



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R43:1980

Ytjordvärmepump för skola och sporthall i Mjölby

Förstudie

Anders Nilson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	80-0667
Plac	See

K/100

Byggeforskningsrådet

R43:1980

YTJORDVÄRMEPUMP FÖR SKOLA OCH SPORSTALL

I MJÖLBY

Förstudie

Anders Nilson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790938-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till Fastighetskontoret, Mjölby.

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

R43:1980

ISBN 91-540-3222-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 051524

INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	TEKNISKT UNDERLAG	9
3.1	Allmänt	9
3.2	Effektbehov	9
3.3	Drifttider ventilation	10
3.4	Energibehov	11
3.5	Meteorologiska data	12
3.6	Geologiska data	12
3.7	Dimensioneringsdata för värmepump och oljepanna	13
4	SYSTEMBESKRIVNING	15
4.1	Allmänt	15
4.2	Oljeeldad panncentral - alternativ 1	15
4.3	Ytjordvärme med spetslastpanna - alternativ 2	16
4.4	Ytjordvärme utan spetslastpanna alternativ 3	16
5	MARKKOLLEKTOR	17
5.1	Allmänt	17
5.2	Effektuttag från enskild ytjordvärme- slinga	17
5.3	Utformning av markkolektor	19
5.4	Placering av markkolektorer och ytbehov	19
6	TEKNISK ANALYS AV STUDERADE VÄRME- FÖRSÖRJNINGSSYSTEM	21
6.1	Allmänt	21
6.2	Energibehov	21
6.3	Driftsäkerhet	21
6.4	Miljö	22
7	EKONOMISK ANALYS AV STUDERADE VÄRME- FÖRSÖRJNINGSSYSTEM	23
7.1	Allmänt	23
7.2	Oljeeldad panncentral - alternativ 1	24
7.3	Ytjordvärme med spetslastpanna - alternativ 2	24

7.4	Ytjordvärme utan spetslastpanna - alternativ 3	25
7.5	Analys	25
7.6	Lönsamhet - framtida energiprisut- veckling	26
8	SLUTORD	29

BILAGOR

Bil 1	Översiktsritning (förläggingsområde)	31
2	Totalt värmeeffektbehov som funktion av utetemperaturen	32
3	Utetemperaturens varaktighet över året (hela dygnet)	33
4	Marktemperaturens variation över året på olika djup i orörd sandjord	34
5	Ytjordvärmepumpens princip	35
6	Principiell utformning av markkollektor	38
7	Värmebärartemperatur för olika system- alternativ som funktion av utetempera- turen	39
8	Bruttobesparingskostnad som funktion av årlig, real energiprisökning	40
9	Litteratur	41

1 FÖRORD

I samband med förprojekteringen av mellanstadieskolan och sportanläggningen vid Klämmestorp i Mantorp, Mjölby kommun diskuterades huruvida en alternativ värmeförsörjning av objekten medelst ytjordvärme var tekniskt och ekonomiskt möjlig. Objekten omges av stora, plana markområden bestående av tidigare åkermark.

Markkolektorerna bestående av de nedgrävda ytjordvärmeslingorna skulle därvid kunna förläggas nära försörjningsobjekten. Detta skulle påverka ett sådant systems totalekonomi i positiv riktning, då kulvertsträckningen skulle kunna reduceras till ett minimum.

Området skall i en första etapp bebyggas med en mellanstadieskola och idrottshall med tillhörande bollplaner. Sportanläggningen kommer att betjäna såväl skolan som allmänheten. I ett senare skede finns planer på att även bygga en simhall i idrottshallens närhet.

Föreliggande förstudie omfattar bl.a. beräkning av värmeeffekt- och energibehov för byggnaderna, beräkning av möjligt effektuttag från ytjordvärmeslingan, effektuttagets beroende av grundvattenströmning och rördimension, bedömning av erforderlig markareal för systemet, utformning av markkolektorerna, inverkan av värmesystemets temperaturnivå på ytjordvärmeanläggningens utformning och totalekonomi samt den framtida energiprisutvecklingens påverkan på ytjordvärmesystemets lönsamhet.

Förstudien behandlar två principiellt olika ytjordvärmesystem. Jämförelse görs ur ekonomisk synpunkt med ett konventionellt värmeförsörjningssystem baserat på oljeeldning i en för försörjningsobjekten gemensam panncentral.

Anslagsmottagare har varit Fastighetskontoret i Mjölby. Förstudien har utförts av Bengt Dahlgren AB, Göteborg. För övrigt har White Arkitekter AB, Göteborg och K-konsult, Stockholm varit inkopplade i projektet.



2 SAMMANFATTNING

Mjölby kommun avser att uppföra en mellanstadieskola och idrottshall vid Klämmestorp i Mantorp, med en total byggnadsyta på ca 4.500 m². Objektet omges av relativt stora, plana markområden bestående av tidigare åkermark. Idrottshallen med omgivande bollplaner skall betjäna såväl skolan som allmänheten.

Förstudien utgöres av en teknisk och ekonomisk analys av förutsättningarna att försörja området med hjälp av ett ytjordvärmesystem med horisontell förläggning av ytjordvärmeslingorna i omkringliggande bollplaner.

Förstudien ligger till grund för en ansökan om experimentbyggnadslån och bidrag för de ökade projekterings- och byggnadskostnaderna samt för mätning och utvärdering av ytjordvärmesystemet.

Två ytjordvärmesystem studeras och jämföres ur kostnadssynpunkt med en konventionell värmeförsörjning via gemensam oljeeldad panncentral. De ytjordvärmesystem som studeras är:

- * Ytjordvärme med ett för objektet gemensamt värmepumpsaggregat i kombination med en oljeeldad spetslastpanna. Lokal värmedistribution sker med ett 60/50°C-system (alternativ 2).
- * Ytjordvärme med separat värmepumpsaggregat för skola respektive idrottshall. Ingen spetslastpanna. Lokal värmedistribution sker med ett 45/35°C-system (alternativ 3).

En översiktlig geoteknisk undersökning har tidigare gjorts i området. För närvarande pågår en fördjupad geoteknisk undersökning med inriktning på parametrar av väsentlig betydelse för en bestämning av markens värmetekniska och vattenhållande egenskaper.

Resultaten visar på att marken huvudsakligen består av sand och silt uppblandad med lera. Grundvattennivån ligger relativt högt i området.

Preliminära beräkningar antyder att ca 20W/löpmeter ytjordvärmeslinga kan tas ut i området.

I förstudien har olika förläggingsområden för markkolektorerna studerats. Därvid har det visat sig att en närförläggning av dessa vid respektive objekt är nödvändigt för att erhålla en rimlig totalkostnad för ett ytjordvärmesystem av detta slag. Vikten av detta ökar ju lägre det möjliga effektuttaget är.

Andra viktiga faktorer för ett ytjordvärmesystems totalekonomi är värmedistributionssystemets temperaturnivå. Denna påverkar såväl anläggningskostnaden för värmepumpsaggregaten som värmedistributionssystemet. Vidare påverkas driftsekonomin genom att en hög fram-

ledningstemperatur ger en hög kondenseringstemperatur vilket påverkar värmefaktorn i negativ riktning.

Byggnadernas årliga energiförbrukning för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning har beräknats till 630 MWh/år. Detta motsvarar ett bruttoenergibehov på 840 MWh/år eller 84 m³ olja/år vid konventionell värmeförsörjning. Med ett ytjordvärmesystem utan spetslastpanna erfordras 185 MWh/år i form av elenergi till kompressorer och distributionspumpar. Återstoden på 445 MWh/år tas upp i markkolektorerna.

Den totala årskostnaden är lägst i det studerade basalternativet med oljeeldad panncentral. Av de studerade ytjordvärmesystemen fås lägst årskostnad för systemet utan spetslastpanna (alternativ 3). Relativt basalternativet erfordras för ovannämnda ytjordvärmesystem en merinvestering på 520.000 kronor inkl. projektering. De årliga drifts- och underhållskostnaderna är dock 12.000 kronor lägre relativt basalternativet. Detta inkluderar effektavgifter för värmepumpsaggregaten.

Beträffande de rena energikostnaderna är dessa 51.000 kronor lägre vid ytjordvärmesystemet utan spetslastpanna relativt systemet med en oljeeldad panncentral. Detta gäller vid ett oljepris på 900 kr/m³ (Eo1) och en energiavgift på 13,9 öre/kWh inkl. energiskatt.

Vid ökande energipriser kommer generellt sett ytjordvärmesystem att bli intressanta ur totalekonomisk synpunkt, vilket förstudien visar. Andra faktorer som därvid också måste beaktas är ett ökat krav på minskat oljeberoende.

3 TEKNISKT UNDERLAG

3.1 * Allmänt

Som allmänt tekniskt underlag för projektet har följande handlingar legat till grund:

- * Översiktsritning för området (skala 1:1000), daterad 1979-05-29, upprättad av White Arkitekter AB, Göteborg (bilaga 1).
- * Förslagshandling VVS för konventionell värmeförsörjning, daterad 1979-04-19, upprättad av Bengt Dahlgren AB, Göteborg.
- * Geoteknisk undersökning med kompletteringar, daterad 1978-10-02 respektive 1979-05-22, utförd av K-konsult, Stockholm.

De lokalytor som gäller i basalternativet med oljeeldad panncentral är:

* Mellanstadieskola	2.345 m ²
* Idrottshall	1.930 m ²
* Panncentral med servicefunktioner	<u>240 m²</u>
* Totalt	4.515 m ² =====

I yttjordvärmealternativet utan spetslastpanna (alt. 3) är panncentralsbyggnaden slopad. De servicefunktioner som inrymdes i denna i det studerade basalternativet är i ovannämnda alternativ flyttade till idrottshallen.

3.2 Effektbehov

Utgående från tidigare nämnda förslagshandling för rubricerade objekt har följande dimensionerande effektbehov beräknats vid LUT1 för Mantorp.

Skola

Transmission	75 kW (31%)
Ventilation	120 kW (50%)
Varmvattenberedning	<u>45 kW (19%)</u>
Totalt	240 kW (100%)

Idrottshall

Transmission	55 kW (29%)
Ventilation	20 kW (20%)
Varmvattenberedning	<u>115 kW (60%)</u>
Totalt	190 kW (100%)

Panncentral inkl. service

Transmission	10 kW	(40%)
Ventilation	10 kW	(40%)
Varmvattenberedning	5 kW	(20%)
Totalt	25 kW	(100%)

Sammanställning av dessa deeffektbehov ger:

Samtliga objekt

Transmission	140 kW	(31%)
Ventilation	150 kW	(33%)
Varmvattenberedning	165 kW	(36%)
Totalt	455 kW	(100%)
	=====	

Värmeeffektbehoven för ventilation baseras på i förslagshandlingen förutsatta värmeåtervinningssystem av typ regenerativa värmeväxlare och/eller återluftskörning.

Totala effektbehovets variation med utetemperaturen under dagtid (vardagar) framgår av bilaga 2.

Vad beträffar belysningseffekter i skola och idrotts-hall har dessa förutsatts vara 25 W/m² respektive 20 W/m².

3.3 Drifttider ventilation

För ventilationsaggregaten har följande driftstider förutsatts gälla för respektive objekt.

Skola

TA1-TA3, TA6	(klassrum o dyl) - kl 06 -18, 5 dagar/vecka, 44 veckor/år
TA4	(kök) - kl 09-15, 5 dagar/vecka, 44 veckor/år
TA5	(matsalar) - kl 06-22, 5 dagar/vecka, 44 veckor/år

Idrottshall

TA8	- kl 07-22, 7 dagar/vecka, 52 veckor/år
-----	--

Panncentral inkl service

TA7	- kl 07-22, 7 dagar/vecka, 52 veckor/år
-----	--

3.4 Energibehov

Årsenergibehoven för transmission, ventilation och varmvattenberedning för respektive objekt har beräknats enligt följande.

Skola

Transmission	175 MWh/år	(70%)
Ventilation	50 MWh/år	(20%)
Varmvattenberedning	25 MWh/år	(10%)
Totalt	250 MWh/år	(100%)

Idrottshall

Transmission	125 MWh/år	(37%)
Ventilation	15 MWh/år	(5%)
Varmvattenberedning	200 MWh/år	(58%)
Totalt	340 MWh/år	(100%)

Panncentral inkl service

Transmission	20 MWh/år	(50%)
Ventilation	15 MWh/år	(38%)
Varmvattenberedning	5 MWh/år	(12%)
Totalt	40 MWh/år	(100%)

Sammanställning av dessa delenergibehov ger:

Samtliga objekt

Transmission	320 MWh/år	(51%)
Ventilation	80 MWh/år	(13%)
Varmvattenberedning	230 MWh/år	(36%)
Totalt	630 MWh/år	(100%)
	=====	

3.5 Meteorologiska data

För Mantorp gäller följande temperaturer:

- * Årsmedeltemperaturer + 6,9°C (normalår)
- * Max. månadsmedeltemperatur +18,3°C (normalår)
- * Min. månadsmedeltemperatur - 3,1°C (normalår)
- * Dimensionerande lägsta utetemperatur (LUT1) -20,0°C

Varaktigheten för uteluftens temperatur över året framgår av bilaga 3.

Marken är normalt snötäckt ca 70 dagar/år. Detta påverkar den normala årstidsvariationen i marktemperatur på olika djup under markytan. För en orörd sandjord fås en årstidsvariation enligt bilaga 4. Temperaturförloppen har beräknats enligt metod i VVS-handboken 1963.

3.6 Geologiska data

Området är flackt och består huvudsakligen av åkermark.

Enligt den översiktliga geotekniska undersökning som gjorts under förprojekteringen varierar marklagrens sammansättning i området.

Det planerade förläggingsområdet (bilaga 1) för markkolektorerna består dock huvudsakligen av sand och silt med inslag av lera.

Vattenkvoten i förläggingsområdet var ca 20% vid undersökningarnas genomförande.

Grundvattennivån ligger ca 1,0 -1,3 m under nuvarande marknivå.

För en korrekt värmeteknisk dimensionering av markkolektorerna och förläggning av dessa erfordras en fördjupad geoteknisk undersökning av förläggingsområdet. Parametrar som härvid är av intresse är bl.a följande:

- * marksammansättning
- * kornstorleksfördelning
- * skrymdensitet
- * torrdensitet
- * vattenhalt
- * grundvattennivå
- * eventuell grundvattenströmning

Genom bestämning av dessa parametrar i ett större antal punkter kan en representativ bild av markens värmetekniska och vattenhållande egenskaper i förläggningsområdet erhållas.

En sådan fördjupad geoteknisk undersökning pågår för närvarande, men är ännu ej avslutad.

Inget har hittills framkommit som skulle kunna ändra planerna med värmeförsörjning via ytjordvärmesystem.

3.7 Dimensioneringsdata för värmepump och oljepanna

Principen för en ytjordvärmepump framgår av bilaga 5.

För de ytjordvärmesystem som studeras i denna rapport har en kondenseringstemperatur på $+50^{\circ}\text{C}$ och en förångningstemperatur på -7°C förutsatts gälla i dimensioneringspunkten.

Årsmedelvärmefaktorn för värmepumparna har bedömts vara 3,4.

Köldbäraren, som cirkuleras i ytjordvärmeslingorna, utgöres av en 30-procentig blandning av etylenglykol och vatten. Glykolhalten medför att frysrisk föreligger först vid ca -15°C .

Utgående köldbärartemperatur har preliminärt bedömts vara -2°C vid dimensioneringspunkten.

För de oljeeldade pannor, som ingår i två av de studerade systemen (alt. 1 och 2), har årsmedelverkningsgraden förutsatts vara 75%.

4 SYSTEMBESKRIVNING

4.1 Allmänt

Vid värmepumpsystem med vatten som värmebärare spelar värmedistributionens temperaturnivå en avgörande roll för systemlayout och -ekonomi.

En hög framledningstemperatur kräver en hög kondenseringstemperatur. Detta medför att den s.k. värmefaktorn minskar, vilket bl.a. påverkar driftekonomin starkt i gynnsam riktning. Vidare kan en hög framledningstemperatur medföra att man måste övergå till ett annat köldmedium med andra värmetekniska egenskaper, vilket kan påverka investeringskostnaderna på värmepumpsidan i ogynnsam riktning. En viss kompensering för detta fås dock för värmedistributionssystemet, då en förhöjd framledningstemperatur relativt en given nivå minskar investeringskostnaderna för värmedistributionen.

Andra faktorer som styr valet av framledningstemperatur är de framtida möjligheterna att utnyttja alternativa energikällor såsom solenergi m m med ett givet distributionssystem.

För köldmedium R12 är den maximalt tillåtna framledningstemperaturen ca +74°C medan den för R22 är ca +47°C.

I de värmeförsörjningsalternativ som studerats i denna rapport har följande temperaturnivåer förutsatts gälla:

- * Oljeeldad panncentral - 60/50°C - system
- * Ytjordvärme med spetslastpanna - 60/50°C - system
- * Ytjordvärme utan spetslastpanna - 45/35°C - system

Värmevärrartemperaturens principiella förlopp som funktion av utetemperaturen framgår av bilaga 7.

4.2 Oljeeldad panncentral - alternativ 1

Värmeförsörjning för idrottshall, mellanstadieskola och servicefunktioner (lokaliserade till panncentral) sker gemensamt från en oljeeldad panncentral med två pannor. Varmvattenberedning sker lokalt i respektive objekt. Värmedistribution till försörjningsobjekten sker via ett kulvertsystem. Lokal värmedistribution sker via ett 60/50°C distributionssystem.

4.3 Ytjordvärme med spetslastpanna - alternativ 2

Värmeförsörjning sker från ett värmepumpaggregat med två köldmediekretsar (två kompressorer), gemensamt för idrottshall, mellanstadieskola och servicefunktioner. Aggregatet klarar ensam värmeförsörjningen ner till en utetemperatur på ca -8°C , under vilken en oljeeldad spetslastpanna går in och kompletterar värmepumpen. Vid ca -16°C stängs värmepumpen av (för liten temperaturdifferens över kondensorn) och spetslastpannan klarar ensam hela försörjningen vid lägre utetemperatur än ca -16°C . Spetslastpannan dimensioneras för max värmeeffektbehov vid LUT1 medan värmepumpsaggregatet dimensioneras för totalt värmeeffektbehov vid -8°C .

Varje köldmediekrets förses med en s k tryckgasvärmväxlare för tappvarmvattenberedning kompletterade med varmvattenberedare för ackumulering.

Värmedistribution sker via kulvert som i alternativ 1. Lokal värmedistribution sker via ett $60/50^{\circ}\text{C}$ -system.

Köldbäraren distribueras med hjälp av pumpar till markkollectorerna via ett kulvertsystem.

Varje delslinga som ingår i respektive markkollector förses med avstängningsventil och strypventil så att rätt köldbärarflöde erhålles i slingan och så att slingan kan stängas av vid läckage och dylikt.

4.4 Ytjordvärme utan spetslastpanna - alternativ 3

Värmeförsörjning sker från två värmepumpsaggregat, vardera bestående av två köldmediekretsar (två kompressorer), ett aggregat för vardera idrottshall inkl. servicefunktioner ("idag" lokaliserade till panncentral) och skola.

Värmedistributionen sker enbart lokalt i respektive försörjningsobjekt (ingen värmedistributionskulvert) via ett $45/35^{\circ}\text{C}$ -system. Dessa temperaturnivåer är väl anpassade för framtida användning av andra alternativa energikällor, såsom solenergi o dyl.

Värmepumpsaggregaten dimensioneras för att ensamma klara respektive objekts dimensionerande värmeeffektbehov vid LUT1.

Köldbäraren distribueras med hjälp av pumpar till markkollectorerna via separata kulvertsystem för respektive objekts kollectorer.

För övrigt utformas systemet på samma sätt som i alternativ 2 med undantag från spetslastpannan som ej finns i detta alternativ.

5 MARKKOLLEKTOR

5.1 Allmänt

I ett ytjordvärmesystem bestående av i princip de tre huvudsystemen markkolektor, värmepump och värmedistribution svarar markkollektorn för värmeupptagningen från marken. Den värme som utnyttjas är ackumulerad solenergi.

Några faktorer på kollektorsidan som starkt påverkar en ytjordvärmeanläggnings funktion och ekonomi är:

- * Markbeskaffenhet (jordart, kornstorleksfördelning m m)
- * Grundvattenströmning
- * Förläggingsdjup för ytjordvärmeslingor
- * Förläggingsområdets topografi
- * Tillgängliga förläggingsytor nära aktuellt försörjningsobjekt (kulvertlängd m m)
- * Uppdelning av slingsystemet i ett antal parallella kretsar (tryckfall, driftsäkerhet m m)

Genom frysning (tjälbildning) av jorden runt ytjordvärmeslingan kan effektuttaget från denna ökas betydligt jämfört med om jorden runt slingan enbart nedkyles. Detta fenomen utnyttjas i en ytjordvärmeanläggning.

5.2 Effektuttag från enskild ytjordvärmeslinga

Enligt tidigare utnyttjas i en ytjordvärmeanläggning det fenomenet att man genom nedfrysning av marken runt slingan (artificiell tjälning) kan öka det möjliga effektuttaget från denna betydligt jämfört med om man enbart skulle kyla ned marken.

Hur stor denna ökning är beror av aktuell markbeskaffenhet, där parametrar såsom jordart, torrdensitet och vattenhalt m.fl. spelar väsentlig roll.

För lerjordar ökar effektuttaget med en i storleksordningen faktor 3, medan motsvarande faktor för en sandjord, av den typ som är aktuell i detta projekt, är ca 1,5.

För att kunna bedöma möjligt effektuttag från slingan i detta skede samt belysa jordartens och grundvattenströmningens stora betydelse tillsammans med rördiameterns inverkan har den stationära värmeomgången radiellt röret studerats för varierande värmeövergångstal på utsidan av röret (simulerar grundvattenströmningens storlek).

Beräkningarna baseras på förutsättningarna att jorden fryses runt röret med en radie på ca 0,5 m, en temperaturdifferens på 5°C mellan orörd jord och köldbärare (inuti slingan) samt att värmeövergångstalet på insidan av röret är mycket större än på utsidan.

De värden på det teoretiska effektuttaget per löpmeterrör som fås framgår av nedanstående tabell. Hänsyn till ökat effektuttag pga frysning har tagits.

Tabell 5.1. Teoretiskt effektuttag från ytjordvärmslinga.

Värmeövergångstal på utsidan röret	PEL 40x3,7	PEL 25x2,3
<u>Sandjord (20% vattenhalt)</u>		
2 W/m ² · K	19,5 W/m	16,5 W/m
20 W/m ² · K	30,0 W/m	24,0 W/m
50 W/m ² · K	32,0 W/m	25,0 W/m
100 W/m ² · K	32,0 W/m	25,0 W/m
<u>Lerjord</u>		
2 W/m ² · K	13,5 W/m	11,5 W/m
20 W/m ² · K	15,0 W/m	13,0 W/m
50 W/m ² · K	15,5 W/m	13,1 W/m
100 W/m ² · K	15,5 W/m	13,1 W/m

En analys av dessa värden ger följande:

- * Ökad grundvattenströmning ger ett ökat effektuttag på grund av ökad konvektiv värmeöverföring vid rörets utsida (ökande värmeövergångstal)
- * Ökad rördiameter ger ett ökat effektuttag på grund av den ökade transmissionsytan. Värmeövergångstalet på rörets insida förutsätts vara lika i de bågge fallen.
- * Effektuttaget är större vid sandjordar än vid lerjordar, vid i övrigt lika förhållande. Det bör dock påpekas att grundvattenströmningen är ringa vid lerjordar.

Det bör påpekas att förloppen vid ytjordvärmsystem är komplexa bl.a. med tanke på den fasomvandling som sker vid frysning av marken runt rören. En korrekt beräkning kräver tillgång till avancerade datorprogram.

Genom att studera det stationära fallet som gjorts här bör dock vissa bedömningar ändå kunna göras av det möjliga effektuttaget.

Då den under förprojekteringen genomförda geotekniska undersökningen ej ger klart besked om bl.a. grundvattneströmningens storlek i området har viss försiktighet iakttagits i föreliggande studie beträffande storleken av effektuttaget per löpmeter ytjordvärmslinga.

Tills vidare har ett effektuttag på 20 W/m använts, vilket med en delning på 1,5 m mellan slingorna ger ett effektuttag på ca 13,5 W/m² kollektoryta.

Om den kompletterande geotekniska undersökning som nu pågår i aktuellt förläggingsområde för markkolektorerna kan påvisa att effektuttaget ovan kan ökas, fås en minskning av erforderlig total slinglängd liksom ett minskat ytbehov för förläggningen. Detta påverkar ytjordvärmealternativens ekonomi i positiv riktning.

5.3 Utformning av markkolektor

För att minska tryckfallet vid cirkulation av köldbäraren i slingsystemet och för att möjliggöra avstängning av delar av slingsystemet vid köldbärrärläckage o dyl uppdelas den totalt erforderliga slinglängden i parallellkopplade delslingor. Dessa sammankopplas via samlings- och fördelningsrör till lämpligt antal delslingor som tillsammans utgör en s k markkolektor.

Varje markkolektor består således av ett antal parallellkopplade delslingor i W-form. Varje delslinga svarar mot ca 400 m PEL 40x3,7. Normalstorleken på en markkolektor för detta objekt blir 60x100 m (6000 m²) svarande mot måtten på bollplan av grus. En sådan "normalkolektor" innehåller vid delningen 1,5 m mellan rörer ca 4000 m rör, vilket ger ett möjligt effektuttag på ca 80 kW.

Den principiella utformningen av "normalkolektorn" framgår av bilaga 6.

5.4 Placering av markkolektorer och ytbehov

I alternativ 3 skall markkolektorerna dimensioneras för att med enbart värmepump klara dimensionerande värmeeffektbehov för idrottshall och service (215 kW) respektive skolan (240 kW) vid LUT1 (-20°C).

Dessa värmeeffektbehov svarar mot kyleffektbehov från markkolektorer på ca 155 kW respektive 205 kW för i detta skede preliminärt valda värmepumpsaggregat. Detta medför ett behov av ungefär 2 st "normalkolektorer" för försörjning av idrottshall och service och ungefär 2,5 st "normalkolektorer" för skolan. Totalt motsvarar detta ett ytbehov av ca 27000 m² eller 4,5 st bollplaner med dimensionerna 60x100 m.

I alternativ 2 där ett centralt värmepumpsaggregat är placerat i panncentralen och tillsammans med en spetslastpanna försörjer såväl idrottshall, skola och pann-

central med servicefunktioner dimensioneras markkolektorerna att klara det totala värmeeffektbehovet på 350 kW vid en utetemperatur på ca -8°C , vilket ges av max. tillåten framledningstemperatur för köldmedium R22 på ca 45°C vid ett $60/50^{\circ}\text{C}$ värmedistributionssystem, som har förutsatts i detta alternativ (bilaga 7).

Vid temperaturer mellan -8°C och -16°C arbetar värmepumpen med reducerad effektavgivning, varför spetslastpannan går in för att under ca -16°C ensam klara värmeförsörjningen (bilaga 7).

Detta medför en reducerad total slinglängd jämfört med alternativ 3. Det kyleffektbehov som svarar mot ovannämnda värmeeffektbehov för aktuellt aggregat är ca 240 kW, vilket medför ett behov av ungefär 3 st "normalkollektorer" enligt tidigare. Totalt motsvarar detta ett ytbehov av ca 18000 m^2 eller 3 st bollplaner med dimensionerna $60 \times 100\text{ m}$.

I alternativ 2 placeras preliminärt 2 st markkolektorer vid bollplan av grus, söder om idrottshall samt 1 st markkolektor vid fotbollsplan av gräs, norr om idrottshall.

I alternativ 3 placeras preliminärt 2 st markkolektorer vid bollplan av grus och 1 st markkolektor vid fotbollsplan av gräs (lika alternativ 2). Dessutom placeras resterande markkolektorer i området öster och sydost om ovannämnda gräsplan.

Det exakta förläggingsdjupet för kolektorerna är beroende av resultatet från den fördjupade geotekniska undersökningen, som bör utföras i aktuellt förläggingsområde. Djupet kommer dock troligen att vara mellan ca 1,0 m till 1,5 m.

6 TEKNISK ANALYS AV STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJNINGSSYSTEM

6.1 Allmänt

De aggregat som kommer till användning vid ett storskaligt utnyttjande av ytjordvärmetekniken bygger på en sedan länge beprövad teknik inom kylteknikens olika områden.

Genom denna teknik och den avancerade styrutrustning som dessa aggregat är utrustade med kan såväl driftsäkerheten som driftsekonomin på goda grunder bedömas bli mycket god.

Relativt de s k villavärmepumpar som använts inom ytjordvärmeteknikens småskaliga utnyttjande kan värmefaktorn för här aktuella aggregat bedömas bli klart högre än för ovannämnda småaggregat. (Jfr avsnitt 3.7)

6.2 Energibehov

För samtliga studerade värmeförsörjningssystem gäller att ett nettoenergibehov på 630 MWh/år skall täckas för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning.

För att täcka detta energibehov erfordras följande bruttoenergibehov för respektive alternativ.

Tabell 6.1 Bruttoenergibehov för olika systemalternativ.

	Oljeeldad pann- central 1	Ytjordvärme med spets- lastpanna 2	Ytjordvärme utan spets- lastpanna 3
Bruttoenergi- behov, olja (MWh/år)	840	40	(440)*
Bruttoenergi- behov, el (MWh/år)	-	171	185

* Avser totalt bruttoenergibehov om elenergin (185 MWh/år) tänkes producerat i ett stort oljeeldat kondenskraftverk.

6.3 Driftsäkerhet

Vad beträffar driftsäkerheten i ytjordvärmealternativen 2 och 3 är denna störst i alternativ 2 pga spetslastpannan. Dock bedöms den vara fullt tillfredsställande även i alternativ 3, pga dels separata aggregat

för respektive försörjningsobjekt, dels uppdelningen av varje aggregat på två köldmediekretsar med en kompressor per köldmediekrets.

Sannolikheten för att bägge kompressorerna faller ur samtidigt och att detta inträffar vid LUT1 (-20°C) bedöms vara mycket liten. För övrigt är det fullt möjligt att i en eventuell haverisituation automatiskt styra ner bl.a. ventilationen så att en av köldmediekretsarna ensam klarar aktuellt värmeeffektbehov. Vid ett eventuellt elbortfall fungerar varken en panna eller en elmotordriven värmepump, varför alternativen i detta avseende är helt jämförbara.

Beträffande markkolektorerna kommer varje delslinga att kunna stängas av enligt tidigare, varför följdverkningarna av ett eventuellt slangbrott på någon del av kollektorn blir minimala.

6.4 Miljö

Av den totalt infallande solstrålningen inkl. den diffusa himmelstrålningen mot markytan tas ca 1-3% ut i markkolektorerna, vilket är mycket lite. Genom sänkningen av marktemperaturen kommer den sekundära markutstrålningen automatiskt att minska, varför denna sänkning av marktemperaturen delvis kompenseras.

Vad beträffar växtligheten bedöms denna ej bli påverkad i negativ riktning. En viss tidsförskjutning beträffande tidpunkten för gräsplanens utnyttjande under våren kan bli aktuell.

Genom noggrann läggningsteknik och utformning av markkolektorn i gräsplanen bör eventuella risker för fryssning av dräneringssystemet i planen kunna minimeras.

Genom att använda ett ytjordvärmesystem i stället för en oljeeldad panncentral erhålles ett bidrag till den minskning av SO_2 -utsläppen som finns i regionen.

7 EKONOMISK ANALYS AV STUDERADE VÄRMEFÖRSÖRJ- NINGSSALTERNATIV

7.1 Allmänt

Kostnaderna baseras på prisläget i maj 1979.

För beräkning av kapitalårskostnaderna, har en kalkylränta på 10,5% använts. Avskrivningstider för i anläggningen ingående komponenter, byggnader och anslutningsavgifter (el) har hämtats från bl.a. byggforskningsrapporten R9:1970.

Kostnader för löpande underhåll har också hämtats från ovannämnda rapport tillsammans med bedömningar för värmepumpinstallation och markkollektorer.

Energikostnaderna baseras på ett oljepris av 900 kr/m³ (Eo1 - prisstoppat) och gällande eltariffer från Tekniska verken, Linköping (effektariff E1 - lågspänningsabonnemang med lång utnyttjningstid avsedd för ett effektuttag om 50-250 kW).

Detta ger följande elkostnader:

- Fast avgift 500 kr/år.
- Effektagift 180 kr/kW,år
- Energiavgift 13,9 öre/kWh,år inkl energiskatt.

Till detta kommer anslutningsavgifter för el, vilka varierar mellan alternativ 2 och 3, beroende på bl.a. aggregatuppdelning och installerad eleffekt för värmepumpsaggregaten och distributionspumparna för köldbärarsystemet.

Hänsyn har tagits till ovannämnda pumpar i kostnadsberäkningen nedan.

Vad beträffar byggnadskostnaderna (exkl. installationer) gäller följande för de aktuella objekten:

- | | |
|---------------|-------------------------|
| - Idrottshall | 2.040 kr/m ² |
| - Skola | 1.830 kr/m ² |
| - Panncentral | 2.500 kr/m ² |

Nedan angivna projekteringskostnader utgör uppskattningar för total VVS-projektering under förutsättningen att respektive alternativ väljes från första början så att förslagshandling osv upprättas för respektive alternativ.

Följande kostnader erhålles för de studerade systemalternativen.

7.2 Oljeeldad panncentral - alternativ 1Anläggningskostnad

Installationer inomhus	560.000:-
Värmedistributionskulvert inkl schaktning	240.000:-
Byggnadskostnad (panncentral)	600.000:-
Projektering	<u>120.000:-</u>
SUMMA	<u>1.520.000:-</u> =====

Årskostnad

Kapital	167.600:-
Energi (uppvärmning, ventila- tion, varmvatten) 840 MWh/år brutto	76.400:-
Löpande underhåll	<u>17.500:-</u>
SUMMA	<u>261.500:-</u> =====

7.3 Ytjordvärme med spetslastpanna - alternativ 2Anläggningskostnad

Installationer inomhus	825.000:-
Markkolektorer, värme- distributionskulvert, köldbärarkulvert inkl schaktning	635.000:-
Anslutningsavgifter, el	11.000:-
Byggnadskostnad	525.000:-
Projektering	<u>230.000:-</u>
SUMMA	<u>2.226.000:-</u> =====

Årskostnad

Kapital	252.200:-
Effektavgift inkl. abonnemangavgift	18.500:-
Energiavgift (uppvärmning, ventilation, varmvatten) 171 MWh _{el} /år resp. 40 MWh/år brutto (olja)	27.400:-
Löpande underhåll	<u>44.000:-</u>
SUMMA	<u>342.100:-</u> =====

7.4 Ytjordvärme utan spetslastpanna - alternativ 3Anläggningskostnad

Installationer inomhus	880.000:-
Markkolektorer, köldbärarkulvert inkl schaktning	523.000:-
Anslutningsavgift, el	17.000:-
Byggnadskostnad (ökad byggnadsyta för idrottshall resp skola)	490.000:-
Projektering	<u>230.000:-</u>
SUMMA	<u>2.140.000:-</u> =====

Årskostnad

Kapital	246.100:-
Effektavgift inkl. abonnemangavgift	29.900:-
Energiavgift (uppvärmning, ventilation, varmvatten) 185 MWh _{el} /år	25.000:-
Löpande underhåll	<u>27.300:-</u>
SUMMA	<u>328.300:-</u> =====

7.5 Analys

En omstrukturering av beräknade kostnader enligt ovan ger följande sammanställning:

Tabell 7.1. Kostnadssammanställning.

	<u>Oljeeldad panna-central</u> 1	<u>Ytjordvärme med spetslastpanna</u> 2	<u>Ytjordvärme utan spetslastpanna</u> 3
Anläggningskostnad inkl projektering (kr)	<u>1.520.000</u>	<u>2.226.000</u>	<u>2.140.000</u>
Kapitalårskostnad (kr/år)	167.600	252.200	246.100
Drifts- och underhållskostnad (kr/år)	93.900	89.900	82.200
Total årskostnad (kr/år)	<u>261.500</u>	<u>342.100</u>	<u>328.300</u>

Härav framgår att ytjordvärmealternativet utan spetslastpanna (alt. 3) är det, ur kostnadssynpunkt, mest intressanta av de bägge studerade ytjordvärmesystemen. Detta gäller såväl ur anläggningskostnadssynpunkt som ur drifts- och underhållskostnadssynpunkt.

En jämförelse mellan detta ytjordvärmesystem och basalternativet med oljeeldad panncentral ger att den totala årskostnaden för det förra alternativet är ca. 67.000 kronor högre än för det senare vid nuvarande energipriser. Detta orsakas av den högre anläggningskostnaden för ytjordvärmesystemet.

Sett ur drifts- och underhållskostnadssynpunkt är denna störst vid oljeeldad panncentral och minst vid ytjordvärmesystem utan spetslastpanna.

Studeras man de rena energikostnaderna är dessa ca 51.000 kronor högre för den oljeeldade panncentralen relativt ytjordvärmesystemet utan spetslastpanna.

De kostnadsposter som försämrar det sistnämnda alternativet relativt basalternativet med oljeeldning är förutom kapitalårskostnaderna de rena effektavgifterna för värmepumpssystemet och kostnaderna för löpande underhåll.

Vid ett slutgiltigt val mellan de studerade värmeförsörjningsalternativen måste stor hänsyn tas till den framtida utvecklingen på energiområdet både beträffande energiprisutvecklingen och försörjningstrygghet i stort.

7.6 Lönsamhet - framtida energiprisutveckling

En analys över den framtida energiprisutvecklingens påverkan på ett ytjordvärmesystems lönsamhet kommer att göras för vårt alternativ 3 - "Ytjordvärme utan spetslastpanna".

Relativt det studerade basalternativet med oljeeldning i gemensam panncentral för skola och idrottshall ger detta system en total energibesparing på 655 MWh/år om man jämför bruttoenergiebehoven för de bägge systemen.

Om elenergin t.ex. tänkes producerad i ett stort oljeeldat kondenskraftverk skulle 185 MWh/år elenergi motsvara ca 440 MWh/år i tillförd olja till denna produktionsanläggning. Detta skulle då ge en energibesparing på 400 MWh/år vilken ur nationell synpunkt är mer rättvisande än betraktelsesättet ovan.

De besparingskostnader som beräknats nedan kommer därvid att öka med ca 64%.

För att studera den framtida energiprisutvecklingens påverkan på systemets lönsamhet användes den s k besparingskostnadsmetoden, i enlighet med riktlinjerna i regeringens proposition 1977/78:76 "Energisparplan för befintlig bebyggelse".

Enligt denna proposition definieras besparingskostnaden som

$$BK = \frac{\text{investering} + p_1 \times \text{årlig underhållskostnad}}{p_2 \times \text{årlig energibesparing}} \text{ kr/kWh}$$

där

$$p_1 = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^T}{\frac{r}{1+r}} \quad \text{och} \quad p_2 = \frac{1 - \left(\frac{1+q}{1+r}\right)^T}{\frac{r-q}{1+r}}$$

r står för real kalkylränta och q för den årliga ökningen i energipriset, räknat i fast penningvärde (eller uttryckt på annat sätt - årliga ökningen utöver inflationen). T står för materialets livslängd.

Besparingskostnaden kan även uttryckas i ord enligt nedan

"Det pris på energi som skulle göra att nuvärdet av besparingarna blir lika med summan av investeringarna och nuvärdet av underhållskostnaderna benämnes besparingskostnad."

I det följande kommer bruttobesparingskostnaden att användas, vilken erhålles om man i ovannämnda samband använder bruttoenergibesparingen. Jämförelser kan då direkt göras med gällande energipris, uttryckt i bruttoenergienheter.

I enlighet med riktlinjerna i ovannämnda regeringsproposition göres beräkningarna för en real kalkylränta (r) på 4%.

Genom att variera den reala årliga energiprisökningen (q) kan nedanstående bruttobesparingskostnader beräknas med livslängden (T) satt till 15 år. Detta är den avskrivningstid som tidigare använts för värmepumpsaggregaten i årskostnadskalkylerna. För övriga installationskomponenter användes avskrivningstider på 20-25 år.

Vidare gäller att merinvesteringen för alternativ 3 relativt alternativ 1 är 620.000 kronor, vilken inkluderar de ökade projekteringskostnaderna för det förra alternativet.

För att hänsyn skall tas till effektavgiften på 29.900 kronor/år för alternativ 3 har denna vid beräkning av besparingskostnaden bakats ihop med kost-

nadsskillnaden för löpande underhåll mellan alternativen på 9.800 kronor/år. Detta ger en total kostnad på 39.700 kronor/år.

Tabell 7.2 Bruttobesparingskostnad som funktion av årlig real energiprisökning.

Real energiprisökning (q) (% per år)	Bruttobesparingskostnad (BK) (kr/kWh)
2	0,125
4	0,110
6	0,096
8	0,083
10	0,072

I bilaga 8 har ovannämnda besparingskostnader uppritats som funktion av den årliga reala energiprisökningen.

De beräknade besparingskostnaderna kan jämföras med bruttoenergipriset för alternativ 1, vid varierande oljepriser enligt nedan. Värmevärdet för Eo1 har härvid satts till 10 MWh/m³.

Oljepris (kr/m ³)	900	1000	1100	1200
Bruttoenergipris alt. 1 (kr/kWh)	0,09	0,10	0,11	0,12

En årlig energiprisökning på t.ex. 6% utöver inflationen ger en besparingskostnad på 9,6 öre/kWh. Med en inflation på 10% innebär detta en reell energiprisökning på 16% per år. Vid ett basoljepris på 900 kr/m³ skulle en sådan ökningstakt motsvara ett oljepris på ca 1.045 kr/m³ efter 1 år eller omräknat ett bruttoenergipris för alternativ 1 på ca 10,5 örekWh.

Föreliggande förstudie visar att en alternativ värmeförsörjning med ytjordvärme är såväl tekniskt som ekonomiskt intressant för här aktuellt objekt.

På grund av att skolan och idrottshallen omges av stora, plana markytor av tidigare åkerjord kan markkolektorerna förläggas nära försörjningsobjekten, vilket starkt bidrar till att anläggningskostnaderna för köldbärarkulvertar kan hållas nere. En annan mycket viktig faktor för ett storskaligt ytjordvärmesystems totalekonomi är markbeskaffenheten, vilken bedömts vara god för detta objekt.

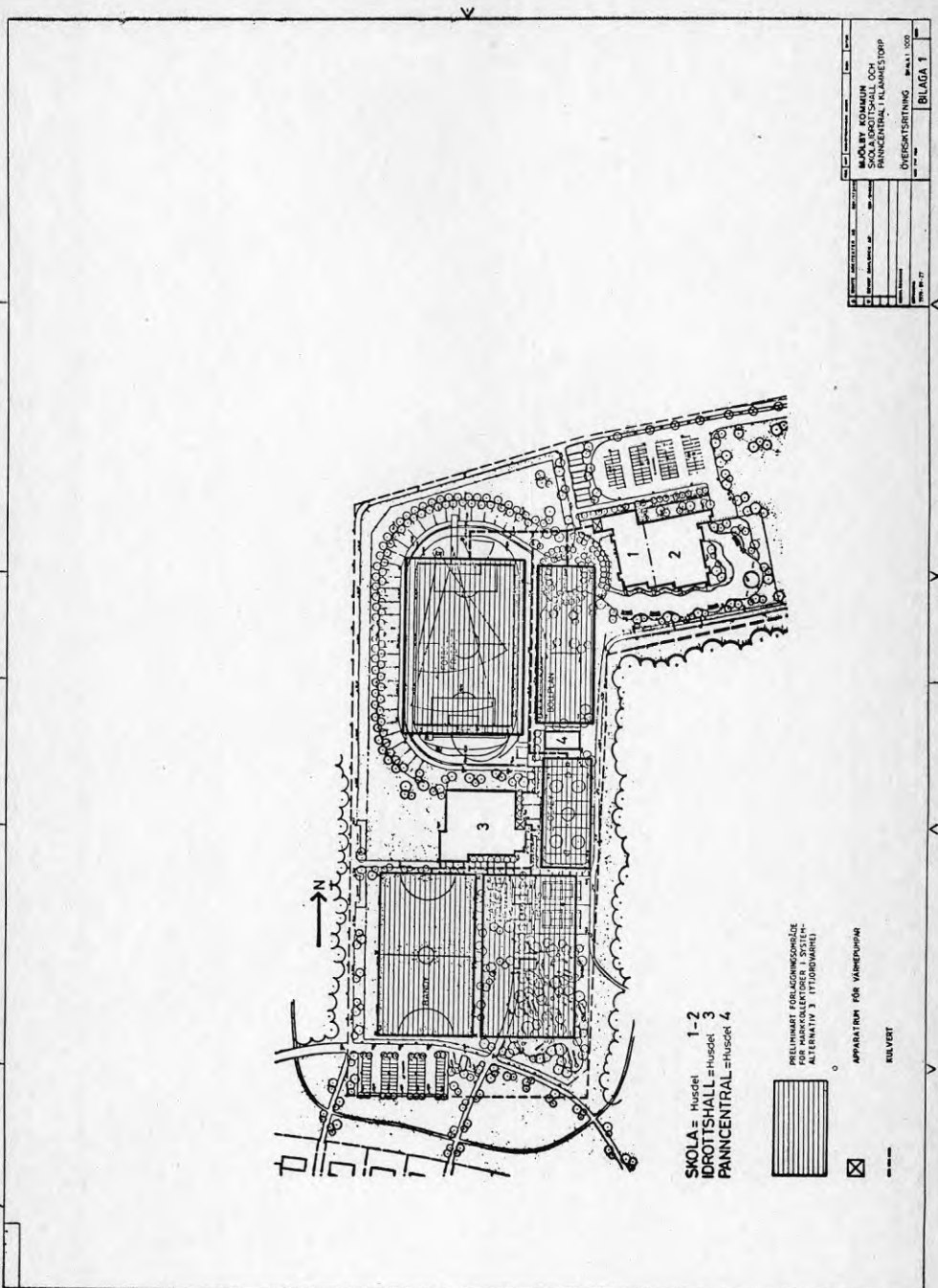
Genom att värmeförsörjningen kan ske med ett ytjordvärmesystem istället för med en oljeeldad panncentral minskas bruttoenergiebehovet för anläggningen från 840 MWh_{olja}/år till 185 MWh_{el}/år. Detta medför en minskning av de rena energikostnaderna från ca 76.000 kronor/år vid oljeeldning till 25.000 kronor/år vid ett ytjordvärmesystem utan spetslastpanna med de energipriser som gäller idag.

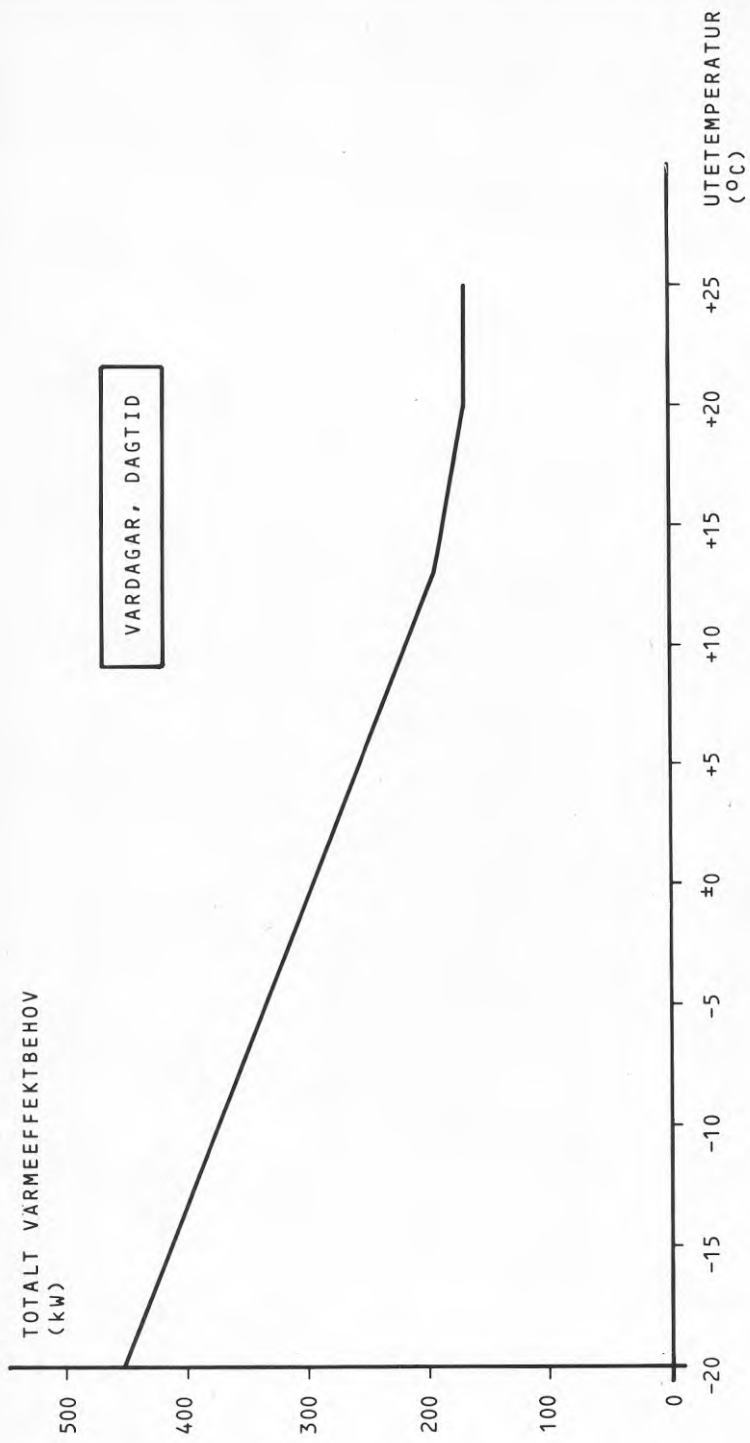
Med en nationell målsättning att minska vårt oljeberoende och med i framtiden ökande energipriser kommer storskaliga ytjordvärmesystem att vara intressanta alternativ för värmeförsörjning av byggnadsobjekt av här aktuellt slag.

Ur energipolitisk och FOU-synpunkt måste, enligt vår bedömning, en storskalig tillämpning av ytjordvärmetekniken vara av största intresse. Detta gäller inte minst mot bakgrund av de viktiga frågor som berör alternativ energiteknik och ägandestrukturens inverkan på bl.a. sådana väsentliga frågor som drift och underhåll av komplex teknik.



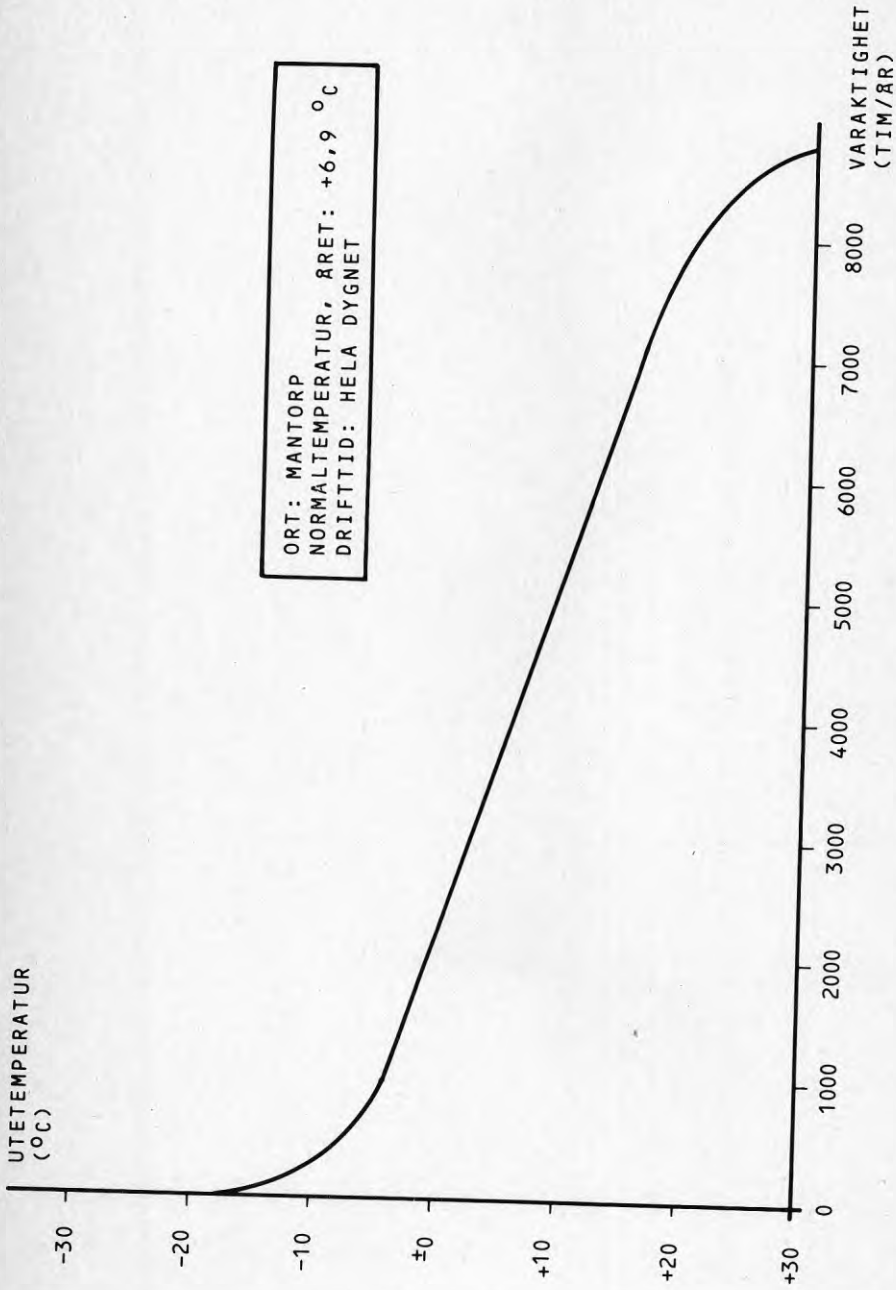
BILAGA 1





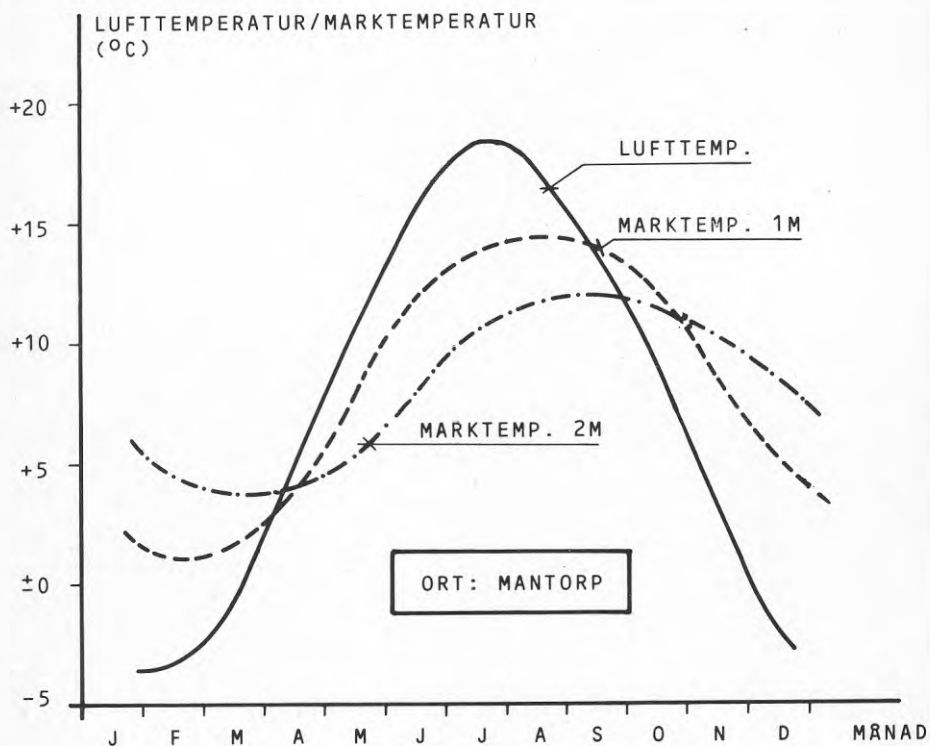
TOTALT VARMEEFFEKTBEHOV SOM FUNKTION AV UTETEMPERATUREN

BILAGA 3

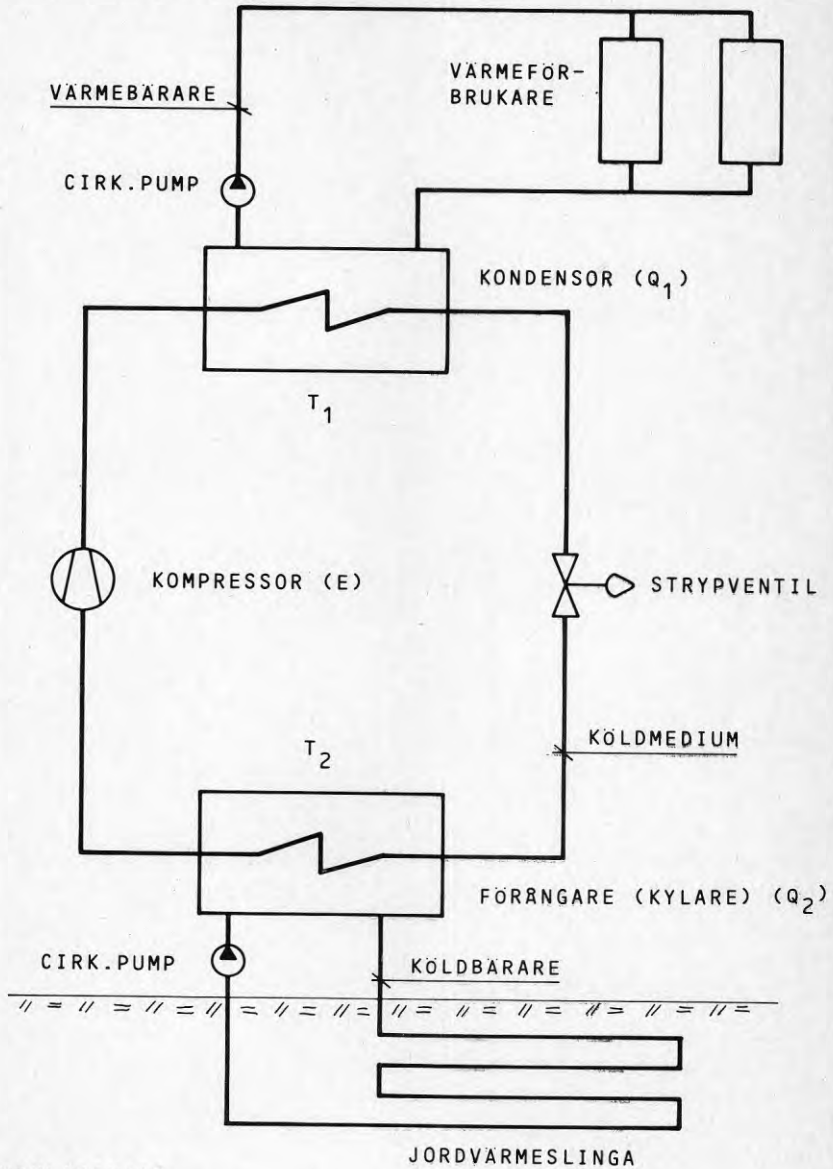


UTETEMPERATURENS VARAKTIGHET ÖVER ÅRET (HELA DYGNET)

MARKTEMPERATURENS VARIATION ÖVER ÅRET
PÅ ÖLIKA DJUP I ÖRÖRD SANDJORD



MARKTEMPERATUR PÅ 1 M DJUP: $8,0 \pm 6,4$ °C
 MARKTEMPERATUR PÅ 2 M DJUP: $8,0 \pm 3,9$ °C

YTJORDVARMEPUMPENS PRINCIPFÖRKLARINGAR

- E = EFFEKTBEHOV VÄRMEPUMP
 Q_1 = AVGIVEN VÄRMEEFFEKT I KONDENSOR
 Q_2 = UPPTAGEN KYEFFEKT I FÖRÅNGARE
 T_1 = KONDENSERINGSTEMPERATUR I GRADER KELVIN (K)
 T_2 = FÖRÅNGNINGSTEMPERATUR I GRADER KELVIN (K)

YTJORDVÄRMEPUMPENS PRINCIP

En värmepumps momentana effektbehov beror av såväl förångningstemperaturen (T_2) som kondenseringstemperaturen (T_1). Den påverkas dessutom av hur väl kylprocessen ansluter sig till den termodynamiskt ideala Carnotprocessen, vilket beskrivs genom Carnotverkningsgraden (η_{Ct}).

För värmepumpen gäller att $Q_1 = Q_2 + E$ (1)

Värmefaktorn (ϕ) kan allmänt tecknas som

$$\phi = \frac{\text{Avgiven värmeeffekt}}{\text{Tillförd eleffekt}} = \frac{Q_1}{E} \quad (2)$$

För aggregatet kan denna även tecknas som

$$\phi = 1 + \eta_{Ct} \cdot \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (3)$$

Praktiska undersökningar har visat att aggregatstorleken påverkar storleken på Carnotverkningsgraden enligt nedan.

<u>Tillförd eleffekt till kompressor (E)</u>	<u>Total Carnotverkningsgrad (η_{Ct})</u>
1000 kW	0,63
100 kW	0,58
10 kW	0,43
1 kW	0,35
0,1 kW	0,20

Av sambandet (3) och figur kan vissa generella slutsatser dras, vilka är värdefulla att ha kännedom om, vid jämförelser mellan dels olika systemutformningar m.a.p. typ av värmekälla och värmesänka, dels olika storlek på system i vilka en värmepump ingår.

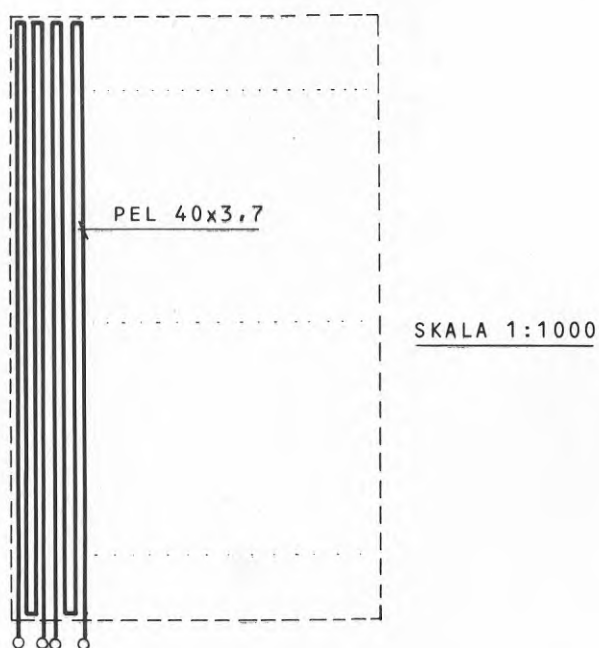
Följande slutsatser kan dras:

- * Värmefaktorn ökar med ökande temperaturnivå för värmupptagning och värmeavgivning.
- * Värmefaktorn minskar med ökande kondenserings-temperatur vid en viss given förångningstemperatur.
- * Värmefaktorn ökar med ökande aggregatstorlek vid i övrigt likartade förhållanden.

Ovannämnda värmefaktor avser själva värmepumpsaggre-
gatet utan hänsyn tagen till hjälpmaskineriets (pumpar
mm) elbehov och kan därför benämnas bruttovärmefaktor.

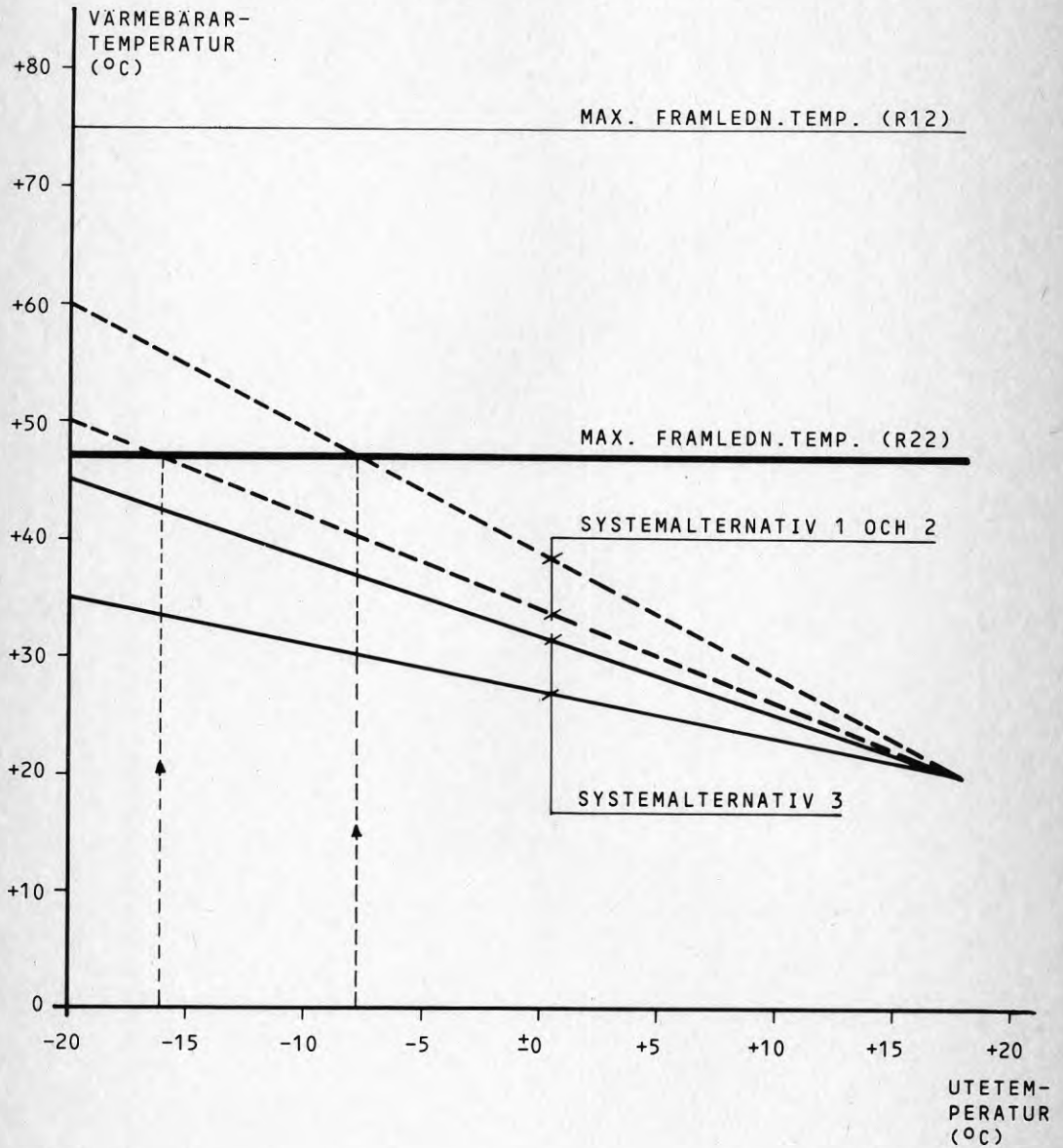
Om hänsyn även tas till elbehovet för hjälpmaskineriet
i det totalsystem där värmepumpen ingår kommer värme-
faktorn för systemet att minska. Denna värmefaktor
kan benämnas nettovärmefaktor och är lägre än den ovan
nämnda bruttovärmefaktorn.

För ett system av här aktuellt slag utgör elbehovet
för hjälpmaskineriets drift ca 5% av det elbehov som
erfordras för drift av kylkompressorerna.

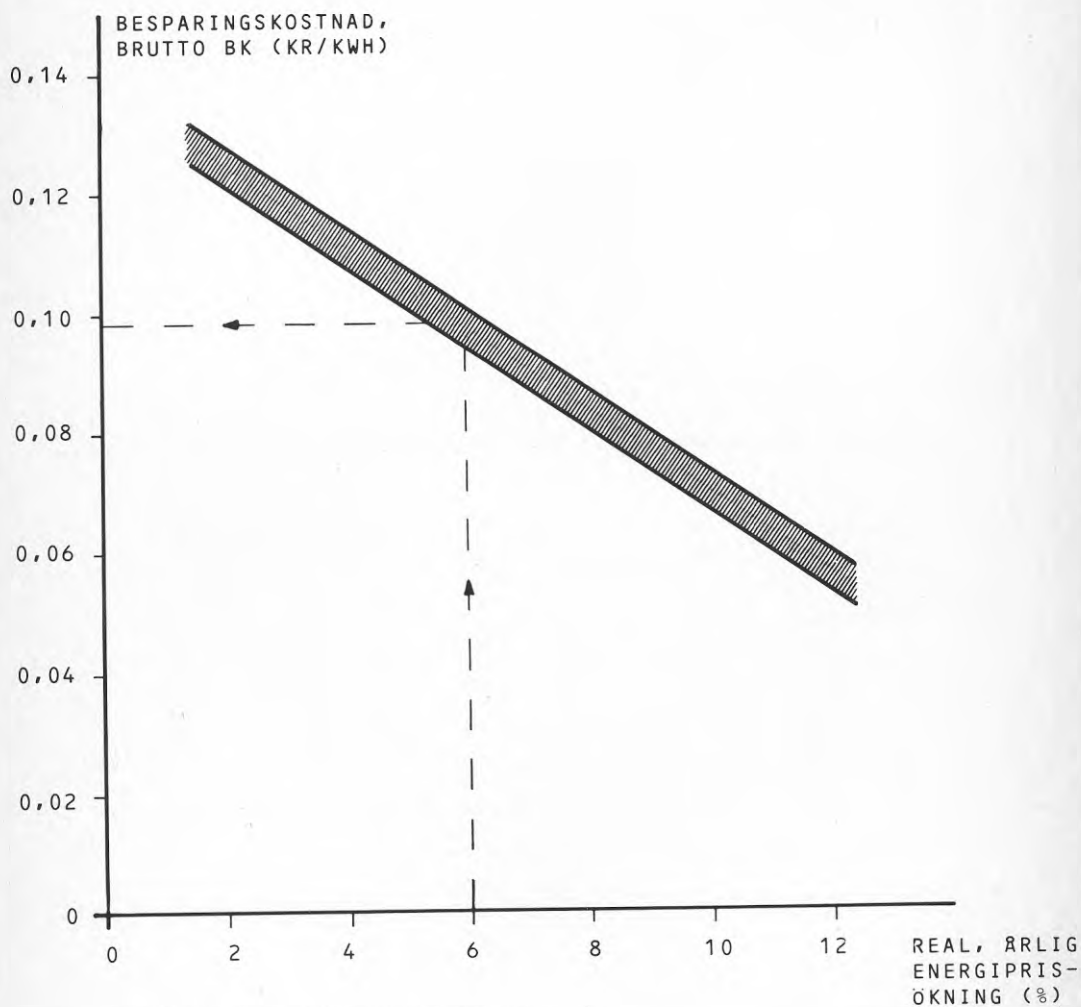
PRINCIPIELL UTFORMNING AV MARKKOLLEKTOR

- * "NORMALKOLLEKTOR" MED MÅTT LIKA BOLLPLAN
AV GRUS (60x100 M)
- * TOTAL SLINGLÅNGD CA 4000 M
- * EFFEKTUTTAG PER "NORMALKOLLEKTOR" CA 80 KW

VÄRMEBÄRAR-
TEMPERATUR FÖR OLIKA SYSTEMALTERNATIV
SOM FUNKTION AV UTETEMPERATUREN



BRUTTOBESPARINGSKOSTNAD SOM FUNKTION AV ÅRLIG,
REAL ENERGI PRISÖKNING



FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DIAGRAM:

REAL KALKYLRANTA (r) = 4 %
 LIVSLÅNGD (T) = 15 ÅR
 ENERGI BESPARING = 655 MWH/ÅR (BRUTTO)
 MERINVESTERING = 620 000 KR
 UNDERHÅLLSKOSTNAD = 39 700 KR/ÅR (INKL. EFFEKTAVG.)

LITTERATUR

Byggforskningsrapporter

Ankargren, S, Norin, F, Strååt, H, R20:1979.
Ytjordvärmepump för Håstens fritidsområde i Varberg.

Blomqvist, N, Jacobson, L, R94:1978. Förstudier
av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump.

Gustavsson, A, Olsson, O, Wahlman, E, R29:1978.
Lågtemperatursystem i existerande byggnader.

Lundén, R, R85:1977. Värmepump med effektutjämningsystem.

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

Övrig litteratur

AGA Heating. Dokumentation från AGA Heating
symposium 1978-05-17, Stockholm.

von Cube, H L, Die Projektierung von erdverlegten
Rohrschlangen für Heiz-Wärmepumpen (Erdreich-
Wärmequelle). Ki Klima Kälte Ingenieur 6/1977).

VVS-handboken 1963.

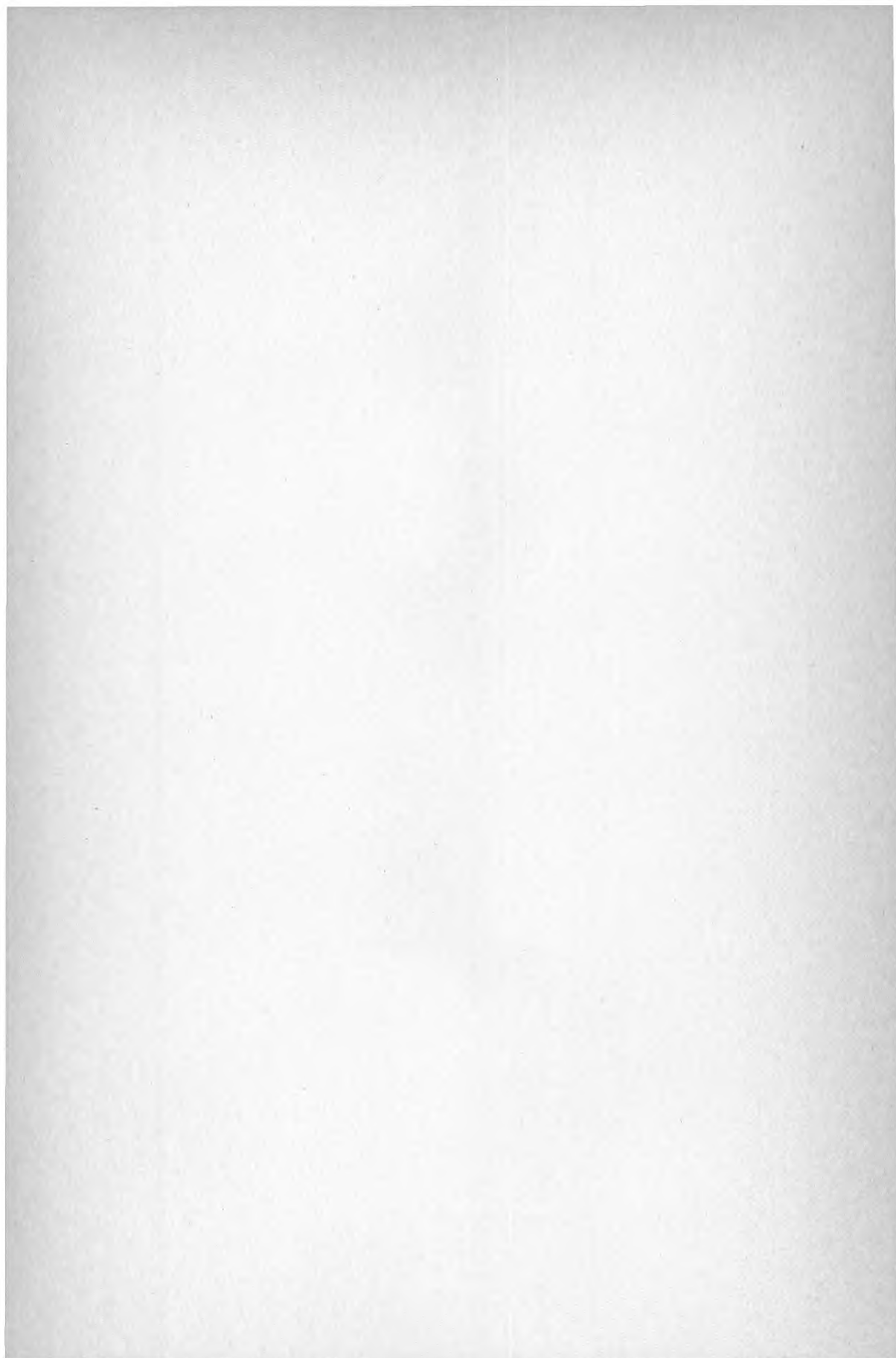
VVS-handboken 1974. Tabeller och diagram. Förlags
AB VVS, Stockholm.

VVS-78. Föredrag om värmepumpar 1978-05-23 i
Stockholm, VVS-tekniska föreningen, SEAS, Kyl-
tekniska föreningen.

VVS-special 1:1978. Lågtemperaturuppvärmning.
VVS-tekniska föreningen, Stockholm.

VVS-special 1:1979. Värmepumpar. VVS-tekniska
föreningen, Stockholm.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790398-2
från Statens råd för byggnadsforskning
till Fastighetskontoret, Mjölby.**

R43:1980

ISBN 91-540-3222-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr 6700143

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensl Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms