



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.

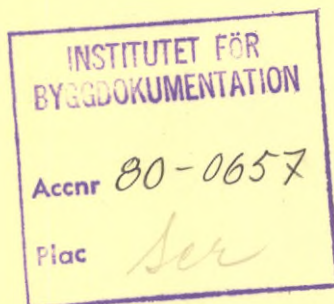


Sunclay-projektet

R/10

Förprojektering av Lindälvsskolan i Kungsbacka

Göran Hultmark



R38:1980

SUNCLAY-PROJEKTET

Förprojektering av Lindälvsskolan
i Kungsbacka

Beräkning och projektering av solvärmeproduktion i takplåt, årsenergilagring i lera samt temperaturhöjning genom dieseldrivna värmepumpar.

Göran Hultmark

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790338-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Kungsbacka kommun, Centrala byggn.kommittén

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

R38:1980

ISBN 91-540-3212-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 051391

INNEHÅLL

1	FÖRORD	5
2	SAMMANFATTNING	7
3	BYGGNADENS EGENSKAPER OCH VÄRMEBEHOV	11
4	VÄRMESYSTEMETS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING	17
5	SOLABSORBATORERNAS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING	19
6	MARKACKUMULATORNS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING	23
7	DIESELVÄRMEPUMPENS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING	25
8	BERÄKNADE DRIFTSDATA	27
9	INVESTERINGSKOSTNADSKALKYL PRISLÄGE 1979-07-01	31
10	ENERGIKOSTNADSKALKYL PRISLÄGE 1979-07-01	33
11	FRAMTIDSUTSIKTER	35
12	UPPFÖLJNING	37
	LITTERATURFÖRTECKNING	39
	BILAGOR 1 - 14	



1. FÖRORD

Bengt Dahlgren AB redovisade i utredning angående möjligheter och kostnader för alternativ uppvärmning 1979-01-29 (reviderad 1979-04-20) en kalkyl, beställd av Kungsbacka kommun, avseende uppvärmning av nytt gymnasium i Kungsbacka.

Denna kalkyl visade att det mest lönsamma värmeproduktionsystemet består av lågtemperatursolfångare, som sommartid lagrar energin i den lera som finns i det aktuella området, och dieselvärmepumpar som höjer temperaturen på energin till användbar nivå.

Detta system ansågs så intressant ur forskningssynpunkt att Byggforskningsrådet 1979-04-26 beslutade att stödja vidare utredning med 100.000:- kronor.

Ovanstående ekonomiska stöd har resulterat i nedanstående rapport, vilken förhoppningsvis skall ligga till grund för genomförande av projektet.

Geologiska undersökningar och beräkningar har utförts av Civilingenjör Björn Modin på Chalmers Tekniska Högskola.



2. SAMMANFATTNING

Det i denna studie undersökta värmeproduktionssystemet kan sammanfattningsvis beskrivas med den enkla principfigur som finns på efterföljande sida.

Systemet bygger på att solvärme genereras av solabsorbatorerna (1) under sommaren. Dessa består av 1500 m² matt-svart takplåt med infästade rör.

Denna solvärme lagras sedan i den befintliga marken (2), bestående av lera, vilken värms till 20°C.

För att kunna föra ner och lagra denna energi sticks 400 st U-formade rör 35 m ner i marken. Vintertid fungerar samma rör som värmeupptagare och sänker ackumulatorns temperatur till 12°C.

För att kunna använda energi från markackumulatören måste denna transformeras till 45°C. Detta görs med hjälp av värmepump (3), vilken drivs med en dieselmotor (4). Värme från denna dieselmotors kylvatten och avgaser höjer temperaturen till 55°C vilket är den temperatur som erhålles i toppen av den varmare utjämningsstanken (5). Den smalare utjämningsstanken (5), användes endast som flödesutjämnare.

Byggnadens övriga VVS-installationer, vilka är utförda enligt gängse principer, erhåller sitt vatten från denna utjämningsstank.

Radiatorerna (6) och varmvattenberedaren (7) erhåller sitt varmare vatten +55°C från toppen av tanken, medan ventilationsaggregaten (8) erhåller vatten med en temperatur av +45°C från mellansektionen.

Den olja som åtgår för att driva dieselmotorn motsvarar en tredjedel av den olja som skulle ha förbrukats i en konventionell oljepanna.

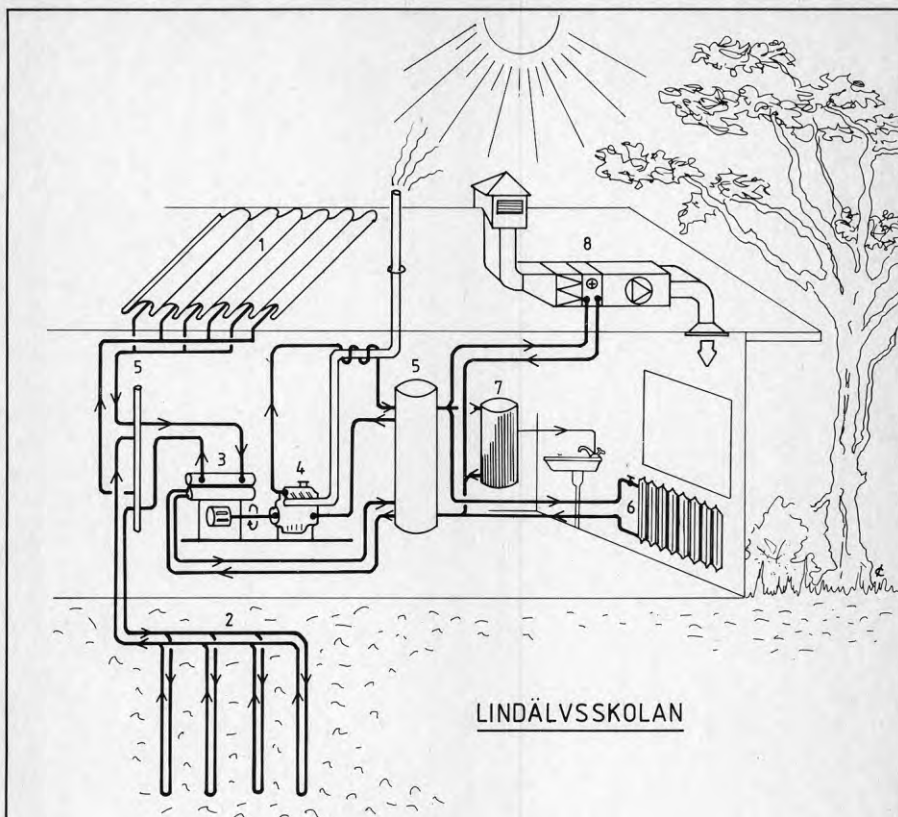
Oljebesparingen är 150 m³ olja per år, vilket motsvarar en kostnad på 150.000 kronor per år vid oljepriset 1.000:-/m³.

Den merinvestering som måste göras är 1.200.000 kronor.

Detta innebär en återbetalningstid (pay off tid) på åtta år.

Totalkostnaden för värmeproduktionssystemet (1) - (5) är cirka 2% av totalkostnaden för skolan.

Ovanstående kalkyl innefattar ej oljepanna samt kostnad för extra kontroll under byggnationstiden.



- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. SOLABSORBATOR | 5. UTJÄMNINGSTANK |
| 2. VÄRMEMAGASIN | 6. RADIATOR |
| 3. VÄRMEPUMP | 7. VARMVATTENBEREDARE |
| 4. DIESELMOTOR | 8. VENTILATIONSAGGREGAT |

- * SOLVÄRME MED HJÄLP AV TAKPLÅT.
- * ÅRSLAGRING AV ENERGI I LERA.
- * DIESELMOTORDRIVNA VÄRMEPUMPAR.

G.H



3. BYGGNADENS EGENSKAPER OCH VÄRMEBEHOV

Den andra gymnasieskolan i Kungsbacka, Lindälvsskolan, kommer att påbörjas sensommaren 1979. Byggnaden kommer att uppföras i etapper, men nedanstående rapport behandlar situationen när hela byggnaden är uppförd, d v s om 2 - 3 år.

Förutom det nedan presenterade värmeproduktionssystemet kommer skolan att byggas enligt svensk byggnorm 1975, med helt normala VVS-installationer.

Skolans transmissionsbehov täcks av radiatorer. Vattentemperaturen på tillopps- respektive returledning- ar vid D.U.T. är 55 - 38°C.

Skolans ventilation är uppdelad på 14 st ventilationsaggregat. Dessa är antingen försedda med eftervärmningsbatterier som värmer luften mellan +15°C och +20°C, eller styrda direkt till +20°C tilluftstemperatur. Ventilationsaggregaten är i samtliga fall utrustade med värmeväxlare för energiåtervinning.

Skolan kommer att vara av enplanstyp med en yta av 15.000 m², inklusive apparatrum och separat motionsdel.

Byggnadskonstruktionen består av mineralullsisolerade träregelväggar och yttertak, medan innertaket är av lättbetong.

3-glasfönster finns genomgående i skolan som är dimensionerad för 800 personer.

Lokalerna är avsedda för undervisning, administration, motion, matlagning, teater samt ungdomsverksamhet.

Temperaturen i lokalerna kommer att hållas konstant +20°C under dygnet. Eftersom delar hålls öppna sent på kvällar och helger och byggnaden på grund av sin

isolering har en ur värmesynpunkt trög dynamik hade besparingen med temperaturnedsättning under vissa perioder understigit 1% av energikonsumtionen.

Värmetillskottet till byggnaden kommer från människor, el, sol samt genom värmesystemet.

Värmeförlusten från byggnaden sker genom transmission och ventilation.

I nedanstående värden för transmission finns även inräknat värmebehovet för läckluft, denna är beräknad till 0,3 omsättningar luft per timma i yttre och inre randfältet, d v s inom 6 m från yttervägg.

Drifttider för ventilationsaggregaten är i genomsnitt 10 timmar om dagen, 220 dagar per år, d v s 2200 timmar per år. Under samma tid erhåller byggnaden energi från människor, el samt sol.

Den övriga tiden kan indelas i sommarlov, natt samt dag utan ventilation. Sommarlovet omfattar 65 dagar per år och under denna tid erfordras ej någon värme.

Natt är 300 dagar per år och 14 timmar om dagen, d v s 4200 timmar per år.

Dag utan ventilation är då 80 dagar per år och 10 timmar om dagen, d v s 800 timmar per år.

Vid beräkningen av varaktighetsdiagrammen för året har antagits att sommarlovet är från 10 juni till 15 augusti.

Tidsperioderna: dag med ventilation (vardag), dag utan ventilation (helg) samt natt anses jämnt fördelade under resterande del av året. Se bilaga 1.

Vid framtagning av varaktighetsdiagrammen för byggnadens värmebehov har följande förutsättningar använts:

Diagram 1: Dag med ventilation

Årsmedeltemperatur 10°C

Transmission inklusive ofrivillig ventilation: $11 \text{ kW}/^{\circ}\text{C}$.

Ventilation utan eftervärmare. ($16 \text{ M}^3/\text{s}$ $\text{VVX} = 75\%$): $5 \text{ kW}/^{\circ}\text{C}$.

Ventilation med eftervärmare. ($16,5 \text{ M}^3/\text{s}$ $T 5^{\circ}\text{C}$, $10 \text{ M}^3/\text{s}$ $T 8^{\circ}\text{C}$): 200 kW till $+15^{\circ}\text{C}$ utetemperatur, sedan sjunkande till 0 kW vid $+20^{\circ}\text{C}$ utetemperatur.

Tillskott genom människor:

$500 \text{ st} \times 100 \text{ w/st} = 50 \text{ kW}$ kontinuerlig.

Tillskott genom belysning:

80 kW den 1 januari sjunkande till 0 vid sommarlovets början och slut.

Tillskott genom övrig elutrustning 40 kW kontinuerlig.

Tillskott genom sol:

0 den 1 januari till 100 kW den 1 juli.

Varmvattenberedningen till köksdelarna erfordrar enligt noggrann beräkning 12.000 liter 40°C vatten per dag.

200 duschtillfällen per dag, där varje duschtillfälle varar 5 minuter, med ett flöde av 8 l/min 40°C vatten.

400 handtvättillfällen per dag, där varje tvättillfälle varar 1 min med ett flöde av 4 l/min 40°C varmvatten.

Övrig verksamhet beräknas erfordra 400 liter 40°C vatten per dag.

Inkommande kallvatten antages vara 8°C i genomsnitt under året.

Detta innebär en dagsförbrukning på 22.000 liter varmvatten per dag.

För att värma detta åtgår en kontinuerlig effekt på 85 kW.

Diagram 2: Dag utan ventilation

Årsmedeltemperatur +10°C.

Transmission inkl ofrivillig ventilation:
11 kW/°C.

Tillskott genom sol:

0 den 1 januari ökande till 100 kW den 1 juli.

Diagram 3: Natt

Årsmedeltemperatur +6°C.

Transmission inkl ofrivillig ventilation:
11 kW/°C.

I ovanstående diagram har ej två faktorer medtagits, varför dessa kommer att behandlas nedan:

Den första av dessa faktorer är byggnadens värmetröghet.

Den relativt stora massa som finns i nya välisolerade byggnader, kommer att medverka till att jämna ut effektbehovet i förhållande till vad som angivits i diagram 1 - 3. Denna utjämning sker i perioder som kan räknas i dagar. Detta innebär att effekttopparna kommer att vara något lägre i verkligheten än i ovanstående diagram, vilket innebär att installerad effekt kan sänkas, se vidare kap 8.

Ur energisynpunkt innebär värmetrögheten att den del av energitillskottet i diagram 1 och 2 som tillföres utöver energibehovet, kommer att leda till en temperaturhöjning under dagen, vilket innebär att energibe-

hovet under natten enligt diagram 3 kommer att minska något. På grund av den konstanta rumstemperaturen som finns i klassrummen kommer dock denna temperaturhöjning under dagen att begränsas. Den plussade linjen i diagram 3 visar den troliga energiåtgångsminskningen.

Den andra faktorn är den sammanlagringseffekt som sker i byggnaden. Denna berör enbart ventilationen i diagram 1.

Det värmestillskott som redovisas i diagram 1 har helt och hållet resulterat i energiåtergångsminskning. Detta skulle i så fall innebära att allt värmestillskott tillföres byggnaden precis på det ställe där värmebehovet finns. Detta är givetvis inte fallet utan det kan finnas flera tomma rum som kräver energi, även om skolan i sin helhet har ett effektöverskott.

Den plussade linjen i diagram 1 antyder den troliga merförbrukningen av energi.

Om ytorna i diagrammen summeras erhålles en värmeåtgång på 1440 Mwh/år. Till denna energiförbrukning måste adderas en merförbrukning i förhållande till den ovan teoretiskt beräknade förbrukningen.

Denna merförbrukning beror på t ex att: ventilationen går vissa kvällar, ungdomsgården kan vara öppen på helger, dörrar och fönster kan stå öppna, delar av byggnaden kan ha temperatur överstigande $+20^{\circ}\text{C}$, förluster i rörledningar och kulvert ej har medräknats.

Ovanstående merförbrukning bedömes vara 15% varför den totala energiförbrukningen blir 1650 Mwh.



4. VÄRMESYSTEMETS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING

Se principschema värme, bilaga 2.

För att kunna utföra en optimal dimensionering av flöden och tryckdifferenser har värmesystemet försetts med 2 st utjämningsstankar. Dessa har till uppgift att eliminera instabiliteter i temperatur och tryckdynamiskt hänseende, vilket annars skulle försvåra eller omöjliggöra ett stabilt arbetssätt. Med denna lösning kan varje delsystem dimensioneras oberoende av övriga.

Utgjämningsstank 2, på den varma sidan, har även till uppgift att svara för utjämnning av värmeförbrukningen och då speciellt av varmvattenförbrukningen. Om värmebehovet understiger minimum av vad en värmepump kan producera har denna tank även till uppgift att förhindra täta starter av dieselmotorn.

Bägge utjämningsstankarna bygger på att vattnet i tankarna skiktat sig.

I utjämningsstank 1 är skiktningens storlek mellan $0 - 4^{\circ}\text{C}$ beroende på typ av driftssätt, medan utjämningsstank 2 beräknas ha cirka 30°C i botten och cirka 55°C i toppen.

Av principschemat framgår att utjämningsstank 1 betjänar solabsorbatorerna, markackumulatorm samt dieselvärmepumpens förångarsida.

Ovanstående enheter styrs så att pumpen till markackumulatorm, P-MARK, alltid är i drift med konstant hastighet.

Pumpen till solabsorbatorerna P-SOL är försedd med två hastigheter, den låga hastigheten är i funktion om returtemperaturen från solabsorbatorerna understiger temperaturen från markackumulatorm, annars är

den höga hastigheten i funktion.

Styrventil SV-SOL styr flödet från solabsorbatorerna till utjämningsstank 1 så att returtemperaturerna från solabsorbatorerna och markackumulatören är lika. Ventilen är alltså helt stängd mot utjämningsstanken då solabsorbatorerna ej ger någon effekt.

SV-SOL har också funktionen att begränsa temperaturen in i utjämningsstank 1 till $+27^{\circ}\text{C}$. Denna åtgärd vidtages dels för att värmepumparna ej klarar högre temperatur, dels för att undvika uttorkning av leran.

Dieselvärmepumpen har konstant utgående värmebärartemperatur 45°C samt min utgående kölbärartemperatur 0°C .

Temperaturhöjningen till 55°C i toppen på utjämningsstank 2 sker med värmebatterier i tanken vilka avger värme från dieselmotorns kylvatten och avgasvärmväxlare.

Vatten till radiatorer och varmvattenberedning tages ur toppen på utjämningsstank 2 och erhåller alltså en temperatur på 55°C . Luftbehandlingsaggregaten är inkopplade i mitten på tanken, där temperaturen 45°C erhålles.

5. SOLABSORBATORERNAS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING

Solabsorbatorerna är avsedda att absorbera solinstrålningen under sommarhalvåret. Detta sker med låg utetemperatur varför de konstruerats så enkelt och billigt som möjligt.

Detta har visat sig vara en fördel även ur underhållsynpunkt.

Solabsorbatorerna, som även tjänar som takbeläggning, består av aluminiumband, med invaldade kopparrör, som fästs i vanlig aluminiumtakplåt. En genomskärning av denna konstruktion visas i bilaga 3.

Dessa aluminiumband är svartmålade med väderbeständig färg men utan selektiva strålningsegenskaper.

Då detta är hela konstruktionen, (inga täckglas eller andra åtgärder) kommer solabsorbatorerna att vara mycket känsliga för utetemperatur, fuktighet samt vindstyrka.

Däremot kommer värmelagring i material d v s solabsorbatorns dynamiska egenskaper att få liten betydelse, dels höjs temperaturen ganska lite i solabsorbatorn, dels användes dessa på sommaren då solintensiteten är stor.

Strålningsutbytet med atmosfären, där denna är kallare än utetemperaturen, har mycket liten betydelse under sommarhalvåret.

Absorptionsfaktorn är bättre än 0,95 när solabsorbatorerna är rena och nya, men med normal åldring och nedsmutsning beräknas denna till 0,90.

Hur stor inverkan vindhastighet och strålningsenergiutbyte har på värmeförlusterna i solabsorbatorerna

ges av bilaga 4. Om utetemperaturen är högre än solfångarnas temperatur kan diagrammet användas för att beräkna energitillskottet.

Problemet vid bestämning av energiproduktionen i solfångarna är att de parametrar som har betydelse varierar från stund till stund.

Ett dataprogram som beskriver utetemperatur, moln, sol, vindhastighet samt nederbörd timme för timme under hela året har därför iordningställt. Vid framtagning av detta program har data från SMHI under året 1978 använts. Varje parameter har sedan normalårsanpassats månadsvis med hjälp av tillgänglig statistik för åren 1931 - 1960 eller 1961 - 1975. Vid uträkning av hur mycket energi solfångarna ger har ekvationsunderlaget till bilaga 4 samt absorptionsfaktorn och emissionsfaktorn 0,90 använts. Temperaturhöjningen i ackumulatorn är 1°C per 50 kW producerad effekt.

Storleken på solabsorbatorerna är 1500 m^2 , vilket motsvarar 10% av byggnadsytan.

Bilaga 5 och 6 visar en datautskrift av hur mycket energi som tillföres värmesystemet under en vårperiod samt under en höstperiod.

I vårperiodsfallet håller ackumulatorn en temperatur av $+15^{\circ}\text{C}$ och i höstperiodsfallet en temperatur av $+20^{\circ}\text{C}$. Ackumulatorns temperatur beskrivs av den streckade linjen. Kurvan markerad med + visar uteluftens temperatur och kurvan med * visar medeltemperaturen i solabsorbatorn. Se vidare kapitel 8.

Efter kurvorna finns angivet dagens datum, nederbörd i mm per dygn, summerad nyttiggjord energi i kWh, förluster genom konvektion i kWh, förluster genom strålning i kWh samt infallen solinstrålning under den tid solabsorbatorerna har givit energi i kWh.

De perioder som solabsorbatorerna icke ger energi
finns ej medtagna i utskriften.

6. MARKACKUMULATORNS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING

Markackumulatorm består av 28.500 m PEH slang med 16 mm ytterdiameter. Dessa slangar är nedstuckna i marken med en böj i botten med diametern 1 m. Slangarna bildar ett U och ligger alltså parallellt med 1 m avstånd. Bilagorna 7 och 8 visar närmare hur konstruktionen är utförd.

Slangarna går 35 m ner i marken och det finns 408 st U:n.

Ovanför ackumulatorm finns en så kallad pordränskiva, som både fungerar som dränering och som isolering. Bilaga 7 visar hur samlingsrör och ovan beskrivna PEH-slang är placerade i förhållande till markytan.

För att icke bli utan värme om ackumulatorm börjar att läcka på något ställe är den indelad i 24 sektioner, vilka var och en kan stängas av, utan att övriga delen av ackumulatorm berörs. Denna avstängning sker från 12 st kopplingsbrunnar som var och en innehåller 2 st avstängningar.

Vid beräkning av ackumulatorns termiska egenskaper kommer det dynamiska beteendet att ha avgörande betydelse.

De värden som gäller för leran i det aktuella området är:

$$\begin{aligned}\lambda &= 1,0 \text{ W/m}^{\circ}\text{C} \\ C_p &= 2300 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C} \\ \rho &= 1600 \text{ kg/m}^3.\end{aligned}$$

Först utförs en stationär beräkning för en av PEH-slangarna med 1 m radie omgivande lera, d v s det förhållande som skulle råda efter oändligt lång tid av laddning eller urladdning. Detta ger att 1,20 W/m rör kan i- eller urladdas.

Ett finita elementmetodprogram, framtaget på Chalmers Tekniska Högskola, har använts för att bestämma hur denna faktor varierar med tiden.

Resultatet av detta visas i bilaga 9.

För att kunna beräkna ackumulatorns förluster antages att upplagringen i förlustzonen som omger ackumulatortorn nedåt och åt sidorna, innehåller lika mycket energi som ackumulatortorn självt. Detta ger en förlustzon som är 12 m bred och omger ackumulatortorn. Värme genomströmningsarean blir då den yta som är belägen 6 m utanför ackumulatortorn d v s $2 \times 80 \times 41 + 2 \times 42 \times 41 + 80 \times 42 = 13.400$ m. K-värdet blir då $0,085 \text{ W/m}^{2\circ\text{C}}$.

Förlusterna uppåt bestäms av ytan 2500 m^2 och K-värdet $0,5 \text{ W/m}^{2\circ\text{C}}$. Medeltemperaturen utomhus samt i leran är 8°C under året. Detta innebär en förlust på $2,4 \text{ kW}$ för varje grad över 8°C som ackumulatorns medeltemperatur under året har.

Akkumulatortorn omfattar $36 \times 68 \times 35 = 85.000 \text{ m}^3$ lera, vilket innebär att man kan lagra $85 \text{ MWh}/^\circ\text{C}$.

Djupet på ackumulatortorn har bestämts av trycket i leran. Det horisontella trycket 36 m ner i leran är 52 mvp, medan det vertikala trycket är 59 mvp. Detta innebär att slangarna måste vara vattenfyllda, då de annars skulle komprimeras. Det vertikala trycket tas upp av den järnbygel som sitter i botten på slangarna, medan den vertikala delen av slangarna klarar det yttre övertrycket på 16 mvp.

Dragspänningen i slangen vid nerförandet beräknas till $10,0 \text{ kp}$, vilket slangen mycket väl klarar.

7. DIESELVÄRMEPUMPENS EGENSKAPER OCH DIMENSIONERING

För att kunna klarlägga dieselvärmepumpens drifts-situation, måste temperaturnivåerna under året vara fastlagda.

Medeltemperaturen på utgående köldbärare antages vara $+10^{\circ}\text{C}$ under året. Se vidare kapitel 8.

Med en utgående köldbärartemperatur på $+10^{\circ}\text{C}$ och en utgående värmebärartemperatur på $+45^{\circ}\text{C}$ erhålles en värmefaktor = 4,6. Med värmefaktor menas:

av kondensor levererad effekt dividerad med mekanisk effekt in till kompressor.

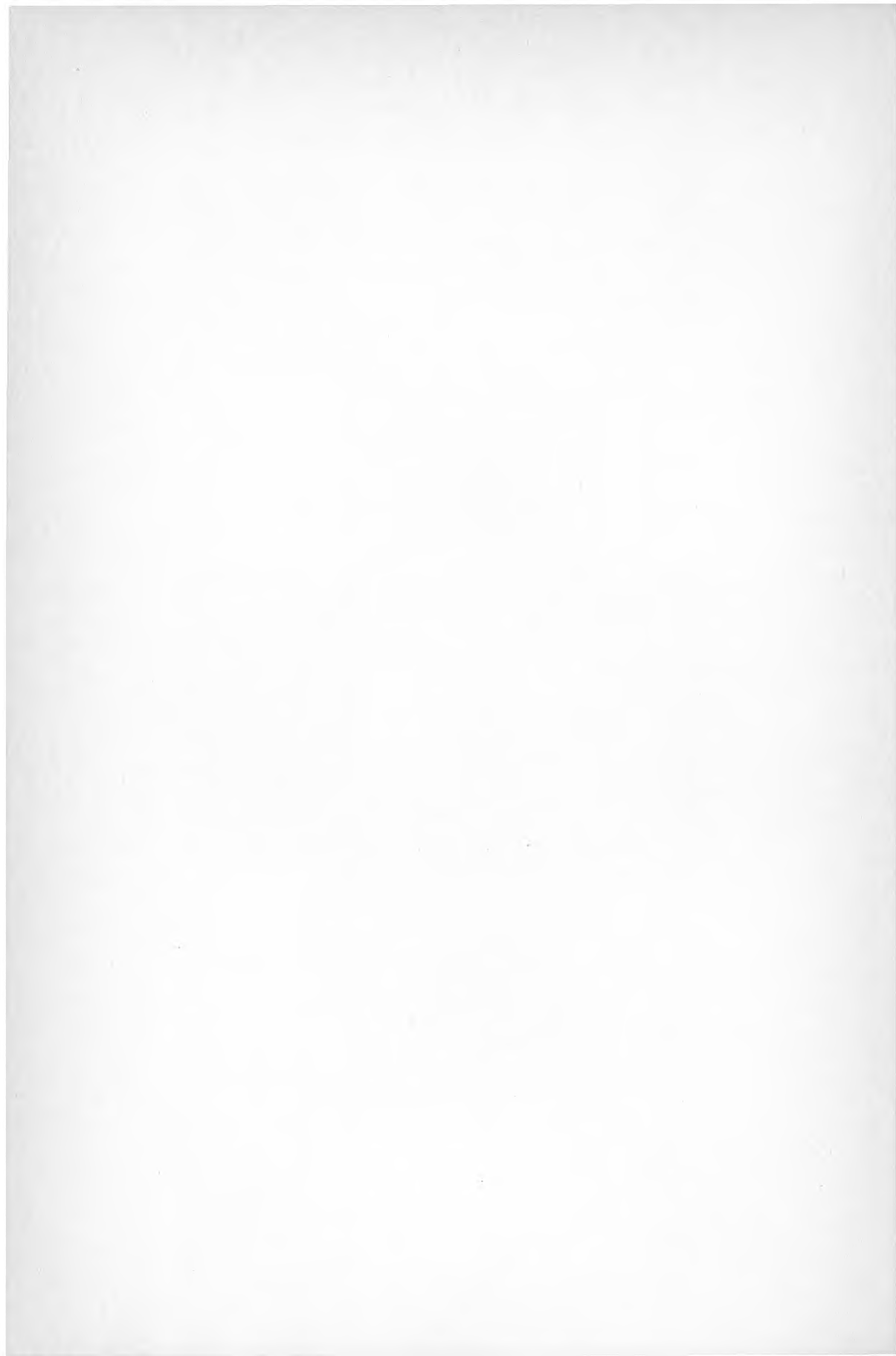
I detta driftsfall levererar kondensorn 140 kW varav 30 kW kommer från dieselmotorn.

Dieselmotorn har varierande verkningsgrad beroende på belastning. Bilaga 10 visar dieselmotorns verkningsgrad som funktion av belastningen vid 1500 r/min.

Dieselmotorns medelverkningsgrad under året beräknas till 35%.

Om man sänker avgastemperaturen i detta driftsfall till 180°C , med hjälp av 6,4 m långa dubbelmantlade avgasrör med vatten av medeltemperatur $+80^{\circ}\text{C}$ i yttre manteln, kommer 50% av den tillförda energin att tas till vara i kylvatten och avgaser, medan resterande 15% försvinner ur värmesystemet genom strålningsförluster och avgasförluster.

Sankey-diagrammet i bilaga 11 visar den dieselmotor-drivna värmepumpens totala värmebalans.



8. BERÄKNADE DRIFTSDATA

Nedan kommer energiproduktionssystemets energi- och effektsituation under året att fastläggas. Flera av de i kapitel 3, 4, 5, 6 och 7 presenterade temperaturnivåerna och dimensionerna kommer att få sin förklaring i detta kapitel.

De värden som har fastställts i denna utredning har undersökts genom upprepade analyser av olika variablers inverkan.

Nedan kommer att föras ett resonemang, vilket således är slutresultatet av många, här icke presenterade, analyser:

Byggnadens energibehov fastställs i kapitel 3 till 1650 MWh/år.

Om de förutsättningar som ledde fram till bilaga 11 antas gälla, kommer 665 MWh/år att levereras av olja, medan resterande 985 MWh/år måste tillföras från solabsorbatorerna och markackumulator.

Under ett år skall solabsorbatorerna leverera värme, antingen direkt till värmesystemet eller via markackumulatören. Denna värme skall räcka till ovanstående värmebehov på 985 MWh samt till att täcka markackumulatorns förluster.

Bilaga 12 är ett resultat av upprepade användningar av det i kapitel 5 presenterade datorprogrammet, som ger hur mycket energi solfångarna levererar vid olika temperatur på markackumulatören.

Här har använts diagrammet, bilaga 9, för att fastställa den i kapitel 5 angivna temperaturhöjningen 1°C per 50: kW tillförd effekt. Detta värde motsvarar 1,8 W/m rör, $^{\circ}\text{C}$ i ackumulatören.

I verkligheten kommer detta värde att vara högre på förmiddagen och lägre på eftermiddagen, men som medelvärde erhålles ovanstående värde.

I bilaga 12 är även angivet ackumulatorns förluster.

Den sista stora frågeställningen att behandla är hur mycket av den energi som produceras under året som tillföres värmepumpen direkt, och hur mycket som ackumuleras i marken.

Genom att timma för timma jämföra temperaturen på det inkommande vattnet från markackumulatortemperaturen med hur mycket solfångarna kan producera med denna referenstemperatur, vilken är några grader lägre än temperaturen i ackumulatortemperaturen, kan den totala produktionens storlek bestämmas. Denna beräkning ger att 300 MWh tillföres vid undertemperatur i förhållande till ackumulatorns temperatur.

Kvar att producera vid ackumulatortemperatur är 685 MWh, detta är även den energimängd som lagras under året i ackumulatortemperaturen, vilket ger en temperaturskillnad mellan höst och vår på 8°C . Ovanstående värden ger enligt bilaga 12 en medeltemperatur under året i ackumulatortemperaturen på 16°C .

Vi erhåller alltså 20°C i ackumulatortemperaturen under perioden augusti - oktober och 16°C i december - januari, medan den i april är nere i 12°C . Detta innebär att 10°C utgående köldbärartemperatur är ett rimligt medelvärde under året.

Vi har alltså bestämt alla faktorer i värmesystemet.

Vilken säkerhet har vi vad beträffar effektuttag vid D.U.T?

Det sämsta som bedömes kunna inträffa är en lång period med temperaturer kring D.U.T i mars. Ackumulator-

temperaturen i mars kan vara cirka 13°C och nära nog stationärt tillstånd kan råda. Bilaga 9 ger $1,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ som det lägsta, realistiska värdet.

Under ovanstående omständigheter kan 420 kW lämnas från ackumulatorn. Värmefaktorn är i detta fall 4,0 och en effekt på 760 kW kan levereras, vilket är tillräckligt ur värmeförsörjningssynpunkt.

Ur energisynpunkt kan man enligt bilaga 11 leverera 2,1 gånger så mycket energi till byggnaden som tillföres i olja.

I en oljepanna kan man leverera 0,7 gånger så mycket energi som man tillför i olja.

Åtgången i en oljepanna är således 3 gånger så stor som i ovan beskrivna anläggning.



9. INVESTERINGSKOSTNADSKALKYL PRISLÄGE 1979-07-01

Nedanstående kalkyl är beräknad enligt kollektivavtal mellan rörledningsfirmornas arbetsgivareförbund och Svenska byggnadsarbetareförbundet. Bilagorna 13 och 14 visar försörjningscentralens utseende.

Värmepumparna är offererade av STAL REFRIGERATION (520 000 kr), materialet till solfångarna av GRÄNGES ALUMINIUM (356 000 kr) samt driftfärdig markackumulator av BPA (490 000 kr).

Kalkylen är upplagd så att hela den beräknade kostnaden för värmeproduktionssystemet inklusive 800 kW oljepanna finns prissatt som total investeringskostnad.

För att erhålla merkostnaden för detta system är sedan ett konventionellt system med dubbla oljepannor prissatt som avgående investeringskostnad.

TOTAL INVESTERINGSKOSTNAD	2 136 000 kr
AVGÅENDE INVESTERINGKOSTNAD	708 000 kr
RESTERANDE MERKOSTNAD	1 428 000 kr.



10. ENERGIKOSTNADSKALKYL PRISLÄGE 1979-07-01

Byggnadens totala energibehov är enligt kapitel 3 =
1 650 MWh år.

Om denna energimängd produceras i oljepanna med 70%
årsverkningsgrad åtgår det 225 m³ olja/år.

Kostnaden för 1 m³ olja är 1 000 kr, vilket innebär
att energikostnaderna för en oljepanneeldad byggnad
skulle vara 225 000 kr/år.

Enligt kapitel 7 och 8 är oljeåtgången i diesel-
motorerna 1/3 av oljeåtgången i en oljepanna. Energi-
kostnaderna blir således 75 000 kr/år.

Den årliga energikostnadsbesparingen i prisläge
1979-07-01 är således 150 000 kr.



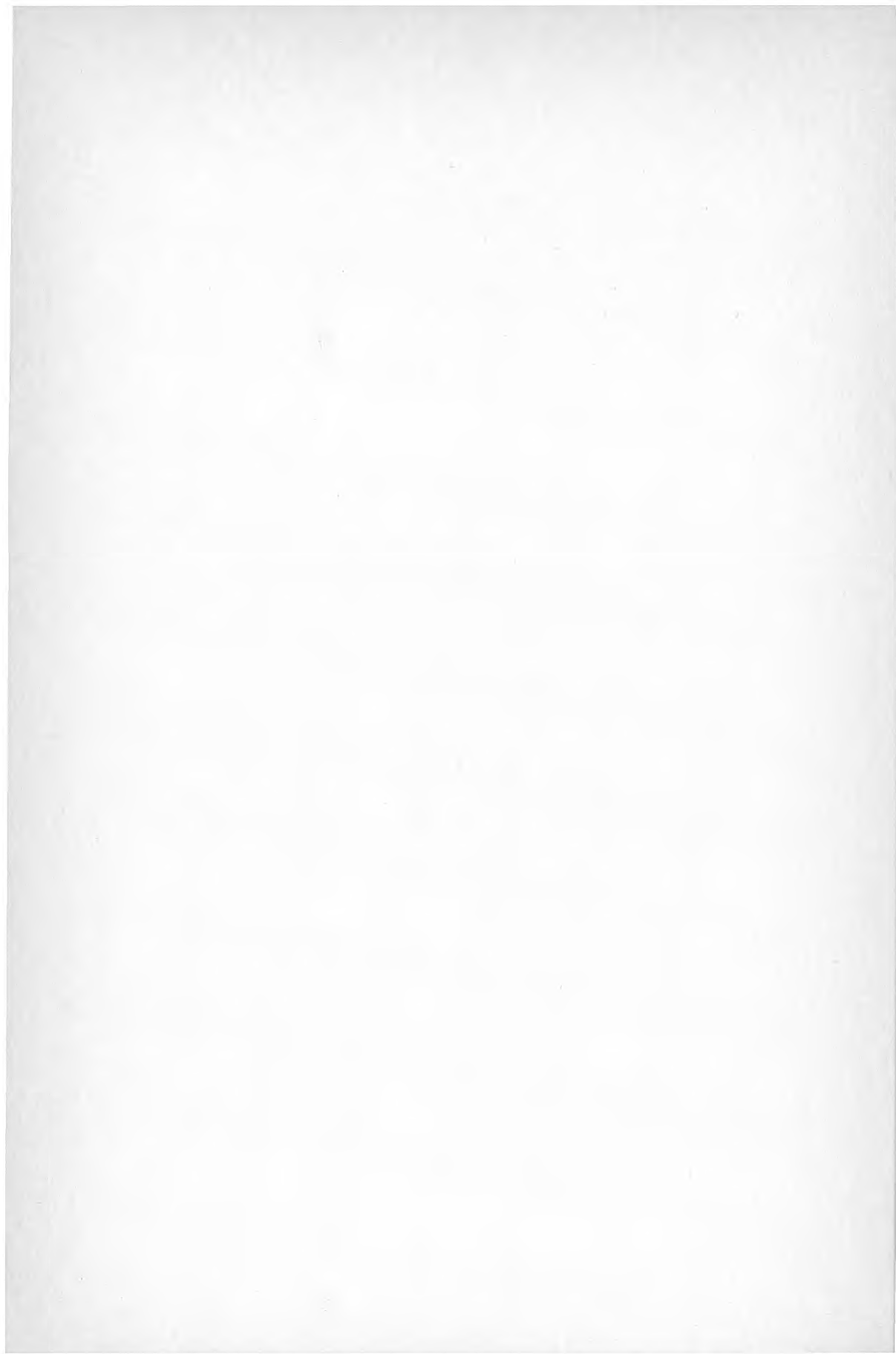
11. FRAMTIDSUTSIKTER

De i kapitel 9 och 10 presenterade ekonomiska kalkylerna ger att "pay-off"-tiden på merinvesteringen blir uppemot 10 år. Det alternativa värmeproduktions-systemet är dock avsett att täcka hela årsbehovet varför oljepannan måste anses onödig om systemet fungerar som beräknat. Kostnaden för oljepanna med kringutrustning är ca 200 000 kr. I offerterna för dieselmotordrivna värmepumpar, solabsorbatorer samt markackumulator ligger ca 400 000 kr i utvecklingskostnader och kostnader för orationell produktion.

Om systemet hade varit utprovat och produkterna hade funnits på marknaden skulle således motsvarande resterande merkostnad ha varit ca 850 000 kr, och "pay-off"-tiden mellan 5-6 år. Detta motsvarar således framtidsutsikterna med denna typ av system, räknat med dagens oljepris.

I detta projekt består markackumulatören av ren homogen lera. I framtiden kommer även ett hybridsystem som till vissa delar innehåller rörligt grundvatten att vara möjligt att projektera. Skillnaderna i förhållande till detta system blir att temperaturen kommer att vara relativt konstant omkring 8°C i större delen av ackumulatören och att solabsorbatorerna förser mellanliggande lerlager med värme.

Ur dimensionerings- och driftsynpunkt kommer de avgörande skillnaderna att vara: mindre solabsorbatoryta, sämre värmefaktor, ökad värmeupptagning per m slang och °C.



12. UPPFÖLJNING

I detta projekt har BENGT DAHLGREN AB tillsammans med berörda företag utvecklat 3 st för svensk industri nya komponenter. Dessa komponenters funktion, ekonomi samt driftförhållanden måste tillsammans med hela värmesystemet följas upp i samarbete med någon teknisk högskola.

Dieselmotordrivna värmepumpar

De dieselmotordrivna värmepumparna som finns i detta system kommer att kunna användas i flera sammanhang där elmotordrivna värmepumpar tidigare har varit enda alternativ, t ex vid utnyttjande av värme från reningsverk. Uppföljningen bör koncentreras på dieselmotorernas ekonomi och driftsäkerhet, avgasbatteriernas hållbarhet, värmepumpens värmefaktor samt dieselmotorns verkningsgrad.

Solabsorbatorer

Motsvarande solabsorbatorer som användes i detta projekt har, vid mätningar utförda av Statens Provninganstalt, visat att de svarar mot de beräkningar som har gjorts i det, i denna rapport, presenterade dataprogrammet.

Merkostnaden för dessa solfångare i förhållande till vanlig takbeläggning kommer med största sannolikhet att vid rationell produktion hamna på ca 70 kr/m². Detta innebär att de kommer att vara ett lönsamt alternativ som t ex bassänguppvärmare.

Uppföljningen bör koncentreras till att ge besked, om de i bilaga 4, 5 och 6 beskrivna driftförhållandena kan verifieras.

Markackumulator

Jämfört med hittills projekterade anläggningar har i detta projekt en relativt billig ackumulator kunnat framställas. Principen för denna ackumulator kommer att vara intressant för lagring av överskottsenergi t ex från processer. Uppföljningen bör här ge besked om totala förluster, dynamiskt beteende, värmeupplagrings/värmeavgivningsförmåga, kemiska förändringar i leran, hållfasthetsförändringar i leran samt hydrologiska förändringar i leran.

Anläggningen som helhet

I och med att skolan är försedd med, förutom värme-
produktionssystemet, helt normala VVS-installationer
kan uppföljningen ge en bra bild över den totala
lönsamheten med denna typ av alternativ energiproduktion.

Förutom ovanstående komponentuppföljning bör den
totala effekt- och energisituationen i skola och
värmeproduktionssystem följas upp. Detta kan göras
relativt enkelt, då systemet till största delen
arbetar med konstanta flöden.

LITTERATURFÖRTECKNING

Byggforskningsrapporter

- Ankargren, S. Norin, F. Strååt, H. R20:1979.
Ytjordvärmepump för Hästens fritidsområde i Varberg
- Blomqvist, N. Jacobson, L. R94:1978.
Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump.
- Boström, T. Södergren, D. R2:1975.
Metod för värdeanalys av värme och ventilationsanläggningar.
- Camitz, G. R53:1977.
Galvanisk korrosion på kopplingar har markförlagda vattenledningar.
- Carlsson, B. Stymne, H. Wettermark, G. R70:1978.
Lagring av värme.
- Gustavsson, A. Olsson, O. Wahlman, E. R29:1978.
Lågtemperatursystem i existerande byggnader.
- Holmberg, J. Kjærboe, P. R39:1979.
Solvärmda kommunala utomhusbad.
- Isakson, P. R35:1978.
Plana termiska solfångare.
- Modin, B. R55:1979.
Förstudie av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump.

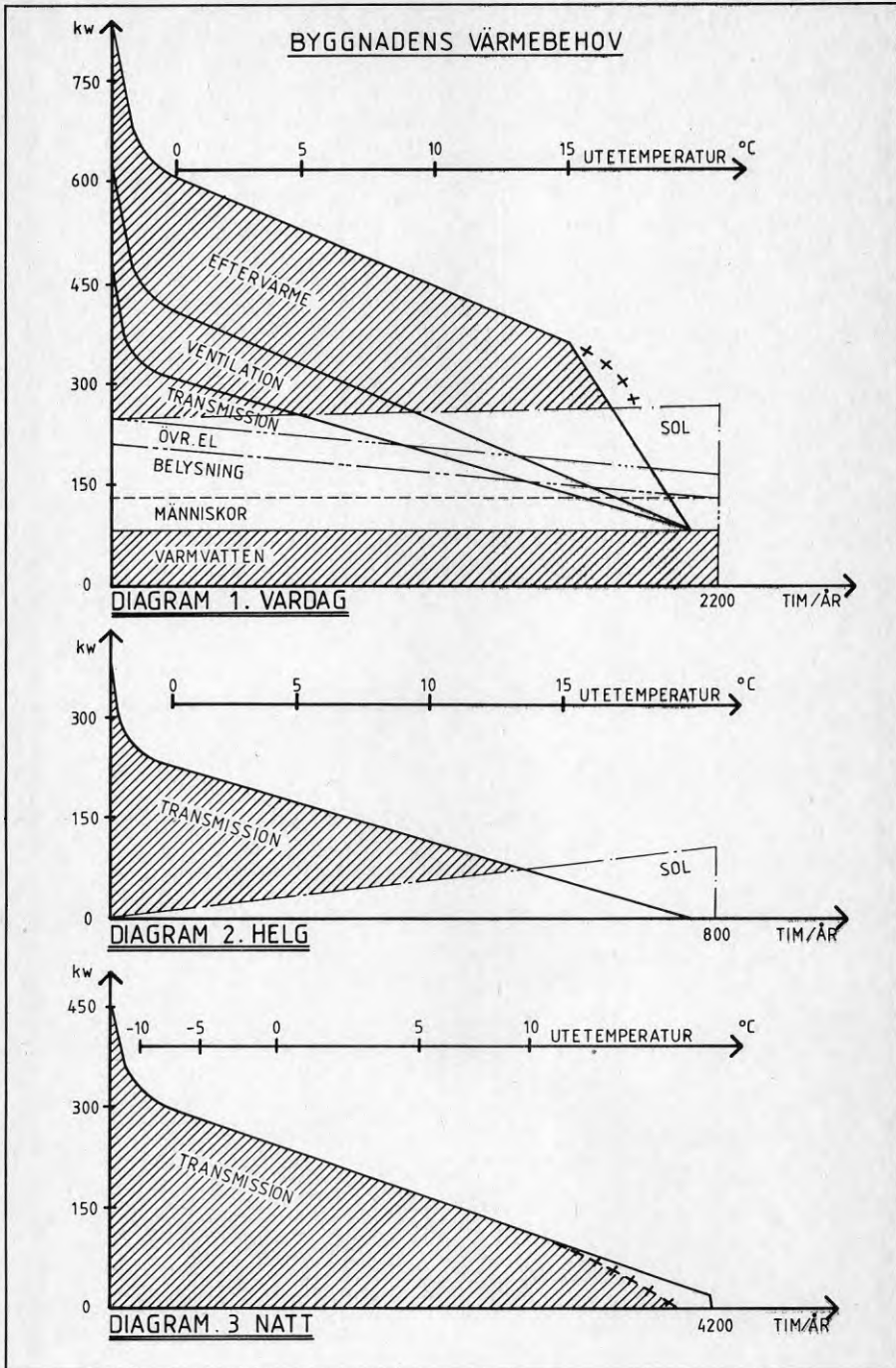
Övrig litteratur

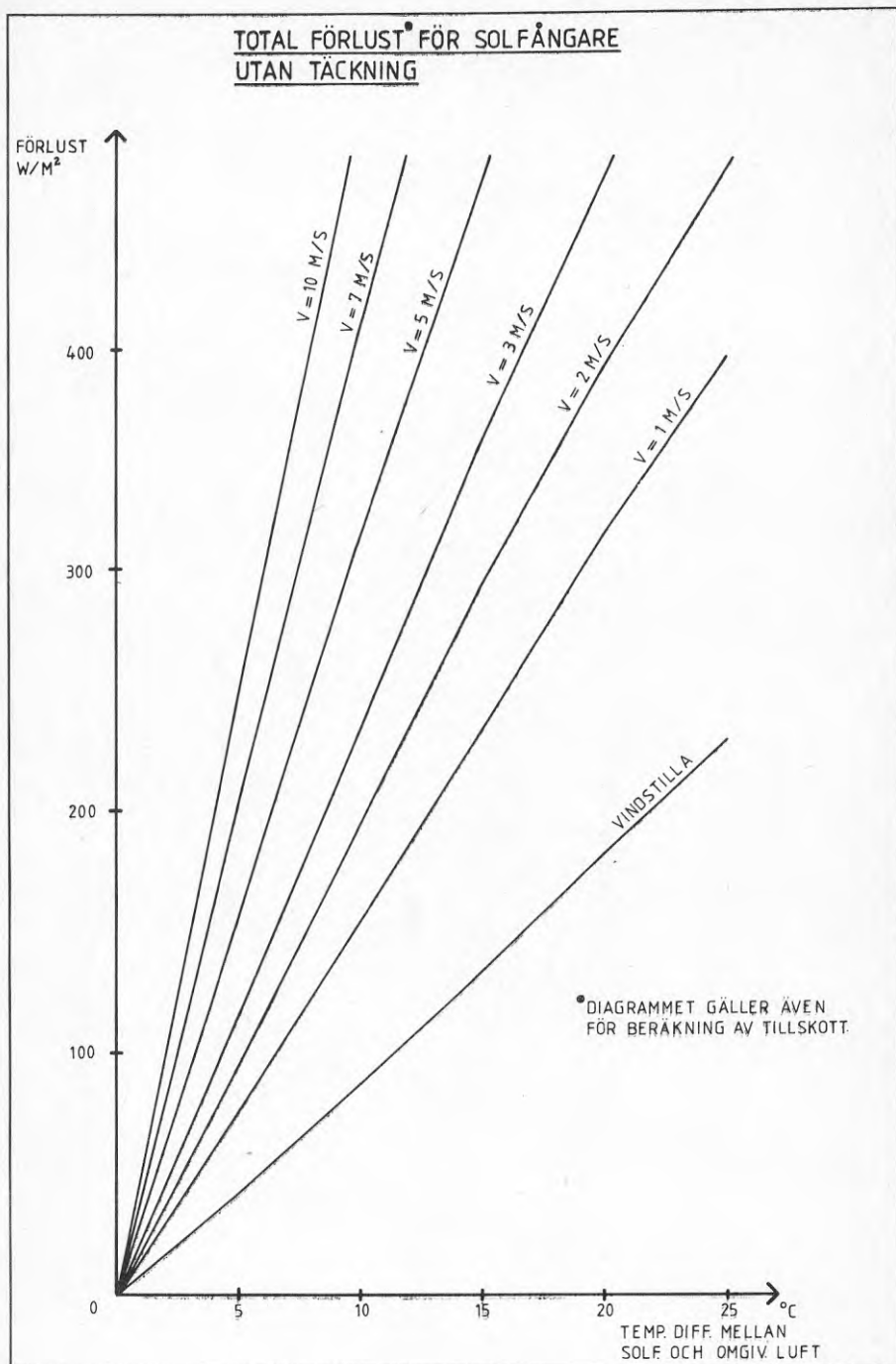
- Adamson, B. Domnér, G. Rönning, M. 1964.
Marktemperatur under hus utan källare.

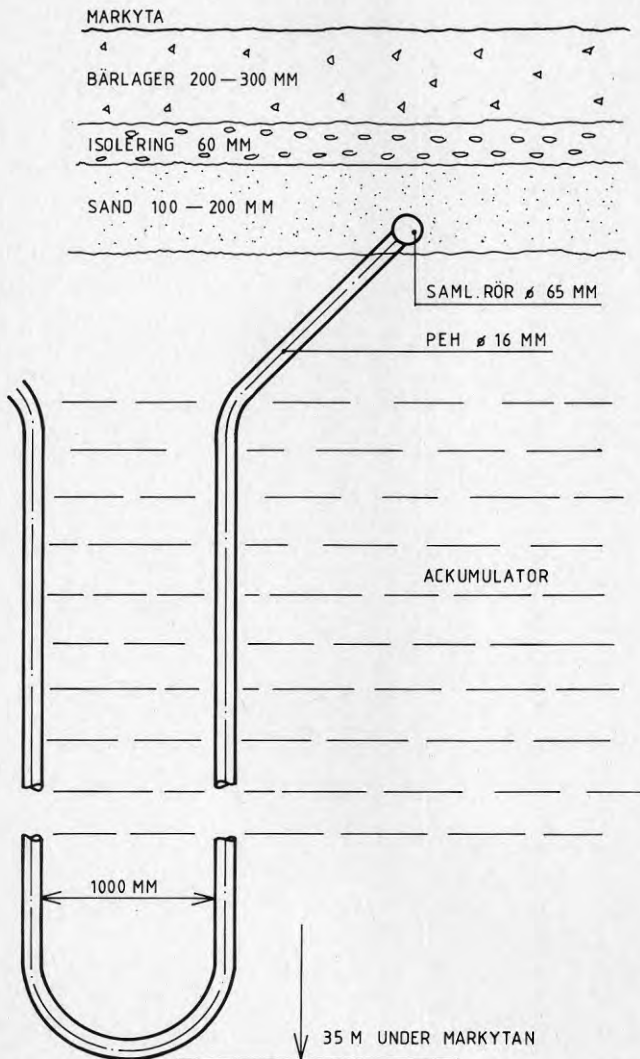
- Blomqvist, O. Studsvik report ES-78177.
Små dieselmotordrivna värmepumpar - ett sätt att
spara olja.

- Eck, H. T13:1978.
Sol, luft och värme.

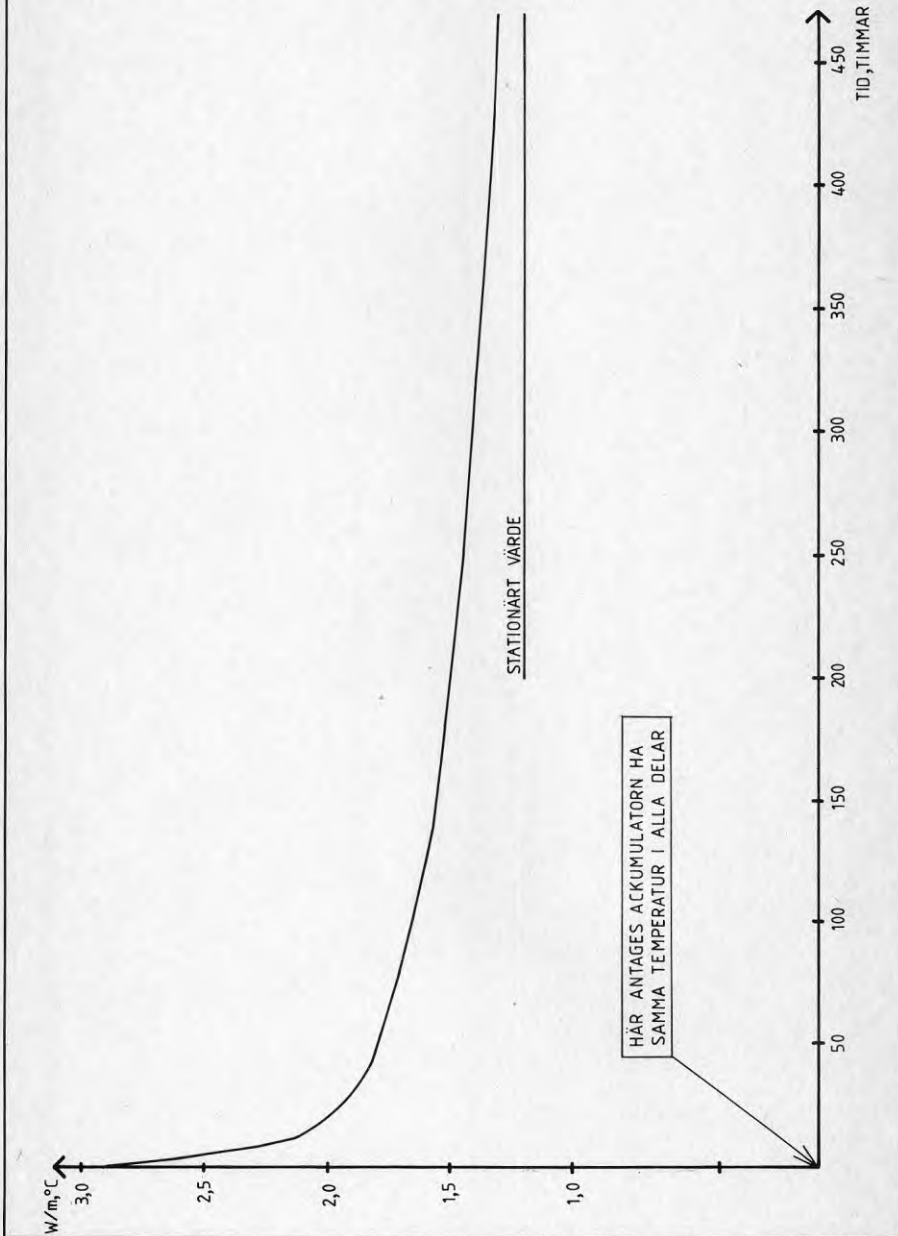
- Petterson, F. Wettermark, G. 1977.
Solenergiboken.

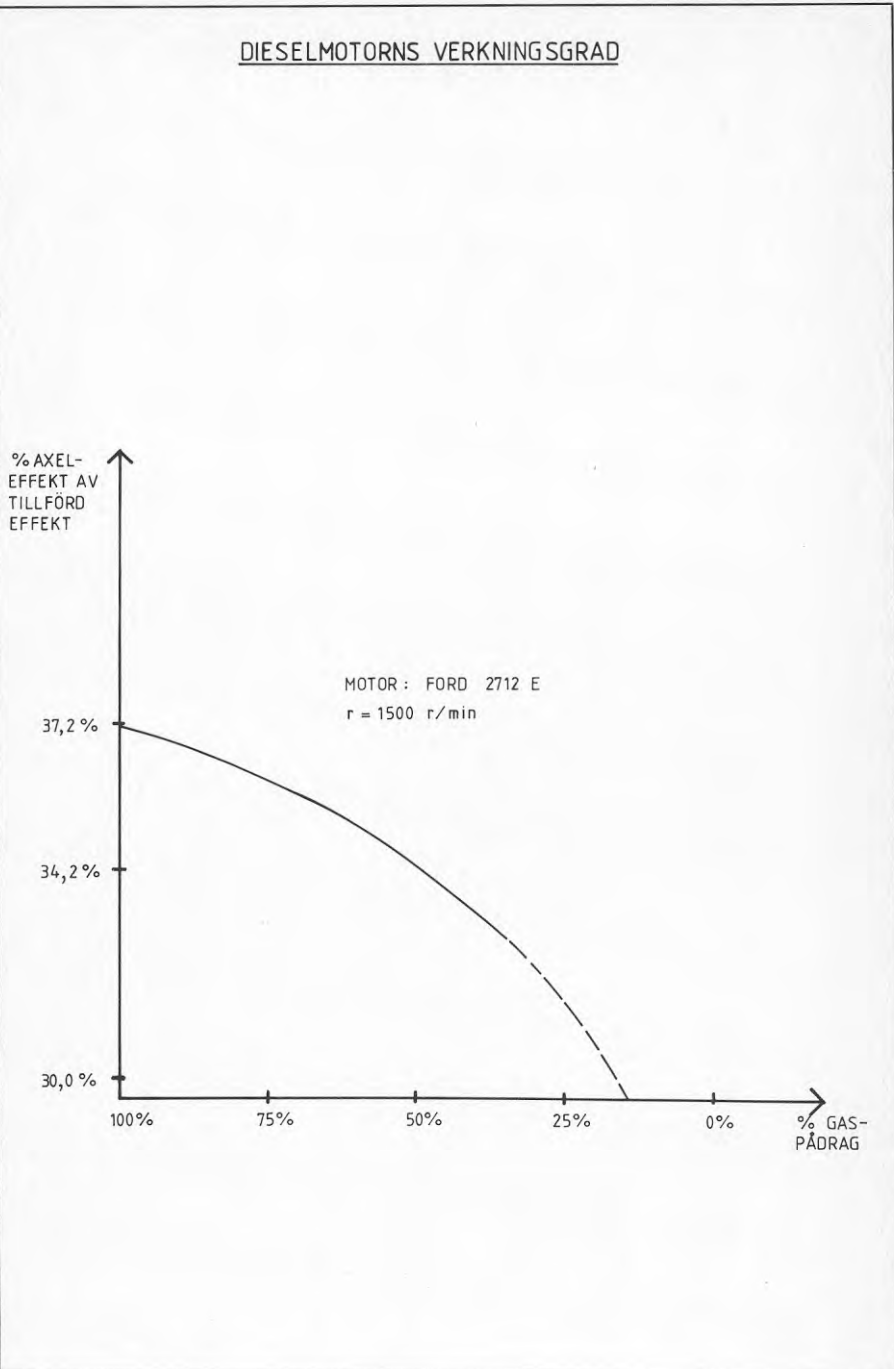




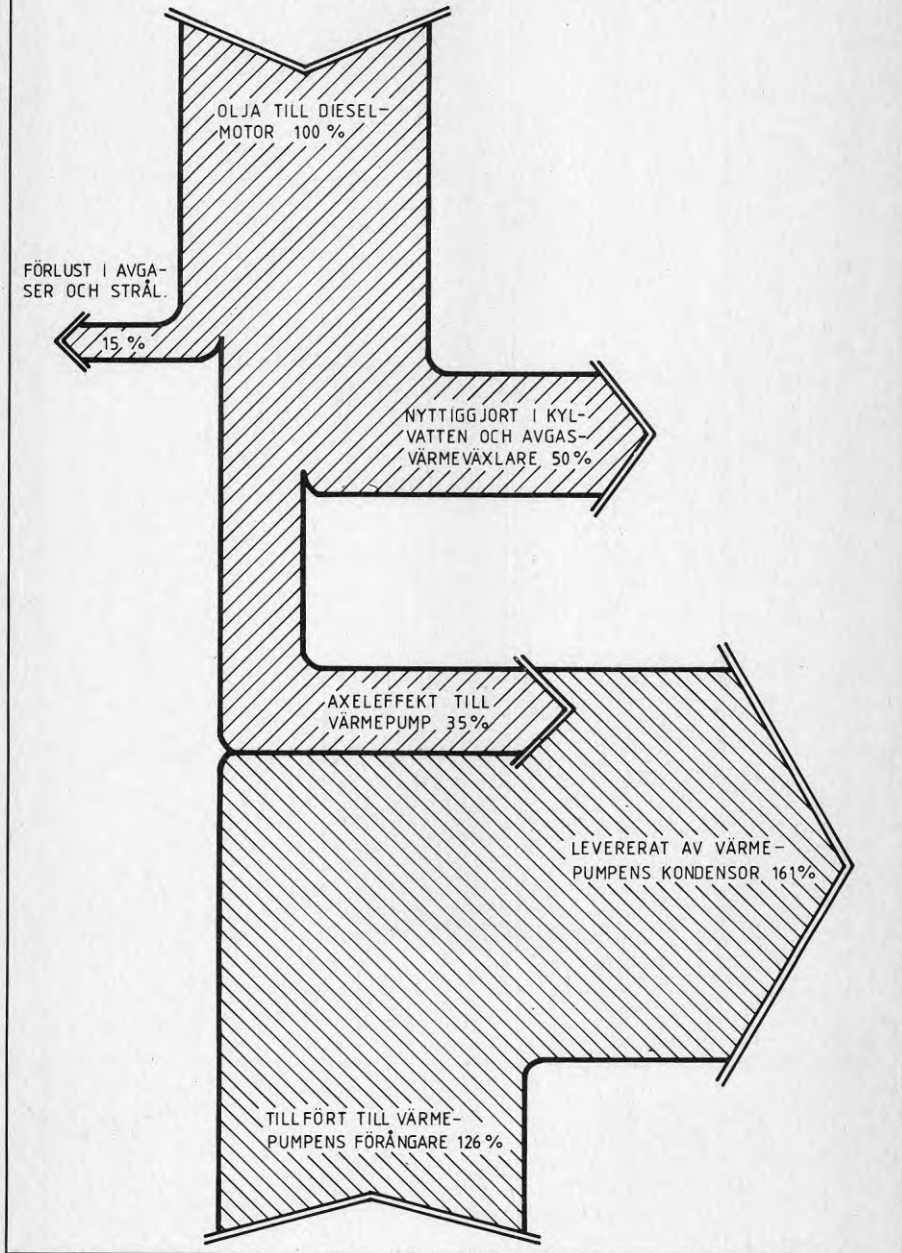
PRINCIPSEKTION MARKACKUMULATOR

VÄRMEÖVERFÖRINGENS VARIATION MED
TIDEN FÖR 1 M PEH-RÖR

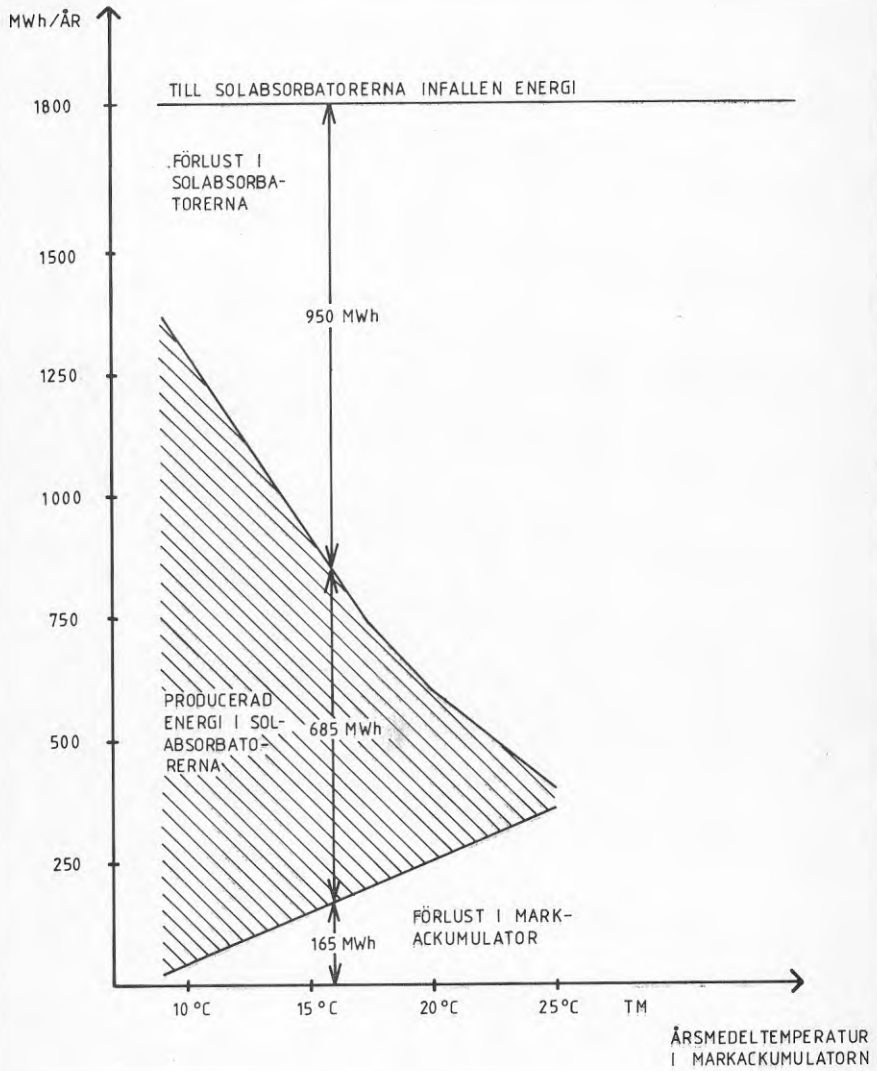


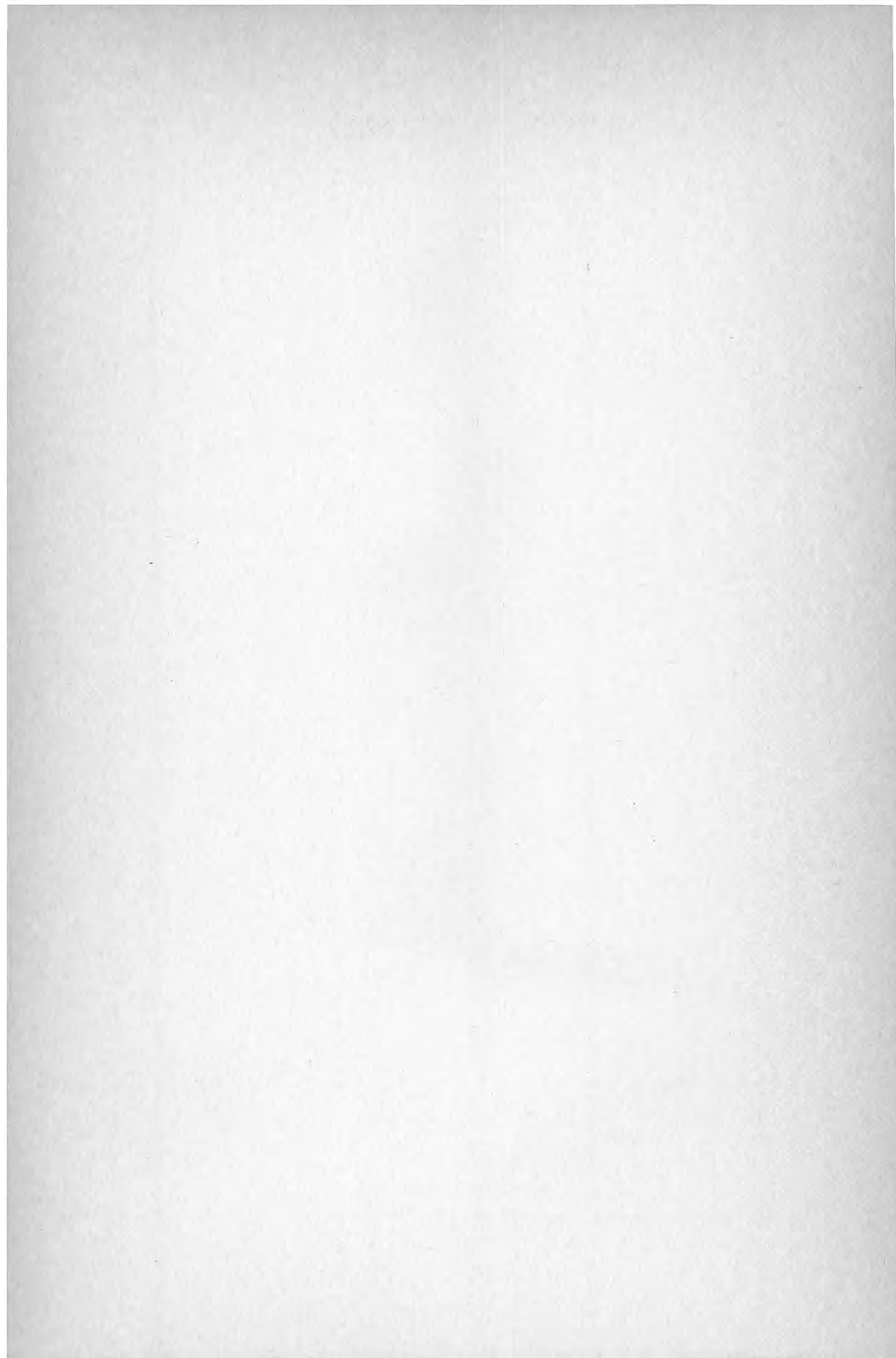
DIESELMOTORNES VERKNINGSGRAD

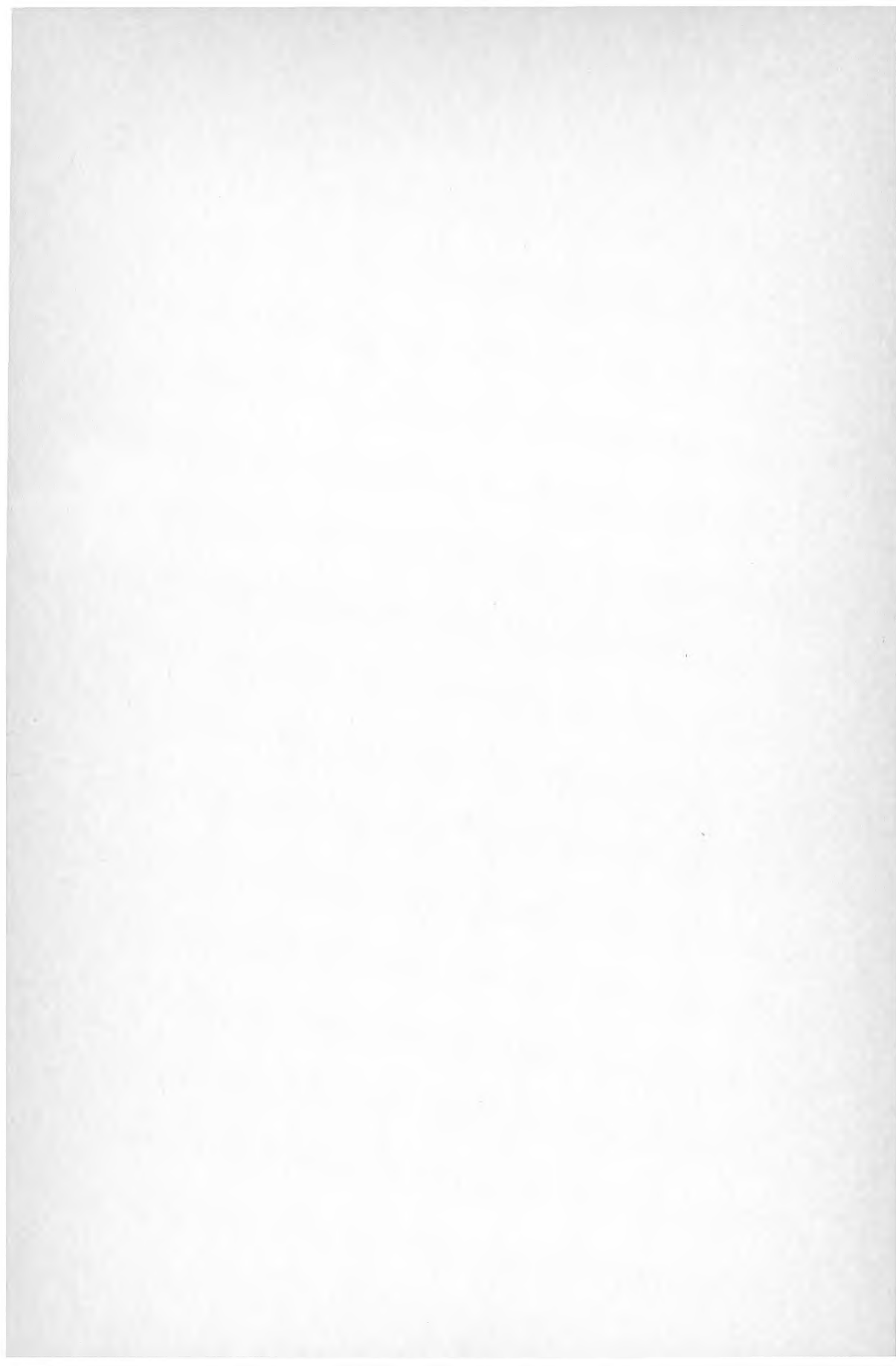
VÄRMEBALANS FÖR DIESELMOTORDRIVEN
VÄRMEPUMP



ENERGISITUATIONEN UNDER ETT ÅR
MED 1500 M² SOLABSORBATORER OCH
28 500 M RÖR I ACKUMULATORN







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790338-9 från Statens råd för byggnadsforskning
till Kungsbacka kommun, Centrala byggnadskommittén.**

R38: 1980

ISBN 91-540-3212-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700138

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 20 kr exkl moms