmvattnet i det längst bort belägna tappstället aldrig underskrider 45 °C.

Av största väsentlighet för dimensioneringen är att känna förbrukningen. För att bestämma den installerade effekten används de godtagna normflöden för olika installationsenheter som föreskrivs i SBN 80. Dessa sammanlagras till ett sannolikt flöde. Se fig.7.3. Kallvattentemperaturen i Stockholms vattenledningsnät visas i fig. 7.4.

SANNOLIKT VATTENFLÖDE l/s

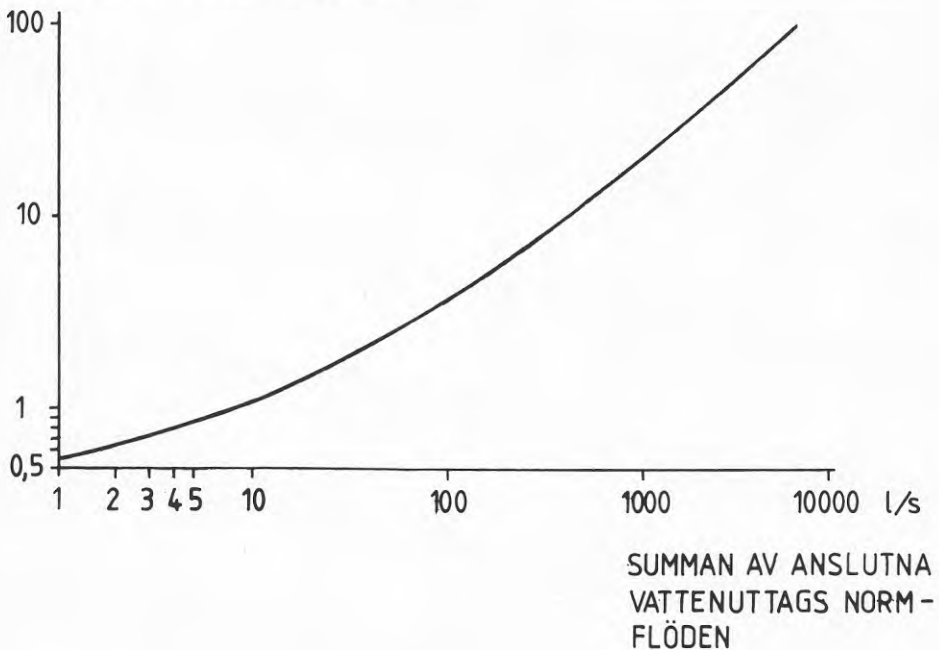


Fig. 7.3. Godtaget sannolikt flöde.



Effekten bestäms sedan enligt

$$P_{VV} = q \times C_p \times (t_{VV} - t_{KV})$$

$P_{VV}$  = Effekt för varmvattenberedning (kW)

$q$  = Sannolikt flöde (l/s)

$C_p$  = Vattens värmekapacitet (kJ/kg x K)

$t_{VV}$  = Varmvattentemperaturen (°C)

$t_{KV}$  = Kallvattentemperaturen (°C)

För fördelningsledning till lägenhet har det summerade normflödet satts till 0,8 l/s för såväl varmt som kallt vatten oavsett om en summering av normflödena skulle ge större flöde.

Totalt effektbehov för tappvarmvatten

Deletapp 1 1320 kW, sammanlagrat för 344 lgh

Deletapp 2 747 kW, sammanlagrat för 181 lgh

Summa för deletapp 1 och 2 1930 kW, sammanlagrat för 525 lägenheter.

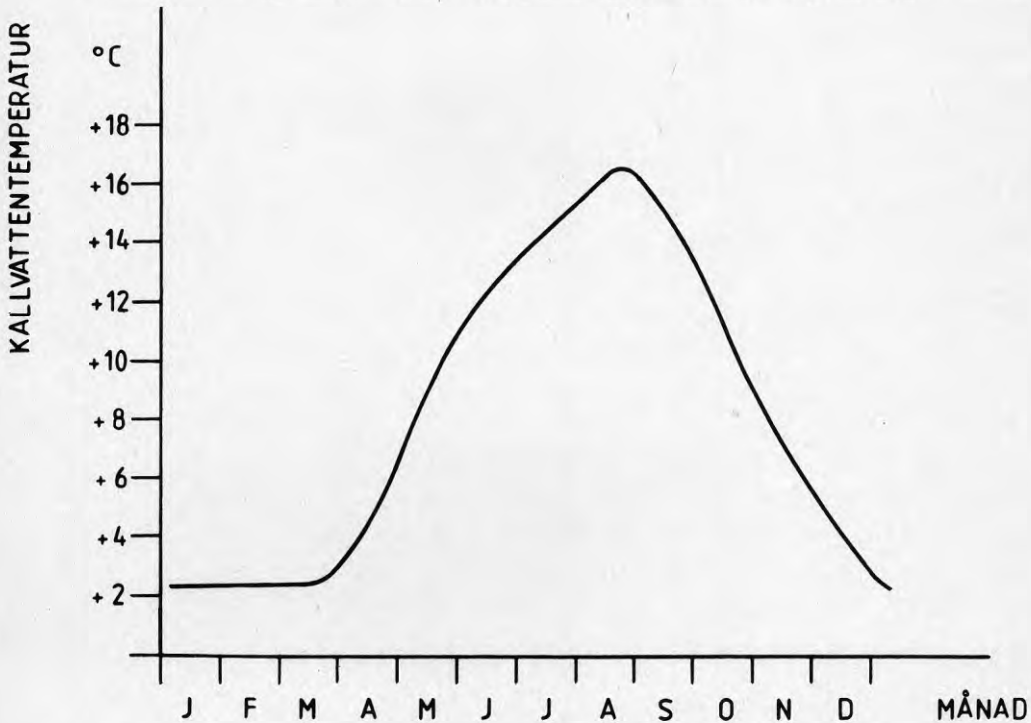


Fig. 7.4. Kallvattentemperaturens variation under året (uppmätt i Stockholms vattenledningsnät).

### 7.6 Sammanställning av effektbehov

Totalt värmeeffektbehov genom transmission, ventilation och infiltration. Summering för låghus, terrasshus och lokaler av månadsmedeleffekterna i figurerna 7.1 och 7.2 redovisas som månadsfördelning av totalt årseffektbehov.

Månad	Dygnsmedel- temp utomhus °C	Etapp 1 kW	Etapp 2 kW	Summa kW
Jan	-4,0	771	350	1127
Feb	-4,4	789	355	1144
Mars	-2,1	715	322	1037
April	3,3	540	243	783
Maj	9,2	349	158	507
Juni	13,9	199	90	289
Sept	11,2	286	129	415
Okt	6,1	450	203	653
Nov	1,9	584	263	847
Dec	-0,9	678	305	983
LUT	-18	1230	555	1785
Tappvarm- vatten		1320	747	1930*
Totalt				3715

Fig. 7.5 Månadsfördelning av totalt årseffektbehov.

\* Sammanlagrat värde.

Totalt effektbehov inklusive 13 % förluster 4198 kW.

### 7.7 Energibehov - inledning

Den energi som tillföres en lägenhet kan beräknas på följande sätt.

$$W_{\text{tot}} = W_t + W_v + W_{vv} + W_H - (W_{\text{övv}} + W_s + W_p + W_h)$$

$W_{\text{tot}}$  = Totalt tillförd energi (kWh)

$W_t$  = Energibehov för transmission (kWh)

$W_v$  = Energibehov för ventilation (kWh)

$W_{vv}$  = Energibehov för varmvatten (kWh)

$W_H$  = Energibehov för hushållsel (kWh)

$W_{\text{övv}}$  = Återvunnen värme från varmvatten (kWh)

$W_s$  = Solinstrålning genom fönster (kWh)

$W_p$  = Personvärme (kWh)

$W_h$  = Återvunnen värme från hushållsel (kWh)

Graddagsberäkningar för månaderna och året har utförts enligt Byggnadsstyrelsens norm. Järna-området ligger i övergångszonen mellan kust och inland. Under året som helhet är antalet graddagar vid kusten ca 5 % lägre än i inlandet. Denna skillnad beror framförallt på ett temperaturöverskott vid kusten under månaderna november-januari. Under våren, främst maj månad, är däremot kusten kallare än inlandet, Antalet graddagar per månad resp år för Södertuna har beräknats genom interpolation mellan kust- och inlandsstationer i östra Södermanland.

En betydande del av det temperaturberoende energibehovet för transmission och ventilation vilket redovisas nedan, täcks av gratistillskott från varmvatten, solinstrålning, personvärme och hushållsel. Detta innebär att uppvärmningsperiodens längd minskar, den börjar senare på hösten och slutar tidigare på våren, i jämförelse med ett normalisolerat hus.

#### 7.8 Energibehov för transmission

Energibehovet för transmission har beräknats till

6366 kWh/lgh x år	för låghus
6000 "	" terrasshus
159000 kWh	" lokaler

Månad	Graddagar	Låghus	Terrass-	Lokaler	Etapp 1	Etapp 2	Summa
	per månad °C	/lgh kWh/mån	hus/lgh kWh/mån	kWh/mån	MWh/mån	MWh/mån	MWh/mån
Jan	645	1067	938	26644	376	183	559
Feb	590	976	856	24373	343	168	511
Mars	550	910	830	22720	325	159	484
April	390	645	647	16111	238	117	355
Maj	172	284	191	7105	92	44	136
Juni	10	17	11	413	5	3	8
Sept	132	218	361	5453	100	50	150
Okt	310	513	565	12806	197	97	294
Nov	453	749	717	18713	272	133	405
Dec	597	987	884	24662	350	171	521
Totalt	3849	6366	6000	159000	2297	1125	3422

Fig. 7.6 Månadsfördelning av energibehov för transmission.

I fig. 7.7 redovisas ett varaktighetsdiagram för utomhustemperaturen i Södertuna.

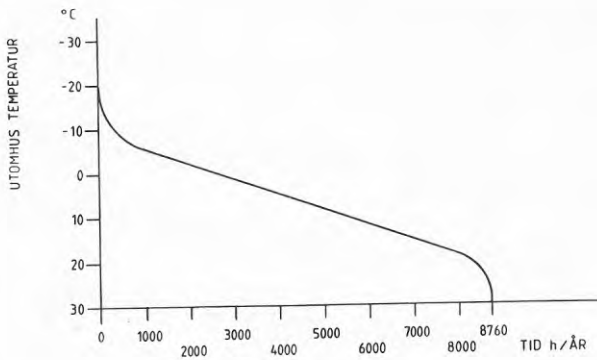


Fig. 7.7. Varaktighetsdiagram för utomhustemperaturen i Södertuna.

### 7.9 Energibehov för ventilation

Energibehovet för ventilation har beräknats till

2338 kWh/lgh x år för låghus  
 1958 " " terrasshus  
 306000 kWh " lokaler

Månad	Graddagar per månad °C	Låghus /lgh kWh/mån	Terrass- hus/lgh kWh/mån	Lokaler kWh/mån	Etapp 1 MWh/mån	Etapp 2 MWh/mån	Summa MWh/mån
Jan	645	329	328	51278	177	66	243
Feb	590	358	300	46906	162	60	222
Mars	550	334	280	43726	151	56	207
April	390	237	198	31005	107	40	147
Maj	172	104	87	13674	47	18	65
Juni	10	6	5	795	3	1	4
Sept	132	80	67	10494	36	14	50
Okt	310	188	158	24645	85	32	117
Nov	453	275	230	36014	124	46	170
Dec	597	364	305	47463	165	61	227
<b>Totalt</b>	<b>3849</b>	<b>2338</b>	<b>1958</b>	<b>306000</b>	<b>1057</b>	<b>395</b>	<b>1452</b>

Fig. 7.8 Månadsfördelning av energibehov för ventilation.

### 7.10 Varmvattenförbrukning

För att bestämma energiåtgången måste varmvattenanvändningen i de enskilda hushållen bestämmas, vilket kan ske på flera sätt. De vanligaste är:

- Enkla tumregler, vilka var vanliga före VA-Byggnormen.
- Statistisk bedömning av förbrukningen.

Det beräkningsförfarande vi har valt bygger på en kombination av ovanstående bedömningar.

Varmvattenförbrukningen är uppskattad till:

Bad och dusch	30 liter/person x dygn
Disk	10 "
Tvätt	10 "
Övrigt	10 "
	<hr/>
	60

Antalet personer per lägenhet har antagits till 3,4 och därav följer varmvattenförbrukningen 210 l/dygn x lgh.

Energiförbrukningen bestäms enligt:

$$W_{VV} = m \times C_p \times (t_{VV} - t_{KV}) / 3600$$

$W_{VV}$  = Energiförbrukning för varmvattenberedning (kWh)

$m$  = Förbrukad vattenmängd (l)

$C_p$  = Vattens värmekapacitet (kJ/kg x K)

$t_{VV}$  = Varmvattentemperaturen (°C)

$t_{KV}$  = Kallvattentemperaturen (°C)

Energiebehovet för tappvarmvattenberedning i flerbostadshus har undersökts i många utredningar. I tabellen nedan ses en sammanställning av resultatet från några. Den högsta förbrukningen är angiven till 5500 kWh/lgh x år och den lägsta till 3800 kWh/lgh x år.

Viljan att spara såväl energi som vatten har ökat de senaste åren och då tanken är att man i Södertuna endast ska betala för varmvatten man själv förbrukar kan man anta att de lägre värdena i fig. 7.9 gäller. Dessutom har förlusterna från rörledningar och värmeväxlare minskat då isolertjockleken ökat och varmvattentemperaturen minskat vilket bidrar till en lägre energiförbrukning.

Källa	År	kWh/ (lgh år)	kWh/ (pers år)	Anm
Dirke	1960	4 300	1 320	248 lgh, 3,26 p/lgh
Dirke	1960	4 100	1 200	75 " , 3,43 "
Energiprogramkomm. expertbil SOU 1974:76		4 000	-	
Byggnadsstyrelsen	slutet av 60-talet	5 100	1 650	1 600 lgh, 3,1 p/lgh
Bollnäs	1971-72	3 680	1 515	358 " , 2,43 "
Tensta	1971-72	4 132	1 680	113 " , 2,46 "
Råslätt, Jönköping	1968-69	5 000	1 560	3,2 "
Råslätt, Jönköping	1968-69	5 500	1 600	3,45 "
Enl formeln 4 300 + 700 (P-3)	1968-69	3 800	1 650	Enl folk- och bostads- räkn. 1970 2,3 p/lgh

Fig. 7.9. Figuren är hämtad från BFR-R83:1978.

I beräkningar gällande Södertuna har behovet av energi för tappvarmvattenberedning bedömts till 3900 kWh/lgh x år. 500 kWh/lgh x år, dvs 13 %, beräknas tillföras rumsluften på grund av avsvlnande bad-, disk- och tvättvatten etc. Resterande 87 % går bort med avloppsvattnet.



Antaganden om högre andel återvunnen värme grundar sig som regel på en högre varmvattentemperatur och en större förbrukning.

Tappningen under ett dygn varierar beroende på en rad olika faktorer bl a vilken veckodag som studeras, familjens- och områdets sammansättning, antalet tappställen mm. En bedömning har dock gjorts över medeleffekten i procent under en halvtimme för måndags-torsdagsdygn, fredagsdygn och lördagsdygn, se fig. 7.10-12. Grundeffekten är uppskattad till 25 % av maxialeffekt. En förbrukningstopp på 50 % uppträder under förmiddagen. Under eftermiddagen - kvällen är förbrukningen som högst 75 % under alla dygn utom fredag då förbrukningen är maximala 100 %.

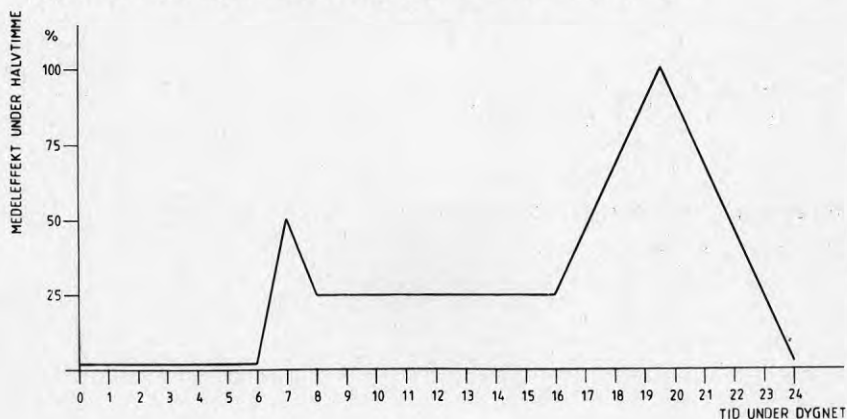


Fig. 7.10. Värmebehov i procent för tappvarmvatten. Uppskattat för 50 lägenheter. Måndag-torsdag.

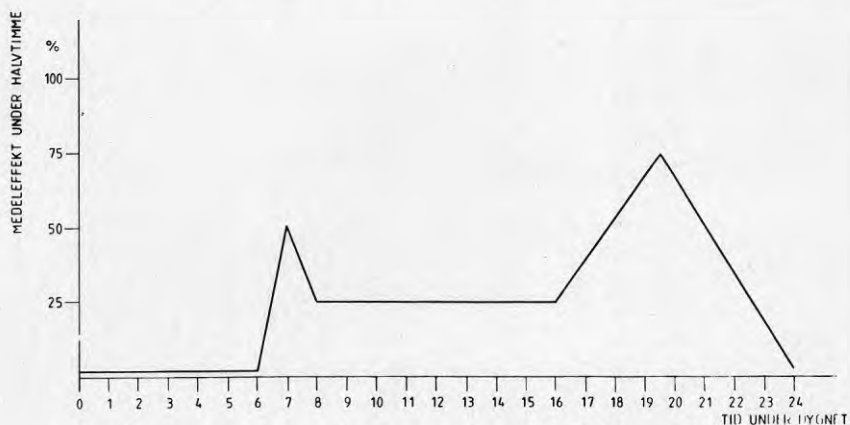


Fig. 7.11. Värmebehov i procent för tappvarmvatten. Uppskattat för 50 lägenheter. Fredag.

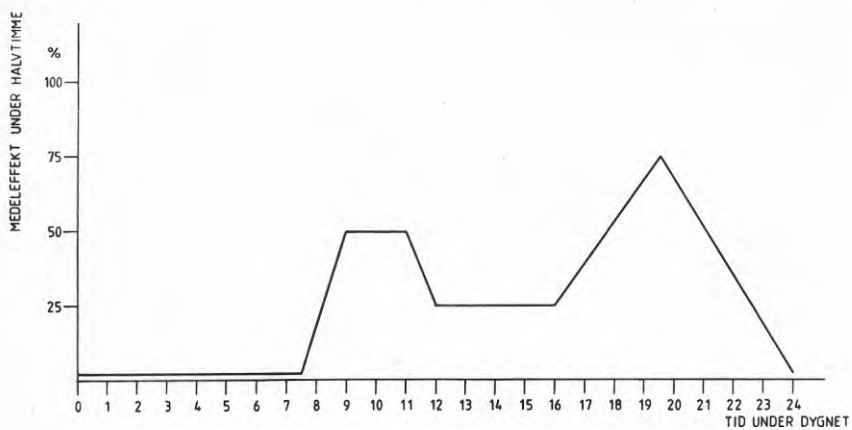


Fig. 7.12. Värmebehov i procent för tappvarmvatten. Uppskattat för 50 lägenheter. Lördag-söndag.

Här har inte medtagits de korta momentana belastningstoppar som förekommer under dygnet.

Månad	Etapp 1	Etapp 2	Summa
	MWh	MWh	MWh
Jan	148	69	217
Feb	132	62	194
Mars	126	59	185
April	141	66	207
Maj	126	59	185
Juni	103	48	151
Juli	76	36	112
Aug	108	50	158
Sept	123	58	181
Okt	148	69	217
Nov	141	66	207
Dec	148	69	217
<b>Totalt</b>	<b>1520</b>	<b>710</b>	<b>2230</b>

Fig. 7.13 Månadsfördelning av energibehov för tappvarmvatten.

Varmvattenbehovet under årets olika månader visas schematiskt i fig.7.14. Varmvattenbehovet är störst vintertid med toppar på ca 115 % av årsmedelvärdet och lägst under sommaren där 60 % är en skattad siffra för juli. Dessa värden gäller ej för enstaka lägenheter eller småhus där förbrukningen står i direkt förbindelse med familjens vanor utan figuren grundar sig på ett större antal boende (500-1000 pers.).

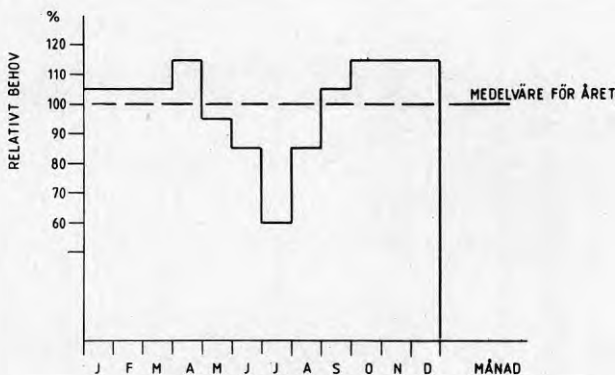


Fig. 7.14 Fördelning av energibehovet för varmvattenberedning över året.

### 7.11 Solavskärmning

Som tidigare redovisats kan problem med övertemperaturer i rum med söderorienterade fönster uppstå. Solavskärmningen har tre uppgifter:

- Minska värmeinläckningen.
- Förhindra blekning av bl a möbler.
- Minska risken för bländning.

Mot detta skall vägas att en alltför effektiv solavskärmning ökar behovet av artificiell belysning med tillhörande värmeutveckling. Vidare bör en solavskärmning inte hindra utsynen genom fönster i alltför hög grad. Anläggnings- och underhållskostnader måste också vägas in. Man kan i huvudsak skilja på tre typer av solskydd:

- Utvändiga solskydd.
- Invändiga solskydd och avskärmning placerad mellan fönsterglasen.
- Solskydd med belagda glas.

Vi har för både låghus och terrasshus valt ett utvändigt solskydd av fasta horisontella skydd. För låghusens del utgörs detta av dels ett väl tilltaget takutsprång dels övervåningens balkong. För terrasshusens del fås solavskärmning med hjälp av terrasser och gångar. Se fig 7.15. I vissa fall kan dock markiser bli aktuella.

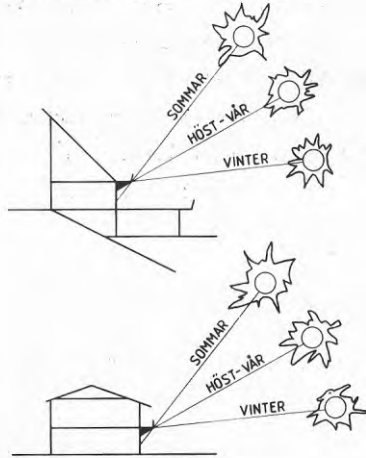


Fig. 7.15 Solavskärmning för terrasshus och låghus.

Man kan även tänka sig en mellanliggande persienn för solavskärmning och nattisolering vintertid. Denna ska ha fasta och tätade genomföringar för undvikande av luftläckage. I hyresrätter har det hittills varit vanligt att de boende själva fått stå för installation och underhåll av persienner medan i bostadsrätter lägenheterna utrustas med dessa vid produktionen.

### 7.12 Solinstrålning genom fönster

Byggnader som orienteras mot söder och exponeras för solljus får ett solvärmertilskott. Den nyttiggjorda instrålningen kan uppskattas med hjälp av solinstrålningsdata från Södertuna. För enkelhetens skull har beräkningarna utförts för låghus och terrasshus med fönster enbart mot söder, vilket är den genomsnittliga orienteringen i planskiss 4. Instrålningen genom fönster har reducerats med hänsyn till glasens transmissionsfaktorer vid olika instrålningsvinklar, solavskärmning, horisontavskärmning och det tänkta nyttotillskottet till dess övertemperaturer uppstår.

Månad	Instrålad energi kWh/m <sup>2</sup> x mån	Uttnyttjad energi kWh/m <sup>2</sup> x mån	Solvärmertilskott	
			Låghus kWh/mån	Terrasshus kWh/mån
Jan	22	22	46	48
Feb	44	44	91	97
Mars	85	85	176	186
April	82	82	170	180
Maj	89	50	104	110
Juni	83	-	-	-
Juli	92	-	-	-
Aug	78	-	-	-
Sept	74	42	87	92
Okt	51	51	106	112
Nov	21	21	44	46
Dec	13	13	27	29
Totalt	734	410	850	900

Fig. 7.16 Solvärmertilskott.

### 7.13 Personvärme

Värmeavgivningen från människor varierar förutom med antalet personer per lägenhet även med sysselsättningen. Det kan ha betydelse om samtliga i lägenheten boende är borta under dagtid.

Verksamhet	Värmealstring W
Vila - sömn	75-95
Liggande	85-105
Sittande	95-115
"Kontorsarbete"	90-140

Det ska noteras att även en sovande människas värmeavgivning utgör en avsevärd del av värmebehovet för ett sovrum under en kall vinternatt.

Med antagande om värmealstringen 100 W/pers, 3,4 pers/lgh och att personerna vistats igenomsnitt ca 50 % av tiden i bostaden kan den nyttiggjorda gratisvärmens beräknas till ca 1000 kWh/lgh x år under perioden september till april.

#### 7.14 Hushållsel

De förutsägelser man kan göra om elkonsumtionen i en lägenhet är grundade på uppskattningen om de boendes vanor och sammansättning. Elförbrukningen brukar variera mellan 1000 och 2000 kWh/innevånare x år. Här har förbrukningen i ett hushåll på 3,4 pers uppskattats till 4000 kWh/år dvs ca 1100 kWh/inv x år. Av denna mängd tillförd energi beräknas ca 1500 kWh/lgh x år ge ett nyttigt bidrag till lägenhetens uppvärmning under perioden september till april. Resterande mängd överskottsvärme ger i huvudsak upphov till övertemperaturer.

#### 7.15 Sammanställning av energibehovet

Beräkningarna grundar sig på teoretiska data och antaganden. I sammanställningen ingår ej behovet av hushållsel.

Månad	Etapp 1 MWh/mån	Etapp 2 MWh/mån	Summa MWh/mån	Värmebehov utan tappvarmvatten med hänsyn till gratisvärme MWh/mån
Jan	555	240	795	578
Feb	480	200	680	486
Mars	415	180	595	410
April	315	135	450	243
Maj	160	80	240	55
Juni	105	50	155	0
Juli	75	35	110	0
Aug	110	50	160	0
Sept	165	65	230	49
Okt	265	115	380	163
Nov	390	165	555	348
Dec	520	225	745	528
<b>Totalt</b>	<b>3575</b>	<b>1540</b>	<b>5115</b>	<b>2865</b>

Fig 7.17 Månadsfördelning av totalt energibehov.

I fig. 7.18-20 visas energibehovets variation över året enligt fig. 7.17.

Beräkningar av ekonomisk isolering har visat att 8 % förluster i kulvert-nätet är ett rimligt antagande. För alternativet med en välisolerad stål-tank har 5 % förluster antagits.



För hela uppvärmningssystemet inklusive solvärmesystemet har beräkningarna utförts med hänsyn till 13 % förluster. Totalt energibehov inkl 13 % förluster, 5723 MWh. En jämförelse visar att tappvarmvattenförbrukningen uppgår till ca 45 % av totalt energibehov räknat över året. Värmebehovet minskar med 40 % sedan hänsyn tagitstill gratisvärme från varmvatten, solinstrålning, personvärme och hushållsel.

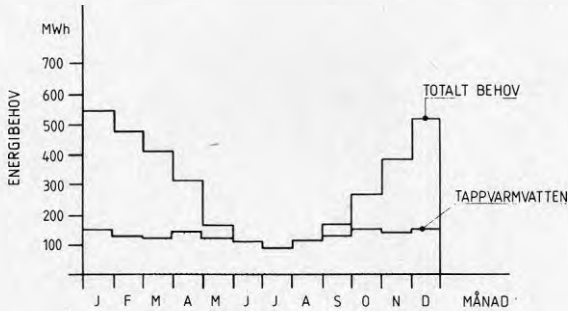


Fig. 7.18 Energibehovets variation över året för deletapp 1.

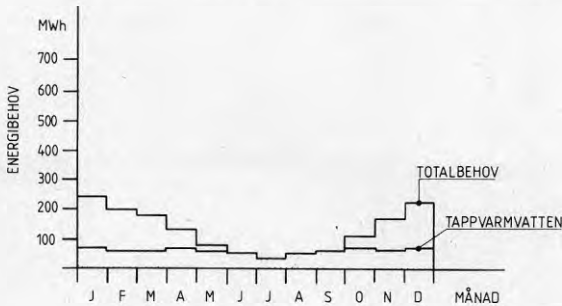


Fig. 7.19 Energibehovets variation över året för deletapp 2.

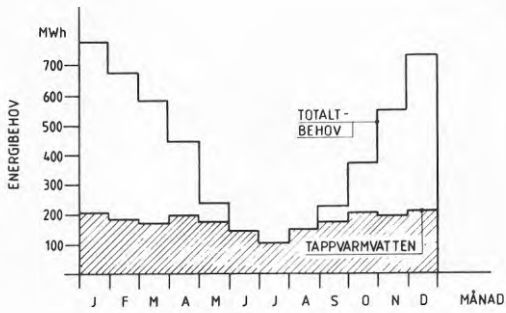


Fig. 7.20. Energibehovets variation över året för deletapp 1 och 2.

## 8. SYSTEMLÖSNING

### 8.1 Inledning

Projektets förutsättning har varit att först utnyttja fritt tillgänglig energi från solen, från människor och aktiviteter och överskottsvärme från hushållsmaskiner och övriga apparater i byggnaderna s k passiv solenergi-teknik. Resterande värmebehov täcks med värme från ett kombinationssystem med solvärme och värmepump. Det har fastslagits att minst 80 % av det totala energibehovet i kombinationssystemet ska täckas med solvärme och resterande del med elektricitet till värmepumpen. Den instrålade solenergin omvandlas i solfångare till värme vilken lagras i ett årstidslager. Tre typer av lager studeras: vattenlager i ståltank, i bergtrum eller ett borrhållager där värmelagringen huvudsakligen sker i bergsmassorna mellan hålen. Under årstid med värmebehov distribueras varmvatten från värmelagret till bostäder via ett kulvertsystem och undercentraler på samma sätt som i ett konventionellt fjärrvärmesystem. För att minska lagrets volym höjs temperaturen i lagret, till 5-10 °C över temperaturen på vatten från solfångarna, med hjälp av en värmepump. I fig 8.1 visas värmesystemet schematiskt.

### Simulering

För att driva en solvärmecentral med årstidslagring i en central anläggning (vattenfylld ståltank, bergtrum eller borrhållager) åtgår alltid en viss tillsatsenergi i form av el främst för drivning av distributionspumpar. I Södertuna utbyggt till ca 525 lgh beräknas drivenergin till cirka 2 % av energibehovet. Detta torde vara en representativ siffra för nyproducerade bostadsområden med välbyggda hus och därmed relativt låg energitäthet. Sol-energins täckningsgrad kan alltså aldrig bli större än ca 98 %. Att dimensionera solvärmecentraler med så hög täckningsgrad medför att systemet blir mycket dyrt. Detta beror på att solfångarna tvingas arbeta vid relativt hög temperatur och att temperaturspannet i lagret blir litet, dvs lagringstätt-heten blir dålig. För att minska kostnaderna kan man därför tillföra ytterligare tillsatsenergi i form av el som drivenergi till en värmepump för att sänka solfångarnas arbetstemperatur och öka lagrets temperaturspann. Den extrema systemlösningen av denna typ erhålls då all primäreenergi levereras från värmepumpens kondensator och lagret enbart fungerar som värmekälla till värmepumpen. Detta är alltså ett rent värmepumpsystem och bör därför jämföras med andra värmepumplösningar t ex jordvärme eller brunnsvärme.

För dimensionering av lager och solfångarytor krävs en noggrann simulering av systemets drift under ett normalår. För detta ändamål har programmet SOLSIM använts. Programmet som utvecklats vid Älvkarlebylaboratoriet simulerar en årscykel för ett solvärmsystem enligt figur 8.1. SOLSIM redovisas utförligare i bilaga 1.

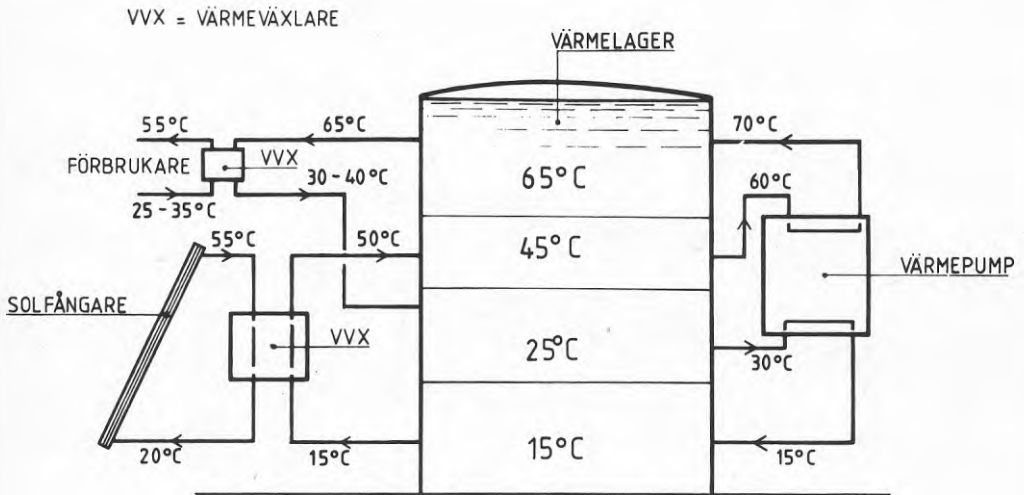


Fig. 8.1 Principschema - solenergisystemet.

Man finner då att ungefär samma värmefaktor kan erhållas även i dessa system utan att något lager behöver byggas. Denna teknik kan dessutom även utnyttjas decentraliserat vilket medför att distributionssystemet inte behövs. I energibalansen innebär detta att el till distributionspumparna elimineras och att ingen energi behöver tillföras för att täcka distributions- och lagringsförluster.

Ett värmepumpssystem beräknas kunna arbeta med ett årligt medelvärde på värmefaktorn på ca 2,5 vilket motsvarar täckningsgraden 60 %. (40 % elenergi).

Vi kan alltså konstatera att täckningsgraden för ett solvärmesystem inte kan överstiga 98 % och att det är ointressant med täckningsgrader som närmar sig 60 % eftersom en billigare värmepumplösning då är att föredra. För att solvärmetekniken skall kunna konkurrera med den rena värmepumpstekniken måste eltillsatsen i systemet bli avsevärt mindre än i värmepumpsystemet. Ambitionen bör vara att man halverar eltillsatsen, dvs reducerar den till < 20 % av nettoenergiförbrukningen. Därav är då redan 2 % in-tecknad för drivning av distributionspumpar varför eltillsatsen för att förbättra driftförhållanden för solfångare och minska lagervolymen måste hållas mindre än 18 %.

Nettoenergiförbrukningen definieras som: den energi som det aktiva systemet levererar till lägenheter och lokaler.

En jämförelse mellan energiflöden i det decentraliserade värmepumpsystemet och i solvärmesystemet görs i fig. 8.2.

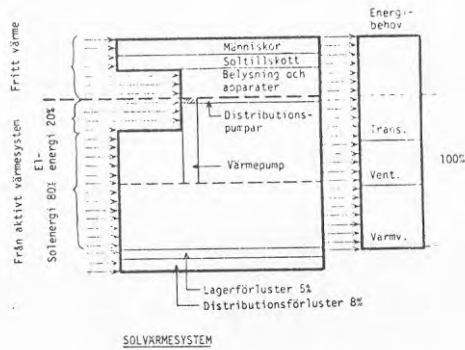
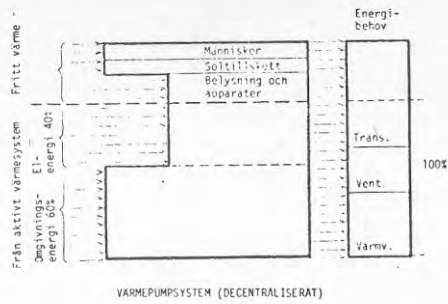


Fig. 8.2 Energiflöden.

SOLSIM beräknar dessutom solfångararea, värmepumpseffekt och minsta lagringstank som kan klara ett givet förbrukarbehov. Förutom förbrukarbehov och väderdata ges som indata information om driftstrategi (kopplingar, driftuppehåll) samt solfångardata. Information om solfångarnas verkningsgradskurvor erhålls från egna mätningar och beräknade energimängder kontrolleras genom jämförelser med egna mätresultat.

Programmet har använts för att studera inverkan på systemutformning och driftstrategi av:

- solfångarprestanda
- solfångarplacering (olika taklutningar och takorienteringar)
- värmepumpens drifttider
- värmväxlarstorlek
- förbrukarkrav (områdesstorlek, specifikt energibehov)



När det gäller solfångare har tre olika typer testats. Solfångarens verkningsgrad kan skrivas

$$\eta = \eta_0 - U_L \frac{(T_m - T_0)}{E_g}$$

$\eta$  = värmebärarens medeltemperatur

$T_m$  = omgivningstemperatur

$T_0$  = global solinstrålning

$\eta_0$  = "optisk" verkningsgrad

$U_L$  = förlustkoefficient

$\eta_0$  och  $U_L$  är parametrar som karakteriserar en viss solfångare. Vid beräkningarna har följande tre parameterkombinationer använts

	$\eta_0$	$U_L$	$W/m^2, K$
1	0.7	7.0	
2	0.7	5.0	
3	0.7	3.0	

En plan enkelglasad solfångare har i allmänhet prestandaegenskaper mellan solfångare 1 och 2 medan 3 får ses som en referens som står för en vidareutvecklad solfångare ev. med två täcksikt eller med ett konvektionsskydd. Solfångarplaceringen har under projektets utveckling varierat från låghus med 15° taklutning och blandad orientering till terrasshusets 45° lutning. Inverkan av detta har studerats med SOLSIM. För solfångare som ej kunnat placeras på terrasshuset av utrymmesskäl har inverkan av mark- respektive låghusplacering beräknats.

Värmepumpens drifttider har varierats för att optimera lagringstankens utnyttjande och för att undvika elförbrukning under januari månad då belastningen på elnätet är som högst.

Dimensionering av värmeväxlare mellan solfångare och lager har studerats och resultatet är att det verkar rimligt att välja en värmeväxlare så att värmeövergången blir 80-100  $W/m^2$  solfångare, °C. Vid de beräkningar som presenterats har värdet valts till 90  $W/m^2$  solfångare, °C. Förbrukarkraven har vid beräkningarna varierats mellan 8 och 12 MWh/lgh, år. Beräkningsarbetet har koncentrerats på en full utbyggnad av Södertuna till omkring 525 lgh.

Energiflödena för det slutliga solvärmesystemet framgår som tidigare nämnts av figur 8.2. I ett tidigare skede av projektet uppskattades distributionsförlusterna till ca 15 % av nettoenergibehovet och energiåtgången för pumpar till ca 6 %. I en slutgiltig omräkning för terrasshusalternativet har förlusterna reducerats till 8 % bl a beroende på att en så stor del av distributionsnätet går igenom terrasshuset. Energiåtgången för cirkulationspumpar har i det slutliga förslaget kunnat reduceras till cirka 2 %. Eftersom ambitionen är att hålla elandelen vid 20 % av netto energibehovet eller lägre innebär reduktioner av förluster en direkt reduktion av solfångaryta, i detta fall cirka 1000 m<sup>2</sup>. Reduktion av den andelen av tillförd el som åtgår till cirkulationspumpar medför även det att solfångarytan kan minskas. En reduktion från 6 % till 2 % i cirkulationspump el innebär en ökning från 14 % till 18 % för värmepumpdrift. Detta leder till en sänkning av solfångarnas drifttemperatur med ca 3 °C och därmed ett ökat energiutbyte som i sin tur gör att solfångarytan kan reduceras, i detta fall med cirka 500 m<sup>2</sup>.

I den slutliga planen för terrasshusalternativet finns det plats för 13000 m<sup>2</sup> solfångare på terrasshuset i fullt utbyggt skick. Om ytterligare ytor behövs måste låghusen eller mark utnyttjas. Placeringen på låghusen är olämplig på grund av ogynnsam takvinkel och markplacering kräver lämplig planerad mark i närheten av tanken. Båda alternativen kräver extra distributionsledningar. Marginalkostnaderna bedöms därför bli så höga att slutsatsen blir att systemet bör utformas utgående från förutsättningen att solfångarytan skall vara  $\leq 13\ 000$  m<sup>2</sup>. En förutsättning för att detta ska vara möjligt är att distributionsförluster och elåtgång för pumpar kan reduceras enligt ovan. För att solfångarytan ska räcka till 80 % täckningsgrad med solfångare enligt typ 2 måste medeltemperaturen i solfångarna vid drift hållas på 38-40 °C. Systemstudier vid drift utgående från detta visar att man genom att begränsa topptemperatur i tanken till 65 °C och låta solfångare arbeta mellan 20 och 55 °C kan klara detta. Tankvolymen blir då ca 55 000 m<sup>3</sup>.

## 8.2 Installationer i lägenheterna

### 8.21 VA-installationer

Kallvatten fås från kommunalt vattenledningsnät.

Varmvatten med min temperatur  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  fås via kulvert från värmeundercentral. För undvikande av besvärande väntan på varmvatten ordnas installationen med varmvattencirkulation utförd så att vattnet i fördelningsledningar kan cirkulera genom vattenvärmaren. Spillvatteninstallationer anordnas som självfallssystem.

### 8.22 Värmesystem

Värmesystemet är av konventionell typ dvs ett 2-rörssystem med radiatorer och vatten som värmebärare. Samma shuntgrupp förser såväl radiatorgrupper som luftvärmare med värmevatten. Värmesystemet har dimensionerats så att tillräcklig värmeeffekt fås vid en tillloppstemperatur av  $55^{\circ}\text{C}$  och vid dimensionerande utomhustemperatur. Temperaturfallet i värmesystemet är vid detta tillstånd ca  $10^{\circ}\text{C}$ . Vanligt har tidigare varit att värmeanläggningar dimensioneras för framledningstemperaturen  $80^{\circ}\text{C}$  och temperaturfallet  $20^{\circ}\text{C}$ .

I fig 8.3 visas hur temperaturen i värmeledningarna varierar med utomhustemperaturen.

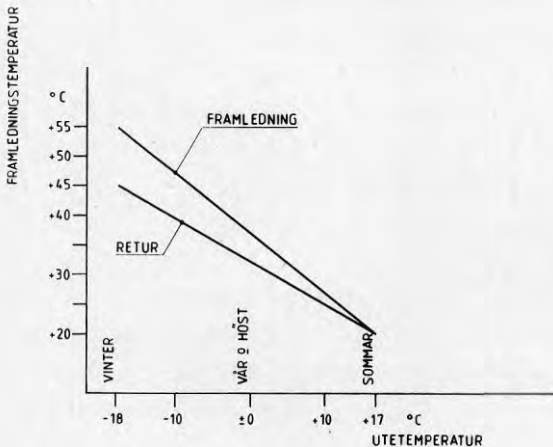


Fig. 8.3 Temperatur i värmeledning till radiatorer och luftvärmare som funktion av utomhustemperaturen.

Vid de små radiator effekter som förekommer i detta projekt vore en sådan dimensionering omöjlig. Radiatorerna skulle bli mycket små vilket är ogynnsamt ur estetisk och komfortsynpunkt. Vidare blir vattenflödet genom varje radiator så litet att varken en enskild radiator eller en radiatorgrupp går att inreglera. Radiatorerna, vilka förses med termostatventil med löskänslkropp (placering enligt SBN), får en större yta för att kunna avge avsedd värmeeffekt vid en lägre temperatur än motsvarande konventionellt system. Systemet har nattnedsättning av temperaturen. Man har även för avsikt att undersöka hur de boende upplever de låga radiator temperaturer som förekommer även vid förhållandevis låga utomhustemperaturer.

### 8.23 Ventilationssystem

Det ventilationssystem som valts är av typen FTX med värmeåtervinning dvs ett system med fläktstyrda till- och frånluftsflöden. Detta är sannolikt det billigaste och enklaste sättet att återvinna energi ur frånluft. Luften tillförs bostäderna via väggplacerade don i sovrum och vardagsrum samt bortförs genom don i kök, badrum och toalett. Låghusen har ett för varje huslänga gemensamt ventilationssystem där till- och frånluftsaggregat samt tillhörande kanaler placeras på vinden. Terrasshusen zonindelas i enheter om ca 40 lägenheter där varje enhet försörjs av ett tillufts- och ett frånluftsaggregat. Dessa placeras i det utrymme som begränsas av översta bjälklaget och solfångarnas baksida. Kanalerna förläggs även i detta utrymme samt i torpargrunden.

Antalet kanalgenomgångar genom lägenheternas begränsningsytor har reducerats för att minska luftläckage. Schakt igengjuts i varje våningsplan. Vid genomgång av bjälklag förläggs kanaler i hylsor som tätas.

I princip har varje lägenhet bara en kanal för tillförsel resp evakuering av luft. Detta medför att inregleringen kan göras från ett neutralt utrymme utanför lägenheten och att kontrollen blir enkel att utföra. Inom lägenheten sker distribution via inklädda kanaler.

Valet av ventilationssystem för terrasshusen har föregåtts av en utredning med tillhörande kostnadskalkyl om någon typ av värmegrund kombinerad med ett lämpligt ventilationssystem visar lönsamhet. Kalkylen, vilken redovisas nedan, visade att de tre förslagen var ekonomiskt likvärdiga.

Då alternativen kräver samma investering har alternativet utan värmegrund valts på grund av lägre drifts- och underhållskostnader. Dessutom kan knappast de energispareffekter man får med värmegrunden motsvara de högre kostnaderna för drift och underhåll som uppstår.

Inte heller kan den byggnadstekniska vinst man får genom att flytta isolering och fuktspärr från väggar och bjälklag till marken motivera ett val av värmegrund.

De dimensionerande frånluftsflöden som använts för SBN 36:4 och är i huvudsak:

Kök	10 l/s
Badrum	10 "
Separat toaletterum	10 "
Lägenhetstvättstuga	13 "

Forcering i bad- eller duschrum utan öppningsbart fönster utföres så att luftflödet kan ökas till 30 l/s. I kök ordnas en spiskåpa med uppfångningsförmåga av lägst 80 % vilket motsvarar ca 30 l/s i forcerat frånluftsflöde. Alla forcerbara don förses med timer.

Beräkningen av sannolikt luftflöde är utfört med 70 % forcering av antingen spiskåpa eller badrum. Ventilationssystemets flödesvariationer visas i fig 8.4.

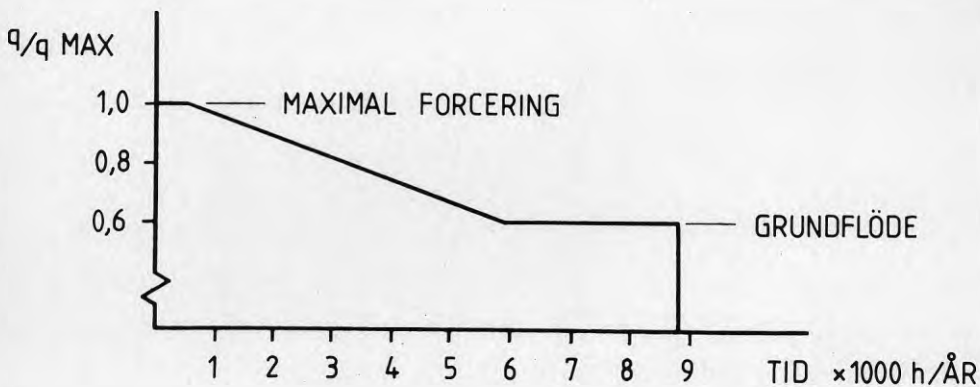


Fig. 8.4 Varaktighetsdiagram för ventilationssystem.

Ventilationssystem alt 1

Alt 1 är det valda alternativet. (Se fig. 8.6).

Luftbehandlingssystem typ FTX. Aggregaten placeras i fläktrum. Värmeåtervinning med plattvärmväxlare. Torpargrunden ventileras med frånluftfläkt placerad i fläktrum.

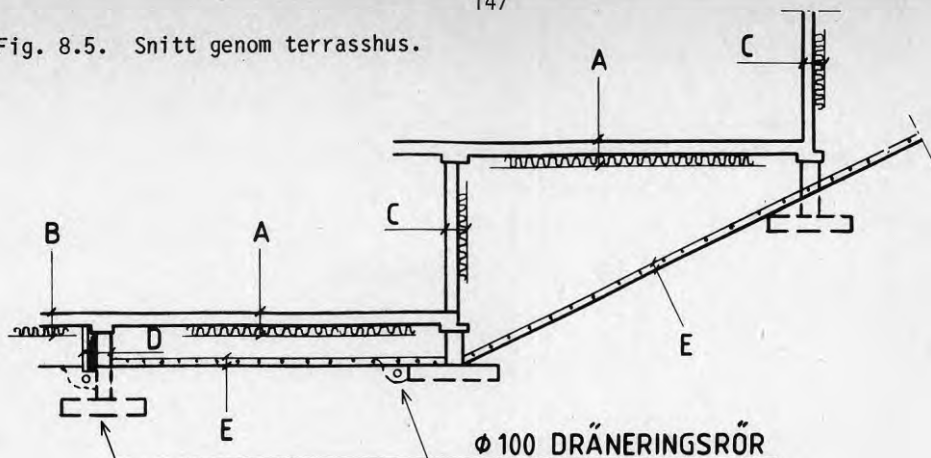
<u>Aggregat</u>	<u>Flöde</u>	<u>Betjäna</u>
TA1	2080 l/s	40 lgh
FA1	2080 l/s	40 lgh
FF2	1000 l/s	Torpargrund

Flödena inkluderar forcering i kök och mörka badrum. Ventilationssystemet för låghusen har samma uppbyggnad samt styr- och reglerfunktioner som alt 1 om man bortser från ventilationen av torpargrunden (FF2). Värmevatten till luftvärmare fås från shuntgrupp gemensam med värmesystemet och belägen i värmeundercentral. Värmevattnets framledningstemperatur är 55°C och temperaturfallet ca 10°C vid dimensionerande utomhusförhållanden.

Bjälklagens och väggarnas uppbyggnad samt torpargrundens utförande redovisas i fig 8.5.



Fig. 8.5. Snitt genom terrasshus.

ALT. 1, VENTILERAD TORPARGRUND

## A) BJÄLKLÄG

Betongplatta + 80 cellplast + 70 träullsskiva. K-värde =  $0,29 \text{ W/m}^2 \text{ C}^0$ 

## B) BJÄLKLÄG

Betongplatta + 160 cellplast + 70 träullsskiva. K-värde =  $0,19$ 

## C) VÄGG

Fall I. 150 betongvägg + 120 mineralull (motgjuten), K-värde =  $0,19$ Fall II. 13 gipskiva + 0,20 plastfolie + 70 mineralull mellan 48 x 70 reglar + 200 lättbetong (kval. 400), K-värde =  $0,28$ 

## D) GRUNDMUR

100 betongskiva + 50 mineralull eller cellplast  $m = 1,30$ 

## DRÄNERING

Enligt förslagsskiss ovan.

Där arteiskt grundvatten förekommer, erfordras kompl. invändiga dräneringsrör.

## MARKBEHANDLING

Ytan avjämnas. Gropar och hålor får inte förekomma. Ytavjämning med grus (0-100 mm) + 0,2 plastfolie. Plastfolien lägges omlott minst 200 och skarvarna täckes med sand.

ALT. 2, VENTILERAD TORPARGRUND - VARMGRUND

## A) BJÄLKLÄG

Betongplatta + 70 träullsplatta. K-värde =  $0,73 \text{ W/m}^2 \text{ C}^0$ 

## BJÄLKLÄG

## B) Se alt. 1.

## C) VÄGG

Fall I. 150 betongvägg + 70 träullsskiva. K-värde =  $0,73$ Fall II. 200 lättbetong. K-värde =  $0,30$ 

## D) GRUNDMUR

100 betongskiva + 120 mineralull,  $K = 0,30$ 

## E) Fall I. Ca 150 lättklinker, ytstabiliseras med cementslamma, ovanpå utlägges 0,20 plastf.

Fall II. Ca 150 dräneringsmaterial + 50 cellplastskivor + 0,20 plastfolie.

Plastfolien lägges omlott och skarvar täckes enl. alt. 1. Vid besvärliga vattenförhållanden förordas utförande enligt fall II.

## DRÄNERING

Text liksom alt. 1

## MARKBEHANDLING

Ytan avjämnas. Gropar och hålor får inte förekomma. Därefter vidtas åtgärder enl. e).

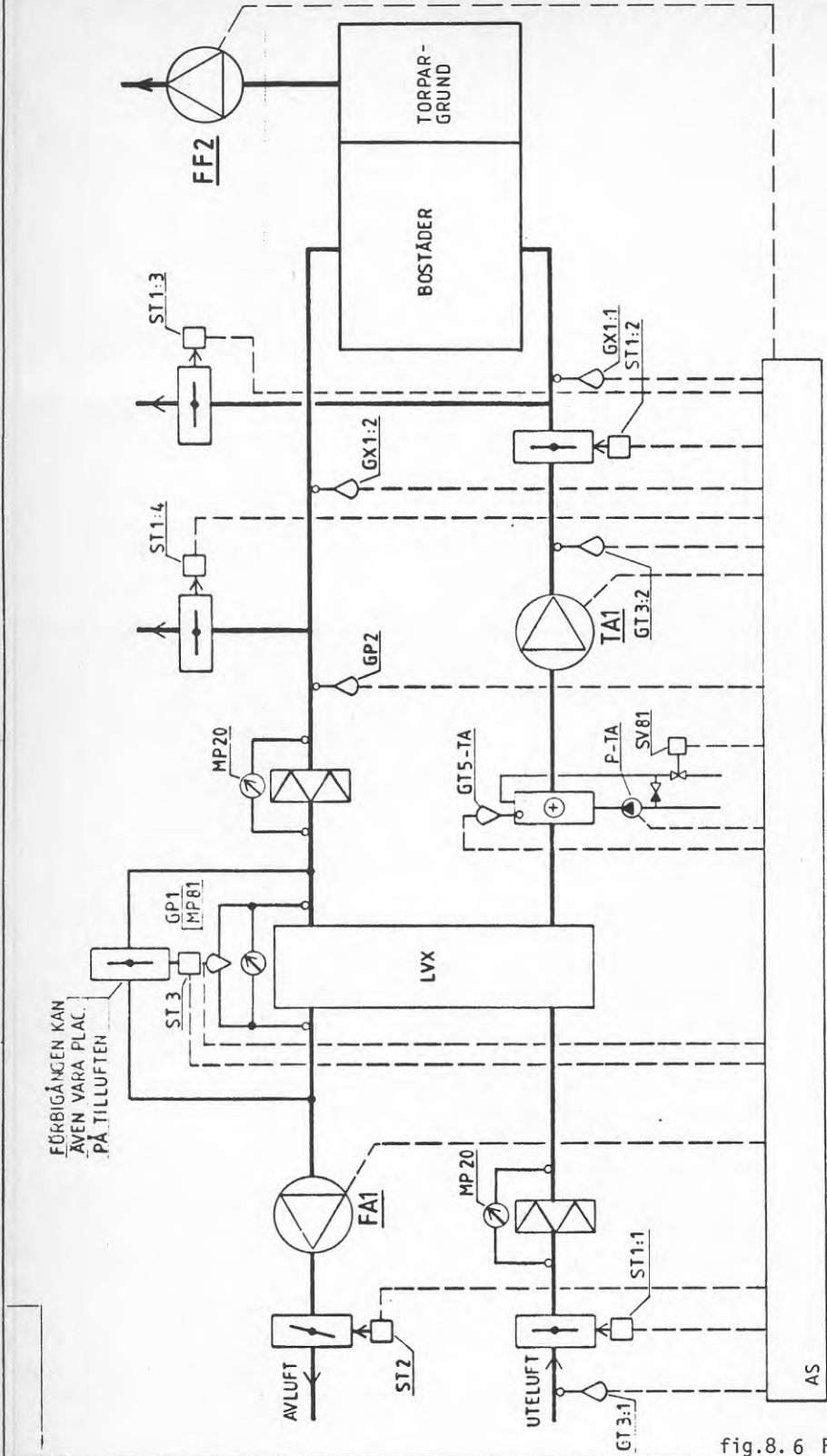


fig.8.6 Funktionsschema för ventilation, alt 1

Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT3:2 monterad i tilluftskanalen styr över reglercentralen RC styrventil SV81 och ställdon ST3 (tvåläges) i sekvens så att inställd temperatur erhålls (20°C).

Vid sjunkande temperatur stänger först ST3 förbigången för LVX därefter öppnar SV81.

Temperaturgivaren GT3:1 kan inställas för vinterkompensering.

Frysvakten GT5 har två temperaturreglerande funktioner:

- Innan frysvakten löser ut aggregatet öppnar SV81 (kontinuerlig funktion) för att förhindra frysskyddsutlösning.
- Då TA står reglerar GT5 styrventilen SV81 att hålla ca 20°C.

Tryckreglering

Tryckgivaren GP2 styr över reglercentralen RC undertrycket i samlingskanalen genom att vid minskande undertryck öppna spjällmotorn ST2.

Önskat undertryck injusteras i samband med injusteringsav ventilationsanläggning.

Injusteras med hjälp av MP82.

Styrning

- Drift, förreglingar

FA förreglar TA.

P-TA förreglar TA.

Fläktarna startas från resp apparatskåp och går kontinuerligt.

Då TA stoppar stänger ST1:1, ST2 och SV82 styrs av GT5.

- Avfrostning

Då differenstrycket över LVX överstiger ca 1,5 x diff.tryck vid dimensionerande forcering stoppar tryckgivaren GP1 TA (FA går) och stänger ST1:1. Efter inställd tid 5 min (injusteras på tidrelä i AS) startar TA och ST1:1 öppnar.

- Brandskydd, frysskydd

Frysvakten GT5 monterad i ett av luftvärmarens lamellrör stoppar fläktarna om temperaturen understiger +5°C.

Om GX1 (i fläktrum) indikerar brandrök stoppar fläktarna och ST1:2 stänger.

Fläktarna i drift: Om GX1:1 eller GX1:2 indikerar brandrök stoppar fläktarna och ST1:2 stänger och ST1:3, ST1:4 öppnar.

Fläktarna ur drift: Om GX1:1 eller GX1:2 indikerar brandrök stänger ST1:2 och ST1:3, ST1:4 öppnar.

Vid strömavbrott stänger ST1:1, ST1:2, ST2 och ST1:3, ST1:4 öppnar via fjäder.

### Övrigt

MP20 indikerar tryckfall över filter.

MP81 indikerar tryckfall över LVX.

### FF2 Torpargrund

#### Styrning

FF2 startas från AS och går kontinuerligt.

Ventilationssystem alt 2. (Se fig. 8.7).

Luftbehandling typ FTX. Aggregaten placeras i fläktrum. Värmeåtervinning med plattvärmeväxlare. Tilluften till lägenheterna fås från TA1.

Tre frånluftsfläktar blåser ut frånluften från vardera 10 lägenheter i värmegrunden. Luften har först passerat ett F60 filter och aktiv kol-filter.

Fläktarna placeras hängande i värmegrunden. FA1 suger luften från värmegrunden till värmeväxlaren i fläktrummet.

<u>Aggregat</u>	<u>Flöde</u>	<u>Betjäna</u>
TA1	2080 l/s	40 lgh
FA1	2080 "	10 " + värmegrund
FF2	520 "	10 "
FF3	520 "	10 "
FF4	520 "	10 "

Flödena inkluderar forcering i kök och mörka badrum.

Ventilationssystem alt 3. (Se fig. 8.8).

Luftbehandlingssystem typ FTX. Aggregaten placeras i fläktrum på plan 6. Värmeåtervinning med plattvärmeväxlare. Värmegrunden ventileras med luft från TA1/FA1.

<u>Aggregat</u>	<u>Flöde</u>	<u>Betjäna</u>
TA1	2080 l/s	40 lgh
	690 "	Värmegrund
FA1	2080 l/s	40 lgh
	690 "	Värmegrund

Flödena inkluderar forcering i kök och mörka badrum.

Bjälklagens- och väggarnas uppbyggnad samt värmegrundens utförande redovisas i fig 8.5.

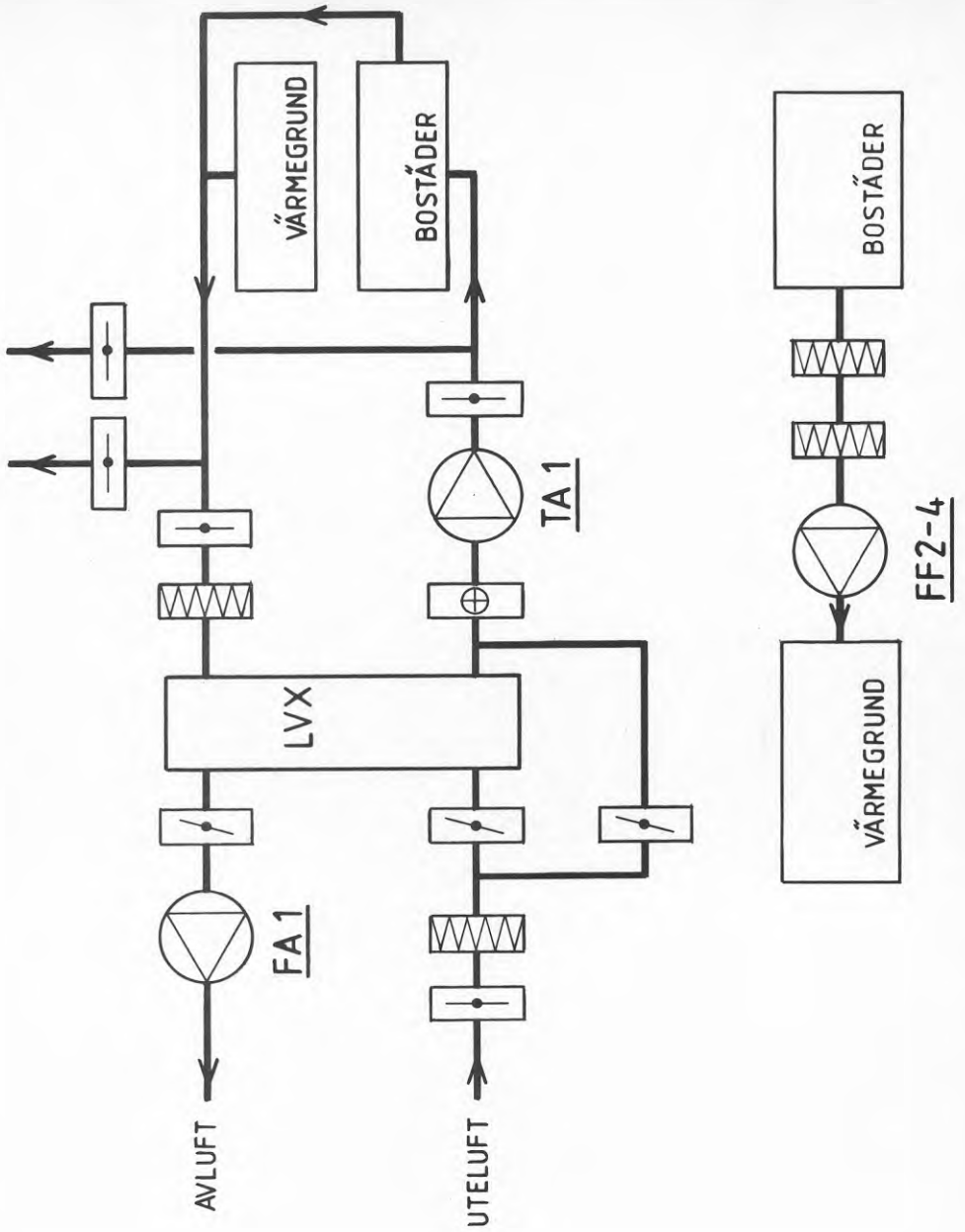


Fig 8.7. Funktionsschema för ventilation alternativ med värmegrund

ALT. 2



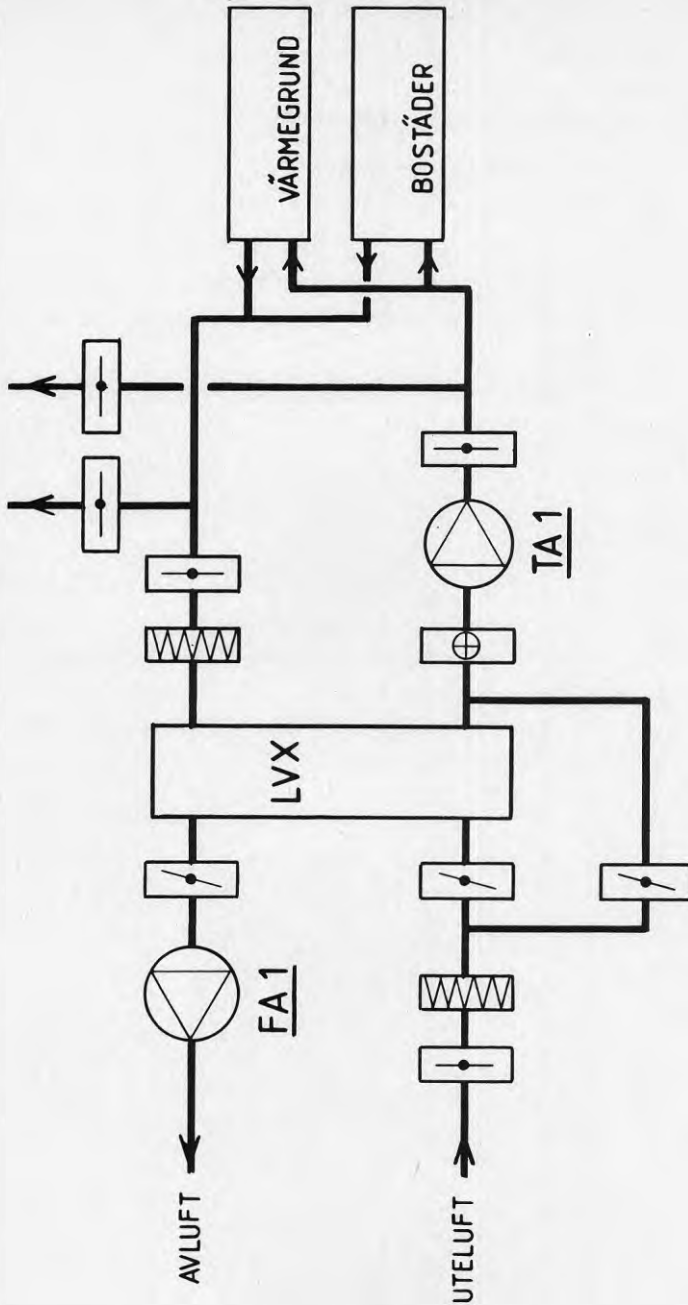


Fig 8.8. Funktionsschema för ventilation alternativ med värmegrund

ALT.3

### 8.3 Värmedistribution

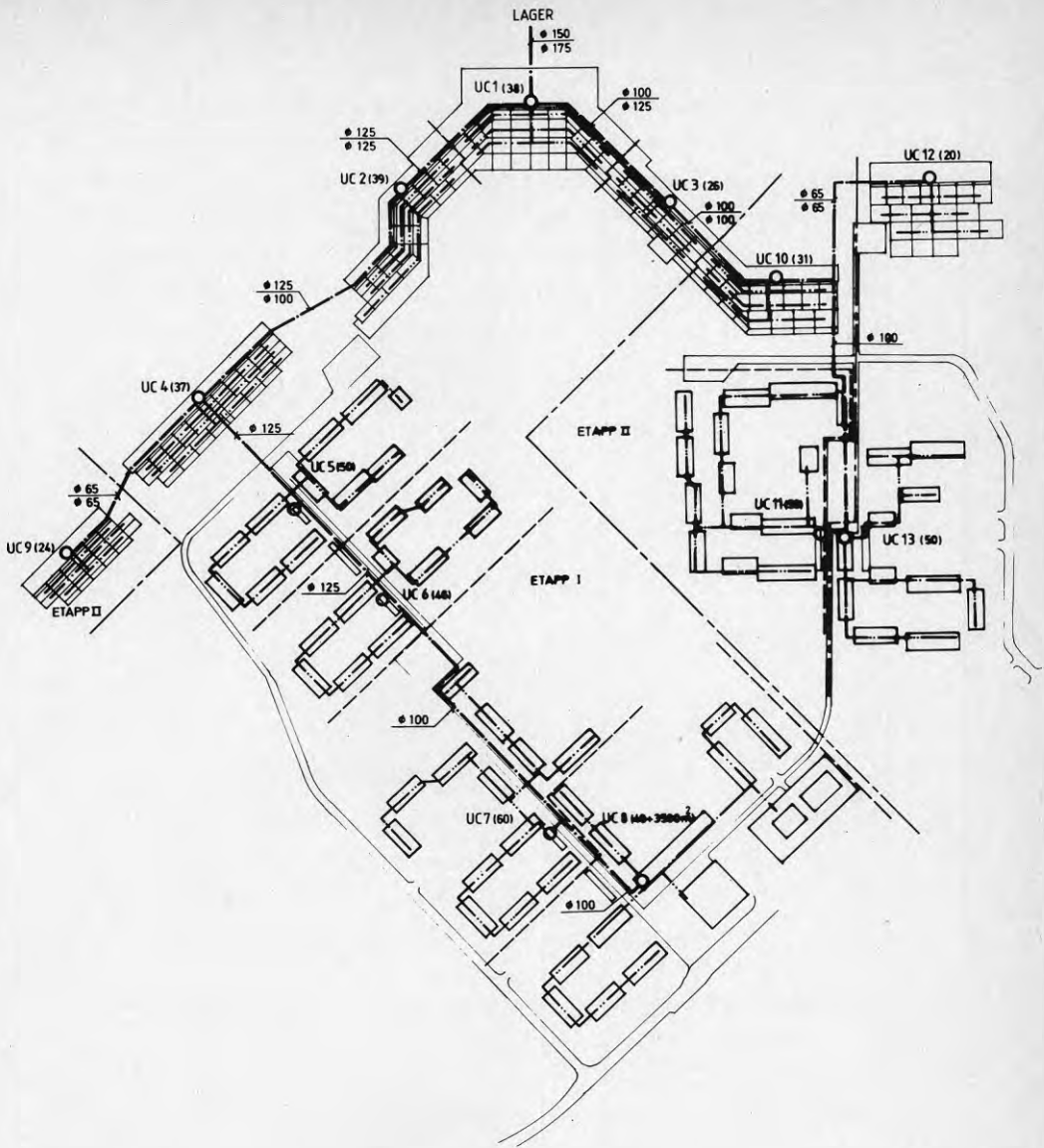
#### 8.31 Allmänt

Distributionssystemets uppgift är att transportera infångad värmeenergi från solfångare till lager och därifrån till de boende. Distributionssystemet svarar i Södertuna för den konventionella delen av uppvärmningssystemet. De krav som härvid ställs på detta är:

- Det skall vara funktionssäkert, dvs bestå av väl beprövade komponenter och tekniska lösningar.
- Det skall vara lätt åtkomligt för service och ändringar.
- Det skall ej utgöra begränsning för själva systemlösningen eller för solfångar- och lagertekniken.
- Det skall dimensioneras optimalt med avseende på total energiförbrukning och kostnader.
- Det skall kunna fungera som distributionssystem för fjärrvärme.

Distributionssystemet består av:

- A Värmecentral, dvs apparatrummet för hela bebyggelsen, belägen vid värmelagret. Se avsnitt 8.6.
- B Värmeundercentraler för ett begränsat antal lägenheter är belägna mellan värmecentralen och de boende. Se avsnitt 8.5.
- C Rörledning med ventiler och övrig armatur. (Se fig. 8.9).



## TECKENFÖRKLARING:

- ETAPPGRÄNS
- - - GRÄNS FÖR VÄRMEUNDERCENTRAL
- PRIMÄR VÄRMEKULVERT OCH INOM TERRASSHUSEN
- PRIMÄR SOLVÄRMEKULVERT
- 100
- 125
- SEKUNDÄR VÄRMEKULVERT FÖRDELNINGSLEDNING
- UC 5 (50)
- VÄRMEUNDERCENTRAL N 5 OCH ANTAL LÄGENHETER

Fig. 8.9. SÖDERTUNA  
VÄRMEDISTRIBUTION  
PRIMÄR OCH SEKUNDÄR  
VÄRMEKULVERT  
PLANFÖRSLAG SKISS 4  
SKALA 1:2000

TERRASSHUS 215 lgh  
LÅGHUS 310 lgh  
LOKALER 3500 m<sup>2</sup>

### 8.32 Primärledningar

Värmecentralen och värmeundercentralerna sammanbinds med två rör. Vid alternativ med värmeväxlare i värmeundercentralerna för radiator- och ventilationskretsar utförs ledningarna i svensk fjärrvärmestandard, NT16, 120 °C. Temperaturnivån blir ca 65 °C i framledningen. Vid alternativ med direktkopplat system blir framledningstemperaturen 55 °C. Returtemperaturen varierar med värme- och varmvattenuttag mellan ca 45 och 20 °C. Ledningens kapacitet kan endast regleras via styrning av flödet. (Se fig. 8.10).

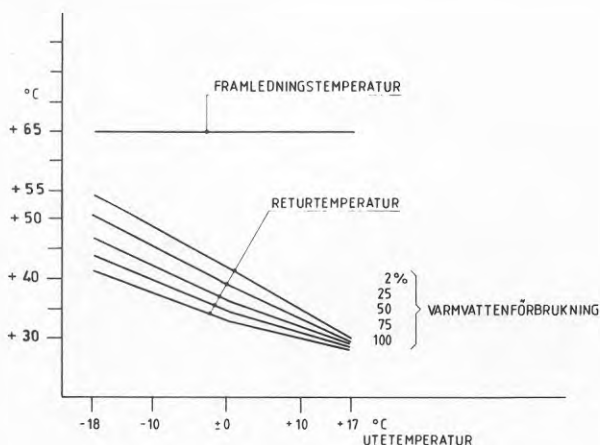


Fig. 8.10 Temperatur i primärkulvert som funktion av utetemperaturen och varmvattenförbrukningen.

Direkt mellan lager och värmeundercentralerna i terrashuset går två rör för solvärmeinmatning i lagret. Temperaturerna här är ca 50 °C till och ca 15 °C från lagret.

Primärledningar förläggs i mark i enlighet med svensk fjärrvärmestandard. Detta innebär förläggning i väl dränerade schaktgravar. Rören svetsas samman och provtrycks. Härtill kommer röntgenprovning av ca 10 % av svetsarna. En vanlig kulverttyp utgörs av två prefabricerade rör. Varje rör består av stålrör, polyuretanisolering och skyddsmantel av polyeten. De tre komponenterna är fast förbundna med varandra från tillverkningen. Typsektion för en sådan kulvert visas i figur 8.11.

Avstick från huvudledning till undercentralerna utförs utan nedstigningsbrunn. Avstängningsventil monteras i värmeundercentral.

I mark mellan terrasshusdelarna tillkommer två primärrör från solfångare till lager, se figur 8.11.

Inomhus i terrasshuset byggs primärledningarna på konventionellt sätt. Rören svetsas ihop efter upphängning, provtrycks, isoleras och klädes. Förläggningsplats i "kryputrymme" under 4:e våningsplan.

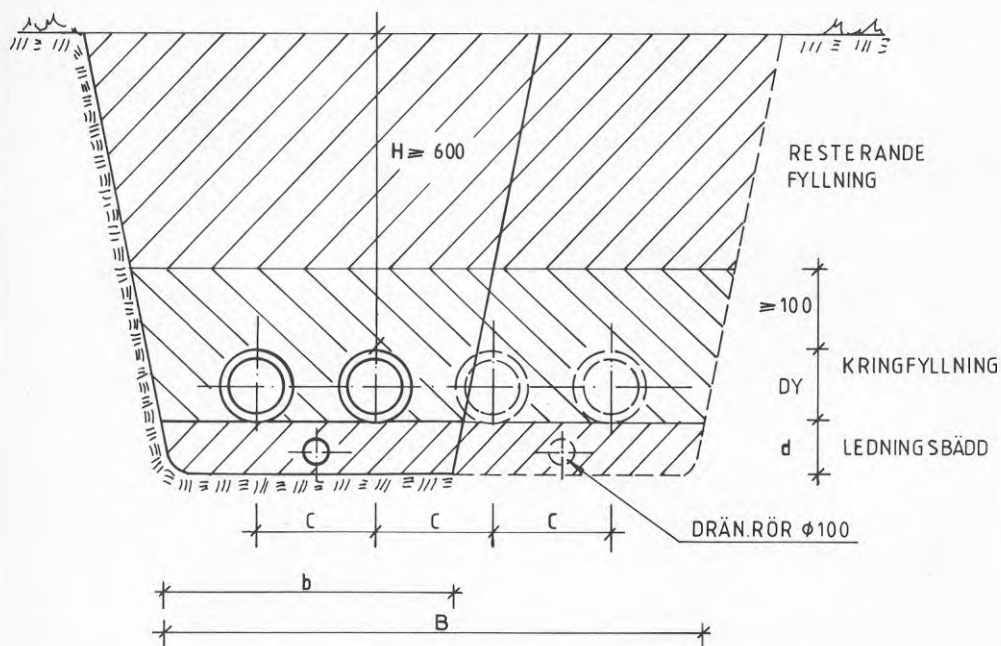
### 8.33 Sekundärledningar

Ventilations- och radiatorkretsen består av två rör. Returledningen passerar tappvarmvattenväxlaren i värmeundercentralen och förvärmer härvid tappvarmvattnet. Varmvattnet 45 °C produceras i en värmeväxlare och är försett med varmvattencirkulation. Med kallvattenledningen ingår alltså tre vattenledningar i sekundärsystemet. Mellan värmeundercentralerna i terrasshuset och solfångarna går två rörledningar. Kretsen värmes i värmeundercentralen. I terrasshusets sekundärsystem ingår alltså 7 rörledningar. I övriga sekundärsystem ingår 5 rörledningar.

### Sekundärledningar förläggning

I terrasshus byggs sekundärnätet eller fördelningsledningarna ut från undercentralen och i en samlingsledning i tre parallella stråk, belägna i "kryputrymme" under respektive våningsplan. Ett av stråken försörjer två våningar. Förläggningen framgår i princip av figurerna 8.12 och 8.13. Varje lägenhet erhåller separat ventilgrupp för möjlighet till injustering.

## TYPSEKTION. PRIMÄRKULVERT. MARK



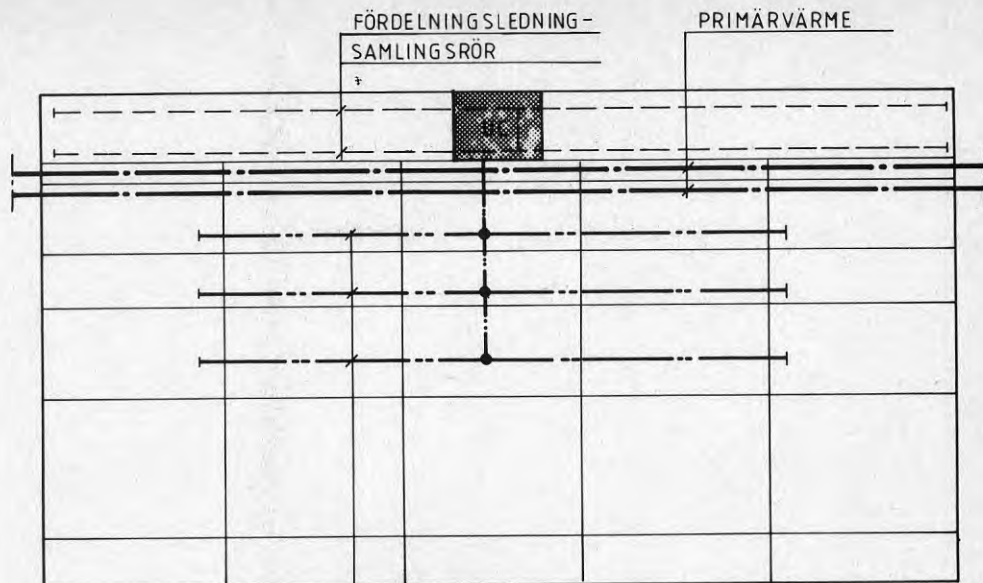
HELDRAGEN LINJE VISAR KULVERTSEKTION FÖR VÄRMERÖR  
VID RADHUS.

STRECKAD LINJE VISAR KULVERTSEKTION FÖR VÄRME- OCH SOL-  
VÄRMERÖR MELLAN TERASSHUS.

ANSL DIM	DY MM	b MM	B MM	C MM	d MM
Ø 65	160	900	1600	360	100
80	180	950	1700	380	
100	225	1000	1850	430	
125	250	1100	2000	450	
150	280	1200	2200	480	150
200	355	1400	2600	550	

Fig. 8.11. Södertuna värmedistribution, primärkulvert, typsektion

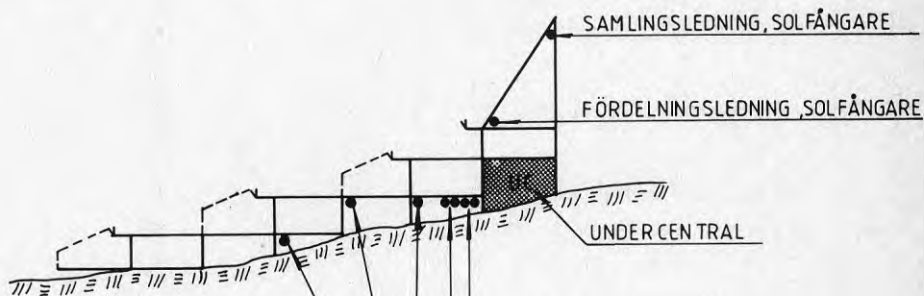




PLAN 20 LGH.

SKALA ~1:500

SEKUNDÄRLEDNINGAR. 2 ST. VÄRMERÖR, 1 ST. VÄRMVATTEN  
1 ST. KALLVATTEN, 1 ST. VÄRMVATTENCIRKULATION



SEKTION

SKALA ~1: 500

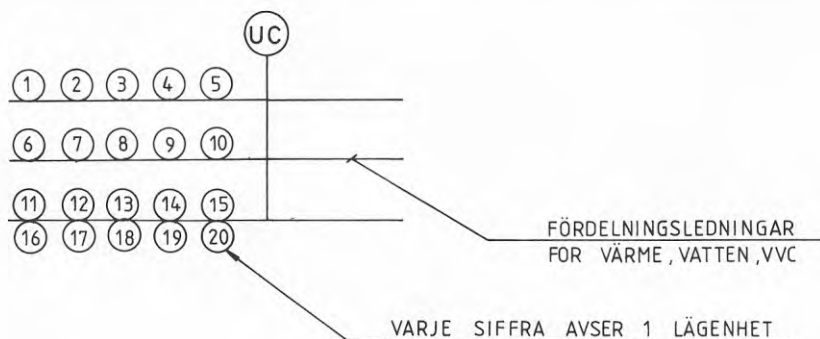
SEKUNDÄR.FÖRDELNINGSLEDNING

PRIMÄRVÄRMELEDNING FRÅN LAGER

PRIMÄR, SOLVÄRME TILL LAGER

fig. 8.12. Skiss 4. Södertuna terrasshus sekundärledningar principskiss

TERRASSHUS SEKUNDÄRLEDNINGAR  
PRINCIPMODELL FÖR BERÄKNING

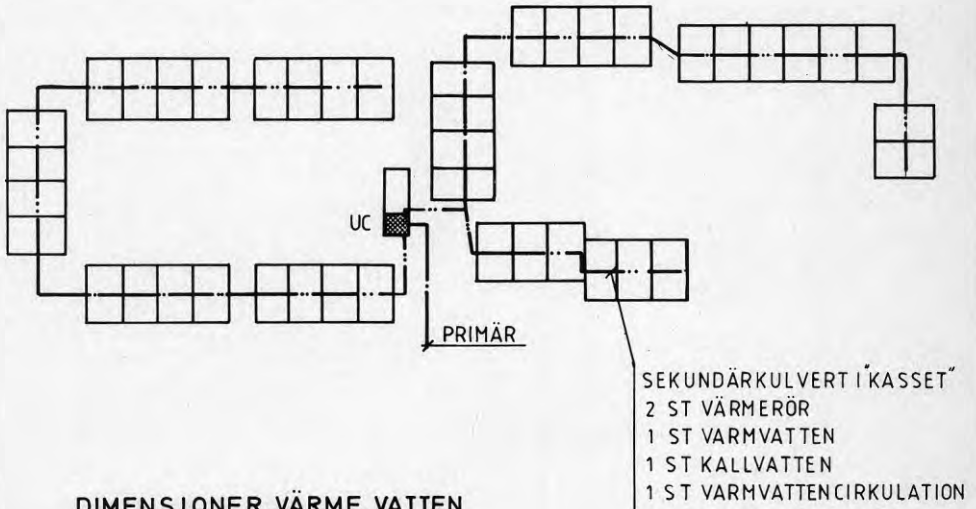


DIMENSIONER, VÄRME, VATTEN  
OCH VARMVATTENCIRKULATION  
I SEKUNDÄRNÄT

ANTAL LGH	VÄRME DIM	VATTEN DIM	VVS* DIM
1 LGH	15	18	
2	20	18	
3	20	22	
4 - 5	25	22	10
6 - 9	32	28	
10 - 12	32	35	
13 -	40	35	

\* VARMVATTENCIRKULATION

Fig. 8.13. Skiss 4. Södertuna terrasshus sekundärledningars dimensioner



**DIMENSIONER, VÄRME, VATTEN  
OCH VARMVATTENCIRKULATION  
I SEKUNDÄRNÄT**

ANTAL	VÄRME DIM	VATTEN DIM	VVC DIM
1 LGH	15	18	10
2	20	18	
3-5	25	22	
6-9	32	28	
10	32	35	
11-15	40	35	
16-23	50	35	
24-27	50	42	*
28	65	42	12

\* VID STÖRRE AVSTÅND ÄN 150 M  
FRÅN UNDERCENTRAL DIM 12

fig. 8.14. Skiss 4 och 6. Södertuna radhus sekundärledningar

I radhus, jämför fig 8.14, har kostnadsberäkningen baserats på förläggning av sekundärstråket i kassett under huslängorna. Detta är idag det vanligaste och billigaste utförandet vid grundläggning typ platta på mark, och representeras av läge C på figur 8.15. I kassetten ligger rören isolerade och lösa. Vid eventuella fel kan rören dragas ut från husgaveln. Vid denna utförs en brunn varifrån ledningarna går till nästa huslänga via en prefabricerad flerhålskulvert, se figur 8.16. I varje lägenhet finns inspektionslucka för bl a injusteringsarbeten.

Utanför det gemensamma skyddsroret för värme, varmvatten och varmvatten-cirkulation läggs kallvattenledningen separat i en plastledning för att er-hålla lägsta temperatur på kallvattnet.

#### Läge A

Härvid förläggs rören på den oisolerade vinden. Vid varje lägenhet arrangeras en tät låda för ventilgrupper. Lådan dräneras mot exempelvis avlopps-ventilation. En inspektions- och justeringslucka placeras på yttertaket.

Fördelar med läget är:

- möjlighet att hänga kulverten i luften mellan radhuskropparna erbjuds.
- inspektionslucka på taket kan samordnas med renslucka för ventilation.

Nackdelar med läget är:

- problem med frysning vid driftstopp vintertid.
- inreglering måste ske från taket.
- vid eventuellt läckage blir vattenskadorna stora.
- där kulverten inte kan hängas mellan huskropparna, erfordras vertikala schakt från marken till vinden.
- ökad isolertjocklek.

#### Läge B

Härvid förläggs rören inomhus i lägenheten. Rörstråket klädes in.

Inspektions- och justeringslucka utförs i exempelvis köket.

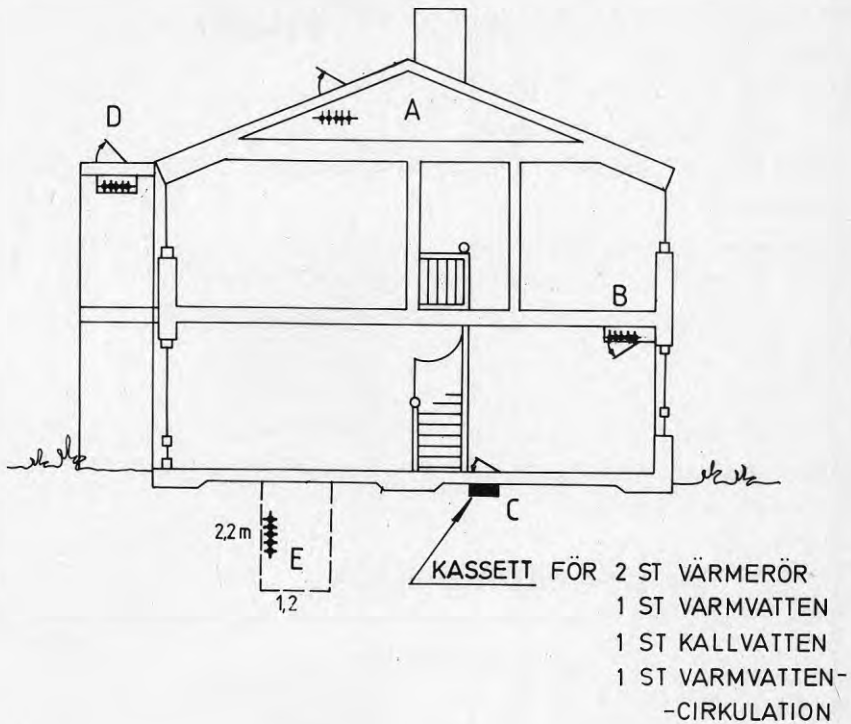
Fördelar med läget är:

- ledningarna ligger varmt - ingen frysrisk.

Nackdelar med läget är:

- mycket rör i lägenheten.
- tillträde till lägenheten erfordras för inreglering mm.
- risk för relativt stora vattenskador.
- vertikala schakt erfordras mellan mark och ledningsstråket.

INVÄNDIG FÖRLÄGGNING AV  
FÖRDELNINGSLEDNING I RADHUS



- LÄGE A : FÖRLÄGGNING PÅ VIND  
 LÄGE B : FÖRLÄGGNING I LÄGENHET  
 LÄGE C : FÖRLÄGGNING UNDER GOLV I KASSET  
 LÄGE D : FÖRLÄGGNING UNDER SKÄRMTAK  
 LÄGE E : FÖRLÄGGNING I GÅNGBART UTRYMME

fig. 8.15. Skiss 4 och 6. Södertuna radhus sekundärledningars principskiss

Läge C

Läge C är det läge på vilket kostnadsberäkningarna är utförda. Förläggningssättet innebär att rören isoleras och förs in i kassetter som läggs på marken innan bjälklaget gjuts. För varje lägenhet utförs en brunn där ventilgruppen placeras. Brunnen täcks med inspektionslucka.

Fördelar med läget är:

- prisbillig lösning, liten schakt.
- installationen väl skyddad.
- förläggningssättet är det idag mest använda.

Nackdelar med läget är:

- problem med utbytbart när husen inte ligger i rät linje.
- tillträde till lägenheten erfordras vid inreglering.
- luckan kräver fri golvyta i okänsligt utrymme.

Läge D

Vid läge D hängs rören under tak i ouppvärmt "sommarutrymme". Ledningsstråket isoleras och kläs in. För inreglering arrangeras en utifrån tillgänglig inspektionslucka.

Fördelar med läget är:

- ledningarna är relativt lätt utbytbara.
- möjlighet att hänga kulverten i luften mellan radhuskropparna erbjuds.
- inspektionslucka åtkomlig utifrån.

Nackdelar med läget är:

- problem med frysning vid avbrott vintertid.
- lösningen är tämligen oprövad.
- ökad isolertjocklek.
- olägenhet med vertikala schakt vid gavlar.

Läge E

Läge E innebär att ledningarna förläggs i ett gångbart utrymme under husen. Ventilgrupper kan placeras utan restriktioner och ledningar till lägenheterna kan dragas i tomrör som gjutits in i bjälklaget.

Fördelar med läget är:

- ledningarna lätt inspekter- och utbytbara.
- trappningar och vinklingar i huslinjen klaras.

Nackdelar med läget är:

- hög kostnad vid grundläggning på platta.



## SEKTION RADHUSGAVEL

EJ I SKALA

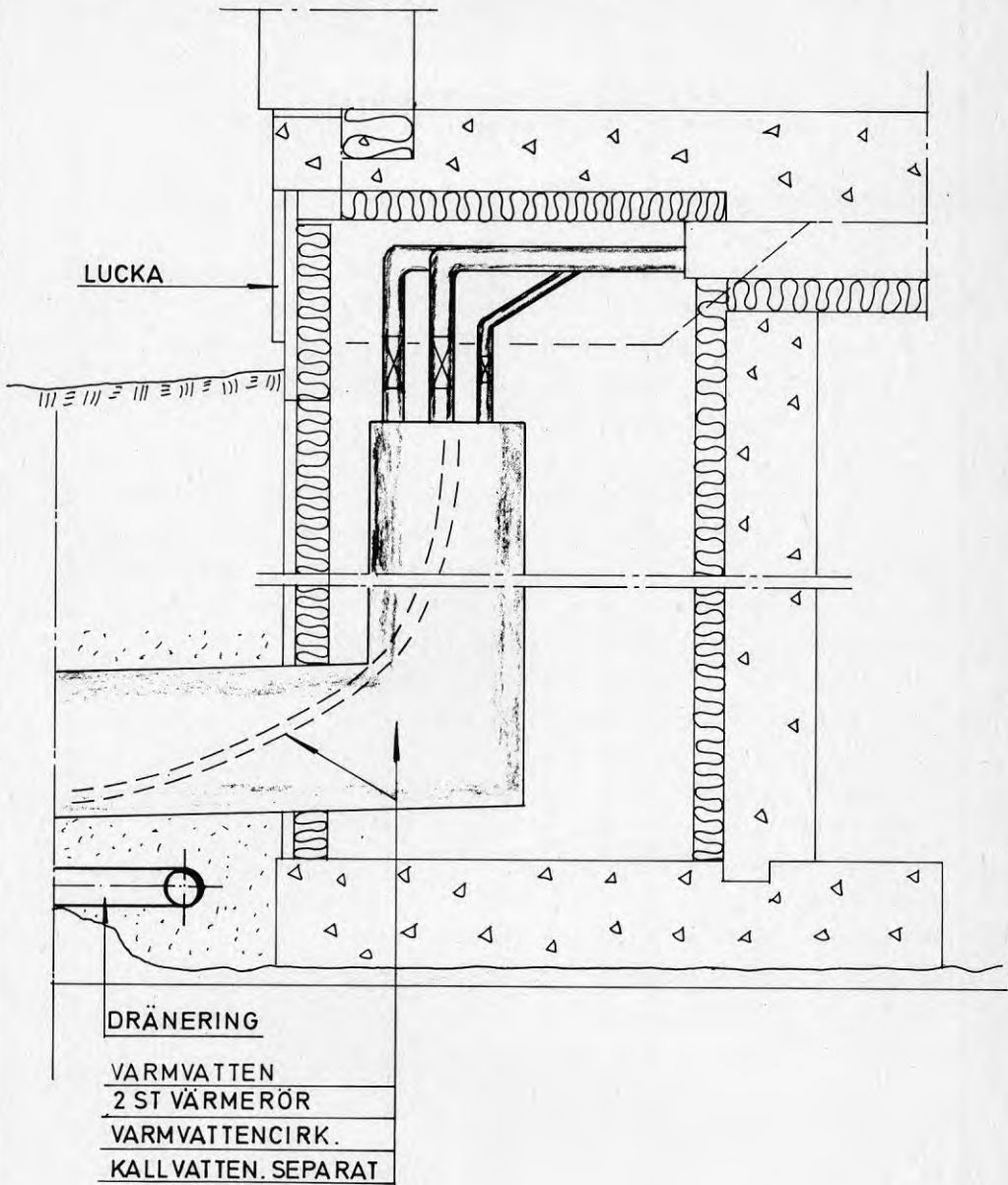


Fig. 8.16. Skiss 4 och 6. Södertuna radhus sekundärledningar övergång hus-  
mark princip.

### 8.34 Distributionssystemets utveckling

I förstudien av Södertunaprojektet (BFR-rapport R28:1981) redovisas ett första förslag till utformning av distributionsnät. Systemet ingick i det ursprungliga solvärmeprojektet och byggde på takplacerade solfångare på varje hus i ett tämligen hårt exploaterat låghusområde.

Kulvertnätet bestod här av 6 st rörledning. För radiatorvärme ingick 2 st, för varmvatten 1 st, för VVC 1 st samt till solfångarna 2 rör. Kostnaden för detta distributionssystem uppgick då till ca 15,5 Mkr (kostnadsläge maj -80). Denna tidiga skiss innehöll ca 550 lägenheter, vilket ledde till en kostnad för distribution av ca 28000 kr/lgh. I förstudien antyds fortsatt arbete för att reducera antalet rör på primärsidan och därmed reducerade kostnader.

Under 1981 introducerades terrasshuset. För detta samt en tillhörande låghusbebyggelse skisserades ett nytt distributionssystem. Terrasshuset och låghustaken försågs med solfångare. Värmen infångades och distribuerades i ett 3-rörskulvertsystem. (Jämför figur 8.17). De tre rören representerades i princip av 3 temperaturnivåer i ackumulatorn. Det "kallaste" röret tog vatten från botten av ackumulatorn till solfångarna vid ca 15 °C. Returvattnet från solfångarna sändes vid ca 35 °C tillbaka till en mellantemperaturnivå i ackumulatorn. Från toppen eller från en punkt vid 55 °C togs vatten ut för uppvärmning och varmvatten till förbrukarna. Returvattnet härifrån blandades med returvattnet från solfångarna.

Inledningsvis kopplades till detta system ett sekundärnät som bestod av 9 rör. Två av dessa rationaliserades snabbt bort genom att slå samman radiator och ventilationskretsarna. Denna lösning är väl beprövad. Sekundärnätet består sedan dess av 2 värmerör, 2 solfångarrör, 1 kall- och 1 varmvattentrör samt 1 rör för VVC.

3-rörssystemet hade ett antal nackdelar. Det skulle kräva ett relativt komplicerat reglersystem med åtföljande injusterings- och driftproblem. En annan nackdel var den temperaturförlust man erhöll vid blandningen av returflödet från konsumenter och solfångare. En intressant detalj var materialvalet för den kalla ledningen. Ledningen måste vara tät, korrosionsmotståndig samt bibehålla den 15 °C-iga temperaturen ut till radhusen. Ett antal alternativ studerades för att finna ett prisbilligt alternativ till den konventionella fjärrvärmekulverten som slutligen tänktes för uppgiften.

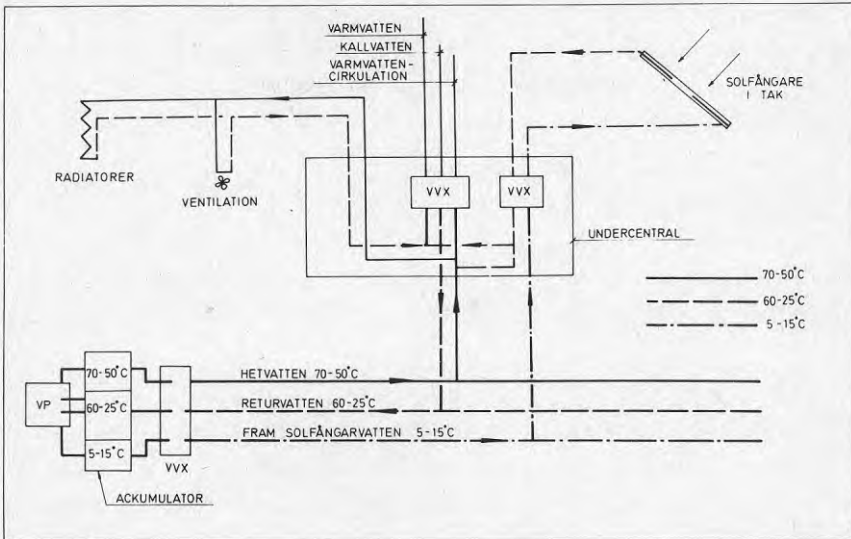


Fig. 8.17 Principflödesschema 3-rörssystem. (Södertuna skiss 4).

Arbetet med terrasshuset och utformningen av den s k soltriangeln visade fördelar med en koncentrerings av solfångarna till enbart terrasshuset. Samtidigt visade energibehovsberäkningar och solfångarprov att det är möjligt att klara solfångningsbehovet för hela bebyggelsen med solfångare enbart på terrasshuset. Jämför diskussionen i avsnitt 6.3 "Utveckling av planalternativ".

Med solfångarna borta från låghusbebyggelsen försvann motiveringen för 3-rörs kulverten. Distributionssystemet erhöll härvid sin i rapporten föreslagna utformning. Primärsidan omfattar 2 rör i radhusområdet och 2 rör + solfångarrör i terrasshuset. Solfångarkretsen på sekundärsidan räknas som systemkomponenten i solfångaren.

Kostnaden för distributionssystemet blir ca 9,2 Mkr eller fördelat på 525 lägenheter ca 17 500 kronor (prisläge maj -82). En kostnadsreduktion av cirka 10 000 kr/lgh för värme- distribution i ett solvärmesystem har alltså uppnåtts jämfört med förstudien. Den lägre kostnaden beror bl a dels på att en stor del av ledningarna har kunnat erhålla en enkel förläggning i terrasshus, dels på det mindre antalet ledningar (från 6 till 2 rör) på primärförsörjningssidan.

### 8.35 Kostnadsberäkningar

Kostnadsberäkningar för ledningsnät har utförts löpande för olika alternativa planer och systemlösningar. Huvudunderlaget för beräkningarna har kostnadstabellen i fig. 8.18 har varit:

#### Val av optimal isolering

En jämförande kalkyl för val av isolering med aktuellt ledningsnät är utförd. Kostnadsuppgifter har inhämtats från tillverkare för de aktuella isolertjocklekar som finns. Jämförelsen baserar sig på följande data:

- Kostnad för energi 50 kr/MWh. Detta baserar sig på att elpriset är 25 öre/kWh inkl skatt. Elandelen uppskattas till 20 % av totala energibehovet.
- Kostnad för värmeproducerande anläggning har antagits till 8 Mkr/MW.
- Drifttider - fjärrvärmeledning    8 600 tim
  - värmeledning                    5 800 tim
  - solfångarledning                2 150 tim
- Medeltemperatur för värmebärare
  - fjärrvärme, tillopp/retur    55/23,5 °C
  - värme, tillopp/retur            31/28 °C
  - solfångare, en ledning            55 °C
- Omgivningstemperatur för ledning i
  - kulvert, hela året                + 5,7 °C
  - "                    , 15/9-15/5        + 2,0 °C
  - terrasshus                         +15,0 °C
  - radhus, 15/9-15/5                +15,0 °C
- Kalkylränta (real) 0, 4 och 8 %.
- Kalkyltider för kulvert 30 år.

Beräkningen har utförts med hjälp av Riksbyggens dataprogram "ISOL". Detta utför beräkning av ekonomisk isolertjocklek i såväl kulvertledning som fri-  
liggande ledning.

Resultat framgår av nedanstående tabeller:

Primärledning i mark.

Dim	Ränta		
	0 %	4 %	8 %
65	3 *	3	2
100	3	3	2
125	3	2	2
150	3	2	2

\* Siffrorna anger serienummer, där 1 står för sämsta isolering.

Sekundärvärmeledning, i mark.

Dim	Ränta		
	0 %	4 %	8 %
50	3	1	1
40	3	2	2

För primärvärmeledning inomhus.

Dim	Ränta		
	0 %	4 %	8 %
65	24/24 *	23/22	23/22
100	26/26	23/22	23/22
125	26/26	23/22	23/22

\* Siffrorna anger serienummer, där lägsta siffran anger sämsta isolering, för tillopp/retur.

För sekundärledning inomhus.

Dim	Ränta		
	0 %	4 %	8 %
25	24/24	23/22	23/22
32	25/25	23/22	23/22
40	25/25	23/22	23/22
50	24/24	23/22	23/22

Värmeförlust från ledningsnätet

Värmeförlusterna från hela ledningsnätet har beräknats för de olika isoleringsgraderna. För den valda, optimala, isoleringsgraden blir värmeförlusten från nätet ca 8 %. Nätet omfattar ledningar för primär- och sekundärvärme samt solfångare.

LEDNINGSKOSTNADER

Priser för helt färdiga ledningar, dvs projektering, material, montage och kontroll.

Primär ledningar för värme utförda enligt svensk fjärrvärmestandard.

Fördelningsledningar är räknade till lügenhetsvägg. För sekundärledningar i mark har pålagts 550:-/kr

Priserna avser Kr/m, prisnivå maj 1982. TH = terrasshus, RH = radhus.

Ledningsdimension	Primär (2 rör)		Solfångar(2rör)		Sekundär-(2rör)		Varm- och kall-		VVC ***	
	i mark	inomhus	i mark	inomhus	i TH*	i RH	i TH	i RH**	i TH	i RH
Ø 10 (12)							75	135	75	135
Ø 15 (18)				140	140	250	100	160		
Ø 20 (22)				150	150	260	110	170		
Ø 25 (28)	635	255	450	180	180	290	145	205		
Ø 32 (35)	720	300	480	190	190	300	165	225		
Ø 40 (42)	840	335	550	220	220	330	210	250		
Ø 50	900	360	650	260	260	370				
Ø 65	1010	405	750	300	300	410				
Ø 80	1105	440	880	350						
Ø 100	1250	500	1000	400						
Ø 125	1415	565	1200	480						
Ø 150	1585	635	1400	560						
Ø 175	1800	720	1600	640						

\* I terrasshus hänger ledningarna i bjälklag över kryputrymme.

\*\* I radhus är ledningarna förlagda i kasset under golv.

\*\*\* Varmvatten cirkulation.

Fig. 8.18.



## 8.4 Solfångare

### 8.41 Allmänt

Den grundläggande principen för solvärmesystemet är att man genom att utnyttja en mindre värmepump kan sänka drifttemperaturen för solfångarna och öka temperaturspannet i lagret, dvs minska den erforderliga lagervolymen. För solfångarna innebär detta i det aktuella systemet att medeldrifttemperaturen kommer att ligga på ca 40 °C under året. Mätningar på solfångare lämpade för det aktuella temperaturområdet startades 1978 vid Älvkarlebylaboratoriet. Resultaten visade snart att man med relativt enkla englasade solfångare kunde nå hyggliga energiverkningsgrader i det aktuella temperaturområdet. Kostnaderna inklusive installation för de lådsolfångare som då fanns på marknaden visade sig orimligt höga för utnyttjande i större projekt och därför etablerades ett samarbete mellan Vattenfall och Gränges AluminiumTeknik med målsättningen att utveckla en enkel takintegrerad solfångare. Utvecklingsarbetet inleddes 1979 med jämförande mätningar på sex konstruktionsideer vid Statens Provningsanstalt. Resultatet låg sedan till grund för det vidare utvecklingsarbetet som stegvis lett fram till tre prototyper.

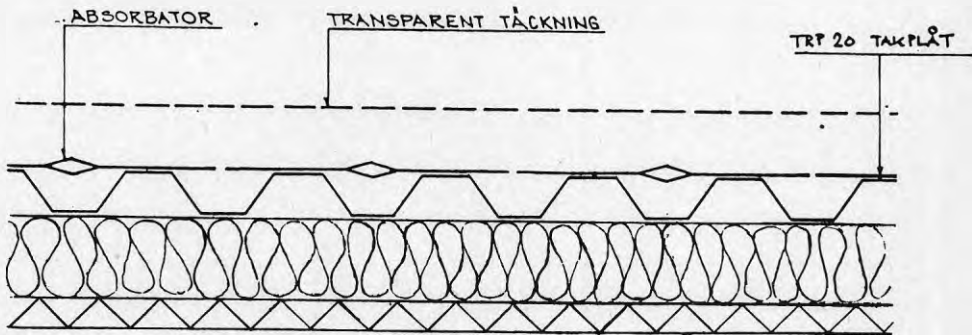


Fig. 8.19 Konstruktionsprincipen för solfångare.

Konstruktionsprincipen framgår av figur 8.19. Solfångaren är uppbyggd av en TRP 20 takplåt, Gränges Sunstrips och en plasttäckning. Som täckmaterial har Kalwall (fiberarmerad polyester) utnyttjats men även andra plaster har studerats.

Stor vikt har hela tiden lagts vid en reduktion av arbetsinsatsen vid montering och installation. Den första prototypen är en platsbyggd solfångare som finns i två 10 m<sup>2</sup> stora ytor vid Älvkarlebylaboratoriet. Solfångaren finns i drift i Älvkarleby sedan mars 1981. (Se fig 8.20). En beskrivning av solfångaren och mätresultat redovisas i referenser. Prototyp 2 är prefabricerad i större utsträckning för att reducera arbetsmomenten på taket. Den finns sedan våren 1981 i en 55 m<sup>2</sup> stor testanläggning i Älvkarleby. (Se fig 8.21). Beskrivning och mätresultat ges i referenser.

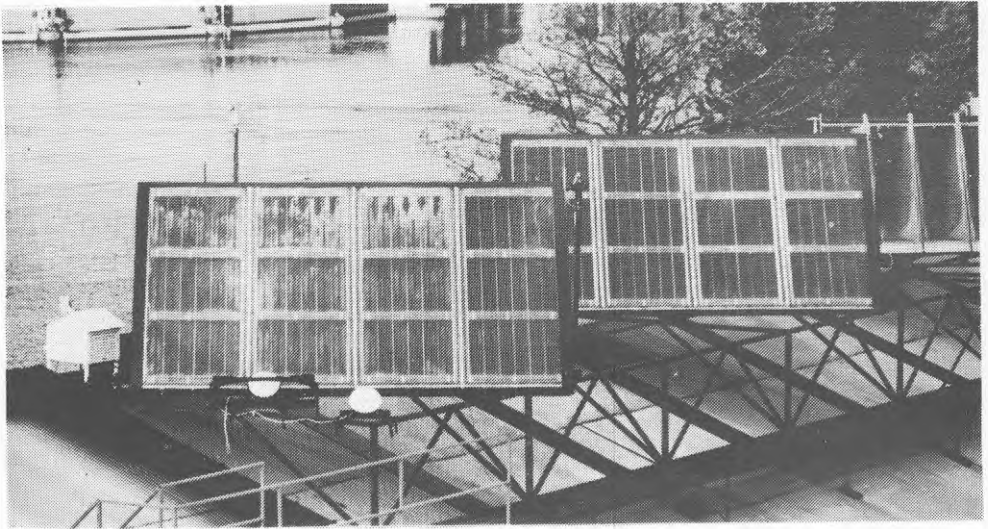


Fig. 8.20 Prototyp 1.



Fig. 8.21 Prototyp 2.

Sammanfattningsvis visar testerna i Älvkarleby att det med dessa solfångare är möjligt att nå en 'optisk' verkningsgrad = 0.70 och en förlustkoefficient på  $U_L = 5 \text{ W/m}^2$ , K. Energiutbytet från solfångarna vid en drifttemperatur på  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  är ca  $370 \text{ kWh/m}^2$ , år.

Den tredje prototypen har tagits fram utgående från erfarenheterna från arbetet med de tidigare och i denna har takarbetet reducerats ytterligare. Denna prototyp installeras hösten 1982 i Södra Pershagen, Södertälje inom ramen för ett separat BFR-projekt. Se fig. 8.22. Anläggningen är avsedd för tappvarmvattenberedning och solfångarytan är cirka  $90 \text{ m}^2$ . Kostnaden för solfångaren i Södra Pershagen är  $1\,500 \text{ kr/m}^2$  monterad på plats. Kostnaden innehåller till stor del utvecklings- och konstruktionskostnader och kommer därför att kunna reduceras vid produktion av serier i den storleksordning som Södertunasystemet kräver. Det totala merkostnaden för solvärmesystemet i Södra Pershagen inklusive lagringstank, VVS-installation är  $1\,800 \text{ kr/m}^2$ . Utbytet väntas enligt preliminära beräkningar bli  $330 \text{ kWh/m}^2$ , år.

#### 8.42 Utvecklingsarbetet

När arbetet med Södertunaområdet startades hösten 1980 beslöts att en förfrågan skulle sändas till nordiska solfångartillverkare och -leverantörer angående produkter, befintliga eller under utveckling, som kunde vara lämpliga inom Södertunaprojektet. Förfrågan utsändes i december 1980 till ett fyrtiotal tillverkare och leverantörer. Därvid trycktes på följande önskade egenskaper hos solfångarkonstruktioner:

- Klimatskärm med en vikt som ej är högre än för normala taktäckningsmaterial.
- Produktpassning.
- Enkel hantering och installation.
- Betydligt lägre kostnader än för lådsolfångare som för närvarande marknadsförs.

Som resultat erhöles fjorton svar varav fyra bedömdes särskilt intressanta för Södertuna.

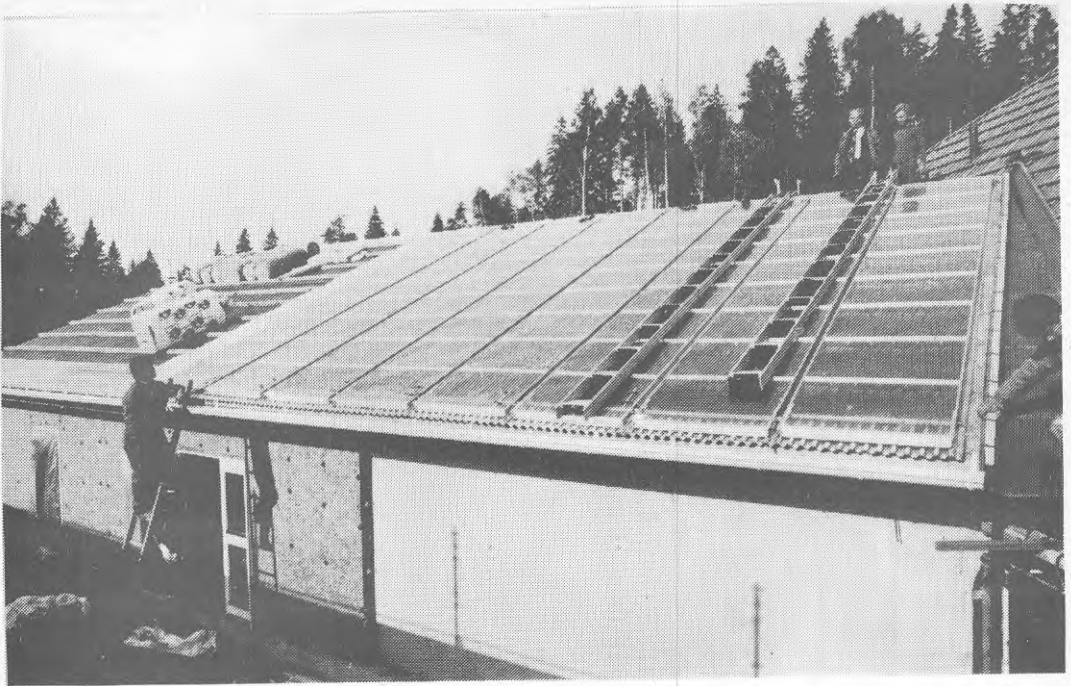


Fig. 8.22 Prototyp 3.

Ungefär samtidigt som svaren från solfångarförfrågan bearbetades presenterades det första planförslaget med terrasshus och "soltriangel" (se fig. 6.15). Detta gav nya förutsättningar för solfångarkonstruktionen. Förslaget medför att solfångaren ej kan frikopplas från "huskonstruktionen" utan att en lämplig totallösning måste tas fram. Genom kontakter med Solarec AB i Borås, ett av de fyra intressantaste svaren på förfrågan, kunde en grundidé när det gäller konstruktionen av "soltriangeln" tas fram. Den bygger på att "soltriangeln" uppförs i trä i form av volymhus som kan prefabriceras inklusive solfångare och lyftas på plats med kran. Resultatet av solfångarförfrågan gav ingen anledning att välja någon annan solabsorbator än Gränges Sunstrips. Som täckmaterial kan man tänka sig ett skikt av glas eller plast t ex Kalwall, beroende på volymelementens egenskaper och hanteringsrutiner vid transport och montering. Här har ingen slutgiltig ställning tagits. Genom att Vattenfall deltar i andra utvecklingsprojekt där storskaliga solfångare tas fram kommer provresultat och erfarenheter från detta arbete kontinuerligt att kunna inarbetas i Södertunaprojektet. När det gäller solfångare är det sannolikt att konstruktionen kommer att genomgå en vidare utveckling fram till tillverkningstillfället.



### Fördelningsprinciper

Till grund för kalkyler för "soltriangeln" ligger att solfångardelen utföres såsom platsbygge innehållande i solfångardelen 100 mm mineralull, 50 x 150 mm regelverk med skiva på baksidan, 50 x 50 regelverk, korrigerad plåt med en pilhöjd av 20 mm samt solfångardelen. Solfångardelens längd är räknat efter 10 m.

Alternativet till "soltriangeln" är att en mer konventionell lösning bygges. Detta innebär att det översta prefabricerade bjälklaget ligger kvar men att den prefabricerade kanten med blomlåda utgår i översta prefabricerade bjälklaget. Det prefabricerade bjälklagets utbredning kvarstår av solavskärmnings-skäl. Vidare innebär det att det översta plana bjälklaget utföres i platsgjuten betong isolerad med ca 400 mm mineralull och isolerad med trelagstäckning papp. Ytterväggarna kompletteras i avseende på isolering och yt-skikt till att bli kompletta ytterväggar. Ett fläktrum i storleksordningen ca 30 m<sup>2</sup> anordnas i byggnadens nedre delar.

Kommunens uttag av anslutningsavgifter och byggnadslovsavgifter beräknas vara oförändrade i båda alternativen.

Kostnaderna för markarbeten beräknas vara oförändrade i de båda alternativen.

Principerna för kostnadernas fördelning är:

- att direkta kostnader för tillkommande konstruktioner belastar "soltriangeln".
- att direkta kostnader för konstruktioner som ej utföres men varit nödvändiga utan "soltriangeln" krediteras "soltriangeln".
- att indirekta kostnader belastar huset och "soltriangeln" i proportion till yta eller kostnad. De indirekta kostanderna utgörs av projektering inkl kopiering, byggledning, kontroll och besiktning, budgeterad reserv, kapitalkostnader och mervärdesskatt.

För att beräkna merkostnaden för "soltriangeln" på terrasshuset jämfört med ett konventionellt alternativ har Riksbyggen med hjälp av Evidentia AB beräknat kostnaden dels för "soltriangeln" dels för en konventionell lådförmig överbyggnad med motsvarande bostadsutrymmen som erhålls i "soltriangeln".

Resultatet blev att "soltriangel" - alternativet exklusive solfångare uppvisade i det närmaste identiska kostnader som det konventionella alternativet. Detta beror bl a på att det i "soltriangeln" finns plats för ett fläktrum medan man i det konventionella alternativet måste placera detta på annan plats i huset (=extra kostnader). Vi kan alltså anta att själva solfångaren ej belastas av kostnader för "soltriangeln". Solfångarkostnaden har i projektet "Storskalig Solvärme för Fjärrvärmematning" i liknande fall beräknats till 350 kr/m<sup>2</sup> inklusive montering. Därtill kommer extra rördragning i 'soltriangeln' och vissa allmänna påslag. Slutsumman beräknas till 460 kr/m<sup>2</sup> inkluderande allt utom moms och kapitalkostnader under byggtiden.



## 8.5 Värmeundercentraler

### 8.51 Allmänt

Värmeundercentralen är den utrustning / utrymme där värmeenergi överförs från det primära till det sekundära värmesystemet.

Värmeundercentraler innehåller värmeväxlare, pumpar, reglercentraler för värme och varmvatten samt i förekommande fall för solvärme.

Värmeundercentralerna ska skiljas från värmecentralen, som är den för hela området gemensamma anläggningen vid lagret.

### 8.52 Värmekrets

Två typer av kopplingssätt har diskuterats:

Direktkoppling värmeundercentral typ A1, A2, och B1  
se fig. 8.24, 25 och 26.

Indirektkoppling värmeundercentral typ A3 och B2  
se fig. 27 och 28.

En direktkoppling innebär att lägsta möjliga temperatur erhålls i returledningen och att systemet utförs med gemensamt expansionsystem. I större system medför en direktkoppling ett högt statiskt tryck i sekundärsystemet och risk för tryckstötter. Ett fel i ett sekundärsystem påverkar hela värmeanläggningen. Indirekt koppling innebär att primär- och sekundärsida är skilda åt av värmeväxlare. Här erhålls en något högre returtemperatur. Primärvattnet utnyttjas i båda fallen direkt genom en 2-stegskoppling. Detta innebär att vattenvärmarens 1:a steg och värmekretsen / värmeväxlaren (beroende på kopplingstyp) kopplas parallellt. Allt primärvatten passerar därefter genom vattenvärmarens 2:a steg. Denna koppling är lämplig där avsättningar på grund av att hårt vatten befaras.

I de direktkopplade värmeundercentralerna klaras vattnets expansion av ett gemensamt expansionskärl i värmecentralen. I de indirekt kopplade däremot, har varje sekundärkrets sitt eget expansionskärl.

Båda kopplingsalternativen har ett gemensamt system för radiatorer och ventilationsluftvärmare vilket dimensioneras för 55 °C i framledningen och ca 10 °C temperaturfall. Varmvattentemp 50 °C för att 45 °C ska uppnås vid längst bort belägna tappställe.

Värmeundercentral med direktkoppling (typ A1, A2 och B1) ska kombineras med värmecentral alt 1.

Värmeundercentral med indirektkoppling (typ A3 och B2) ska kombineras med värmecentral alt 2.

I fig. 8.23 visas distributionssystemet schematiskt.

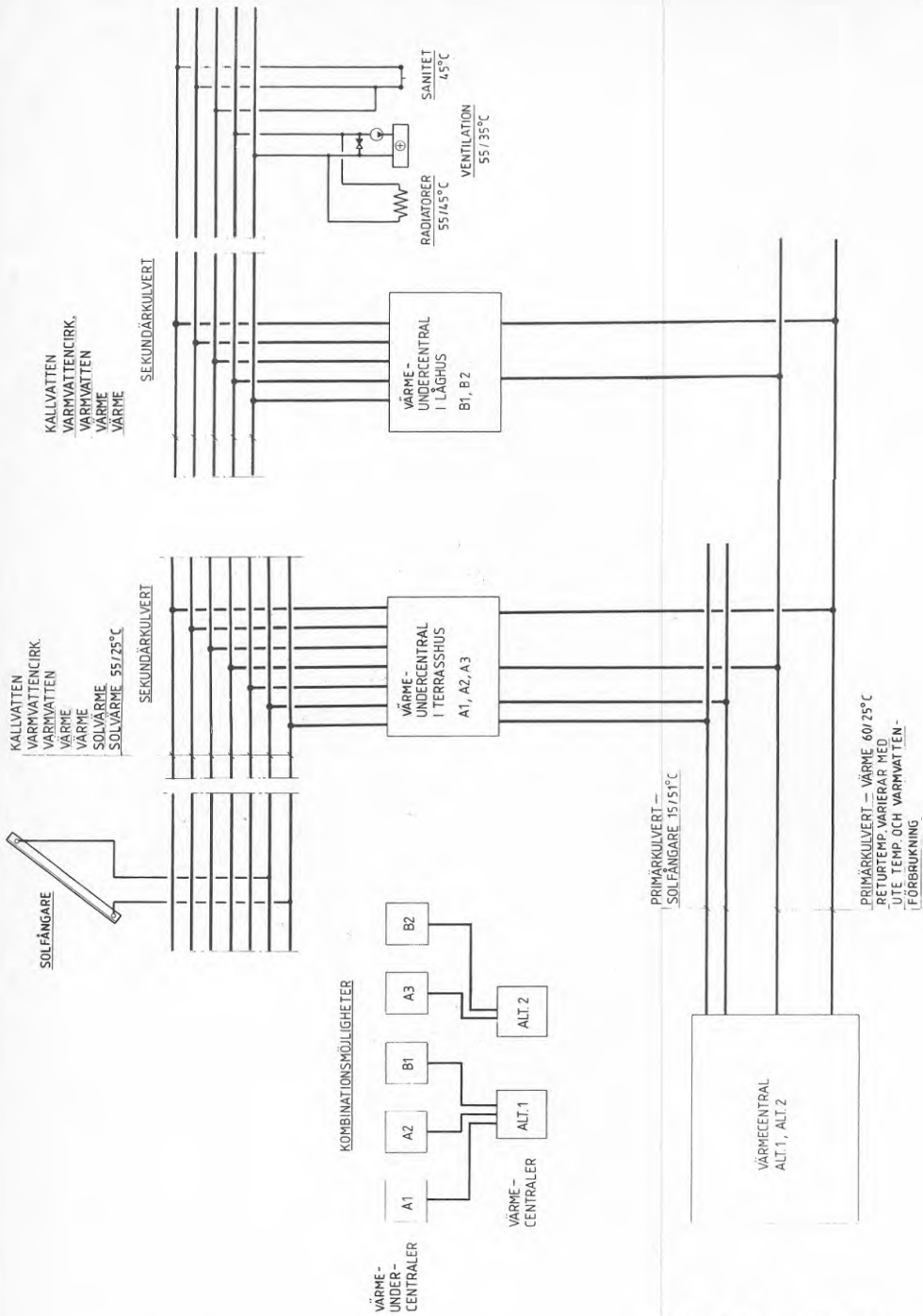


Fig. 8.23. SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMECENTRALER, VÄRMEUNDER-  
CENTRALER, KULVERT

### 8.53 Solfångarkrets

Solfångarkretsen består av en sekundärkrets och en primärkrets. Sekundärkretsen med glykolblandat vatten förbinder solfångarna med värmväxlare, primärkretsen värmväxlaren med värmelagret. Sekundärkretsen är dimensionerad för temperaturerna 55/20 °C och primärkretsen för 15/50 °C.

Installationer för solvärme har värmeundercentraler av typ A1, A2 och A3, avsedda för terrasshusen. Värmeundercentral av typen B1 och B2 är avsedd för låghusbebyggelsen.

Det som skiljer solfångarkretsen i typ A1, A3 och A2 är att i typ A2 ingår ett dygnslager på 10 m<sup>3</sup> där solvärt vatten direkt kan utnyttjas till uppvärmning eller för värmning av tappvarmvatten. Kopplingen har blivit mycket komplicerad och den följande funktionsbeskrivningen är endast översiktlig.

Som redovisats i kapitlet om etapputbyggnad beräknas området för 13 st värmeundercentraler där nummer 1-8 byggs 1986-1987 och 9-13 1988-1989.

Antalet anslutna lägenheter till resp värmeundercentral redovisas nedan.

UC	ANSLUTNA TERRASSHUS LÄGENHETER	ANSLUTNA LÅGHUS	ANSLUTNA LOKALER M <sup>2</sup>
1	38		
2	39		
3	26		
4	37		
5		50	
6		46	
7		60	
8		48	3500
9	24		
10	31		
11		56	
12	20		
13		50	
TOTALT	215	310	3500

För att få fram den billigaste kombinationen av värmeundercentraler har ett omfattande kalkylarbete nedlagts. Kalkylen visar att värmeundercentral A3 och B2 i kombination med värmecentral alt 2 bör väljas.

Denna kombination är dessutom den som mest liknar en konventionell fjärrvärmeinstallation vilket är bra ur driftssynpunkt.

8.54 FunktionsbeskrivningVärmeundercentral typ A1 (Se fig 8.24).VS\_RADIATORER\_PUMP\_P1Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT1 monterad i framledning och temperaturgivaren GT2 monterad på nordfasad styr över reglercentralen RC2 styrventilen SV80 så att följande temperatur erhålls:

Vid  $-18^{\circ}\text{C}$  ute  $+55^{\circ}\text{C}$  på framledning

Vid  $+18^{\circ}\text{C}$  ute  $+18^{\circ}\text{C}$  på framledning

Nattetid 21.00-06.00 sänks temperaturen med inställt värde ( $5^{\circ}\text{C}$ ).

Styrning

Pump P1 startas från apparatskåp AS.

Vid strömavbrott stänger SV80.

VV\_TAPPVARMVATTEN\_PUMP\_P10Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT1 styr över reglercentralen RC1 styrventilen SV80 så att inställd temperatur  $45^{\circ}\text{C}$  erhålls.

Styrning

Pumpen startas från apparatskåp (AS).

Vid strömavbrott stänger SV80.

SVV\_SVVK\_SOLVÄRMEKRETS\_PUMP\_P20\_P21Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT3 startar via RC3 pump P21 när temperaturen i solfångaren överstiger inställt värde ( $30^{\circ}\text{C}$ ) och stoppar den vid  $20^{\circ}\text{C}$ . SV81 är stängd mot VVX för rundpumpning av systemet.

Temperaturgivaren GT1 öppnar via RC4 SV81 mot VVX då temperaturen överstiger inställt värde ( $15^{\circ}\text{C}$ ).

Temperaturgivaren GT1 öppnar SV82 när temperaturen överstiger inställt värde ( $25^{\circ}\text{C}$ ) stänger den vid  $20^{\circ}\text{C}$ . När temperaturen överstiger nästa inställda värde ( $35^{\circ}\text{C}$ ) startar RC4 pump P20 och stoppar P21. När temperaturen understiger  $25^{\circ}\text{C}$  startar P21 och P20 stoppar.

Styrning

Pumparna P21, P20 styrs med omkopplare från apparatskåp AS. Med omkopplare i läge AUT styrs dom via RC4.

Vid strömavbrott stänger SV82.

Då SV82 öppnar startar P51 i värmecentralen.

Då temperaturen vid GT3 understiger inställt värde ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) startar RC3 pump P21 via kopplingsur 0,5 h/dygn för blandning av glykolsystemet. SV81 är då stängd mot VVX.

Övrigt

Temperaturen i solfångaren GT3 kan avläsas på RC3.

Värmeundercentral typ A2 (Se fig 8.25).

VS RADIATORER PUMP P1Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT1 monterad i framledning och temperaturgivaren GT2 monterad på nordfasad styr över reglercentralen RC2 styrventilen SV80:1 och :2 så att följande temperatur erhålls:

Vid  $-18^{\circ}\text{C}$  ute  $+55^{\circ}\text{C}$  på framledning

Vid  $+18^{\circ}\text{C}$  ute  $+18^{\circ}\text{C}$  på framledning

Nattetid 21.00-06.00 sänks temperaturen med inställt värde ( $5^{\circ}\text{C}$ ).

Ledvärdet från utegivaren GT2 (dvs önskad framledningstemp.) jämförs med GT1:2-SVV i RC8-VS. Då önskad framledningstemp. understiger GT1:2-SVV styr GT1-VS, SV80:2-VS att öppna först och därefter SV80:1-VS i sekvens och efter kurva. Då SV80:2-VS lämnat stängt läge startar P2.

Styrning

Pump P1 startas från apparatskåp AS.

Vid strömavbrott stänger SV80:1 och SV80:2.

VV TAPPVARMVATTEN, PUMP P10Temperaturreglering

Temperaturgivaren GT1 styr över reglercentralen RC6 styrventilen SV80:1 så att inställd temperatur  $45^{\circ}\text{C}$  erhålls.

Då temperaturen vid GT1:2-SVV är över  $55^{\circ}\text{C}$  styr GT1 SV80:2 att öppna först och SV80:1 i sekvens.

Styrning

Pumpen startas från apparatskåp (AS).

Vid strömavbrott stänger SV80:1, SV80:2.



SVV SVVK SOLVÄRMEKRETS PUMP P20, P21Temperaturreglering VVX2

Temperaturgivaren GT3 startar via RC3 pump P21 när temperaturen i solfångaren överstiger inställt värde (30°C) och stoppar den vid 20°C.

SV81 är stängd mot VVX2 för rundpumpning av systemet.

Temperaturgivaren GT1:1-SVV öppnar via RC4 SV81 mot VVX2 då temperaturen överstiger inställt värde (15°C).

Temperaturgivaren GT1:1-SVV öppnar via RC4 SV82-SVVK när temperaturen överstiger inställt värde (25°C) och stänger den vid 20°C. När temperaturen överstiger nästa inställda värde (35°C) startar RC4 pump P20 och stoppar P21. När temp. understiger 25°C startar P21 och P20 stoppar.

Temperaturreglering VVX3 och ackumulator

Då temperaturen vid GT1:1-SVV är ca 10°C högre än GT1:2-SVV startar via RC8-SVV P3 och SV80-SVV öppnar.

Då temperaturen vid GT1:1-SVV är ca 5°C högre än GT1:2-SVV stoppar P3 och SV80-SVV stänger.

Då temperaturen GT1:2-SVV är högre än behovet vid GT1-VS styrs SV80:2-VS och SV80:1-VS i sekvens efter kurva. Då SV80:2-VS öppnar startar P2.

Då temperaturen vid GT1:2-SVV är över 55°C ändras via RC9-VV tappvarmvattenregleringen så att GT1-VV styr SV80:2 och SV80:1-VV i sekvens.

Styrning

Pumparna P21, P20 styrs med omkopplare från apparatskåp AS. Med omkopplare i läge AUT styrs dom via RC4.

Pumparna P2, P3 styrs med omkopplare från apparatskåp AS. Pump P2 är utförd med tvåhastighetsmotor. Med omkopplare i läge AUT styrs dom av utsignal till SV.

- Då SV80:2-VS eller SV80:2-VV är stängd går P2 med låg hastighet.
- Då SV80:2-VS och SV80:2-VV är stängda stoppar P2.
- Då SV80-SVV är stängd stoppar P3.

Då P20, P21 står är SV82-SVVK stängd och SV81-SVV stängd mot VVX2 och pump P3 står.

Vid strömavbrott stänger ventilerna.

Då SV82-SVVK öppnar startar P51 i värmecentralen.

Då temperaturen vid GT3 understiger inställt värde (-5°C) startar RC3 pump P21 via kopplingsur 0,5 h/dygn för blandning av glykolsystemet. SV81-SVV är då stängd mot VVX2 och SV80-VV är stängd.

Övrigt

Temperaturen i solfångaren GT3 kan avläsas på RC3.

Värmeundercentral typ A3

Se fig 8.27.

Lika A1 men med separat värmeväxlare och expansionskärl.

Värmeundercentral typ B1

Se fig 8.26.

Lika A1 men utan solvärmekrets.

Värmeundercentral typ B2

Se fig 8.28.

Lika A3 men utan solvärmekrets.

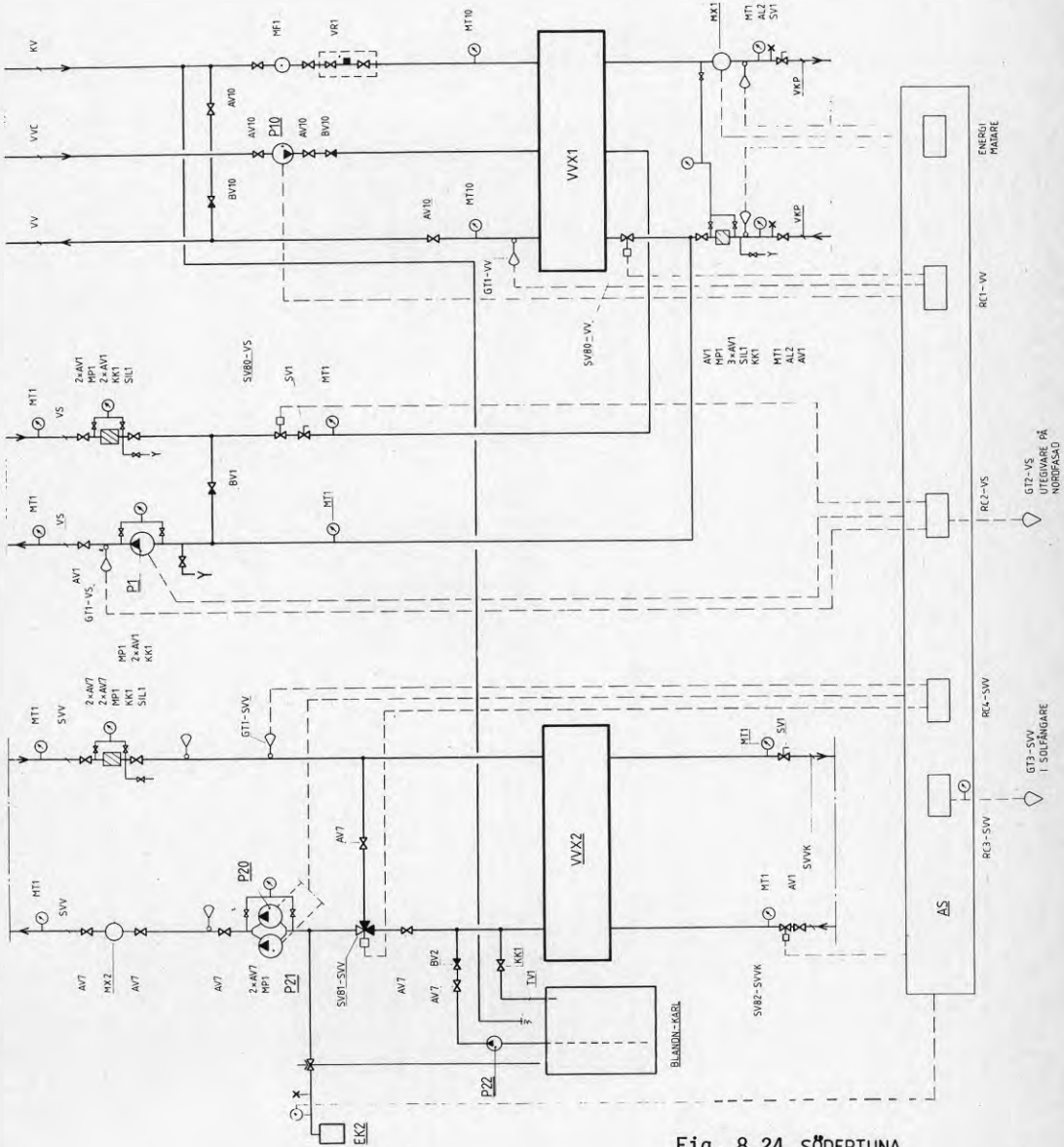


Fig. 8.24 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMEUNDCENTRAL A1

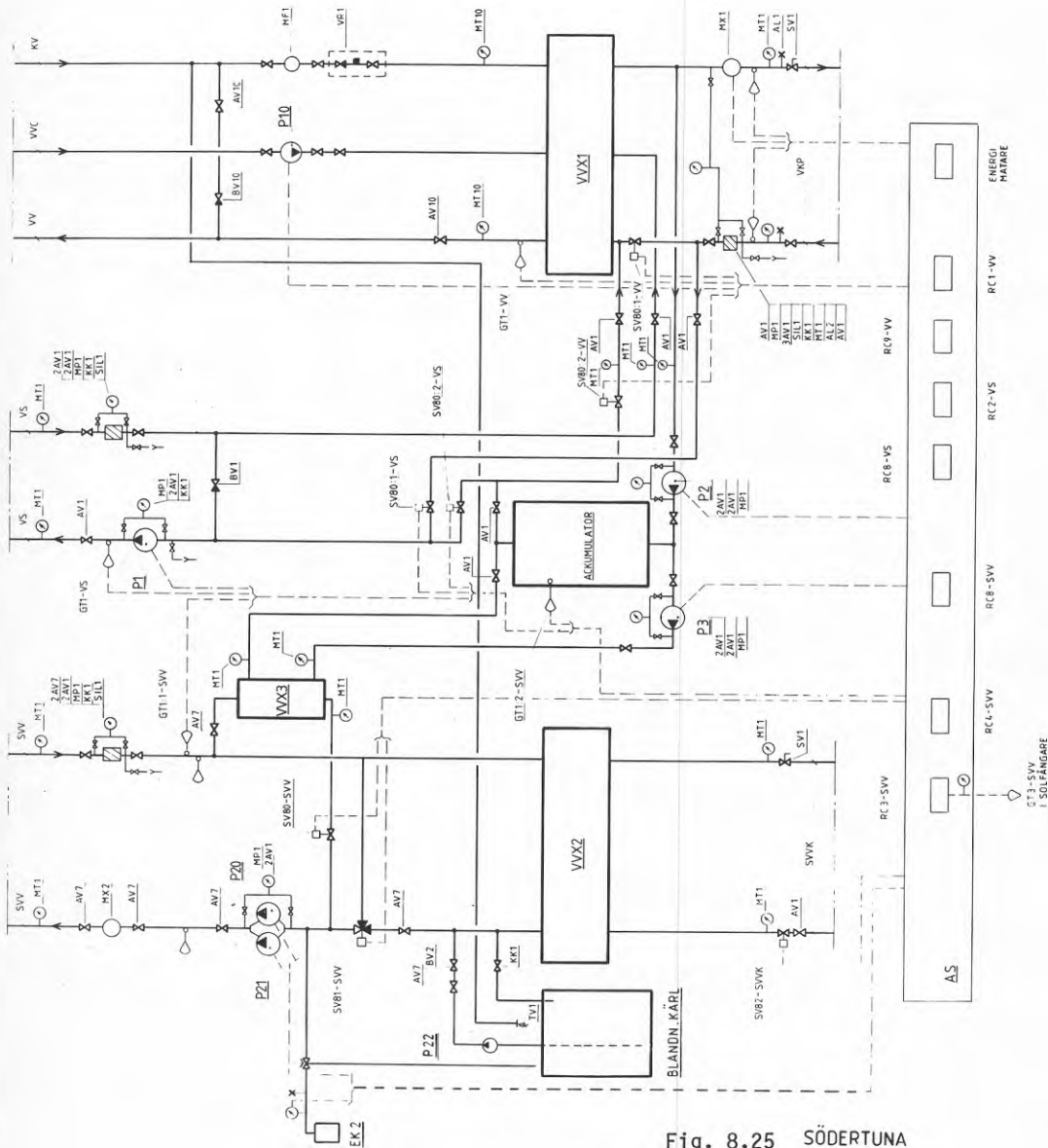


Fig. 8.25 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMEUNDERCENTRAL 42

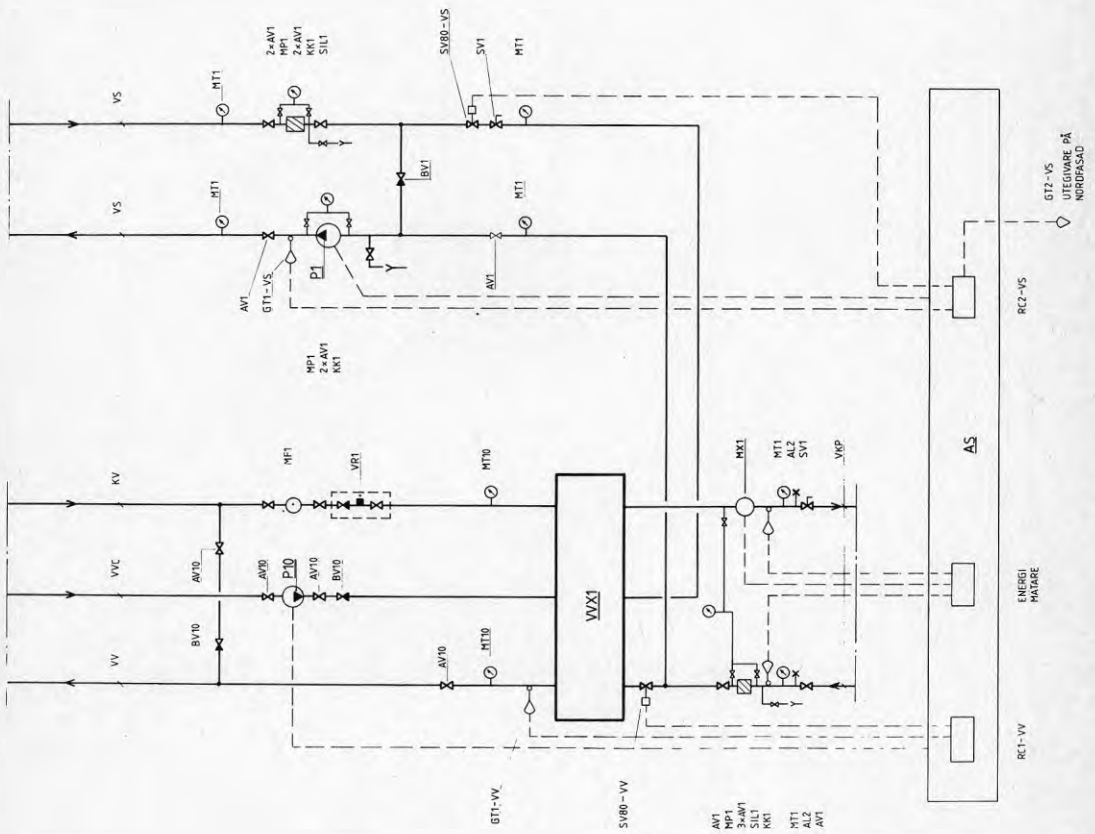


Fig. 8.26 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMEUNDERCENTRAL B1

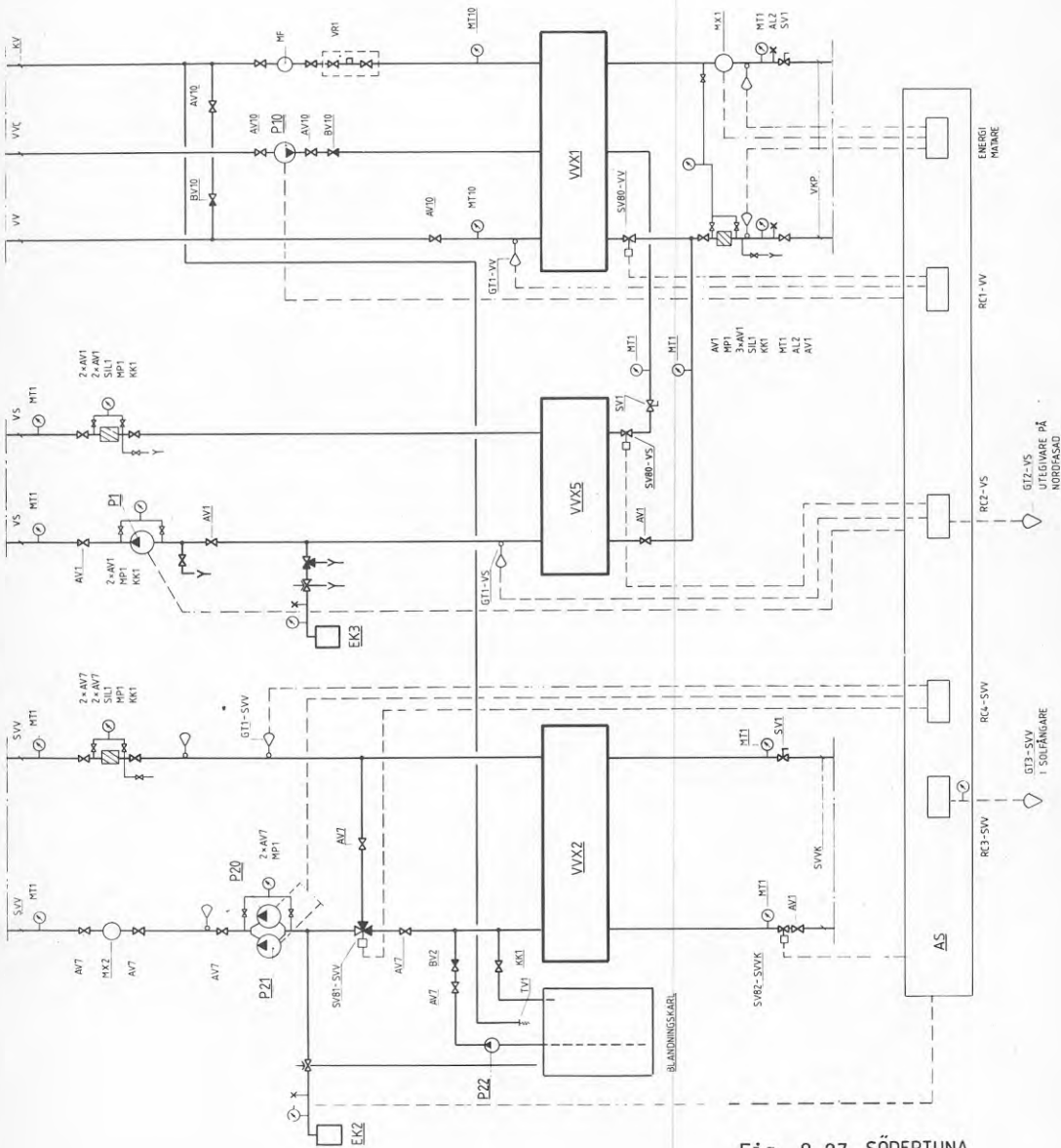


Fig. 8.27 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMEUNDERCENIPAL A3







Vid valet av kopplingsätt har ett omfattande kalkylarbete nedlagts.  
(Jfr. avsnitt 8.5 Värmeundercentraler).

Alternativ 2, dvs direktkoppling, har valts då detta billigare kopplingsätt i kombination med i och för sig dyrare undercentraler ger den billigaste total-lösningen. Värmeundercentralens utseende liknar i hög grad en konventionell fjärrvärmecentral vilket är bra ur driftssynpunkt.

## 8.62 Funktionsbeskrivning

Värmecentral alt. 1 (Se fig 8.29).

### VP ACKUMULATORKRETS PUMP P40, P41

#### Temperaturreglering

Uttag ur ackumulatorm stys via överordnat system beroende på temperaturnivåer i ackumulator så att utgående temperatur före VVX4 är ca 10°C högre än efter VVX4.

Returvatten till ackumulatorm stys in på rätt nivå beroende på temperaturen. Temperaturgivaren GT1 styr via RC5 varvtalet på pump P40 eller P41 så att inställd temperatur (55°C) erhålls.

#### Styrning

Pumparna P40, P41 stys med omkopplare från apparatskåp AS. Vid fel på en pump startar den andra automatiskt.

P40 och P41 kan var för sig stys av varvtalsregulatorm.

### VKP PRIMÄRLEDNING PUMP P30, P31

#### Tryckreglering

Differenstrycksgivaren GP81 styr via RC6 varvtalet på pump P30 eller P31 så att inställt differenstryck erhålls längst bort i kulvertnätet.

#### Styrning

Pumparna P30, P31 stys med omkopplare från apparatskåp AS.

Vid fel på en pump startar den andra automatiskt.

P30, P31 kan var för sig stys av varvtalsregulatorm.

#### Övrigt

Trycket längst bort (GP81) kan avläsas på RC6.

### SVVK SOLVÄRMEKRETS PUMP P50, P51

#### Temperaturreglering

Laddning av ackumulator stys via överordnat system beroende på temperaturnivåer i ackumulatorm.

Vatten från SVVK stys in på rätt nivå i ackumulatorm beroende på temperaturen. Temperaturgivaren GT1 stoppar via RC3 pumparna vid låg temperatur.

Tryckreglering

Differensgivaren GP80 startar P50 om P51 går och differenstrycket i längst bort belägna UC understiger inställt värde.

Styrning

Pumparna P50, P51 styrs med omkopplare från apparatskåp AS. Med omkopplare i läge AUT startas P51 då någon SV82-SVVK öppnat. Omkoppling P50, P51 styrs av GP80.

Värmecentral alt. 2

Se fig. 8.30.

VP Ackumulatorkrets

Utgår

VKP Primärledning pump P30, P31

Lika alt. 1 men utan exp.kärl

Uttag ur ackumulatorn styrs via överordnad system så att utgående temperatur är 65°C.

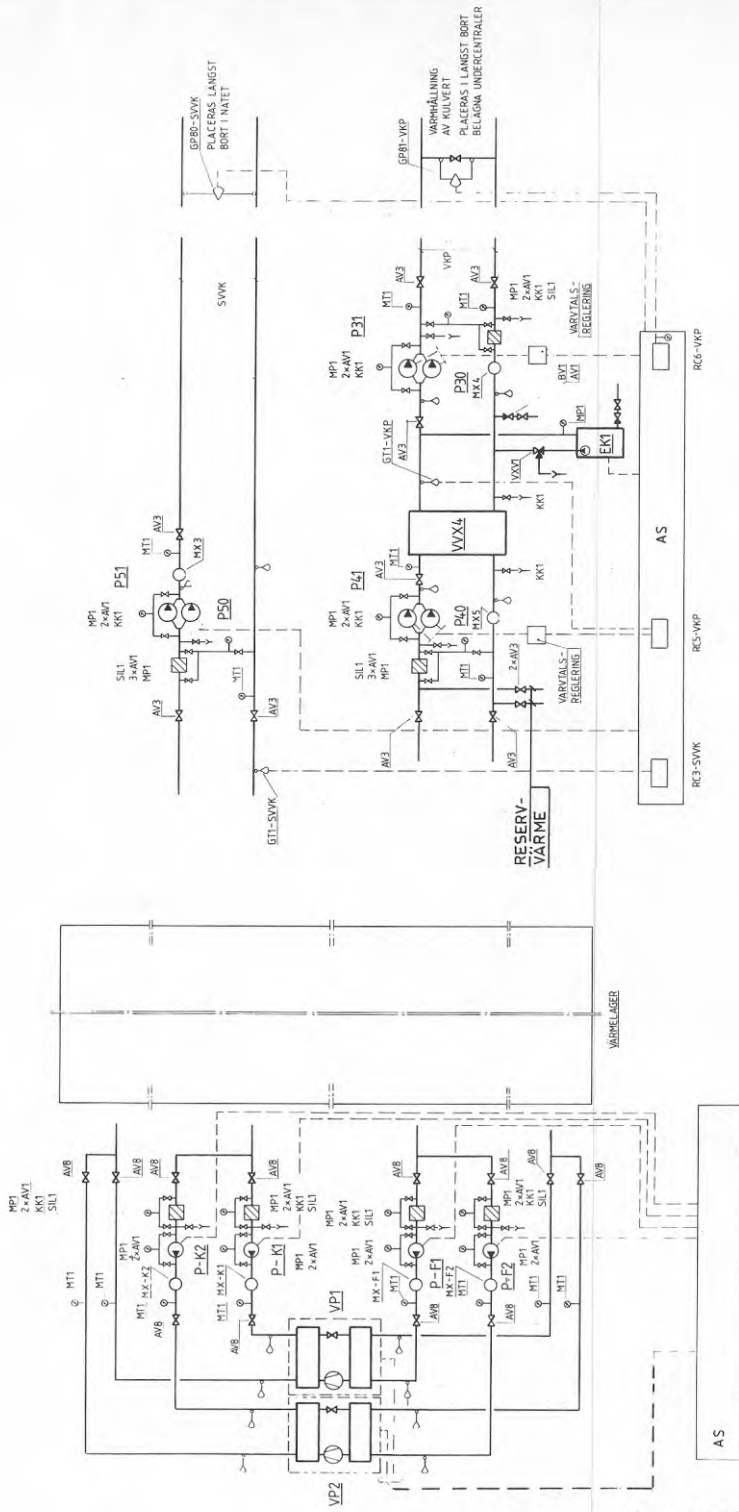


Fig. 8.29 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMECENTRAL ALT.1



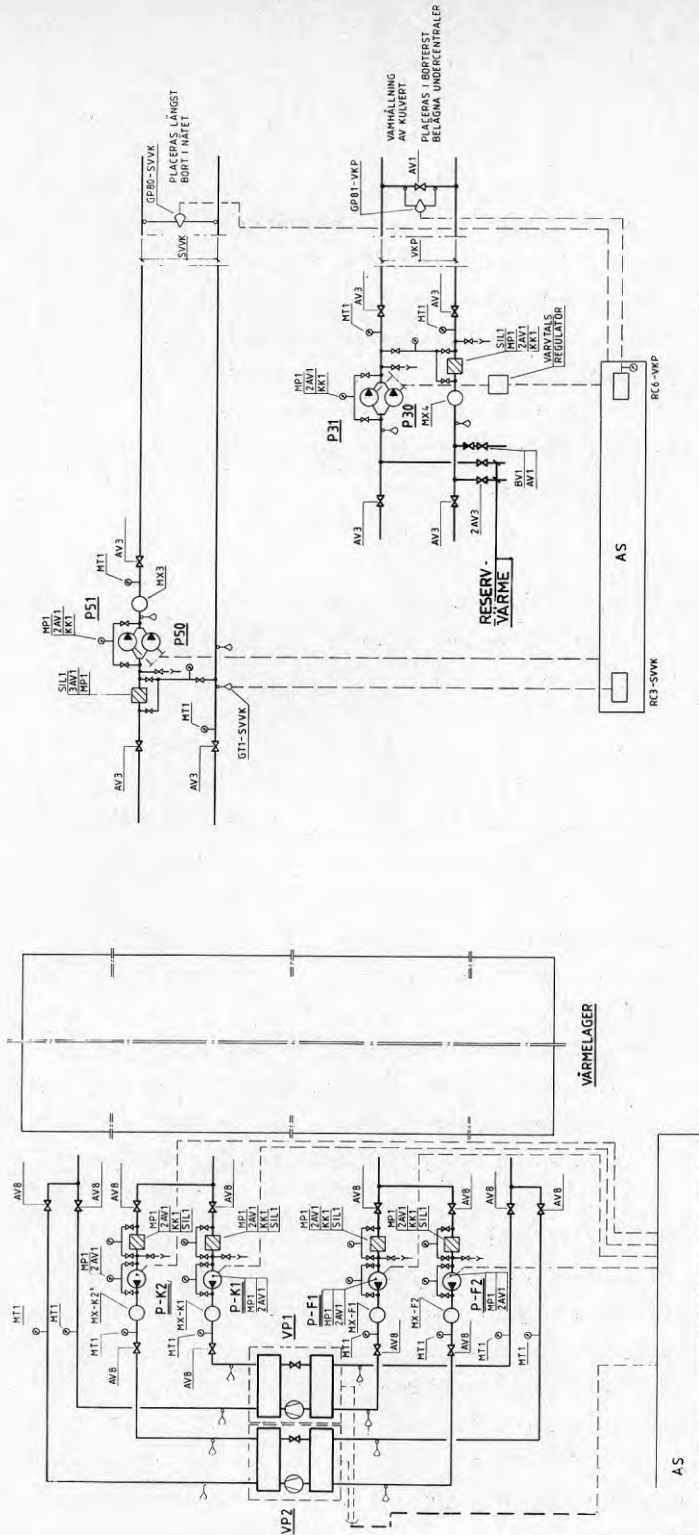


Fig. 8.30 SÖDERTUNA

SCHEMA VVS  
VÄRMECENTRAL ALT.2

## 8.7 Värmelager

### 8.71 Allmänt

I ett solvärmesystem måste ett värmelager av något slag ingå. Hittills har lagring i vatten varit vanligast. För att hålla nere kostnaden per lagrad energienhet vid säsonglagring måste lagret vara av en viss storlek. Utformningen av systemet innebär en kompromiss mellan försörjningsgrad, solfångarutnyttjande och lagerutnyttjande. Den höga försörjningsgraden som är antagen medför att avkall på utnyttjandet av solfångare eller lager måste göras. För Södertunaprojektets del kommer lagret att laddas med solvärmvt vatten en gång per år. Detta innebär ett lågt lagerutnyttjande. Däremot kan man nyttiggöra en mycket stor del av solfångarnas sommarproduktion, vilket innebär ett högt solfångarutnyttjande.

### 8.72 Värmepumpar

I fig. 8.31 visas energiflöden hos en värmepump och en definition av värmefaktorn Principen för en värmepump visas i fig. 8.32.

#### Funktionsbeskrivning

Beskrivningen koncentreras till alternativet med ståltank som värmelager. Värmepumparna har flera funktioner i systemet. Båda värmepumparna arbetar internt inom värmelagret. Genom att höja temperaturen i värmelagrets övre del till 65 - 70°C fås en för systemet i övrigt användbar temperatur. Samtidigt sänks temperaturen i lagrets botten till ca 15 °C. Genom att utnyttja denna låga temperatur till att kyla solfångarna säkerställs en hög solfångarverkningsgrad. Lagret kan också ges en mindre volym vid ett givet önskat energinnehåll.

Värmepumparnas driftstid har beräknats till vardera 300 dagar per år för att få bästa utnyttjandegrad av värmelagret. Avställningstiden förläggs till perioden oktober-december, därvid bör också hänsyn tas till underhållsintervall och till perioder med hög belastning av elnätet (hög- och lågtaxa).

Värmepumparnas medeldrifteffekt är 126 kW vilket motsvarar 375 kW värmeeffekt vid en värmefaktor av ca 3. Värmepumparnas energiförbrukning är ca 935 MWh/år, inklusive energiförbrukning för kondensor- och förångarpumpar. Valet av temperaturer har övervägts noga. Med 65- 70 °C i kondenserings-temperatur kan köldmediet R12 väljas och över 70 °C måste R114 väljas. En värmepump med R12 blir ungefär hälften så stor/dyr som en med R114. Det som har avgjort valet av temperatur är den lägsta primärkulvertframledningstemperatur som kan accepteras med hänsyn till kravet på tappvarmvattentemperaturen.

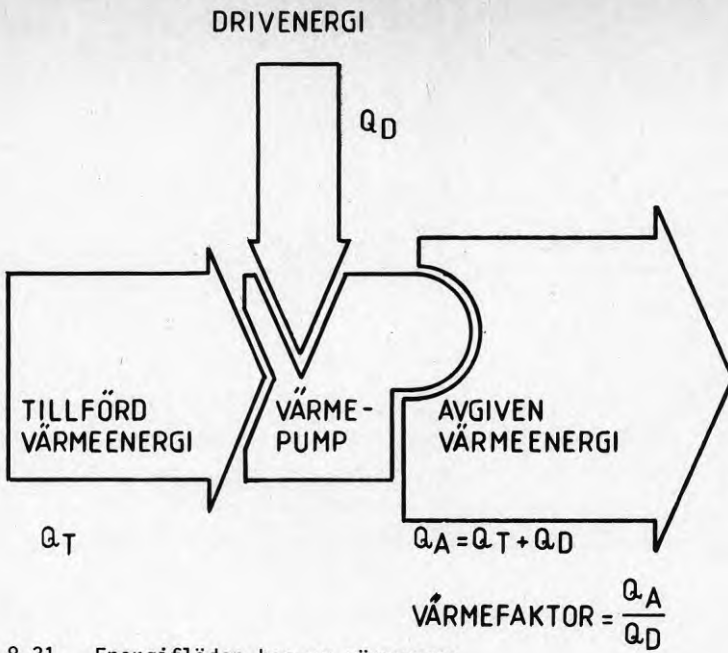


Fig. 8.31. Energiflöden hos en värmepump.

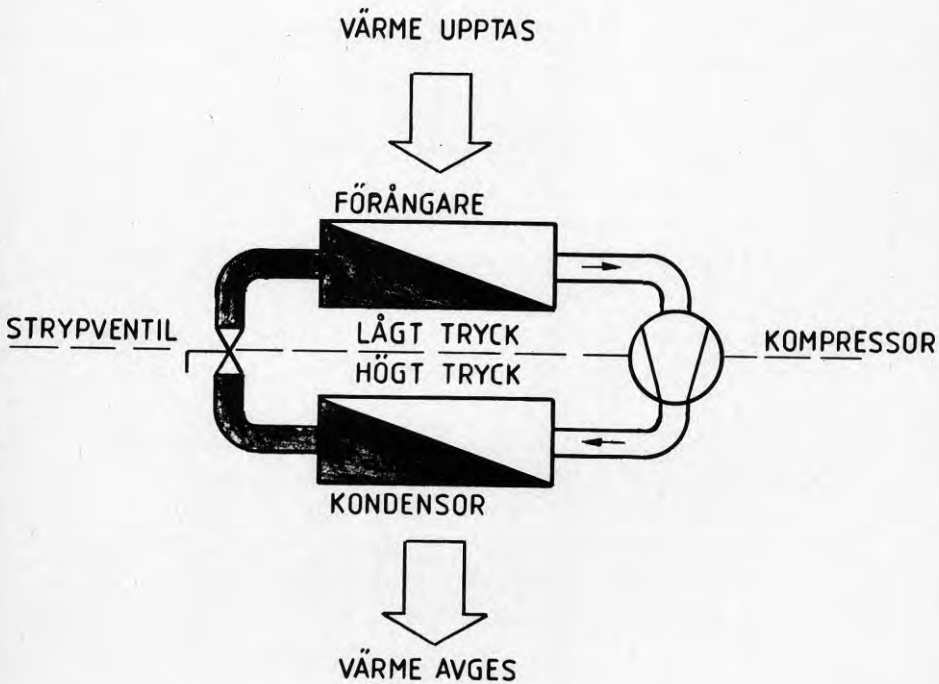


Fig. 8.32. Principen för en värmepump.

VÄRMEPUMPKRETS VP1, VP2, P-K1, P-K2, P-F1, P-F2. (Se fig. 8.31 alt 8.32).

### Temperaturreglering

Laddning av ackumulator styrs via överordnad system beroende på temperaturnivåer i ackumulator och driftsekonomi på värmepumpar.

VP1 och VP2 styrs i sekvens. Då VP1 är i drift går P-K1 och P-F1. Då VP2 är i drift går P-K2 och P-F2.

### Dimensionerande data

Köldmedium R12.

	FÖRÅNGARE		KONDENSOR	
	VP1	VP2	VP1	VP2
Värmeeffekt kW			400	200
Anslutnings dim.	150	100	65	80
Flöde l/s vid nom. effekt	30	20	15	10
Temperatur in/ut °C	30/15	30/15	60/70	60/70
Tryckfall 100 % flöde kPa	20	20	20	20
Pumpeffekt (cirk. pumpar) kW	3	2	1,5	1

### Buller

För att åstadkomma erforderlig ljudisolering ställs värmepumparna upp på ett flytande golv. Rummet isoleras med en väggbeklädnad av mineralull och samtliga rör anslutna till värmepumparna isoleras från vibrationer med hjälp av gummikompensatorer, detta för att ljud och vibrationer ej ska sprida sig till andra byggnadsdelar/installationer.

Enligt Naturvårdsverkets riktvärden för externt industribuller bör den ekvivalenta ljudnivån utomhus, i värmepumparnas närhet, ej överstiga 40 dB (A). SBN föreskriver att ljudnivån för varaktiga ljud från inom byggnaden men utom lägenheter beläget utrymme inte får överstiga 30 dB (A) i sovrum och vardagsrum och 35 dB (A) i kök.

### 8.73 Värmetekniska förutsättningar för lagret

Det värmetekniska underlag som förutsattes för lagret redovisas nedan. Se fig. 8.33. Temperaturen i tankens mellanskikt tillåts variera under året. Värmepump förutsätts bland annat för att åstadkomma användbara temperaturer.

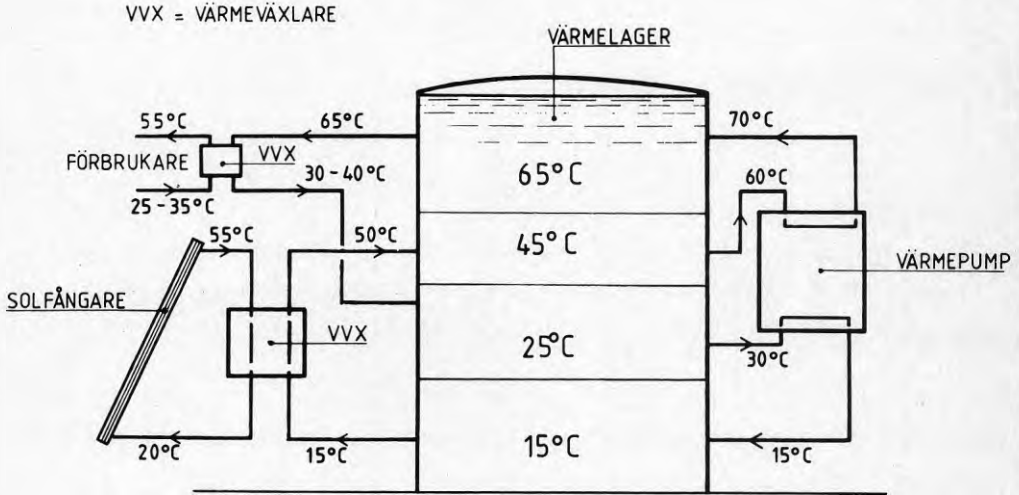


Fig. 8.33 Principschema - solenergisystem.

Temperaturerna har valts efter övervägande om hela VVS-systemets funktion. Andra temperaturer är möjliga och även nödvändiga att prova vid en fullständig systemoptimering.

De temperaturer som förutsatts är:

Framledningstemperatur från solfångarna (efter värmeväxlare)	50 °C
Returtemperatur från förbrukarna	27 °C
Tankens översta skikt	65-70 °C
Tankens understa skikt	15 °C

Den ursprungliga förutsättningen var ett lägenhetsbestånd på 500 lägenheter, alla utbyggda i en etapp.

Beräkningar utfördes för två förbrukarfall:

- 1) Förbrukning 12.000 kWh/lägenhet och år (varav 4.000 kWh är varmvatten).
- 2) Förbrukning 8.000 kWh/lägenhet och år (varav 4.000 kWh är varmvatten).

Med antagande om 5 % förluster från en välisolerad ståltank fås erforderliga lagervolymer till ca 65.000 m<sup>3</sup> vid förbrukning 12.000 kWh/lägenhet och år respektive 40.000 m<sup>3</sup> vid förbrukning 8.000 kWh/lägenhet och år.

Beräkningarna visar att vid en lägre energiförbrukning per lägenhet och år minskar erforderlig tankvolym betydligt. Detta gäller även för solfångare och värmepump. Detta måste givetvis ställas i relation till kostnader för energibesparande åtgärder.

Tyngdpunkten för fortsatt arbete har lagts vid relativt låga energiförbrukningar, ca 10.000 kWh/år och lägenhet, vilket skulle ge en ekvivalent lagervolym på ca 50.000 m<sup>3</sup> vatten i en välisolerad ståltank.

Ovanstående lagervolymer gäller där den tänkbara bebyggelsen består av ett stort terrasshus och ett antal låghus.

I tidigare skeden förutsattes en annan typ av bebyggelse och då också med högre energiförbrukning. Detta resulterade då i en större lagervolym, 65.000 - 75.000 m<sup>3</sup>.

I nuvarande planering förutsätts en etappvis utbyggnad vilket innebär en helt annan strategi för värmelagret.



### 8.74 För- och nackdelar med olika lagertyper

Under projekteringen har diskuterats hur olika typer av värmelager kan inpassas i Södertunaplaneringen. En listning av för- och nackdelar för de aktuella typerna har gjorts nedan för att belysa de skillnader som råder. En del punkter kan prissättas medan flera är svårare att ekonomiskt värdera. Kostnader har ej medtagits i listningen.

#### Ståltank

##### Fördelar:

- Känd teknik, beprövad i fjärrvärmenät åtminstone för korttidslagring.
- Små värmeförluster relativt andra lagertyper.
- Värmeförlusterna konstanta i tiden, dvs inga initialkostnader för att värma omgivande medium.
- Kort byggtid.

##### Nackdelar:

- Svåra att placera i bebyggelse på ett från utseendesynpunkt accetabelt sätt.
- Utnyttjar värdefull mark, som annars skulle kunna disponeras för andra ändamål.
- Säkerhetsaspekten - risk för omgivningen vid ett haveri.

Konsekvenserna av de ovan angivna nackdelarna kan i alla fall minskas betydligt men dock till priset av merkostnader.

#### Bergrum (oisolerat)

##### Fördelar:

- Påverkan på omgivningen bedöms bli mycket liten samtidigt som en relativt god isolering erhålles efter ett uppvärmningsskede.
- Markytan ovanför lagret kan utnyttjas praktiskt taget valfritt.
- Värmelagret kan placeras nära användaren (möjliggör korta ledningar).
- Förekomsten av lämpligt berg för bergrumsbyggande är normalt god.
- I Sverige finns ett väl utvecklat bergkunnande innebärande att tekniken med lgring i bergrum i princip är känd (jfr oljelagren samt de hetvattenlager, Avesta och Lyckebo, som kommer att vara utvärderade under 1984).

## Nackdelar:

- Stora initialförluster till omgivande berg innan stationära förhållanden fås.
- Sämre energiverkningsgrad än för ståltankar, vilket ger en större erforderlig lagringsvolym.
- I dagsläget ej lika beprövad teknik som för ståltankar bl a med avseende på skiktning och vattenkemi.

Borrhålslager

## Fördelar:

- Markytan ovanför lagret kan utnyttjas relativt fritt mot en viss ekonomisk uppoffring, dock ej för husbyggnad (aktuella ytan ca 50x50 m).
- Under förutsättning att lagret placeras inom jordtäckt område kan det i princip göras osynligt.
- Lagret kan byggas ut i princip helt fritt vid tillkommande lagringsbehov.
- Säkerhetsmässiga med avseende på omgivningspåverkan.
- I princip kända komponenter i lagret (vid slutet system), vilka används på ett nytt sätt.

## Nackdelar:

- Stora initialförluster till omgivande berg innan stationära förhållanden fås.
- Relativt dålig energiverkningsgrad, speciellt för små lager (sämre än för bergrum).
- Trögt system, dvs värmetransporten inom lagret är begränsad vid kortvariga förlopp.
- Mindre flexibilitet avseende anslutning och systemlösning (läget för in- och utflöde kan inte varieras kontinuerligt).
- Ej tidigare prövat system i större skala (en pilotanläggning som nu utförs i Luleå kommer dock att vara utvärderad inom några år).
- Om ett öppet cirkulationssystem används kan eventuellt problem med utfällningen och läckage till eller från berget tillkomma (jfr bergrum).
- Tryckfall i långa cirkulationsledningar.

### 8.75 Kostnadsjämförelse mellan olika lagertyper

Valet mellan olika lagertyper beror bl a på erforderlig aktuell lagringsvolym. Generellt gäller att anläggningskostnaderna per lagrad enhet sjunker vid ökande lagervolymer. Samma förhållande gäller för värmeförlusterna. Detta innebär att små lager normalt endast kan bli ekonomiska vid ett flitigt utnyttjande med många laddningscykler per år, dvs vid korttidslagring.

Lagervolymer kan påverkas genom bl a variation av bostadsområdets totala energibehov, val av temperaturnivåer i lagret mm.

Med värmepumpens hjälp kan lagret arbeta med en större temperaturdifferens mellan laddat och urladdat tillstånd vilket minskar lagervolymer.

Kostnadsuppgifter har samlats och analyserats för olika typer av säsongslager vilka framgår av figur 8.34 nedan.

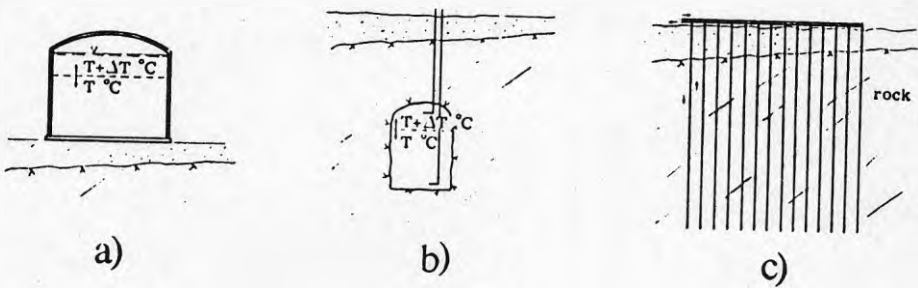


Fig 8.34.

- a) Isolerad ståltank.
- b) Berggrum.
- c) Borrhållager

Bedömda kostnader redovisas i figur 8.35 nedan som specifika anläggningskostnader, dvs kostnader per utvunnen kWh som funktion av lagrets storlek och energiverkningsgrad. Alla kostnadsdata är baserade på följande antaganden:

- Säsongslagring (endast en lagringscykel per år).
- $\Delta t = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  (temp. skillnad mellan lagrets topp och botten).
- Anläggningskostnaderna inkluderar inte
  - markkostnader.
  - ränta under byggtiden.
  - drift- och underhållskostnader.
  - värmepump.
- Stationära värmeförluster är beaktade så till vida att de resulterar i en lägre lagringskapacitet och en följaktligen högre specifik anläggningskostnad (den årliga kostnaden för värmeförluster i sig är ej beaktad).
- Transienta värmeförluster är ej beaktade särskilt.
- Prisnivå maj 1982.

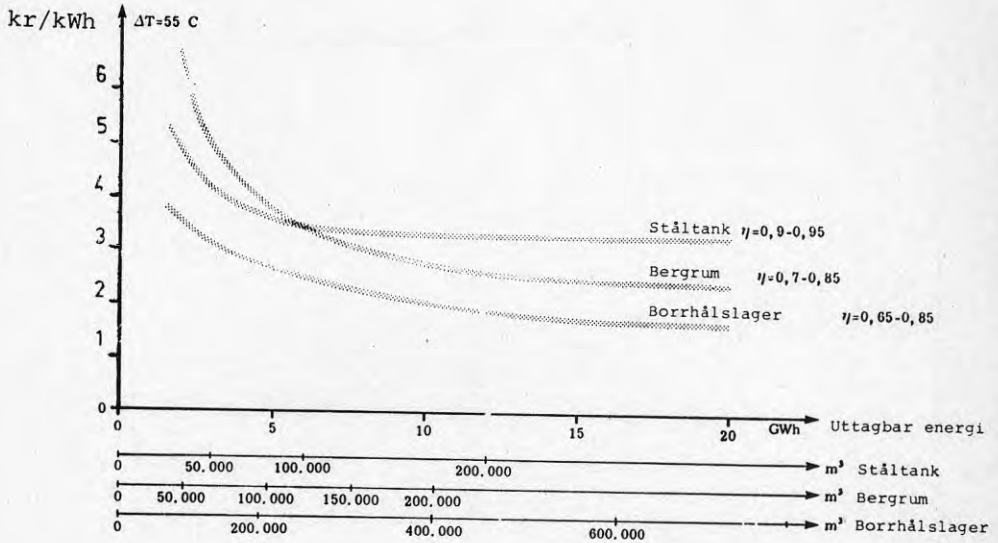


Fig. 8.35. Specifika kostnader för olika typer av årstidslager. Temperatursving 55 °C.

\* Rör som sammanbinder borrhålen förläggs i mark.

\*\* Rör som sammanbinder borrhålen förläggs ovan mark.

Resultaten som de redovisas i ovanstående kurvor får betraktas med stor försiktighet. Kostnaderna för enskilda projekt kommer av flera olika anledningar att avvika mer eller mindre från kurvorna.

De ovan redovisade kostnadsfunktionerna har dock använts för en preliminär jämförelse mellan de olika aktuella lagertyperna.

Två grundfall har studerats, nämligen ståltank med volymerna 40.000 m<sup>3</sup> respektive 65.000 m<sup>3</sup> med  $\Delta t = 55$  °C som jämförelse med ekvivalenta bergrum respektive borrhålslager. Det utvalda spannet bedöms täcka in den volym som slutligen väljes efter hel systemoptimering.

Följande ungefärliga anläggningskostnader fås:

Ståltank

Fall 1 V = 40.000 m <sup>3</sup> Anläggningskostnad	10,9 Mkr
Fall 2 V = 65.000 m <sup>3</sup> Anläggningskostnad	14,8 Mkr

Anm. Markkostnader ingår ej.

Relativt enkel grundläggning förutsatts.

Eventuella skyddsvallar ingår ej.

Bergrum

Fall 1 (V ekv = 55.000 m <sup>3</sup> ) Anläggningskostnad	14,1 Mkr
Tillägg för sämre energiverkningsgrad (ökad solfångaryta)	<u>1,8 Mkr</u>
Totalkostnad	15,9 Mkr
Fall 2 (V ekv = 80 000 m <sup>3</sup> ) Anläggningskostnad	16,8 Mkr
Tillägg för sämre energiverkningsgrad (ökad solfångaryta)	<u>2,1 Mkr</u>
	18,9 Mkr

Anm. Kostnad för initieell laddning av berget ingår ej.

Borrhålslager

Fall 1 (V ekv = 105.000 m <sup>3</sup> ) Anläggningskostnad	8,1 Mkr
Tillägg för sämre energiverkningsgrad (ökad solfångaryta)	<u>2,5 Mkr</u>
Totalkostnad	10,6 Mkr
Fall 2 (V ekv = 170.000 m <sup>3</sup> ) Anläggningskostnad	11,1 Mkr
Tillägg för sämre energiverkningsgrad (ökad solfångaryta)	<u>3,1 Mkr</u>
Totalkostnad	14,2 Mkr

Anm. Kostnad för initieell laddning av berget ingår ej.

Markkostnaderna ingår ej.

Utförande med övertäckta rörsystem förutsatt.

Underlag för beräkningarna redovisas nedan.



Ståltank

Fall 1 Volym  $V = 40\,000\text{ m}^3$ ,  $t = 55\text{ }^\circ\text{C}$   
 Utvunnen energi  $W_{\text{ut}} = 2,39\text{ GWh}$ .  
 Erforderlig inlagrad energi vid verkningsgrad

$$W_{\text{in}} (n=0,9) = \frac{2,39}{0,9} = 2,65\text{ GWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Anläggningskostnad } K_A &= (4,55\text{-/kWh}) = \\ &= 4,55 \times 2,39 \times 10^6\text{-} = 10,87\text{ Mkr} \end{aligned}$$

Fall 2 Volym  $V = 65\,000\text{ m}^3$ ,  $t = 55\text{ }^\circ\text{C}$

$$W_{\text{ut}} = 3,90\text{ GWh}$$

$$W_{\text{in}} = \frac{3,90}{0,9} = 4,33\text{ GWh}$$

$$\begin{aligned} K_A &= (3,80\text{-/kWh}) = 3,80 \times 3,90 \times 10^6 = 14,82\text{ Mkr} \\ &= 3,65 \times 2,39 \times 10^6\text{-} = 8,72\text{ Mkr} \end{aligned}$$

Bergrum

Fall 1

$$W_{\text{ut}} = 2,39 \text{ GWh}$$

$$W_{\text{in}} = (n=0,7) = \frac{2,39}{0,7} = 3,41 \text{ GWh}$$

$$\text{Ekvivalent volym } V_{\text{ekv}} = 55 \text{ 000 m}^3$$

$$K_A = (5,90\text{:}/\text{kWh}) = 5,90 \times 2,39 \times 10^6 = 14,10 \text{ Mkr}$$

$$\Delta W = 3,41 - 2,65 = 0,76 \text{ GWh}$$

Erforderlig ökning av solfångararean ( $330 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ )

$$A = \frac{0,76 \cdot 10^6}{330} = 2 \text{ 300 m}^2$$

$$\text{Marginalkostnad } 800\text{:}/\text{m}^2$$

$$= \text{Kostnadsökning } K = 2 \text{ 300} \times 800 = 1,84 \text{ Mkr}$$

$$K_{\text{TOTAL}} = 14,10 + 1,84 = \underline{15,94 \text{ Mkr}}$$

Fall 2

$$W_{\text{ut}} = 3,90 \text{ GWh}$$

$$W_{\text{in}} = (n=0,75) = \frac{3,90}{0,75} = 5,20 \text{ GWh}$$

$$\text{Ekvivalent volym } V_{\text{ekv}} = 80 \text{ 000 m}^3$$

$$K_A = (4,30\text{:}/\text{kWh}) = 4,30 \times 3,90 \times 10^6 = 16,77 \text{ Mkr}$$

$$\Delta W = 5,20 - 4,33 = 0,87 \text{ GWh}$$

$$A = \frac{0,87 \cdot 10^6}{330} = 2 \text{ 640 m}^2$$

$$K = 2 \text{ 640} \cdot 800 = 2,11 \text{ Mkr}$$

$$K_{\text{TOTAL}} = 16,77 + 2,11 = \underline{18,88 \text{ Mkr}}$$

Borrhålslager

Fall 1  $W_{ut} = 2,39 \text{ GWh}$

$$W_{in} = (n=0,65) = \frac{2,39}{0,65} = 3,68 \text{ GWh}$$

$$\text{Ekvivalent volym Vekv} = 105\,000 \text{ m}^3$$

$$K_A = (3,40 \text{ :-/kWh}) = 3,40 \times 2,39 \times 10^6 = 8,13 \text{ Mkr}$$

$$\Delta W = 3,68 - 2,65 = 1,03 \text{ GWh}$$

$$A = \frac{1,03 \cdot 10^6}{330} = 3\,120 \text{ m}^2$$

$$K = 3\,120 \times 800 = 2,50 \text{ Mkr}$$

$$K_{TOTAL} = 8,13 + 2,50 = \underline{10,63 \text{ Mkr}}$$

Fall 2  $W_{ut} = 3,90 \text{ GWh}$

$$W_{in} = (n=0,7) = \frac{3,90}{0,7} = 5,57 \text{ GWh}$$

$$\text{Ekvivalent volym Vekv} = 170\,000 \text{ m}^3$$

$$K_A = (2,85 \text{ :-/kWh}) = 2,85 \times 3,90 \times 10^6 = 11,12 \text{ Mkr}$$

$$\Delta W = 5,57 - 4,33 = 1,24 \text{ GWh}$$

$$A = \frac{1,24 \cdot 10^6}{330} = 3\,750 \text{ m}^2$$

$$K = 3\,750 \times 800 = 3,06 \text{ Mkr}$$

$$K_{TOTAL} = 11,12 + 3,06 = \underline{14,18 \text{ Mkr}}$$

Med stöd av ovan redovisade preliminära kostnader beslöts att det fortsatta arbetet skulle inriktas på alternativen ståltank och borrhålslager i berg och då med ståltanken som huvudalternativ.

Eftersom borrhålslagret förefaller kostnadsmässigt intressant, beslöts att i det fortsatta arbetet separat närmare studera borrhålslagrets anpassning till Södertunaprojektet.

#### 8.76 Studerade lagertyper

Som tidigare redovisats har Södertunaprojektet inneburit möjlighet att såväl tekniskt som ekonomiskt jämföra flera olika lagertyper med avseende på anpassning till ett konkret värmeförsörjningssystem. Nedan ges en sammanfattande beskrivning av det arbete som utförts för respektive lagertyp.

#### Ståltank

Vattentankar ovan jord för värmelagring har sedan början av 70-talet använts som utjämningsmagasin i fjärrvärmesystem (korttidslager). I Västerås är en isolerad ståltank med volymen 25.000 m<sup>3</sup> i drift sedan 1974 och i Uppsala finns en ståltank om 30.000 m<sup>3</sup>. Erfarenheter från dessa system har varit grundläggande för de första försöken med säsonglagring. Sveriges första solvärmecentral i Ingelstad utanför Växjö är utrustad med en betongtank om ca 5.000 m<sup>3</sup>. Härutöver finns en nyligen uppförd ståltank i Värtan med volymen ca 40.000 m<sup>3</sup> avsedd för Stockholms fjärrvärmenät (korttidslagring).

Tekniken med korttidsvärmelagring i ståltanken är således relativt välkänd. För säsongslager tillkommer därmed vissa frågor som studeras.

För en ståltank behöver inga värmeförluster i initialskedet förutsättas till skillnad från underjordslager, där omgivande berg eller jord ingår i själva isoleringen.

Värmeförlusterna för en ståltank beräknas genom formeln

$$Q = K \times A \times \Delta T$$

där A = totala mantelytan

$\Delta T$  = årsmedelvärdet på temperaturskillnaden mellan tankens medeltemperatur och utetemperatur.

K = K-värde

De parametrar som kan påverkas är således K-värdet som kan minskas med ökad isolering samt mantelytan som kan varieras med hjälp av olika slags geometrisk utformning dvs för en stålcylanderändring av höjd/diameterförhållandet.

Optimal isolering för en ståltank för säsonglagring torde innebära ett K-värde på ca  $0,1 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$ , vilket motsvarar ca 70-100 cm mineralullsisolering.

Den form på en cylindrisk ståltank som ger lägst värmeförlust är där höjden är lika med diametern, eftersom detta förhållande innebär minsta totala mantelyta vid en given volym.

Vid säsonglagring är det ej tillräckligt att kunna etablera en temperaturskiktning i lagret; lika väsentligt är att skiktningen kan upprätthållas under den tid lagret urladdas.

Lagrets höjd-diameterförhållande har betydelse för skiktningens "effektivitet". Till följd av diffusion mellan lager med olika temperaturnivå uppstår volymer med temperatur som ej direkt kan utnyttjas. Ju större höjd lagret har, desto mindre blir volymen av detta icke direkt utnyttjningsbara varmvatten (dödvolum).

Det kan visas att den form på en cylindrisk tank som ger de lägsta värmeförlusterna också är gynnsam vad gäller materialutnyttjandet i stålet, dvs ger relativt låg stålsvikt. Detta talar alltså också för att höjd och diameter bör vara ungefär lika.

Principiell utformning av en ståltank med volymen  $50.000 \text{ m}^3$  blir då enligt figur 8.36.

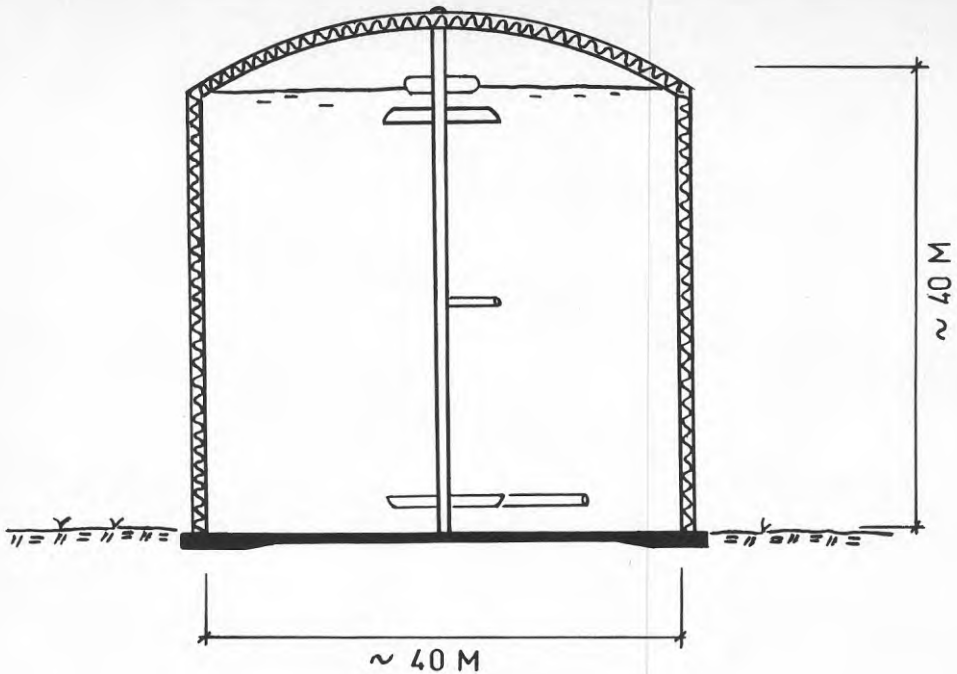


Fig. 8.36. Principiell utformning av ståltank med volymen  $50\,000\text{ m}^3$ .

I en stålkonstruktion måste på grund av korrosionsproblemet vattnet i ackumulatorn hållas avskilt från luftens syre. I fjärrvärmesystemet ordnas detta genom att arbeta med inertgasen vattenånga i expansionsutrymmet eftersom man där har tillgång till ånga. Efter utvärdering av olika tänkbara expansionsalternativ i solsystemets ståltank har kvävgas som inertgas bedömts tekniskt och ekonomiskt mest lämplig.

Beträffande in- och utmatningsanordning i tanken föreligger i detta projekt ett behov av att kunna lagra in respektive ta ut vatten på godtycklig nivå. Tekniska lösningar för detta finns och redovisas i avsnitt 8.77.

Anläggningskostnaden för en ståltank med volymen  $50\,000\text{ m}^3$  får utgående från figur 8.35 till ca 12,35 Mkr.



## Bergrum

Bergrum utnyttjas för många ändamål, bl a för lagring av olja. I dag finns i Skandinavien ca 200 oljelager med volymer från 50.000 m<sup>3</sup> upp till 2 à 3 miljoner m<sup>3</sup>. Erfarenheterna från oljelagring i bergrum är mycket positiva och förutsättningarna bedöms vara stora att använda samma teknik för lagring av värme i vattenfyllda, oisolerade bergrumsanläggningar.

Ett bergrumslager utformas som ett skepp eller vanligen flera med vardera en bredd om 15-20 m, höjd upp till 30 m och längd, som anpassas efter produktionsmetod och geologiska förutsättningar. Utsprängningen sker i pallar enligt etablerad teknik och för förstärkningsarbeten är metoder för bultning, nätning och sprutbetong väl etablerade.

Ett vattenfyllt bergrum måste placeras på ett visst djup för att erhålla tillräcklig bergtäckning och så långt under grundvattenytan att inre vattentryck balanseras. Lokaliseringen sker till zoner med relativt sprickfritt berg för att undvika omfattande förstärkningsåtgärder och genomströmmande grundvatten. Projektering av bergrumsanläggningar ställer därför stora krav på förundersökningar och arbetsmetodik för att uppnå optimala resultat.

Vid säsongslagring i bergrum erhålls en temperaturskiktning på motsvarande sätt som vid lagring i tankar, vilket kan utnyttjas genom lämplig teknik för inlagring och uttag av varmvatten. Jämfört med isolerade vattentankar är dock risken för omblandning större, eftersom bergväggarnas relativa tröghet vid temperaturvariationer kan ge upphov till konvektionsströmmar.

För Södertunaprojektet utfördes i ett tidigt skede en översiktlig studie av förutsättningarna för värmelagring i bergrum. Av denna framgick att åtminstone de bergtekniska förutsättningarna för ett hetvattenlager i bergrum bedömdes som gynnsamma. Därefter har fältundersökningar, kartering och seismik, utförts. Resultaten från dessa har ej givit anledning till omprövning av den tidigare bedömningen.

En tänkbar utformning av ett bergrumslager med volymen ca 65.000 m<sup>3</sup> (ekvivalent med 50.000 m<sup>3</sup> ståltank) redovisas i figur 8.37.

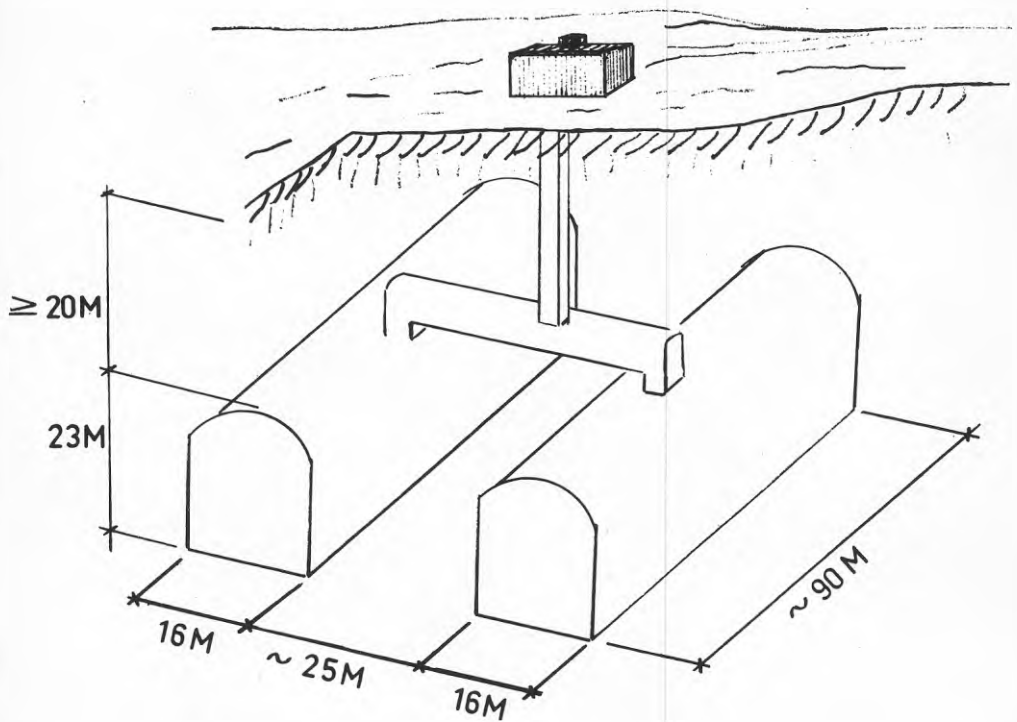


Fig. 8.37. Principiell utformning av bergrumslager med volymen 65 000 m<sup>3</sup>.

Med stöd av tidigare redovisade kostnadsbild kan konstateras att bergrummet vid den aktuella förhållandevis begränsade volymen har svårt att konkurrera med en ovanjordscistern i stål. Bergrumsalternativet kan dock även "tåla" begränsade merkostnader med hänsyn till miljömässiga fördelar.

Med den utveckling mot totalt sett mindre optimal lagervolym som skett under projekteringen har bergrumsalternativet blivit mindre intressant och därför ej behandlats vidare.

#### Blockfyllt bergrum alt blockfylld grop

I samband med en generell översiktlig studie av förutsättningar för lagring av värme i blockfyllda bergrum och blockfyllda gropar gjordes även en tillämpning på Södertunaprojektet.

En bergförläggning av värmelager ger bl a miljömässiga fördelar, ett blockfyllt lager ger dessutom en reduktion av kostnaderna för vissa bergarbeten, då man inte lastar ut en stor del av bergmassorna. De kvarvarande bergmassorna stabiliserar bergrummets väggar vilket ger minskade bergförstärkningar, dessutom kan man göra mycket höga bergrum vilket är en fördel från värmeteknisk synpunkt. En större volym erfordras dock för att kunna jämföras med ett vattenfyllt lager, då värmekapaciteten är lägre hos block-vatten är hos enbart vatten.

Den utförda studien visar höga kostnader för alternativ med blockfyllning. Den studerade volymen  $100.000 \text{ m}^3$  motsvarar värmekapacitetsmässigt av ett öppet bergrum med volymen ca  $70.000 \text{ m}^3$ .

Av jämförelsen framgår att en lösning med en blockfylld grop är fördelaktigare än ett blockfyllt bergrum men att inget av de blockfyllda alternativen kan konkurrera med ett öppet bergrum. Studien visade att den blockfyllda gropen var ca 20 % dyrare än det öppna bergrummet och det blockfyllda bergrummet ca 50 % dyrare.

Någon optimering av lagren utförs visserligen ej men en sådan torde inte i någon avgörande utsträckning ändra förhållandena. Orsaken till kostnads-skillnaden är främst den stora andelen ortdrivning i de blockfyllda alternativen samt att vid dessa relativt små volymer endast "normal" anläggningsteknik torde komma ifråga. För mycket stora volymer kan bilden bli en annan.

En principiell utformning av ett blockfyllt bergrum visas i figur 8.38. Med stöd av utredningen konstaterades tidigt att det ej var av intresse att studera blockfyllda lager i samband med Södertunaprojektet.

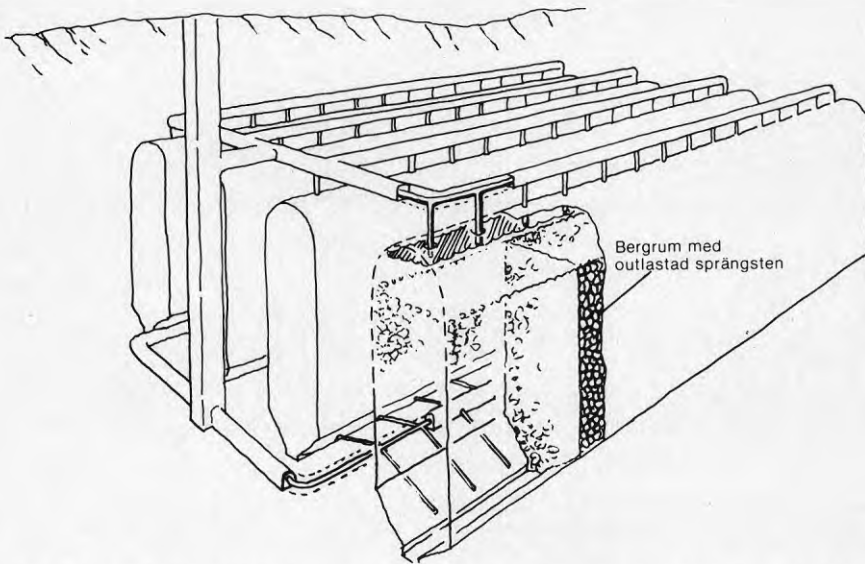


Fig. 8.38. Principiell utformning av värmelagring i blockfyllda bergrum.

### Borrhålslager

Studien rapporteras i separat BFR-rapport. Här återges sammanfattningen och några resultat från denna rapport.

I studien har huvudsakligen behandlats de tekniska förutsättningarna för värmelagring i borrhålslager i solvärmesystem. Ekonomiska bedömningar har utförts förenklat och i begränsad omfattning.

Studien har genomförts på basdata och andra grundförutsättningar som gällt för projekt Södertuna Solvärme. Södertunaprojektet förutsätter årslagring av värme med vattentank som huvudalternativ.

För ett solvärmesystem finns ett stort antal tänkbara systemlösningar för hur ett värmelager kan utnyttjas. Om ett borrhålslager skall användas påverkas systemlösningen bl a av tre viktiga frågeställningar

- skall värme lagras stratifierat?
- skall värmepumpning användas som komplement till solenergin?
- erfordras bufferttank för utjämning av den dygnsvis pulserande värmeeffekten från solfångarna?

För att besvara dessa frågeställningar och även i övrigt belysa borrhålslagrets lämplighet i ett solvärmesystem har inom projektet genomförts ett antal delstudier avseende t ex kortslutningseffekter i borrhål, temperaturförlopp i solfångare och lager, optimalt borrhålsavstånd, allmänna parametervariationer och kostnadsjämförelser. Principiell utformning av ett borrhålslager visas i fig 8.39.

I syfte att för Södertunaprojektet lokalisera lämplig plats för ett borrhålslager har tidigare utförd geologisk kartering och geoteknisk undersökning kompletteras med bl a seismik, kärnborrning, vattenförlustmätning och bestämning av bergets värmeledningstal. Undersökningarna har utförts av Almäna Ingenjörbyrå (AIB) och Statens Vattenfallsverk. Undersökta platser för borrhålslager framgår av fig 8.43.

Beräkning av allmänna termiska förlopp i lagret, värmeförluster etc, har utförts med hjälp av datorprogram utarbetade vid Institutionen för matematisk fysik vid Lunds Tekniska Högskola. Beräkningsprogrammen har kompletterats med grafiska rutiner så att lagrets funktion lättare kan studeras.

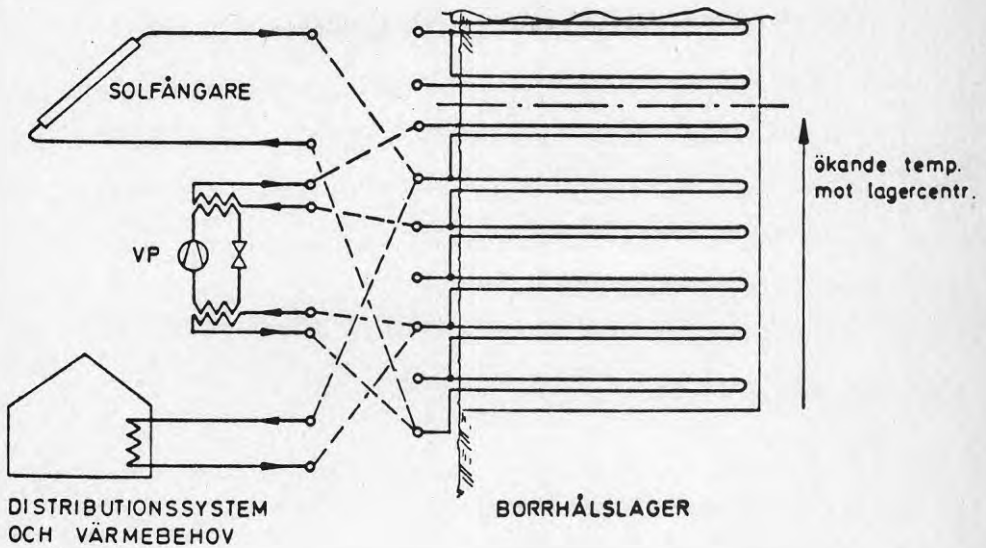


Fig. 8.39 Principiell utformning av ett borrhålslager.

Den genomförda studien har bl a visat att

- borrhålslagret och dess driftstrategi bör utformas så att värmets lagras med temperaturstratifiering. (Olika delar av lagret har då sinsemellan olika temperatur).
- borrhålslagret bör förses med en eller flera värmepumpar. I ett temperaturstratifierat lager kan då värme pumpas från en kallare till en varmare del av lagret. Detta kan minska anläggningskostnaden för lagret.
- borrhålslagret är mindre lämpligt i system med stora effekttransienter. Värmpulsen från t ex solfångare bör därför utjämnas dygnsvis med bufferttank.

- borrhåslagret kan utföras med öppna eller slutna cirkulationsystem. Ett öppet system ger bättre värmetransport och troligen lägre anläggningskostnad men kräver ett relativt tätt berg. Genomförda geohydrologiska undersökningar indikerar att berget i det tänkta lagerläget i Södertuna är mycket tätt. Möjligheter finns således att utföra lagret alternativt med öppet eller slutet cirkulationssystem. (Ett slutet system är dyrare men torde vara säkrare avseende hydraulisk kontroll och kemiska utfällningar).
- borrhåslagret är vid fullstora anläggningar ekonomiskt fördelaktigt i jämförelse med alternativet lagring i vattentank. Vid mindre anläggningar kan dock borrhåslagrets värmeförluster bli besvärande stora. Aktuell lagerstorlek i Södertunaprojektet synes vara ett gränfall.
- borrhåslagret medger successiv utbyggnad. Detta innebär bl a att det kan vara riktigt att även i ett projekts första etapp, då borrhåslagret på grund av för litet lagerbehov ej är konkurrenskraftigt, anlägga ett sådant lager.
- borrhåslagrets landskapspåverkan är, jämfört med en vattentank, liten. Detta är särskilt uppenbart i Södertunaprojektet.

Sammanfattningsvis kan konstateras att många frågeställningar avseende borrhåslagret återstår att besvara. Borrhåslagret synes dock vara ett konkurrenskraftigt alternativ till andra storskaliga lagringsformer.



### 8.77 In- och utmatning i skiktade vattenmagasin

I principen för Södertunasystemet ingår att utnyttja ett skiktat årstidslager. Det är därför av största vikt att in- och utmatning sker så att skiktningen byggs upp och bibehålles. I det följande beskrivs tillgänglig teknik vid lagring i vatten. Vid lagring i mark (borrhålslager) är problemen av annan karaktär, de beskrivs i en separat rapport om borrhålslager.

Två krav som ställs på in- och utmatningsanordningarna vid lagring i vatten. De är:

- 1) In- och utmatning ska ske vid rätt nivå.

Inmatning ska ske där temperaturen i tanken överensstämmer med det inmatade vattnets temperatur.

Utmatning ska ske från den nivå i tanken där temperaturen överensstämmer med förbrukarkravet.

- 2) In- och utmatning ska ske så att omblandningen i tanken blir så liten som möjligt.

Detta innebär vissa problem främst vid inmatning. Vätskan har då ett visst energiinnehåll i form av kinetisk energi, medelrörelse och turbulens. Vid inlagringen åtgår huvuddelen av den kinetiska energin till höjning av tankens potentiella energi vilket är detsamma som omblandning.

I Sverige finns ett antal anläggningar för energilagring i vatten. I det följande ges en kortfattad beskrivning av dessa med tyngdpunkt på in- och utmatningsanordningar.

#### Ståltankar

I Västerås, Uppsala och Stockholm finns isolerade ståltankar som buffert i fjärrvärmenäten. Volymerna är 25000, 30000 resp. 40000 m<sup>3</sup>. Västeråstanken har varit i drift sen 1974.

In- och utmatning i dessa sker i princip endast i topp och botten varför krav nr 1 inte är aktuellt. Däremot innehåller alla en fördelningsanordning för att uppfylla krav 2.

I Stockholmstanken (Värtan) finns dessutom inmonterat ett vertikalt perforerat rör för experiment med inmatning till rätt temperaturnivå i en skiktad tank. Meningen är att det inmatade vattnet ska stiga i röret tills det når rätt nivå och där fördela sig horisontellt. Rörets funktion är då att förhindra inblandning från omgivande vatten under transporten till den rätta nivån.

En analys av tryckförhållandena vid det önskade strömningsförloppet visar att det finns risk för inträngning av vatten från omgivningen in i röret. Stockholms Energiverk och BFR planerar ett projekt där man tillsammans med Älvkarlebylaboratoriet ska utvärdera anordningen.

### Betongtank

Vid solvärmecentralen i Ingelstad finns en betongtank på 5000 m<sup>3</sup> för säsongslagring av solvärme.

In- och utmatning sker liksom i ståltankarna endast i topp och botten.

### Gropmagasin

I Studsvik finns ett isolerat gropmagasin på 640 m<sup>3</sup> för säsongslagring av solvärme. In- och utmatning sker här på fasta nivåer. För imatning finns fem olika nivåer och för utmatning tre. Val mellan nivåerna sker automatiskt utgående från mätningar av temperaturprofilen i lagret. Se fig. 8.40.

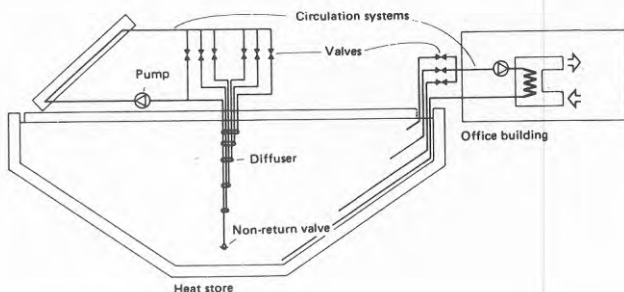


Fig. 8.40. In- och utmatning i Studsviks gropmagasin.

I Lambohov, Linköping finns ett cylindriskt isolerat gropmagasin på 10 000 m<sup>3</sup>. Här har en speciell inmatningsanordning installerats för att uppfylla krav 1) och 2) vid inmatning av solvärmvt vatten. Anordningen består i princip av två koner med vertikala axlar som står i magasinets mittan med spetsarna mot varandra, se figur. Runt anordningen finns en cylinderformad textilduk. Det solvärmda vattnet släpps in i tanken vid anordningens midja och får med hjälp av naturliga flytkrafter förflytta sig uppåt eller neråt längs en av konerna. Textilduken minskar inträngningen från omgivningen och därmed omblandningen. (Se fig 8.41).

Älvkarlebylaboratoriet har tagit del av mätresultat från Lambohov för att utvärdera anordningen. Resultaten visar att anordningen inte ger det ideala resultat man skulle önska.

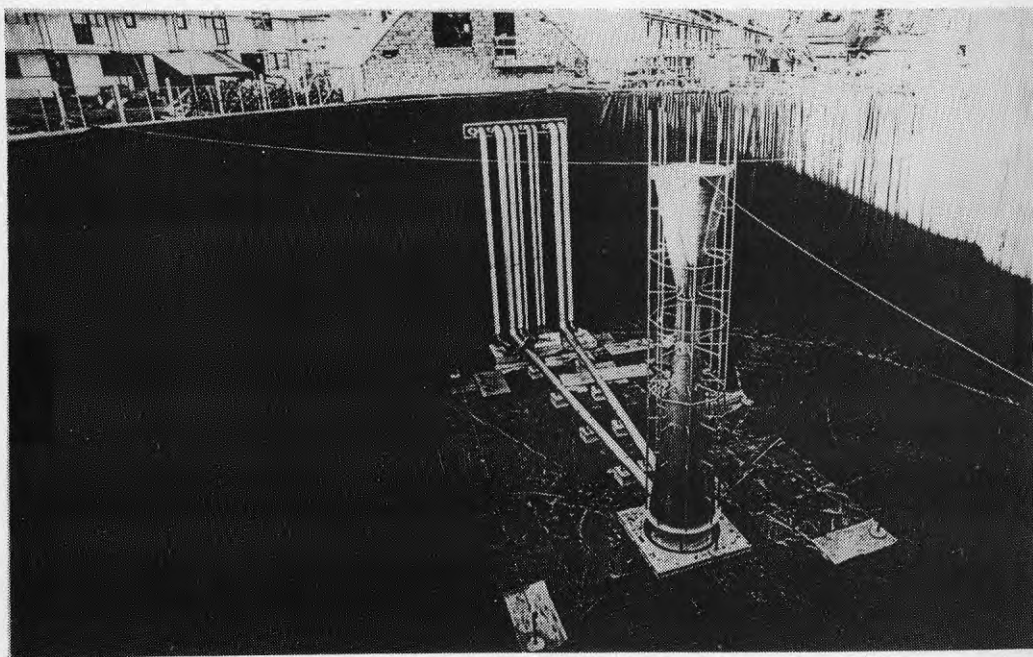


Fig. 8.41. In- och utmatning i Lambohovs gropmagasin.

#### Bergrum

Två bergrum har byggts för värmelagring, dels i Avesta 15 000 m<sup>3</sup> i drift sedan våren 1982 och dels Lyckebo 100 000 m<sup>3</sup> färdigbyggt hösten 1982, i drift sommaren 1983.

I Avestalagret sker in- och utmatning liksom för ståltankarna vid topp och botten. För att på optimalt sätt uppfylla krav 2 har modellförsök för in- och utmatningsanordningarna genomförts vid Älvkarlebylaboratoriet. Drift-erfarenheterna från Avestalagret visar att anordningarna fungerat utmärkt.

Det har också visat sig att inlagringstemperaturen varierar något, vilket vid fast toppmatning medför att man inte kan uppfylla krav 1 vid alla tillfällen. Resultatet av detta har blivit en kraftig ombländning.

Lyckebolagret har försetts med dubbla in- och utmatningsanordningar, var och en bestående av två teleskopstyrda in- utmatningsdon. Nivåinställningen sker utgående från en uppmätt temperaturprofil. Därmed finns goda möjligheter att uppfylla båda kraven. Drifterfarenheter av systemet förväntas tidigast hösten 1983.

### Övrigt

AVV AB i Malmö har tagit fram en lösning på inmatningsproblemet, den sk 'stigaren'. Den har hittills utnyttjats för ett mindre system det sk Arlövs-huset försett med 42 m<sup>2</sup> solfångare och en lagringstank på 9 m<sup>3</sup>.

'Stigaren' är en utveckling av ideerna bakom det perforerade röret i Värtantanken. Stigaren består av ett vertikalt rör med ett antal horisontella avstick försedda med en lucka som fungerar som backventil. Principen är även här att det solvärmda vattnet ska stiga av egen kraft till rätt nivå och där sprida sig horisontellt genom närmaste avstick. Risken för inblandning på vägen har eliminerats genom backventilsluckan. (Se fig 8.42).

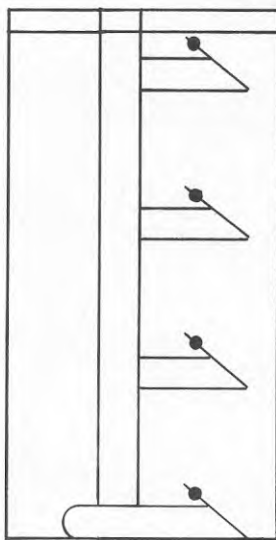


Fig. 8.42. "Stigaren"

### Sammanfattning

För ståltanksalternativet i Södertuna måste både krav 1 och 2 uppfyllas så väl som möjligt.

När det gäller krav 1 är den ideala lösningen Lyckebosystemets teleskoparrangemang men detta kan ej utnyttjas vid ståltank eftersom anläggningen kräver stort utrymme i höjddled över lagret. I stället bör en lösning som är möjlig att bygga in i tanken väljas. Lmbohovanläggningen och Stigaren kan enbart användas för inmatning varför dessa lösningar kräver ett separat utmatningssystem.

Den enklaste lösningen torde därför vara att liksom i Studsvik utnyttja 5-6 fasta in- och utmatningsnivåer. Detta innebär att krav 1 inte alltid kommer att kunna uppfyllas. Detta kommer att leda till vissa negativa omblandningseffekter. Genom anpassning av driftstrategin bör dessa dock kunna begränsas.

Krav 2 bör kunna uppfyllas med normal dimensionering kompletterad med modellförsök. Även omblandningseffekterna på grund av fasta in- utmatningsanordningar kan studeras i modell.

### 8.78 Etappvis utbyggnad

De inledande studierna för projektet förutsatte att hela Södertunaområdet, ca 500 lägenheter, byggdes ut i en etapp. Denna relativt stora utbyggnad påverkar valet av lager så tillvida att till exempel bergrum som förutsätter en viss storskalighet för att bli ekonomiskt intressanta var aktuella att studera. Osäkerheten i projektet har medfört tidplaneändringar samt en övergång till en förutsatt etappvis utbyggnad.

Detta påverkar givetvis förutsättningarna för lagerutformningen. Som huvudalternativ för tillämpning har därvid valts ståltankar, som dels utgör mer känd teknik, dels lättare kan anpassas till den etappvisa utbyggnaden. Även borrhålslagret har fördelen att relativt lätt kunna byggas ut i etapper, vilket tillsammans med den indikerade låga kostnaden har gjort att även denna lagertyp har inkluderats i undersökningarna. Borrhålslagerstudien redovisas dock i separat rapport.

Den etappindelning som föutsätts är:

1986-1987	345 lägenheter
1988-1989	<u>180 lägenheter</u>
Summa	525 lägenheter

Utgående från denna utbyggnadstaktik har man för lagring i ståltank att välja mellan:

- bygga en tank, vilken är förberedd för det större behovet.
- bygga två tankar med motsvarande tidsförskjutning som utbyggnaden i övrigt.

Det senare fallet har fördelen att man ej har bundit sig för en vidare utbyggnad men innebär vissa merkostnader vid investeringen så länge tidskillnaden mellan investeringstillfällena ej blir avsevärt större än som förutsatts ovan.

Uppdelningen på två tankar medför också mindre problem med skiktbildning, in- och utmatning, driftsäkerhet mm.

Med hänsyn till ovanstående och framför allt då osäkerheten i omfattningen av utbyggnaden har det bedömts lämpligt att även bygga ut lagerkapaciteten etappvis.



Om i ett verkligt läge man vid beslutstillfället för den första etappen också vet när den andra etappen kommer att byggas måste man dock pröva frågan ytterligare.

### 8.79 Fältundersökning

Parallellt med övriga studier har de geologiska förutsättningarna för olika lager undersökts vid Södertuna.

De inledande grundundersökningarna var främst inriktade på bergrumsalternativ, varvid målsättningen var att fastställa tillräckligt stora bergplintar inom det aktuella området. Arbetet omfattade:

1. Ytkartering, vilket har resulterat i en översiktlig berggrundsgeologisk karta (skala 1:1000) som visar bergarter, struktur och skiffrighet samt tektonik.
2. Seismik, seismik har skjutits i sådan omfattning att ett flertal bergplintar har bedömts som "säkerställda".

Nästa steg för att bedöma bergets kvalitet närmare var borrhningar. Eftersom dessa är mycket kostnadskrävande beslöts det att de skulle utföras i ett senare skede, om lagertypen blev aktuell. Det kan dock förutsättas att berget är av "normal kvalitet" och att ett bergrum går att bygga.

De fortsatta grundundersökningarna inriktades helt på lageralternativen ståltank och borrhålslager i berg.

Undersökningarna har omfattat kompletterande geologisk kartering, seismisk undersökning och tre kärnborrhål - ett lägre borrhål genom det tänkta lagerområdet och två kortare borrhål norr och söder om lagerområdet. Från det längre kärnborrhålet har uttagit tre prov för bestämning av värme-konduktivitet, värmekapacitivitet och densitet. En översiktlig studie över grundvattenförhållandena för bedömning av vattenomsättning i aktuellt bergområde har ingått i utredningen.

Södertunaområdet gränsar till områden med tämligen kuperad berggrundstopografi. Djupa fjärdar som Kaggfjärden, Hallsfjärden och Näslandsfjärden finns söder och öster om området med vattendjup mellan 30-40 m. Jorddjupen i dessa områden ligger troligen i samma storleksordning. Bergshöjder kring +55 finns inom området och i vissa punkter norr om Södertunaområdet når bergshöjden +75.

Södertunaområdet ligger inom ett ca 4 km<sup>2</sup> stort höjddparti begränsat av Moraån söder väg 57, gamla E4:an, dalgången Brogårdet - Logsjön och en spricklinje i berggrunden från Logsjön till Moraån längs Verkstadvägen. Markytan i dessa dalgångar höjer sig ej över nivån +35, se kap. 4.

Berggrunden består huvudsakligen av mignatiserad granatådergnejs.

Denna genomsättes av smala diabasgångar 0,1-1 m.

Den utförda geologiska karteringen visar att urbergsplinten genomsätts av sekundära sprickor och sprickzoner. Dessa är orienterade i dels ett NNO-SSV-ligt system, dels ett NV-SO-ligt spricksystem, i vilket diabasgångarna uppträder.

Berget går i dagen inom stora ytor. Jordtäcket består av morän som täcks av upp till 10 m lera i bergområdets svackor.

Hela Södertörns- och östra Sörmlandsområdet är känt för att ha ovanligt låg kapacitet hos bergborrande brunnar och således låg vattenföring i berggrunden. En genomgång av vid SGU's brunnsarkiv registrerade brunnar kring Järna har gjorts och bekräftar i stort denna bild.

Nederbörd som faller i området infiltrerar till stor del inom höjdområdet och avrinner som markvatten och grundvatten för att mynna i omgivande yt-vattensystem.

Tre platser utvaldes för kompletterande seismiska undersökningar. Alla tre platserna ligger norr om planerat bebyggelseområde i plintens nordvästra del. Platserna torde vara lämpliga såväl för ståltank som för borrhålslager. Ståltanken är med hänsyn till grundförutsättningarna betydligt mer lätt-placerad än borrhålslagret. Av arkitektoniska skäl torde för ståltanken läge 2 vara mest fördelaktigt. Se fig. 8.43.

Nedanstående redovisning avser i första hand förhållandena för borrhåls-lagret men resultaten kan även utnyttjas för ståltanken.

Av planerings-skäl för både ståltank och borrhålslager vill man ha en något så när jämn markyta. Lämpliga platser saknas därför uppe på de kuperade bergsryggarna, även om berget där kan antagas vara mest homogent och sprickfattigt.

Plats 1 längst mot väster har nackdelen att vara ganska begränsad till ytan om inte sprängning eller uppfyllnad tillgripes. Vidare faller terrängen ca 20 m på ca 150 m mot väster, vilket bör ha en dränerande inverkan på bergplinten.

Plats 2 har goda utrymmesmöjligheter och plan markyta. Nackdelen med platsen är att den ligger i en topografiskt markerad svacka i bergplinten, där viss grundvattenströmning i bergsprickor kan förekomma.

Plats 3 längst mot öster har ett slutet topografiskt läge i terrängen. Denna plats ligger på störst avstånd från den planerade bebyggelsen.

Den seismiska undersökningen visade homogena bergrundsförhållanden för platserna 1 och 2 och mer inhomogena förhållanden vid plats 3 med en lägsta berghastighet av 4 300 m/s. Jordtäcket tjocklek var mindre än 6 m på samtliga platser.

Av utrymmesmässiga skäl och med stöd av seismiken valdes plats 2 för närmare undersökning genom kärnbörning. Längs det planerade borrhålslagret västra gräns antogs en mindre sprickzon gå, bl a beroende på en brantare bergsida i denna del. Kärnborrhålet placerades därför i borrhålslagrets östra del med 60° lutning mot horisontalplanet. Med denna börning skulle den förmodade sprickzonen genomborras, om den stupade mot öster in i den tilltänkta lagervolymen.

För att få ytterligare uppgifter om dels bergsbeskaffenheten i lagerområdet, dels grundvattenytan läge, utfördes även ett kärnborrhål i norra delen av tilltänkt lagerområde och ett i södra delen. Kärnborrhålet i norra delen riktades mot öster med 45° lutning för att erhålla kunskap om någon sprickzon gick fram i östra delen av lagerområdet.

Jorddjupet vid de olika kärnborrhålen var

1/60°	0 m
2	1,6 m
3/45°	3,1 m

De utförda undersökningarna vid område 2 visar att berget är av lämplig beskaffenhet för ett borrhålslager. Några problem vid borrningen i form av kärnförluster eller ras i borrhålen har man inte haft, även om berget har bedömts som hårdborrat.

Ingen kärnförlust noterades. Berget ansågs vara hårdborrat. Sprickytor var belagda med klorit. Pyrit förekom också som sprickmineral.

En mera detaljerad redovisning av grundundersökningsresultaten ges dels i den separata rapporten för borrhålslagret dels i övriga referenser.

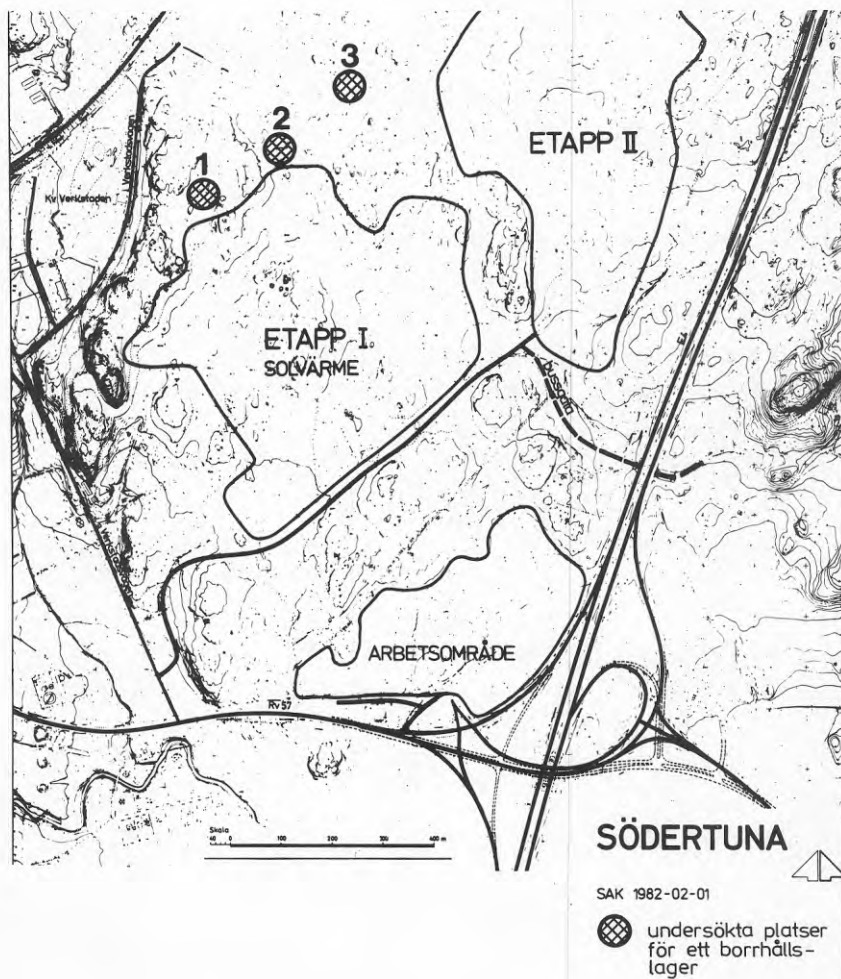


Fig. 8.44. Undersökta platser för ett borrhålslager.

### 8.8 Reserv för värmeproduktion

En reservanläggning för värmeproduktion erfordras i Södertuna av följande skäl:

- Provisorisk värmeförsörjning under bostadsområdets uppbyggnadsskede.
- För en första energiuppladdning av värmelagret.
- För att täcka initialvärmeförluster från lagret.
- För att utgöra ren reserv om någon eller några av solvärmesystemets komponenter skulle ha otillräcklig kapacitet eller funktion.

I Södertälje tätort använder energiverken idag ett 25-tal oljeeldade transportabla panncentraler (TPC). Då fjärrvärmenätet under mitten av 1980-talet byggs ihop friställs ett stort antal av dessa centraler.

För uppbyggnad av reservanläggningen flyttas 2 st TPC à 5,8 MW med tillhörande utrustning till Södertuna. Utrustningen ställs upp bakom terrasshuset och bredvid värmelagret. Inkopplingspunkten mot solvärmesystemet framgår av fig 8.29 alt 8.30. Kostnaden för reservanläggningen blir totalt ca 200 000 kr.

### 8.9 Drifts- och skötselinstruktioner

För varje VVS-anläggning är det viktigt att en drifts- och skötselinstruktion upprättas. Denna bör göras av de som projekterat anläggningen och grunda sig på de relationshandlingar som upprättas inför slutbesiktningen samt de handlingar som fabrikanter och entreprenörer är skyldiga att lämna. Där skall finnas en försörjningsplan för ventilation, värme, sanitet och solvärme som visar vilka zoner eller enheter som respektive installation försörjer. Vidare ska den innehålla en plan för förebyggande underhåll och anvisningar om hur driften ska dokumenteras. Driftsbeskrivningen ska göras tydlig och lättförstådd så att anläggningens hela funktion framgår. Instruktionen i sin helhet ska också kunna användas vid inskolningen av de maskinister som ska sköta anläggningen.



### 8.10 Mätprogram

Mätutrustningen är helt skild från de installationer som används för att styra och reglera anläggningen och bör ingå i en särskild mätentreprenad. På detta sätt kan man avlägsna mätutrustningen efter utvärderingsperiodens slut utan att anläggningen påverkas.

Syftet med en utvärdering är att öka kunskaperna om ny teknik inom bostadsbyggandet och energiförsörjningsområdet. Vidare ska den ge anvisningar om vilka utvecklingsvägar som är framkomliga. Man vill ha svar på frågan om projektet/systemet har det förväntade värdet ur energihushållningssynpunkt och även att utveckla systemet så att lösningarna är tillämpliga även i andra projekt. Mätprogrammet ska ge underlag för jämförelse av systemets verkliga och beräknade energibalans. Se fig. 8.2 eller fig. 8.44.

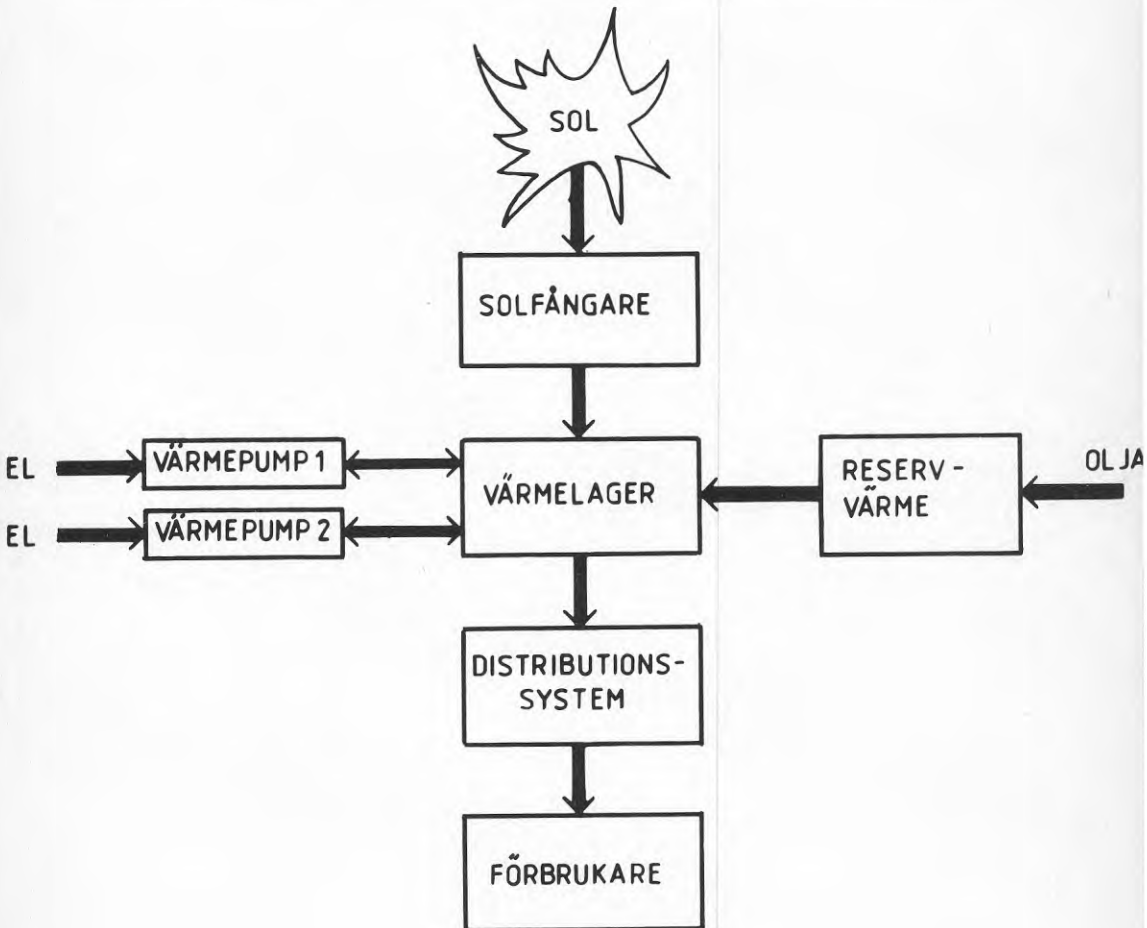


Fig 8.44 Förenklat energiflödesschema.



### Brukarbeteende och energiförbrukning

För att klarlägga energiförbrukningens variation på grund av olika brukares vanor upprättas ett program där den boende själv medverkar till att klarlägga de energikrävande installationernas användning.

Ett billigt och relativt effektivt sätt är att låta de boende själva registrera sitt beteende med hjälp av en på förhand framtagen blankett.

Metoden måste också vara enkel och billig att utvärdera.

### 8.11 Alternativ till Södertunas huvudförslag

Skiss 6 - det konventionella alternativet, figur 8.45.

I det fall solvärmelösningen för Södertuna inte skulle komma till utförande har ett konventionellt alternativ arbetats fram.

Värmeförsörjningen blir då av centraliserad form för att full frihet vid val av framtida energikällor ska erhållas. Under en första 10-årsperiod kan energikällan bli el, men i ett senare skede måste någon form av alternativ energikälla bli aktuell.

Projekterad systemlösning blir alltså av typen lokalt fjärrvärmesystem med värmeväxling i undercentraler. Systemet blir av lågtemperaturtyp. En elpanncentral placeras i utkanten av bostadsområdet. Jämför planalternativ skiss 6, kulvertplan.

Anläggningskostnaden för värmedistribution enligt skiss 6 blir då 6,4 Mkr eller 14 210 kr/lgh fördelat på de 452 lägenheter skissen rymmer. Härtill kommer produktionsenheten, elpannor, till en kostnad av ca 2 Mkr. Total anläggningskostnad för värmeförsörjningen blir alltså 18 700 kr/lgh.

Parallellt med arbetet med Södertunas huvudförslag har ett annat solvärmealternativ projekterats av Vattenfall. Det innebär i princip ett system som tar värme från en borrhålsbrunn som således fungerar som värmekälla för en värmepump. Systemet har enkla takkollektorer placerade under tegeltaket vilka återladdar brunnen med värme. Husen förses med golvvärme. Systemet framgår i princip av fig 8.46.

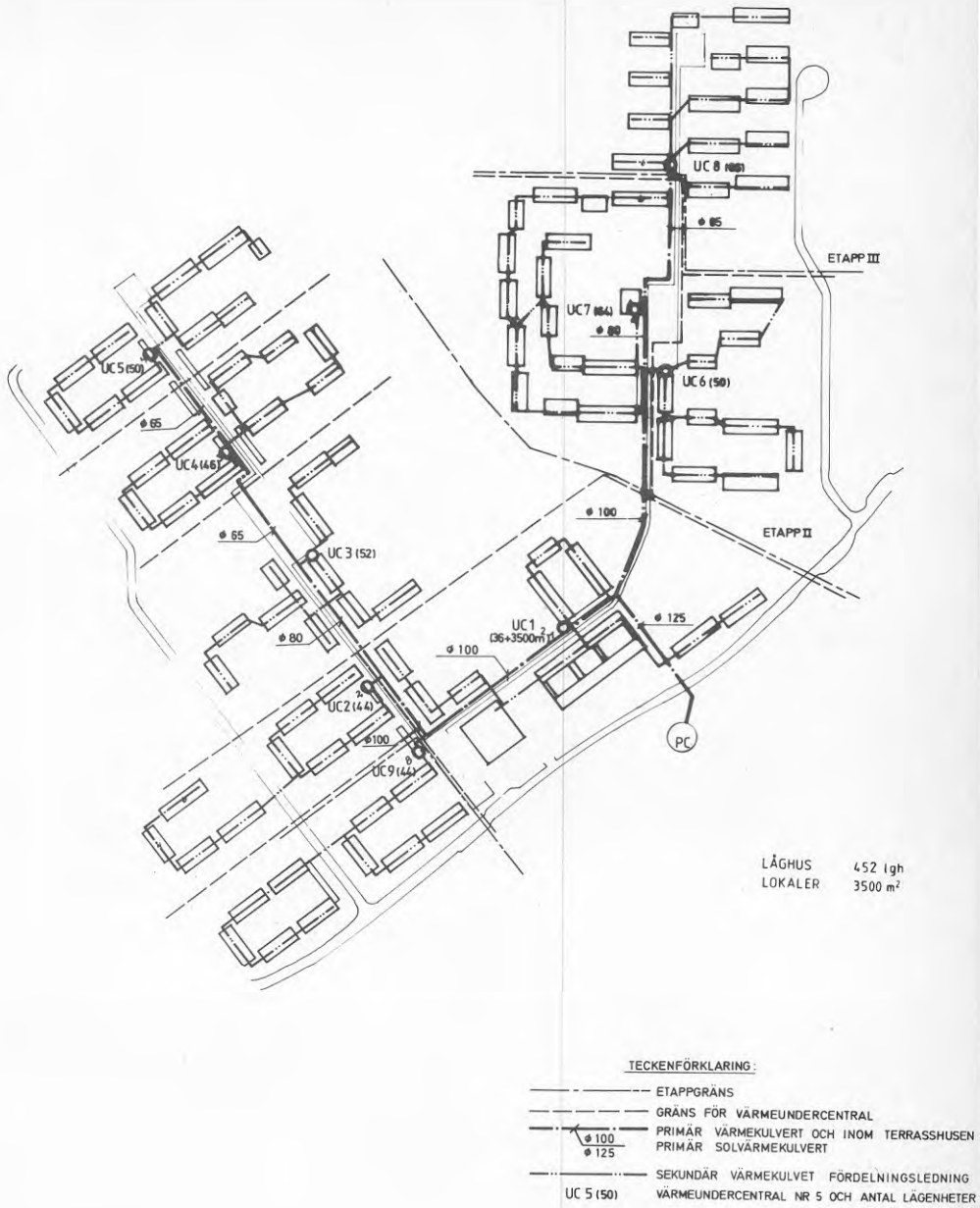


Fig. 8.45. SÖDERTUNA  
 VÄRME-DISTRIBUTION  
 PRIMÄR OCH SEKUNDÄR  
 VÄRMEKULVERT  
 PLANFÖRSLAG SKISS 6  
 SKALA 1:2000

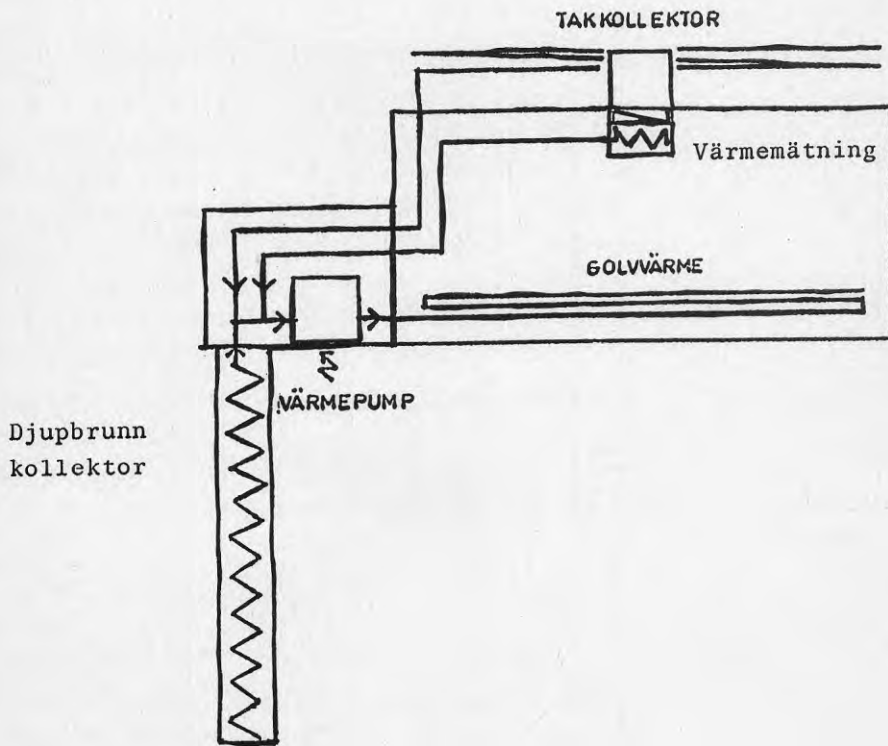


Fig 8.46 Alternativ värmepumplösning för etappvis utbyggnad

## 9. EKONOMI - Uppvärmningssystem

### 9.1 Sammandrag av investeringar samt drift- och underhållskostnader

Av tidigare avsnitt har framgått kostnadsberäkningar för de huvudkomponenter som ingår i solvärmesystemet. Alla kostnadsberäkningar baserar sig på svenska förhållanden i maj 1982. För att vara på säkra sidan vid den ekonomiska utvärderingen görs ett generellt påslag vid beräkningen av investeringsbehoven. För de komponenter som innehåller ny teknik görs dessutom ett extra påslag för att täcka in den extra kalkylsvårigheten. Sammantaget innebär detta att solfångare och värmelager belastas med 20 % extra och värmepump och distributionsystem med 10 % extra vid investeringsberäkningen. Den ekonomiska kalkylen följer i sammanfattning nedan, varvid indelningen valts efter systemets huvudkomponenter.

#### Solfångare

Grundkalkyl för solfångaren är 350 kr/m<sup>2</sup>. Till detta skall läggas ca 50 kr/m<sup>2</sup> för fördelnings- och samlingsledningar. Därefter bör ytterligare 15 % läggas på för projektering, byggledning och kontroll, vilket leder till en total beräknad investeringskostnad för solfångarna om 460 kr/m<sup>2</sup>. Denna bygger på att den i takkonstruktionen integrerade solfångaren gottskrivs den kostnad vi under alla förhållanden skulle haft för en konventionell takkonstruktion. Solfångaren behöver alltså endast bära merinvesteringen som uppkommer vid denna takutformning. Enligt ovan görs slutligen ett schablonmässigt säkerhetspåslag om 20 %, vilket medför en kalkylmässig slutkostnad om ca 550 kr/m<sup>2</sup> för solfångarinstallationen. Totalinvesteringen för solfångarna blir då 7,1 Mkr.

Underhållskostnaden uppskattas för de första 10 driftåren till årligen 2 % av investeringen. För därpå följande år uppskattas underhållet till 4 % av investeringen.

#### Värmelager

Grundkalkylen för värmelagret i form av en ståltank på 55 000 m<sup>3</sup> slutar på 13,5 Mkr. Denna siffra har tagits fram genom interpolation mellan de kostnader som i avsnitt 8.75 beräknats för volymerna 40 000 respektive 65 000 m<sup>3</sup>. Av kostnaden belöper sig 7 % på grundläggningsarbeten, 40 % på ståltanken, 15 % på isoleringen och 38 % på inredningsarbeten. För initialuppvärmningen från kallvattentemperatur till ca 35 °C åtgår ca 1800 MWh. Vid en energikostnad härför om 190 kr/MWh kostar detta 0,35 Mkr. Härtill kommer dessutom kostnaden för vattnet i lagret. Sammanlagt innebär detta att grundkalkylen för det förvärmade lagret slutar på 14,0 Mkr. Med ett 20 % generellt påslag blir den totala beräknade investeringskostnaden 16,8 Mkr.

Underhållskostnaden sätts till 2 % av inredningsinvesteringen eller 0,12 Mkr/år.

Värmepump

Grundkalkylen för värmepumparna uppgår till 1,42 Mkr. Härtill kommer 15 % för projektering mm samt 10 % i generellt påslag. Investeringen beräknas därför totalt uppgå till 1,8 Mkr.

Underhållskostnaden beräknas till 1,5 % av investeringen eller 0,027 Mkr/år.

Värmepumparna kräver el och har därmed även driftkostnader. Det årliga elbehovet beräknas till 950 MWh. Enligt aktuell tariff uppgår kostnaden för värmepumpens elbehov till totalt ca 18 öre/kWh om man slår ut alla avgiftsposter på den totala energiåtgången. Driften beräknas därför kosta 0,17 Mkr/år.

Värmedistribution

Grundkalkylen för värmedistributionen slutar på 9,2 Mkr. Med ett 10 % generellt påslag uppgår den beräknade investeringen till 10,1 Mkr.

Underhållskostnaden sätts till 1,5 % av investeringen eller 0,15 Mkr/år.

Driftkostnader uppkommer för erforderliga distributionspumpar. Vi räknar med att 130 MWh/år åtgår härför. Enligt aktuell tariff blir genomsnittskostnaden 20 öre/kWh, varvid den årliga driftkostnaden uppgår till 0,04 Mkr/år.

9.2 Investeringar och kostnader för ett konventionellt alternativ

För att solvärmesystemet ska kunna ekonomiskt utvärderas måste detta ställas mot ett ekonomiskt realistiskt alternativ. Det kan diskuteras hur ett sådant skulle utformas och kanske då speciellt i ett längre perspektiv. Vi har räknat med att Södertunas uppvärmning även i detta alternativ skulle bygga på en centraliserad värmeförsörjning, d v s ett distributionsnät skulle anläggas och energi tillföras i en central punkt. Vi har vidare antagit att tillförseln under de första åren skulle ska med en gemensam elpanna. I ett längre perspektiv ersätts denna sannolikt av bränslebaserad uppvärmning. Det är inte orimligt att anta att kostnaden härför, i fast penningvärde räknat, är av samma storleksordning som elkostnaden under de första åren. Med aktuell eltariff uppgår den totala genomsnittskostnaden för elvärmes till ca 30 öre/kWh. Eventuellt skulle totalkostnaden för ett konventionellt alternativ kunna pressas något genom installation av en korttidsackumulator. Detta har ej studerats.

Det konventionella alternativ vi har beräknat innehåller ca 15 % färre lägenheter än huvudalternativet med solvärme. Detta påverkar givetvis den absoluta storleken av investeringsbeloppen, varför dessa inte blir direkt inbördes jämförbara. Vid den ekonomiska utvärderingen nedan har vi därför för jämförelsens skull övergått till att uttrycka uppkommande kostnader per försörd lägenhet. Mera därom nedan.



För det konventionella alternativets huvudkomponenter har följande beräkningar gjorts över investeringar samt drift- och underhållskostnader.

#### Värmeproduktion

Elpannans effektbehov beräknas till 3,2 MW. Inklusivt 10 % påslag beräknas en sådan panna kosta totalt 2,2 Mkr i anskaffning.

Underhållet beräknas till 1,5 % av investeringen eller 0,03 Mkr/år.

Den aktuella totala specifika driftkostnaden blir alltså ca 30 öre/kWh. Med fullt värmebehov för det område som detta konventionella alternativ omfattar, uppkommer en total årlig driftkostnad om 1,45 Mkr/år.

#### Värmedistribution

Investeringen uppgår inklusive ett 10 % påslag till 7,1 Mkr. Motsvarande underhållskostnad blir ca 0,11 Mkr/år och driftkostnad ca 0,02 Mkr/år.

### 9.3 Investeringskalkyl

#### 9.31 Allmänna förutsättningar

Investeringskalkylen upprättas i fast penningvärde maj 1982. De första utbetalningarna (för värmedistribution) uppkommer år 0. Första värmeleverans sker under år 1. Under det första året sker värmeförsörjningen med olja från en transportabel panncentral. Efter en successiv utbyggnad kräver hela området värme under helår från och med år 4. Nuvärdet av alla utbetalningar (investeringar, underhållskostnader, driftkostnader) diskonteras till år 1. (Utbetalningar år 0 kapitaliseras till år 1). För diskonteringen används tre olika reala kalkylräntor, nämligen 0 %, 4 %, och 8 %. Detta för att senare kunna studera känsligheten för val av kalkylränta. På motsvarande sätt studeras resultatet vid realprisutvecklingar för energi om 0 %, 3 % och 6 %. Alla underhållskostnader antas helt följa den allmänna inflationen, varför någon realprisutveckling inte antas i kalkylen. Kalkylperioden omfattar 20 år.

#### 9.32 Investeringskalkyl för solvärmesystemet

Av tabellen 9.1 framgår de årliga utbetalningarna för såväl investeringar som drift- och underhållskostnader för solvärmesystemets komponenter. I tabellen har redovisats inverkan av olika realprisutvecklingar för energi till värmepump och distributionspumpar.



Efter diskontering erhålls vid de olika kalkylräntorna följande nuvärden i tusental kronor i prisnivå maj 1982:

	Nuvärden vid kalkylränta		
	0 %	4 %	8 %
<u>Solfångare</u>			
Investering	7125	7002	6910
Underhåll	4096	2488	1704
<u>Värmelager</u>			
Investering	16800	16800	16800
Underhåll	2280	1572	1152
<u>Värmepump</u>			
Investering	1800	1800	1800
Underhåll	513	354	259
Drift, 0 %	} energi- pris- ökning	3583	2020
Drift, 3 %		4751	2618
Drift, 6 %		6107	2915
<u>Distribution</u>			
Investering	10080	10051	10065
Underhåll	2841	1946	1439
Drift, 0 %	} energi- pris- ökning	758	384
Drift, 3 %		1032	489
Drift, 6 %		1429	633
<u>Summa</u>			
0 % energiprisökning	49876	45191	42533
3 % energiprisökning	51318	45989	43236
6 % energiprisökning	53071	47004	43677

Av tabellen framgår som väntat att nuvärdet av projektets kostnader minskar med tilltagande kalkylränta samt ökar med stigande energipris.

## Plan över utbetalningar för solvärmsystemet kkr

	År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<u>Solfångare</u>																						
Investering		4950	1275	900	-																	
Underhåll		-	-	99	125	143	143	143	143	143	143	143	143	242	267	285	285	285	285	285	285	285
<u>Värmelager</u>																						
Investering		-	16800	-																		
Underhåll		-	-	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
<u>Värmepump</u>																						
Investering		-	1800	-																		
Underhåll		-	-	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Drift 0% energi		-	*430	116	147	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Drift 3% pris		-	*430	120	156	185	192	197	203	209	216	222	229	236	243	250	257	265	273	281	290	298
Drift 6% ökning		-	*430	123	165	191	203	215	227	241	256	271	288	305	323	342	362	384	407	432	458	485
				(olja)																		
<u>Distribution</u>																						
Investering		3575	3455	1800	1250	-																
Underhåll		-	54	105	132	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Drift 0% energi		-	15	28	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Drift 3% pris		-	15	29	37	44	45	46	48	49	51	52	54	55	57	59	61	62	64	66	68	70
Drift 6% ökning		-	15	30	39	48	50	54	57	60	64	68	72	76	80	85	90	96	102	108	114	121

## Plan över utbetalningar för konventionell uppvärmning, kkr

	År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<u>Produktion</u>																						
Investering		2200	-																			
Underhåll		-	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Drift 0% energi		-	625	986	1276	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
Drift 3% pris		-	625	1016	1354	1584	1632	1681	1731	1783	1837	1892	1949	2007	2067	2129	2193	2259	2327	2397	2469	2543
Drift 6% ökning		-	625	1045	1434	1727	1831	1940	2057	2180	2311	2450	2597	2753	2918	3093	3278	3475	3684	3905	4139	4387
<u>Distribution</u>																						
Investering		2500	2420	1265	870	-																
Underhåll		-	38	74	93	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106	106
Drift 0% energi		-	6	11	14	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Drift 3% pris		-	6	11	15	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	26	26	27	28
Drift 6% ökning		-	6	12	17	19	20	21	23	24	26	27	29	30	32	34	36	38	41	43	46	48

### 9.33 Investeringskalkyl för konventionell uppvärmning

Av tabellen 9.2 framgår de årliga utbetalningarna för såväl investeringar som drift- och underhållskostnader för de konventionella värmesystemets delar. Även här redovisas inverkan av olika realprisutvecklingar för energi.

Efter diskontering erhålls vid de olika kalkylräntorna följande nuvärden i tusental kronor i prisnivå maj 1982:

	Nuvärden vid kalkylränta		
	0 %	4 %	8 %
<u>Produktion</u>			
Investering	2200	2288	2376
Underhåll	660	465	350
Drift, 0 % } energi-	27537	19120	13987
Drift, 3 % } pris-	37475	24996	17767
Drift, 6 % } ökning	51829	33417	22985
<u>Distribution</u>			
Investering	7055	7035	7045
Underhåll	2007	1384	1017
Drift, 0 % } energi-	303	209	153
Drift, 3 % } pris-	412	278	194
Drift, 6 % } ökning	572	369	216
<u>Summa</u>			
0 % energiprisökning	39762	30501	24928
3 % energiprisökning	49809	36446	28749
6 % energiprisökning	64323	44958	33989

Det ska återigen observeras att det konventionella alternativet inte innehåller exakt lika många lägenheter som solvärmealternativet. I utvärderingen nedan uttrycks därför nuvärdet av kostnaderna i relation till lägenhetsantalet.

### 9.34 Jämförelse mellan solvärme och konventionell uppvärmning

I nedanstående tabell jämförs det ekonomiska utfallet av solvärmealternativet med utfallet av alternativet med konventionell uppvärmning. Siffrorna är nuvärden av kostnaderna per lägenhet under en 20-årsperiod uttryckta i 1982 års kronor.

	SOLVÄRME			KONVENTIONELL VÄRME		
	Kalkylränta (real)			Kalkylränta (real)		
	0 %	4 %	8 %	0 %	4 %	8 %
<u>Energiprisökning</u>						
(real)						
1000-tal kronor						
0 % per år	95	86	81	88	67	55
3 % per år	98	88	82	111	81	64
6 % per år	101	90	83	142	100	75

Ur tabellen kan direkt utläsas följande:

Vid en real energiprisökning om 0 % är solvärmens alltid dyrare än den konventionella värmen.

Vid en real energiprisökning om 3 % är solvärmens upp till ca 2 % kalkylränta billigare än den konventionella värmen.

Vid en real energiprisökning om 6 % är solvärmens upp till ca 6 % kalkylränta billigare än den konventionella värmen.

Vid 0 % real kalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 1,0 %.

Vid 4 % real kalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 4 %.

Vid 8 % real kalkylränta är solvärmens billigast om den reala energiprisökningen överstiger ca 8,0 %.

### 9.4 Finansiering

För diskussionen i detta avsnitt kan vi göra följande antaganden:

Solvärme och konventionell uppvärmning uppvisar samma lönsamhet, dvs det beräknade nuvärdet av kostnaderna för uppvärmning under den studerade 20 årsperioden är lika. Detta antagande blir verkligt vid vissa kombinationer av kalkylränta och energiprisökningar och underlättar förståelsen av det följande.

Alternativen kostar alltså lika mycket sett över anläggningens livslängd och det är ur långsiktig ekonomisk synvinkel likgiltigt vilket alternativ som genomförs. Detta alltså i det långa perspektivet. Men kortsiktigt innebär solvärmealternativet självfallet en finansiell belastning, eftersom detta alternativ relativt det konventionella alternativet kännetecknas av stora initialinvesteringar medan däremot efterföljande driftkostnader blir betydligt lägre. Ur sammanställningarna ovan över utbetalningarna i de två alternativen kan vi t ex utläsa att för solvärmealternativet är investeringarna de två första åren 30,6 Mkr och för alternativet med konventionell uppvärmning 7,1 Mkr. All förnybar energi, i detta fall solvärme, kännetecknas av ekonomisk "framtonhet". Det är därför av största betydelse att uppkommande löpande årliga betalningar studeras mycket noggrant. Eljest finns risk att ett solvärmeprojekt stupar på de inledande årens stora betalningar, även om det sett i det längre perspektivet är lönsamt enligt investeringskalkylen.

Den ekonomiska belastningen under de inledande driftåren kan mildras genom en finansiering av projektet som beaktar den långsiktiga lönsamheten. I praktiken kräver detta att endera av följande två alternativ finns tillgängliga.

Det första alternativet är att anläggningsägaren ifråga disponerar ett startkapital som kan satsas på initialinvesteringarna. Anläggningsägaren avstår därefter under erforderligt antal år att kräva förräntning och/eller återbetalning på insatsen. För därefter följande år kan full kompensation erhållas genom successivt stigande återbetalningar och ränteutdelningar. Anläggningsägaren måste i detta alternativ ha långsiktigt god likviditet.

Det andra alternativet är att en utomstående långgivare kan uppträda på ett likartat sätt som anläggningsägaren ovan. Detta måste normalt anses vara det mest sannolika alternativet. Eftersom det är fråga om att ligga ute med betydande belopp, är det rimligt att tänka sig att långgivaren är ett större kapitalinstitut eller lämpligt statligt organ. De lån som erfordras för initialinvesteringarna måste utformas med starkt förskjuten amorteringsprofil. Flera inledande år kan behöva vara amorteringsfria och först efter ett visst antal år kan amorteringar påbörjas för att därefter succesivt öka. Vid slutet av lånets löptid, som dessutom bör vara av samma storleksordning som projektets ekonomiska livslängd (här 20 år), är givetvis hela skulden återbetald. På motsvarande sätt kan det visa sig nödvändigt att även få ett visst anstånd med räntebetalningar, vilket skulle kunna ordnas genom att icke erlagda räntor läggs till kapitalskulden. Även detta leder till att långgivaren på sikt får full ränteutdelning på det kapital som ställs till förfogande.

Som ett alternativ till nu redovisad lånekonstruktion, kan man, om likviditeten så medger, tänka sig att arbeta med annuitetslån. Vad som erfordras i det enskilda fallet måste avgöras efter individuella studier där man fastlagt förutsättningarna för kalkylen över de år för år löpande betalningarna (varvid bl a inflationstakten måste antas).

Sammanfattningsvis kräver alltså ett solvärmeprojekt en annan typ av finansiering än vad konventionella uppvärmningssystem kräver. Den viktigaste skillnaden torde vara att de lån som erfordras för utbyggnaden av anläggningen kan göras helt eller delvis amorteringsfria under ett erforderligt antal inledningsår. Med en sådan finansiering kan ett enligt investeringskalkylen lönsamt solvärmesystem även under alla enskilda år bli konkurrenskraftigt med ett konventionellt uppvärmningssystem.

#### 9.5 Slutsats

Beräkningarna i avsnitt 9.3 ovan visar att det finns förutsättningar, beroende bl a av kommande energiprisutveckling, att solvärmesystemet kan bli den billigare lösningen för Södertunas värmeförsörjning. Under alla förhållanden tyder kalkylerna på att solvärmens åtminstone inte under några förhållanden blir väsentligt dyrare än den konventionella värmen. En förutsättning för att detta också ska upplevas löpande år för år av dem som har att betala för värmen är att finansieringen löses så att en över åren jämn betalningsprofil erhålles. Vår slutsats är således att solvärmeförsörjning, i enlighet med vad vi i denna studie redovisat för Södertuna, är av intresse för framtida större nybyggnadsområden. Vi skyntar möjligen ett ekonomiskt genombrott för denna typ av solvärmesystem.



## 10. SLUTORD

Slutsatsen av det föregående ekonomikapitlet var att vårt solvärmealternativ för Södertuna är intressant för framtida större nybyggnadsområden. Ett ekonomiskt genombrott för denna typ av anläggningar kan möjligen skönjas.

Skälet till att Södertuna med detta solvärmealternativ inte kommer att byggas under de närmaste åren, är det neddragna behovet av nyproducerade bostäder. I Södertälje planeras bostadsproduktionen för de närmaste åren till 200-250 bostäder per år, där kommunen önskar flexibla utbyggnadsmöjligheter för att snabbt kunna avbryta och starta utbyggnaden. Detta medför att stora bostadsområden, typ Södertuna med 525 lägenheter, inte prioriteras. I stället blir mindre kompletteringar och förtätningar aktuella, i storleksordningen 100 - 150 lägenheter. Det ekonomiska läget i kommunen och för hyresgästerna, pekar också mot att bebyggelse nära eller i Södertälje stad prioriteras. Där har också kommunen nyligen tagit i drift Sveriges största kolvärmeverk i Igelsta, varför värmeförsörjningen i Södertälje stad kommer att ske därifrån.

Det i Södertälje minskade bostadsbyggandet och inriktningen på mindre objekt för förtätning torde vara gällande för de flesta kommuner i Sverige. Vårt solvärmesystem har arbetats fram där antalet lägenheter, ca 500, har haft stor betydelse för systemets relativt goda ekonomi. Ett viktigt utvecklingsarbete bör därmed vara att applicera ett liknande system på bostadsområden i storleksordningen 100-150 lägenheter.

11. REFERENSER

Lågeeffekthusen i Knivsta.

Effekt och energiberäkningar, Lennart Ringblom, A4:48.

Lågeeffekthusen i Knivsta.

Energianvändning - del 1, Lennart Ringblom, A4:67.

Värme ur sol och luft med lagring i vatten och is, BFR T25:1981.

Solvärmeverk Ingelstad i Växjö, BFR R82:1979.

Solvärmecentral för Höglandsområdet i Örsköldsvik, R161:1980.

Sammanfattande erfarenheter från solvärmecentralerna i Studsvik, Lambohov och Ingelstad, BFR 800420-2.

Sammanställning av utvecklingsläget beträffande passiv solvärme.  
Krister Wiberg, LTH.

Byggnaders energibalans, en beräkningsmetod.  
Adamson, Källblad, BKL 1978:2.

Prestanda och driftegenskaper hos en takintegrerad plan solfångare.  
Lennart Spante, Vattenfall, Älvkarlebylaboratoriet 1981.

Takintegrerad solfångare - reglering, verkningsgrad och flödesfördelning.  
Lars Johansson, Vattenfall, Älvkarlebylaboratoriet, 1982.

Solfångarprovning i Älvkarleby. Resultat 1981.  
Mats Larsson och Lennart Spante

Plana termiska solfångare. En fysikalisk bakgrund.  
Per Isaksson, BFR-rapport R35:1978.

Fjärrzon. Program för dimensionering av fjärrvärmenät.

Isol. Program för beräkning av ekonomisk isolertjocklek.  
Utvecklat av Riksbyggen.

Svenska Värmeverksföreningens bestämmelser för rörledningar, rörböjar, ventiler, värmekulvertar, värmemätare mm.

Värme i jord, berg och vatten.

BFR T1:1981.

Undermarkens roll i Sveriges framtida energiförsörjning.

Rapport 209 IVA, 1981.

Avestaprojektet, försöksanläggning för hetvattenlagring i bergum.

Vattenfall, BeFo, Avesta kommun, BFR, NE 1981:1.

Borrhålslager, studium av ett värmelagringsalternativ inom projekt Södertuna solvärme.

BFR-anslag 810880-8.

AIB 1982 (koncept).

Södertunaprojektet, översiktlig bedömning av förutsättningar för värmelager i bergum.

Vattenfall 1980-03-21.

Blockfyllda bergum, översiktlig studie av förutsättningar för lagring av värme i blockfyllda bergum och blockfyllda gropar.

Vattenfall 1980-11-13.

Södertuna 1982. Grundundersökningar exkl seismik.

Vattenfall mars 1982 (intern rapport).

Rapporter över seismiska grundundersökningar för Södertuna värmelager.

Vattenfall 1980-12-22 och 1982-11-05 (intern rapport).

## BILAGA 1

SOLSIM, minimerings- och dimensioneringsprogram

SOLSIM är ett minimerings- och dimensioneringsprogram för storskaliga solvärmesystem som utnyttjar skiktade vattenmagasin för säsongslagring.

I programmet simuleras en årscykel för principsystem enligt figur 1.

För de enklaste varianterna med fasta temperaturnivåer och kopplingar kan analytiska lösningar erhållas när det gäller vissa grundläggande årsintegraler. Detta har utnyttjats för principstudier i samband med analyser av Södertunasystemet. Så snart kopplingen mellan de olika komponenterna och lagret ändras under året eller när dynamiken i system ska studeras måste datorsimulering tillgripas.

Bakgrund

SOLSIM utvecklades 1978-79 i samband med Vattenfalls förstudie över storskalig solvärmeutnyttjande för bostadsuppvärmning. Genom tillkomsten av datorprogram underlättades systemanalysen i förstudier. SOLSIM visade sig tillsammans med de mätningar på solfångare som genomfördes parallellt vara ett utmärkt verktyg för att studera inverkan av driftstrategier, solfångartyper och temperaturnivåer på den slutliga systemutformningen.

Funktion

Som indata till programmet ges:

- Lastens fördelning över året uppdelad på värme och varmvatten.
- Solfångartyp i form av verkningsgradsuttryck.
- Kopplingsprincip.
- Temperaturnivåer i tanken.
- Drifttidens fördelning över året för värmepumpen.

Som resultat erhålles:

- Värmepumpstorlek.
- Tankstorlek (minimum som kan klara årstidslagring under givna förhållanden).
- Solfångaryta.
- Temperaturfördelning i tanken under året (plottas). Se fig. 2.

## Delmodeller

### Meteorologi

Programmet behöver tillgång till solstrålnings- och utetemperaturdata timme för timme för hela året.

Den globala strålningen mot en godtryckligt riktad yta beräknas med formeln:

$$I_{Gk} = I_{DIR} \times \delta + I_{DIF}$$

$I_{DIR}$  bestäms ur ett eupiristiskt uttryck som funktion av solhöjden  $\alpha H$

$\delta$  är vinkeln mellan ytnormalen och den direkta solstrålningen

$$I_{DIF} = I_G \times P_{DF}$$

H beräknas utgående från dagnummer och timme.

$T_{ute}$  och  $P_{DF}$  beskrivs av cosinusfunktioner av typ

$$A = A_0 - \Delta A \times \left( \frac{D - D_0}{365} \times 2\pi \right)$$

där D = dagnummer

### Last

Årsenergiförbrukningen för värme respektive varmvatten anges i indata. Den fördelas sedan procentuellt på årets månader utgående från beräkningar och statistik erhållna från Riksbyggen. Värmelasten antas konstant under en månad medan varmvattenlasten varierar under dygnet enligt Riksbyggens tappvarmvattenmodell. Erfarenhet visar dock att man skulle kunna hålla även varmvattenlasten konstant månadsvis utan att påverka resultatet.

### Lager

Energilagret antas bestå av en välisolerad ståltank. Förluster simuleras genom ökning av lasten. Skiktningen i ståltanken antas vara ideal, dvs ingen skikt-nedbrytning förekommer. I verkligheten kommer detta att ske varför beräknade värden på lagringsvolymen har justerats uppåt ca 5 %.

Solfångare

Solfångaren specificeras genom ett verkningsgradsuttryck:

$$\eta = \eta_0 - k (T_s - T_{ute}) E_G$$

$\eta$  = verkningsgraden

$\eta_0$  = verkningsgrad då solfångarens drifttemperatur är lika med omgivningstemperatur

$$T_s = \text{solfångarens drifttemperatur, } \left( \frac{T_{in} + T_{ut}}{2} \right)$$

$k$  = solfångarens förlustkoefficient

Insamlad energi beräknas genom:

$$E_s = \eta_0 E_G - k (T_s - T_{ute})$$

Värmepump

Värmepumpen specificeras genom en given carnotverkningsgrad

$$\text{COP} = \eta_c \frac{T_k}{T_k - T_F}$$

COP = värmepumpens värmefaktor

$\eta_c$  = carnotverkningsgraden

$T_F$  = förångningstemperatur

$T_k$  = kondenseringstemperatur

$\eta_c$  har valts för att i ett normalfall ge en värmefaktor i överensstämmelse med tillverkarens datablad.

Kopplingsprinciper

Komponenternas anslutningar till lagret kan förändras under året. Solfångarna kan till exempel ladda toppskiktet under sommartid och ett mellanskikt höst och vår.

Lösningsmetod

Ett år simuleras med tidssteget 30 minuter för solfångarberäkningen och ett dygn för övriga komponenter.

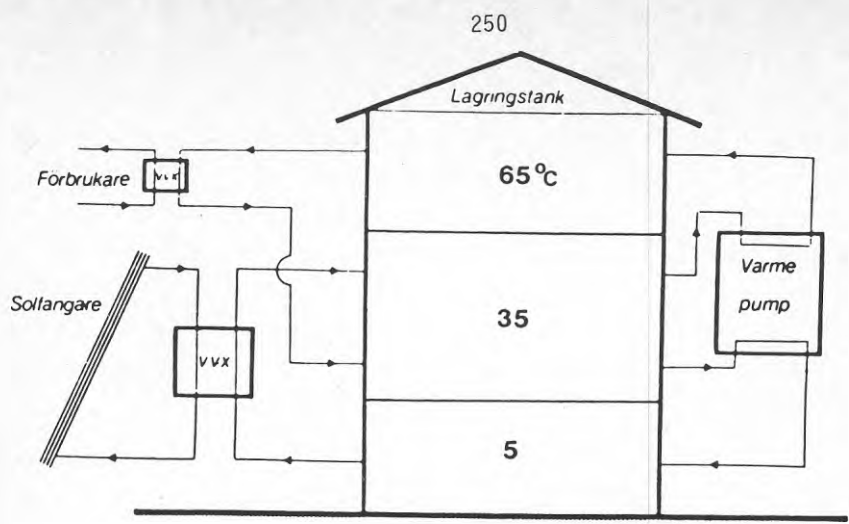


Vid solfångarberäkningen delas tidssteget upp i en molnfri del och en helt diffus del. Den molnfria andelen styrs av parametern  $P_S$  och är stor på sommaren och liten på vintern.  $P_S$  beskrivs av ett cosinusuttryck på samma sätt som  $T_{ute}$  och  $P_D$ . Verkningsgraden för solfångare appliceras på båda delarna av tidssteget. Om verkningsgraden blir lägre än 10 % antas solfångaren ej vara i drift.

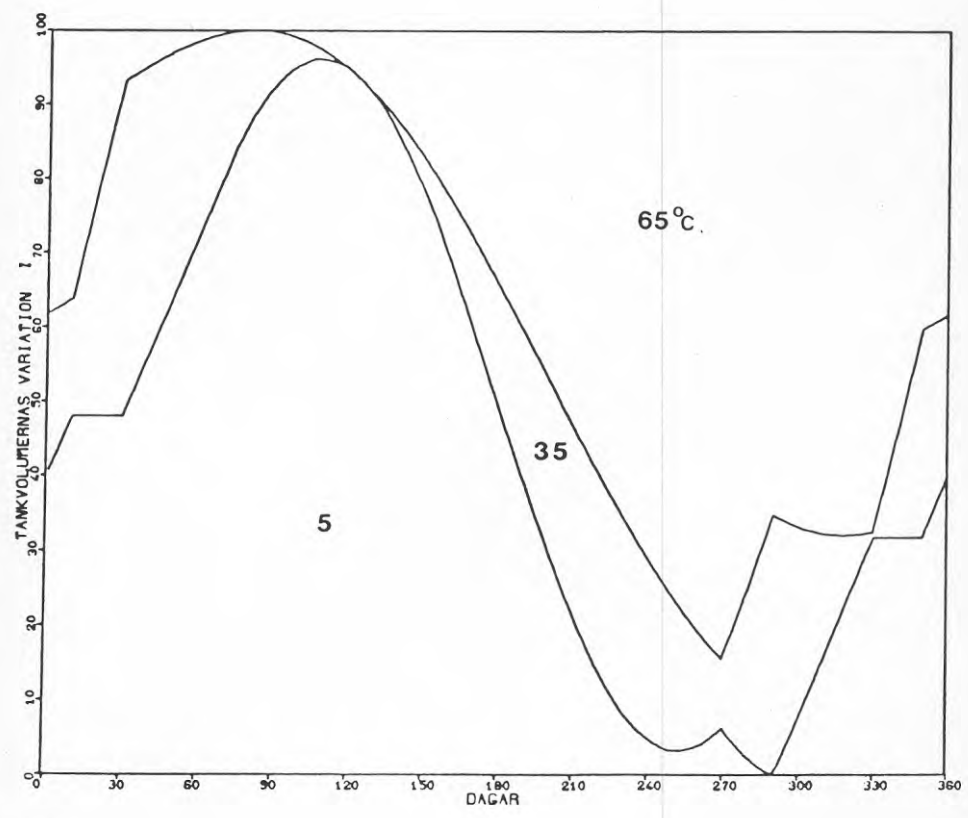
Efter simulering av ett år med en antagen lagervolym justeras de så så att varje skikt har volymen lika med noll som minvärde under året. Vidare beräknas solfångaryta och värmepumpstorlek så att energibalans erhålls i systemet.

### Verifiering

SOLSIM innehåller ett antal konstanter som måste bestämmas utgående från uppmätta värden. Den meteorologiska modellen har anpassats för att ge en riktig årsintegrering av globalinstrålningen över året samt en riktig fördelning av direkt- och diffusstrålning. Även strålningsfördelningen över året överensstämmer med mätningar. Modellen ger dessutom tillsammans med solfångarmodellen en energiinsamling för solfångare som både när det gäller årsintegral och fördelning överensstämmer väl med egna mätningar.

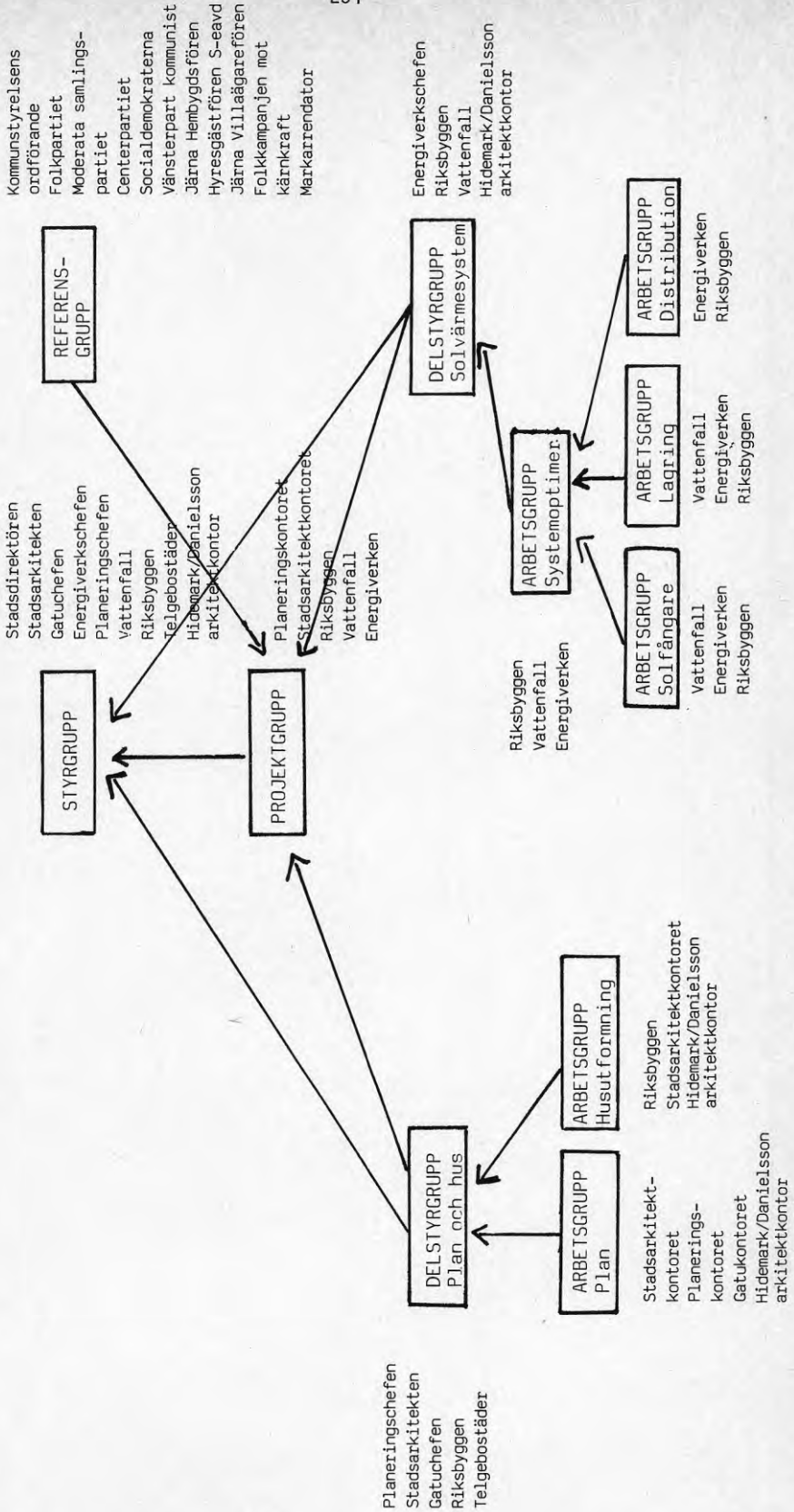


Figur 1. Kopplingsprincip (exempel)



Figur 2.

PROJEKTORGANISATION SÖDERTUNA











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
810096-5 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Björn Hedlund, Södertälje.**

**Art.nr: 6704179**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 55 kr exkl moms**

**R179: 1984**

**ISBN 91-540-4290-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**