



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.



Solvärme för befintlig bebyggelse

**Förstudie: fyra bostadskvarter
i Göteborg**

**Mircea Abrahamsson
Per Axenborg
Fredrik Norin**

INSTITUTET FÖR
CYSDOKUMENTATION

Accnr 80-1236

Fiac

Ser

*K
0/1*

R83:1980

SOLVÄRME FÖR BEFINTLIG BEBYGGELSE

Förstudie: fyra bostadskvarter i Göteborg

Mircea Abrahamsson
Per Axenborg
Fredrik Norin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790420-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till RNK Installationskonsult AB, Göteborg.

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

R83:1980

ISBN 91-540-3267-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 054254

I N N E H Å L L

FÖRORD		5
1	SAMMANFATTNING	7
2	INLEDNING	9
3	FÖRUTSÄTTNINGAR	11
3.1	Beskrivning av utvalda hus	11
3.2	Byggnadstekniska data	11
3.2.1	Kv Solvögat	12
3.2.2	Kv Fingerborgen/Saxen	13
3.2.3	Kv Inslaget	14
3.2.4	Kv Blekeriet	15
3.3	Energiförbrukning	16
3.4	Beräkningsmodeller för solenergi	16
3.5	Ekonomiska förutsättningar	17
4	VÄRMEFÖRSÖRJNING	19
4.1	Allmänt - Studerade alternativ	19
4.1.1	Ändring av fönsterytor	19
4.1.2	Solfångare för varmvattenberedning utan värmepump	19
4.1.3	Solfångare för varmvattenberedning med hjälp av värmepump	20
4.1.4	Solfångare med värmepump för varmvattenberedning och uppvärmning	20
4.2	Solfångare	21
4.2.1	Allmänt	21
4.2.2	Kv Solvögat	22
4.2.3	Kv Fingerborgen/Saxen	26
4.2.4	Kv Inslaget	30
4.2.5	Kv Blekeriet	33
4.3	Akkumulatorer	39
4.4	Värmepump	40
4.5	Rörledningar	41
4.6	Sammanställning av data för solenergianläggningarna	42

5	ENERGIBERÄKNINGAR	43
5.1	Ändring av fönsterytor	43
5.2	System med solfångare	44
6	KOSTNADER	47
6.1	Initialkostnader	47
6.2	Driftkostnader	48
6.3	Besparingskostnader	48
7	SLUTSATSER	51
8	FORTSATT ARBETE	53
9	REFERENSER	55
	BILAGA, DIAGRAM 1-7	57

FÖRORD

Statens Råd för Byggnadsforskning har gett RNK Installationskonsult AB ett anslag för en förstudie som avser en redovisning av möjligheterna att utnyttja solenergi i befintlig bebyggelse. Arbetet har bedrivits tillsammans med White Arkitekter AB.

En referensgrupp har tillsatts för projektet. Den har haft följande sammansättning:

Olle Bergström	Stadsbyggnadskontoret, Göteborg (delvis)
Alf Elmberg	Fastighetskontoret, Göteborg
Kjell Eriksson	Energiverken, Göteborg
Lennart Olauson	Stadsbyggnadskontoret, Göteborg (ersättare för O Bergström)

samt från White Arkitekter AB

Bruno Alm

Per Axenborg

och från RNK Installationskonsult AB

Mircea Abrahamsson

Thore Abrahamsson

Fredrik Norin



1 SAMMANFATTNING

Följande utredning belyser de estetiska, tekniska och ekonomiska konsekvenserna vid installation av en solenergianläggning för varmvattenberedning och uppvärmning. Även konsekvenserna vid ändring av fönsterstorlekarna för att öka den passiva solinstrålningen redovisas.

Fyra kvarter med befintlig bebyggelse i Göteborg har studerats. Husen är flerbostadshus och byggda på 1940-talet (två kvarter) och på 1960-talet (två kvarter). De studerade kvarteren är dessutom valda så att två tillgodoser energibehovet med fjärrvärme och två med egna oljeeldade pannanläggningar. Energiförbrukningen (köpt energi) motsvarar ungefär $0,24 \text{ MWh/m}^2$ golvyta, år för objekten.

Byte av ett söderorienterat tvåglas fönster mot ett treglas fönster ger en årlig besparing på 50 kWh/m^2 . Med en 50 %-ig ökning av glasytan (3-glas) ger solen dessutom ett extra bidrag på 25 kWh/m^2 ursprunglig yta. Genom en halvering av glasytan mot norr beräknas de årliga transmissionsförlusterna minska med 125 kWh/m^2 . Besparingskostnaderna för dessa åtgärderna ligger dock på mellan 900 och 3 600 kr/MWh.

Tre typfall av solenergisystem har studerats:

- I Solenergi för varmvattenberedning utan värmepump
- II Solenergi för varmvattenberedning med värmepump
- III Solenergi för varmvattenberedning och uppvärmning med värmepump

För varje kvarter har tänkbara placeringar av solfångarna studerats. De principiellt olika möjligheterna är takplacering, fasadplacering och markplacering.

Takplacering av solfångare har i samtliga studerade fall bedömts som bäst ur flera synpunkter - bland annat estetiska. Taken har sedan länge varit utnyttjade för placering av diverse "tekniska prylar", till exempel fläkthus, skorstenar, takfönster, stegar och räcken. Därför innebär inte solfångarna att något nytt problem ur gestaltningssynpunkt har uppstått, åtminstone så länge solfångarna endast utgör en begränsad andel av den totala takytan.

I tre av de fyra studerade kvarteren utgör takytans storlek en begränsande faktor. Solenergin från solfångarna kan enbart utnyttjas för varmvattenberedning. I det fjärde kvarteret är byggnadernas tak plant. Detta skapar goda förutsättningar för en stor solfångaryta och följaktligen har alla tre typfallen av solenergianläggningar studerats.

I de fall där solenergin enbart används för varmvattenberedning ger solfångarna ett bidrag av cirka 30 % av detta värmebehov. Där solenergin även kan nyttjas för att täcka en del av byggnadens uppvärmningsbehov uppgår täckningsgraden till 70 % av varmvattenbehovet och 2 % av uppvärmningsbehovet.

Genom en maximal utökning av solfångarytorna utan hänsyn till dagens ekonomiska förutsättningar skulle mellan 40 och 50 % av varmvattenbehovet kunna sparas in vid de undersökta byggnaderna och en värmepump skulle öka dessa värden ytterligare.

Besparingskostnaden för varmvattenuppvärmningen via solfångare varierar mellan 620 och 760 kr/MWh utan värmepump och mellan 490 och 700 kr/MWh med värmepump. För samtliga projekt är kostnaden lägre med värmepump än utan. De lägre värdena gäller för den sydligaste orienteringen.

För det objekt där tillgängliga ytor för solfångarplacering var så pass stora att också värmesystemet kan integreras i solenergiförsörjningen är besparingskostnaden för såväl varmvatten och värme 580 kr/MWh jämfört med 490 kr/MWh för enbart varmvattenförsörjning med värmepump och 630 kr/MWh för varmvattenförsörjning utan värmepump.

Innan besparingsåtgärder av denna typ vidtas är det viktigt att undersöka försörjningssituationen för det aktuella objektet och av tillgängligheten av andra lågvärdiga energikällor (till exempel spillvärme). Två av de fyra studerade objekten är inkopplade på fjärrvärmenätet som försörjs med energi från mottryckskraftverk och inom en snar framtid med spillvärme från ett större raffinaderi. Energi finns sålunda tillgänglig med hög varaktighet, vilket innebär att en energibesparing medelst solfångare i dessa två fallen är verkningslös från oljebesparingsynpunkt.

De två återstående objekten har emellertid en egen oljeeldad pannanläggning, vilket innebär att energibesparing med solfångare är positivt ur ren sparsynpunkt.

Arbetet föreslås följt av en generell beräkning av hur stora specifika energimängder som kan samlas in med parametrarna, verkningsgrad hos solfångare, ackumuleringsmöjlighet samt temperaturnivå. Parametrarna väljs så att framtida utveckling vad avser system och komponenter ryms inom beräkningen. Med utgångspunkt från detta skulle man för ett konkret objekt relativt enkelt kunna bedöma möjlig energibesparing med hänsyn till den aktuella tekniska ståndpunkten. Vidare skulle man relativt enkelt kunna bedöma de ekonomiska konsekvenserna med utgångspunkt från gällande energiprognoser och komponentkostnader.

2 INLEDNING

Solfångare (solenergiupptagare) används för uppvärmning av tappvarmvatten och/eller värmevatten. Avsikten med en sådan installation är att minska behovet av köpt energi. När det gäller den enskilda fastigheten utgör givetvis varje kWh insamlad energi en besparing. Sett i ett större sammanhang är målet att minska Sveriges oljeberoende. Besparingseffekten är emellertid beroende av vilken energiförsörjningsform den aktuella fastigheten har. Om exempelvis värmeförsörjningen tillgodoses genom nyttiggörande av spillvärme eller fjärrvärme från kraftvärmeverk kan spareffekten genom solvärme bli betydelselös.

Föreliggande projekt, som utförts i nära anslutning till arbetet med energisparplan för befintlig bebyggelse i Göteborg (BfR-projekt 781315-6), avser att belysa vilka möjligheter som finns att med känd teknik utnyttja solvärme i befintlig bebyggelse. Härvid har installationstekniska alternativ studerats ur byggnadsteknisk och arkitektonisk synpunkt och överslagsmässiga beräkningar gjorts av de mängder energi som kan sparas. För att få konkreta objekt som underlag har fyra kvarter i stadsdelen Lunden i Göteborg valts ut och tillämpat de studerade lösningarna på dessa.

Vid val av systemlösningar har man i stort sett endast studerat solfångare placerade på byggnadskroppen. Denna begränsning har gjorts bland annat på grund av att lösningar med placering av solfångare utanför byggnaden påverkas av tekniska och juridiska faktorer som svårigen kan behandlas generellt och därför ej bedömts meningsfulla. Som exempel på sådana ej behandlade lösningar kan nämnas separata solcentraler, markplacerade solfångare och ytjordvärme.

Generellt då det gäller uppsamling och lagring av solenergi kan man förvänta sig att ett flertal nya metoder kommer att utvecklas. Till exempel bör solfångare med förbättrade värmeinsamlingssegenskaper komma fram liksom också solfångare i ett sådant utförande att de ersätter konventionell taktäckning. I föreliggande utredning har endast idag tillgängliga komponenter och system kunnat behandlas.

De byggnads- och installationstekniska åtgärder som behöver genomföras då solfångare, rörledningar, värmepumpar och ackumulatörer skall installeras är enligt 54 § BS byggnadslovspliktiga.

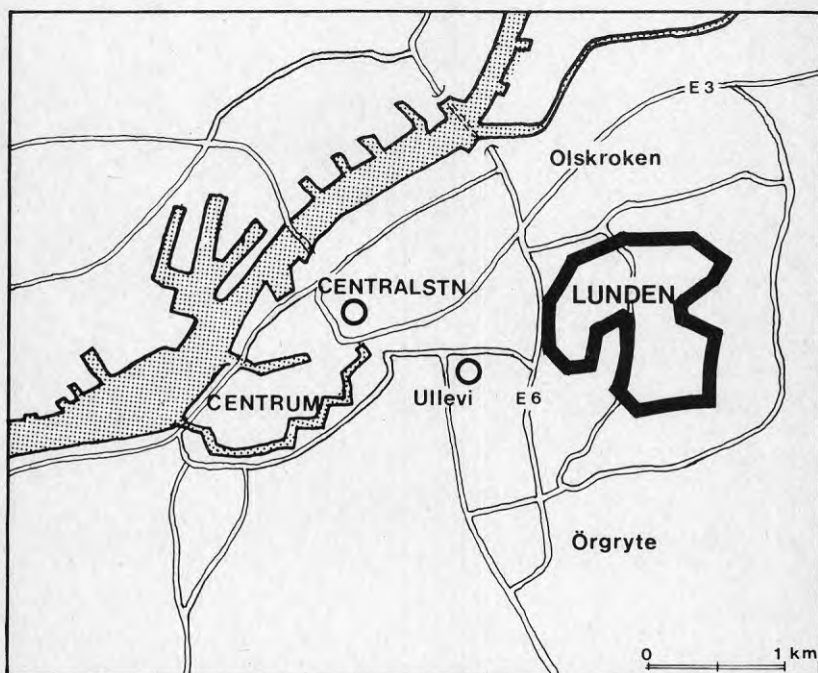


3 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1 Beskrivning av utvalda hus

Bebyggelsen i fyra olika kvarter har studerats, varav två med och två utan fjärrvärme. Två av kvarteren är uppförda på 1940-talet och två på 1960-talet.

Samtliga kvarter ligger inom stadsdelen Lunden i Göteborg. Begränsningen till denna stadsdel har gjorts för att detta projekt skall kunna samordnas med BFR-projektet "Energisparplan för befintlig bebyggelse i Göteborg" (781315-6), som i sin första etapp använt just Lunden som provstadsdel.



Samordningen har framför allt bestått i att resultat från aktiviteter som datainsamling och till viss del även besiktning har kunnat dubbelutnyttjas.

3.2 Byggnadstekniska data

Ritningsunderlag för de olika kvarteren har erhållits av Byggnadsnämnden i Göteborg. Uppgifter om el- och fjärrvärmeförbrukning har erhållits av Energiverken. För de fastigheter som har en egen pannanläggning har uppgifter erhållits av

respektive fastighetsförvaltare.

Byggnaderna i aktuella kvarter har besiktigats med avseende på byggnadsmaterial, ventilations- och värmesystem.

3.2.1 Kv Solvöгат - 40-talshus med fjärrvärme

Fastighetsbeteckning: 11 kv Solvöгат nr 1, 2, 3 och 4

Funktion: Bostäder, 120 lägenheter

Total uppvärmd yta: 5 077 m²

Energiförbrukning 1 160 MWh/år (0,23 MWh/m², år)
(= köpt energi):

Byggnadsår: 1938 - 41



Kvarteret består av fyra stycken sammanbyggda sk landshövdingehus. Husen har tre våningsplan med bostäder samt vind och källare.

Källare och nedre våningsplanet har väggar av murad gasbetong med puts utvändigt. De övre våningarnas väggar utgörs av plankvägg med utvändigt locklistpanel. Samtliga bjälklag samt takstolar är av trä. Taket har en lutning av cirka 32° och är belagt med taktegel.

Ventilationen sker med självdregssystem.

Vinden och källaren används som lägenhetsförråd.

Lägenhetsfördelningen är 84 st 1 r o k, 33 st 2 r o k samt 3 st 3 r o k.

3.2.2 Kv Fingerborg/Saxen - 40-talshus med oljeeldning

Fastighetsbeteckning:	50 kv Fingerborg nr 1 och 51 kv Saxen nr 1 och 4
Funktion:	Bostäder, 96 lägenheter
Total uppvärmd yta:	5 054 m ²
Energiförbrukning (= köpt energi)	1 290 MWh/år (0,26 MWh/m ² , år)
Byggnadsår:	1943



Den utvalda bebyggelsegruppen består av tre stycken friliggande hus av samma typ. Varje hus har fyra våningsplan med bostäder samt vind och källare.

Källarvägg, -golv och -bjälklag är gjutna i betong och ytterväggen i bostadsplanen består av 1 1/2-stens tegel som är putsat utvändigt. Takbjälklaget är gjutet i betong med isolering av gasbetong. Takstolarna är av trä och har en lutning på cirka 26°. Tegeltak.

Ventilationen sker med självdragssystem.

Lägenhetsförråden är huvudsakligen förlagda till vinden. Källaren innehåller förutom förråd även skyddsrum, pannrum och andra tekniska utrymmen. Panncentralen försörjer endast dessa tre hus med värme och tappvarmvatten.

Lägenhetsfördelningen är 24 st 1 r o k, 64 st 2 r o k samt 8 st 3 r o k.

3.2.3 Kv Inslaget - 60-talshus med fjärrvärme

Fastighetsbeteckning: 17 kv Inslaget nr 19

Funktion: Bostäder - 59 lägenheter, kontor, fritidslokaler, butiker samt P-däck

Total uppvärmd yta: 6 458 m² (varav 1 036 m² lokalyta)

Energiförbrukning
(= köpt energi): 1 490 MWh/år (0,24 MWh/m², år)

Byggnadsår: 1968



Den valda fastigheten är sammanbyggd med angränsande bebyggelse i samma kvarter. Antalet våningsplan ovan mark varierar mellan tre och fem. Dessutom finns det en till två källarvåningar. Hela gården är underbyggd med P-däck.

Ytterväggarna är klädda med 1/2-stens fasadtegel samt isolerade med 5 cm mineralull och 10 cm lättbetongplank. Bjälklagen är av betong. Vindsbjälklaget har en ingjuten, 5 cm tjock, träullsplatta.

Takstolarna är av trä med en lutning på cirka 30°. Tegeltak.

Ventilationen utförs med ett balanserat från- och tilluftssystem.

Vindsvåningen används som lägenhetsförråd och som fläktrum. I källaren finns P-däck, lokaler, vissa förråd samt även fläktrum.

Lägenhetsfördelningen är 7 st 2 r o k, 11 st 3 r o k, 36 st 4 r o k samt 5 st 5 r o k.

3.2.4 Kv Blekeriet - 60-talshus med oljeeldning

Fastighetsbeteckning:	61 kv Blekeriet nr 4
Funktion:	Bostäder, studentlägenheter, kontor, kyrka, daghem m m. 176 lägenheter
Total uppvärmd yta:	14 428 m ² (varav 810 m ² lokalyta)
Energiförbrukning (= köpt energi):	3 340 MWh/år (0,23 MWh/m ² , år)
Byggnadsår:	1962



Den utvalda bebyggelsegruppen består av tre stycken friliggande hus. Husen som ligger i starkt kuperad terräng har mellan 3 och 8 våningar.

Bärande väggar, bjälklag samt gavelfasader är uppförda i betong. Ytterväggar (förutom gavlar) utgörs av en skalmur i tegel med 6 cm mineralull.

Takstolarna är av typ träfackverk med en lutning på cirka 30°. Taket har plåttäckning.

Ventilationen sker med frånluftssystem i bostadslägenheterna och med ett balanserat från- och tilluftssystem för övriga lokaler.

Vindsvåning saknas. Källaren (av souterraintyp) används för lägenhetsförråd, skyddsrum, fläktrum m m.

Panncentralen är friliggande och försörjer även intilliggande äldre bebyggelse (totalt cirka 40 000 m²).

Lägenhetsfördelningen är 42 st 1 r o k (studentlägenheter), 4 st 2 r o k, 53 st 3 r o k, 66 st 4 r o k samt 11 st 5 r o k.

3.3 Energiförbrukning - Fördelning i tiden samt på behovs- områden och energislag

Uppvärmning av byggnaderna och varmvattenberedning skapar ett energibehov som i de här studerade objekten tillgodoses antingen genom fjärrvärme från Energiverken eller genom en egen oljeeldad pannanläggning.

Elenergien brukas för belysningsändamål, hushållsmaskiner och av ventilationsaggregat där sådana förekommer. Två kvarter har egna pannanläggningar, vilka dessutom förbrukar el till brännare, rökgasfläktar och dylikt.

Energimängden som skall täcka transmissions- och ventilationsförlusterna samt varmvattenbehovet tillgodoses genom "köpt" och "gratis" energi. Köpt energi avser fjärrvärme eller värmeenergi från egen pannanläggning och även den del av elenergien som omvandlas till värme. Gratisenergin utgörs av personvärme och solinläckning genom fönster, vilka beräkningsmässigt antas ge ett positivt bidrag till byggnaden under oktober till april samt halva maj och september månad.

Någon separat energimätning för varmvattenberedningen finns ej i något av de studerade objekten. En matematisk modell för energibehovet för varmvattenberedning har hämtats från Göteborgs Energisparplan och korrigerats för variationer under året med hjälp av erfarenheter från Byggeforskningsrapport R86:1977. Detta har resulterat i att energibehovet för varmvattenberedning under ett år antagits till 2 700 kWh/lägenhet med ett påslag av 300 kWh för varje extra rum utöver 1 rum och kök.

Diagram som åskådliggör energibalansen för respektive kvarter och energiförbrukningens årstidsberoende framgår av diagram 1 och 2 i bilagan.

3.4 Beräkningsmodeller för solenergi

Beräkningarna för insamlad solenergi via solfångare har utförts med hjälp av två olika beräkningsmodeller.

Den ena metoden redovisas i arbetsrapporten "Solvärmesystem för husuppvärmning i Skandinavien", upprättad av Valdis Girdo, Kungliga Tekniska Högskolan. Där uppdelas arbetsgången i mindre delberäkningar, typ subrutiner, vilka avser helklart, halvklart och mulet väder. Dessa består i sin tur av två beräkningsfall, en för direkt och en för diffus solstrålning.

Den andra metoden är benämnd F-chart och är utvecklad av Beckman, Klein och Duffie, University of Wisconsin, U.S.A.

Beräkningsresultaten från de båda metoderna avviker från varandra. Med hjälp av erfarenheter från tidigare utredningsarbete anses medelvärden av de båda resultaten motsvara ett trovärdigt värde, vilket används i det fortsatta beräkningsarbetet.

3.5 Ekonomiska förutsättningar

Den ekonomiska kalkylmetod som erfordras för att bedöma solvärmeanläggningarnas lönsamhet har valts i samråd med professor Enno Abel, Chalmers Tekniska Högskola.

Modellen är hämtad från Bostadsdepartementets regeringsproposition 1977/78:76 och anger en besparingskostnad (kr/MWh) som kan ställas i relation till det rådande energipriset. En hög besparingskostnad betyder därvid att den tänkta investeringen ej är ekonomiskt fördelaktig. Ju lägre besparingskostnad man får desto mer insparad energi får man för varje investerad krona. Följande formel gäller:

$$\text{Besparingskostnad} = \frac{\text{investering} + p_1 \times \text{årlig kostnad}}{p_2 \times \text{årlig energibesparing}}$$

$$\text{där } p_1 = \frac{1 - \frac{1}{1+r}^n}{\frac{r}{1+r}} \quad \text{och } p_2 = \frac{1 - \frac{1+q}{1+r}^n}{\frac{r-q}{1+r}}$$

r står för kalkylränta och q för energiprisets årliga ökning räknat i fast penningvärde. n är avskrivningstiden. Kalkylräntan har antagits till 10 % och energiprisets verkliga kostnadsökning till 2 %.

Kostnadsbedömningarna har gjorts i nuvarande kostnadsnivå. Besparingskostnaden skall därmed ställas i relation till dagens energipris som beroende på energislag grovt kan sägas ligga mellan 100 och 200 kronor per MWh tillgodogjord energimängd (januari 1980). Det bör emellertid observeras att den antagna energiprisökningen givetvis är mycket osäker och att ett annat antagande kan ge upphov till andra bedömningsresultat.

4 VÄRMEFÖRSÖRJNING

4.1 Allmänt - Studerade alternativ

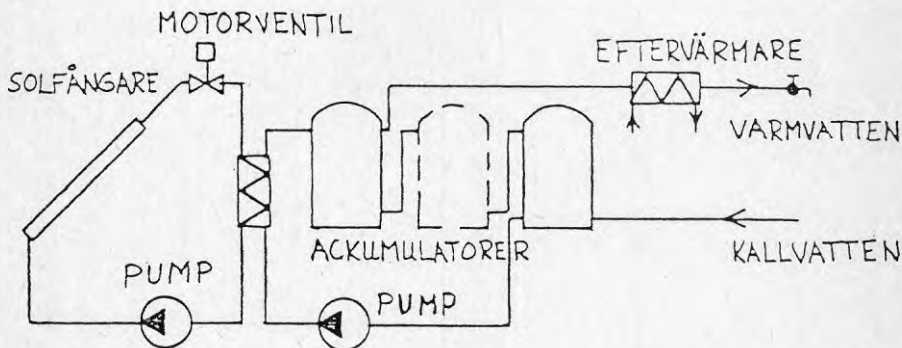
4.1.1 Ändring av fönsterytor

Det passiva tillvaratagandet av solenergi består av solinläckningen genom fönster under uppvärmningssäsongen. Den uppgår i genomsnitt till 9 % av totala energiförbrukningen i de här studerade objekten och är därmed en icke försumbar del i byggnadens energibalans.

En ökning av fönsterytan mot söder och en reducering mot norr skulle innebära att den passiva solinstrålningen ökar mot söder och minskar mot norr. Vidare ökar transmissionsförlusterna mot söder men minskar mot norr. Solinstrålningen genom ett norrorienterat fönster är emellertid mycket liten jämfört med den del som instrålar genom ett söderfönster under uppvärmningssäsongen, vilket innebär att energiförlusterna totalt sett reduceras.

4.1.2 Solfångare för varmvattenberedning utan värmepump

Anläggningens schematiska utformning framgår av nedanstående figur.



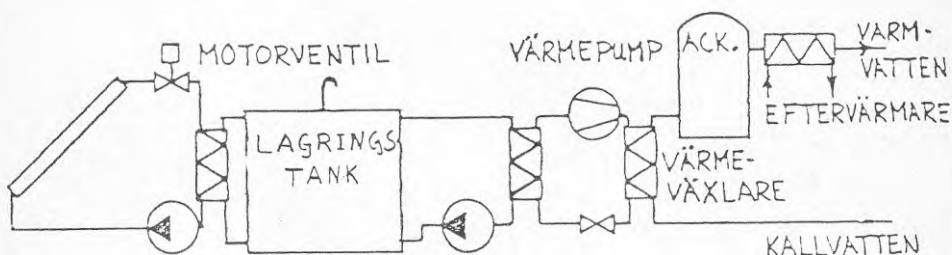
Figur: Solfångaranläggning för tappvarmvattenberedning

Solfångaranläggningen utformas som ett slutet system med glykolblandat vatten (propylenglykol) för att eliminera frysrisker vintertid och förhöja kokpunkten sommertid. Solenergin lagras i ackumulatörerna, vilka möjliggör en viss tidsförskjutning mellan laddning och uttag. Dessa måste vara "slutna" för att tåla vattentrycket. Vätskecirkulationen mellan solfångare, värmeväxlare och ackumulatörerna åstadkommes med hjälp av pumpar. När solenergi ej finns att tillgå stoppas cirkulationspumparna för laddningskretsarna. Solfångarna är plana och består av en svartmålad absorberyta av metall som är täckt med antingen två glas- eller plastrutor.

Erforderlig eftervärmning av förbrukningsvattnet sker på konventionellt sätt från värmeförsörjningsnätet via värmeväxlare.

4.1.3 Solfångare för varmvattenberedning med hjälp av värmepump

Anläggningens schematiska utformning framgår av nedanstående figur.



Figur: Solfångaranläggning med värmepump för tappvarmvattenberedning

Avvikelserna mellan denna typanläggning och den tidigare utan värmepump är följande.

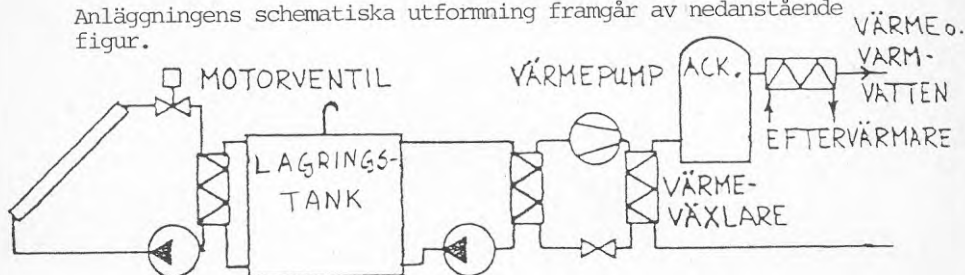
Värmepumpen antas arbeta med en kondenseringstemperatur av $+55^{\circ}\text{C}$ och värmer kallvattnet till $+50^{\circ}\text{C}$ så länge energi finns att tillgå i solvärmeackumulatorn. Med hjälp av värmepumpen får det ingående glykolvattnet till solfångarna en lägre temperatur, vilket ökar deras verkningsgrad. Vidare kan en "öppen" solvärmeackumulator utnyttjas i stället för en "sluten", varvid anläggningskostnaderna reduceras.

En varmvattenackumulator ($3 - 4 \text{ m}^3$) placeras på värmepumpens kondensersida, vilket medför att värmepumpen får en jämnare drift och att dess effektbehov minskas.

Erforderlig eftervärmning av förbrukningsvattnet sker på konventionellt sätt via värmeväxlare.

4.1.4 Solfångare med värmepump för varmvattenberedning och uppvärmning

Anläggningens schematiska utformning framgår av nedanstående figur.



Figur: Solfångaranläggning med värmepump för varmvattenberedning och uppvärmning

Anläggningens utformning liknar den i det tidigare exemplet med undantag av att den också skall leverera energi för att i viss mån tillgodose byggnadens uppvärmningsbehov.

4.2 Solfångare

4.2.1 Allmänt

I samband med studierna inom detta projekt har en solfångare av typ JOCO Solkollektor använts. Valet har gjorts därför att förhållandet mellan den effektiva och totala ytan är så högt som 0,92.

Tekniska data - Solkollektor typ 19002/3

Totalyta (1300 - 2000 mm)	2,6 m ²
Effektiv yta	2,4 m ²
Rörlängd	23,2 m
Vatteninnehåll	0,92 l/m ²
Kollektorns vikt	27,2 kg
Absorptionsgrad	94 %
Temperaturbeständighet	-40 till +200°C
Ljusgenomsläpplighet för täckplattan	89 %
Material - garantitid	5 år

I alternativ med värmepump används enkel täckplatta och annars dubbel. Skillnaden motiveras av att värmeförlusterna ändå blir små vid de låga temperaturnivåer man kan arbeta med i system med värmepump.

För varje kvarter har möjliga placeringar av solfångarna studerats. De tre principiellt olika möjligheterna är:

- . Takplacering
- . Fasadplacering
- . Markplacering

Bedömningar har först gjorts översiktligt av tillgängliga lägen. Orienteringar från rakt västlig till rakt östlig riktning har prövats.

Ovanpå vad som är tekniskt möjligt ur ren solinstrålningssynpunkt har lagrats bedömningar av vad som ur estetisk, byggnadsteknisk och juridisk synpunkt är acceptabelt.

Det bör redan inledningsvis framhållas att i de estetiska bedömningarna (i vilka berörd distriktsarkitekt på byggnadsnämnden har deltagit) betraktas husen rent principiellt och teoretiskt som exempel på viss typ av hus. De båda 40-tals kvarteren ingår nämligen i områden som av byggnadsnämnden anses ha visst kulturhistoriskt- och konstnärligt värde, och därför skall ägnas speciell hänsyn då det gäller yttre förändringar.

Möjliga placeringar av solfångarna för vart och ett av de valda kvarteren redovisas i det följande kvartersvis.

Redovisade förslag till placeringar av solfångare ansluter till de beräkningar som gjorts av lämpliga solfångarytor. Vi visar vad som är lämpligt för tappvarmvattenberedning, såväl med som utan värmepump. För kvarteret Blekeriet finns också med en redovisning av vad som krävs då även viss uppvärmning skall ske med solvärme. Det var endast vid kvarteret Blekeriet som det fanns möjlighet att placera ut så mycket solfångaryta att även uppvärmning kunde komma ifråga.

Förutom förslag på placeringar som ansluter till lämpliga solfångarytor har alternativa möjligheter också redovisats.

4.2.2 Kv Solvögat

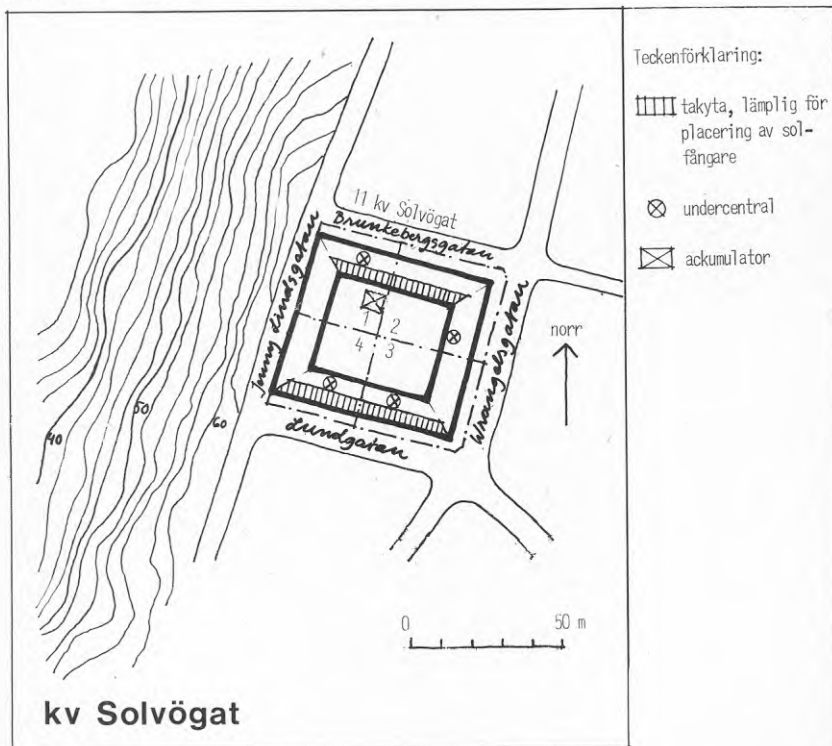
De takytor som är möjliga att använda för solfångarplacering är riktade åt SSV med en bruttoyta av 703 m² samt åt OSO med en bruttoyta på 624 m².

Taken har en lutning på cirka 32°.

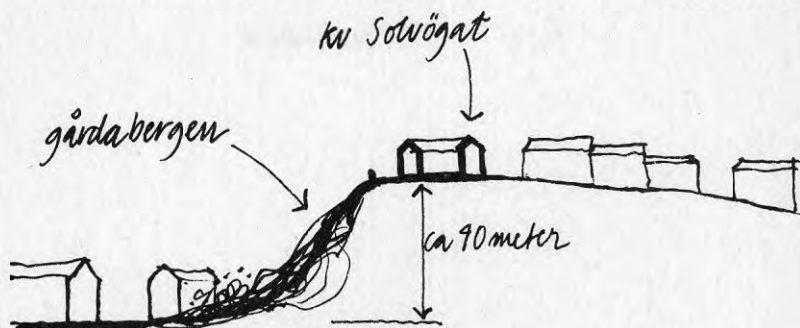
Att placera solfångare på någon av fasaderna har inte bedömts som realistiskt.

Väster om kvarteret finns en bergssluttning med lämplig lutning. Bergets orientering (VNV) är dock ej lämplig.

I figuren nedan redovisas de ytor som slutligen har valts. Solfångare som är orienterade i OSO-lig riktning har inte bedömts ge tillräckligt utbyte och har därför inte tagits med för detaljstudierna.



Kvarteret är med sitt läge på kanten av Gårdabergens västsluttning väl synligt från stora delar av Göteborg. Den västra fasaden kan därför sägas vara den mest känsliga för förändringar.

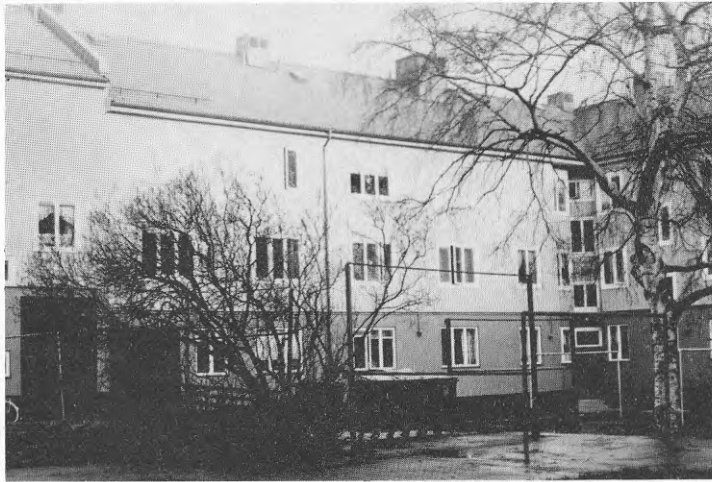


Lundgatan gör en riktningsförändring strax innan den når kvarteret Solvögat.



Det sydöstra hörnet av kvarteret exponeras därför väl då man rör sig utmed Lundgatan i nordvästlig riktning. Det är också just härifrån som man har möjlighet att utifrån se någon del av den för solfångare aktuella takytan.

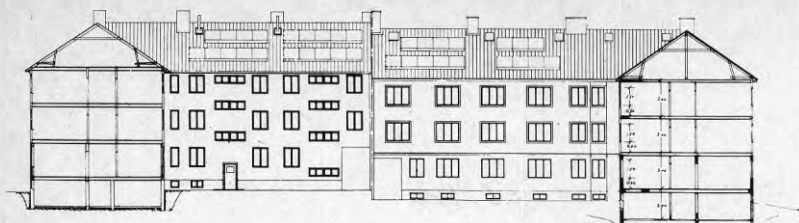
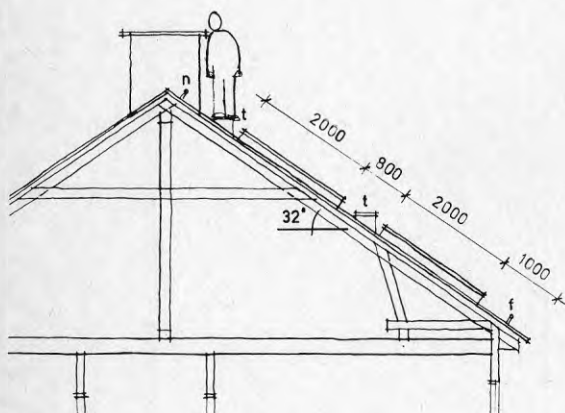
Inne på gården kan man se takytorna, då man befinner sig nära motstående fasad.



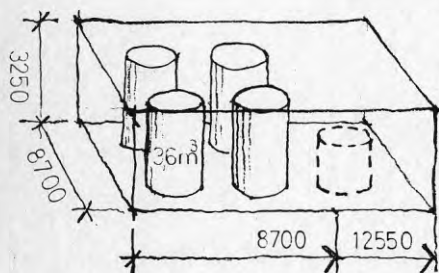
Av redovisningen på sidan 25 framgår hur vi föreslår att solkollektorerna anbringas. Indelningen i grupper ges av krav på åtkomlighet för service och underhåll.

Gruppindelningen måste ibland brytas på grund av befintliga takfönster, ventilationshuvar eller skorstenar.

Akkumulatorbyggnaden placeras på gården. Den kan med fördel kombineras med någon annan användning, till exempel nytt cykelförråd.



fasad mot söder
hus 1 och 2fasad mot söder
hus 4 och 3

sektion



ackumulator

Teckenförklaring:

- f fotstöd
 n nockräcke, kombineras med takbrygga
 t takbrygga
 solfångare för tappvarmvattenberedning då värmepump användes
 tillkommande solfångare då värmepump ej användes

Total solfångaryta:

Behovet är 210 m² med värmepump
 - tillgodoses på hus 1, 2, 3 och 4

Behovet är 230 m² utan värmepump
 - tillgodoses på hus 1, 2, 3 och 4

Akkumulatorvolym:

Behovet är 14 m³ med värmepump

Behovet är 16 m³ utan värmepump

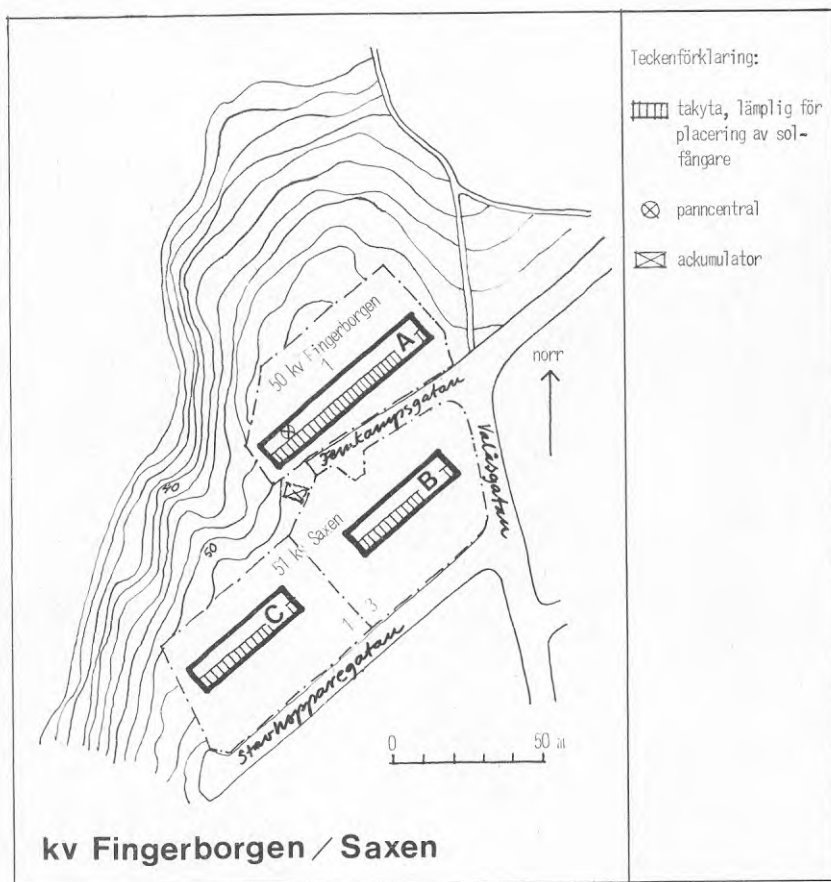
kv Solvögat

4.2.3 Kv Fingerborgen/Saxen

De för placering av solfångare användbara takytorna är orienterade åt SO och har en total bruttoyta på 965 m² för samtliga hus. Taken har en lutning på cirka 26°.

Solfångarplaceringar på fasaden har studerats framför allt i anslutning till trapphus och entré samt ovanför balkongerna.

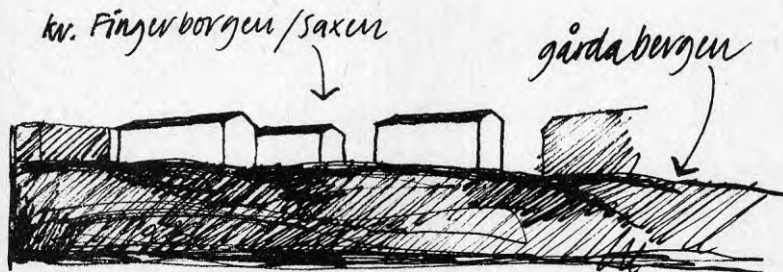
I bergsslutningen väster om husen finns ett område som är möjligt att använda för solfångarplacering. Området vänder sig åt VSV med en medellutning på 45° och en bruttoyta på cirka 250 m².



Detaljstudierna har endast utförts med takplacerade solfångare. De fasadplacerade solfångarna ger ett dåligt utbyte jämfört med de takplacerade och kräver dessutom mycket dyrbara fastsättningsanordningar.

De markplacerade solfångarna medför problem då det gäller att skydda dem från förstörelse. Tillgängliga ytor ligger dessutom utanför tomtmark, vilken kan innebära juridiska problem.

De tre husen ligger i ett från väster mycket exponerat läge.



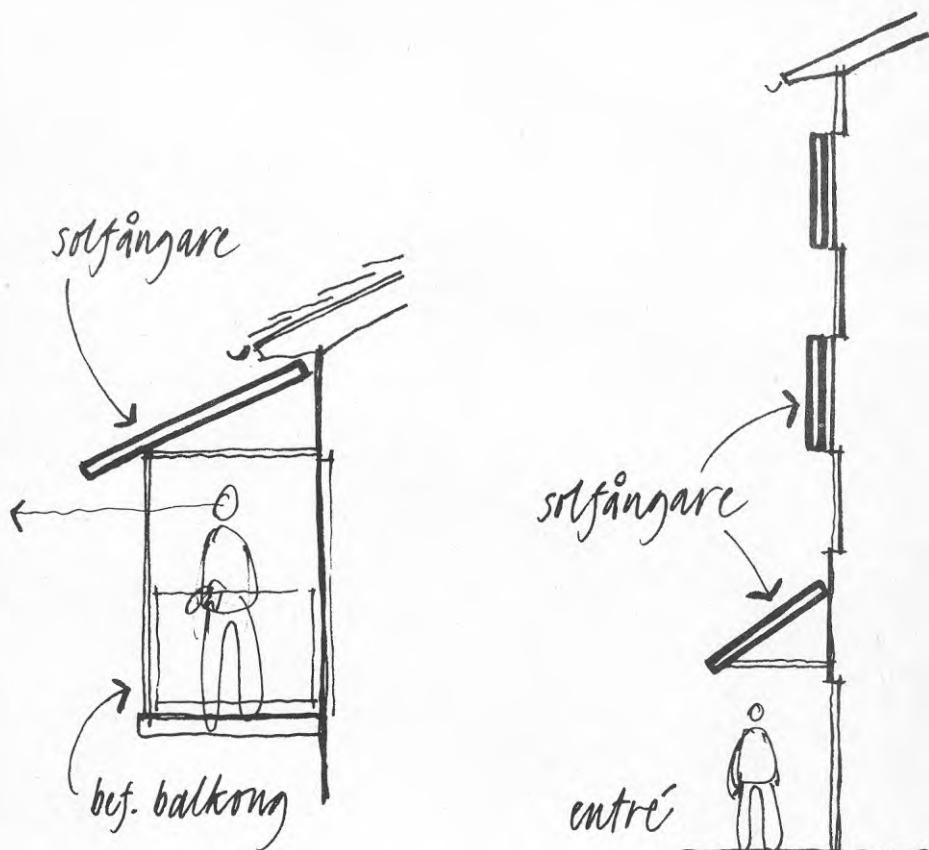
Det är gavlarna mot sydväst och fasaderna mot nordväst som därför kan anses vara speciellt känsliga för förändringar. Eftersom det framförallt är ytorna mot sydost som är aktuella för solfångarplaceringar uppstår ingen större konflikt.

De takytor som föreslås användas kan endast i begränsad utsträckning ses då man närmar sig husen på Valåsgatan söderifrån.

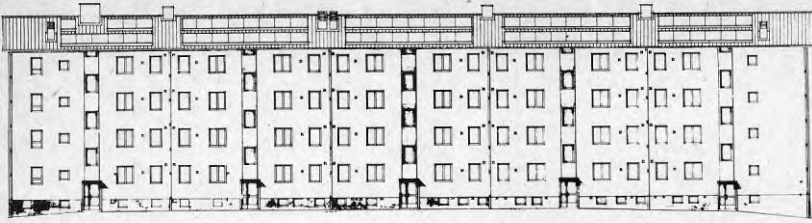


Närmar man sig husen ytterligare kan man inte längre se taken, eftersom taklisten kommer att utgöra en begränsning. Från de högst upp belägna lägenheterna kan man emellertid se taket på intilliggande hus.

Förslaget till hur solfångarna skall placeras redovisas på sidan 29. För uppvärmning av tappvarmvatten med kombinationen solfångare och värmepump behöver således endast takytan på ett av husen (hus A) tas i anspråk. I det fall man inte utnyttjar värmepump måste taket på ytterligare ett hus användas för solfångarplaceringar.



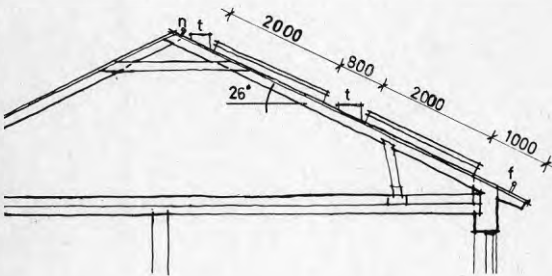
I ovanstående skisser redovisas några placeringmöjligheter som ur gestaltningssynpunkt är fullt tänkbara men som av framförallt ekonomiska skäl inte har valts att ingå i slutredovisningen.



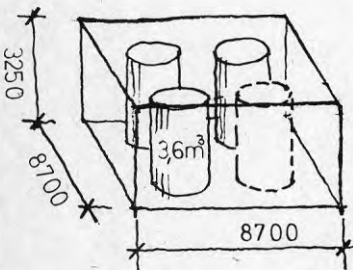
fasad mot sydost, hus A



fasad mot sydost, hus B





sektion



ackumulator

Teckenförklaring:

- f fotstöd
 n nockräcke, kombineras med takbrygga
 t takbrygga
 solfångare för tappvarmvattenberedning då värmepump användes
 tillkommande solfångare då värmepump ej användes

Total solfångaryta:

Behovet är 185 m² med värmepump
 - 182 m² tillgodoses på hus A

Behovet är 205 m² utan värmepump
 - ca 160 m² tillgodoses på hus A
 och resterande yta på hus B

Akkumulatorvolym:

Behovet är 11 m³ med värmepump

Behovet är 13 m³ utan värmepump

kv Fingerborgen/Saxen

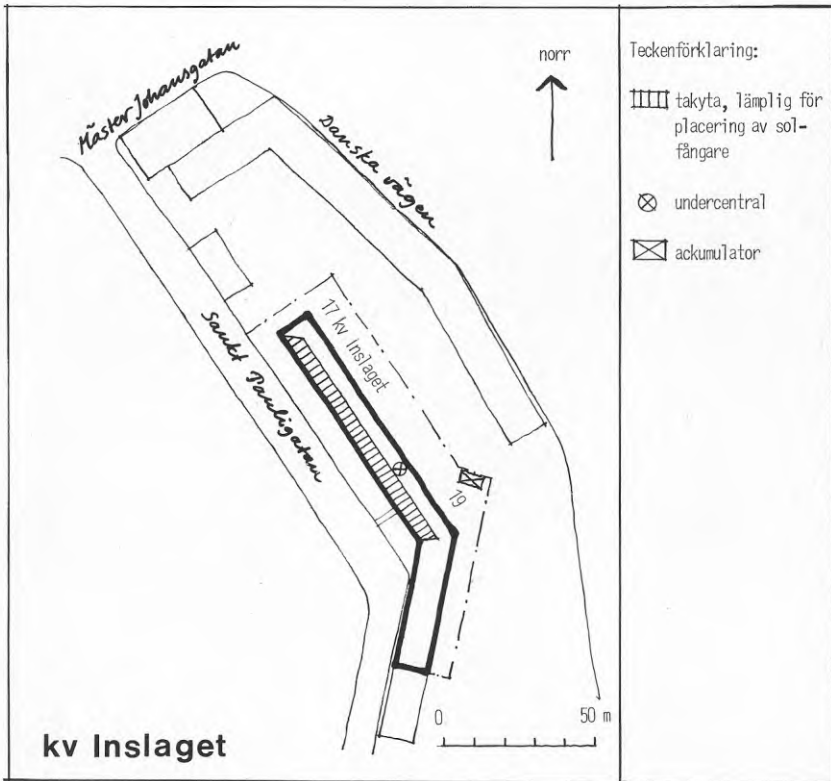
4.2.4 Kv Inslaget

De för placering av solfångare användbara takytorna har en bruttoyta på 561 m² mot SV och 283 m² mot OSO.

Markplacering av solfångare är omöjligt här eftersom lämpligt utrymme saknas.

Solfångarplaceringar på fasaden har studerats. Ur gestaltnings-synpunkt vore alternativet med att byta ut vissa befintliga fönster mot solfångare att föredraga.

För detaljstudierna har endast takytan riktad mot SV kommit att användas. Den mindre gynnsamma orienteringen OSO har således slopsats, eftersom det finns tillräckligt med takyta mot SV.



Den studerade fastigheten ligger sammanbyggd med angränsande fastigheter i söder. I norr ligger fastigheten med fri gavel och har endast en låg enplansbyggnad som närmaste granne.



Eftersom huset ur topografisk synpunkt ligger i stadsdelens lågpunkt och till stor del även är kringbyggd kan man endast se huset från nära håll.

Den för solfångare aktuella takytan utgör dock den mest exponerade takytan, eftersom St Pauligatan gör en riktningsförändring ungefär i höjd med husets mittpunkt.



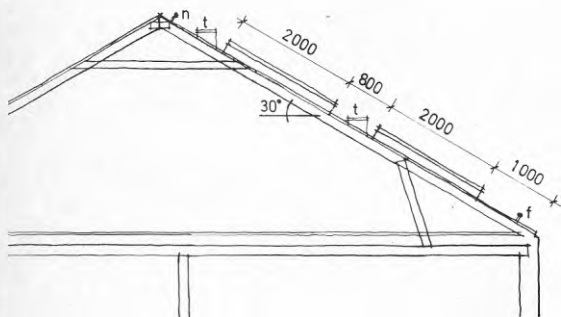
Solfångarna placeras på takytan enligt förslaget på sidan 32.

Indelningen av solfångarna har bland annat gjorts med tanke på att försöka ta upp temat i fasadernas rytmik.

Akkumulatorbyggnaden placeras förslagsvis på gården, som på så vis kan få ett positivt tillskott. Man kan alternativt bygga in ackumulatorerna i P-däcket, eftersom möjligheten att ta in större färdigtillverkade tankar är goda.





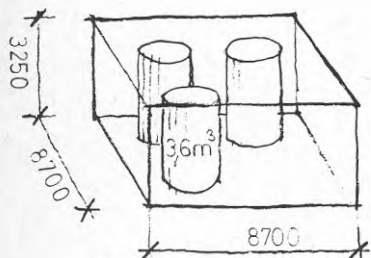
fasad mot sydväst



sektion

Teckenförklaring:

- f fotstöd
- n nockräcke, kombineras med takbrygga
- t takbrygga
-  solfångare för tappvarmvattenberedning då värmepump användes
-  tillkommande solfångare då värmepump ej användes

Total solfångaryta:Behovet är 165 m² med värmepumpBehovet är 185 m² utan värmepump

ackumulator

Akkumulatorvolym:Behovet är 10 m³ med värmepumpBehovet är 11 m³ utan värmepump**kv Inslaget**

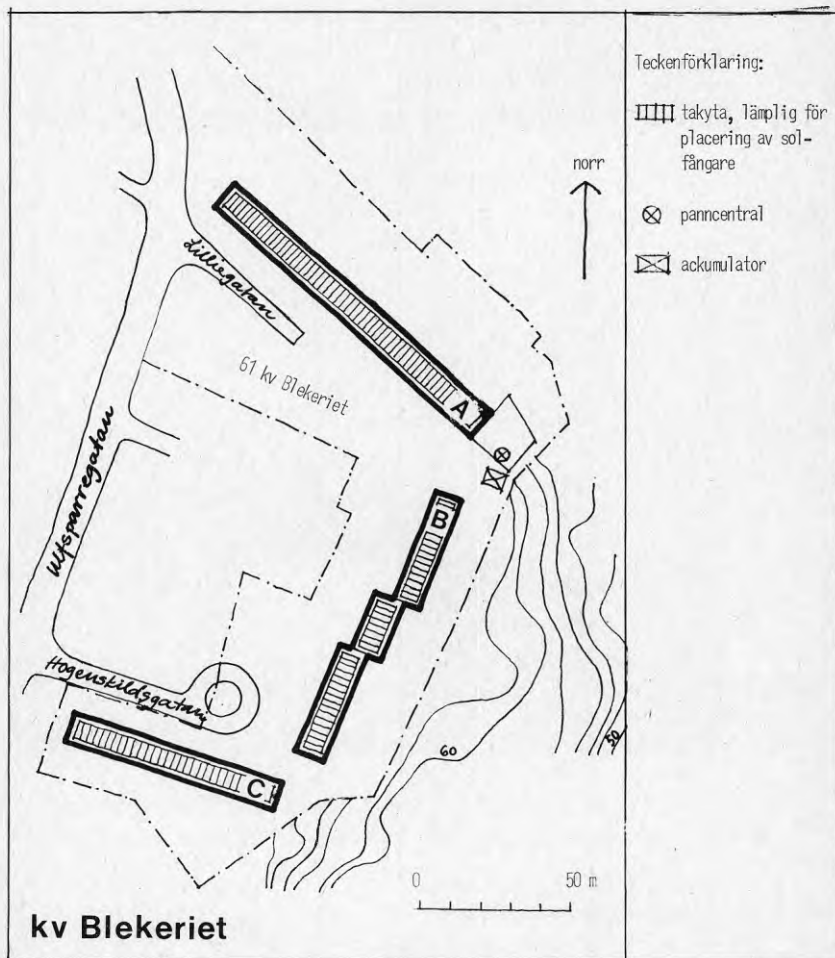
4.2.5 Kv Blekeriet

Taken har en lutning på endast 3°, d v s de är i princip plana. Detta erbjuder rent teoretiskt total frihet till orientering av solfångarna. Bruttoytan är cirka 2 950 m².

Två lägen för markplacerade solfångare har studerats i sluttningen öster om bebyggelsen. Totalt finns en bruttoyta på cirka 800 m² med en marklutning på mellan 15° och 20°.

På grund av problem då det gäller att skydda kollektorerna mot skadegörelse samt även på grund av juridiska problem (= fastighetsbildningsproblem) har markplaceringen ej blivit föremål för ytterligare studier.

Fasadplacering av solfångare har framför allt studerats i samband med gavlarna. Dessa består av fönsterlösa fasadelement av betong. De mest lämpligt orienterade gavlarna är riktade mot SSV och har en sammanlagd bruttoyta på cirka 200 m².



Eftersom bebyggelsen ligger på kanten av en bergssluttning är den väl synlig på långt håll, framförallt från nordost.

Husets tvära avslutning och dess platta tak ger i kombination med dess längd en siluett som är främmande i den omgivande miljön (marken och bebyggelsen). Att med hjälp av solfångare få en rytmisk uppdelning av längden och en mera " varierad" siluett kan upplevas positivt.



I "närskalan" d v s inifrån gården ser man inte takytorna. Synvinkeln bryts vid taklisten.



På sidan 36 redovisas det förslag till solfångarplaceringar som ur ekonomisk synpunkt kan betraktas som mest realistiskt.

Solfångarna är hela tiden placerade i en vinkel av 20° mot horisontalplanet och organiserade gruppvis. Solfångargrupperna ordnas antingen parallellt med eller vinkelrätt mot husets längdriktning.

På sidan 37 redovisas ett alternativ där man bygger upp ett helt nytt sadeltak. Genom att på detta sätt komplettera husen får man en takutformning som anknyter till den äldre intilliggande bebyggelsen.

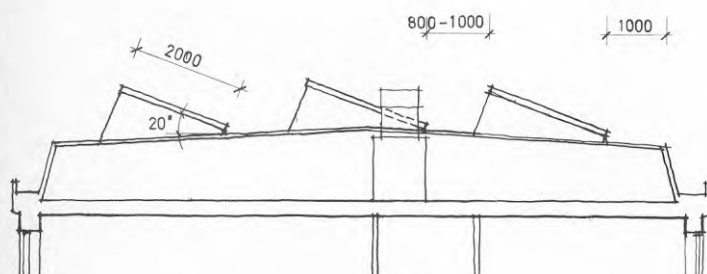
På sidan 38 finns ett antal olika alternativ redovisade.

Den önskvärda solfångarytan kan naturligtvis uppnås genom ett antal olika kombinationer. För att få fram den maximala solfångarytan bör följande kombination väljas:

Hus A	3 rader	561.6 m ²
Hus B	Enkelrader på tvären	252.2 m ²
Hus C	3 rader	332.8 m ²
Gavel på hus B		124.8 m ²
<hr/>		
Total yta		1 372.4 m ²





fasad mot sydväst, hus A



sektion, hus A och C

Teckenförklaring:

- f fotstöd
- n nockräcke, kombineras med takbrygga
- t takbrygga
-  solfångare för tappvarmvattenberedning då värmepump användes
-  tillkommande solfångare då värmepump ej användes

Total solfångaryta:

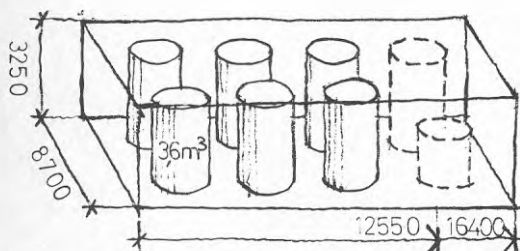
Behovet är 375 m² med värmepump
- tillgodoses genom två rader
med solfångare på hus A

Behovet är 415 m² utan värmepump
- tillgodoses genom tillskott
från del av tredje rad på hus A

Akkumulatorvolym:

Cirka 22 m³ med värmepump

27 m³ utan värmepump

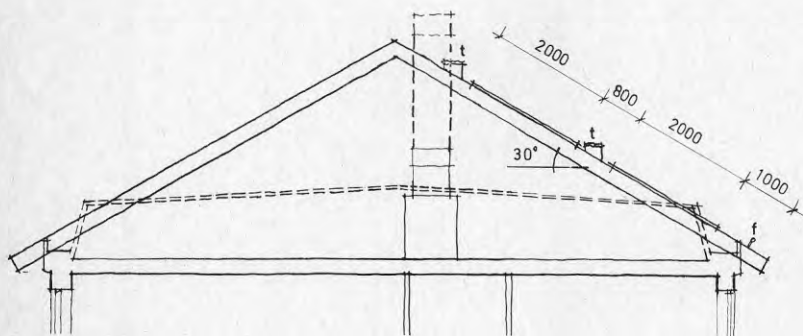


akkumulator

kv Blekeriet · förslag



fasad mot sydväst, hus A

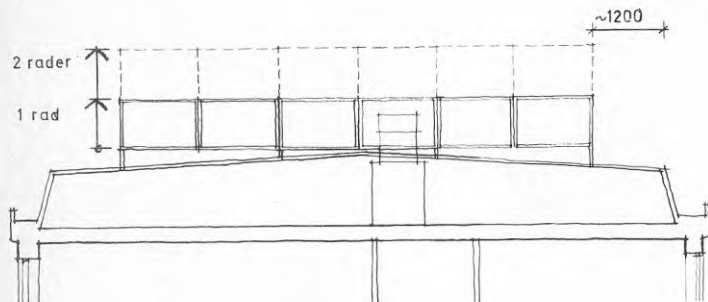


sektion

Total solfångaryta:Behovet är 375 m² med värmepumpBehovet är 415 m² utan värmepump- hus A tillgodoser max 312 m²- hus C tillgodoser max $\frac{187 \text{ m}^2}{499 \text{ m}^2}$ **kv Blekeriet · alt valmat tak**



fasad mot öster, hus B

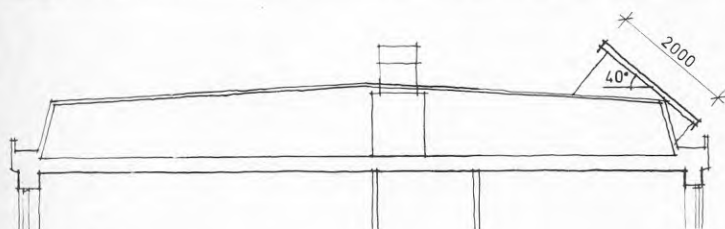


sektion, hus B

Solfångarens vinkel mot
horizontalplanet är 30°

Total solfångaryta på
hus B:

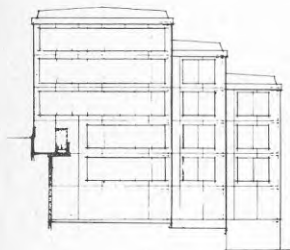
- 1 rad ger 93,6 m²
- 2 rader ger 187,2 m²



sektion, hus A alt. C

Total solfångaryta,
då endast en längs-
gående skärm nyttjas:

- hus A ger 215,8 m²
- hus C ger 143,0 m²
- 358,8 m²



fasad mot söder, hus B

Total solfångaryta, på husgavel:

- hus B ger 124,8 m².
- Endast hus B kan komma i fråga.

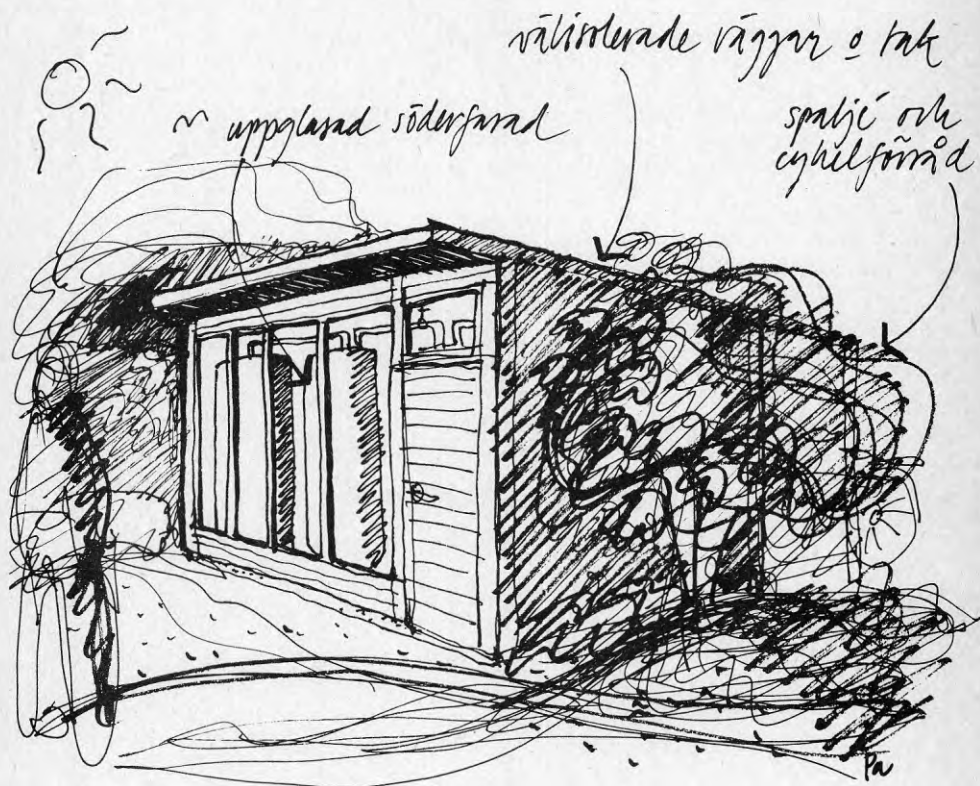
kv Blekeriet · övriga alternativ

4.3 Ackumulatörer

Akkumulatören för respektive anläggning är avsedd för dygnsackumulering. Dess totala kapacitet motsvarar den energi som solfångarna maximalt kan leverera sommartid under ett dygn. Enligt F-charts förutsättningar erfordras en volym av ungefär 75 l/m^2 solfångaryta.

I samtliga studerade objekt avviker solfångarnas orientering mer eller mindre från söder. Den reduktion av verkningsgraden som detta medför har beaktats vid ackumulatordimensioneringen.

I tabell under 4.6 framgår anläggningarnas storlek vad avser solfångaryta, ackumuleringsvolym, värmepumpeffekt etc. Ur dessa data framgår att ackumulatorvolymen är relativt stor, 10 - 20 m³ per kvarter, vilket i de flesta fall omöjliggör en placering inne i byggnaden. Vindsplaceringar har uteslutits med tanke på bjälklagsbelastningen. Källarplacering är möjlig i vissa fall, men problemen är stora om man skall ta in färdigtillverkade behållare och tillverkning på platsen medför kraftiga kostnadsökningar. Problemet framhävs tydligare i de fall då slutna ackumulatörer krävs. Dessa är normalt prefabricerade och en eventuell tänkt placering inomhus hindras av dörröppningars bredd och tillgängliga transportgångar etc.



Figur: Ackumulatorbyggnaden kan utformas så att den fungerar som passiv solfångare

Problemet kan lösas genom att ackumulatorerna placeras utanför respektive fastighet och byggs in i ett särskilt förråd som även kan nyttjas för annat ändamål. Denna lösning avser slutna ackumulatorer. De öppna ackumulatorerna kan gjutas direkt på platsen, isoleras och förses med lämplig fasadbeklädnad.

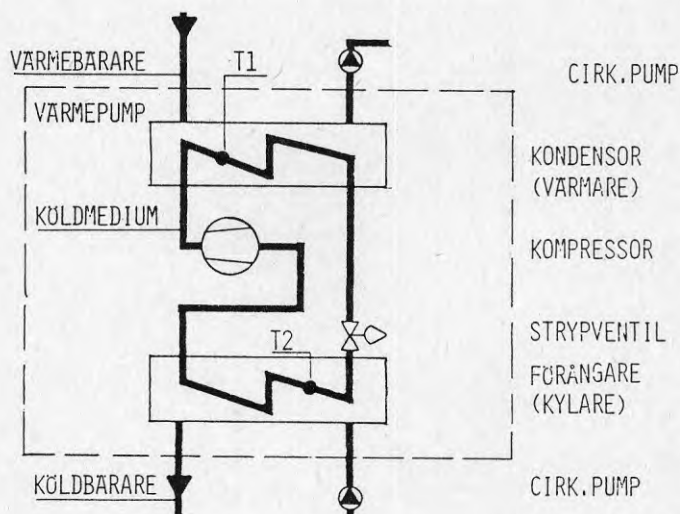
Under 4.2 framgår förslag till utformning för de undersökta objekten.

Försök pågår för närvarande vid Tekniska Högskolan i Stockholm med energilagring i saltlösning. Systemet fungerar förenklat på så sätt att energin i det varma vattnet (60 - 70°C) från solfångarna lagras genom att det torkar en saltlösning. Energi konsumeras sedan genom att vattenånga tas upp av saltlagret som då avger värme. Denna lagringsform medför en reducering av ackumulatorstorleken med ungefär 10 - 15 ggr. Ackumulatorn skulle följaktligen kunna placeras inne i byggnaden varvid installationskostnaderna minskar. Projektet befinner sig för närvarande på experimentstadiet varför kostnaderna för saltlagret och den kringutrustning som erfordras ej går att uppskatta. Denna utformning av ackumulering av energi studeras sålunda ej i det fortsatta arbetet.

4.4 Värmepump

Värmepumpen är i princip detsamma som en kylmaskin, arbetande med ett förångande köldmedium. Sådana maskiner har således varit i användning under lång tid. Skillnaden mellan värmepump- och kylmaskin är att kylmaskinen används för att kyla ett objekt och att överföra värmen till en annan plats där den kan mottas utan olägenhet. Värmepumpens primära uppgift är att tillföra ett objekt värme som hämtas från en annan plats. För att värmepumpen skall kunna installeras fordras en värmekälla med en lämplig temperatur. Detta krav tillgodoses i detta fall med energi från en ackumulator som har erhållit uppvärmt vatten från solfångarna.

Värmepumpen kan jämföras med en vattenpump som transporterar vatten från en lägre till en högre nivå. Energiförbrukningen för vattenpumpen blir proportionell mot skillnaderna på vattennivåerna. Värmepumpen transporterar värme med ett förångande köldmedium från en lägre till en högre temperaturnivå.



Figur: Värmepumpens principiella utformning

Värmepumpens effekt bör vara så låg som möjligt för att reducera anskaffningskostnaden samt kostnader för el, transformatorer och ställverk. Detta åstadkommes genom att effekttopparna utjämnas och reduceras med hjälp av en ackumulator på värmepumpens kondensorsida.

4.5 Rörledningar

Energitransporten mellan solfångare och ackumulator sker med hjälp av glykolblandat vatten. Erforderlig rördragning från takplan till de gårdsplacerade ackumulatorerna görs lämpligen utvändigt på fasaden varigenom håltagning m m undviks. Rören isoleras och kläs in på lämpligt sätt. Energiförlusterna blir små genom de låga temperaturnivåerna.

I vissa fall (Fingerborgen - Saxen och Blekeriet) erfordras en kulvertledning för energitransporten mellan ackumulatorerna och solfångarna.

4.6 Sammanställning av data för solenergianläggningarna

Anläggning	Solf.-yta total/ef- fektiv 1) m ²	Akkumula- tor volym m ³	VP Konden- soreffekt kW	Markkul- vert längd m
Solvögat				
WB utan VP	230/210	16	--	--
WB med VP	210/190	14	60	--
Fingerborgen och Saxen				
WB utan VP	205/190	13	--	20
WB med VP	185/170	11	50	20
Inslaget				
WB utan VP	185/170	11	--	--
WB med VP	165/150	10	40	--
Blekeriet				
WB utan VP	415/380	27	--	20
WB med VP	375/340	22	100	20
WB och värme med VP	1372/1262	80	210	140

Anm. 1) Total solfångaryta innefattar även ramverk.
Effektiv solfångaryta avser själva absorberarytan.

Den totala solfångarytan som maximalt kan installeras på tak-
ytorna har bedömts till 550 m² för Solvögat, 300 m² för Finger-
borgen och Saxen, 300 m² för Inslaget samt 1 370 m² för Bleke-
riet.

5. ENERGI BERÄKNINGAR

5.1 Ändring av fönsterytor

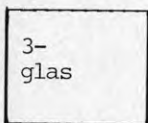
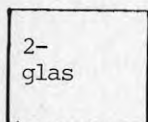
Byte av ett söderorienterat tvåglas fönster mot ett treglas medför visserligen att den passiva solinstrålningen reduceras med ungefär 10 - 15 % men samtidigt reduceras transmissionsförlusterna med ungefär 25 %, varvid en gynnsammare årlig energibalans uppnås.

Ökas fönsterandelen mot söder (treglas) ökar transmissionsförlusterna eftersom fönstrets k-värde är sämre än väggens, men samtidigt tillgodogörs solinstrålningen i det aktuella rummet. Energibalansen för året blir gynnsammare.

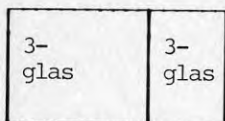
Om arean på ett norrororienterat fönster reduceras och om det nya fönstret är av treglastyp erhålls en reduktion av transmissionsförlusterna. Solinstrålningen mot ett norrororienterat fönster är mycket liten och påverkar ej åtgärden nämnvärt i negativ riktning.

En övergång från tvåglas till treglas fönster enligt nedanstående figur beräknas ge en årlig nettoenergibesparing av 50 kWh/m² befintlig fönsteryta och år. Om man utgår från en energikostnad av 150 kr/MWh, 10 %-ig kalkylränta och 2 %-ig real energiprisökning förräntar åtgärden en investering av 85 kr under en 30-årig period. Åtgärden är emellertid ej lönsam eftersom initialkostnaden för densamma ungefärligen uppgår till 1 100 kr/m².

En 50 %-ig ökning av fönsterytan (treglas) mot söder enligt nedanstående figur beräknas ge en årlig nettoenergibesparing av 50 kWh/m² väggyta och år. Om man utgår från samma ekonomiska förutsättningar som i förra exemplet förräntar åtgärden en investering av 85 kronor. Åtgärden är emellertid ej lönsam eftersom initialkostnaden för densamma ungefärligen uppgår till 2 200 kronor beräknat för kvarteret Fingerborgen/Saxen.



Besparing: 50 kWh/m² befintlig fönsteryta



Tillskott: 50 kWh/m² befintlig fönsteryta

Figur: Byte från tvåglas till treglas och 50 %-ig ökning av fönsterytan mot söder

En 50 %-ig reducering av fönsterytan mot norr enligt figur nedan beräknas ge en årlig besparing av 125 kWh/m² befintlig fönsteryta, år. Antas samma förutsättningar som i de tidigare exemplen förräntar åtgärden ett investerat kapital av 210 kronor. Eftersom initialkostnaden för åtgärden beräknat för kvarteret Fingerborgen/Saxen uppgår till storleksordningen 1 400 kronor är den dock ej ekonomiskt försvarbar.

2- glas	2- glas
------------	------------

3- glas	vägg
------------	------

Besparing: 125 kWh/m² befintlig fönsteryta, år

Figur: 50 %-ig reducering av fönsterarean mot norr

5.2 System med solfångare

Varmvattenbehovet är relativt jämnt fördelat över året (se diagram 2 i bilaga). Ett kriterium för dimensionering som används idag förutsätter att solfångarytan i princip dimensioneras så att den maximalt insamlade energin under en klar sommardag motsvarar förbrukningen. Bakgrunden till detta kriterium, som i praktiken innebär att solfångarna alltid utnyttjas maximalt, är en ekonomisk värdering baserad på dagens situation då det gäller kapital- och energikostnader. En annan prioritering med större vikt på inbesparingseffekten kan givetvis medföra andra dimensioneringskriterier. I denna studien har det förstnämnda kriteriet använts för varmvattenuppvärmningen. För det fall då även uppvärmningssystemet anslutits till solenergisystemet har solfångarytan valts så att en så stor del av uppvärmningsbehovet som möjligt tillgodoses, det vill säga tillgängliga ytor har utnyttjats.

Beräkningsresultatet baseras på att tappvarmvattnet uppvärms till +50°C. "Energisparplanen för befintlig bebyggelse i Göteborg" anger att en 19 %-ig energibesparing kan erhållas på varmvattensidan om framledningstemperaturen sänks från +55°C till +39°C.

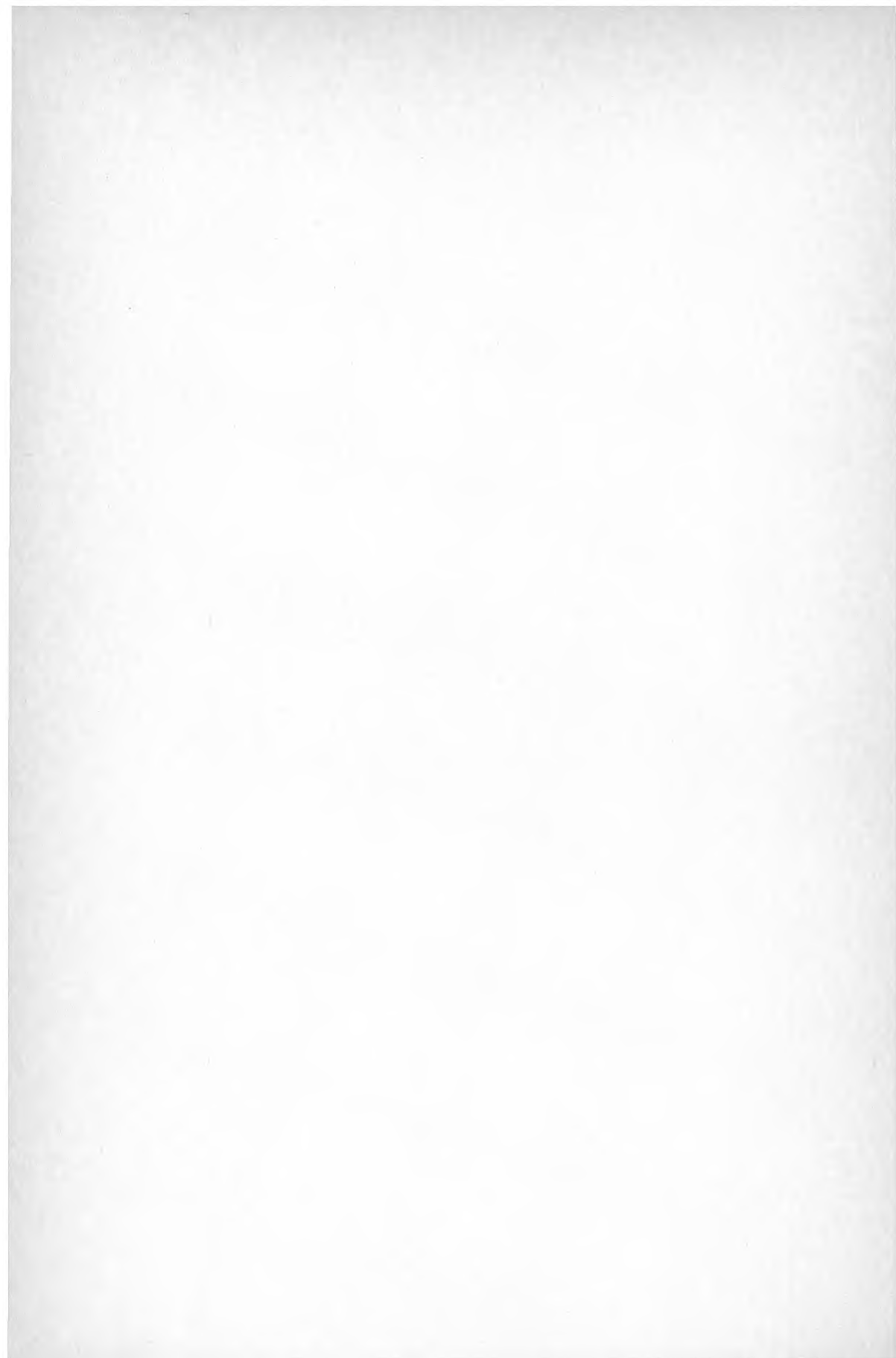
Med hjälp av egna erfarenheter bedöms ovanstående besparingspotential vid en sänkning av varmvattentemperaturen vara tveksam och beräknas i stället uppgå till storleksordningen 5 %.

I följande tabell redovisas de årliga energibidragen, täckningsgraderna och övriga energidata för varje anläggningsalternativ. De månatliga energibidragen åskådliggörs i diagramform i bilagan för kvarteren Solvögat och Blekeriet (diagram 3 till 7).

Tabell 2. Energidata

Anläggning	Energibidrag från solfångare MWh/år	Drivenergi för VP MWh/år	Lev. energi * MWh/år	Täckn.-grad ** %	Energibidrag per solfångaryta kWh/m ² , år
Solvögat					
VVB utan VP	105	--	105	31/--	500
VVB med VP	106	33	129	32/38	560
Fingerborgens och Saxon					
VVB utan VP	89	--	87	30/--	460
VVB med VP	85	27	104	30/36	500
Inslaget					
VVB utan VP	70	--	70	32/--	410
VVB med VP	69	21	84	31/38	460
Blekeriet					
VVB utan VP	179	--	179	30/--	470
VVB med VP	173	54	210	30/36	510
VVB och värme med VP	472	123	554	15/17	375
* Ungefär 70 % av kompressorns elmotorenergi behov tillgodogörs.					
** Täckningsgraden anger hur stor del av det totala energibehovet för varmvattenberedning respektive varmvattenberedning och uppvärmning som solanläggningen kan leverera.					

Om den totala solfångarytan som maximalt kan installeras (se under 4.6) utnyttjades skulle den via solfångarna insamlade energimängden kunna bli för Solvögat 150 MWh, Fingerborgens och Saxon 115 MWh, Inslaget 90 MWh samt för Blekeriet 300 MWh per år. Med värmepump ökar dessa värden.



6 KOSTNADER

6.1 Initialkostnader

Beträffande kostnader för fönsteråtgärder hänvisas till 5.1.

Initialkostnaderna för solfångaranläggningarna med tillhörande utrustning beräknas bli enligt följande tabell. Kostnaderna anges i kkr. Alternativ med maximal utnyttjande av takytorna har ej kostnadsbedömts.

Tabell 3. Initialkostnader, kkr

Anläggning	Solvärat		Fingerbor- gen & Saxen		Inslaget		Blekeriet		
	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB & värme med VP
Solfångare, infäst- ningsanordning	255	210	225	185	205	165	460	375	1380
Rörinstallation, VWX, pumpar, arma- tur etc	105	135	115	155	100	120	115	140	360
VP, styr o dyl.	20	100	20	100	20	100	20	120	240
Ackumulator	80	20	65	20	55	20	130	40	120
Förråd för ackum.	60	0	60	0	55	0	105	0	0
Rörkulvert	0	0	25	25	0	0	25	25	185
Summa	520	465	510	485	435	405	855	700	2285
Projektering, ospecificerat	100	95	100	95	85	85	175	140	465
Totalt exkl. moms	620	560	610	580	520	490	1030	840	2750

6.2 Driftkostnader

Driftkostnaderna kan delas upp i elkostnader till pumpar och värmepump samt underhållskostnader.

Elkostnaderna består av en effektdel och en energidel, vilka antas vara 200 kr/kW, år respektive 160 kr/MWh. Underhållskostnaderna antages motsvara 2,5 % av initialkostnaderna för värmepumpen och dess utrustning samt 1 % av de övriga initialkostnaderna. Driftkostnaderna för respektive anläggning framgår i nedanstående tabell och anges i kkr.

Tabell 4. Driftkostnader, kkr/år

Anläggning Kostnadsslag	Solvögat		Fingerbor- gen & Saxen		Inslaget		Blekeriet		
	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB & värme med VP
Eleffektkostnad	0,2	4,2	0,2	3,6	0,2	3,0	0,4	7,0	15,2
Energikostnad	0,5	5,8	0,3	4,6	0,3	3,7	0,8	9,4	22,9
Underhållskostnad	6	7	6	7	5	7	16	11	31
Totalt	7	17	7	15	6	14	17	27	69

6.3 Besparingskostnader

Besparingskostnaden anger hur många kronor varje inbesparad MWh kostar (exklusive mervärdeskatt) och kan direkt ställas i relation till det rådande energipriset för en jämförelse av anläggningens lönsamhet. En hög besparingskostnad innebär liten insamlad energimängd per investerad krona.

Avskrivningstiden antas till 15 år för solfångare och värmepump med tillbehör, 20 år för rörinstallationer och konsultarvode respektive 60 år för byggkostnaderna.

Besparingskostnaderna framgår av nedanstående tabell.

Tabell 5. Besparingskostnader, kr/MWh

Anläggning	Solvögat		Fingerbor- gen & Saxen		Inslaget		Blekeriet		
	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB utan VP	VVB med VP	VVB & värme med VP
Besparingskostnad kr/MWh	615	525	730	655	755	695	625	490	580

Av tabell 5 framgår bland annat följande:

- . Alternativ med värmepump ger en lägre (gynnsammare) besparingskostnad än en solfångaranläggning utan värmepump. Detta beror dels på att initialkostnaderna blir lägre, dels på att solfångarnas verkningsgrad ökar genom att värmepumpen sänker ingående vattentemperatur till solfångarna
- . Besparingskostnaden är markant lägre för kvarteren Solvögat och Blekeriet. Orsaken till detta torde huvudsakligen vara att solfångarna där kvarter har en nästan ren söderorientering, medan orienteringen för de andra två kvarteren avviker 45° eller mera från söder.
- . Under 4:de kvartalet 1979 var energipriset för 1 MWh fjärrvärme från Energiverken i Göteborg knappt 100 kronor. Besparingskostnaderna är alltså höga i förhållande till nuvarande energipriser



7 SLUTSATSER

Solvärme kan med de i inledningen anförda avgränsningarna tänkas utnyttjad på två sätt i befintlig bebyggelse.

Antingen ökar man den passiva energitillförseln genom en ökning av fönsterytor mot söder och eventuell minskning mot norr, eller samlas solvärme in via solkollektorer.

Åtgärder som berör fönster har studerats för kvarteret Fingerborgen och Saxen. De har gett följande resultat.

Genom en halvering av fönsterytan mot norr beräknas de årliga transmissionsförlusterna minska med 125 kWh per m² ursprunglig fönsterarea. Det förutses att man samtidigt övergår från 2-glas till 3-glas fönster.

Om man mot söder övergår från 2-glas till 3-glas blir besparingen cirka 50 kWh per m² utsprunghg fönsteryta och år. Med en 50 %-ig ökning av ytan ger solen ett bidrag som ger en ytterligare minskning med 25 kWh/m² räknat på samma fönsteryta.

Besparingskostnaderna har beräknats till 900 kr/MWh för åtgärden i norrfasaden samt 1 800 och 3 600 kr/MWh för fönsterbyte respektive ökning av fönsterytan mot söder.

Med hjälp av solfångare och med dagens ekonomiska kriterier för optimering har 30 % av värmebehovet för varmvatten kunnat täckas. I samtliga fall finns möjlighet att installera större solfångarytor. Den ytterligare insamlade energimängden (se tabell) blir relativt liten eftersom dels värmebehovet är täckt under den effektivaste insamlingstiden dels de merytor som finns i allmänhet har en sämre orientering. Det förstnämnda skälet kan givetvis reduceras om någon form av långtidslagring kan anordnas.

Tabell 6. Jämförelse mellan ökning av solfångaryta och resulterande energibesparing

Objekt	Möjlig ökning av solfångaryta %	Resulterande ökning av insamlad energi %
Solvögat	120	50
Fingerborgen/Saxen	130	60
Inslaget	60	30
Blekeriet	230	80

Med värmepump kan solfångarytorna minskas utan att den infångade energimängden påverkas nämnvärt. Vidare kan solfångarna och ackumulatorerna göras enklare (billigare). Av de resterande 70 % för varmvattenuppvärmning kommer närmare 10 procentenheter att tillföras i form av elenergi till värmepumpen. Möjlig utökning av insamlad energi är något större än för system utan värmepump.

Endast ett av de undersökta objekten har så stora tillgängliga takytor att försörjning även bedömts kunna ske av system för byggnadsuppvärmning. Härvid uppnåddes med hjälp av värmepump en besparing som motsvarade 70 % av uppvärmningsbehovet för varmvatten och 2 % av behovet för byggnadsuppvärmning.

Besparingskostnaderna vid enbart varmvattenuppvärmning varierar mellan 500 och 750 kr per MWh. Spridningen går att hänföra till variationer i solfångarorientering. Med värmepump sjunker besparingskostnaden vid samtliga objekt, beroende på att såväl solfångare som ackumulator kan göras enklare och att solfångarytan minskar för samma energiuttag. Kostnadsminskningen är i genomsnitt 90 kr/MWh.

För det objekt där även byggnadsuppvärmningen kunnat kopplas in ökar besparingskostnaden med cirka 100 kr/MWh jämfört med enbart värme för varmvatten.

Akkumulatorerna blir med dagens teknik av sådan storleksordning att de sannolikt endast i undantagsfall kan placeras inomhus. Ett skissförslag till utformning som innebär såväl en funktionell som en estetisk integrering i gårdsmiljön redovisas.

För varje kvarter har tänkbara placeringar av solfångarna studerats. De principiellt olika möjligheterna är takplacering, fasadplacering och markplacering.

Takplacering av solfångare har i samtliga studerade fall bedömts som bäst ur flera synpunkter - bland annat estetiska. Taken har sedan länge varit utnyttjade för placering av diverse "tekniska prylar", till exempel fläkthus, skorstenar, takfönster, stegar och räcken. Därför innebär inte solfångarna att något nytt problem ur gestaltningssynpunkt har uppstått, åtminstone inte så länge solfångarna endast utgör en begränsad andel av den totala takytan.

Att i ordnade mönster förse en takyta med solfångare ger upphov till en rastereffekt som bland annat känns igen från industri-takets lanterminer. Den estetiska bedömningen av solfångarplacering på taken måste naturligtvis göras mot bakgrund av hur ofta man kan se takytan.

Innan besparingsåtgärder med solvärmesystem sätts in är det viktigt att undersöka försörjningssituationen för det aktuella objektet och av tillgängligheten av andra lågvärdiga energikällor (till exempel spillvärme). Två av de fyra studerade objekten är inkopplade på fjärrvärmesystemet som försörjs med energi från mottryckskraftverk och inom en snar framtid spillvärme från ett större raffinaderi. Energi finns sålunda tillgänglig med hög varaktighet, vilket innebär att en energibesparing medelst solfångare i dessa två fallen är verkningslös från oljebesparings-synpunkt. De två återstående objekten har emellertid en egen oljeeldad pannanläggning, vilket innebär att energibesparing med solfångare är positivt ur ren sparsynpunkt.

Det bör observeras, att de byggnads- och installationstekniska åtgärderna som erfordras är byggnadslovspliktiga.

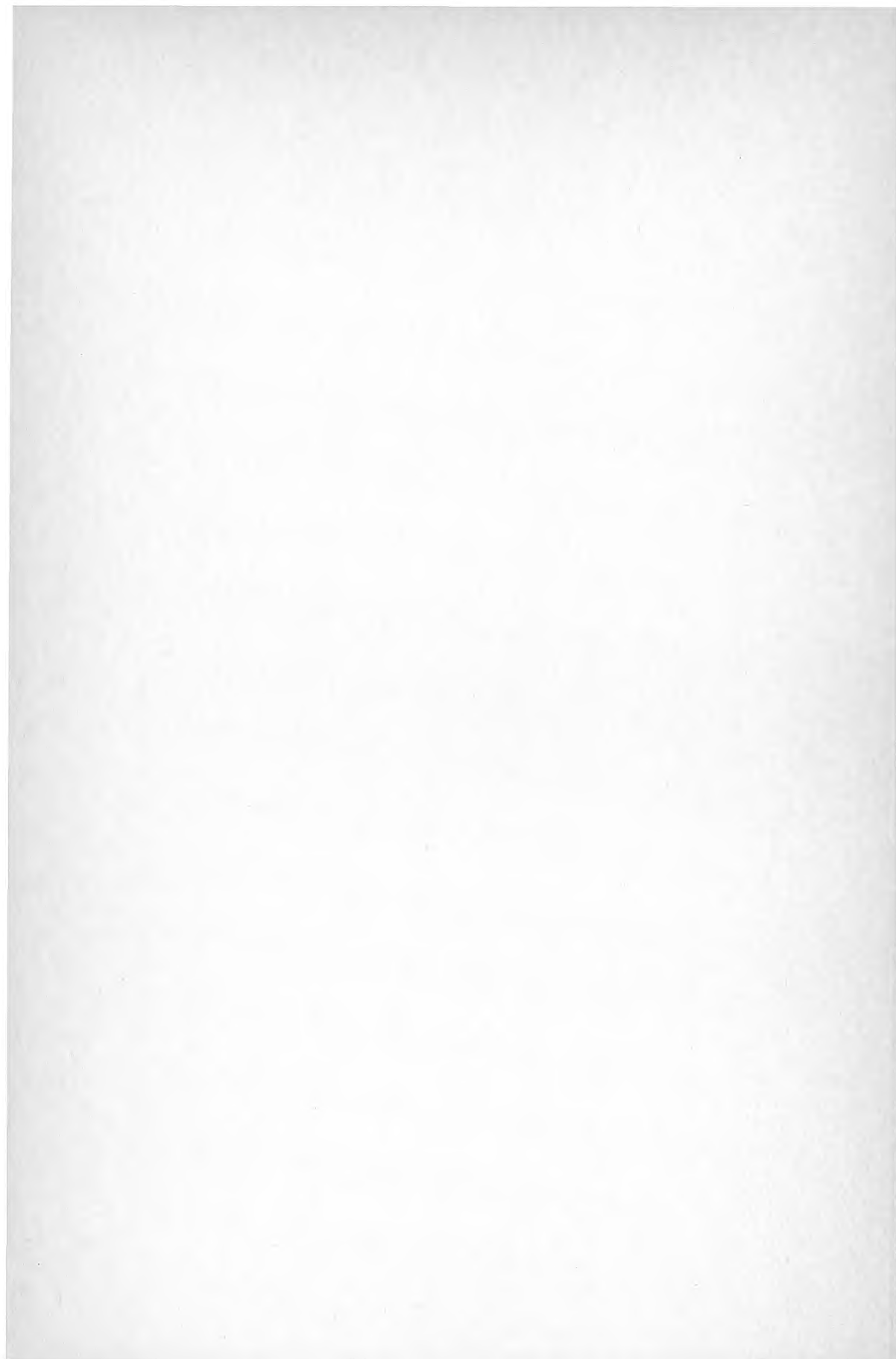
Vid redovisningsarbetet av projektet har stora svårigheter orsakats av att man önskat ge generella bedömningsgrunder för möjligheterna till energibesparing med hjälp av solvärme i befintlig bebyggelse.

En närmare analys av problematiken har gett följande kommentarer:

Möjligheterna till olika placeringar av solfångare på och omkring byggnader styrs av faktorer som till största delen ej går att generalisera. De kan däremot med kännedom om tillgänglig teknik förhållandevis enkelt belysas för specifika objekt.

Bedömningsgrunderna för om en eventuell installation skall genomföras eller ej är på ett eller annat sätt knutet till ekonomiska värderingar. Hur dessa ser ut i framtiden vet vi lite eller inget om. Inte heller är kostnadsutvecklingen för olika komponenter känd. Däremot kan var och en vid ett givet tillfälle och för en given anläggning relativt lätt ta fram en investeringskostnad och göra en aktuell ekonomisk värdering. För detta erfordras emellertid kännedom om hur mycket energi man kan få ut per m² solfångaryta. Detta problem är ej tidsberoende men påverkas av bland annat solfångarutformning och ackumuleringsmöjligheter.

Mot denna bakgrund bedömer vi det som angeläget att få till stånd ett projekt som har som mål att redovisa hur mängden infångad solenergi per ytenhet varierar med verkningsgrad, ackumuleringsmöjligheter och temperaturnivåer. De angivna parametrarna skulle i ett sådant projekt tillåtas variera så att de täcker en teknisk utveckling relativt långt fram i tiden. Arbetet torde kunna knytas bland annat till de beräkningsprogram inom området som är under framtagning. Om projektet genomförs borde man i en framtid för ett specifikt objekt med känt energi-/effektbehov och med kännedom om teknikens ståndpunkt kunna lägga ut en yta som motsvarar önskad solförsörjningsgrad. Resultatet borde också vara användbart i andra sammanhang, till exempel vid stadsplanearbete.



Bason, Frank: Allmän introduktion till soldesign, serien och programmanualer, f-chart. (Silkeborg Amtsgymnasium, Danmark). (Bearbetad för svenska förhållanden av Gunnar Sedén, Energo Energi och VVS-konsulter AB).

Beckman, W, Klein, S, Duffie, I, Solar Heating Design by the f-chart method.

Girido, Valdis: Solvärmesystem för husuppvärmning i Skandinavien. (Institutionen Byggnadsteknik och Fysikalisk kemi, KTH, Stockholm). Arbetsrapport 1976.

Göteborgs fastighetskontor, 1979-09-20, Energisparplan för befintlig bebyggelse i Göteborg, delrapport 1.

SMHI: Measurement of solar radiation in Sweden. (Supplement till årsboken).

VVS-handboken.

Widegren, Karin: R86:1977, Möjlig användning av solfångare i stadsbebyggelse - en inventering.

Bostadsdepartementet: Regeringsproposition 1977/78:76. Energisparplan för befintlig bebyggelse.



SOLVÄRME FÖR BEFINTLIG BEBYGGELSE

Diagram 1-7

DIAGRAM 1: ENERGIBALANS

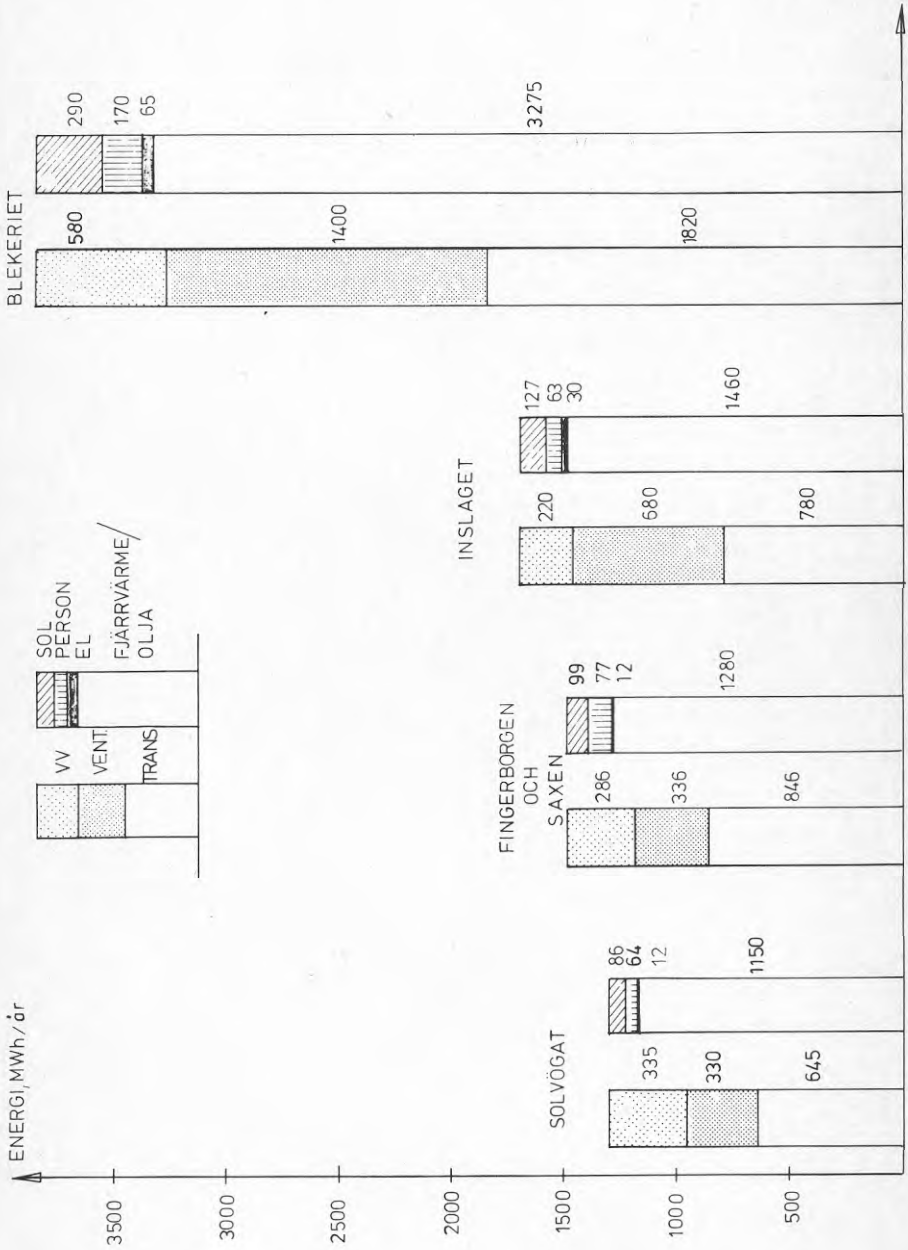


DIAGRAM 2:
MÅNADSVIS ENERGIFÖRBRUKNING

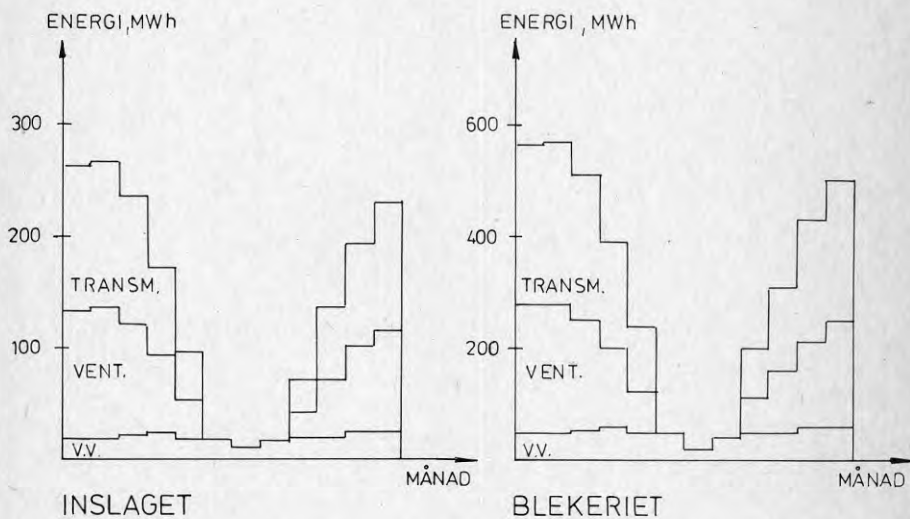
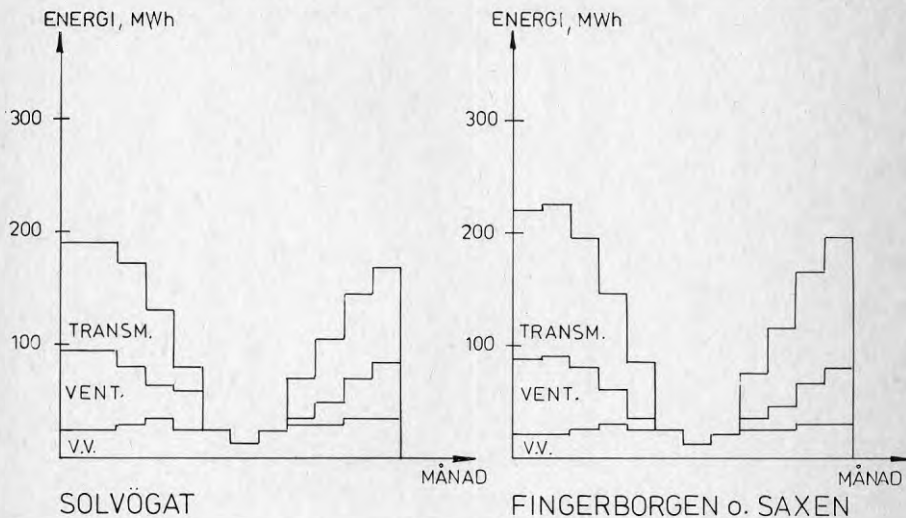


DIAGRAM 3:
SOLVÖGAT
SOLENERGI FÖR WB UTAN VP

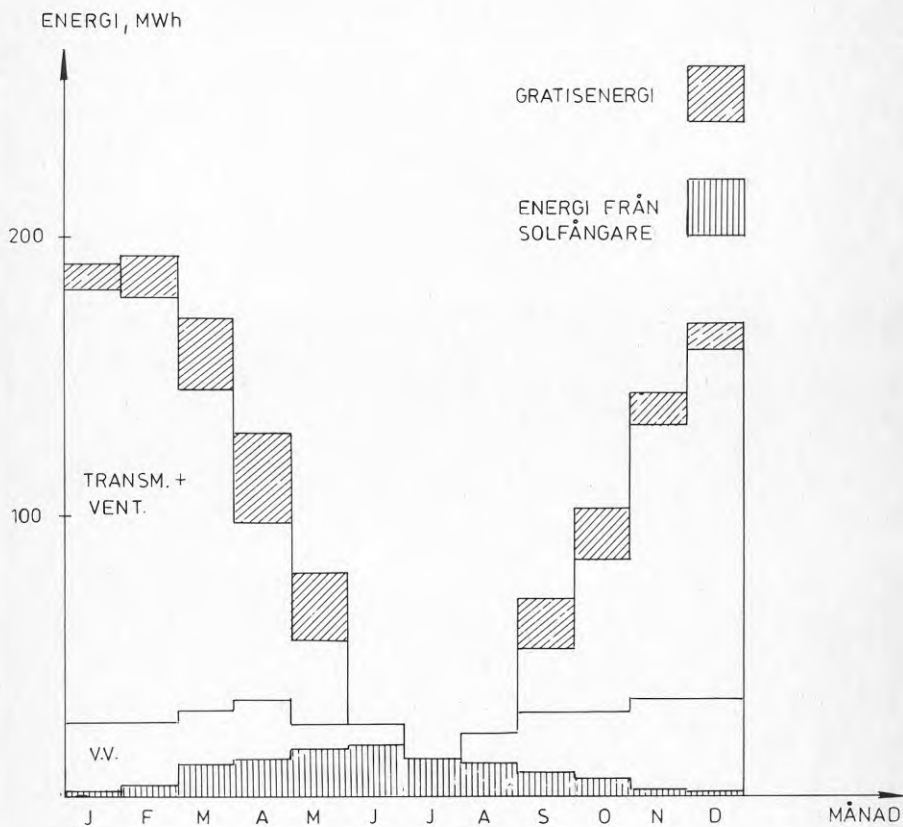


DIAGRAM 4:
SOLVÖGAT
SOLENERGI FÖR VVB MED VP

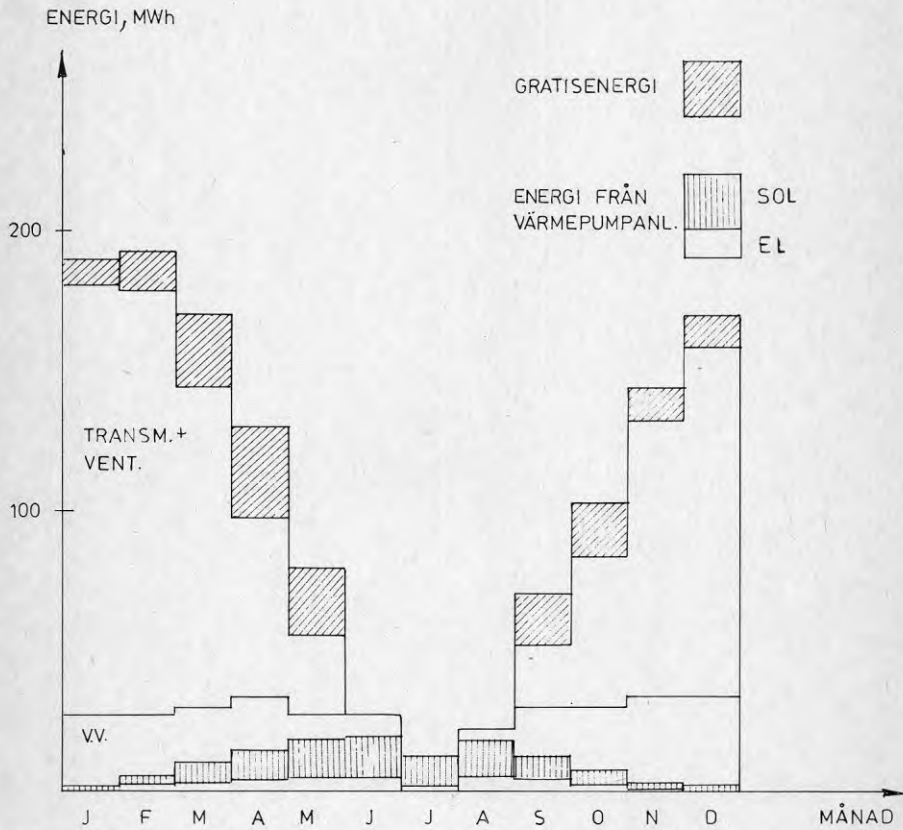


DIAGRAM 5:
BLEKERIET
SOLENERGI FÖR WB UTAN VP

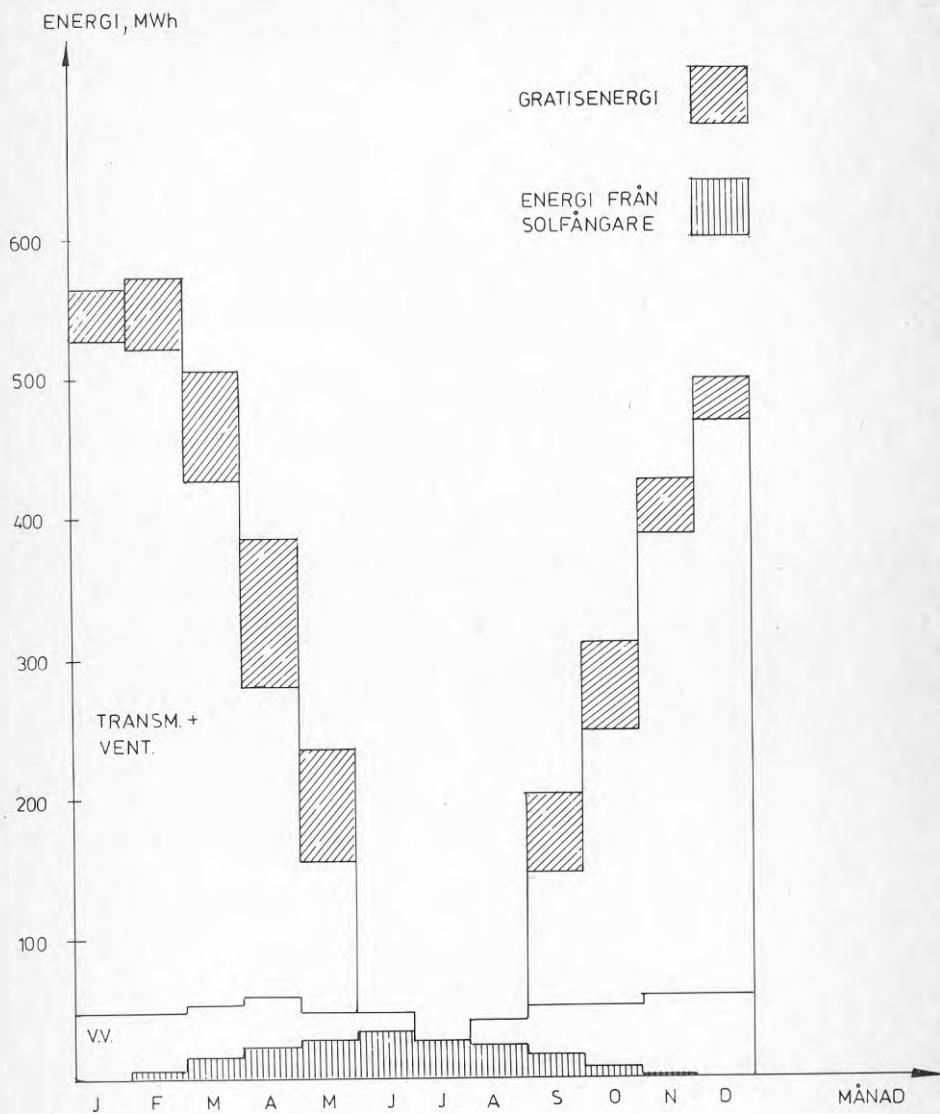


DIAGRAM 6:
BLEKERIET
SOLENERGI FÖR VVB MED VP

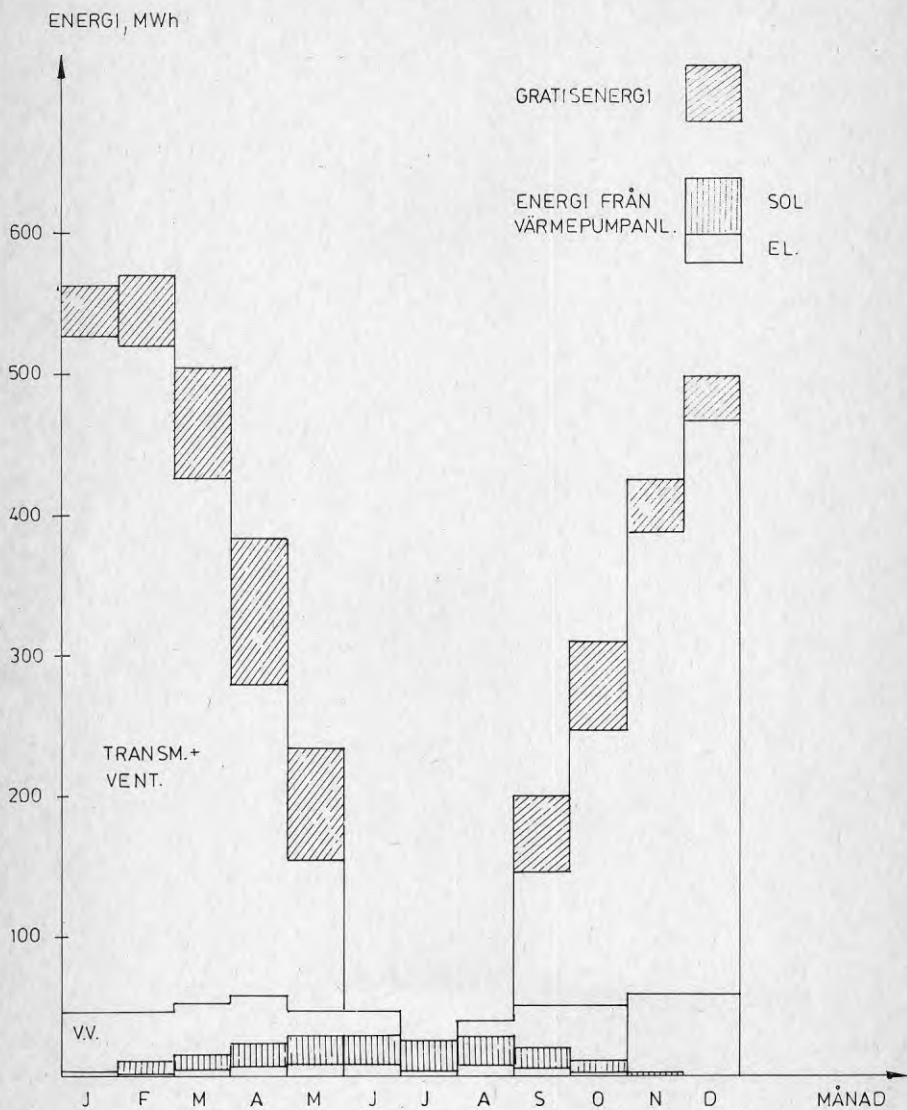
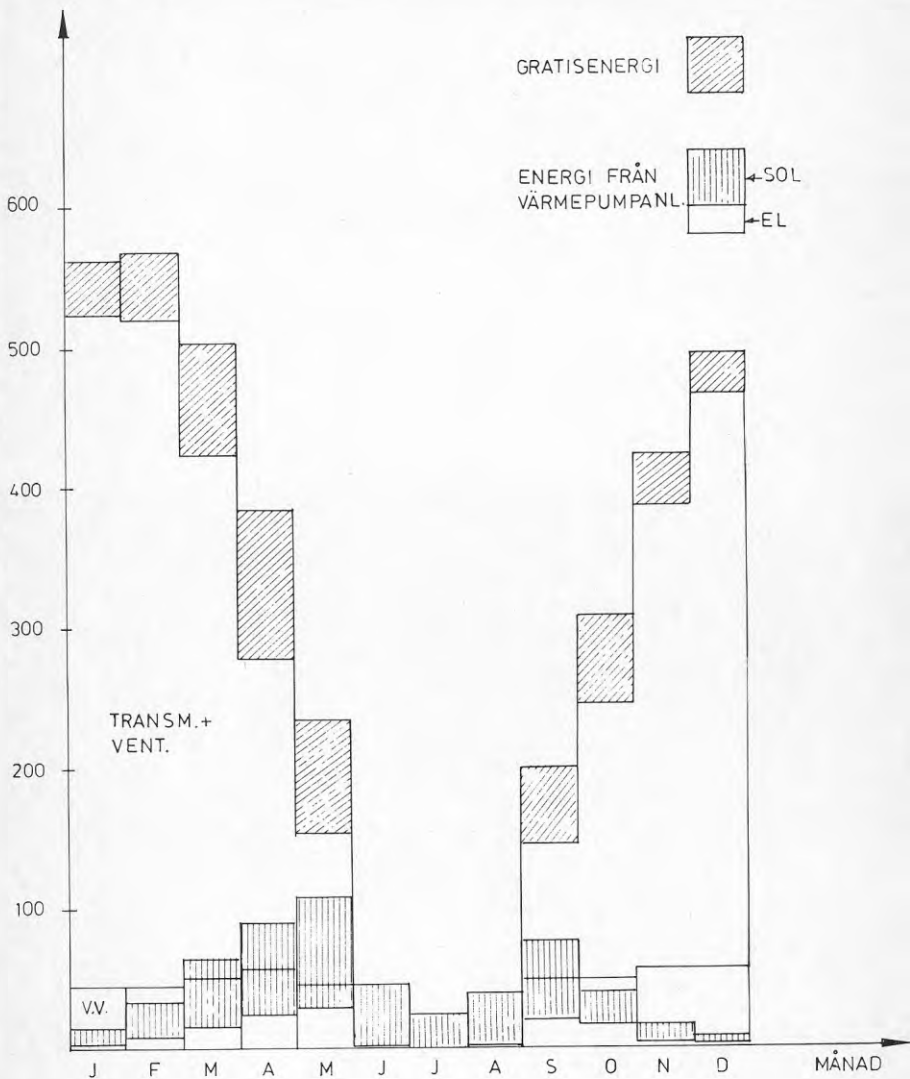


DIAGRAM 7:
BLEKERIET
SOLENERGI FÖR UPPVÄRMNING OCH VVB MED VP

ENERGI, MWh



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790420-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till RNK Installationskonsult AB, Göteborg.**

R83: 1980

ISBN 91-540-3267-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700183

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms