



Kombineret solvarme- varmepumpeanlæg Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse

Jørgensen, Leif Sønderskov

Publication date:
1979

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

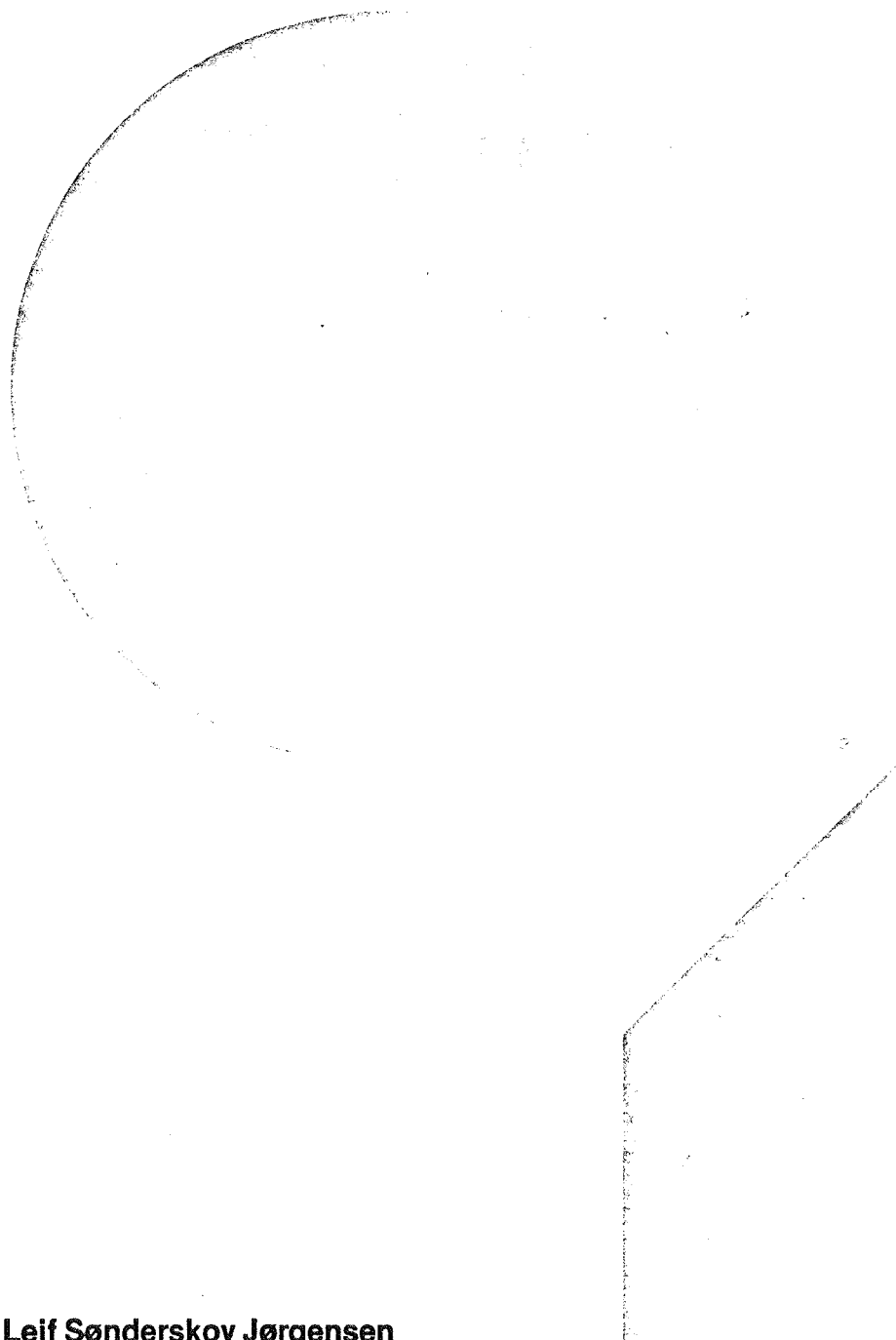
Citation (APA):
Jørgensen, L. S. (1979). *Kombineret solvarme- varmepumpeanlæg: Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Leif Sønderkov Jørgensen

Kombineret solvarme - varmepumpeanlæg

Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse

Kombineret solvarme- varmepumpeanlæg

BEREGNING AF ET ANLÆG TIL EN MINDRE BEBYGGELSE

AF

LEIF SØNDERSKOV JØRGENSEN
LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE



MEDDELELSE NR. 85

APRIL 1979

0. Forord

Handelsministeriets udviklings- og demonstrationsprogram for solvarme skal medvirke til udviklingen af solvarmeanlæg i Danmark.

Projektet ledes af Teknologisk Institut, Varmeteknik og udføres i samarbejde med Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole.

Første og anden fase af projektet, der udføres i perioden 1977-81, omfatter følgende delprojekter:

1. Otte demonstrationsanlæg opført på forskellige bygningskategorier med 2-års målinger af anlæggenes ydeevne.
2. Analyse af en kommune.
3. Kombineret solvarme-fjernvarme.
4. Arkitektkonkurrence.
5. Systemprøvestand.
6. Solvarmeanlæg med luftsolfangere.
7. Demonstrationsanlæg med tagrumssolfanger.
8. Driftserfaringer med solvarmeanlæg.
9. Accelereret afprøvning af solfangere.
10. Konsultation og information om solvarmeanlæg.

Handelsministeriets solvarmeprogram har til formål at medvirke til:

- at anlæggene udformes, således at der opnås størst muligt termisk udbytte, stor driftssikkerhed og lang levetid.
- at styrke den produktudvikling, der er nødvendig for at gøre solvarmeanlæg konkurrencedygtige med andre opvarmingsformer
- at vurdere i hvilket omfang solvarme med fordel kan anvendes i Danmark.

Indholdsfortegnelse

Side

| | | |
|-----|---|----|
| 0. | Forord | |
| 1. | Indledning | 1 |
| 2. | Beskrivelse af anlægget | 1 |
| 3. | Varmebehov | 1 |
| 4. | Beregningsforudsætninger | 2 |
| 4.1 | Solfangeren | 2 |
| 4.2 | Varmepumpen | 3 |
| 4.3 | Varmtvandsbeholderen | 3 |
| 4.4 | Jordlageret | 3 |
| 4.5 | Jordslangen | 5 |
| 5. | Beregningsresultater | 5 |
| 5.1 | Referencesystemet | 5 |
| 5.2 | Varierende solfanger- og jordslangeareal | 6 |
| 5.3 | Øvrige beregninger | 7 |
| 6. | Konklusion | 8 |
| 7. | Afslutning | 8 |
| 8. | Referencer | 9 |
| 9. | Projektorganisation | 25 |

1. Indledning

I forbindelse med Handelsministeriets udviklings- og demonstrationsprojekt for solvarme [1] vil der i foråret 1979 blive bygget et kombineret solvarme-/varmepumpeanlæg i Næstved. Dette anlæg skal sammen med et gasfyr udgøre varmecentralen for 8 huse i en større bebyggelse. Beregningerne er foretaget på grundlag af et skitseprojekt, der senere er blevet ændret lidt.

2. Beskrivelse af anlægget

En principskitse af anlægget er vist på figur 1.

Solfangeren leverer varme til varmtvandsbeholderens nederste del, der forventes at fungere som akkumuleringstank. Hvis temperaturen i solfangeren er lavere end temperaturen i varmtvandsbeholderen, eller hvis den ønskede temperatur er nået, leverer solfangeren varme til jorden via jordslangen.

Varmepumpen består af 8 moduler, hvoraf de 3 leverer varme til varmtvandsbeholderens øverste del, der fungerer som traditionel varmtvandsbeholder. De 5 øvrige moduler leverer varme til gulvvarmeanlægget og kan suppleres med et eller flere af de 3 første moduler, hvis disse ikke er i drift for at dække varmtvandsforbruget. Er dette ikke tilstrækkeligt, eller er varmepumperne ude af drift, kobles gasfyret ind.

Gulvvarmeanlæggets dimensionerende fremløbs- og returtemperatur er sat til henholdsvis 35 °C og 30 °C. Fremløbstemperaturen reguleres efter udetemperaturen. Til beregning af fremløbs- og returtemperatur benyttes formlerne i [2].

3. Varmebehov

De 8 huse er i to etager med et samlet boligareal på ca. 850 m² fordelt på 14 lejligheder. Husenes varmebehov er på

grundlag af Referenceårets vejrdata [3] beregnet med edb-programmet BA4 [4], der tager hensyn til gratisvarme fra personer, elektriske installationer og solindfald gennem vinduer. Sættes varmtvandsforbruget til 2500 l/dag opvarmet fra 10 °C til 50 °C, fås nettovarmebehovet incl. varmetab fra varmtvandsbeholderen til:

| | |
|-----------------|-------------|
| Rumopvarmning | 77,1 MWh/år |
| Varmt brugsvand | 44,3 " |
| Nettovarmebehov | 121,4 " |

Årsvariationen af varmebehovene er vist på figur 2.

Husenes dimensionerende varmetab er beregnet til 49 kW.

4. Beregningsforudsætninger

Varmeanlægget er simuleret igennem et år med Referenceårets vejrdata. I det følgende gennemgås de enkelte komponenter med tilhørende beregningsforudsætninger.

4.1 Solfangeren

Solfangeren, der er sydvendt, består af en lodret flade med et absorberareal på 58 m² og en skrå flade på 32 m². Den skrå solfanger hælder 25° fra vandret.

Solfangeren beregnes som en plan, sortmalet absorber med et dæklag af glas. Det varmebærende medium er en vand/glykollblanding, og strømningshastigheden er sat til 1,0 l/minut pr. m² solfanger.

Solindfaldet beregnes som anført i [5], hvorefter udbyttet beregnes af formlerne i [6]. Solfangerkredsløbet startes, så snart det er muligt at overføre varme til enten varmtvandsbeholderen eller jorden. I varmtvandsbeholderen overføres varmen gennem en varmeveksler og i jorden gennem jordslangen. Da der i begge tilfælde indgår en varmeveksler, beregnes det endelige udbytte som angivet i [7].

Ved beregning af udbyttet fra solfangeren ses der bort fra varmetab fra rørføringer samt solfangerens varmekapacitet. Jordrefleksionskoefficienten, dvs. den del af solindfaldet på den omgivende jord, der reflekteres op på solfangeren som diffus stråling, er sat til 0,2.

4.2 Varmepumpen

Varmepumpen, der er en vand-til-vand varmepumpe, består af 8 ens moduler. En principskitse af varmeanlægget er vist på figur 3.

Modul 1-3 skal primært levere varme til varmtvandsbeholderen, men kan supplere modul 4-8, hvis disse ikke kan klare rumopvarmningsbehovet. Uanset hvor mange moduler der er i drift er strømningshastigheden gennem jordslangen 1,5 l/s.

Varmepumpen beregnes med en simpel matematisk model. Kondensatorydelsen beregnes som summen af elforbruget og fordamperydelsen, dvs. varmepumpen regnes tabsfri. Der ses desuden bort fra tilført pumpeeffekt. På figur 4 er vist ét moduls ydelse og effektfaktor som funktion af indløbs-temperaturerne til kondensatoren og fordamperen.

4.3 Varmtvandsbeholderen

Varmtvandsbeholderen er på 5 m³ og opvarmes af solfangeren eller varmepumpen v.h.a. to varmevekslere, se figur 3. I beregningerne tilnærmes beholderen af en akkumuleringstank på 3 m³, der kan opvarmes af solfangeren og en varmtvandsbeholder på 2 m³, hvor det forvarmede vand fra akkumuleringstanken opvarmes til den ønskede brugsvandstemperatur. Er temperaturen i akkumuleringstanken højere end brugsvandstemperaturen, regnes med fuld opblanding.

For at sikre mod skoldning sættes varmtvandsbeholderens maksimale temperatur til 60 °C.

Begge beholdere er cirkulærcylindriske med længde lig med to gange diameteren. Isoleringstykkelsen er sat til 10 cm, og den omgivende temperatur er konstant = 20 °C.

4.4 Jordlageret

Den benyttede model af jordlageret er beskrevet i [8] og [9]. En principskitse af modellen er vist på figur 5.

Da temperaturen lige omkring jordslangen vil variere betydeligt mere over døgnet end middeltemperaturen i det jordvolumen, der kan regnes aktivt som varmelager, deles lageret op i to: Et "lille" lager, der ligger omkring

jordslangen, og et "stort" lager, som udgør resten af det aktive jordlager. Det "lille" lager veksler kun varme med jordslangen og det "store" lager, mens det "store" lager, desuden veksler varme med jordoverfladen og med den omkringliggende jord, hvis temperatur sættes til 8 °C. For jordoverfladens temperatur benyttes kurven i [10]. Denne kurve er gengivet på figur 6 og antages at være uafhængig af varmeindvindingen fra jordlageret. De to lagre ækvivaleres med to plane jordvolumener, hvis areal er lig med $a \cdot L$, hvor a er afstanden mellem jordslangerne, og L er den samlede længde. Dette areal udgør transmissionsarealet til beregning af varmemstrømmene og vil i det følgende blive betegnet som jordslangearealet.

Placeres jordslangen i en dybde af 1,5 m med en afstand mellem slangerne på 2,0 m, fås følgende værdier for parametrene på figur 5:

$$\begin{aligned} D &= 1,5 \text{ m} \\ t_L &= 0,04 \text{ m} \\ u &= 3,50 \\ v &= 5,37 \\ x &= 0,834 \\ y &= 0,825 \\ z &= 0,857 \end{aligned}$$

Disse værdier er bestemt, så jordtemperaturens afvigelse fra den mere nøjagtige model i [11] bliver mindst mulig.

For jordens varmeledningstal λ , varmekapacitet C og frysevarme Q_f benyttes værdierne i [12] gældende for moræneler:

$$\begin{aligned} \lambda_+ &= 1,85 \text{ W/m} \cdot \text{°C} \\ \lambda_- &= 2,70 \text{ W/m} \cdot \text{°C} \\ C_+ &= 0,70 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{°C} \\ C_- &= 0,55 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{°C} \\ Q_f &= 20 \text{ kWh/m}^3 \end{aligned}$$

Indeks + og - angiver om jorden er optøet eller frossen.

4.5 Jordslangen

Ved beregning af varmetransporten mellem det lille jordlager og jordslangen deles op i 3 tilfælde:

1. Kun solfanger i drift
2. Kun varmepumpe i drift
3. Både solfanger og varmepumpe i drift

I tilfælde 1 og 2 er strømningshastigheden gennem jordslangen 1,5 l/s, og i tilfælde 3 3,0 l/s.

Ud fra jordslangens effektivitet beregnes varmetransporten i tilfælde 1 som angivet i [7] med jordslangen som varmeveksler. I tilfælde 2 og 3 beregnes varmetransporten mellem jord og jordslange ved iteration.

5. Beregningsresultater

5.1 Referencesystemet

Med de i afsnit 4 nævnte forudsætninger kan opstilles et system, som svarer til det beskrevne anlæg:

| | |
|--------------------|--|
| Solfanger: | 58 m ² absorber, lodret 32 m ² absorber, 25° fra vandret 1 dæklag af glas orientering: syd |
| Varmepumpe: | 3 moduler med varmtvandsbeholderen som 1. prioritet. 5 moduler, der kun leverer varme til gulvvarmeanlægget. |
| Jordslangeareal: | 2000 m ² |
| Akkumuleringstank: | 3 m ³ af en 5 m ³ varmtvandsbeholder. Ved akkumuleringstemperaturer over brugsvandstemperaturen udnyttes hele varmtvandsbeholderen. |

Dette systems varmebalance er vist på figur 7. Af figurens tal fås:

| | | | |
|---------------------|-----------|---|-------|
| Totalt forbrug | 121,4 MWh | = | 100% |
| Solfangeren leverer | 40,3 MWh | = | 33,3% |
| Varmepumpen leverer | 80,8 MWh | = | 66,5% |
| Gasfyret leverer | 0,3 MWh | = | 0,2% |

Årsvariationen er vist på figur 8.

Solfangerens årseffektivitet bliver 39%, og varmpumpens effektfaktor 3,32. På figur 9 er vist variationen over året af effektfaktoren for brugsvand, rumopvarmning og totalt forbrug.

Solfangerens driftstid er i alt 4320 timer, hvoraf der i 2010 timer leveres varme til jordlageret.

Varmepumpen regnes at være i drift, hvis ét modul er i drift. Er både et af modulerne til varmtvandsbeholderen og et af modulerne til rumopvarmningen i drift, sættes drifttiden lig med summen af drifttiderne, dog med beregningsintervallet som maksimum. Beregnet på denne måde findes varmpumpens drifttid i referencesystemet til 6030 timer.

Referencesystemets øvrige værdier er vist i tabel 1 under afsnit 5.3.

I det følgende varieres en del af referencesystemets parametre.

5.2 Variierende solfanger- og jordslangeareal

For fastholdt jordslangeareal på 2000 m² sættes solfangerarealet til 0,45 og 180 m². På figur 10 er vist jordtemperatur og effektfaktor for disse tre anlæg samt referencesystemet.

For fastholdt solfangerareal på 90 m² sættes jordslangearealet til 1000 og 4000 m². Jordtemperatur og effektfaktor er vist på figur 11.

Yderligere 6 kombinationer giver figur 12, der viser varmpumpens årlige elforbrug som funktion af solfanger- og jordslangeareal. Det kan af figuren aflæses, at solfangeren i det aktuelle anlæg kan erstattes af et 9,4 MWh større

elforbrug til varmepumpen. En fordobling af solfangerarealet vil derimod kun give en besparelse på ca. 2,1 MWh. En halvering af jordslangearealet giver kun en forøgelse af elforbruget på 1,3 MWh.

5.3 Øvrige beregninger

I tabel 1 er angivet de vigtigste værdier for alle beregninger. Beregning nr. 1 er referencesystemet og derefter følger de beregninger vedrørende solfanger- og jordslangeareal, der er beskrevet i forrige afsnit.

I beregning nr. 13 er anlægget delt, således at solfangeren kun leverer varme til varmtvandsbeholderen. Dette giver kun et merforbrug til varmepumpen på 0,1 MWh/år, hvilket skyldes at den lavere jordtemperatur bevirker en større varmetilførsel fra den omkringliggende jord. Da dette er tilfældet for de fleste af beregningerne, er der ikke i tabel 1 anført solfangerens bidrag til det samlede forbrug i %.

Leverer solfangeren kun varme til jorden, fås et merforbrug til varmepumpen på 7,9 MWh/år.

I beregning nr. 15 er den dimensionerende fremløbs- og returtemperatur sat til 60/40 °C mod referencesystemets 35/30. Igen fås en beskedent stigning af varmepumpens elforbrug, hvilket skyldes, at årsmiddelværdien for gulvvarmeanlæggets returtemperatur, der er indløbstemperatur til kondensatoren kun stiger fra 24,5 °C for referencesystemet til 28,7 °C i beregning 15. Da middeljordtemperaturen er næsten uændret 6 °C, fås af figur 4 at stigningen i elforbruget er ca. 5%.

Sættes der kun 3 moduler ind til rumopvarmning, vil gasfyret dække flere perioder med spidsbelastning, hvorved varmepumpens elforbrug falder med 0,7 MWh/år.

I beregningerne nr. 18 og 19 er gratisvarmen udeladt, hvilket giver et rumopvarmningsbehov på ca. 148 MWh/år. Dette giver et merforbrug på ca. 20 MWh, og udelades solfangeren, øges forbruget med yderligere ca. 8 MWh.

6. Konklusion

For næsten alle beregninger gælder det, at selv større ændringer af anlægget kun medfører mindre ændringer i varmepumpens elforbrug og gasfyrets ydelse. Dvs. varmepumpen er lidt overdimensioneret i hvert fald med Referenceårets vejrdata.

En væsentlig forenkling af anlægget ville være kun at lade solfangeren levere varme til varmtvandsbeholderen. De 90 m^2 solfanger giver en dækningsgrad for varmtvandsforbruget på ca. 60%, mens elforbruget er næsten uændret.

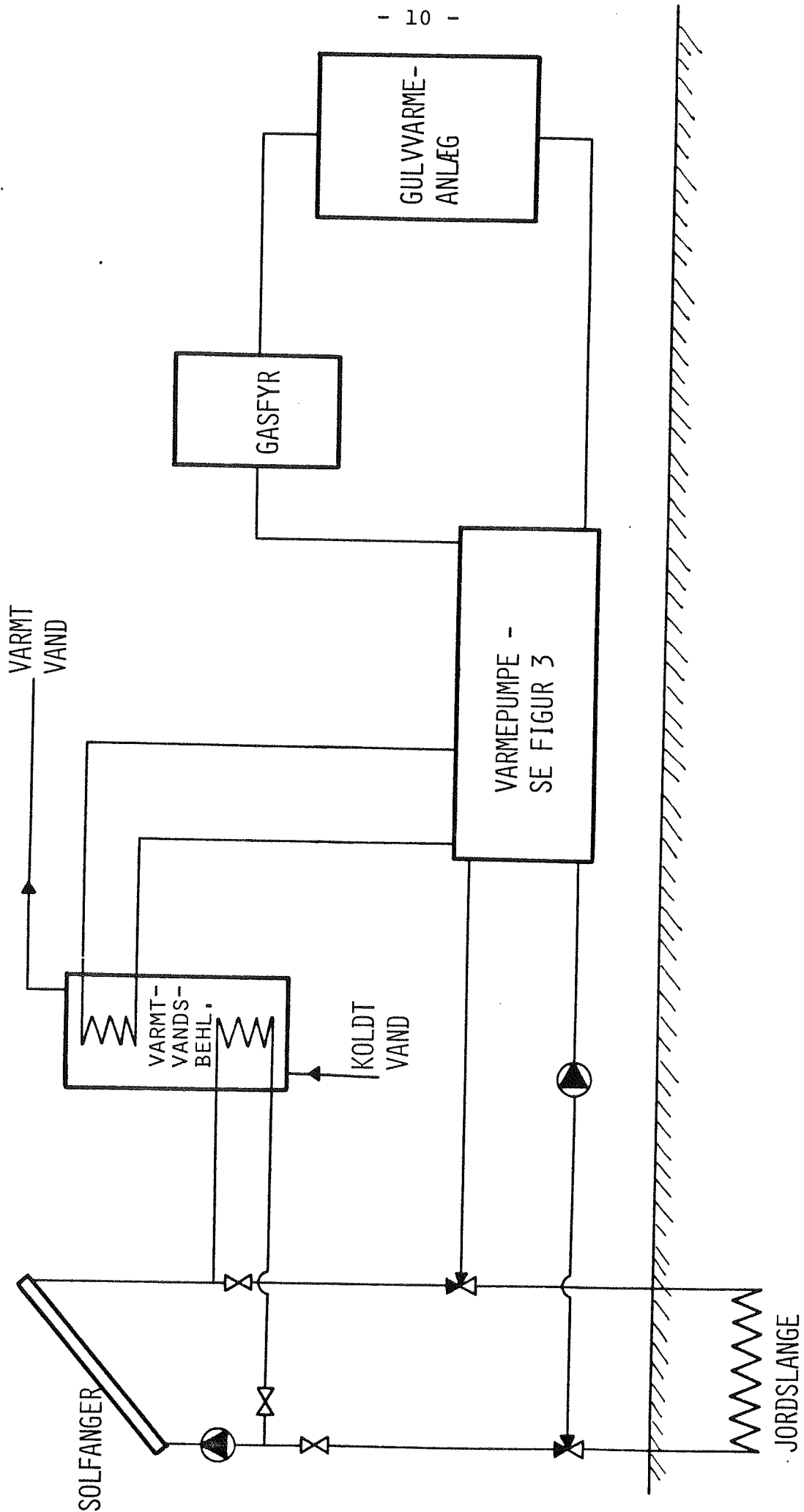
Med denne enkle model af jordlageret, hvor der f.eks. er set bort fra fugtforholdene i jorden, er fordelene ved at lade solfangeren benytte jorden som varmelager meget begrænsede. Den højere jordtemperatur giver dog varmepumpen lidt bedre driftsforhold.

7. Afslutning

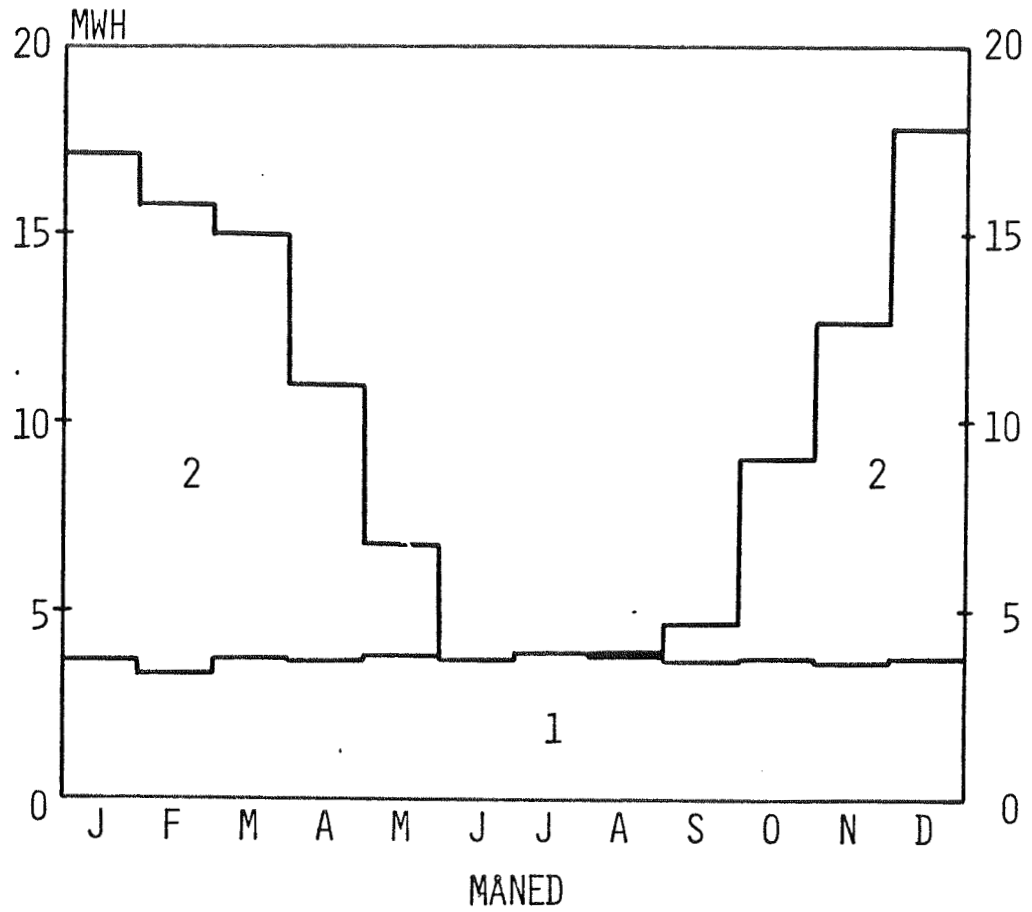
Som nævnt i indledningen er projektet blevet ændret i forhold til skitseprojektet. Antallet af varmepumpemoduler er reduceret fra 8 til 3, der så er blevet tilsvarende større. Varmtvandsbeholderen er nu delt i to beholdere hver på 3 m^3 . Endelig er den lodrette solfanger reduceret med 5 m^2 , således at det samlede absorberareal nu bliver 85 m^2 .

7. Referencer

- [1] Program for udvikling af dansk energiforskning - første fase. Handelsministeriet, november 1976.
- [2] Raiss, W. & Töpritz: Die Einfluss der Temperatursperei- zung auf die Wärmeleistung von Radiatoren. Heiz. - Luft. - Haustechn. 15, nr. 1. 1964.
- [3] Referenceåret - Vejrdata for VVS-beregninger, SBI-rap- port nr. 89, 1974.
- [4] Lund, H: Program BA4, Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole, meddelelse nr. 46, 1976.
- [5] Lawaetz, H.: Beregning af solindfald, Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole, meddelelse nr. 42, 1975.
- [6] Krægpöth, K.: Explicit udbyttefunktion for solfangere, Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Høj- skole, meddelelse nr. 52, 1977.
- [7] Solvarme, Vejledning i projektering og udførelse af anlæg. Teknologisk Institut, Varmeteknik, 1978.
- [8] Fordsmand, M. m.fl.: Varmepumper og sol.
- [9] Teislev, B.: Simulering af et jordvarmepumpesystem i forbindelse med en solfanger (timesimulering). Labora- toriet for Køleteknik, Danmarks tekniske Højskole, oktober 1976.
- [10] Jacobsen, S.R.: Varmepumper, juni 1974.
- [11] Schlosser, K.: En simpel model for varmepumpers indfly- delse på temperaturforholdene i jorden. Laboratoriet for Køleteknik, Danmarks tekniske Højskole, september 1975.
- [12] Balstrup, T.: Varmeovergangsforhold i jord. (Varmepumpe- anlæg bd. 1). Marts 1977.



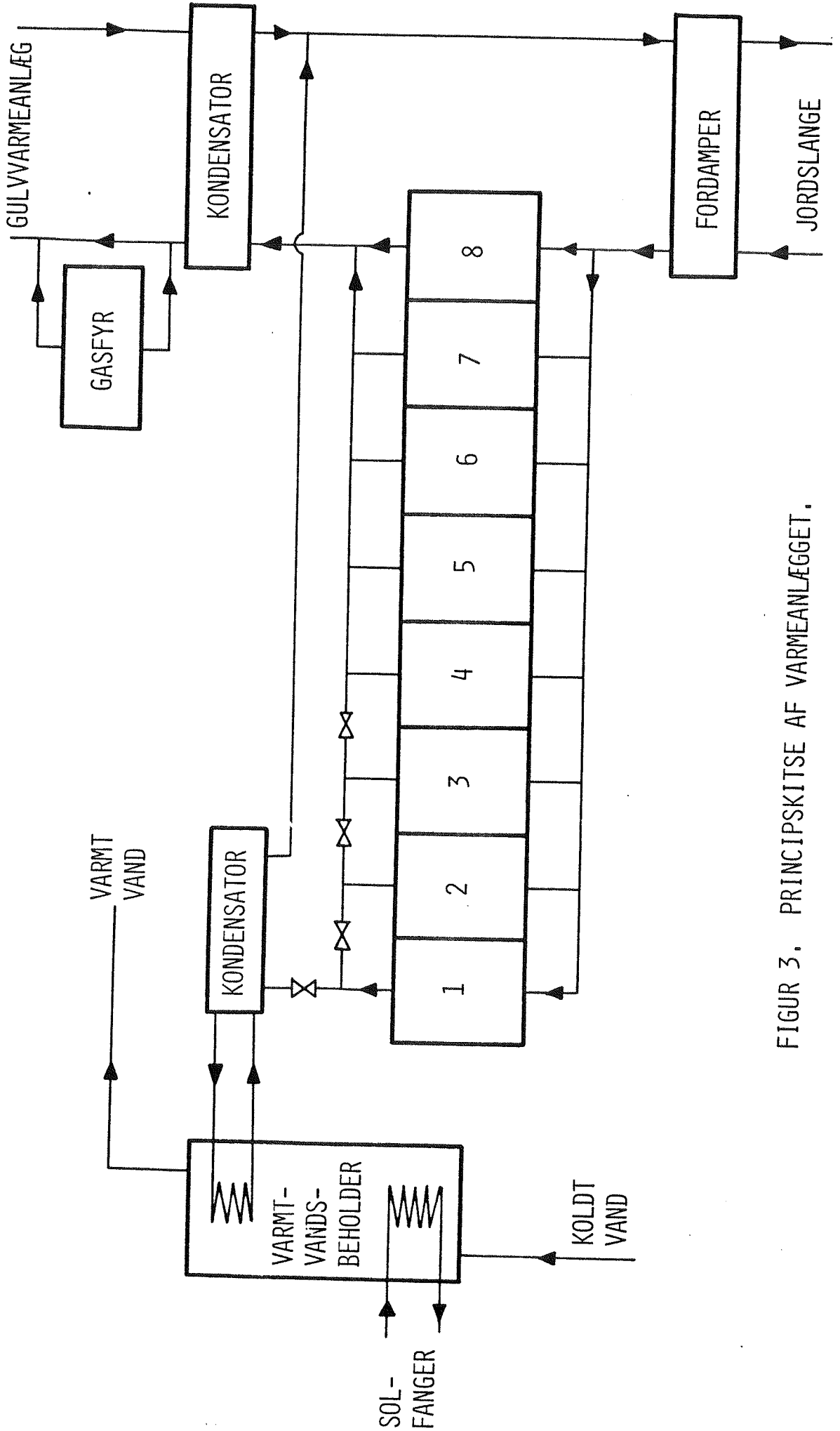
FIGUR 1. PRINCIPSKITSE AF ANLÆG.



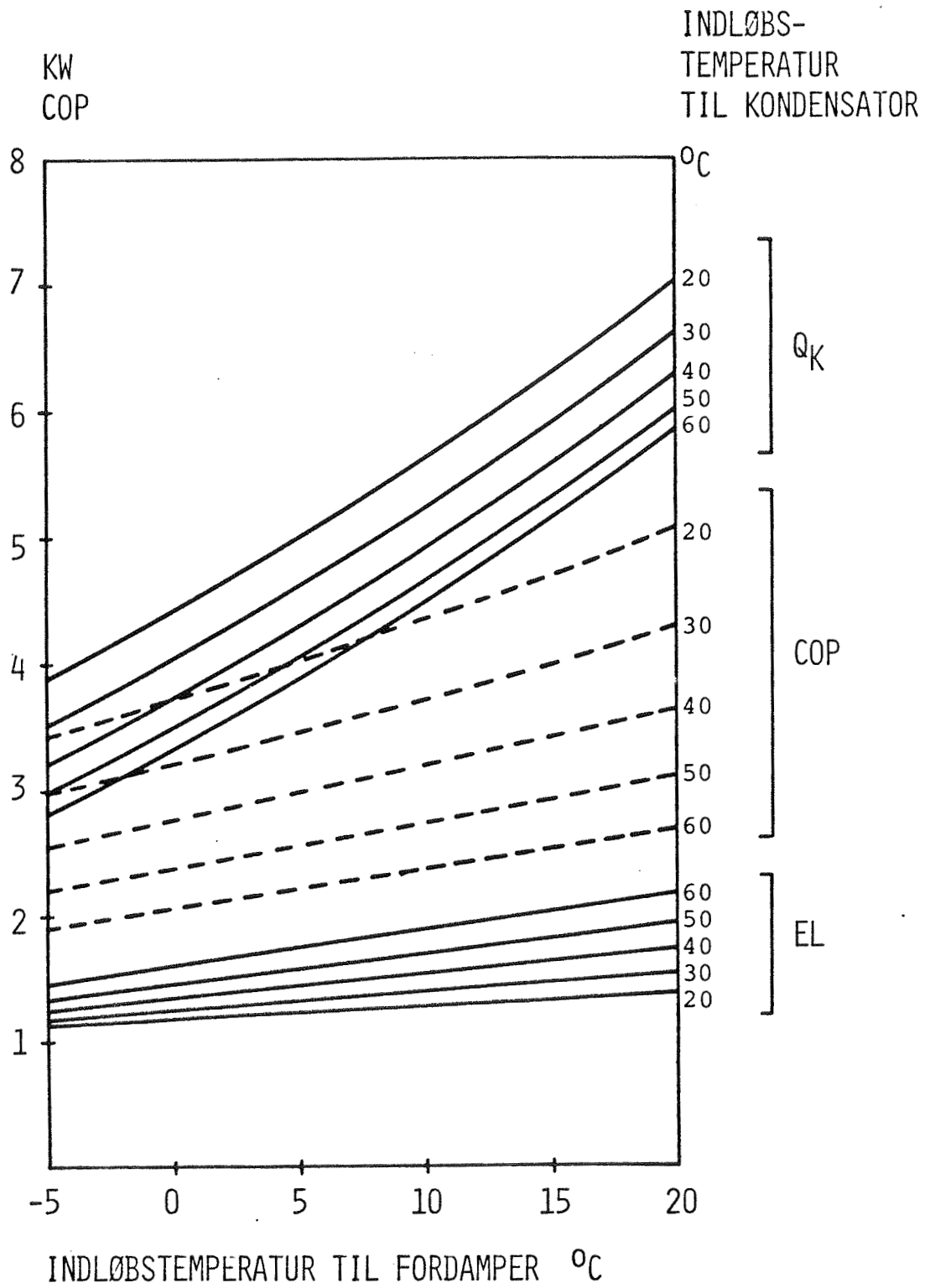
FIGUR 2. HUSENES NETTOVARMEFORBRUG

1. VARMTVANDSFORBRUG INCL. TAB FRA VARMTVANDSBEHOLDER

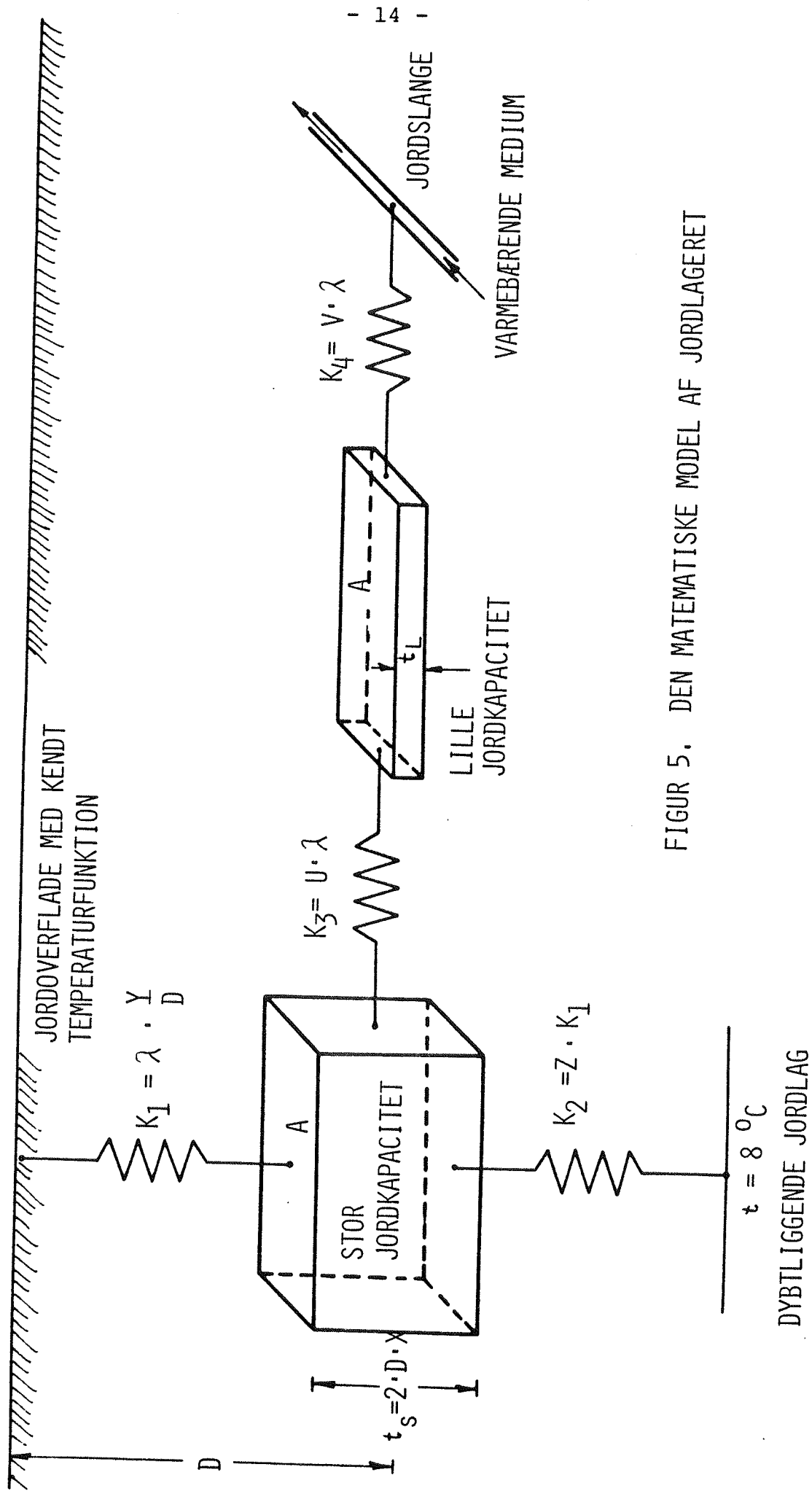
2. RUMOPVARMNING



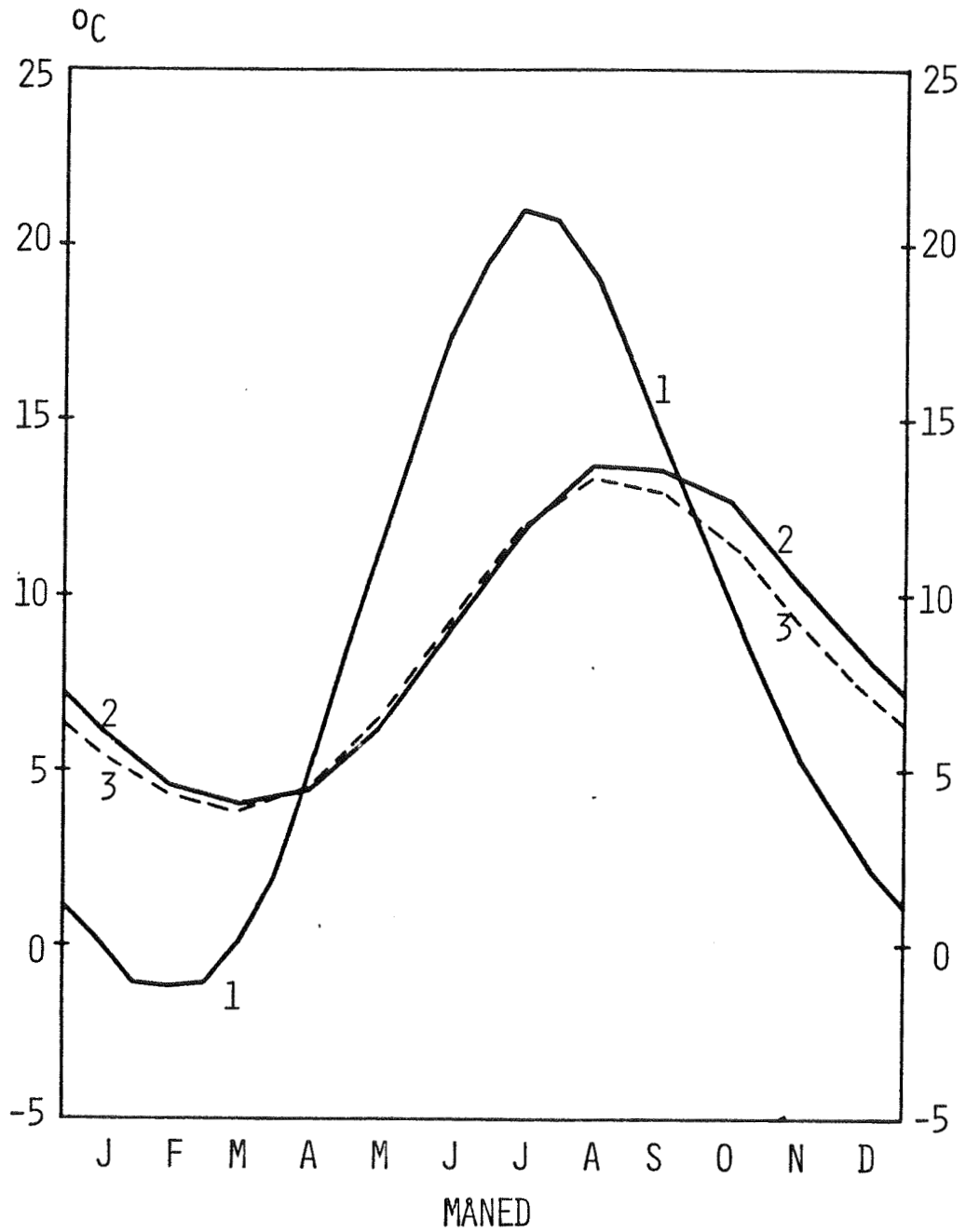
FIGUR 3. PRINCIPSKITSE AF VARMEANLÆGGET.



FIGUR 4. Q_k - AFGIVEN EFFEKT
COP - EFFEKTFAKTOR
EL - VARMEPUMPENS ELFORBRUG

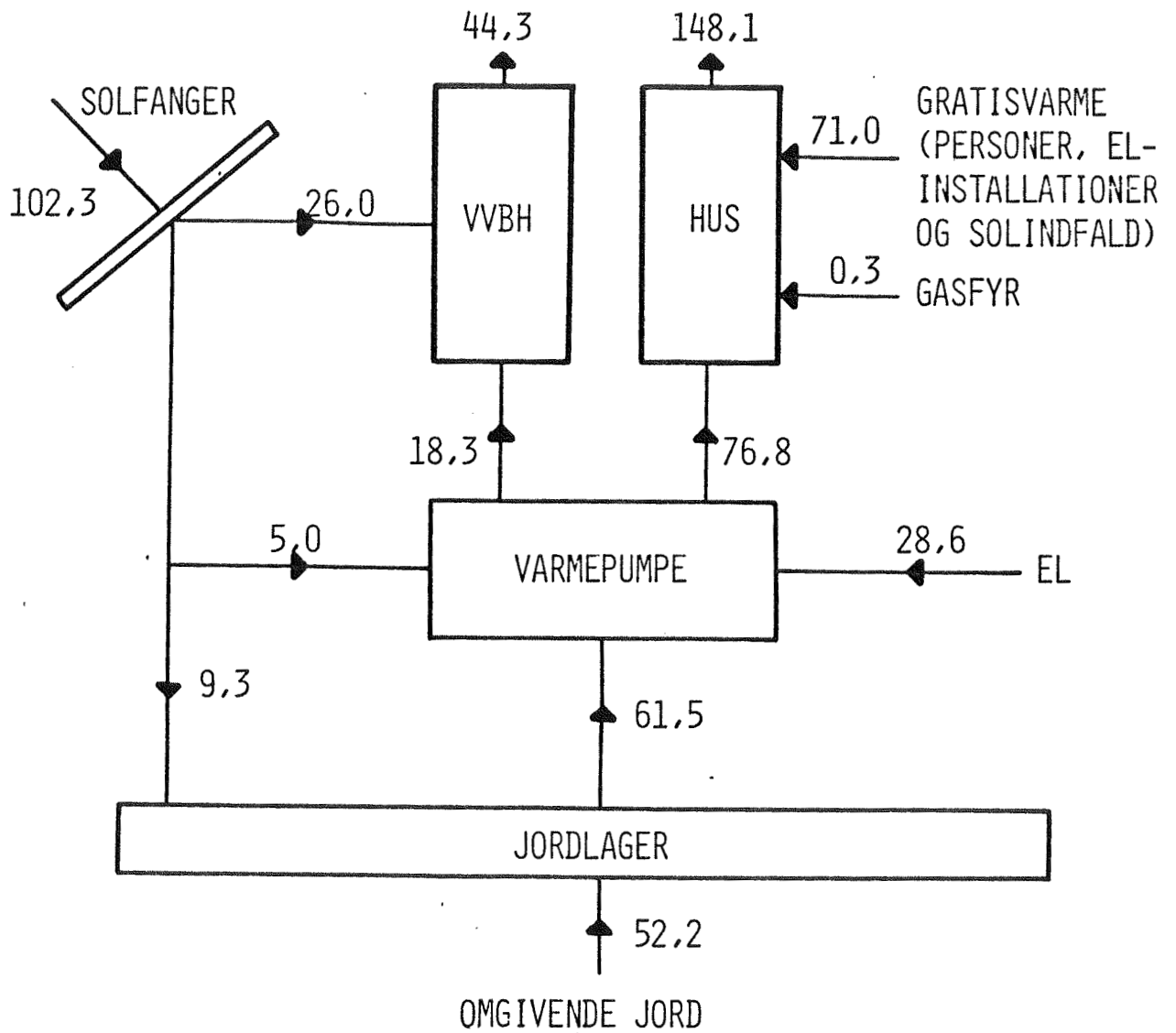


FIGUR 5. DEN MATEMATISKE MODEL AF JORDLAGERET

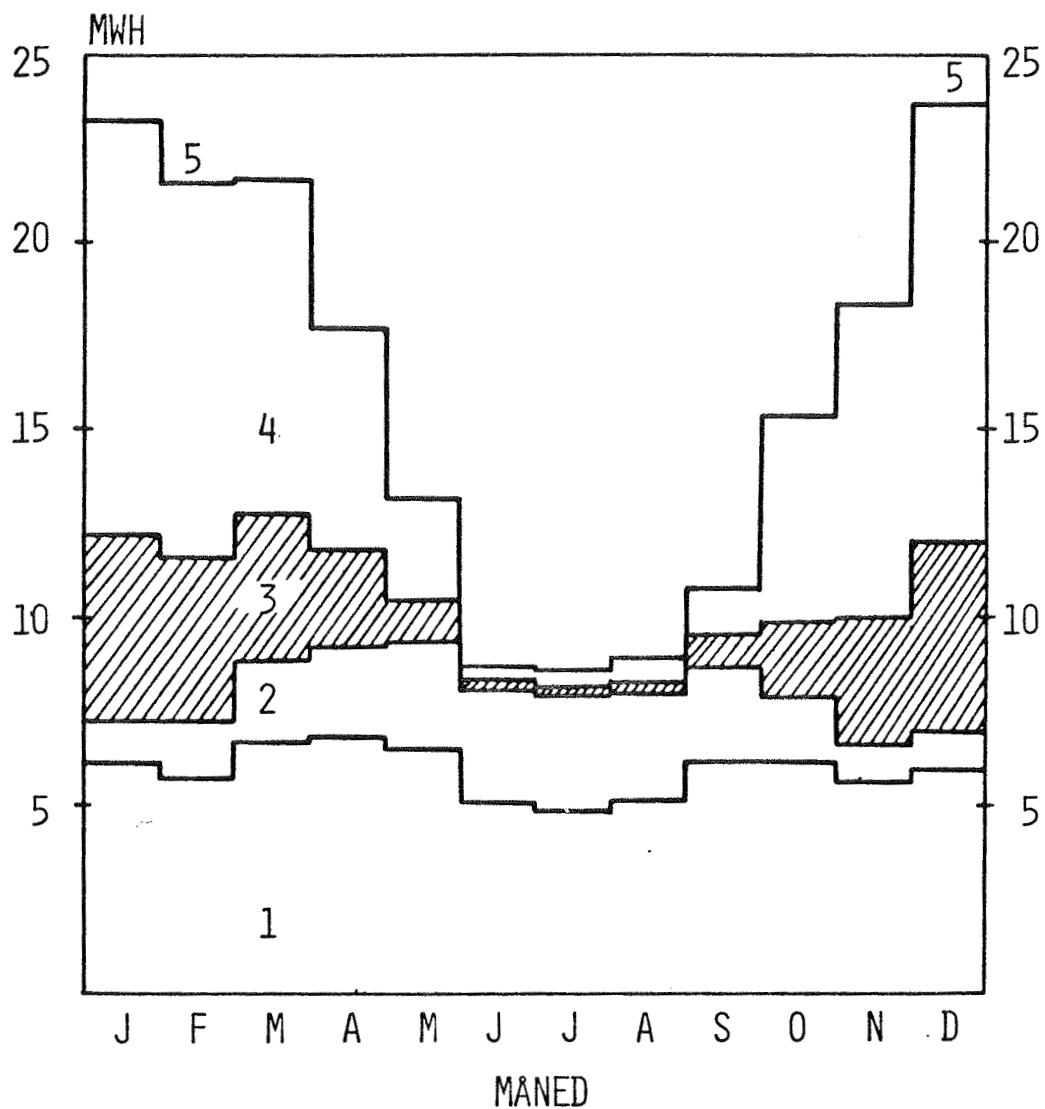


FIGUR 6. JORDTEMPERATUR I UBERØRT JORD

1. 2,5 CM'S DYBDE - DENNE TEMPERATUR REGNES KONSTANT. - FRA [10]
2. 200 CM'S DYBDE - FRA [10]
3. 150 CM'S DYBDE - BEREGNET



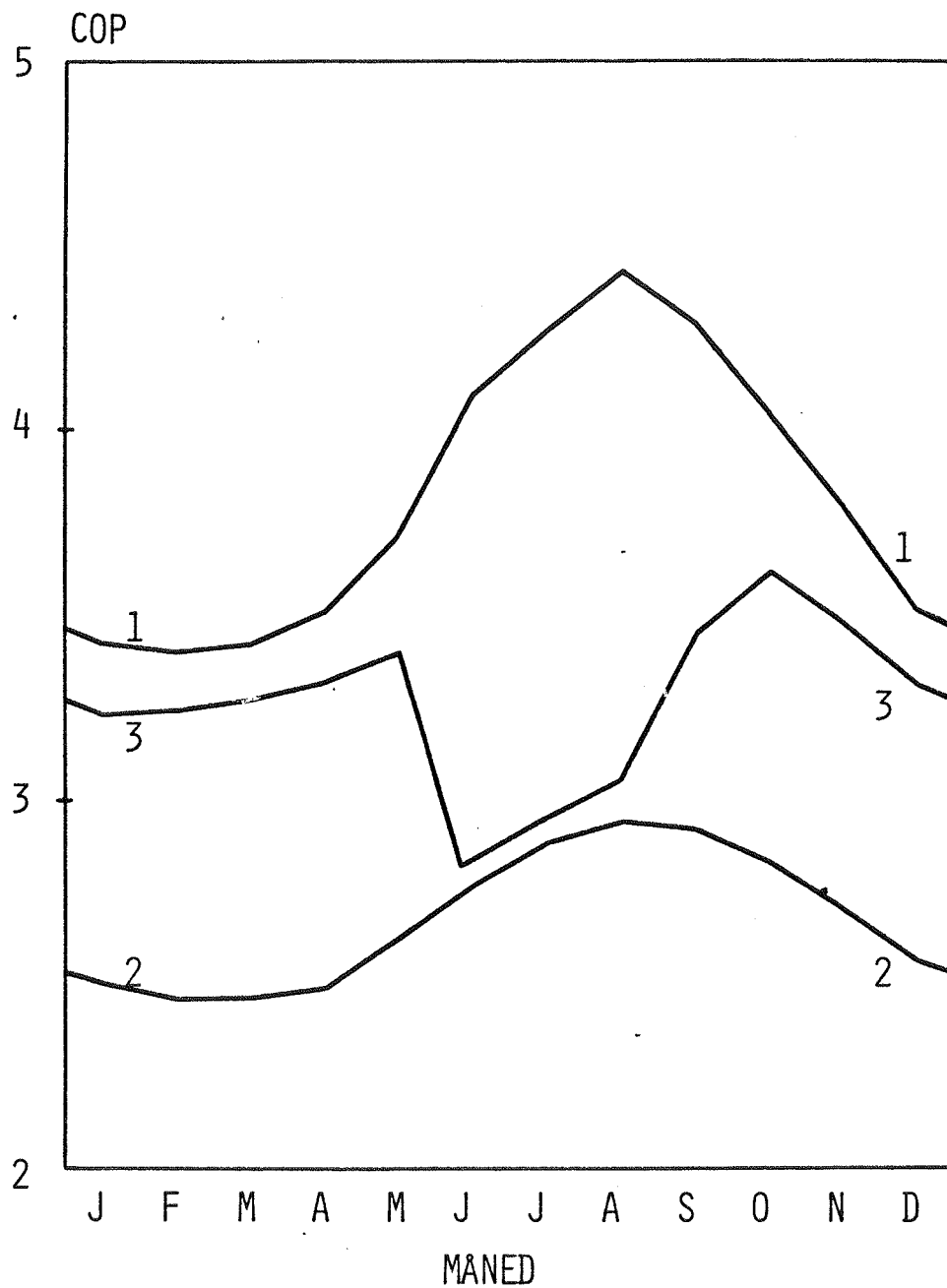
FIGUR 7. REFERENCESYSTEMETS VARMEBALANCE
VARMEMÆNGDER I MWH.



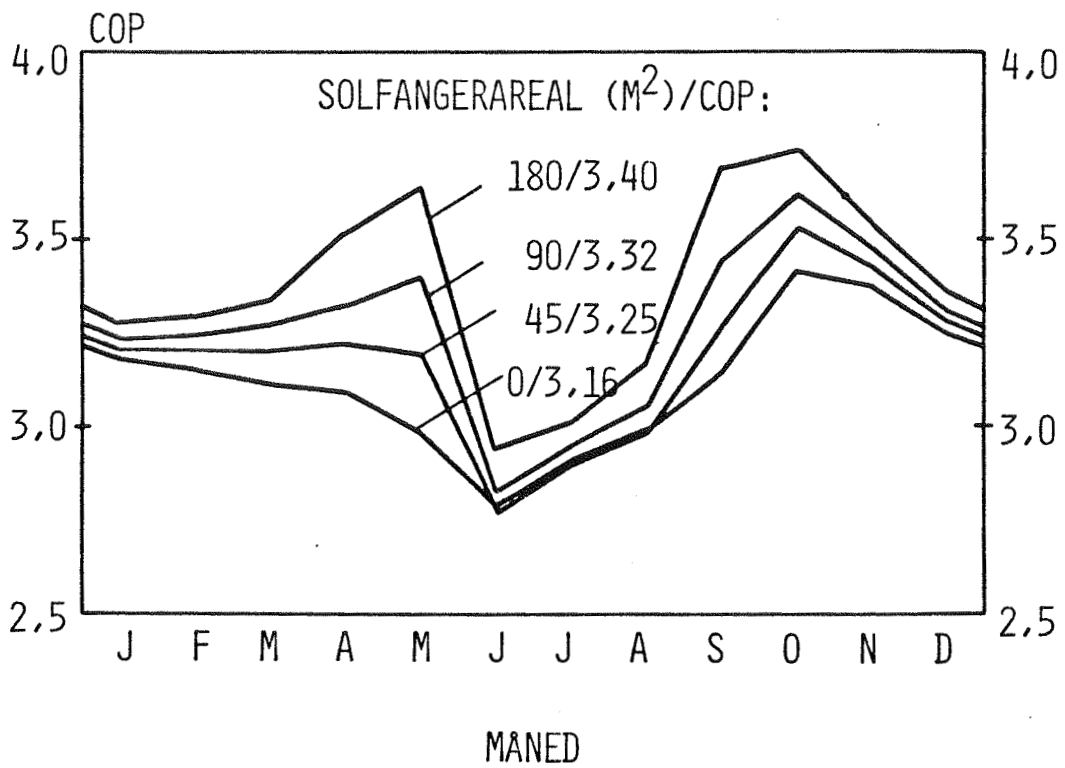
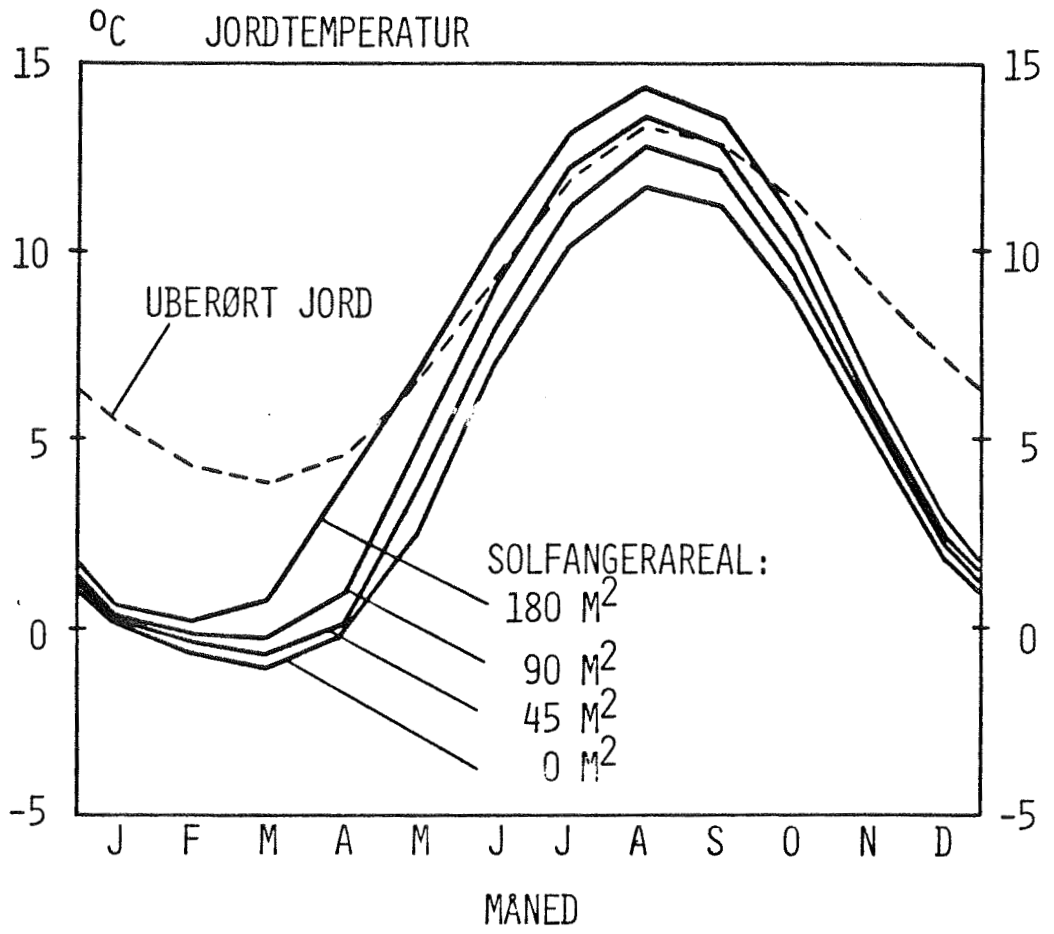
FIGUR 8. REFERENCESYSTEMET

1. GRATISVARME
2. FRA SOLFANGER TIL VARMTVANDSBEHOLDER
3. VARMEPUMPENS ELFORBRUG
4. FRA JORD OG SOLFANGER VIA VARMEPUMPEN (SOLFANGERYDELSE = 22%)
5. GASFYR

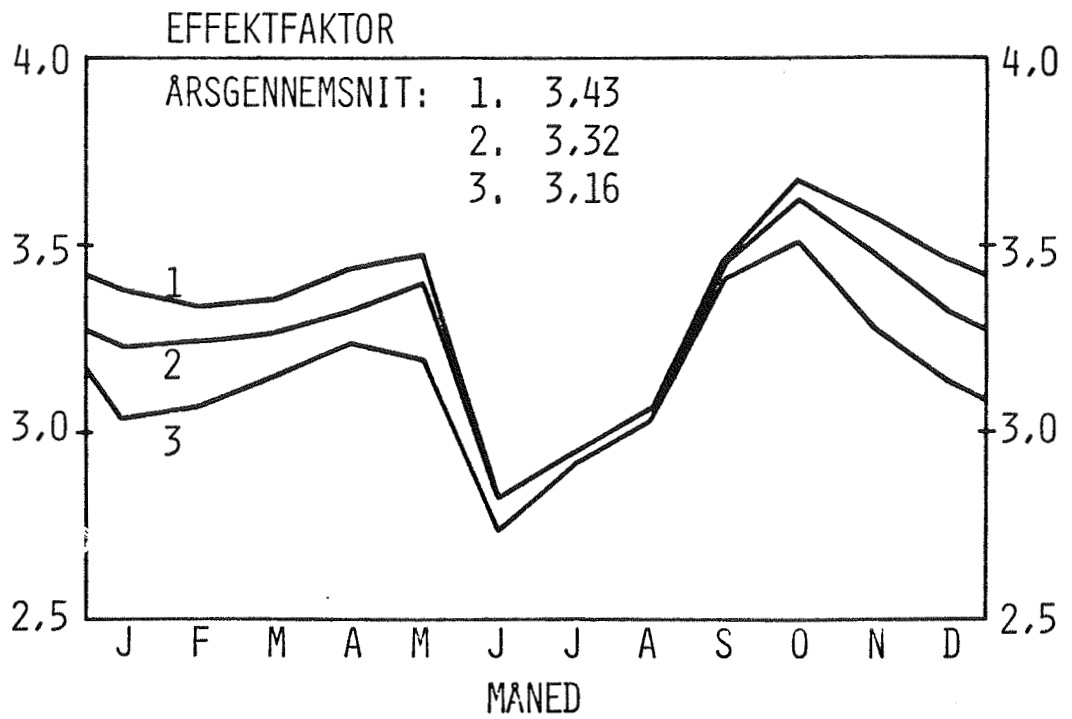
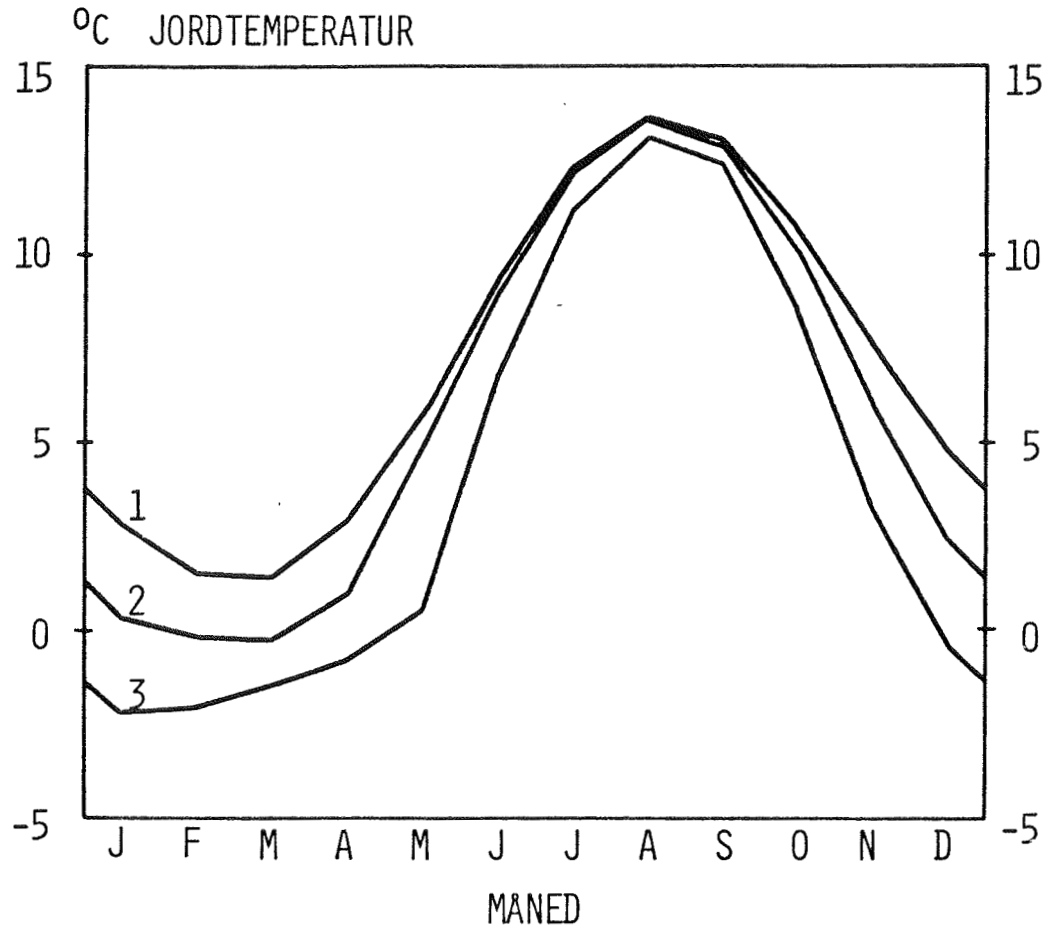
ARSSUMMER - SE FIGUR 7.



FIGUR 9. REFERENCESYSTEMETS EFFEKTFAKTORER.
1. RUMOPVARMNING COP = 3,54
2. VARMT BRUGSVAND COP = 2,63
3. TOTALT FORBRUG COP = 3,32

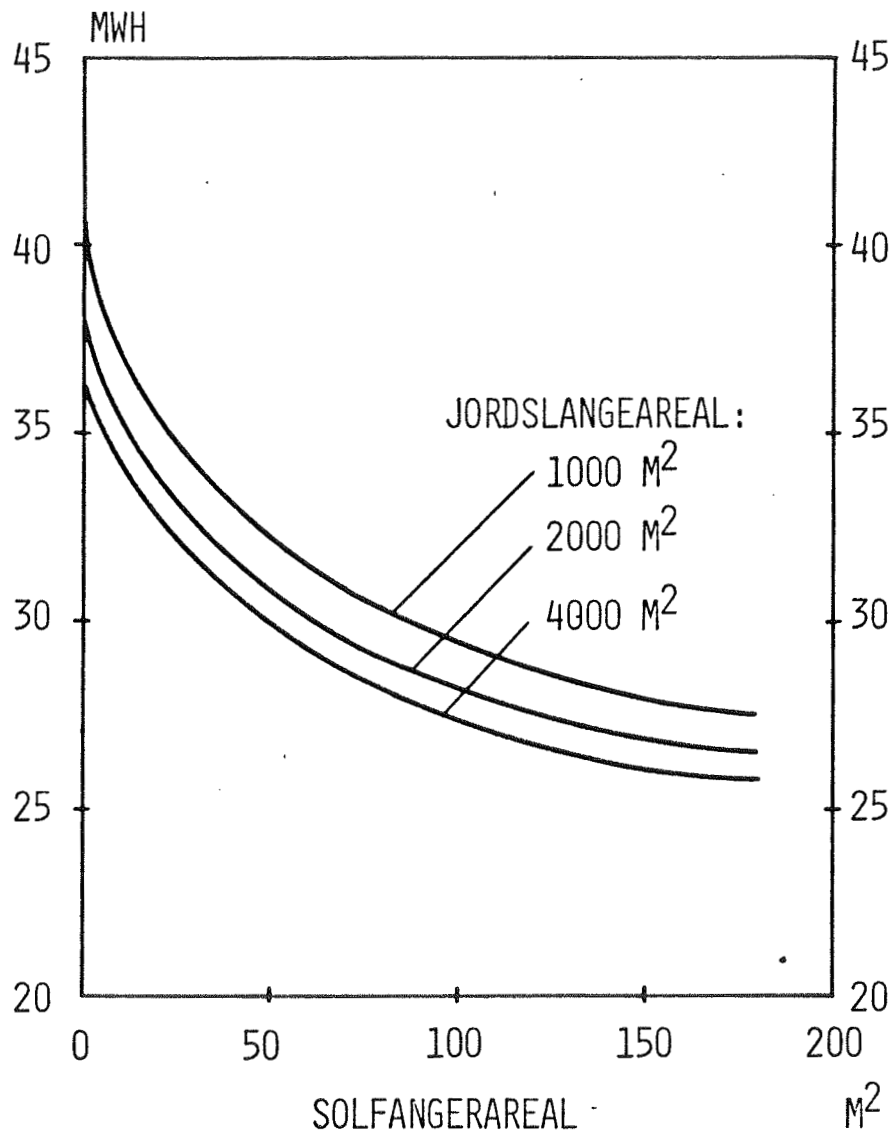


FIGUR 10. JORDTEMPERATUR OG EFFEKTFAKTOR FOR VARIERENDE SOLFANGERAREAL. JORDSLANGEAREAL = 2000 M²



FIGUR 11. VARIERENDE JORDSLANGEAREAL

- 1. 4000 M²
- 2. 2000 M²
- 3. 1000 M²



FIGUR 12. VARMEPUMPENS ELFORBRUG FOR VARIERENDE SOLFANGER- OG JORDSLANGEAREAL.

| Nr. | Ændring i forhold til referencesystem | Ref.syste- stemets værdi | SF- VVBH MWh | SF- JORD+VP MWh | Gas- fyr MWh | VP- el MWh | ΔVP el MWh | COP | Drift SF h | Drift SF-VVB h | Drift VP h | Middel jordtemp. °C |
|-----|--|--------------------------|--------------|-----------------|--------------|------------|------------|------|------------|----------------|------------|---------------------|
| 1 | Referencesystem | - | 26,0 | 14,3 | 0,3 | 28,6 | 0 | 3,32 | 4320 | 2010 | 6030 | 6,0 |
| 2 | SF= 0 m ² , J=2000 m ² | 90/2000 | 0 | 0 | 0,5 | 38,0 | 9,4 | 3,16 | 0 | 0 | 7690 | 4,7 |
| 3 | 45 m ² , 2000 m ² | " | 18,7 | 4,4 | 0,3 | 31,3 | 2,7 | 3,25 | 4350 | 2540 | 6720 | 5,4 |
| 4 | 180 m ² , 2000 m ² | " | 31,3 | 34,7 | 0,2 | 26,5 | -2,1 | 3,40 | 4270 | 1490 | 5620 | 7,0 |
| 5 | 90 m ² , 1000 m ² | " | 26,0 | 13,6 | 0,7 | 29,9 | 1,3 | 3,16 | 4390 | 2010 | 6060 | 4,1 |
| 6 | 90 m ² , 4000 m ² | " | 26,0 | 16,8 | 0,1 | 27,8 | -0,8 | 3,43 | 4210 | 2010 | 6021 | 7,2 |
| 7 | 0 m ² , 1000 m ² | " | 0 | 0 | 2,2 | 40,7 | 12,1 | 2,90 | 0 | 0 | 7910 | -1,0 |
| 8 | 45 m ² , 1000 m ² | " | 18,7 | 5,1 | 0,9 | 32,7 | 4,1 | 3,09 | 4410 | 2540 | 6790 | 3,1 |
| 9 | 180 m ² , 1000 m ² | " | 31,3 | 29,8 | 0,6 | 27,5 | -1,1 | 3,27 | 4350 | 1490 | 5620 | 5,6 |
| 10 | 0 m ² , 4000 m ² | " | 0 | 0 | 0,2 | 36,7 | 8,1 | 3,27 | 0 | 0 | 7660 | 6,4 |
| 11 | 45 m ² , 4000 m ² | " | 18,7 | 4,0 | 0,1 | 30,4 | 1,8 | 3,36 | 4230 | 2540 | 6700 | 6,8 |
| 12 | 180 m ² , 4000 m ² | " | 31,3 | 44,0 | 0,1 | 25,8 | -2,8 | 3,50 | 4170 | 1490 | 5620 | 7,9 |

Tabel 1. Beregningsresultater.

SF: Solfangerens absorberareal
 J: Jordslangearealet
 VVBH: Varmtvandsbeholder
 VP: Varmepumpe
 ΔVP: Ændring af varmepumpens elforbrug i forhold til referencesystemet
 COP: Varmepumpens effektfaktor
 Drift SF: Drifttimer for solfangeren
 Drift SF-VVB: Drifttimer for solfangeren til varmtvandsbeholderen
 Drift VP: Drifttimer for varmepumpen

| Nr. | Ændring i forhold til referencesystem | Ref. sy- stemets værdi | SF- VVBH MWh | SF- JORD+VP MWh | Gas- fyr MWh | VP- el MWh | ΔVP el MWh | COP | Drift SF h | Drift SF-VVB h | Drift VP h | Middel jordtemp. °C |
|-----|---|------------------------|--------------|-----------------|--------------|------------|------------|------|------------|----------------|------------|---------------------|
| 13 | SF kun til VVB | VVB+J+VP | 26,4 | 0 | 0,3 | 28,7 | 0,1 | 3,31 | 4430 | 4430 | 6000 | 5,4 |
| 14 | SF kun til J+VP | " | 0 | 74,4 | 0,4 | 36,5 | 7,9 | 3,27 | 4210 | 0 | 7550 | 7,9 |
| 15 | Dim. varmeanlæg 60/40 | 35/30 | 26,0 | 14,3 | 0,4 | 30,3 | 1,7 | 3,14 | 4310 | 2010 | 6030 | 6,1 |
| 16 | 3+3 VP-moduler | 3+5 | 26,0 | 14,3 | 2,6 | 27,9 | -0,7 | 3,32 | 4310 | 2010 | 6030 | 6,1 |
| 17 | L = 192 MWh/år | 121,4 | 26,0 | 18,9 | 3,7 | 48,2 | 19,6 | 3,37 | 4390 | 2010 | 8330 | 4,2 |
| 18 | L = 192 MWh/år SF = 0 m ² | 121,4/90 | 0 | 0 | 7,7 | 56,8 | 28,2 | 3,23 | 0 | 0 | 8700 | 2,9 |
| 19 | VV-forbrug = 1250 l/d | 2500 | 17,5 | 19,8 | 0,1 | 24,0 | -4,6 | 3,47 | 4280 | 1520 | 5370 | 6,6 |
| 20 | VVB = 3 m ³ / AKK = 2 m | 2/3 | 25,6 | 13,7 | 0,3 | 29,0 | 0,4 | 3,30 | 4320 | 2080 | 6010 | 6,0 |

Tabel . . (fortsat)

L: Nettovarmebehov
 VV-forbrug: Varmtvandsforbrug
 AKK: Nederste del af varmtvandsbeholderen, der fungerer som akkumuleringstank.

9. Projektorganisation

Styregruppe

Handelsministeriet har udpeget følgende styregruppe for projektet:

H. Ibsen, civilingeniør, Boligministeriet (formand)
P. Ahrenst, kontorchef, Boligselskabernes Landsforening
P. Alling, direktør, Dansk Solvarme K/S
E. Christoffersen, afdelingsleder, Statens Byggeforskningsinstitut
P. Dirks, afdelingsingeniør, Dansk Kedelforening
M. Dyre, civilingeniør, forskningschef, Danfoss
E. Eckert, afdelingsingeniør, Teknologisk Institut (sekretær)
K.H. Frier, direktør, civilingeniør, Foreningen af rådgivende ing.
V. Korsgaard, professor, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH
C. Kortzau, cand.jur., Foreningen af typehusproducenter i Danmark
J. Lemming, civilingeniør, Handelsministeriet
V.S. Pejtersen, civilingeniør, Risø
P. Snare, ekspeditionssekretær, Energistyrelsen
H. Schiøler, direktør, H. Schiøler & Co. K/S
P. Steensen, civilingeniør, Teknologisk Institut
H. Tindal, arkitekt m.a.a., Praktiserende Arkitekters Råd

Projektmedarbejdere

Laboratoriet for Varmeisolering:

K. Ellehauge, civilingeniør
L. Sønderskov Jørgensen, civilingeniør
Sv.E. Mikkelsen, civilingeniør
H. Lawaetz, akademiingeniør
C. Nielsen, civilingeniør
S.Aa. Svendsen, civilingeniør

Teknologisk Institut:

L. Hallgren, ingeniør, lic.techn. (fra 1.8.79)
T. Vest Hansen, ingeniør
M. Lange, ingeniør (fra 1.8.79)
O. Paulsen, civilingeniør, lic.techn.
P. Steensen, civilingeniør (projektkoordinator)

I forbindelse med demonstrationsprojekterne har endvidere medvirket de pågældende byggeriers arkitekt og rådgivende ingeniør.

Adresser:

Laboratoriet for Varmeisolering
Bygning 118
Danmarks tekniske Højskole
2800 Lyngby
Tlf. 02-883511

Teknologisk Institut, Varmeteknik
Gregersensvej
2630 Tåstrup
Tlf. 02-996611