



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.



## Jordvärmesystem med värmepump i befintlig och ny bebyggelse

Förprojektering av sju objekt  
i Västsverige

**Lars Jacobson**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

V  
ent

R112:1982

JORDVÄRMESYSTEM MED VÄRMEPUMP

I BEFINTLIG OCH NY BEBYGGELSE

Förprojektering av sju objekt i Västsverige

Lars Jacobson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801355-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Avd. för Husbyggnad, CTH, Göteborg.

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

R112:1982

ISBN 91-540-3793-X  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

## INNEHÅLL

	FÖRORD	5
0	SAMMANFATTNING OCH FÖRSLAG	7
1	BAKGRUND OCH SYFTE	9
2	PROJEKTUPPLÄGGNING	11
3	BESKRIVNING AV OBJEKT OCH FÖRESLAGNA SYSTEM EKONOMISKA KALKYLER	13

### BILAGOR:

1	Karl Staafsgatan	29
2	Glöstorp	43
3	Toredammen	57
4	Backatorp	73
5	Frillesås	77
6	Valhalla	93
7	Rosenlund	103

Övriga publikationer från Jordvärmegruppen 109



## FÖRORD

Denna skrift har utarbetats vid CTH:s avdelning för Husbyggnad, som ingår i Jordvärmegruppen vid CTH. Skriften utgör slutrapportering av anslag 801355-7 från Statens råd för byggnadsforskning.

Utrednings- och projekteringsarbetet har till stor del utförts av konsulter. Följande personer har deltagit:

András Kasza och Karl-Henrik Hofgren, K-Konsult,  
 Torbjörn Samuelsson, EPRO,  
 Göran Hultmark och Lars-Göran Eriksson, Bengt  
 Dahlgren AB,  
 Jarl Ljungqvist, Totalinstallation AB.

Konsulternas rapporter till projektledningen har sammanställts i bilagor 1-7 till denna rapport.

Från institutionen för Värmeteknik och maskinlära, CTH, deltog civilingenjör Per-Åke Franck med beräkningar för dimensionering av hela systemen. Civilingenjör Björn Modin från Geologiska institutionen bidrog också med dimensioneringsberäkningar samt utredningar om olika anläggningsmetoder.

Projektledare var arkitekt Lars Jacobson vid avdelningen för Husbyggnad, CTH. Har har också utarbetat denna rapport. Från Husbyggnad deltog också arkitekt Bertil Larsson.

I projektet har vidare deltagit civilingenjör Peter Wilén, Geologiska institutionen och arkitekt Peter Rundberg, avdelningen för Husbyggnad, samt koordinatör för Jordvärmegruppen, professor Bernt Bäckström.

Det förtjänar att påpekas att de kostnadskalkyler som redovisas i denna rapport är osäkra och relativt löst grundade. De kan därför inte direkt ligga till grund för beräkningar av andra projekt, särskilt gäller detta delkostnadsposter. Beroende på ännu ej systematiserat och fastställt språkbruk varierar de olika konsulternas använda begrepp i huvudsak enligt följande:

Jordvärmesystem	uppvärmningssystem som använder jorden som värmekälla för värmepump.
Ytjordvärmesystem	jordvärmesystem där värmekällan utgörs av jorden intill ca 2 m djup.
horisontellt jordvärmesystem	

Djupjordvärmesystem  
vertikalt jord-  
värmesystem

jordvärmesystem där värme-  
källan utgörs av jorden på  
mer än ca 2 m djup.

I djupjordvärmesystem ut-  
nyttjas ofta möjligheten att  
ackumulera värme i jorden i  
ett jordvärmelager.

Jordvärmelager  
värmelager  
markackumulator  
jordvärme-  
ackumulator

anläggning i jorden som gör  
det möjligt att utnyttja  
jordlager i geologisk mening  
eller berg för ackumulering  
av värme tillfört på konst-  
lat sätt.



## 0. SAMMANFATTNING OCH FÖRSLAG

I detta projekt har olika jordvärmesystems flexibilitet belysts genom förstudier och förprojekteringar av sju objekt i ny och befintlig bebyggelse, huvudsakligen i tätort.

Beroende på objektens förutsättningar har sådana yt- och djupjordvärmesystem studerats där jordens temperatur höjs med hjälp av enkla sol- eller uteluftvärme-fångare för att minska behovet av markyta.

De föreslagna systemen för respektive objekt är dimensionerade med ett osäkert underlag bl a därför att empiriska erfarenheter från sådana jordvärmesystem saknas.

Väsentliga delar av systemen synes svåra att kostnadsberäkna trots att enbart kommersiellt tillgänglig teknik med konventionella värmepumpar föreslagits. De i flera fall långa pay-off-tider som erhållits (mellan 5 och 34 år) beror i hög grad på liten byggerfarenhet och därmed följande "lösa anbud".

I de föreslagna systemen utgör jordvärmelagret och installationer i panncentral tunga delkostnadsposter som torde kunna minskas bl a genom optimeringar, teknikutveckling och anbuds konkurrens.

Studierna indikerar att jordvärmesystem med lämplig teknisk utformning kan närma sig ekonomisk användning i panncentraler för att spara olja (70-90%) eller för att i vissa fall ersätta nya panncentraler för medelstora bostadsobjekt (20-200 lgh).

Den specifika kostnaden för den av jordvärmesystemen producerade energin förefaller sjunka snabbt med ökande anläggningsstorlek och drifttid för att vid ca 100 kW värmeeffekt plana ut. Inga avsevärda skillnader föreligger vid denna storlek mellan system i jord eller berg eller system där extrem frysning av vatten i jorden kan tillåtas.

Bland de fysiska hindren för anläggning av jordvärmelagret märks främst befintliga underbyggnader (Rosenlund) och rörledningar i jorden (Valhalla) samt de risker som frysning av jord på större djup medför.

I Backatorp torde ytjordvärmesystem ej kunna komma ifråga eftersom användbara jordtäckta arealer avses bebyggas. Traditionell ytjordvärme kan ej heller täcka hela energibehovet för växthusen i Frillesås på grund av alltför liten tomtyta. Djupjordvärmesystem med horisontella rör på flera nivåer är därför intressanta. I Glöstorps har sådana studerats teoretiskt med varierande grad av frysning.

För det heltäckande jordvärmesystemet i berg (Toredammen) bör noteras att borrtiden synes bli mycket lång. Borrhålslager i berg kan därför ge miljöstörningar vid anläggning i anslutning till befintlig bebyggelse.

Jordvärmelagret på Karl Staafsgatan, vertikala rör i lera, har av flera skäl hållits inom en gård men det finns tekniska möjligheter att klara hela värmebehovet med djupjordvärmesystem inom fastigheten.

Resultaten av de genomförda förprojekteringarna antyder att i tät, befintlig bebyggelse är det tekniskt rimligt att införa deltäckande djupjordvärmesystem. Härvid kan vanligen topplasten klaras med befintliga oljepannor.

Borrhål i berg kan lättare täcka hela effektbehovet i tät bebyggelse, men borrhålslager kan bara bli aktuella i ny bebyggelse om inte bullerproblemen vid borrningen kan elimineras.

Där de geotekniska förhållandena så medger kan extrem frysning av jorden vara ekonomiskt fördelaktigt, inte bara i ytjordvärmesystem.

För att få bättre bedömningsunderlag föreslår vi att tre experimentbyggnadsprojekt genomförs, förslagsvis Toredammen (heltäckande bergvärmesystem), Karl Staafsgatan (deltäckande vertikalt system i lera) och Glöstorps (ytjordvärmesystem med hård frysning).

## 1. BAKGRUND OCH SYFTE

Enligt bedömningar som bl a Jordvärmegruppen vid CTH gjort finns det stora möjligheter att spara olja i befintlig bebyggelse genom att använda olika jordvärmesystem. Hela eller delar av årsvärmebehovet kan täckas genom att naturligt eller artificiellt tillfört värme lagras för längre eller kortare tid i jordarter, berg eller grundvatten för nyttiggörande med värmepump när värmebehovet är stort. Systemen kan utformas på många sätt och i olika storlekar beroende på omständigheterna.

Idag marknadsförs så kallade ytjordvärmesystem kommersiellt främst för villabruk medan andra system befinner sig på experimentstadiet. Pågående forsknings- och experimentprojekt med jordvärmesystem syftar främst till att klarlägga grundläggande parametrar för systemen, främst sådana som rör värme- och fukttekniska egenskaper hos jorden och den tekniska utformningen av systemets delar i marken. Objekten är mestadels valda med hänsyn till möjligheterna att prova jordvärmesystemen ur dessa aspekter och belyser därför sannolikt endast i mindre utsträckning andra väsentliga frågor av betydelse för den fortsatta utvecklingen inom området.

För att jordvärmesystemen i framtiden skall få en utbredd tillämpning krävs en flexibilitet i den tekniska utformningen som motsvarar de skiftande krav som geologin och den befintliga bebyggelsen ställer. Systemen och komponenterna måste också standardiseras till storlek och arbetssätt för att bli ekonomiskt konkurrenskraftiga.

Detta projekt har syftat till att genom förstudier och förprojekteringar av ett antal olika jordvärmesystem i sådan befintlig och ny bebyggelse där jordvärmesystem kan tänkas bli vanliga, belysa teknikens flexibilitet. Det syftade också till att finna idag okända tekniska stöttestenar eller generaliteter i system, mark och hus som påverkar den tekniska och ekonomiska utformningen vid införandet av systemen. Avsikten var att snabbt kunna sälla bort av olika skäl mindre intressanta objekt eller systemtyper samt skapa ett bättre underlag för ekonomiska bedömningar, nödvändiga vid systemoptimeringar. En annan avsikt har också varit att prova om systemtekniken med solfångare/växlare, värmepump och djupjordvärmelager kan utgöra ett konkurrenskraftigt uppvärmningsalternativ för bebyggelse utanför fjärrvärmeområdena. Projektet kan ses som ett aktuellt test av hur "teorier" håller i praktiken".



## 2. PROJEKTUPPLÄGGNING

I projektet har olika jordvärmesystem studerats av tre installationskonsulter samt kostnadsberäknare. Jordvärmegruppen vid CTH har bistått med systemkunskande. Projektet har letts från avdelningen för husbyggnad vid CTH.

Valet av jordvärmesystem för objekten har främst styrts av de geologiska och hydrologiska förutsättningarna på platsen men också av de tekniska och ekonomiska möjligheterna för erforderliga mark- och kompletteringsarbeten.

Jordvärmesystemen kan utformas med olika parameter-  
val. Som exempel kan nämnas att systemen kan utformas för att täcka hela eller delar av årdvärmebehovet med utnyttjande av värme som insamlats passivt eller aktivt och lagrats för längre eller kortare tid. Värmen kan tas ut ur eller tillföras jorden i ett öppet system t ex genom grundvattenpumpning eller i slutet system med i rör cirkulerande köldbärare. Värmen kan distribueras vid låg temperatur från jorden till flera värmepumpar eller vid högre temperatur efter en värmepump. Värmepumpens värmefaktor och värmeväxlarnas utformning påverkas bl a av hur tappvarmvattenberedningen sker.

I projektet har de för varje objekt mest realistiska systemen förprojekterats fram till förbättrade förslagshandlingar så att konsekvenserna av valda systemparametrar kan studeras ur byggteknisk och ekonomisk synpunkt. För de mest intressanta objekten har förslagshandlingar utarbetats som kan ligga till grund för beslut om experimentbyggnad.

Projektet omfattar ett antal objekt som är valda med utgångspunkt från att de skall vara representativa för en ur olika synpunkter intressant objekttyp samt att de om så bedöms lämpligt skall kunna realiseras.

Huvuddelen av bebyggelsen i Sverige ligger i tätort och därför är större delen av objekten valda med utgångspunkt härifrån.

Ur ekonomisk synpunkt förefaller jordvärmesystem i lerjordar mest intressanta varför några olika objekt på sådan mark valts. (Flerbostadshus på Karl Staafsgatan, 186 lgh, Radhus i Glöstorpe, 62 lgh).

Berg är vanligt förekommande i landet. Därför har några objekt där bergvärme kan bli aktuellt medtagits. (Flerbostadshus i Toredammen, ca 650 lgh, Blandad bebyggelse i Backatorpe, ca 770 lgh).

Förutom i bostadshus kan jordvärme bli aktuellt att använda i lokaler och anläggningar för andra verksamheter varför sådana objekt också tagits med i projekt-

förslaget. (Växthus i Frillesås, 2225 m<sup>2</sup>, Fritidsanläggning Valhalla, 3 st bollplaner + 600 m<sup>2</sup> omklädningslokaler, Kontorshus Rosenlund, ca 20 000 m<sup>2</sup> kontorsyta).

Objektstudierna som genomförts under april-juni 1981 redovisas sammanfattningsvis i kapitel 3 och fullständigt i bilagor 1-7.

### 3. BESKRIVNING AV OBJEKT OCH FÖRESLAGNA SYSTEM. EKONOMISKA KALKYLER.

Nedan följer en kort beskrivning av de olika objekten och de föreslagna jordvärmesystemen. Utförligare informationer lämnas i bilagor 1-7 till denna rapport.

Vid beräkning av pay-off-tider etc har ingen hänsyn tagits till räntekostnader, statliga subventioner, ökade olje- och elpriser, m m. Inte heller diskuteras avskrivning på grund av förslitning av den installerade utrustningen. Angivna investeringar hänförs till 1981 års kostnadsläge och använda priser på olja och el anges i varje enskilt fall.

Beträffande avskrivningstiderna saknas underlag för realistiska bedömningar. Det är emellertid rimligt att antaga att ingen del av de föreslagna systemen har kortare avskrivningstid än 10 år.

Specifik investeringskostnad ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ) har beräknats som bruttoinvestering per lägenhet ( $I_1$ ), bruttoinvestering utslagen per producerad kWh första året ( $I_2$ ) samt bruttoinvestering per sparad kW första året ( $I_3$ ). Antalet sparade kW/år har beräknats som den sparade oljemängdens teoretiska värmeinhåll (ca 10 kWh/l) minus elbehovet för jordvärmesystemets drift.

Förutsättningar och resultat har samlats i tabell 1 och 2 efter de objektsvisa sammanställningarna.

KARL STAAFSGATAN

## Byggnader:

Läge: Hisingen, Göteborg  
 Typ: 3 st 3-vån hus (8 huskroppar, gårdsomslutande)  
 Huvudsaklig användning: bostäder  
 Byggnadsår: 1951-52  
 Material: lättbetong + puts  
 Tak: tegel  
 Antal lägenheter: 186 st  
 Total lägenhetsyta: 11 200 m<sup>2</sup>.

## Befintlig värmeanläggning:

Värmepanna: 3 st oljeeldade pannor med märkeffekten  
 640 kW vardera  
 Oljeförbrukning: spec 25 liter/m<sup>2</sup> ly år  
 Pannverkningsgrad: 70% (antagen)  
 Beräknat energibehov: 1 925 MWh/år  
 Beräknad max effekt: 960 kW.

## Tomt:

Disponibel areal: 2 gårdar om vardera 3 500 m<sup>2</sup>  
 Beskaffenhet: 35 m lera.

## Föreslagen lösning:

Jordvärmelager: typ: vertikala slangar i lera,  
 djup 35 m  
 hålmeter: 21 000, PEH 16 x 1,6 mm  
 areal: 2 400 m<sup>2</sup>  
 volym: 84 000 m<sup>3</sup>  
 temperaturintervall: +3,5 - +14,8°C.

Värmepump: värmeeffekt: 340 kW, eldrift  
 täckningsgrad (effekt): 35%  
 värmefaktor: 3  
 producerad värmeenergi: 1 450 MWh/år  
 täckningsgrad (energi): 75%.

Kollektorer: typ: vindkonvektorer (alt A = kam-  
 flänsrör)  
 k-värde: 10 W/m<sup>2</sup>°C  
 flänsarea: 11 000 m<sup>2</sup>  
 placering: takyta 200 m<sup>2</sup>.

## Förutsättningar:

Oljepris: 1 500 kr/m<sup>3</sup> (WRD)  
 Elenergipris: 22 öre/kWh  
 Pannans verkningsgrad vid topplast, 80%.



Nuvarande energikostnad (kkkr/år)		415
Beräknad energikostnad (VP + olja vid topplast)	e1	105
	olja	90
Arlig energibesparing (kkkr/år)		220

Investeringar (kkkr): (alt A)

Värmepump		320
Installationer		320
Jordvärmelager	1	045
Övrigt		75
Projektering		170
Kollektorer (kamflänsrör)		350
		<hr/>
Summa		2 280

Specifik investeringskostnad (alt A)

$$I_1 = \frac{\text{inv}}{\text{lgh}} = 12,3 \text{ kkr/lgh}$$

$$I_2 = \frac{\text{inv}}{\text{prod kWh år}^1} = 1,57 \text{ kr/kWh}$$

$$I_3 = \frac{\text{inv}}{\text{sparad kWh år}^1} = 1,44 \text{ kr/kWh.}$$

Pay-off-tid ca 10 år.

Kommentarer: Redovisade alternativa systemlösningar visar pay-off-tider ner mot ca 8 år.

GLÖSTORP

## Byggnader:

Läge: Tuve, Göteborg  
 Typ: 5 st 2-vån huskroppar, gårdsomslutande  
 Byggnadsår: 1960-61  
 Material: Reglar + träpanel  
 Tak: Papp  
 Antal lägenheter: 60 st  
 Total lägenhetsyta: 4 600 m<sup>2</sup>.

## Befintlig värmeanläggning:

Värmepanna: 4 st oljeeldade pannor i panncentral  
 Oljeförbrukning, specifik: 24 l/m<sup>2</sup> ly år  
 Pannverkningsgrad: 80% (antagen)  
 Beräknat energibehov: 880 MWh/år  
 Beräknad max effekt: 360 kW.

## Tomt:

Disponibel areal: Gräsplan 5 000 m<sup>2</sup>  
 Beskaffenhet: 6-10 m lera.

## Föreslagen lösning:

Jordvärmelager: typ: 3 alt med horisontella slangar

	A	B	C
	4 nivåer	2 nivåer	1 nivå
slanglängd	14 000 m	7 000 m	3 500 m
areal	3 500 m <sup>2</sup>	3 500 m <sup>2</sup>	3 500 m <sup>2</sup>
volym	5-10000 m <sup>3</sup>		
temp.intervall	ej frysning	frysning	hård frysning

Värmepump: värmeeffekt: 210 kW  
 täckningsgrad (effekt) 58%  
 värmefaktor: alt A; 3,1  
                   alt B; 2,8  
                   alt C; 2,6  
 producerad värmeenergi: 840 MWh/år  
 täckningsgrad (energi): 95%

Kollektorer: typ: "solväxlare" som takplåt  
 k-värde: -  
 flänsarea: -  
 placering: tak 1 000 m<sup>2</sup>.

## Förutsättningar:

Oljepris: 1 700 kr/m<sup>3</sup> (Eo1)  
 Elenergipris: 20 öre/kWh  
 Pannans verkningsgrad vid topplast: 60%  
 Ökad underhållskostnad (kkr/år): 20

Nuvarande energikostnad (kkkr) 187

Beräknad energikostnad (VP + olja)

el: A: 59 B: 65 C: 70

olja: 12

Årlig energibesparing (kkkr/år)

alt A: 116 B: 100 C: 105

Investeringar (kkkr):

Värmepump 320

Installationer 300

Jordvärmelager alt A: 500

B: 300

C: 45

Övrigt -

Projektering 50

Kollektorer 290

---

Summa A: 1 460

B: 1 260

C: 1 005

Specifik investeringskostnad (alt C)

$$I_1 = \frac{\text{inv}}{\text{lgh}} = 16,8 \text{ kkr/lgh}$$

$$I_2 = \frac{\text{inv}}{\text{prod kWh år}^{-1}} = 1,20 \text{ kr/kWh}$$

$$I_3 = \frac{\text{inv}}{\text{sparad kW år}^{-1}} = 1,39 \text{ kr/kWh.}$$

Pay-off-tid (år) alt A: 15,2

B: 14,0

C: 11,8.

TOREDAMMEN

## Byggnader:

Läge: Nya Varvet, Göteborg  
 Typ: 22 st 2-6 vån huskroppar (här studeras hus  
 D och E)  
 Huvudsaklig användning: Bostäder  
 Byggnadsår: Planerat område med byggstart  
 1981-82 (uppskjuten t v)  
 Material: -  
 Tak: -  
 Antal lägenheter: D: 48, E: 17  
 Total lägenhetsyta: D: 3 400 m<sup>2</sup>, E: 1 200 m<sup>2</sup>.

## Planerad värmeanläggning:

Värmepanna: Oljeeldade pannor i panncentral  
 Oljeförbrukning: -  
 Pannverkningsgrad: -  
 Beräknat energibehov: D: 550 MWh/år, E: 195 MWh/år  
 Beräknad max effekt: D: 240 kW, E: 85 kW.

## Tomt:

Disponibel areal: -  
 Beskaffenhet: Huvudsakligen berg i dagen.

## Föreslagen lösning:

Jordvärmelager: typ: vertikalt borrhållager i berg,  
 djup 50 m  
 hålmeter:  
 D: 3 150 m i 63 st 50 m djupa hål  
 E: 1 200 m i 24 st 50 m djupa hål  
 areal: D: 640 m<sup>2</sup>, E: 224 m<sup>2</sup>  
 volym: ca 50 000 m<sup>3</sup>  
 temperaturintervall: ± 0°C - +11,5°C.

Värmepump: värmeeffekt: D: 240 kW, E: 85 kW  
 täckningsgrad (effekt): 100%  
 värmefaktor: 2,8  
 producerad värmeenergi:  
 D: 550 MWh/år, E: 195 MWh/år  
 täckningsgrad (energi): 100%.

Kollektorer: typ: vindkonvektorer (kamflänsrör)  
 k-värde: 8 W/m<sup>2</sup>°C  
 flänsarea: D: 8 000 m<sup>2</sup>, E: 4 000 m<sup>2</sup>  
 placering: takyta.

## Förutsättningar:

Oljepris: 1 450 kr/m<sup>3</sup>  
 Elenergipris: 22 öre/kWh  
 Ökad underhållskostnad (kkr/år): D: 9, E: 3.

	D	E
Nuvarande energikostnad (kkkr)	99	36
Beräknad energikostnad el	40	14,5
Årlig energibesparing (kkkr)	59	21,5

Investeringar (kkkr):

Värmepump	315	130
Installationer	240	165
Jordvärmelager	565	215
Kollektor	160	55
	<hr/>	<hr/>
Summa	1 280	565

Specifik investeringskostnad (hus D)

$$I_1 = \frac{\text{inv}}{\text{lgh}} = 26,7 \text{ kkr/lgh}$$

$$I_2 = \frac{\text{inv}}{\text{prod kWh år1}} = 2,32 \text{ kr/kWh}$$

$$I_3 = \frac{\text{inv}}{\text{sparad kWh år1}} = 2,60 \text{ kr/kWh (antagen pann-  
verkningsgrad 80%).}$$

Pay-off-tid (år)      hus D: 25,6,    hus E: 30,5.

Kommentarer: Om hänsyn tas till att konventionell värmeanläggning inte behöver byggas minskar pay-off-tiden till 5-10 år.

BACKATORP

## Byggnader:

Läge: Hisingen, Göteborg  
 Typ: Friliggande enbostadshus, parhus, radhus,  
 låga flerbostadshus  
 Huvudsaklig användning: Bostäder  
 Byggnadsår: Planerad byggstart 1981-82  
 Material: -  
 Tak: -  
 Antal lägenheter: Ca 770 st  
 Total lägenhetsyta: -

## Befintlig värmeanläggning:

Värmepanna: Oljeeldad panncentral med effekten  
 5,5 MW  
 Oljeförbrukning: -  
 Pannverkningsgrad: -  
 Beräknat energibehov: Specifikt 0,2 MWh/m<sup>2</sup> ly år  
 Beräknad max effekt: -

## Tomt:

Disponibel areal: -  
 Beskaffenhet: Småkuperad terräng med varierande  
 jordtäcke och berg i dagen.

## Föreslagen lösning:

Med hänsyn till områdets disposition, geologi,  
 m m, har jordvärmelager i berg ansetts vara  
 lämpligast. Eftersom denna systemtyp studerats  
 noggrant i projektet Toredammen har projekt  
 Backatorp inte bearbetats vidare.

FRILLESÅS

## Byggnader:

Läge: Solhaga Frillesås, Kungsbacka  
 Typ: Växthusanläggning, 3 separata byggnader  
 Huvudsaklig användning: Växthus  
 Byggnadsår: 1958-75  
 Material: -  
 Tak: -  
 Antal lägenheter: -  
 Total "lägenhetsyta": Hus A 1 040 m<sup>2</sup>,  
                                   hus B 540 m<sup>2</sup>,  
                                   hus C 645 m<sup>2</sup>.

## Befintlig värmeanläggning:

Värmepanna: 2 st oljeeldade pannor  
 Oljeförbrukning: 165 m<sup>3</sup> Eo4  
 Pannverkningsgrad: 80%  
 Beräknat energibehov: 1 320 MWh/år  
 Beräknad max effekt: 580 kW.

## Tomt:

Disponibel areal: Totalt 15 300 m<sup>2</sup>, varav  
                                   cirka 5 100 m<sup>2</sup> är åkermark  
 Beskaffenhet: 13 meter lera.

## Föreslagen lösning:

Endast hus C förses med jordvärmeanläggning.

Jordvärmelager typ 1: vertikalt slanglager under  
                                   det nya växthusets golv  
 typ 2: horisontellt slanglager i  
                                   två nivåer  
 hålmeter: typ 1:  
 4 600 m PEH 16x1,6 mm till 10 m djup  
 slanglängd: typ 2:  
 2 000 m PEH 25x2,3  
 areal: typ 1: 645 m<sup>2</sup>, typ 2: 960 m<sup>2</sup>  
 volym: ca 6 500 m<sup>3</sup>  
 temperaturintervall: typ 1: +4-+13°C  
                                   typ 2: 0-+13°C.

Värmepump: värmeeffekt: 30 kW  
                                   täckningsgrad (effekt): 21%  
                                   värmefaktor: 3,4  
                                   producerad värmeenergi: 137 MWh/år  
                                   täckningsgrad (energi): 73%.

Kollektorer: typ: kamflänsrör  
                                   k-värde: 7 W/m<sup>2</sup>°C  
                                   flänsarea: 520 m<sup>2</sup>  
                                   placering: utspridda under växthusets  
                                   tak (invändigt).

## Förutsättningar:

Oljepris: 1 450 kr/m<sup>3</sup> (Eo4)  
 Elenergi pris: 20 öre/kWh  
 Pannans verkningsgrad vid topplast: 80%  
 Ökad underhållskostnad: 1 kkr/år.

Nuvarande energikostnad (kkr/år)		36
Beräknad energikostnad (VP + olja vid topplast)	el olja	8 10
Årlig energibesparing (kkr/år)		18

## Investeringar (kkr)

Värmepump		40
Installationer		145
Jordvärmelager, typ 1		260
Övrigt		8
Projektering		50
Kollektor		75
	Summa	578

## Specifik investeringskostnad:

$$I_1 = -$$

$$I_2 = \frac{\text{inv}}{\text{prod kWh år}^{-1}} = 4,21 \text{ kWh}$$

$$I_3 = \frac{\text{inv}}{\text{sparad kWh år}^{-1}} = 4,41 \text{ kr/kWh.}$$

Pay-off-tid: ca 34 år.

Kommentarer: Med jordvärmelager typ 2 blir totala investeringar 443 kkr och pay-off-tiden ca 26 år.



VALHALLA

## Byggnader:

Läge: Valhallagatan, Göteborg  
 Typ\*: 1-våningsbyggnad  
 Huvudsaklig användning: Omklädnings- för idrotts-  
 anläggning  
 Byggnadsår: 1963  
 Material: Betonghålstén  
 Tak: Eternitskivor  
 Antal lägenheter: -  
 Total uppvärmd yta: 600 m<sup>2</sup>

- \*) I anläggningen ingår 3 st fotbollsplaner om vardera 7 000 m<sup>2</sup>, varav en är uppvärmd vintertid. Under vintern finns också ett tält uppmonterat.

## Befintlig värmeanläggning:

Värmepanna: 1 st oljeeldad panna. (För uppvärmning av planen finns 2 oljepannor om totalt 1 400 kW)  
 Oljeförbrukning: 27 m<sup>3</sup>/år. (För uppvärmning av planen 150 m<sup>3</sup>/år)  
 Pannverkningsgrad: 70%  
 Beräknat energibehov: 190 MWh/år  
 Beräknad max effekt: 100 kW. (För uppvärmning av planen 1 400 kW).

## Tomt:

Disponibel areal: Under en av fotbollsplanerna finns 37 000 m<sup>2</sup> rör lagda. Dessutom finns elkablar och dräneringsrör i marken.  
 Beskaffenhet: 8 - 40 m lera.

## Föreslagen lösning:

Uppvärmning av byggnad och varmvatten.

Jordvärmelager: typ: vertikala slangar i lera,  
 djup 20 m  
 hålmeter: 5 000 PEH 16x1,6 mm  
 areal: 1 000 m<sup>2</sup>  
 volym: 20 000 m<sup>3</sup>  
 temperaturintervall: +4--13,5°C

Värmepump: värmeeffekt: 100 kW  
 täckningsgrad (effekt): 100%  
 värmefaktor: 2,4  
 producerad värmeenergi: 190 MWh/år  
 täckningsgrad (energi): 100%

Kollektor typ rørslingor i fotbollsplan  
 k-värde:  $K \cdot A = 33 \text{ kW/}^\circ\text{C}$ .

## Förutsättningar:

Oljepris: 1 600 kr/m<sup>3</sup> (Eo1)  
 Elenergipris: 20 öre/kWh  
 Pannans verkningsgrad vid topplast: -  
 Ökade underhållskostnader (kk/år): 3

Nuvarande energikostnad (kk/år)		43
Beräknad energikostnad	el	17
	olja	0
Årlig energibesparing (kk/år)		26

## Investeringar (kk):

Värmepump	150
Installationer	170
Jordvärmelager	375
Övrigt	50
Projektering	50
Kollektor	-
	<hr/>
Summa	795

## Specifik investeringskostnad:

$$I_1 = -$$

$$I_2 = \frac{\text{inv}}{\text{prod kWh år}^{-1}} = 4,18 \text{ kr/kWh}$$

$$I_3 = \frac{\text{inv}}{\text{sparad kWh år}^{-1}} = 4,15 \text{ kr/kWh}$$

Pay-off-tid ca 34 år.

ROSENLUND

## Byggnader:

Läge: Inom Vallgraven, Göteborg  
Typ: 4-våningsbyggnad med 2 källarplan  
Huvudsaklig användning: Kontor  
Byggnadsår: 1970  
Material: Betongelement  
Tak: Plåt  
Antal lägenheter: -  
Total lägenhetsyta: 20 000 m<sup>2</sup> (kontorsyta).

## Befintlig värmeanläggning:

Fjärrvärme

## Befintlig kylanläggning:

1 st turbokompressoraggregat om 872 kW kyl-  
effekt utnyttjar vatten från hamnkanalen  
(motoreffekt 162 kW)

1 st kolvkompressoraggregat om 233 kW kyl-  
effekt utnyttjar stadsvatten (motoreffekt 51,5 kW).

## Tomt:

Inom fastigheten finns inga fria markytor.  
Fastigheten gränsar till Vallgraven vars botten  
preliminärt kunde tänkas användas för jordvärme-  
lager.

## Föreslagen lösning:

För affärshus krävs kort pay-off-tid för investe-  
ringar. Preliminära kalkyler antyder att mark-  
lager med värmepump inte är ekonomiskt realis-  
tiskt. Vallgravens botten innehåller många led-  
ningar med osäkert läge som inte får brytas.  
Detta är tekniskt svårt att klara. Projekte-  
ringen har därför inte fullföljts.

## Kommentarer:

Olika driftsstrategier har undersökts. Dels har  
marklagret använts som värmeackumulator, dels  
som värmväxlare för kylaggregaten.

Byggnad typ	Kollektor typ	Jordvl. typ	H=horisont. V=vert.	Värmep. värmeeff. m m kW	Proj. värmeeff. m m	Investeringar, kkr				Årl. kostn. besp. (år) (kkr)	Pay-off- tid (år)	
						Install.	Värmep. lager	Jordv- lager	Koll.			Summa
Karl Staaffsg. bost. 3 vån.	vindkonv. V, lera			340	245	320	320	1045	350	2280	220	10
Glöstorps A bost. 2 vån.	solväxl. H, 4-nivå			210	50	300	320	500	290	1460	96	15.2
Glöstorps B "	" H, 2-nivå			210	50	300	320	300	290	1260	90	14.0
Glöstorps C "	" H, 1-nivå			210	50	300	320	45	290	1005	85	11.8
Toredammen D bost.	vindkonv. V, berg			240	-	240	315	565	160	1280	50	25.6 (<10)
Toredammen E bost.	vindkonv. V, berg			85	-	165	130	215	55	565	18.5	30.5 (<10)
Backatorp bost. 1-3 vån.		V, berg										*
Frillesås växthus	kamfläns- rör	V, lera		30	58	145	40	260	75	578	17	34
Valhalla sportanl.	rör i mark	V, lera		100	100	170	150	375	0	795	23	34
Rosenlund kontor 4 vån												*

\*) Ej helt genomförd projektering.

TABELL 1 Sammanställning av resultaten från de genomförda förprojekteringarna.

Objekt	Värmepump värme- effekt	Total invest	Anläggnings- kostn/värme- effekt	Anläggnings- kostn/lgh	Anläggnings- kostn/prod energi år 1	Anläggnings- kostn/sparad energi år 1	Mängd sparad olja under 1 år	Procentuell oljabesparing
	kW	kkr	kr/kW	kkr/lgh	kr/kWh	kr/kWh	m <sup>3</sup>	%
Karl Staafsg	340	2280	6710	12,3	1,57	1,44	206	75
Glöstorp A	210	1460	6950	-	-	-	105	95
Glöstorp B	210	1260	6000	-	-	-	105	95
Glöstorp C	210	1005	4790	16,8	1,20	1,39	105	95
Toredammen D	240	1280	5330	26,7	2,32	2,60	69	100
Toredammen E	85	565	6650	-	-	-	25	100
Backatorp	-	-	-	-	-	-	-	-
Frillesås	30	578	19270	-	4,21	4,41	18	73
Valhalla	100	795	7950	-	4,18	4,15	27	100
Rosenlund	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELL 2. Specifika kostnader och besparingar.  
Jämförelsetabell.



1 KARL STAAFFSGATAN

Djupjordvärme i befintlig bebyggelse

K-H Hofgren & A Kasza  
K-konsult, Göteborg

## 1. Beskrivning av objektet

<p>Typ Läge Storlek</p>	<p>Objektet består av 3 st 3-vånings bostadshus, förvaltade av AB Göteborgshem och uppförda under åren 1951-52, totalt omfattande 186 lägenheter fördelade på en total lägenhetsyta av ca 11 200 m<sup>2</sup>. Husen är belägna på Hisingen i Göteborg som en del av ett större bostadsområde av 1950-60-talstyp. Detta återspeglas också i husens arkitektur och allmänna byggnadstekniska status.</p>
<p>Teknisk status</p>	<p>Byggnaderna uppvärms medelst en oljeeldad panncentral. Panncentralen är utrustad med tre gjutna sektionspannor med två-stegsbrännare med gemensamt rökgasdistributionssystem med självdrag. Pannorna är tillverkade 1961 (brännarbyte 1974). Varje panna har märkeffekten ca 640 kW. Värmet distribueras direkt via en pumpshuntgrupp till radiatorer, värmeväxlare för tappvarmvattenberedning och till tvättor- kar.</p>
<p>Värmeanläggning</p>	<p>Radiatorsystemets temperaturnivå är dimensionerat till 80/60<sup>o</sup> vid DUT -16<sup>o</sup>C. Returtemperaturen till pannan hålls dock i dag högre dels för att undvika lågtemperaturkorrosion i pannorna, dels för att tillgodose hetvattentorkarnas temperaturkrav. Kompletteras anläggningen med eltorkar och en intern panncirkulationspump kan temperaturnivån i värmesystemet sänkas.</p>
<p>Värmeförbrukning</p>	<p>1974, då AB Göteborgshem övertog fastigheterna, låg den specifika oljeförbrukningen på ca 48 liter/m<sup>2</sup> ly och år. Genom olika energisparåtgärder i panncentralen har den specifika oljeförbrukningen kunnat reduceras till ca 25 liter/m<sup>2</sup> ly och år</p>
<p>Tomt</p>	<p>Ur oljeförbrukningsdata och med antagande om en pannårsmedelverkningsgrad på 70 % har fastigheternas energibehov för ett normalår beräknats till 1 925 MWh/år. Byggnadernas max effektbehov vid DUT -16<sup>o</sup>C har beräknats till 960 kW.</p> <p>Fastigheterna är uppförda på ett mäktigt lerlager (djup &gt; 35 m). Byggnaderna inramar två gårdstomter om vardera 70 x 50 = 3 500 m<sup>2</sup>. Tillgänglig yta begränsas i första hand av att hur nära bebyggelsen man kan tillåta sig att trycka slang utan att byggnadens grund påverkas.</p>



## 2. Förslag till lösning av jordvärmesystem

Allmänna  
överbåganden

En platsinventering gav vid handen att pannornas status var god, varför jordvärmesystemet kan dimensioneras för en optimal energitäckning med oljepannorna som tillsatsvärme vid effektbehovstoppar.

Vid inventeringen av panncentralen framkom också att värmepumpen lämpligen kan installeras i ett f d koksörråd (se bil 2), beläget strax intill panncentralen.

En grovdimensionering visade att en gårdsyta ger ett värmelager med acceptabel energi- och effekt-täckning, varför marginalmerkostnaden för att dela upp lerlagret på två gårdar, och därmed öka jordvärmesystemets energitäckning, ej ansågs vara erforderlig.

Då värmelagret skall ligga i direkt anslutning till bebyggelsen, är det av största vikt att markens geotekniska egenskaper ej påverkas så att sättningar och liknande skador på fastigheterna kan uppstå. Av detta skall bör markens temperatur ej understiga  $0^{\circ}\text{C}$  (frysrisken) eller överstiga  $+25^{\circ}\text{C}$  (max medeltemp  $18^{\circ}\text{C}$  i lagret). Beaktas detta vid valet av kollektorer framstår konventionella solfångarsystem som alltför riskabla m h t alltför hög lagertemperatur. I stället har valts att studera olika typer av luftkollektorer för egen konvektion. Fläktar ansågs kunna ge upphov till störande buller.

Dimensionerande för jordvärmesystemet blir alltså den energimängd, som kan lagras på en gårds-tomt under beaktande av den tillgängliga lervolymen och de temperaturnivåer som kan tillåtas i lerlagret.

Systembe-  
skrivning

Värmepumpen ansluts på kondensorsidan till det befintliga hetvattensystemets returledning enligt bilagor 1 och 3. Hetvattensystemets framledningstemperatur regleras efter rådande utetemperatur (värmeeffektbehov). Vid behov av framledningstemperatur överstigande  $+65^{\circ}\text{C}$  öppnas modulerande motorventil MV-3 och pannorna tillåts starta. Härvid startar pumpen för intern panncirkulation. Denna styrs av en termostät i returledning, som inställs på  $70^{\circ}\text{C}$ , detta för att förhindra lågtemperaturkorrosion i pannorna vid för låg returvattentemperatur. Med denna systemlösning anpassas hetvattensystemets temperaturnivå till rådande värmeeffektbehov. Värmepumpens kapacitet nedregleras vid hetvattenreturtemperaturer överstigande  $+65^{\circ}\text{C}$ .

Värmepumpens förångare ansluts till värmelager och luftkolektorer via en motorshuntventilgrupp. Denna är så kopplad att följande driftfall kan uppfyllas:

- Värmet tas direkt från kolektorerna till v.p.

MV1 stängd åt förångarsidan  
MV2 stängd åt lerlagret

Driftfallet inträffar då lagertemperaturen överstiger kolektortemperaturen samtidigt som kolektortemperaturen är tillräcklig för att försörja värmepumpen.

- Kolektorerna laddar lerlagret och försörjer v.p. med värme.

MV1 stängt åt förångarsidan.  
MV2 öppnar modulerande

Driftfallet inträffar sommartid, då lagret skall laddas samtidigt som värmepumpen skall försörja fastigheterna med tappvarmvatten

- Kolektorerna laddar lerlagret, värmepumpen avstängd.

MV1 stängd åt förångarsidan  
MV2 öppen åt lerlayersidan  
SV1 öppen

- Värmet tas från lerlager till värmepumpen.

MV1 stängd åt kolektorsidan  
MV2 öppnar modulerande

Värmepumpens kapacitetregleras efter utgående köldbärartemperatur. När utgående köldbärartemperatur understiger  $-3^{\circ}\text{C}$  avstängs värmepumpen och pannorna övertar hela värmeproduktionen.

Markackumulatorn (lerlagret) består av 42 000 m PEH-slang med ytterdiameter 16 mm. Slangarna är nedstuckna med en böj i botten och går ner 35 m i marken. c/c borrhål är 2 m, totala antal borrhål 600 st och markytan som avgränsar lerlagret är 2 400 m<sup>2</sup>, se bil 2. Slangarna sammankopplas enligt Tieschelmanns princip.

Fyra olika alternativa utformningar av kolektorer har undersökts:

- Alt A - Enkla 5 m långa kamflänsrör, vilka sammanfogas till batterier om 3 x 10 st

rör. Flänsdiametern är 0,06 m. Flänsrören placeras på taket, tre decimeter ovan takbeklädnaden för att kunna gå fria från snötäckning. Totala höjden över takytan är ca 0,5 m.

Alt B - Standard kylbatterier av den typ som används som egen konvektionsförångare i kylrum. Lamellytan är 150 x 450 mm. Batterilängden är 5 m. Batterierna placeras vertikalt stående på taket med totala höjden 0,7 m.

Alt C - Solabsorbatorer, typ Grängestak eller dylikt, vilka består av aluminiumband med invalsade kopparrör, som infästas i vanlig aluminiumtakplåt. Dessa aluminiumband är svartmålade och utan selektiva strålningsegenskaper.

Alt D - Kylbatterier typ alt B, vilka placeras på gårdsplanen.

#### Dimensionering

Dimensionerande för jordvärmepumpsystemet blir som tidigare nämnts det effektuttag som kontinuerligt kan uttas ur markackumulatorn. Lerlagret har beräknats kontinuerligt under 5,5 månader kunna avge 190 kW. Lagrets max- och min-temperatur har bestämts till +14,8° respektive +3°C med en medeltemperaturhöjning hos glykollösning på 3°C.

Värmepumpen dimensioneras alltså för en kyl-effekt på 190 kW. Lämpliga data för värmepumpen blir då:

Värmeffekt: 340 kW vid 0°C utgående köldbärartemperatur, +60°C utgående värmebärartemperatur

Kompressoreffekt 150 kW

Kyleffekt 190 kW

Köldbärare 45 %-ig etylglykol

Vid dimensionering av kollektorerna har antagits att luftens medeltemperatur under laddningsperioden har legat på 16,2°C. Vidare har medeltemperaturhöjningen hos glykollösning antagits till 2°C.

Erforderligt effektuttag ur kollektorerna har beräknats till 100 kW. För de olika alternativen fås då följande data:

Alt A - k-värde	10 W/m <sup>2</sup> °C
Erf flänsarea	11 000 m <sup>2</sup>
Erf takyta	200 m <sup>2</sup>
Alt B - k-värde	8 W/m <sup>2</sup> °C
Erf flänsarea	14 000 m <sup>2</sup>
Erf takyta	300 m <sup>2</sup>
Alt C - Absorptionsfaktor	0,9
Emissionsfaktor	0,9
Erf takyta (kollektor- yta)	600 m <sup>2</sup>
Alt D - k-värde	5 W/m <sup>2</sup> °C
Erf flänsarea	22 000 m <sup>2</sup>
Erf gärsyta	450 m <sup>2</sup>

Oljebesparing

Förutsättningar

Oljepris (WRD)	1 500 kr/m <sup>3</sup>
Elenergipris	22 öre/kWh
Värmeenergiförbrukning	1 925 MWh/år
Värmeenergi producerad av värmepumpen (ca 75 % energi- täckning)	1 450 MWh/år
Värmefaktor hos värmepump	3
Pannårsmedelverkningsgrad, kontinuerlig drift	0,7
Pannårsmedelverkningsgrad, topplast	0,8
Oljans energiinnehåll	10 MWh/m <sup>3</sup>

Nuvarande energikostnad

$$\frac{1\,925 \times 1\,500}{0,7 \times 10} = 415 \text{ kkr/år}$$

Beräknad energikostnad v.p + P.C

$$\text{Elenergi: } \frac{1\,450 \times 10^3 \times 0,22}{3} = 105 \text{ kkr/år}$$

$$\text{Olja: } \frac{475 \times 1\,500}{0,8 \times 10} = 90 \text{ kkr/år}$$

$$\text{Totalt} \quad 195 \text{ kkr/år}$$

$$\text{Årlig energibesparing blir då} \\ 415 - 195 = \underline{220 \text{ kkr/år}}$$

## Kostnads- kalkyl

En kostnadskalkyl över samtliga de anläggnings- och installationstekniska åtgärder, som krävs för projektets genomförande har utförts. Denna gav ett totalt lägsta och högsta investeringsbehov på mellan 2 015 kkr (konvektor alt B) och 2 380 kkr (konvektor alt D), se bil 4.

Med en energibesparing enligt tidigare fås då pay-offtiden 9 respektive 10,8 år.

### 3. Kommentarer

Samtliga 4 alternativ för utformning och placering av kollektorer (alt A, B, C och D) kräver beviljat byggnadslov. Detta är emellertid enbart en formsak, då inget hinder anses kunna föreligga för att erhålla byggnadslov. Alt D kräver dessutom en tilltalande (och ändamålsenlig) design (i bl a barnsäkert utförande), vilket måste lösas av en arkitekt. Alt A, B och C kräver även tämligen omfattande byggnadsarbeten beträffande erforderlig förstärkning av takkonstruktionen, vilket dock har medräknats i kalkylen (bil 4).

Den installationstekniska delen av projektet omfattande värmepump och kollektorer med tillhörande hjälputrustningar, styr- och reglerkomponenter, rörledningar med armatur m m grundar sig på välbeprövad, konventionell teknik med genomgående standardiserade anläggningskomponenter samt med stor projekteringssäkerhet. Materialval och/eller ytbehandling av kollektorer är dock en viktig detalj m h t den korrrosiva västkustmiljön.

En dominerande del av de prognostiserade kostnaderna är kostnader för jordlager. Utvecklingen borde därför inriktas på att med förbättrande arbetsmetodik samt med olika standardiserings- och rationaliseringsåtgärder kunna minska dessa kostnader och därmed uppnå en bättre lönsamhet. Med tanke på att uppvärmningen av den befintliga bebyggelsen till övervägande del är oljebaserad samt m h t att projektet medför en prognostiserad minskning av oljeförbrukningen från nuvarande till ca 30 % borde en sådan utveckling onekligen bli eftersträfvansvärd.

I viss litteratur har angivits betydligt högre k-värden för egenkonvektionskollektorer (och därigenom mindre dimensioner och lägre anläggningskostnader) än de som använts vid dimensioneringen av luftkollektorerna. Fortsatt arbete bör därför även inriktas på att undersöka vilka typer, utföranden och temperaturnivåer som är mest lämpliga för kollektorer.

Beräkningar utförda av Jordvärmegruppen har visat att en höjning av markackumulatorns maxtemperatur från  $+14,8^{\circ}\text{C}$  till  $+16^{\circ}\text{C}$  ger en högre överförbar effekt och en större energimängd kan lagras, per meter slang, under i övrigt oförändrade förhållanden.

En höjning av marktemperaturen förutsätter att kollektorer, vilka utnyttjar strålningsvärmets, används helt eller delvis. Tas hänsyn till anläggningskostnad och tillgänglig takyta utförs kollektorerna lämpligen som en kombination av solfångartak och kylbatterier (grundalternativ B och C). På så sätt kan kylbatterierna utnyttjas under vår och höst, då solstrålningen inte är tillräckligt stark men luftens energinnehåll ändå kan tillvaratas för ackumulatorladdning och värmepumpdrift.

Den specifika höjningen av överförbar effekt och lagrad energi kan utnyttjas på två olika sätt:

1. Oförändrad ackumulatorstorlek och slanglängd

Höja uttagbar effekt och energi och därmed höja jordvärmesystemets energitäckning.

2. Oförändrat energi- och effektuttag

Minskning av ackumulatorstorlek och därmed minskning av anläggningskostnaden

En grodimensionering och en preliminär ekonomisk kalkyl genomförs nedan för dessa systemlösningar och för grundalternativ B med luftkollektorernas k-värde höjt till  $16 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Troligen är den tekniskt och ekonomiskt gynnsammaste lösningen en kombination av dessa olika systemalternativ. Beräkningsmetoder och ingångsdata är i dag dock inte tillräckligt säkra för att ge tillförlitligt dimensioneringsunderlag för en sådan optimering. Resonemanget vill i stället först och främst peka mot möjligheterna att förbättra projektets ekonomi.

1. Oförändrad ackumulatorstorlek och slanglängd

Uttagbar ackumulatoreffekt höjs till 250 kW.

Uttagbar ackumulatorenergi höjs till 1 000 MWh/år

Kollektorer: enligt grundalternativ C +  
+ 1 000  $\text{m}^2$  kylflänsyta

Värmepump: kondensoreffekten höjs till 440 kW, oförändrad årsmedelvärmefaktor

Anläggningskostnaden: Ökar med ca 135 kkr till 2 185 kkr

Jordvärmesystemets energitäckning höjs till 1 780 MWh/år (ca 90 % energitäckning)

Beräknad energikostnad:

$$\text{Elenergi} \quad \frac{1\,780 \times 10^3 \times 0,22}{3} = 130 \text{ kkr}$$

$$\text{Olja} \quad \frac{145 \times 1\,500}{0,8 \times 10} = 27 \text{ kkr}$$

$$\text{Årlig besparing} \quad 415 - 157 = 258 \text{ kkr}$$

$$\text{Pay-offtid} \quad \frac{2\,185}{258} = \underline{8,4 \text{ år}}$$

2. Oförändrat energi- och effektuttag

Akkumulatorns markyta minskar till 1 800 m<sup>2</sup>

Akkumulatorns slanglängd minskar till 31 500 m

Kollektorer enligt grundalternativ C

Värmepump oförändrad (möjligen skulle värmefaktorn på grund av temperaturnivåhöjning förbättras)

Anläggningskostnaden minskar med ca 205 kkr till 1 845 kkr

Årlig energibesparing oförändrad 220 kkr

$$\text{Pay-offtid} \quad \frac{1\,845}{220} = \underline{8,4 \text{ år}}$$

3. Grundalternativ B med oförändrade ackumulatorförhållanden och med oförändrad energitäckning men med reducering av antalet kylbatterier genom höjning av k-värdet på desamma till 16 W/m<sup>2</sup> OC.

Anläggningskostnaden minskar med ca 150 kkr till 1 865 kkr

Årlig energibesparing oförändrad 220 kkr

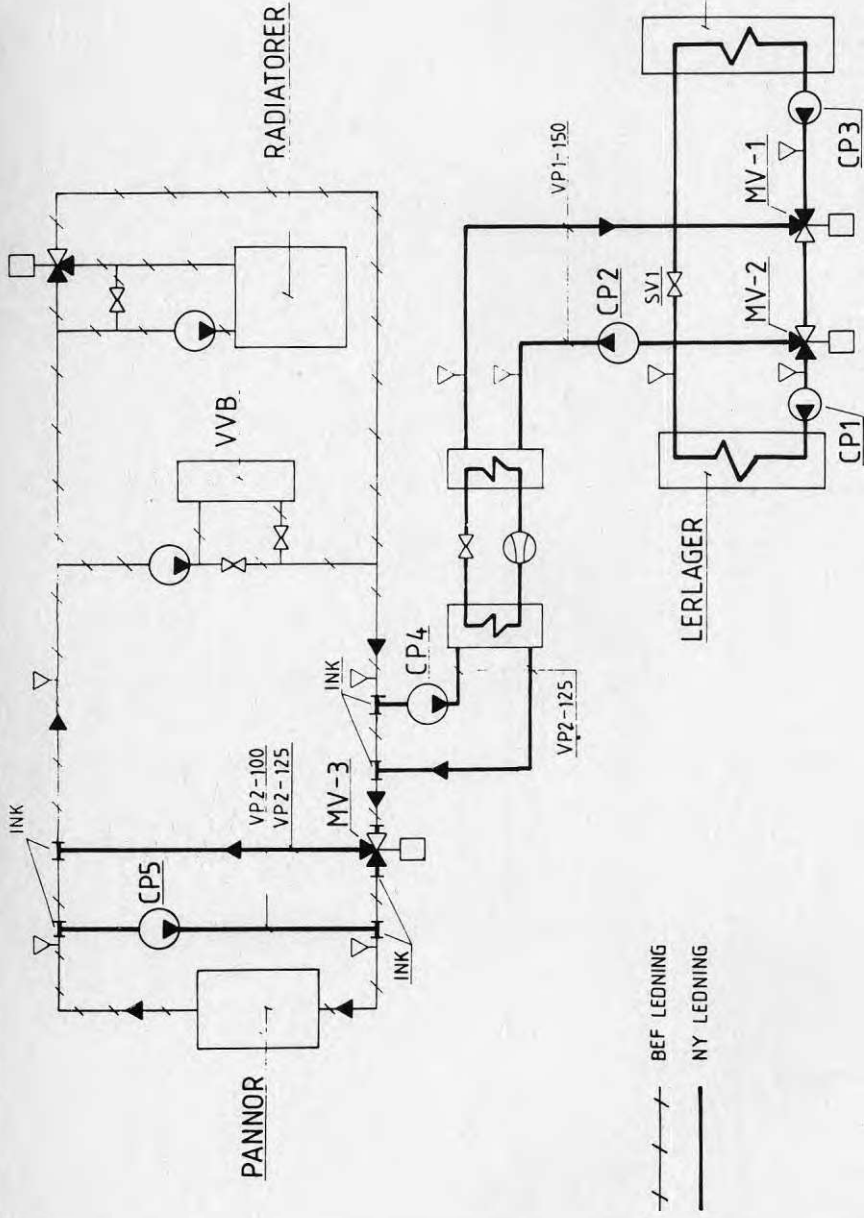
$$\text{Pay-offtid} \quad \frac{1\,865}{220} = \underline{8,5 \text{ år}}$$

Projekt Hisingen (Karl Staafsgatan)Kostnadssammanställning

1. Värmepump inkl. intern styrutrustning samt igångkörning	320.000:-		
2. Installationer inom värmepumprum och pannrum samt inkl. elservis	320.000:-		
3. Jordlager	1.045.000:-		
4. Etableringskostnader, byggprovisorier, markåterställning (exkl. jordlageryta) mm	75.000:-		
5. Projektering	<u>170.000:-</u>		
	1.930.000:-		
6. Konvektoranläggning alt. A. Inkl. stamledning	1.930.000:-	+ 350.000:-	= 2.280.000:-
7. Konvektoranläggning alt. B. Inkl. stamledning	1.930.000:-	+ 470.000:-	= 2.400.000:-
8. Konvektoranläggning alt. C. Inkl. stamledning	1.930.000:-	+ 345.000:-	= 2.275.000:-
9. Konvektoranläggning alt. D. Inkl. stamledning	1.930.000:-	+ 575.000:-	= 2.505.000:-
	alt.		
	1.930.000:-	+ 675.000:-	= 2.605.000:-



BETR. BETECKNINGAR  
SE BILAGA 3



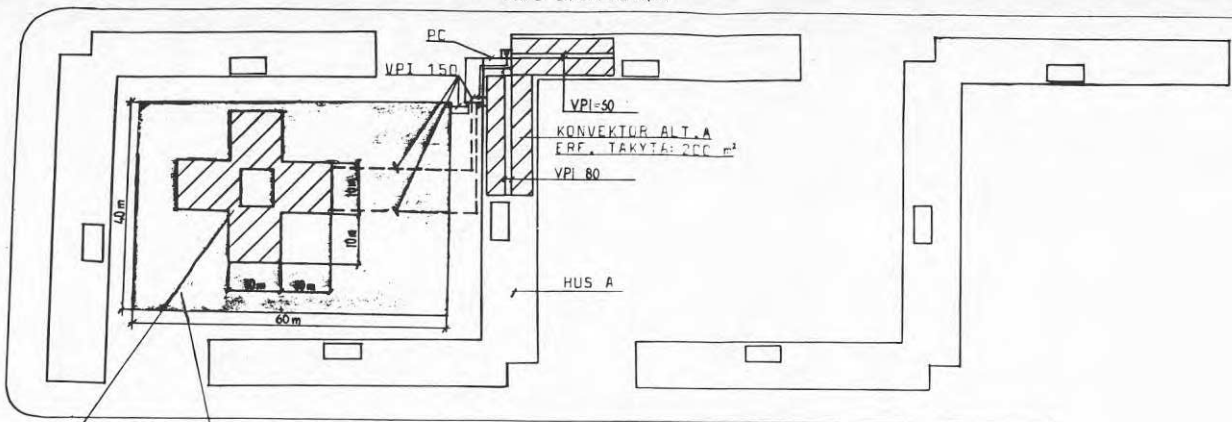
BEF LEDNING  
 NY LEDNING

REG	ANT	REGISTRERINGEN AVSER	SKALA	DATEM
			SKALA	
<b>K-KONSULT</b> INGENJÖRER OCH ARKITEKTER				
FÖRÅG KONSTRUKTÖR OCH ANV K-H H		GRANSKAD AV A.K.	ANSÖKNUMMER 64083-003-45	NOD TYP POS
ÖVERSEER Oskars Skarv		Tekn. Skrift		REG VS03
CTH-JORDVÄRMEGRUPPEN PC VID KARL STAFFSGATAN. VÄRMEPUMP SOM KOMPLEMENT TILL BEF OLJELEDAD PANNCENTRAL.				
39				

# BILAGA 2

BETH. BETECKNINGAR  
SE BILAGA 3

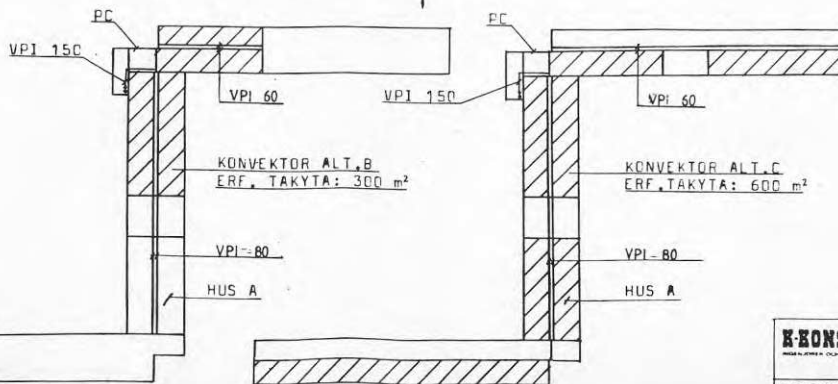
KARL STAFFSGATAN



ARVID LINDMANSGATAN

KONVEKTOR ALT. D  
ERF. CÅRDSYTA: 440 m<sup>2</sup>

LERLAGER, AVGRÄNSAD YTA: 60x40=2400 m<sup>2</sup>  
 ✓ BORRHÅL=2,0m BORRHÅLSDJUP=35 m  
 TOTALT ANTAL BORRHÅL: 30x20=600 ST.  
 TOTALT ANTAL METER SLANG: 42.000 m



SITUATIONSPLAN AVSEENDE PÅ PLAN 1

**KONSULT**

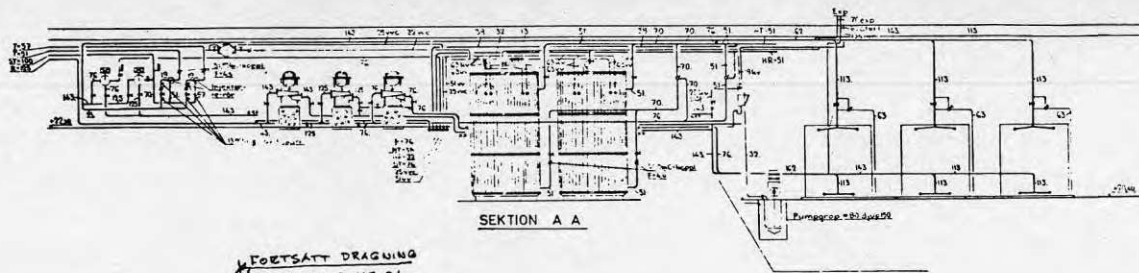
K.K. K-HH 14085-001-15

*[Handwritten signature]*

AB GÖTEBORGSHEM  
PC KARL STAFFSGATAN  
SITUATIONSPLAN

40

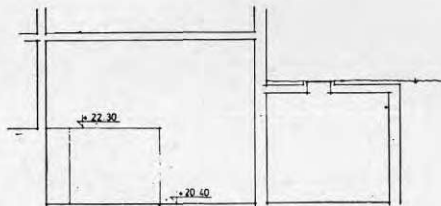
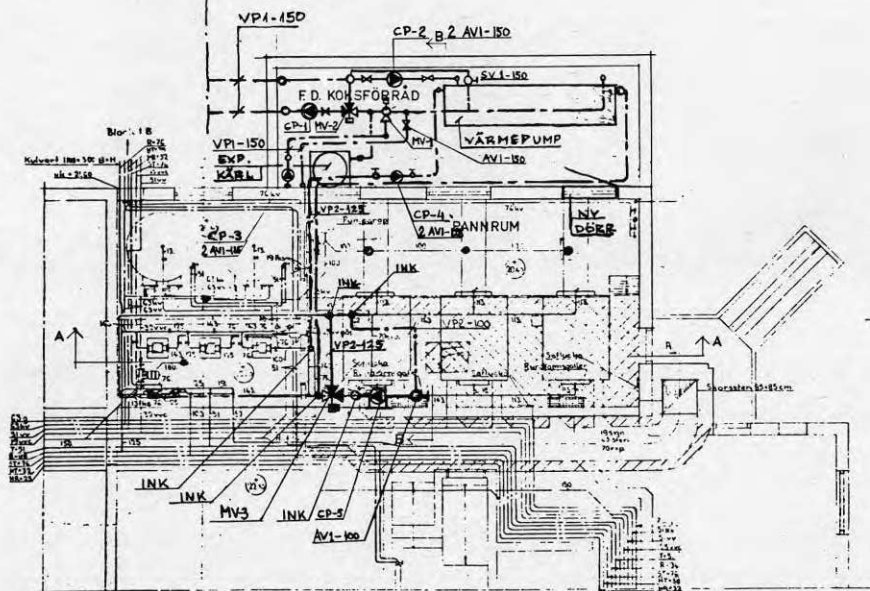
VSD1



**BELEGNINGAR**  
 VP1-00= LEDNINGAR MELLAN FÖRÄNGARE OCH LERLAGER-KOLLEKTOR  
 VP2-00= LEDNINGAR MELLAN KONDENSOR OCH BEF.VÄRMESYSTEM.  
 MV-00= RÖTGRVNTIL.  
 CP-00= CIRKULATIONS PUMP.  
 AV1-00= AVSTÄNGNINGSVÄNTIL.

— BEF. LEDNING  
 — NY LEDNING

FÖRTSATT DRAGNING  
 SE RITNING NR: VS 01



SEKTION B-B

CTH-JORDVÄRMEGRUPPEN PC VID KARL STAFFSG. VÄRMEPUMP SOM KOMPLEMENT T...  
 BEF. OLJELEDAD PANNCENTRAL

<b>KONSULT</b> AB GÖTEBORGSHEM PC KARL STAFFSGATAN PLAN, SEKTIONER	41
	VS 02



## 2 GLÖSTORP

Lågtemperatursolfångare och marklagring  
i lera med horisontella rörssystem

Göran Hultmark  
Bengt Dahlgren AB, Göteborg

## 1. Beskrivning av objektet

Typ Läge Storlek	Objektet består av 5 st tvåvånings huskropppar, som är uppförda under åren 1960 - 61 och omfattar totalt 60 radhus med en total lägenhetsyta av cirka 4600 m <sup>2</sup> . Husen är belägna i Tuve, ett av Göteborgs norra ytterområden.
Värmeanläggning	Byggnaderna uppvärms med en oljeeldad panncentral. Panncentralen är utrustad med fyra pannor. Värmen distribueras till två pumpshuntgrupper för radiatorer och till värmeväxlare för tappvarmvattenberedning samt till tvättorkar.  Radiatorsystemet kräver en framledningstemperatur av 65°C vid dimensionerande utetemperatur -16°C och vid utetemperatur av 0° krävs 45°C framledningstemperatur. De så kallade svalgångshusen kräver 5°C högre framledningstemperatur än övriga radhus.  För att kunna hålla framledningstemperaturerna låga måste hetvattentorkar, som kräver höga temperaturer, utbytas mot elvärmare. Anläggningen bör kompletteras med en panncirkulationspump som möjliggör en högre temperatur i pannkretsen för att undvika lågtemperaturkorrosion i pannorna.
Värmeförbrukning	För ett normalår har uppmätts en oljeförbrukning av 110 m <sup>3</sup> E01. Verkningsgraden är bedömd till 0,8, vilket är ett högt värde, som beror på att pannorna går in i steg efter varandra. Nettoförbrukningen för ett normalår blir 880 MWh.  Dygnsmaxeffekten är beräknad till 305 kW och timmaxeffekten till 360 kW. Beräkningen gäller för ett normalår.
Tomt	Fastigheterna är uppförda på lera. Lerdjupet varierar mellan 6-10 m. Byggnaderna är uppförda runt en gräsyta på 5000 m <sup>2</sup> (35 x 140 m). Åtkomligheten bör vara god eftersom inga större trädgårdsanläggningar är utförda på området.

## Tak

Takytorna på de flesta av husen är orienterade i öst-västlig riktning.

Lutningen på taken är 4° varför väderstrecken har liten betydelse vid solenergiutnyttjande.

Taken är pappbetäckta och eventuellt i behov av renovering.

Relativt få uppskjutande delar finns på taken.

## 2. Förslag till lösning av jordvärmesystem

Allmänna  
överväganden

Planlösning för området ger ett begränsat utrymme för utnyttjande av marken som värmekälla (cirka 3500 m<sup>2</sup>).

För att effektivare kunna utnyttja marken, samt för att kunna erhålla större energitäckning under året utnyttjas solabsorbatorer som energi-producenter under större delen av året. Dessa utnyttjas även för att återställa markens temperaturförhållanden och i viss mån höja markens temperatur.

På detta sätt behöver marken endast utnyttjas under cirka 3 månader som årslagrare av energi, medan den utnyttjas under större delen av året som korttidslagrare mellan solstarka och solsvaga perioder.

Systembe-  
skrivning

På befintligt papptak placeras takplåtar med infästade rör (solabsorbator). I dessa rör cirkulerar vatten med fryspunktnerdsättande medel (brine), som transporterar energin vidare till värmepumpen eller marken.

En trevägsventil (i framledning) styr brinet genom solabs när temperaturen är högre i solabs än returen från markackumulatören. I motsatt fall styrs brinet direkt till markackumulatören. Trevägsventilen i returledningen från markackumulatören reglerar i första hand brinet till ökat flöde direkt från solabs. När returtemperaturen till värmepumpens förångare inte är tillräckligt hög styrs trevägsventilen till läge så att hela flödet går genom markackumulatören.

När värmebehov föreligger höjs värmevattnets temperatur i en eldriven värmepump vars kondensersida står i förbindelse med radhusområdets värmesystem. Vid högt temperaturbehov och höga effekttoppar kopplas de befintliga pannorna in.

Värmepumpen klarar att hålla tillloppstemperaturen vid +50°C. Om tillloppstemperaturen understiger +50°C skall oljepannan få startimpuls. För att förhindra onödiga start och stopp skall pannorna förses med tidsfördröjning.



Varmvattnet bereds i en varmvattenanläggning med två seriekopplade värmeväxlare som värmer varmvattnet i en ackumulatortank. Utgående varmvattentemperatur regleras till +46°C.

#### Dimensionering - Solabsorbatorerna

Solabsorbatorerna, som även tjänar som takbeläggning, består av aluminiumband, med invaldade kopparrör, som fästs i vanlig aluminiumtakplåt.

För att kunna utnyttja den tillgängliga markytan måste relativt stora förluster accepteras under sommar, samtidigt som solabsorbatorerna ger tillräckligt energibidrag alla månader utom november, december, januari och februari.

Med denna dimensionering måste 1000 m<sup>2</sup> utnyttjas, vilket motsvarar större delen av takytan på hus A och B.

#### - Markackumulatorn

3 st olika utformningar av markackumulatörer har studerats. (A, B och C).

##### A. 4 - nivåsystem

I detta utförande utnyttjas en markvolym på cirka 10.000 m<sup>3</sup> som ackumulator.

Detta göres genom att placera 14.000 m rör (PEH  $\phi$  20 mm) i 4 nivåer mellan 1,6 och 2,5 m under markytan. Frysning av marken utnyttjas icke.

##### B. 2 - nivåsystem

I detta utförande utnyttjas isfrysning av leran i två nivåer. Frysningen blir kraftigare än för ett konventionellt ytjordvärmsystem, men ett ofruset mellanrum finns mellan iskärnorna.

Den övre rörnivån är belägen cirka 75 cm under markytan och den nedre cirka 1,5 m. Total erforderlig slanglängd blir cirka 7.000 meter.

### C. 1 - nivåsystem

Möjligheten att utnyttja konventionell utjordvärmedimensionering - med cirka 3.500 m slang placerad 1 m under markytan med ett inbördes avstånd av 1 m - finns.

Belastningen som erfordras på värmeupptagaren är väldigt hög, varför ett relativt kompakt isskikt bildas med åtföljande låga brinetemperaturer. (Under  $-10^{\circ}\text{C}$  på utgående brine).

Kollektorn blir förhållandevis mycket billig att utföra.

Beräknad oljebesparing

Nuvarande oljeförbrukning är enligt tidigare cirka  $110 \text{ m}^3$  per år.

Under 5 vintermånader beräknas oljepannan behöva utnyttjas för att klara effektopparna.

Nettoenergibehovet som skall täckas av oljepannan är endast cirka 40 MWh.

På grund av den erforderliga tidsfördröjningen vid start och stopp av pannan beräknas pannverkningsgraden vara 60% och oljebehovet således  $7 \text{ m}^3$  olja per år.

Erforderlig energi till cirkulationspumpar och hjälputrustning beräknas till 25 MWh elenergi per år.

Erforderlig energi till värmepumpens elmotor varierar beroende på vilken typ av markkolektor som skall utnyttjas.

Det totalt resterande nettoenergibehovet, som skall täckas av värmepumpen är 840 MWh.

Årsmedelvärmefaktorn varierar mellan 3,1 för alt A, 2,8 för alt B och 2,6 för alt C.

Elenergiåtgången till värmepumpens elmotor blir således för alt; A = 270 MWh, B = 300 MWh, C = 325 MWh.

## Ekonomi

Den bedömda investeringskostnaden fördelar sig enligt följande:

Värmepump	320 tkr
Solabsorbatorer	290 tkr
Utrustning, panncentral	300 tkr
Projektering	<u>50 tkr</u>
Summa:	960 tkr

Markackumulator alt A, 4-nivå	500 tkr
Markackumulator alt B, 2-nivå	300 tkr
Markackumulator alt C, 1-nivå	45 tkr

Med ett elpris på 20 öre/kWh, ett oljepris på 1.700 kr/m<sup>3</sup> och en årlig ökad underhållskostnad på 20.000 kr/år kan följande tabell uppställas:

	Investe- ring	Besparing första året	Pay-off tid (exkl räntor)
System alt A	1460	96	15.2
System alt B	1260	90	14.0
System alt C	1005	85	11.8

### 3. Projektörens kommentarer

Tekniska  
problem

De tekniska - ekonomiska problemen hörrör sig huvudsakligen från kostnaden för solabsorbatorerna och frysningen av marken.

Kostnaden för uppförandet av solabsorbatorerna kan reduceras om behov av förbättring av byggnadernas taktytor föreligger.

Frysningen av marken, både enligt alternativ B och C, är väsentligt hårdare än vad som normalt är fallet vid ytjordvärmesystem.

De geologiska konsekvenserna måste tagas under beaktande.

Bygg- och in-  
stallations-  
tekniska kon-  
sekvenser

Under byggnadstiden och något år efter kommer den upptagna markytan ej att kunna utnyttjas för något ändamål.

Platsen i panncentralen är något knapp för värmepumpen och den nya varmvattenberedaren som även kan vara problematisk att få på plats.

Varmvattentemperaturen måste sänkas till en nivå som varierar mellan +50°C och +46°C. Detta medför ökade flöden i varmvattensystemet, vilket dock icke bedömes vara något problem.

Flexibilitet

Systemet måste anses vara flexibelt då relativt små marktytor behövs upptagas och så gott som alla typer av mjukmark kan utnyttjas.

Solabsorbatorerna kan även i vissa fall ersättas med annan typ av värmetillförsel.

Standardise-  
ring och svag-  
heter

Kostnaden kan reduceras vid mångfaldigande framförallt för solabsorbatorer och markkolekter.

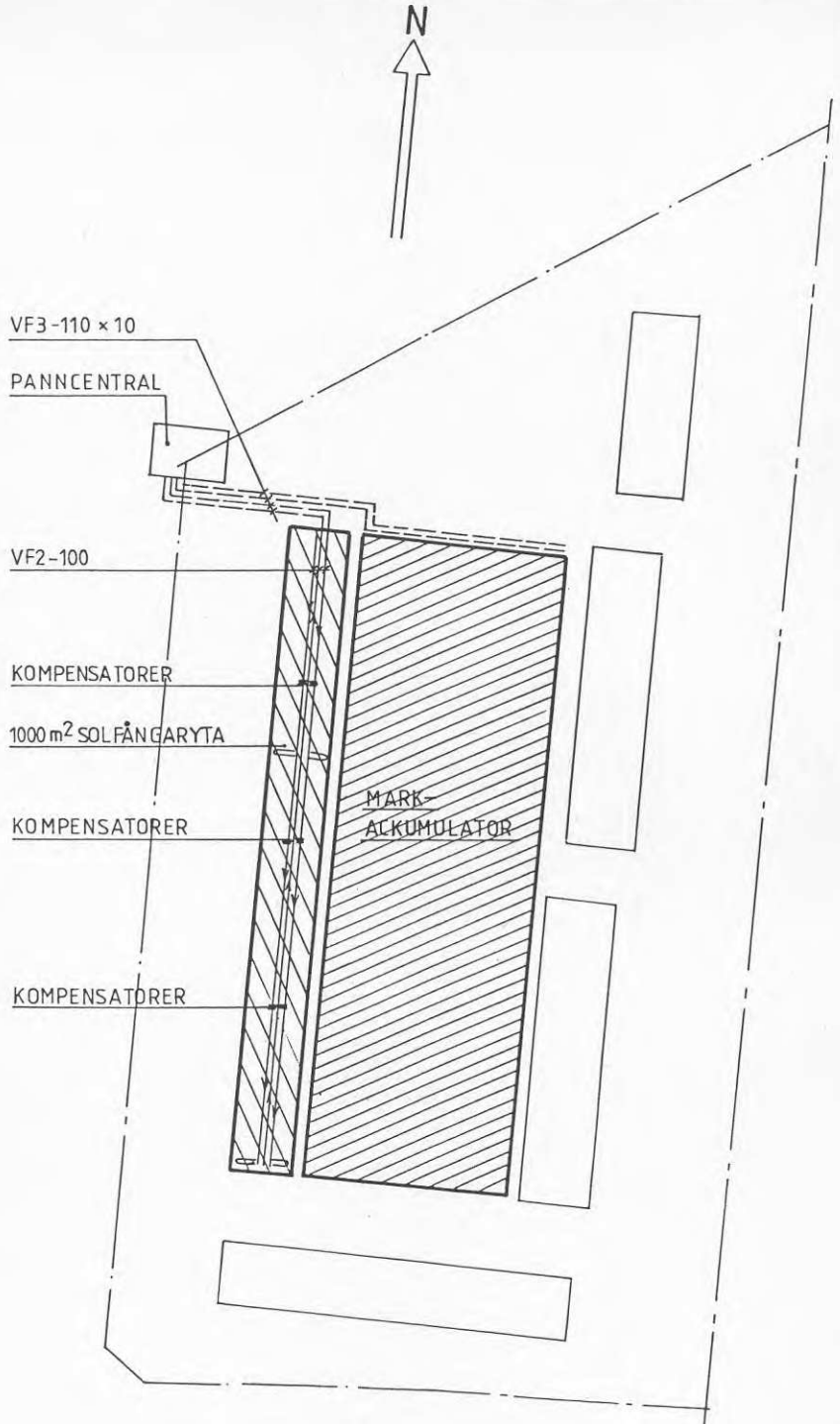
För solabsorbatorerna kan rationell framställning öka förutsättningarna för lägre pris.

För markkolektorn kan utnyttjande av maskiner som utan att schakta lägger ner flera parallella rör samtidigt reducera kostnaden väsentligt, då materialkostnaden ännu är en mycket liten del av totalkostnaden.

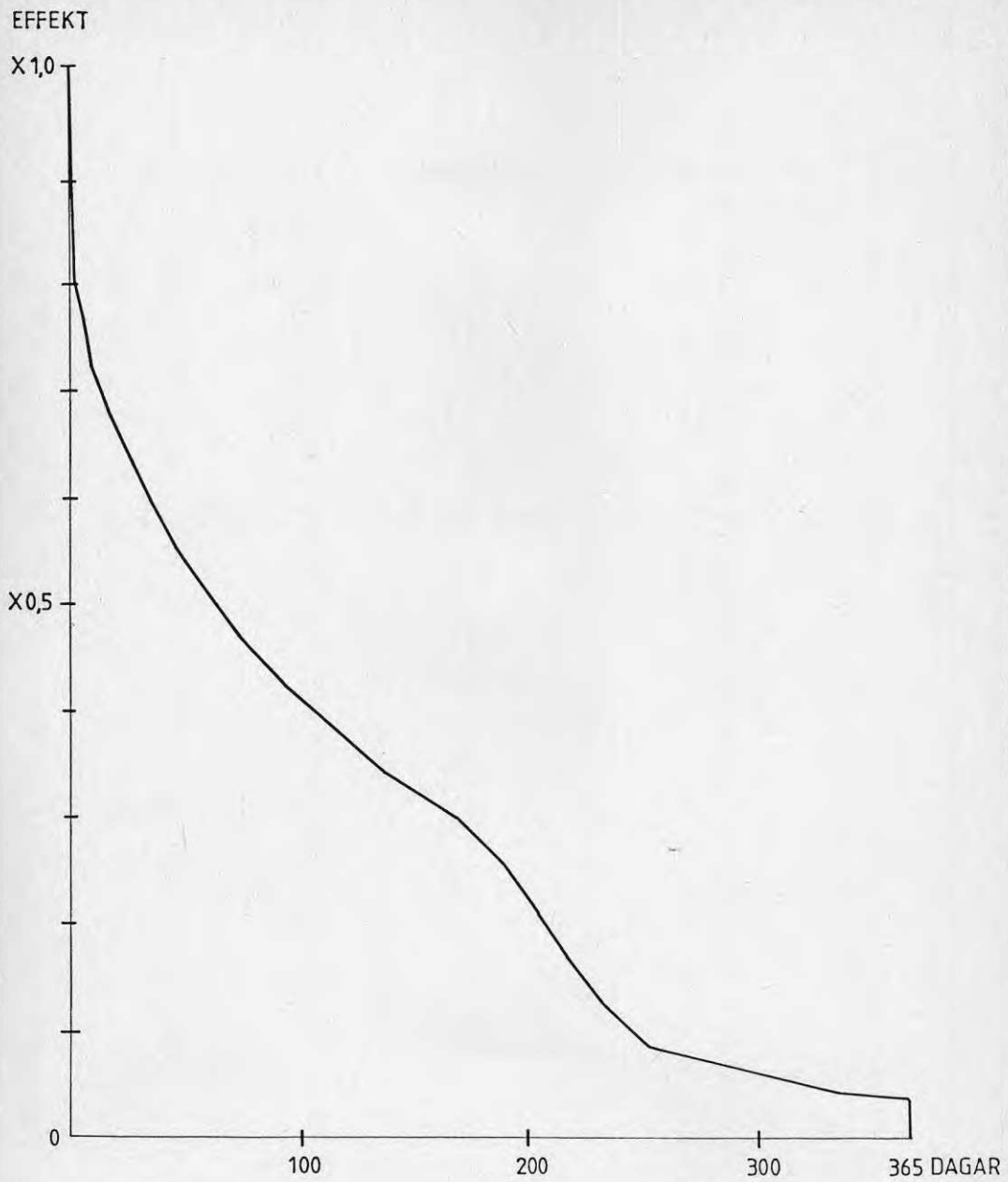
Det förhållandevis låga priset på alternativ C härrör sig framförallt från att tekniken är väl känd.

I priset för både alternativ A och B ligger kostnader för utveckling av utrustning för att för ner rören i marken.

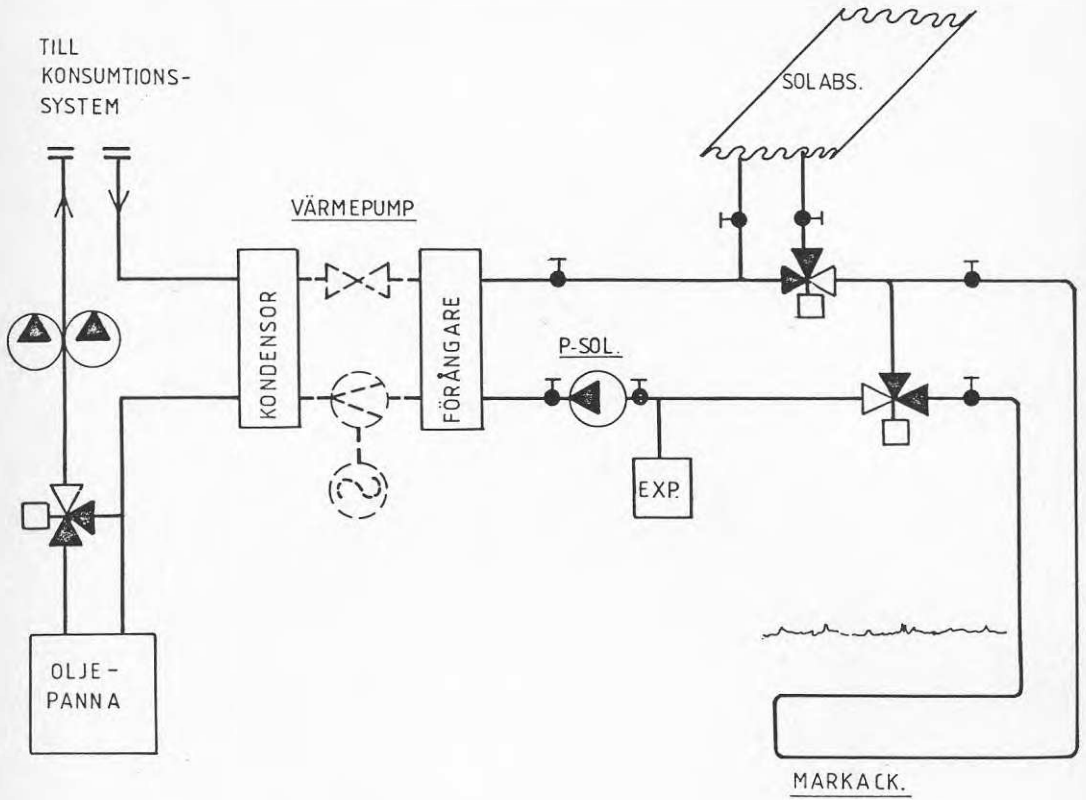
I alternativ B behövs lika många schaktmeter som i alternativ C, men med två rör i varje schakt. Med rationell känd teknik torde priset för markackumulatören enligt alternativ B kunna reduceras från 300 tkr till 100 tkr eller lägre. Detta pris skulle då stå i rimlig relation till alternativ C.



Figur 1 Situationsplan

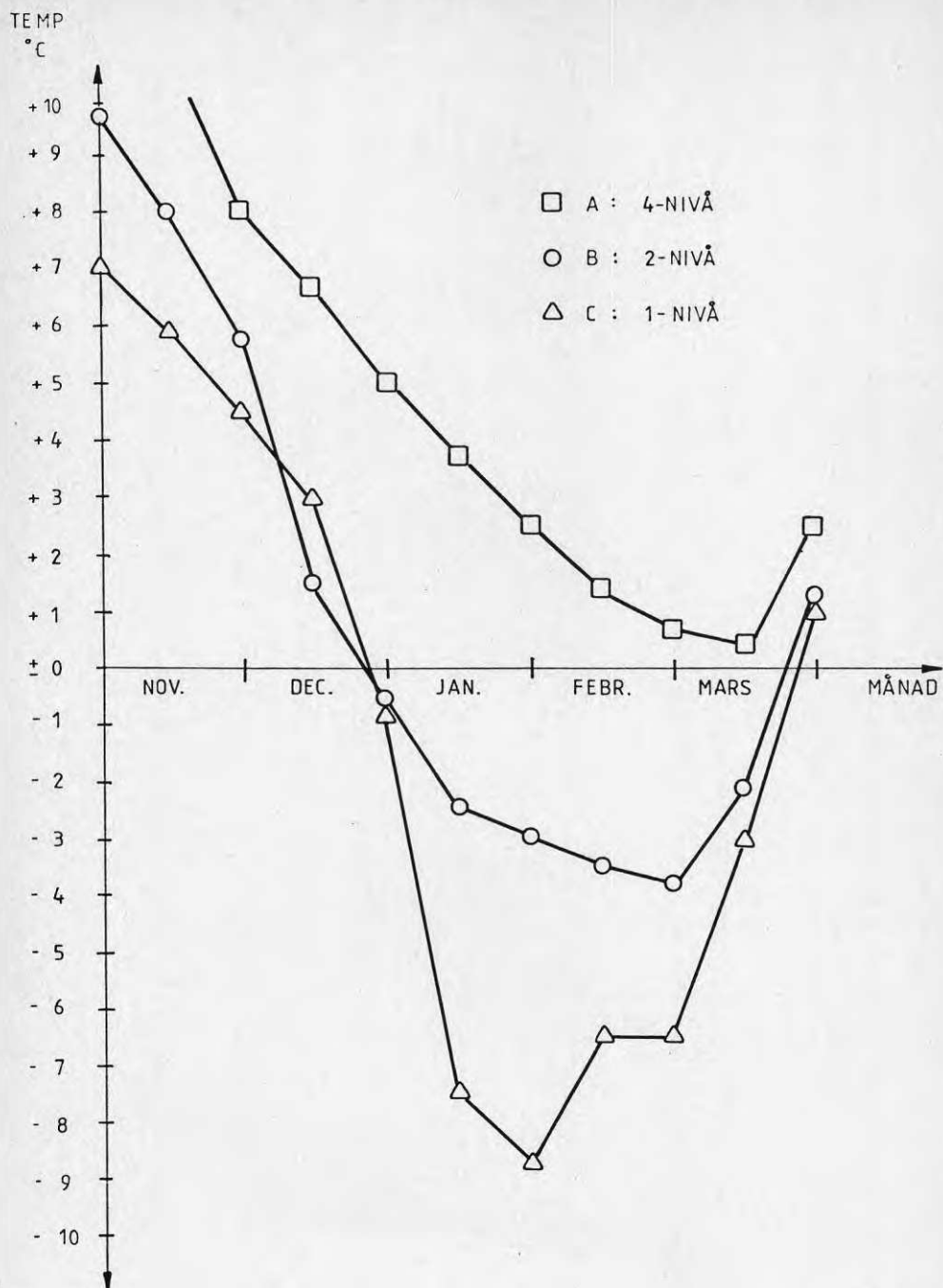


Figur 2 Nettoenergibehovets varaktighet.

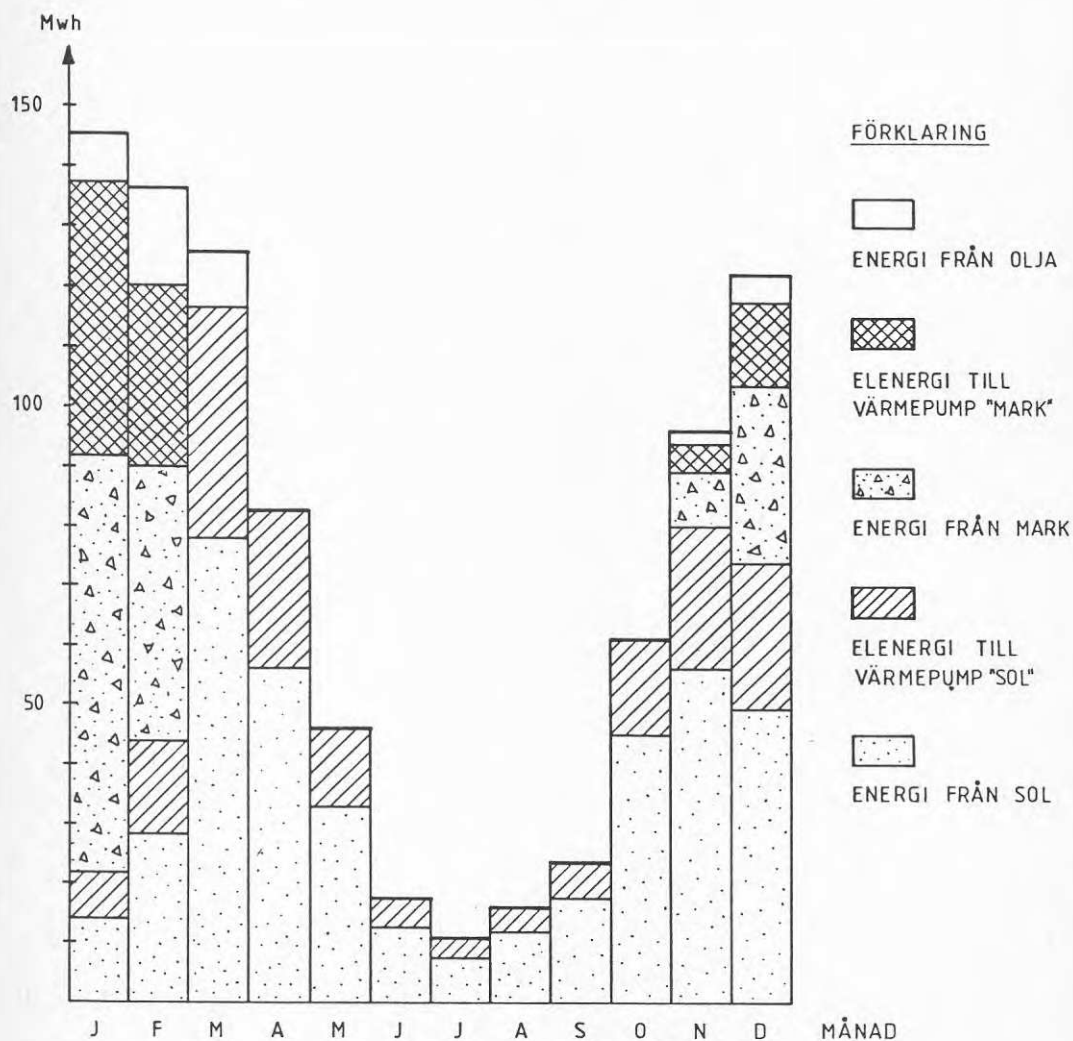


Figur 3 Principschema





Figur 5 Brinemedeltemperaturer för de olika systemtyperna under vintermånaderna.



Figur 6 Månadsvis energiförbrukning för systemtyp B.

## 3 TOREDAMMEN

Ytjordvärme i berg

Torbjörn Samuelsson  
Energiprojekt AB, Göteborg

## TOREDAMMEN

Beskrivning av objektet

- Typ: Flerbostadshus med planerad byggstart 1981/82.
- Läge: Området är beläget i västra Göteborg inom stadsdelen Nya Varvet med gatuadress Hästeviksgatan.
- Storlek: Området kommer att bestå av 22 st flerbostadshus om 2-6 våningar.  
Antalet lägenheter kommer att uppgå till ca 650 st.  
I denna förstudie har valts två hus:  
Hus D med **48** lägenheter (~~3400~~ m<sup>2</sup> ly)  
Hus E med **17** lägenheter (~~1200~~ m<sup>2</sup> ly)
- Teknisk status: Då husen till stor del ännu inte är projekterade är material m m i byggnaderna oklart. Grundläggningen kommer dock att ske direkt på berget eller i vissa fall på sprängstensuppfyllnad.
- Värmeanläggning: Värme kommer att erhållas från en oljeeldad panncentral i området, som via ett kulvertnät leds till de olika byggnaderna.  
I varje hus kommer att finnas en undercentral där tappvarmvatten bereds och där primärvärmevattnet shuntregleras till rätt sekundärtemperatur.  
Primärsystemet är dimensionerat för driftstemperaturerna 90/70°C kontinuerligt och sekundärsystemen för 80/60°C vid dimensionerande utetemperatur. Sekundärtemperaturen kommer att regleras med hänsyn till rådande utetemperatur.  
Max värmebehov för hus D = 240 kW  
Max värmebehov för hus E = 85 kW

- Värmeförbrukning: Energiförbrukningen har för de båda husen beräknats till  
 för hus D - 550 MWh/år  
 för hus E - 195 MWh/år
- Tomt: Tomten består till största delen av berg idagen och är ganska kuperad.  
 Husen kommer att placeras med hänsyn till tomtens utseende varför nivåskillnanden mellan husen blir ganska stor.

#### Förslag till lösning av jordvärmesystem

##### Allmänna överväganden:

I denna förstudien har som tidigare nämnts två byggnader speciellt studerats. Byggnaderna är av varierande storlek och det är därför intressant att se hur storleken påverkar ekonomin.

Akkumulering av värme kommer här att ske i ett bergvärmelager, ett för varje hus, varför bergvärmelagrets utseende speciellt har studerats.

Figur 1 och 2 visar två alternativa lösningar.

Vid alternativ 1 har borrhålen koncentrerats i en rektangel medan i alternativ 2 har borrhålen förlagts i stort sett ut med hela husets längd.

Då förberedelse-och återställningsarbeten i marken är mycket kostsamma visar en mycket grov uppskattning att alternativ 2 bör vara det mest ekonomiskt gynnsamma alternativet.

Värmelagrets kontakt med omgivande bergmassor är också större i alternativ 2 varför känsligheten vid dimensionering av ackumulatören blir mindre.

Systembeskrivning: Se principschema figur 3 och 4.

Systemlösningen för de båda fastigheterna är lika varför enbart flöden, rördimensioner m m skiljer mellan figur 3 och 4.

Under den varma årstiden, d v s då enbart värmebehov finns för varmvattenproduktion, pumpas värme från kollektorerna med pump P1 till bergvärmelagret. På detta sätt laddas bergvärmelagret.

Värmepumparna sänker den cirkulerande köldbäraren, kalciumkloridlösningen, ytterligare några grader innan den går tillbaka till kollektorerna. Därigenom kan värmepumparna producera erforderlig värme för tappvarmvatten.

Då värmebehov föreligger kan värme tas från bergvärmelagret eller enbart från kollektorerna, placerade på byggnadernas yttertak.

Styrventilerna SV1 och SV2 styrs så att önskad flödesriktning erhålls.

Värmepumparna avger producerat värme till ett värmesystem där pump P2 laddar ackumulatorn.

Pump P3 cirkulerar varmvatten genom värmväxlaren för tappvarmvatten och styrventilen för radiatorgruppen svarar för att rätt framledningstemperatur till radiatorerna erhålls.

Värmepumpanläggningarna dimensioneras för att klara hela värmeeffektbehovet, därför kommer flödet på "förbrukarsidan" att kraftigt variera genom att pump P3 och P1-VS tar sitt värme ut ackumulatorn störs inte cirkulationen genom värmepumparnas kondensorer, utan detta flöde kan hållas konstant.

## Dimensionering:

Bergvärmelagret för hus D, som framgår av figur 1 och 5, innehåller 6300 m slang placerade i 63 st 50 m djupa borrhål.

Borrhålsraden har formen av en solfjäder och centrumavståndet mellan borrhålen i markytan är 1 m och på 50 m djup 7 m.

Mellan varje sådan "solfjäder" är avståndet 4 m.

Bergvolymen som värmelagring sker i är ca 50000 m<sup>3</sup>.

Rörmaterialet är PEH, både i u-rör och i samlings- och fördelningrör.

**Ur** kostnadssynpunkt finns billigare material att tillgå men då metallkopplingar förlagda i mark inte har godtagbar livslängd kommer rörkopplingarna att stumsvetsas.

Bergvärmelagret för hus E innehåller i alternativ 2 24 st borrhål med 50 m djup. Detta innebär att slanglängden är 2400 m och även här används PEH-rör.

För båda husen har u-rören dimension 32 x 3,0.  
Övriga dimensioner framgår av figur 1 och 2.

Värmepumparna dimensioneras för att klara hela värmeeffekt behovet, vilket som tidigare nämnts blir för hus D 240 kW och för hus E 85 kW.

Här har föreslagits att värmepumpeffekten uppdelas i 3 steg per anläggning, vilket betyder att 3:e värmepumpsteget kan utgöra reserv till de båda övriga stegen under större delen av året.

Med totala driftsförhållandena  $\pm 0/+60^{\circ}\text{C}$  blir värmefaktorn ca 2,8.

Radiatorsystemet kommer som tidigare nämnts att dimensioneras för 80/60<sup>o</sup>C vid dimensionerande utetemperatur.

Med värmepumpdrift blir maximal framledningstemperatur +55<sup>o</sup> varför radiatorernas storlek behöver ökas.

Kollektorerna placeras på husens yttertak och utgörs av flänsade kopparrör med 50 x 50 mm flänsar med delning 8 mm.

Mängden kollektorer beror på värmelagrens utseende.

I alternativ 2 får lagret större kontakt med omgivande bergtytor varför kollektor-ytan avsevärt kan minskas.

I alternativ 1 är för exempelvis hus D kollektor-rör-längden 1330 m och i alternativ 2 670 m.

Här bör påpekas att takmaterialet under kollektorerna helst bör utgöras av plåt då stora taktytor kan bli svåra att komma åt efter montering av kollektorerna.

Samtidigt kan eventuellt kondensvatten lätt avledas till hängrännor och stuprör.

#### Beräknad olje- besparing:

Hus D:

Energiförbrukningen har tidigare satts till 550 MWh/år vilket motsvarar ca 68 m<sup>3</sup> olja.

Oljekostnadsbesparingen blir med oljepris 1450 kr/m<sup>3</sup> 4 LS ca 99000 kr.

Energibehovet för värmepumpen uppgår till ca 185 MWh/år.

Med elenergi pris ca 22 öre/kWh blir elenergikostnaden ca 40000 kr/år.

Värmepumpanläggningen ger också en ökad underhållskostnad som antas till ca 9000 kr/år. Besparingen blir då alltså ca 50000 kr/år.

Hus E:

Energibehovet 200 MWh/år motsvarar ca 25 m<sup>3</sup> olja per år.

Oljekostnadsbesparingen blir då ca 36000 kr/år.

Värmepumpens elenergi behov blir ca 66 MWh/år, vilket medför en elenergikostnad med 14500 kr/år.

Ökad underhållskostnad antas till ca 3000 kr, varför totala besparingen för hus E blir ca 18500 kr/år.



Ekonomi:

## Kostnadssammanställning

	Hus D	Hus E
Värmepump inkl intern styrutrustning	315 kkr	130 kkr
Installation inom appartrum	240 kkr	165 kkr
Bergvärmelager inkl rörledningar (alternativ 2)	565 kkr	215 kkr
Kollektoranläggning inkl stamledningar (alternativ 2)	160 kkr	55 kkr
Summa	1.280 kkr	565 kkr

Priserna är angivna exkl moms, med prisnivån juni 1981.

Kostnadsberäkning beträffande bergvärmelager och kollektoranläggning avser alternativ 2.

Följande ingår ej i angivna kostnader då man vid nybyggnad kan ta hänsyn till dessa punkter:

- Projektering
- Utrustning inom appartrum som ej direkt berör värmeinstallationen t ex belysning
- Elservice
- Täckning och sprängning ovan berglager
- Borttransport av överblivna bergmassor
- Byggnadsarbeten

Aterbetalningstiden blir med besparing och investering enligt ovan ca 26 år för hus D och ca 31 år för hus E.

Anläggningar med värmeackumulering i berg är mest lämpade för nybebyggelse då borrningen är ganska tidskrävande.

Antag att borrhastigheten är 20 minuter per m vilket för hus D skulle betyda att effektiv borrhast blir ca 1000 timmar. Detta utgör 25 effektiva arbetsveckor med en bormaskin varför det störmoment som borrningen ger upphov till inte kan accepteras i befintlig bebyggelse.

Utrymmesebehovet för den maskinella utrustningen ökar jämfört med en konventionell undercentral. Samtidigt ställs större krav på apparatrummets ljudisolering än tidigare.

Värmeackumulatorns placering är av stor betydelse för kostnaden för beträffande markarbeten.

För ackumulator alternativ 2 blir kostnaden avsevärt mindre jämfört med alternativ 1 då huvuddelen av ackumulatoren är placerad under en brandväg vilket betyder att iordningställande av den ytan ändå ingår i erforderliga entreprenadarbeten.

Ur kostnadssynpunkt är också viktigt att samtlig ingående utrustning utgörs av standardkomponenter. Vidare måste på marknaden förekommande maskiner kunna användas för utförande av värmelagret. Brist på erfarenhet, när det gäller denna typ av anläggning, medför också en ökad anläggningskostnad.

I alternativet med den långsträckt bergvärmeackumulatoren har kollektorlängden kraftigt minskats. Detta beroende på bergvärmeackumulatoren har större utbyte med omgivande bergmassor. Denna inverkan från omgivningen är mycket svår att uppskatta varför anläggningskostanden för kollektorerna är relativt osäker. Vidare bygger energiförbrukningsuppgifter på beräkningar varför angivna besparingar endast får ses som ungefärliga.

För hus D har ytterligare en värmeackumulator studerats. Se figur 6.

Akkumulatören består av 10 st 65 m djupa borrhål placerade som två femmor på en tärning. Sidan i den kvadrat som de fyra yttersta borrhålen bildar är 20 m och avståndet mellan de båda kvadraterna är också 20 m.

I varje borrhål, på c/c 3,8 m, placeras en manschett som används för att med hydraulkraft spräcka upp berget. På detta sätt öppnas bergets naturliga spricksystem och kan då användas som kommunikation mellan borrhålen.

Köldbäraren består i detta fall av vanligt vatten som pumpas till ackumulatören via mitten-hålen och hämtas upp i de hålen som är placerade i hörnpunkterna. Hela rör-anläggningen placeras frostfritt.

Denna typ av ackumulator har kostnadsberäknats till 325 kkr vilket medför att den totala anläggningskostnaden reduceras till 1040 kkr. Återbetalningstiden blir då ca 21 år.

De ovan angivna återbetalningstiderna är beräknade med ledning av kalkylerat investeringsbehov och beräknad energivinst.

För en nyproducerad anläggning kan återbetalningstiden betraktas ur en annan synvinkel.

Då bergvärmeanläggningen, som i detta fallet är dimensionerad för att klara hela effekt- och energibehovet, helt ersätter den tänkta panncentralen och kulvertnätet. Återbetalningstiden skall då beräknas med ledning av energivinst och den ökning av anläggningskostnaden som bergvärmeanläggningen ger upphov till.

Kostnaden för bergvärmeanläggningen uppgår till ca 25000 kr per lägenhet. Om en konventionell värmeanläggning med panncentral och kulvert kan produceras för en kostnad av ca 15-20000 kr/lägenhet blir i stället återbetalningstiden 5-10 år.

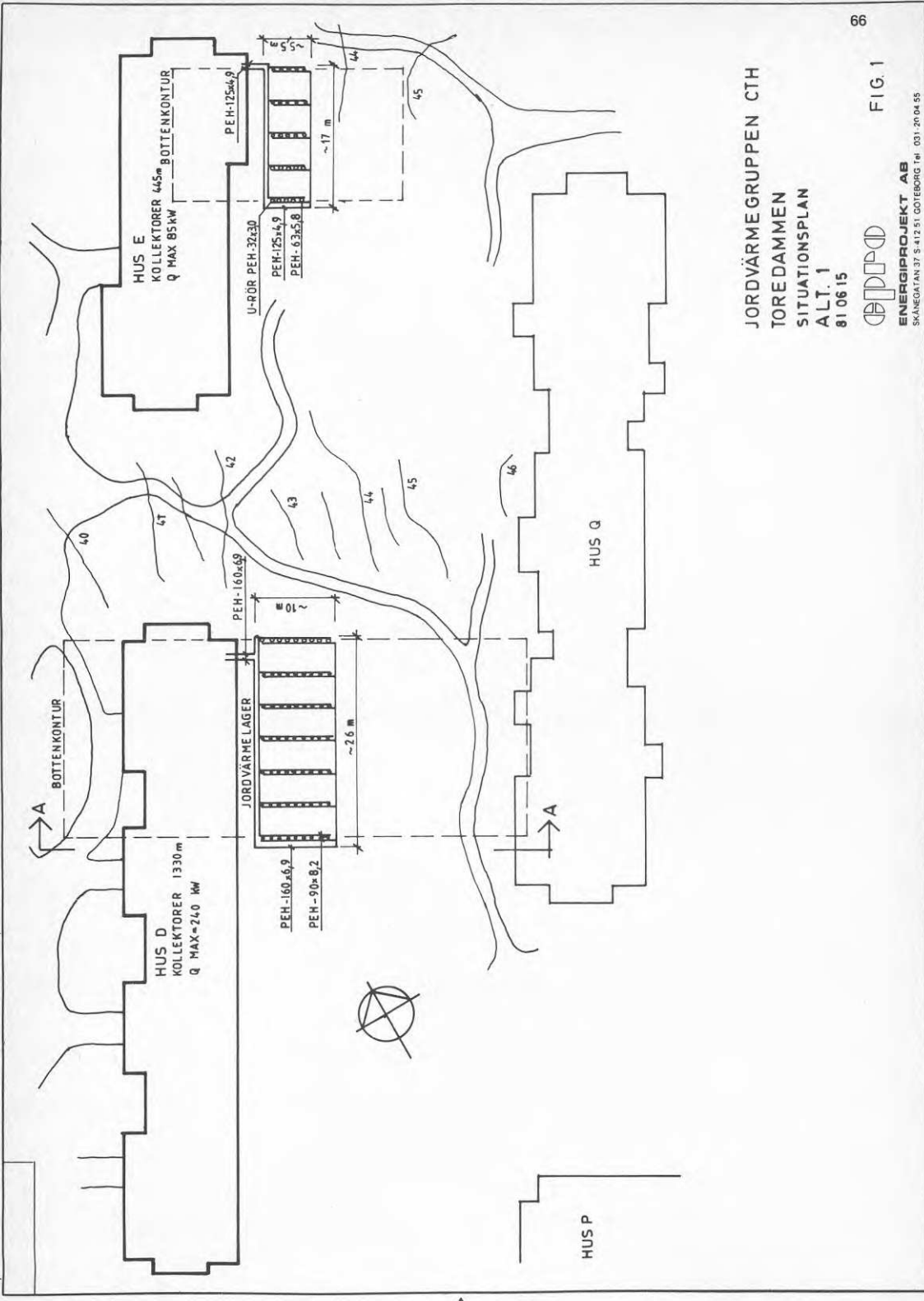
Med detta betraktelsesätt framstår denna typ av värmeanläggning som ett mycket intressant alternativ vid nyproduktion av byggnader.

JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 TOREDAMMEN  
 SITUATIONSPLAN  
 ALT. 1  
 81.06.15



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGÅTAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031 20 04 55

FIG 1

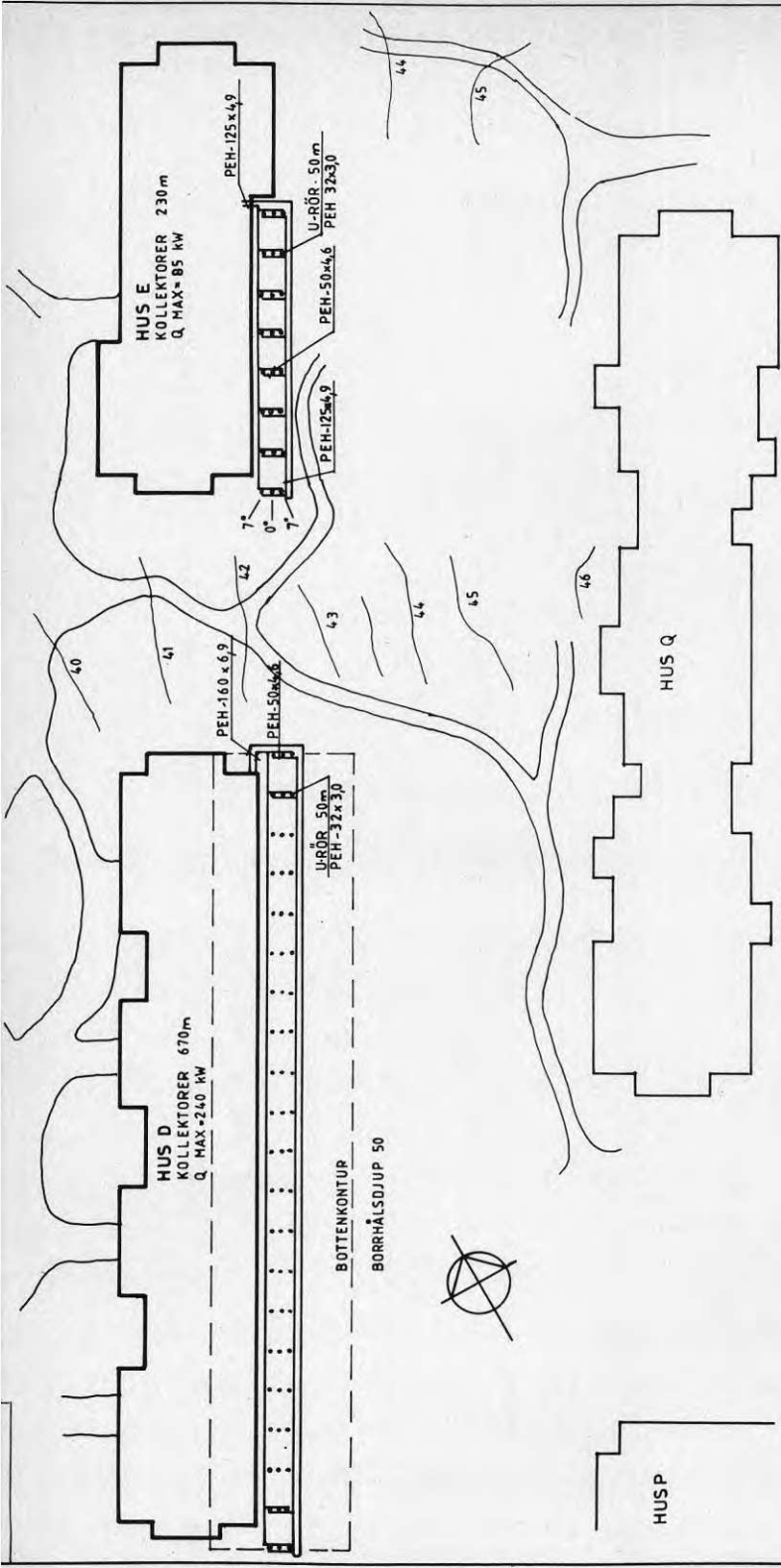


JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 TOREDAMMEN  
 SITUATIONSPLAN  
 ALI 2  
 810615

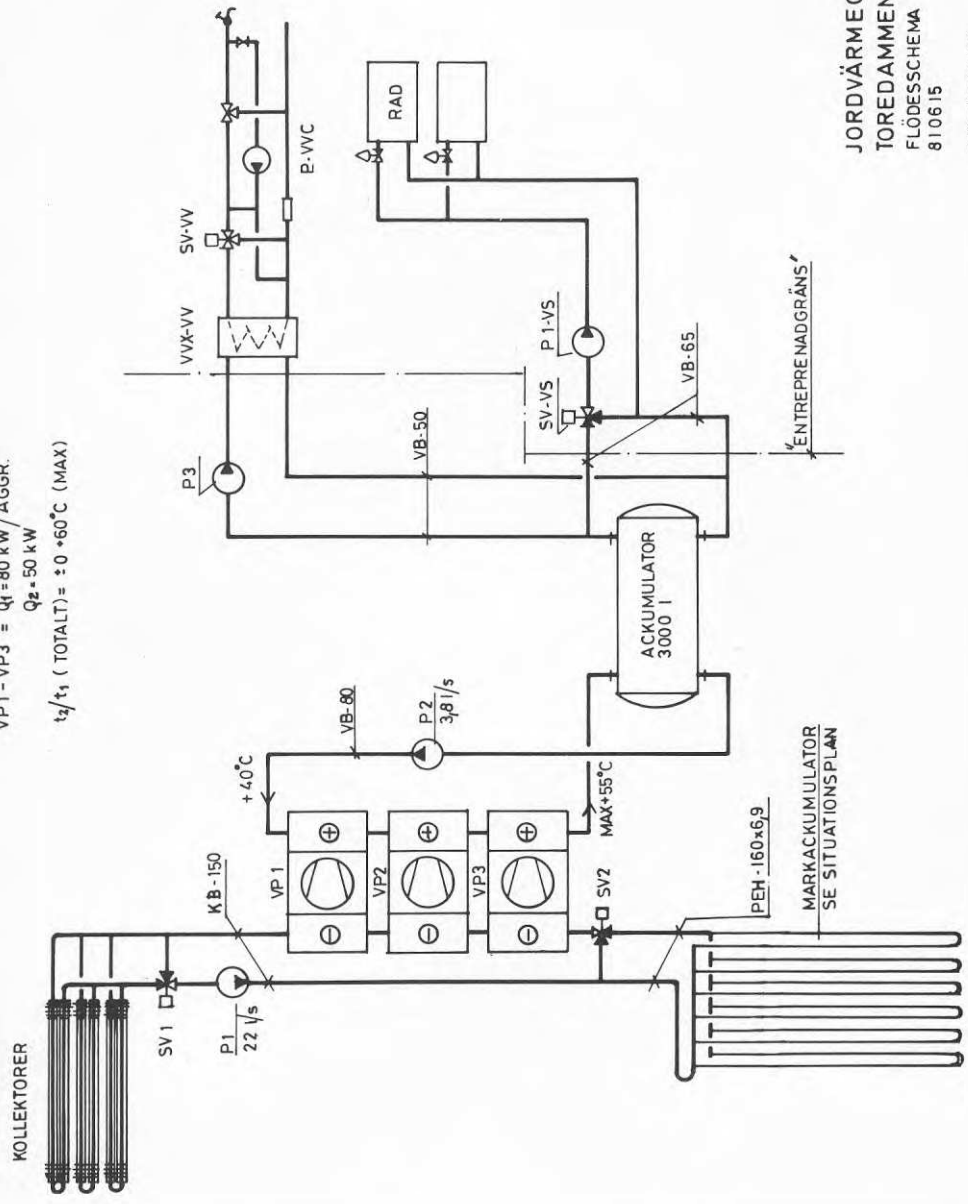
FIG. 2



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031-20 04 55

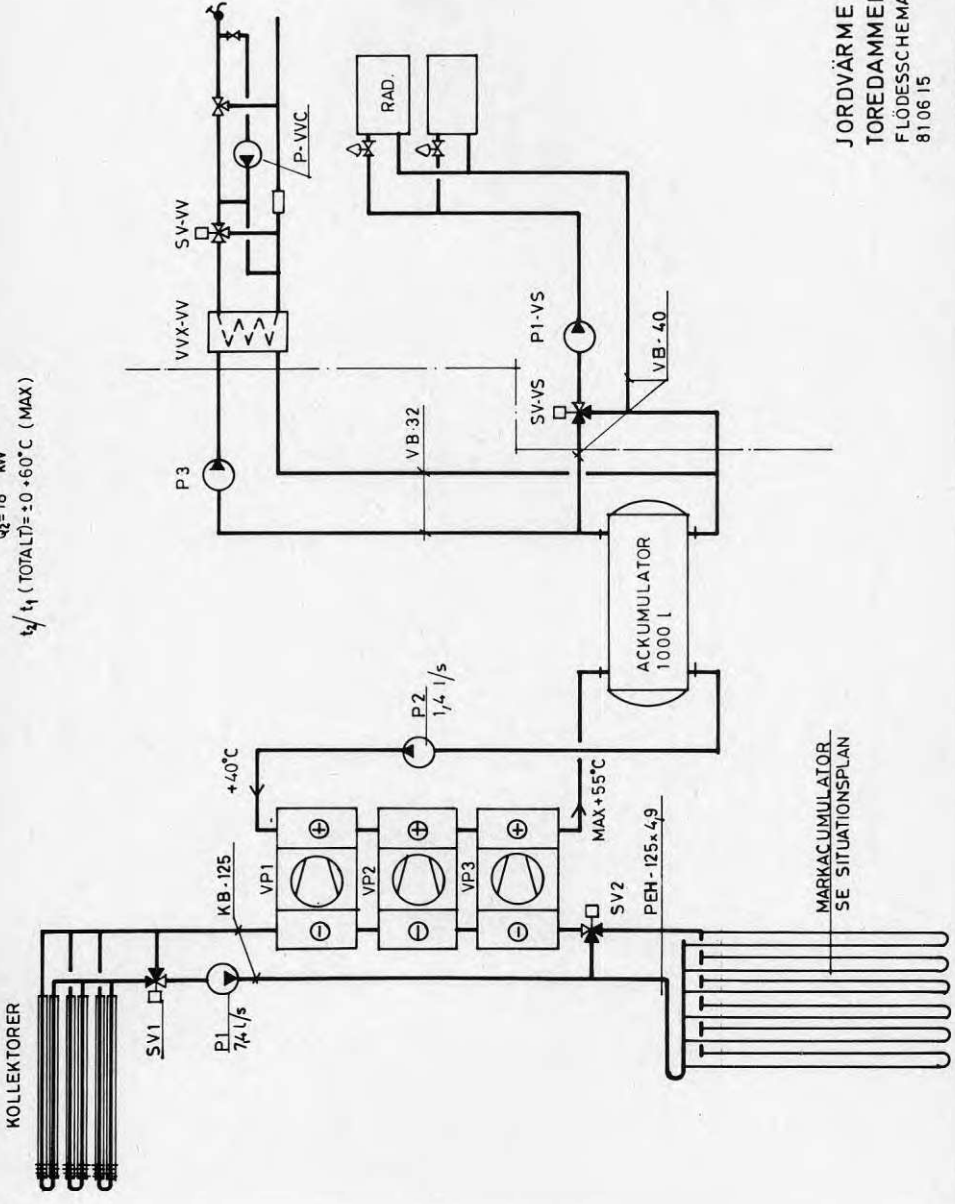


$VP1 - VP3 = Q_1 = 80 \text{ kW} / \text{AGGR.}$   
 $Q_2 = 50 \text{ kW}$   
 $t_2 / t_1 \text{ (TOTALT)} = \pm 0 + 60^\circ\text{C (MAX)}$



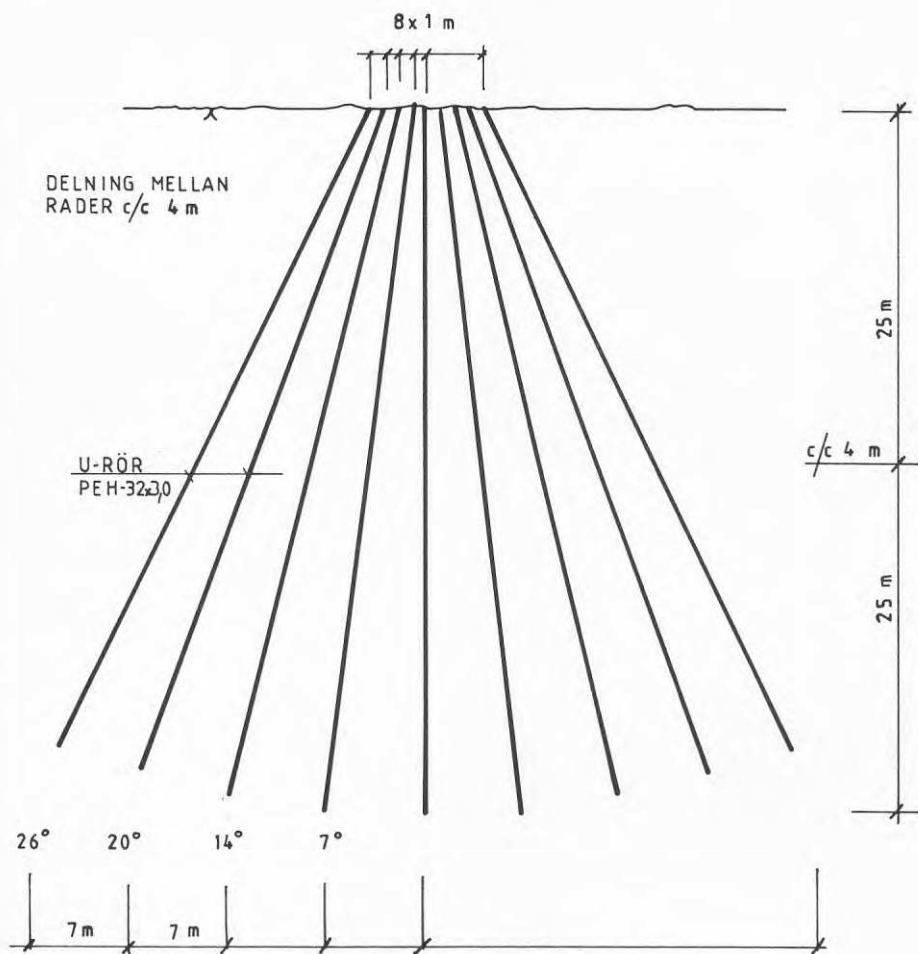
JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 TOREDAMMEN HUS D  
 FLÖDESSCHEMA  
 810615

$VP1 \quad VP3 = \dot{Q}_t = 28 \text{ kW} / \text{AGGR}$   
 $\dot{Q}_t = 18 \text{ kW}$   
 $t_2 / t_1 \text{ (TOTALT)} = \pm 0 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ } \pm 60^\circ\text{C} \text{ (MAX)}$



MARKAKUMULATOR  
 SE SITUATIONSPLAN

JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 TOREDAMMEN HUS E  
 FLÖDESSCHEMA  
 81.06.15



SEKTION A-A JORDVÄRMELAGER

JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
TOREDAMMEN

81 06 15



**ENERGIPROJEKT AB**

SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel 031-20 04 55

FIG. 5







#### 4 BACKATORP

Jordvärme i ny blandad bebyggelse

Torbjörn Samuelsson  
Energiprojekt AB, Göteborg

## BACKATORP

Beskrivning av objektet

- Typ: Friliggande enbostadshus, parhus, radhus och låga flerbostadshus med planerad byggstart 1981-82.
- Läge: Det planerade bostadsområdet är beläget i Backatorp, på Hisingen i Göteborg.
- Storlek: Området kommer att bestå av ca 770 lägenheter med tillhörande gemensamhetslokaler med tvättstuga och klubbrum samt låg- mellan- och förskola.
- Teknisk status: Då husen till stor del ännu inte är projekterade är material m m i byggnaderna oklart.  
Installationstekniskt kommer byggnaderna dock att förses med normal standard.
- Värmeanläggning: Värme kommer att erhållas från en oljeeldad panncentral i området med effekt 5,5 MW.  
Undercentralerna är placerade i kvartershusen och är förbundna med panncentralen via ett kulvertnät.  
I undercentral för flerbostadshus placeras värmeväxlare både för tappvarmvattenberedning och radiatorsystem.  
I undercentral för småhus placeras endast en värmeväxlare för totala värmebehovet.  
I varje småhus bereds sedan tappvarmvatten och värmevattnet shuntregleras till rätt temperatur i radiator-systemen.

Primärsystemet kommer att dimensioneras för drifts-temperaturerna max 110/70°C och sekundärvarmesystemen i husen för 70/50°C vid dimensionerande utetemperatur.

Både primär- och sekundärtemperaturerna kommer att regleras med hänsyn till rådande utetemperatur.

I området kommer att finnas ca 8 undercentraler för flerbostadshus och 2 för småhus.

Värmeförbrukning: Energiförbrukningen för husen beräknas bli max 0,20 MWh/m<sup>2</sup> ly, år.

Tomt: Området består av småkuperad terräng med varierande jordtäckte och berg i dagen.  
Större sammanhängande friområden med enhetlig geologi saknas.

#### Förslag till lösning av jordvarmesystem

Allmänna överväganden: Med ledning av gjorda studier av områdets disposition, geologi m m har konstaterats att system med ackumulering av värme i berg är lämpligast. Då bergvarmesystem noggrannare studerats i projekt Toredammen har detta projekt vidare studerats.

Bilagd karta redovisar områdets geologiska förhållanden.



## 5 FRILLESÅS

Jordvärmesystem för växthusuppvärmning

Torbjörn Samuelsson  
Energiprojekt AB, Göteborg

## VÄXTHUS I FRILLESÅS

Beskrivning av objektet

- Typ: Växthusanläggning  
Byggnadsår *1958-75*
- Läge: Solhaga Frillesås, Kungsbacka kommun.  
Anläggningen är belägen på landsbygden sydöst om Kungsbacka.
- Storlek: Anläggningen består av tre växthus med tillhörande förråds- och packningsbyggnader samt ett bostadshus.  
Ytor: Växthus 1  $52 \times 20 \text{ m}^2 = 1040 \text{ m}^2$   
" 2  $42 \times 12 \text{ m}^2 = 540 \text{ m}^2$   
" 3  $38,5 \times 17 \text{ m}^2 = 645 \text{ m}^2$   
Tomtyta ca  $15300 \text{ m}^2$ .  
Byggnaderna är belägna på ca 2/3 av tomten.  
Resterande är åkermark.  
Se situationsplan fig 1.
- Teknisk status: Växthus 1:  
Byggt *1975* i plexiglas 2-glas med betonggolv och stål-  
stomme.  
Huset är försett med modern reglerutrustning för  
temperaturreglering, vädring, skuggning m m.
- Växthus 2 och 3:  
Bygga *1965 och 58* i enkelglas med betonggolv och stål-  
stomme.  
Växthus 3 kommer att ersättas av ett nytt hus i plexi-  
glas 3-glas (eventuellt enbart 2-glas) med automatisk  
reglerutrustning lika växthus 1.



Packningsbyggnad innehållande pannrum är uppförd med murade väggar av betonghålstén.

Övriga byggnader, förrådsbyggnader, är uppförda i trä.

Värmeanläggning:

Värme erhålls från två pannor som eldas med Eo4 LS.

Effektbehovet är vid dimensionerande utetemperatur ca 580 kW.

Värmevattnet leds via kulvert till växthusen där vattnet shuntas till rätt temperatur i sekundärsystemen.

Primärvattentemperatur 90/70°C.

Växthusen värms upp med rörslingor placerade utmed ytterväggar samt i tak. Det nya växthus 3 kommer att även ha värmeslingor i odlingsborden.

Framledningstemperaturerna i växthusen varierar efter rådande utetemperatur och är vid dimensionerande utetemperatur i

växthus 1 ca 60°C

" 2 ca 70°C

" 3 ca 70°C

För det nya växthus 3 kommer att erfordras ca 50°C.

Temperaturfallet i sekundärsystemet är ca 10°C.

Värmeförbrukning:

Oljeförbrukningen uppgår till ca 165 m<sup>3</sup>/år Eo4 LS.

Ett nytt växthus 3 kommer att minska oljeförbrukningen med ca 20 m<sup>3</sup>/år.

Förbrukningen för det nya huset beräknas bli ca 23 m<sup>3</sup>/år.

Tomt: Växthuset ligger på plan åkermark omgivna av låga ryggar.

Norr och väster om tomten är marken skogsbeväxt.

Jordlagren består av lera underlagrad av friktionsmaterial.

Lerdjupet är enligt undersökning minst ca 13 m.

Åtkomligheten på tomten är mycket god.

### Förslag till lösning av jordvärmesystem

Allmänna  
överväganden:

För växthusanläggningen har diskuterats två alternativa lösningar,

Alternativ 1:

Det nya växthuset, nr 3, förses med en egen jordvärmeanläggning. Då värme bl a skall tillföras med värmeslingor i odlingsborden och värmevattnet endast behöver vara ca +28°C blir driftsförhållandena för en värmepump mycket goda.

Installationerna kan också koncentreras till en ny byggnad vilket är positivt ur kostnadssynpunkt i jämförelse med ombyggnad av befintlig anläggning.

Alternativ 2:

Jordvärmeanläggningen dimensioneras för hela anläggningen. Värmepumpen måste då kunna avge varmare vatten mot alternativ 1 för att klara sin del av uppvärmningen.

Värmepumpens driftsförhållanden blir inte lika gynnsamma som i alternativ 1.

I båda alternativen skall värmepumpen klara ca 35-40% av max värmebehovet. Toppeffekt erhålls från den befintliga pannanläggningen.

Om de båda alternativen jämförs ur ekonomisk synpunkt tycks alternativ 1 vara det mest attraktiva för ett separat växthus. Därför har alternativ 1 studerats speciellt.

System-  
beskrivning:

Alternativ 1:

Se principalschema figur 2.

Under den varma årstiden, d v s då det är värmeöverskott i växthuset, pumpas värme från kollektorerna med pump P1 till jordvärmelagret. På väg tillbaka till kollektorerna kan temperaturen i den cirkulerande köldbäraren, kalciumkloridlösning, sänkas ytterligare då den får passera genom värmepumparnas förångare.

På detta sätt laddas jordvärmelagret.

Då värmebehov föreligger kan värme tas från jordvärmelagret eller enbart från kollektorerna.

Styrventilerna SV1 och SV2 styrs så att önskad flödesriktning erhålls.

Värmepumparna avger producerat värme till ett värmesystem för växthuset.

I systemet finns en laddningspump P3 som laddar en ackumulator med varmt vatten. Pump P2 distribuerar värmevattnet till de båda värmegrupperna.

Anläggningen är dimensionerad så att värmen från värmepumpen skall klara odlingsborden vid dimensionerande utetemperatur.

Vid högre utetemp avges även värme till rörslingor utmed väggar och i tak. Styrventil SV3 kan blanda in vatten från pannanläggningen till värmegruppen för väggarna då värmepumpens effekt inte är tillräcklig.

Vid låga utomhustemperaturer får väggvärmegruppen sin värme helt från den befintliga pannanläggningen. Värmepumpen får på detta sätt arbeta under mycket gynnsamma förhållanden.

Alternativ 2:

Se principalschema figur 3.

På varma sidan har kopplingen till pannanläggningen utförts på annat sätt.

Värmepumparna värmer returvärmvattnet och om högre framledningstemperatur erfordras än vad som erhålls från värmepumparna, d v s ca 55°C, styr Ventilen SV3 så att pannanläggningen höjer temperaturen till önskad.

För att få låg returtemperatur till värmepumparna har värmegrupperna i växthusen försetts med en avstängningsventil i shuntledningen. Shuntventilerna kommer att på detta sätt att fungera som tvåvägsventiler samtidigt som ventilerna lätt kan ändras till 3-vägs.

#### Dimensionering:

Utförlig dimensionering har enbart utförts på alternativ 1.

För anläggningen har dimensionerats två olika jordvärmelager, ett djupjordvärmelager och ett tvåskikts ytjordvärmelager.

Djupjordvärmelagret, se figur 4, innehåller 4600 m slang och är placerat under det nya växthusets golv. Lerdjupet är ca 10 m varför varje U-rör är 10 m djupt. Dessa U-rör som trycks ner i leran med c/c 1,7 m kopplas till samlings- och fördelningsledningar i speciella kopplingsbrunnar i golvet, detta för att samtliga kopplingar skall vara åtkomliga.

Rörmaterialet är PEH både i U-rör och samlings- och fördelningsrör. Ur kostnadssynpunkt finns billigare material att tillgå men då metallkopplingar inte är att rekommendera i detta fallet behöver materialet kunna svetsas.

Ytjordvärmesystemet, se figur 5, innehåller ca 2000 m slang med dimension 25 x 2,3 (PEH). Första skiktet placeras på ca 1,5 m djup och andra skiktet på ca 0,75 m djup.

Varje skikt innehåller en slinga där avståndet mellan de två rören är 0,5 m.

Centrumavståndet mellan slingorna är 2,0 m.

Koppling till samlings- och fördelningsrör sker i två kopplingsbrunnar med diameter 1000 mm.

Värmepumparna dimensioneras för tillsammans 30 kW värmeeffekt.

Med totala driftsförhållandena  $-5/+40^{\circ}\text{C}$  blir värmefaktorn ca 3,4. Detta innebär att ca 22 kW hämtas ur jordvärmelagret och resten erhålls från elmotorn. Temperaturdifferenserna för köldbäraren är ca  $3^{\circ}\text{C}$  och värmebäraren  $5^{\circ}\text{C}$ .

Kollektorerna placeras i växthusets tak, utspridda så att inga skugg effekter uppstår. De består av ett flänsat kopparrör med 50 x 50 mm flänsar med delning 8 mm. Under varje kollektor måste en isolerad droppskål placeras för att inte kondensvatten skall droppa på odlingarna.

Med k-värde  $7 \text{ W/m}^2\text{C}$ ,  $\Delta t = 6^{\circ}\text{C}$  blir erforderlig kylyta  $520 \text{ m}^2$  vilket ger ca 350 m kollektorrör.

Kollektorerna placeras enligt figur 6.

#### Beräknad oljebesparing:

Med ovan angivna effekter m m och en antagen driftstid för värmepumpen, full effekt i ca 4000 h/år, kan ca 92 MWh/år erhållas med jordlagret som värmekälla. Om värmepumpen ytterligare kan ge ca 45 MWh med enbart kollektroerna kopplade till förångaren blir besparingen ca 135 MWh/år, vilket motsvarar ca  $18 \text{ m}^3$  olja/år. Detta utgör ca 73% av totala beräknade energibehovet.

Värmepumpens elenergiebehov blir ca 40 MWh.

Oljekostnadsbesparingen är med oljepris  $1450 \text{ kr/m}^3$  Eo4 LS ca 26000 kr/år.

Elenergiekostnaden blir med energipris 20 öre/kWh 8000 kr/år.

Energiekostnadsbesparingen blir således ca 18000 kr/år.

Värmepumpanläggningen ger också en ökad underhållskostnad, som antas till ca 1000 kr/år.

Besparingen blir då ca 17000 kr/år.

Ekonomi:

Kostnadsberäkning har utförts för alternativ 1.

Värmepump inkl intern styrutrustning	40 kkr
Installation inom värmepumprum	145 kkr
Djupjordvärmelager inkl kopplingsbrunnar	260 kkr
Kollektorer inkl ledningar inom växthus	75 kkr
Förberedelser för bords- och väggvärme	8 kkr
Projektering	50 kkr
Summa	<u>578 kkr</u>

Priserna är angivna exkl moms med prisnivån juni 1981.

Ytjordvärmesystemet har kostnadsberäknats till  
125 kkr.

Det totala kostnaden blir med denna typ av jordvärmelager 443 kkr.

Återbetalningstiden för alternativet med djupjordvärmelager blir ca 34 år och för alternativet med ytjordvärme ca 26 år.

Projektörens kommentarer

Som tidigare nämnt har utförlig dimensionering enbart utförts för alternativ 1.

En grov dimensionering av ett två-skikts ytjordvärme-system för alternativ 2 med 200 kW värmeeffekt från ansluten värmepump ger att ca 10000 m slang erfordras. För ett sådant jordvärmesystem finns ej tillräckligt med fri tomtyta tillgänglig. Även om, som i detta fallet, objektet är beläget på landsbygden är det inte säkert att tillräckligt med fri tomtyta finns att tillgå för ett jordvärmesystem.

I det diskuterade fallet svarar värmepumpanläggningen för ca 75% av erforderligt energibehov. Om anläggningen görs heltäckande, d v s svarar för hela effekt- och energibehovet, behövs större fri tillgänglig tomtyta.

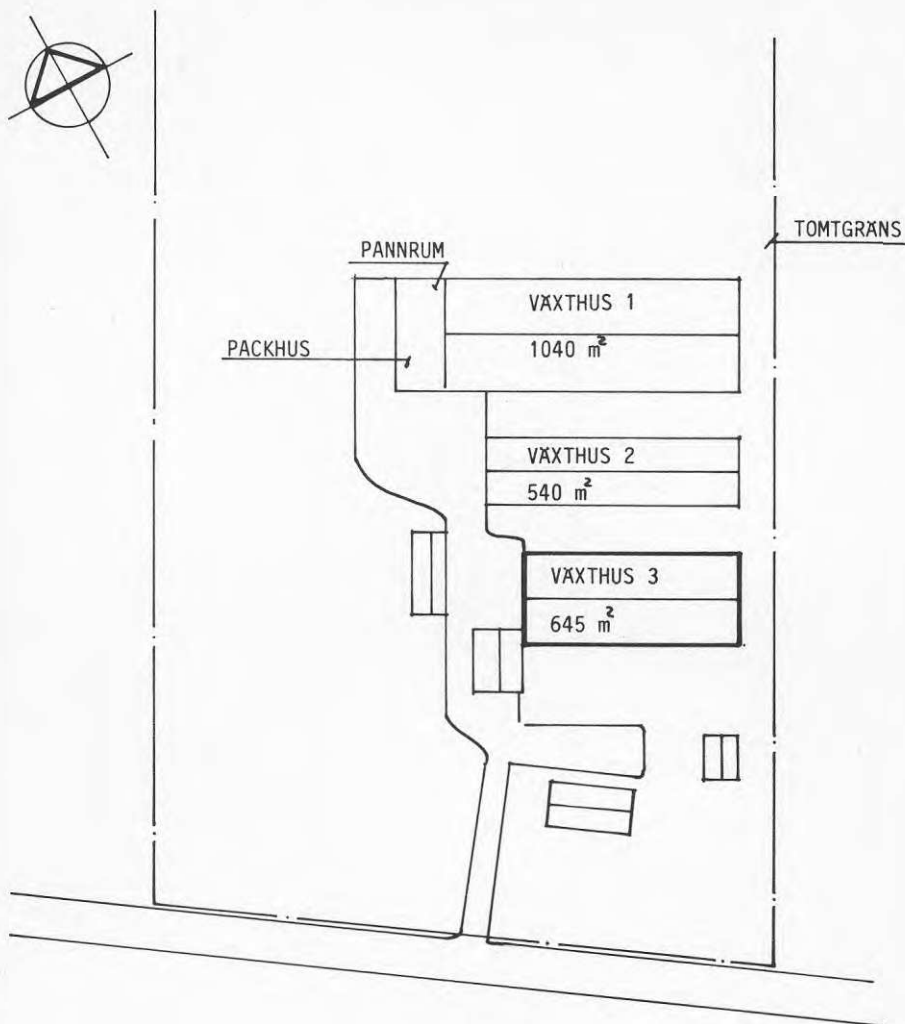
Den tomtyta, åkermark, som finns tillgänglig i detta objektet skulle alltså enbart räcka för att värma en del av växthusanläggningen.

Ur kostnadssynpunkt är det viktigt att samtlig ingående utrustning såsom värmepumpar, rörledningar, styr- och reglerutrustning m m utgörs av standardkomponenter.

Den för det nya växthuset skisserade lösningen innehåller enbart komponenter med god förekomst på marknaden.

Vidare är det också viktigt att på marknaden förekommande maskiner kan användas för utförande av jordvärmelagret.

Skisserat tvåskikts ytjordvärme-system, <sup>kan</sup> dock inte utföras med i Sverige tillgängliga maskiner, därför får <sup>na</sup> kostan den för ytjordvärmelagret anses som osäker.



JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
VÄXSTHUS FRILLESÅS

STOCKARED 1:6 KUNGSBACKA KOMMUN

SITUATIONSPLAN

81-06-15



FIG. 1

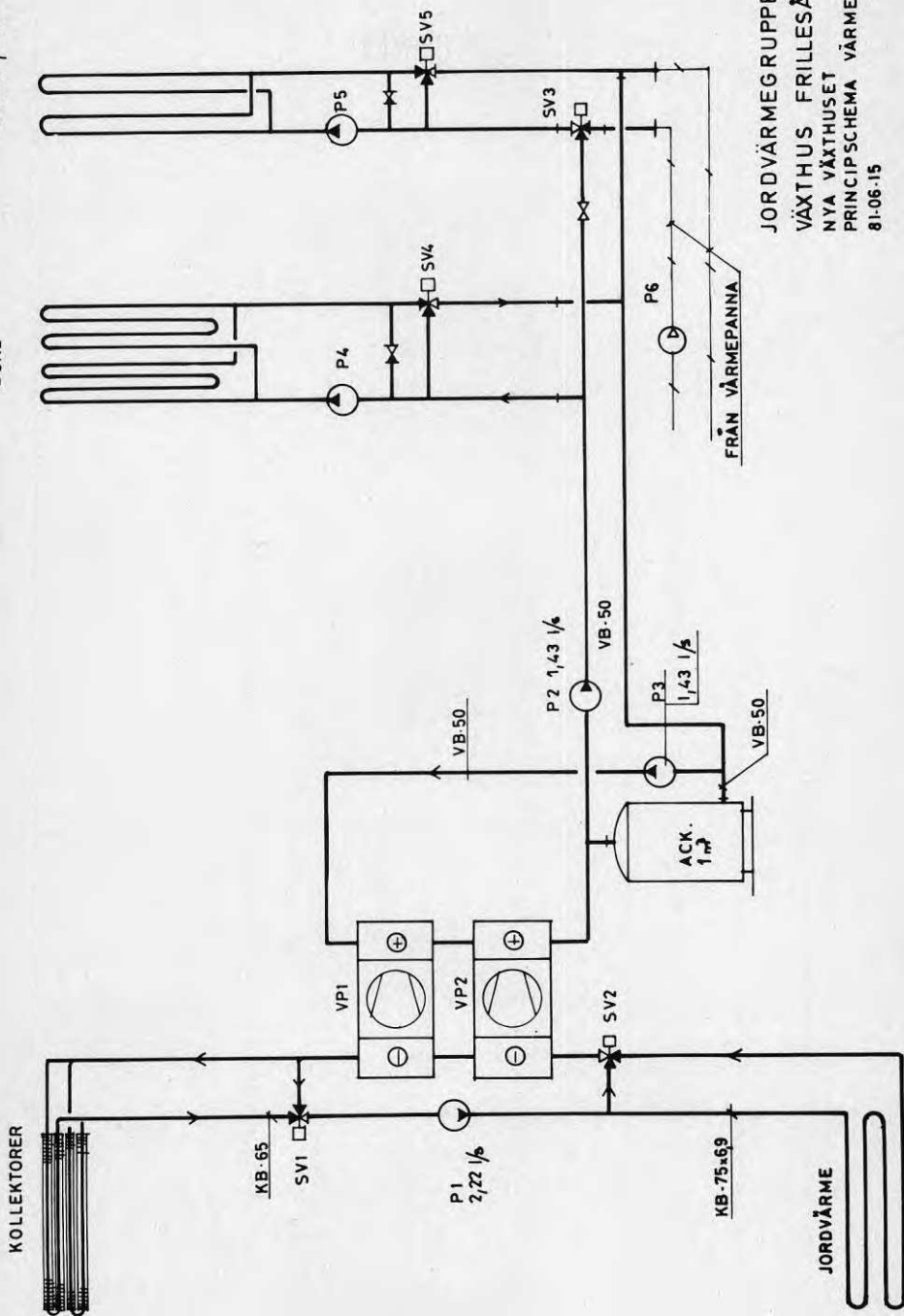
**ENERGIPROJEKT AB**

SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031-20 04 55



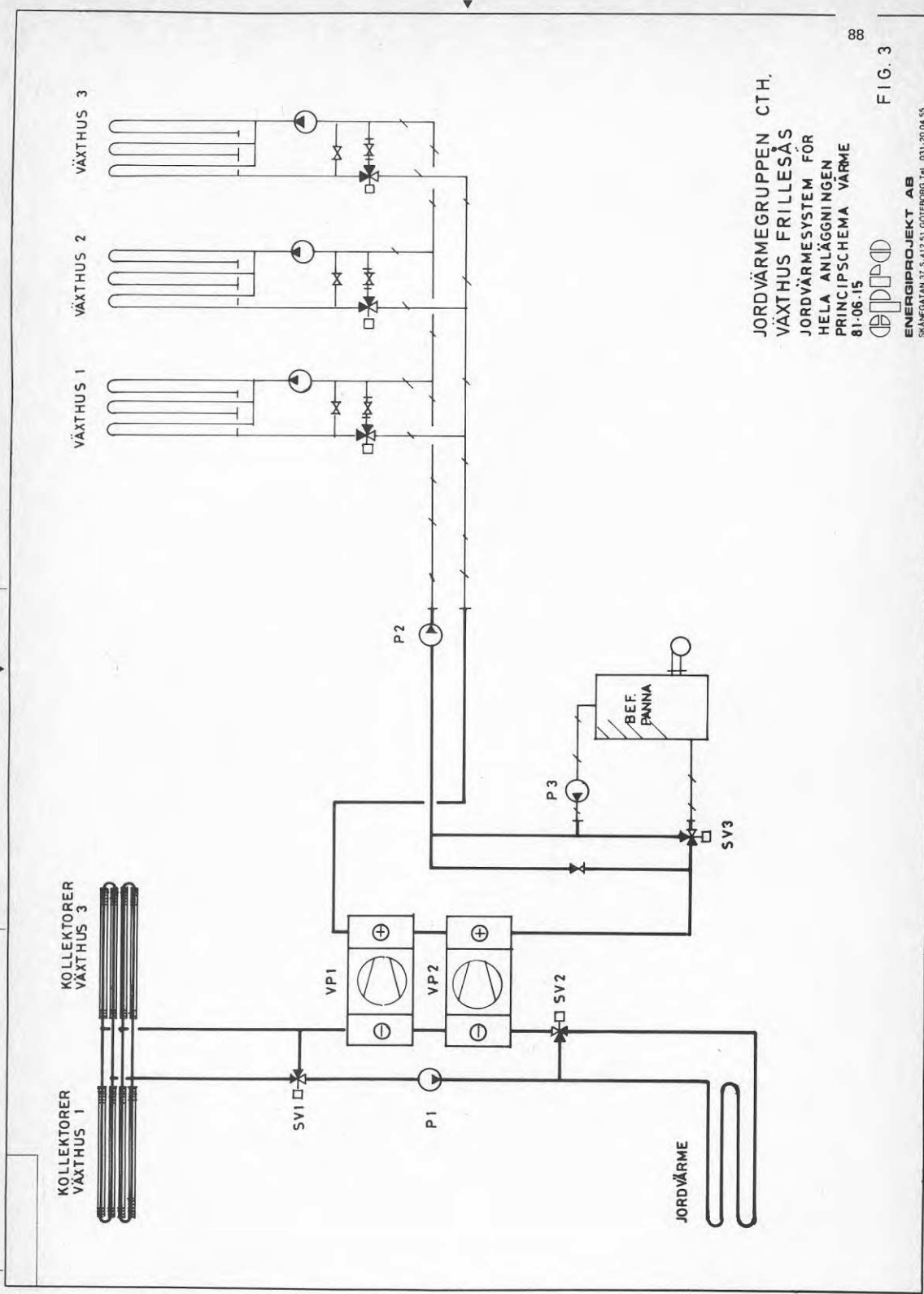
VÄRME  
VÄGGAR, TAK

VÄRME  
BORD



JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
VÄXTHUS FRILLESÅS  
NYA VÄXTHUSET  
PRINCIPSCHEMA VÄRME  
81-06-15

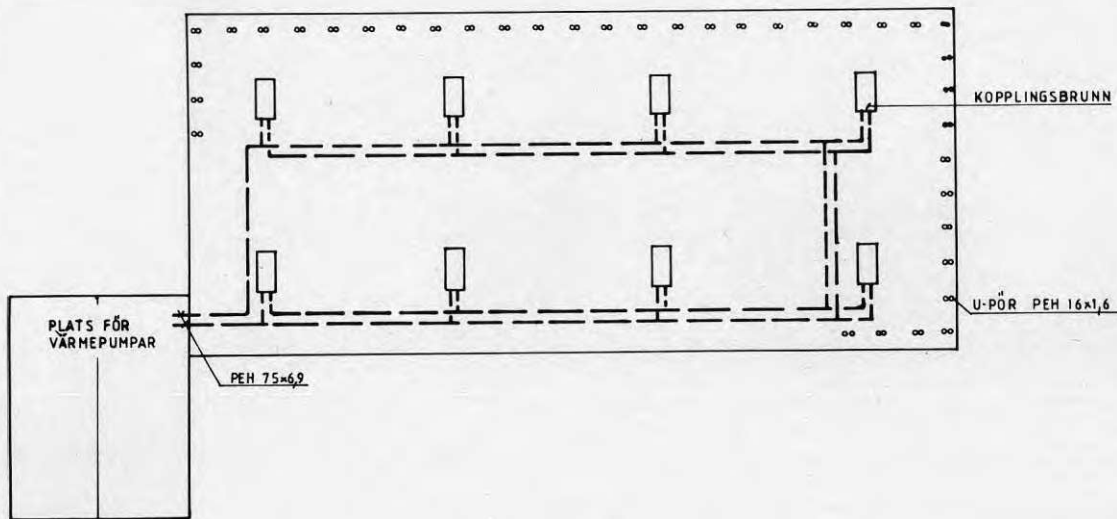
  
ENERGIPROJEKT AB  
SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG TEL: 031-20 04 55



JORDVÄRMEGRUPPEN CTH.  
 VÄXTHUS FRILEESÅS  
 JORDVÄRME SYSTEM FÖR  
 HELA ANLÄGGNINGEN  
 PRINCIPSCHEMA VÄRME  
 81-06-15



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGÅTAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031-20 04 55



4650 m SLANG  
 2300 m HÅL  
 230 U-RÖR MED 10m-DJUP  
 c/c 1,7m  
 KÖLBÄRARFLÖDE U-RÖR 0,01 l/s  
 — " — TOTALT 2,3 l/s

PLAN VÄXTHUS 3  
 1:200

JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 VÄXTHUS FRILLESÅS  
 NYA VÄXTHUSET  
 JORDVÄRMELAGER  
 81-06-15



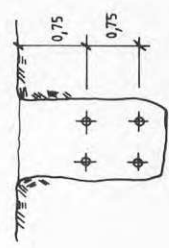
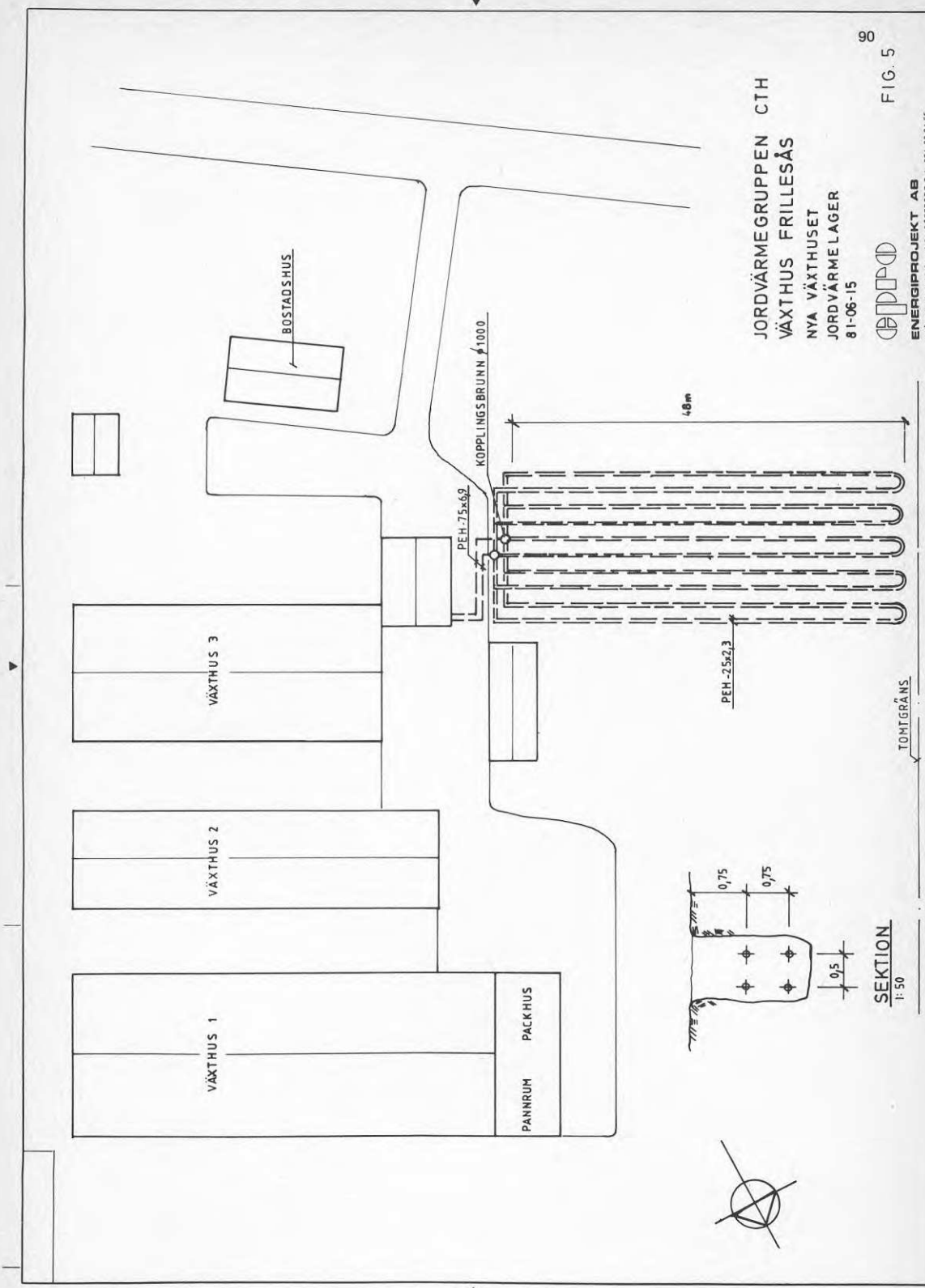
ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel: 031-20 04 55

FIG. 4

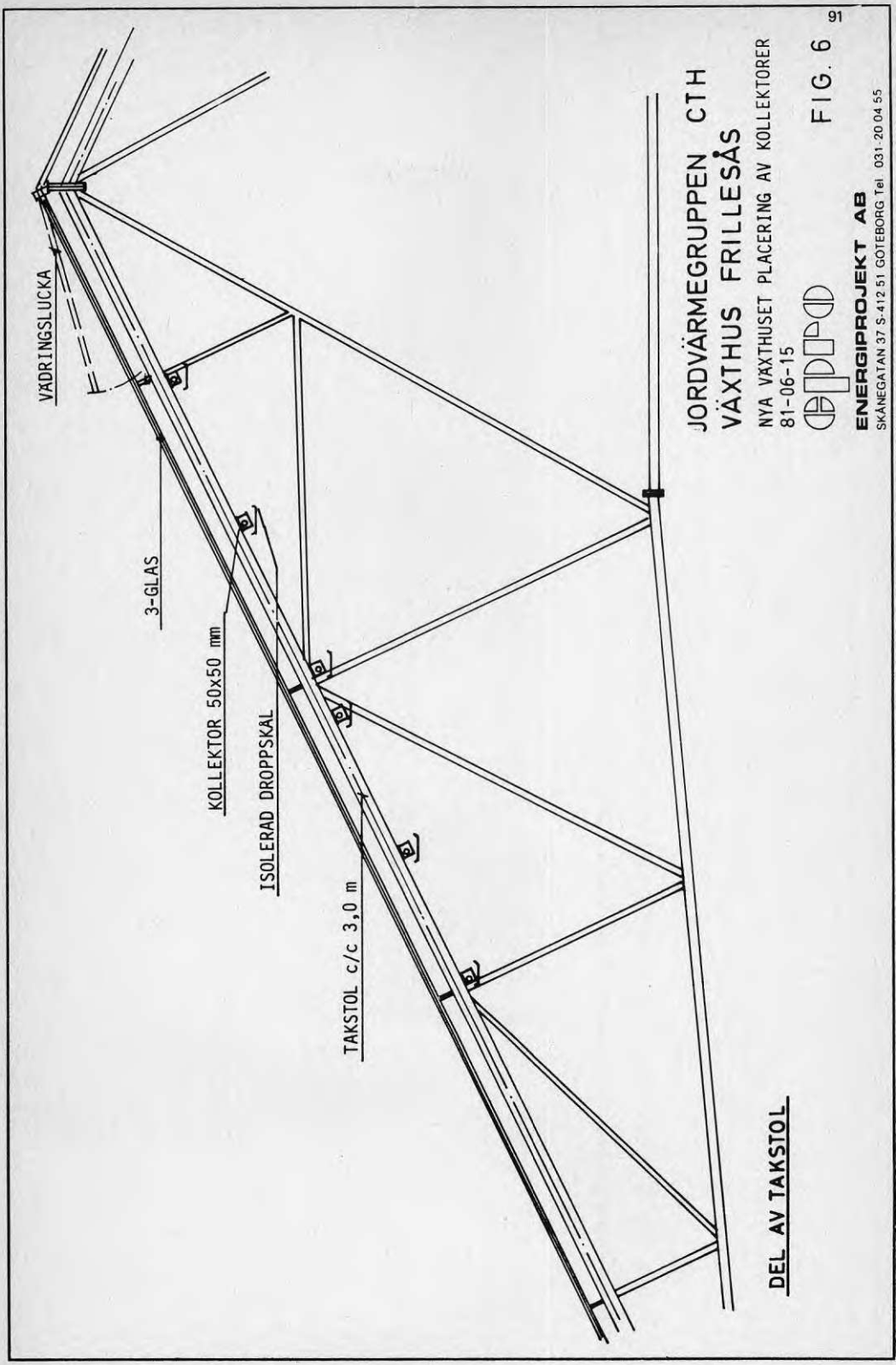
JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 VÄXTHUS FRILLESÅS  
 NYA VÄXTHUSET  
 JORDVÄRMELAGER  
 81-06-15



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGÅTAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel 031 20 04 55



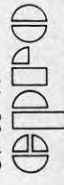
TOMTGRÄNS



DEL AV TAKSTOL

**JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
VÄXTHUS FRILLESÅS**

NYA VÄXTHUSET PLACERING AV KOLLEKTORER  
81-06-15



**ENERGIPROJEKT AB**  
SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031-20 04 55

**FIG. 6**



## 6 VALHALLA

Jordvärme av kommunala fritidsanläggningar

Torbjörn Samuelsson  
Energiprojekt AB, Göteborg

## VALHALLA IDROTTSPLATS

Beskrivning av objektet

- Typ: Omklädningsbyggnad för idrottsanläggning bestående av 3 st fotbollsplaner.  
En av planerna är uppvärmd vintertid.  
Under vintern finns också ett tält uppmonterat.  
Byggnaden är uppförd **1963**
- Läge: Valhallagatan, Göteborg
- Storlek: Anläggningen består av 3 fotbollsplaner  
100 x 70 m<sup>2</sup> - 7000 m<sup>2</sup>, samt en byggnad ca 600 m<sup>2</sup>.  
Se situationsplan fig 1.
- Teknisk status: Byggnaden är uppförd på pålad betongplatta och med murade väggar av betonghålstén.  
Taket är täckt med skivor av eternit.  
Byggnaden innehåller omklädnings- och klubbrum, vaktmästarlokal samt pannrum.
- Värmeanläggning: **Kommer**  
Värme till byggnaden från en oljeeldad värmepanna som eldas med eldningsolja 1.  
Effektbehovet är vid dimensionerande utetemperatur ca 100 kW.  
Framledningstemperaturen i radiatorsystemet varierar efter rådande utetemperatur med en trevägs motorshuntventil.  
Varmvatten bereds i en värmeväxlare och ackumuleras i en förrådstank med volym 1500 liter.



Radiatorssystemet är dimensionerat för 80/60°C.

Varmvattentemperaturen är ca 45°C.

I byggnaden inryms även värmeanläggningen för den uppvärmda fotbollsplanen.

Anläggningen består av två oljeeldade pannor för eldningsolja 1 med effekt 1400 kW tillsammans.

Pannvattnet växlas i två värmeväxlare till saltlösning som avger värme till planen i rörslingor förlagda i sand under plastgräset.

Anläggningen är i drift mellan utetemperaturerna +4°C och -8°C.

Drifttemperaturerna är för pannkretsen 90/60°C och för plankretsen 45/35°C.

Värmebehovet är dimensionerat för 200 W/m<sup>2</sup> planyta.

Rörslingorna i planen har en sammanlagd längd av 37000 m.

Värmeförbrukning: Oljeförbrukningen uppgår till ca 27 m<sup>3</sup>/år för byggnaden och ca 150 m<sup>3</sup>/år *för fotbollsplanen.*

Tomt: Anläggningen är placerad på plan mark utmed Mölndalsån.

Marken framför byggnaden består av en grusplan som underlagras av lera.

Lerdjupet varierar från 8 m vid byggnaden till ca 40 m vid ån.

I marken finns elkablar och dräneringsrör.

I övrigt är åtkomligheten för maskinerna mycket bra.

## Förslag till lösning av jordvärmesystem

### Allmänna överväganden:

Huvudtanken med projektet var att man med hjälp av den uppvärmda fotbollsplanen som värmekollektor och ett jordvärmelager i lera lagra värmeenergi för uppvärmning av fotbollsplanen samt omklädningsbyggnaden.

Vid närmare studier befanns värmeanläggningen för fotbollsplanen ha kort utnyttjande tid samtidigt som effektbehovet ~~är~~<sup>var</sup> väldigt stort.

Projektet inriktades då på ett jordvärmesystem för omklädningsbyggnaden som svarade för hela effekt- och energibehovet.

Befintlig pannanläggning för omklädningsbyggnaden är i relativt dåligt skick varför denna lösning torde vara mest lämplig.

Jordvärmeackumulatorn placerades rakt framför omklädningsbyggnaden i mark där lerdjupet är större än 20 m. Markytan är där avgrusad varför markarbetena borde kunna hållas på en rimlig kostnadsnivå.

### Systembeskrivning:

Se principschema figur 2.

Under den varma årstiden dvs då fotbollsplanen inte behöver tillföras värme, pumpas via pump P2 den cirkulerande köldbäraren, kalciumkloridlösning, från rörslingorna i fotbollsplanen till jordvärmelagret. På väg tillbaka till fotbollsplanen får köldbäraren passera genom värmepumparnas förångare. På detta sätt kan tappvarmvattenproduktion upprätthållas samtidigt som jordvärmelagret laddas. Då värmebehov föreligger ändras styrventil SV1 och SV2 så att värme kan hämtas ur jordvärmelagret. Systemet är också uppbyggt så att värme enbart kan hämtas ur markslingorna i fotbollsplanen.

Värmepumparna avger producerat värme till ett värmesystem där pump P3 cirkulerar värmebäraren genom kondensorererna. Via styrventil SV3 kan befintlig pannanläggning helt ersätta jordvärmeanläggningen om eventuella driftsstörningar uppstår.

## Dimensionering:

Jordvärmelagret, se figur 3, är dimensionerat för att klara ett effektuttag av ca 65 kW och ett energiuttag av ca 150 MWh.

Jordvärmelagret är utfört som ett djupjordlager med 20 m djupa U-rör, placerade med cc 2 m. Lagret innehåller ca 10000 m slang PEH 16 x 1,6 för jordvärmelagret erfordras alltså ca 1000 m<sup>2</sup> markyta.

Rörledningarna är kopplade som ett Tischermansystem till samlings- och fördelningsledningar vilket medför att lika tryckfall och en god fördelning erhålls mellan U-rören.

Samtliga rörledningar i jordvärmesystemet är utförda i PEH beroende på att sammanfogningen av rörledningarna bör ske med svetsning. Alternativet är att använda metallkopplingar men dessa har inte tillräcklig hållbarhet för att placeras i mark.

Värmepumparna dimensioneras för tillsammans 100 kW värmeeffekt med totala driftsförhållandena  $\pm 0/+60^{\circ}\text{C}$  vid dimensionerande utetemperatur blir värmefaktorn 2,4.

Som tidigare nämnts används fotbollsplanen som kollektor.

Planen är uppbyggt av ett asfaltsskikt var i rörledningarna ligger och ovanför asfaltsskiktet finns en gummibekägning under själva plastgräsytan. Planens uppbyggnad gör att en viss isolerande verkan erhålls.

$K \cdot A$  för planen har beräknats till ca 33 kW per/ $^{\circ}\text{C}$ .

Beräknad  
oljebesparing:

Energibehovet för byggnaden motsvarar som tidigare nämnts 27 m<sup>3</sup> olja/år.

Oljekostnadsbesparingen blir med oljepris 1600 kr/m<sup>3</sup> Eol ca 43000 kr.

Energibehovet för värmepumpen uppgår till ca 85 MWh/år. Med elenergipris ca 20 öre/kWh blir elenergikostnaden ca 17000 kr/år.

Värmepumpanläggningen ger också en ökad underhålls-kostnad som antas till ca 3000 kr/år. Den totala besparingen blir alltså ca 23000 kr/år.

## Ekonomi:

## Kostnadssammanställning

Värmepump inkl intern styrutrustning	150 kkr
Installationer inom byggnad	170 kkr
Jordvärmelager	375 kkr
Byggnadsarbeten	50 kkr
Projektering	<u>50 kkr</u>
Summa	795 kkr

Priserna är angivna exkl moms med prisnivån juni 1981.

Med ovan angiven besparing och investeringsbehov blir återbetalningstiden för anläggningen ca 34 år.

## Projektörens kommentarer

Under förprojekteringsgång har även andra typer av djupjordvärmeackumulatörer skisserats.

Ett av förslagen gick ut på att trycka rör från en kopplingsbrunn med diameter ca 2 m. Rören skulle placeras i en konform och på detta sätt skulle samtliga kopplingar bli mer lättåtkomliga samtidigt som rördragningen i mark skulle koncentreras.

Vid diskussioner med en markentreprenör framkom att risken var stor att under pågående tryckning skada redan nedsatta U-rör.

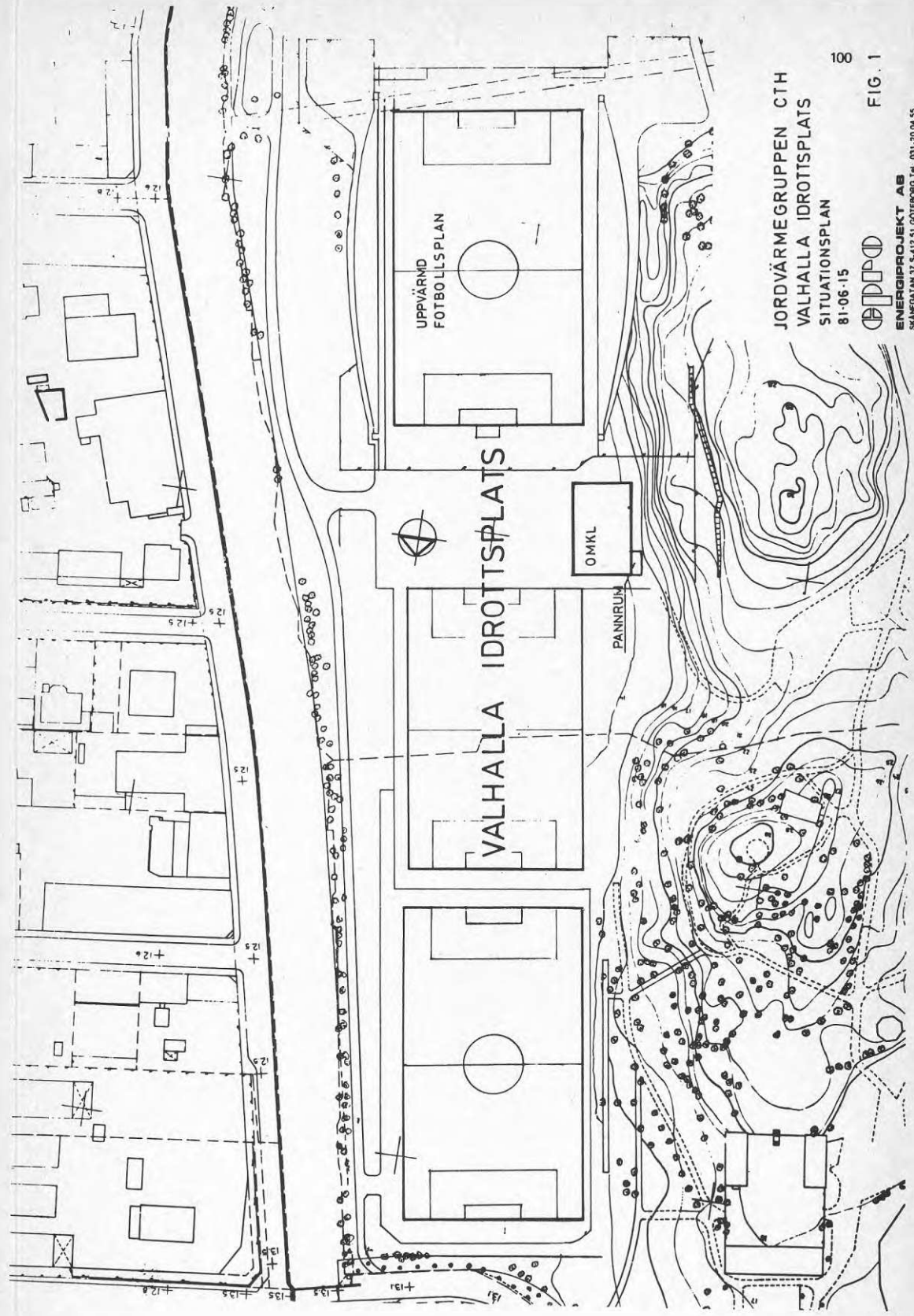
Den i figur 3 presenterade ackumulatören får anses som relativt enkel att utföra samtidigt kan de olika ingående arbetsmomenten utföras parallellt varför byggtiden bör bli måttlig.

Att använda den uppvärmda fotbollsplanen som kollektor har som tidigare nämnts vissa nackdelar. Från nyttjarehåll har emellertid påpekats att en klar fördel är att planen blir något våt vid vissa utetemperaturer beroende på kondenserat vatten. Planen blir mera "spelarvänlig" både vad beträffar bollbehandling och skador.

För att kontrollera om bättre lönsamhet kan nås om jordvärmeanläggningen enbart svarar för en del av energibehovet har även detta studerats översiktligt.

Vid en första anblick är förhoppningen den att ackumulatören väsentligen kan minskas, så är dock inte fallet.

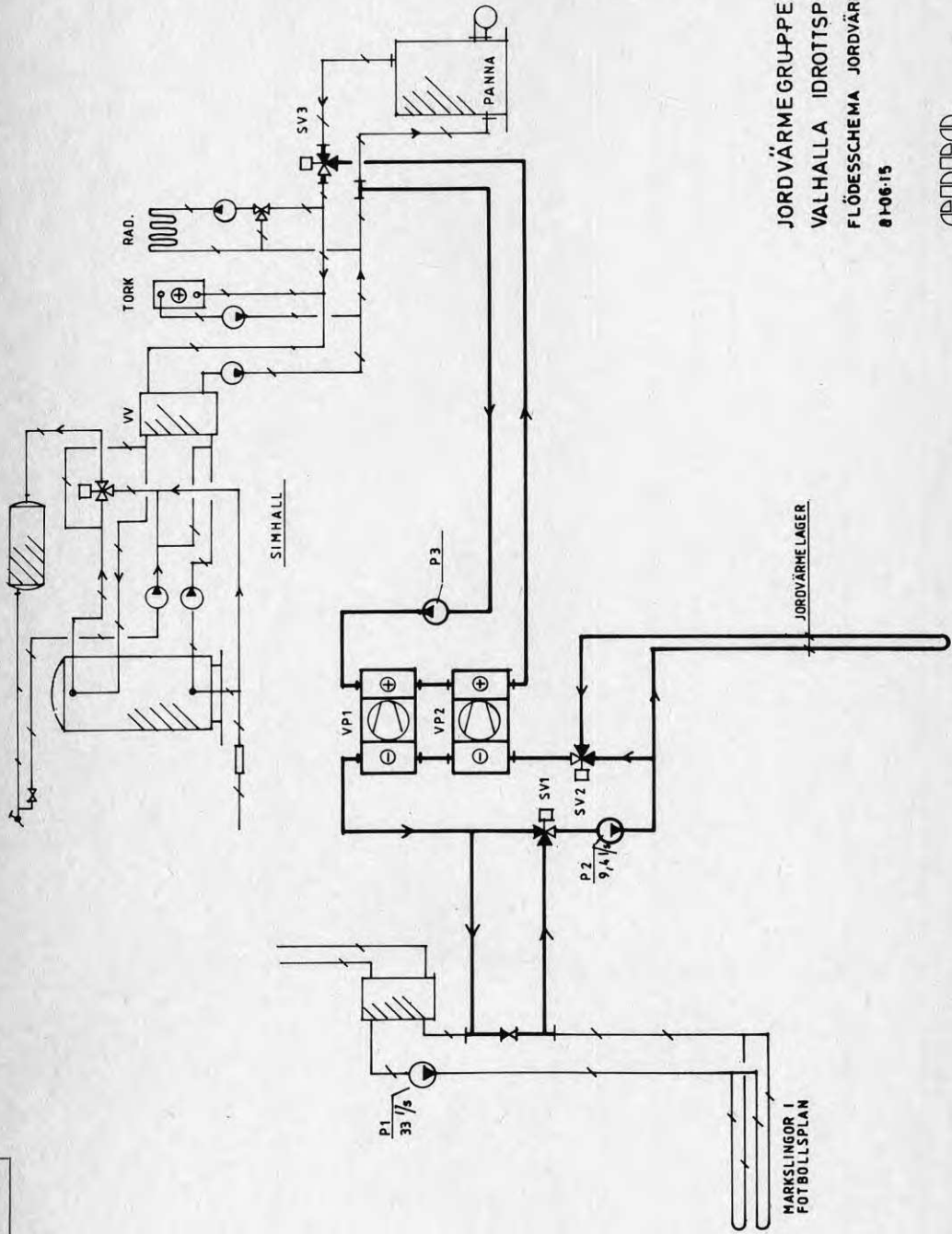
Jordvolymen i ackumulatören dimensioneras då efter den energimängd som ska lagras i jordvärmelagret. Om värmepumpeffekten sätts till 30 kW d v s ca 30%, svarar den för ca 80% av totala energibehovet. Detta betyder att jordvärmeackumulatören enbart kan minskas med ca 20%. Lönsamheten bör förbättras något men ej i någon avsevärd omfattning.



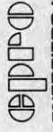
JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 VALHALLA IDROTTSPLATS  
 SITUATIONSPLAN  
 81-06-15



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGÅTAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel. 031 20 04 55



JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
 VALHALLA IDROTTSPLATS  
 FLÖDESSCHEMA JORDVÄRME  
 81-06-15



ENERGIPROJEKT AB  
 SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tfn. 031-20 04 55

FIG. 2

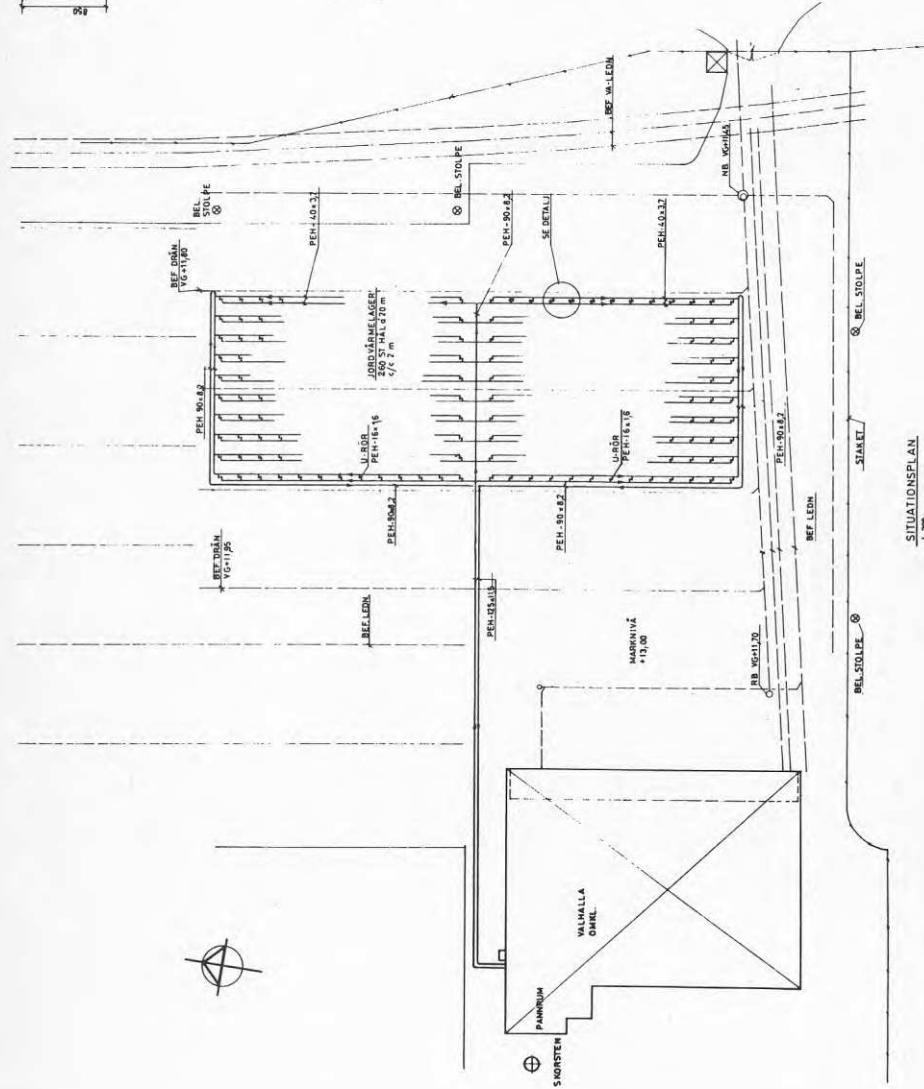
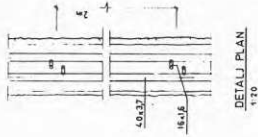
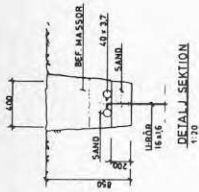



FIG. 3

Proj. nr.	102
Objekt nr.	
Proj. namn	JORDVÄRMEGRUPPEN CTH VALHALLA IDROTTSPLATS
Objekt namn	JORDVÄRMELAGER SITUATIONSPLAN
Proj. led.	T. SIMULSSON
Proj. datum	2008-08-15


**ENERGIPROJEKT AB**  
 SVEVÄG 11 • 141 83 BANGÅRDEN, SE-141 83 BANGÅRDEN  
 TEL: 08-737 10 00 • FAX: 08-737 10 01 • WWW.ENERGIPROJEKT.SE



## 7 ROSENLUND

Jordvärmesystem för nyttiggörande  
av överskottsvärme i kontorshus

Torbjörn Samuelsson  
Energiprojekt AB, Göteborg

## KONTORSHUS ROSENLUND

Beskrivning av objektet

- Typ: Kontorshus  
Byggnadsår 1970
- Läge: Rosenlundsgatan, inom Vallgraven, Göteborg.
- Storlek: Byggnaden är uppförd i 4 våningar och innehåller ca 30000 m<sup>2</sup> kontorsyta.  
I byggnadens källare finns två garageplan.
- Värmeanläggning: Byggnaden är ansluten till stadens fjärrvärmenät och uppvärmning sker med radiatorer placerade under fönster.
- Luftbehandlingsanläggning: Till luftbehandlingsanläggningen finns två kylanläggningar för kylning av ventilationsluft.  
Den större anläggningen har ett med vatten från hamnkanalen kylt turbokompressoraggregat med 872 kW kyleffekt för allmän luftbehandling under högländ<sup>st</sup>perioder sommartid.  
Köldbärartemperaturen är 12/6°C och motoreffekten 162 kW.  
Den mindre anläggningen har för kylning av en datacentral ett med stadsvatten kylt kolvkompressoraggregat med 233 kW kyleffekt som är i drift större delen av året.  
Köldbärartemperaturen är 12/6°C och motoreffekten 51,5 kW.  
Kalkyler visar att det mindre aggregatet drar de största driftskostnaderna beroende på kylsättet och långa driftstider.  
Det större aggregatets värmeväxlare fungerar inte tillfredsställande tillsammans med korrosivt kanalvatten.

slag till lösning av jordvärmesystem

männan  
erwäganden:

För projektet har studerats möjligheterna att tillvara-  
ta kondensorvärme med hjälp av en jordvärmeackumulator  
placerad i Rosenlundskanalen, d v s i omedelbar närhet  
av kontorshuset.

För att kunna lagra avgiven kondensorenergi erfordras ca  
40000 m slang placerade i 35 m djupa hål, d v s 570 st  
hål.

Med ledning av kanalens utseende, se figur 1, finns  
endast ca 10 m mitt i kanalen tillgänglig för placering  
av rörledningar, alltså måste ca 160 m av kanalen tas  
i anspråk.

Den kondensorenergi som kan lagras uppgår till ca 900 MWh/år.  
Värdet blir med energipris 200 kr/MWh <sup>ca</sup> 180000 kr.

För att kunna använda den lagrade värmen till uppvärmning  
av ventilationsluft erfordras att en värmepump kopplas  
till anläggningen. Antag att den har värmefaktor 3, vilket  
skulle betyda att ca 300 MWh/år åtgår i elenergi.

Med elenergipris 22 öre/kWh blir elenergikostnaden 66000 kr/år.  
Om hänsyn tas till ökad underhållskostnad för värmepumpen  
blir den totala årliga besparingen ca 100000 kr.

Jordvärmeackumulatören har kostnadsberäknats till 1.100.000 kr.  
Kostnaden får anses som osäker p g a arbetsplatsens belägen-  
het, kanalens utseende m m. Till detta kommer att under  
kanalen finns en mängd ledningar för vatten, avlopp, el m m  
som kan vara svåra att lokalisera.

## Möjligheter att utnyttja jordvärmeackumulator för kyländamål

### Förutsättningar

För kylning av ventilationsluft finns ett s k vattenkylaggregat med en elmotordriven turbokompressor.

Kyleffekten är ca 1100 kW vid köldbäraretemperaturerna +6/+11°C.

Kondensorkylning sker med vatten från den närliggande kanalen.

I det studerade projektet med jordvärmeackumulator har denna dimensionerats med 40000 m rör och en berörd lervolym på ca 80000 m<sup>3</sup>.

### Dirketkylning

En möjlighet vore att ackumulatorn utnyttjades under sommaren för direkt kylning. Det kan då antas att ackumulatorn under våren d v s efter vinterns värmepumpdrift har så låg temperatur att köldbäraren kan användas direkt för luftkylning d v s användning av kylmaskinen.

*utan*

Om frysning med säkerhet skall kunna undvikas så kan genomsnittstemperaturen inte antas vara lägre än ca +3°C vid kylperiodens början. Med köldbärartemperaturerna +6/+11°C blir medeltemperaturdifferens ca  $\sqrt{3 \cdot 8} \approx 5^\circ\text{C}$ . Enligt uppgift kan ett k-värde på 1,1 W/m<sup>2</sup> <sup>enkelt rör</sup> ~~exempelvis~~ antas vilket ger en tillgänglig kyleffekt på  $5 \cdot 1,1 \cdot 40000 = 220 \text{ kW}$  eller ca 20% av den maximalt tillgängliga kylmaskinkapaciteten. Effekten avtar med stigande ackumulatortemperatur och är ca 50% eller 110 kW när genomsnittstemperaturen stigit 2°C d v s till ca +5°C.

Värmeinhållet vid 2°C temperaturstigning är ca  $2 \cdot 80 \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 144 \cdot 10^3 \text{ kWh}$ . Uppskattningsvis skulle kylbehovet under en eller två vårmånader kunna täckas men så snart effektbehovet överstiger 200 å 250 kW så blir kyleffekten från enbart ackumulatorn otillräcklig. Antas exempelvis att köldalstringen under 40 dygn, 10 h/dygn är ca 250 kW så kunde 100000 kWh erhållas "gratis" från ackumulatorn.

Med en total kylfaktor på ca 3 och ett energipris på 22 öre/kWh så är driftskostnaden för kylkompressorn ca 7000 kr för motsvarande köldalstring.

Denna typ av kyl drift har alltså ingen nämnvärd inverkan på totala lönsamheten.

#### Akkumulatorn för kondensorkylning

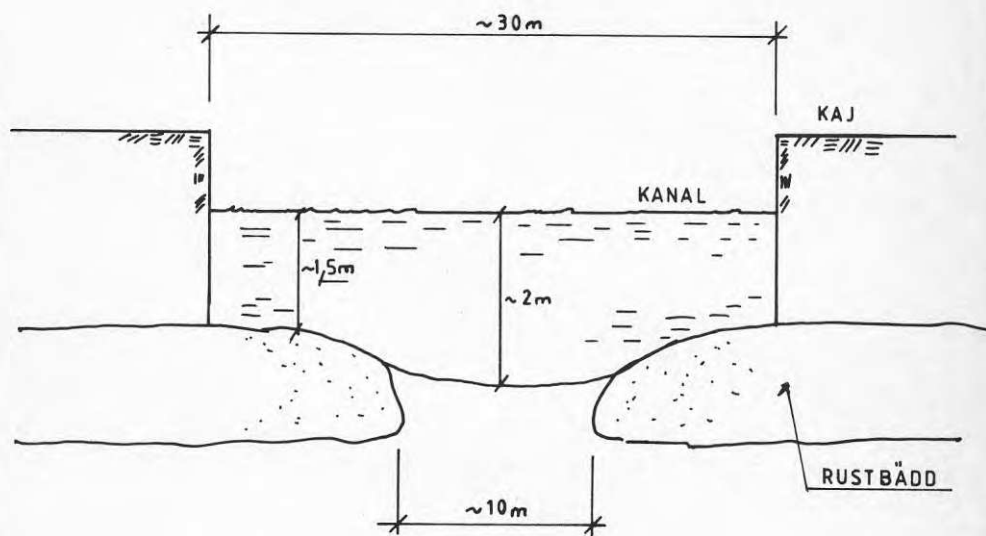
Eftersom den nuvarande kondensorkylningen med kylvatten från kanalen vållar vissa bekymmer så kan det vara intressant om ackumulatorn kunde användas för kondensorkylningen.

Kompressoreffekten är ca  $1,1 \cdot 1,3 = 1,4$  MW och med fulleffektdrifttiden 500 h/år blir kondensorenergien ca 900 MWh/år. Med  $80000 \cdot 0,9 = 72$  MWh/°C motsvarar denna en temperaturändring på  $900/72 =$  ca 12 å 13 °C eller en sluttemperatur på 15 å 16 °C vid en starttemperatur på ca +3°C.

Energimässigt räcker således ackumulatorn till för att ta emot och lagra kondensorenergien.

Med kylvattentemperaturerna +25/+30°C så kan effektsväljningsförmågan uppskattas till  $\sqrt{10 \cdot 15} \cdot 1,1 \cdot 40 = 540$  kW d v s mindre än hälften av maximala kondensoreffekten.

En partiell kondensorkylning är knappast av intresse varför ackumulatorn skulle behöva minst fördubblas beträffande rörlängden om den skulle vara användbar för kondensorkylningen.



JORDVÄRMEGRUPPEN CTH  
KONTORSHUS ROSENLUND  
SEKTION GENOM VALLGRAVEN  
81 06 15



**ENERGIPROJEKT AB**

SKÅNEGATAN 37 S-412 51 GÖTEBORG Tel: 031-20 04 55

FIG. 1

PUBLIKATIONER FRÅN JORDVÄRMEGRUPPENBFR-RAPPORTER

Blomqvist N & Jacobson L: Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Förutsättningar i befintlig bebyggelse. BFR-rapport R94:1978.

Modin B: Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Geologiska faktorer. BFR-rapport R55:1979.

Jordvärmegruppen CTH: Nordic Symposium on Earth Heat Pump Systems. Preprints + supplement. 1979.

Berntsson T: Dimensionering av jordvärmesystem. Teknik och ekonomi. BFR-rapport R53:1980.

Modin B & Wilén P: Byggnadsuppvärmning med jordvärmepump. Geologiska förutsättningar för värmelagring i lera inom större tätorter i Mellansverige. BFR-rapport R88:1980.

Berntsson T, Franck P-Å, Jacobson L, Modin B & Wilén P: The use of the ground as a heat source for heat pumps in urban areas. BFR-rapport D39:1980.

Jordvärmegruppen CTH: Användning av mark som värmekälla för värmepumpar i tätort. Översiktliga tekniska-ekonomiska bedömningar. BFR-rapport R149:1980.

JVG-RAPPORTER

(Fr o m mars 1981 har Jordvärmegruppen publiceringsavtal med BFR, vilket innebär att vissa rapporter framgent kommer att utges som s k JVG-rapporter.)

Wilén P: Grundvatten som värmekälla för husuppvärmning med värmepump. Litteraturstudie, system och ekonomi. JVG-rapport nr 1 1981.

Franck P-Å, Modin B & Rosenblad G: Värmepump med vertikalt jordvärmesystem och vindkonvektorer. Utvärdering av ett fullskaleprojekt i Utby. JVG-rapport nr 2 1981.

Rhen I: Registrering av vattenhalt i jord genom mätning av den elektriska kapacitansen. JVG-rapport nr 3 1981.

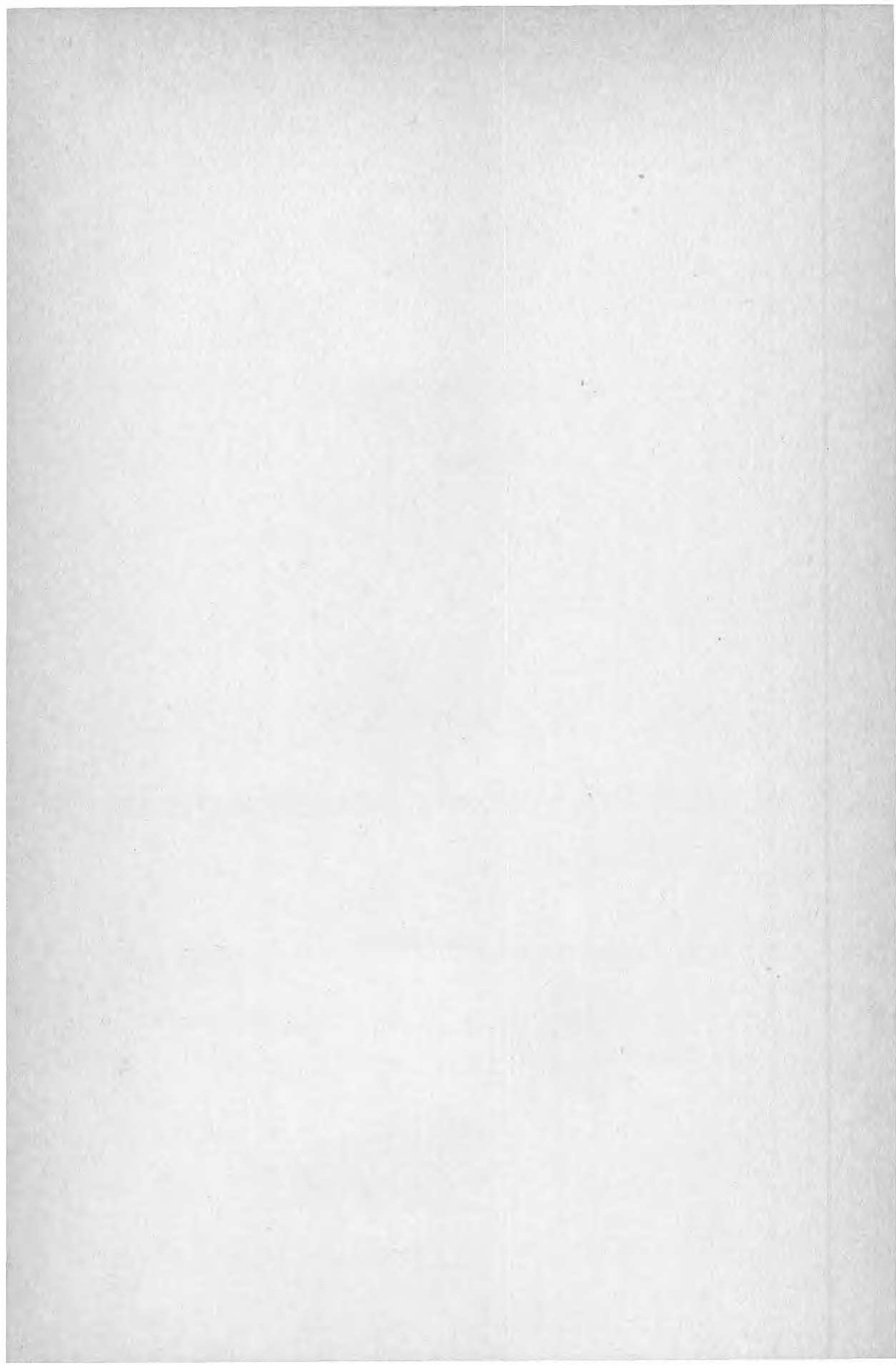
Rhen I: Horisontella jordvärmesystem över och under grundvattenytan. Geologiska förutsättningar i Orsa. JVG-rapport nr 4 1982.

Sundberg, J: Metoder för bestämning av värmeöverförande egenskaper i jord och berg. JVG-rapport nr 5 1982.

Svensson T & Wilén P: Sedimentvärme för bostadsområdet Finnsnäs, Mora. Förstudie av geologiska och hydrologiska förutsättningar. JVG-rapport nr 6 1982.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
801355-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Avd. för Husbyggnad, CTH, Göteborg.**

**R112: 1982**

**ISBN 91-540-3793-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700612**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 35 kr exkl moms**