



## SIKKE: Simuleringsmodel for kollektive kombinerede energisystemer

Fenhann, Jørgen; Larsen, Helge V.; Nielsen, Helle T.; Præstegaard, Søren

*Publication date:*  
1985

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Fenhann, J., Larsen, H. V., Nielsen, H. T., & Præstegaard, S. (1985). *SIKKE: Simuleringsmodel for kollektive kombinerede energisystemer*. Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.

---

### 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.

RISØ

# SIKKKE

Simuleringsmodel for  
Kollektive  
Kombinerede  
Energisystemer

Energisystemgruppen  
Forsøgsanlæg Risø, 4000 Roskilde, Danmark  
December 1985

S I K K E

Simuleringsmodel for  
kollektive  
kombinerede  
Energisystemer

Jørgen Fenhann  
Helge V. Larsen  
Helle T. Nielsen  
Søren Præstegaard

Energisystemgruppen  
Forsøgsanlæg Risø  
4000 Roskilde

December 1985

## INDHOLD

	Side
1. INDLEDNING .....	3
2. MODELSTRUKTUR .....	5
2.1. Filstruktur .....	9
2.2. Krav til datamat .....	9
3. ENERGIBEHOVSDATA .....	12
4. RESSOURCEDATA .....	14
4.1. Vindhastighed .....	16
4.2. Solindstråling .....	19
5. STYRINGSSTRATEGI .....	24
5.1. Definition af system og styringsstrategi ...	24
5.2. Liste over reserverede variabelnavne i styringsstrategi .....	30
5.3. Liste over standardnavne på brændsel .....	31
6. TEKNOLOGIDATA .....	32
6.1. Solvarmeanlæg .....	32
6.2. Varmepumper .....	35
6.3. Kedelanlæg .....	40
6.4. Vindmøller .....	41
6.5. Dieselgenerator .....	43
6.6. Biogas .....	45
6.7. Varmelagre .....	49
6.8. Fjernvarmenet .....	50
6.9. Fællesudgifter .....	51
7. ØKONOMIDATA .....	51

	Side
<b>8. UDSKRIFTER</b> .....	<b>53</b>
<b>8.1. Varme- og elproduktion samt brændsels-</b> <b>forbrug</b> .....	<b>54</b>
<b>8.2. Lageranvendelse</b> .....	<b>55</b>
<b>8.3. Økonomi</b> .....	<b>56</b>
<b>9. MODELLENS BEGRÆNSNINGER</b> .....	<b>57</b>

## 1. INDLEDNING

I dansk energiplanlægning prioriteres udnyttelse af lokale energiresourcer højt på grund af hensynet til forsyningssikkerhed og oliefortrængning. Der skal således opføres en lang række anlæg, hvor de enkelte komponenter er baseret på forskellige energiresourcer og derfor har stor indbygget fleksibilitet. Mange af disse anlæg vil være kollektive anlæg i landsbyer og mindre byer, hvori indgår flere forskellige energiteknologier.

El- og varmebehovene samt energiindholdet i de lokale energiresourcer såsom sol og vind varierer kraftigt over tiden. Hvis man ønsker, at energiproduktionen fra et kombineret kollektivt anlæg skal følge tidsvariation i energibehovene på en optimal måde, er det en hjælp ved valg af driftsstrategi og dimensionering at foretage en simulering med korte tidsskridt af anlæggets drift. Ved et antal simuleringer kan man finde frem til en økonomisk optimal dimensionering af de enkelte komponenter i anlægget.

Nærværende rapport beskriver resultatet af et modeludviklingsarbejde for Energistyrelsen.

Projektet har haft til formål at opbygge en simuleringsmodel, der kan gennemregne et kombineret kollektivt energisystems opførsel time for time igennem et år. Også andre størrelser af tidsskridt kan anvendes hvis relevante behovs- og ressourcedata haves. Forskellige sammensætninger af produktionsenheder og deres dimensionering kan således simuleres for at finde frem til det kombinerede anlæg, der har de laveste udgifter, eller som på anden måde findes optimalt.

Modellen er konstrueret således, at den er brugervenlig, d.v.s. at man kan ændre på de tekniske data for de enkelte anlæg samt på styringstrategien, uden at det er nødvendigt at omprogrammere modellen. Endvidere vil programmet give fejludskrifter hvis in-

putdata er skrevet forkert. Hvis nye teknologityper som modellen ikke kender skal inkluderes er det nødvendigt at indbygge en ny subroutine som beskriver den pågældende anlægstype.

De kollektive energisystemer, som modellen kan behandle, er afgrænset til at omfatte kombinerede anlæg, der forsyner en landsby eller mindre by med fjernvarme samt producerer elektricitet, som enten forbruges i byen eller sælges til det ydre elsystem. Kun det varmebehov, der stammer fra huse, der er tilsluttet fjernvarmenettet, er medtaget i modellen.

Efter endt simulering udskriver modellen forskellige tabeller og kurver der beskriver anlæggets drift. Endvidere udskrives økonomiske tabeller for de enkelte komponenter i anlægget samt en tabel for det kombinerede anlæg, hvor også nutidsværdien er beregnet.

Modellen er skrevet i standard Fortran77 og kan derfor overføres til Energistyrelsens regnemaskine. For øjeblikket er modellen implementeret på Risø's Burroughs 7800 regnemaskine.

Rapporten er opbygget således, at den kan anvendes som en brugervejledning. En gennemlæsning skulle sætte læseren i stand til selv at foretage kørsler med programmet. Med dette formål er rapporten opbygget over et testeksempel, der er en kørsel med programmet for et kombineret kollektivt anlæg, der minder om Vester Nebel anlægget. Afsnittene indledes derfor med en beskrivelse af mulige input til modellen. Det skal bemærkes, at de data, der her er anvendt intet har med virkeligheden at gøre.

## 2. MODELSTRUKTUR

Modellens struktur er vist på fig. 2.1.

Til de enkelte elementer i diagrammet kan knyttes følgende kommentarer:

### Behovs- og ressourcedata m.m.

Til simuleringen skal der genereres en datafil (se afsnit 3 og 4) med energibehovsog energiresourcedata med en tidsopløsning svarende til det valgte tidsskridt.

Det drejer sig om:

elbehov  
varmebehov  
vindhastighed  
solindstråling  
lufttemperatur  
temperatur af jord/grundvand/åvand (i tilfælde af at der indgår en varmepumpe af denne type).

I modellen er der p.t. benyttet energiresourcedata gældende for SBI-referenceåret. For el- og varmebehov benyttes samme relative data som i ELSAM's edb-program til simulering af driftsforhold (udvidelsesplan 85 - datagrundlag - ELSAM).

Behovene bør afgrænses således, at kun varmebehovet for de bygninger, der er tilsluttet fjernvarmenettet, medregnes. Hvad der medregnes til elbehovet afhænger af, hvor grænsen til det offentlige net trækkes. Elbehovs-serien kan f.eks. overlejres med en på forhånd ønsket udveksling med det offentlige elnet i de enkelte tidsskridt.



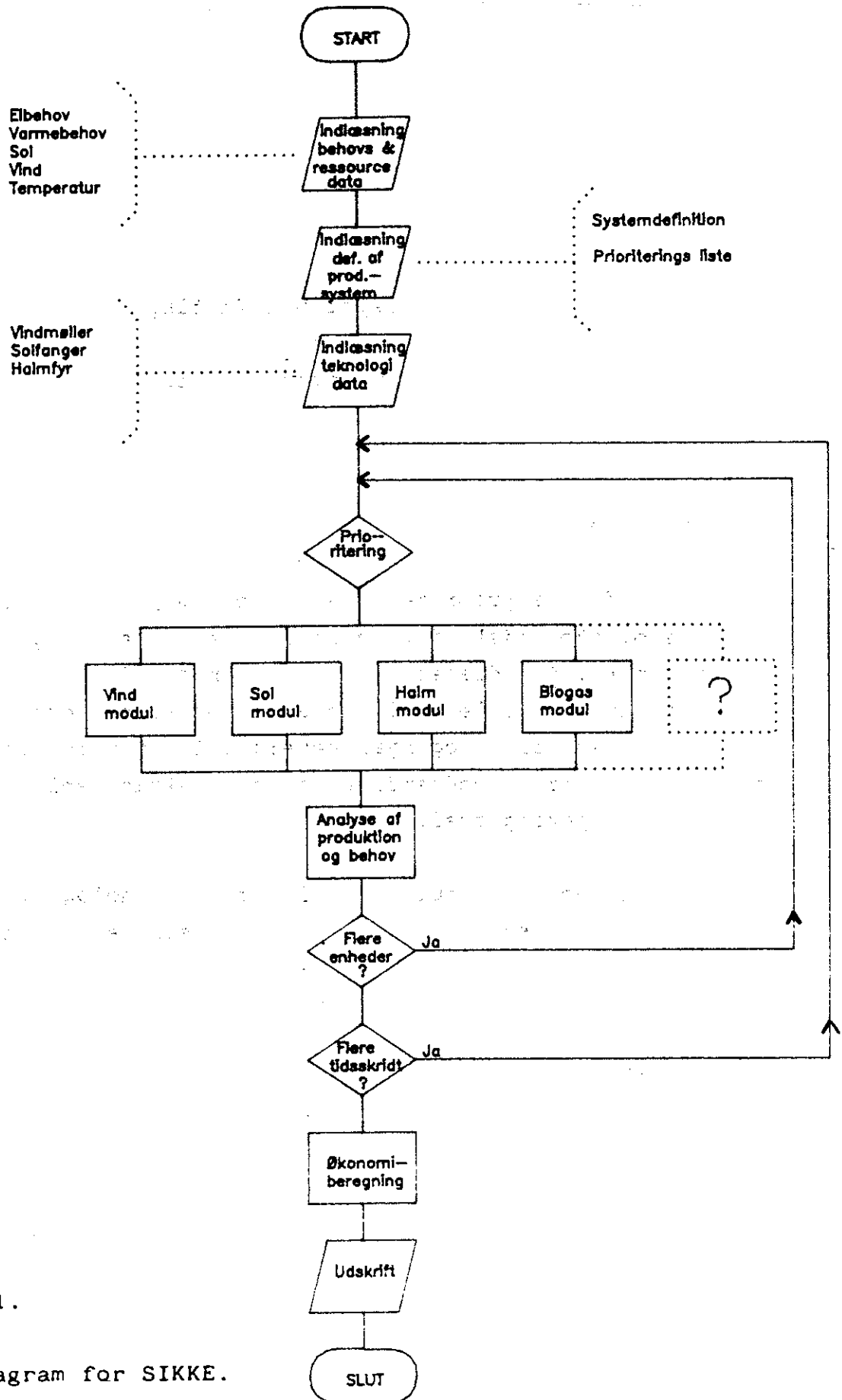


Fig. 2.1.

Modeldiagram for SIKKE.

Simuleringen foretages kun for et år. Der er således ikke taget hensyn til en udvikling i energibehovene år for år.

I økonomimodulet indlæses tidsserier for brændselsprisudviklingen.

### Styringsparametre

Driftsstrategien for energisystemet fastlægges gennem input til modellen (se afsnit 5): en prioriteringsliste for produktionsenhederne samt et logisk styringsudtryk for hver komponent i anlægget.

### Teknologidata

For hvert af de i prioriteringslisten opgivne anlæg skal de tekniske og økonomiske data være angivet i teknologidatafilen (se afsnit 6). Det drejer sig f.eks. om maxeffekt, virkningsgrad (evt. effektkurve), levetid, anlægsinvestering, drifts- og vedligeholdelsesudgifter og hjælpeenergi. I det hele taget alle oplysninger, der er nødvendige for at beskrive anlæggene med den ønskede detaljeringsgrad.

Modellen indeholder moduler for en række teknologityper. Hvert af disse moduler kan igen behandle forskellige komponenter.

Teknologitype	komponenter
Solvarmeanlæg	-
Varmepumpe	Luft/vand varmepumpe
	Jord/vand varmepumpe
	Eldrevet varmepumpe
	Dieseldrevet varmepumpe
Diesलगenerator	Med eller uden varmeproduktion

Kedelanlæg	Oliefyr Gasfyr Kulfyr Halmfyr Flisfyr
Vindmølle	-
Biogasanlæg	Termofilt anlæg Mesofilt anlæg Anaerobt filteranlæg
Varmelager	Vandlager Lager med andre medier
Fjernvarmenet	-

Modellen er så fleksibelt opbygget, at det senere er muligt relativt nemt at tilføje nye moduler.

I hvert modul indgår en matematisk model af produktionsenheden.

For hvert tidsskridt holder modellen styr på, hvor meget der produceres på de enkelte anlæg, køb/salg af elektricitet samt forbrug af energiressourcer.

### Økonomiberegning

Simuleringen foretages for et år. Herefter kendes de årlige brændselsudgifter, driftsudgifter samt indtægter ved salg af elektricitet til det omgivende elnet.

Ved hjælp af den indlæste årlige udvikling for brændselspriser osv., beregnes anlæggets nuværdi. Denne kan herefter sammenlignes med en nuværdi beregnet ved en simulering af driften af et referenceanlæg.

## Udskrifter

Udskriften indeholder en liste over anlæggets produktionsenheder med tilhørende teknologidata samt styringsstrategi.

Af tabeludskriften kan man se, i hvilken udstrækning de enkelte enheder har produceret, samt deres brændselsforbrug. Endelig udskrives de økonomiske beregninger: for hvert år findes brændsels- og driftsudgifter samt investeringer og reinvesteringer. Til sidst beregnes anlæggets nutidsværdi.

### 2.1. Filstruktur

Svarende til modelstrukturen vist i figur 2.1 er der en filstruktur for regnemaskineprogrammet. Denne er vist i figur 2.1.1.

De firkantede kasser svarer til EDB-programmer, heraf er der to. Det ene er selve simuleringsprogrammet SIKKE, der for øjeblikket er på ca. 10000 linier standard Fortran 77. Det lille forprogram VIND konverterer standardvindserien fra SBI-referenceåret ved hjælp af oplysninger om det lokale terræns ruhed samt navhøjden på vindmøllen (se afsnit 4.1).

I de skrå kasser ses navnene på de inputfiler som SIKKE benytter. Indholdet af filerne er nøje beskrevet i de enkelte afsnit af rapporten.

### 2.2. Krav til datamat

Modellen er implementeret på Risø's datamat, en Burroughs B7800, i programmeringssproget FORTRAN 77.

En overflytning til en hvilken som helst anden datamat, som har FORTRAN 77 installeret, er teoretisk mulig. Modellens detailleringsgrad indebærer imidlertid, at der må stilles krav til kapaciteten af en datamat hvorpå SIKKE ønskes in-

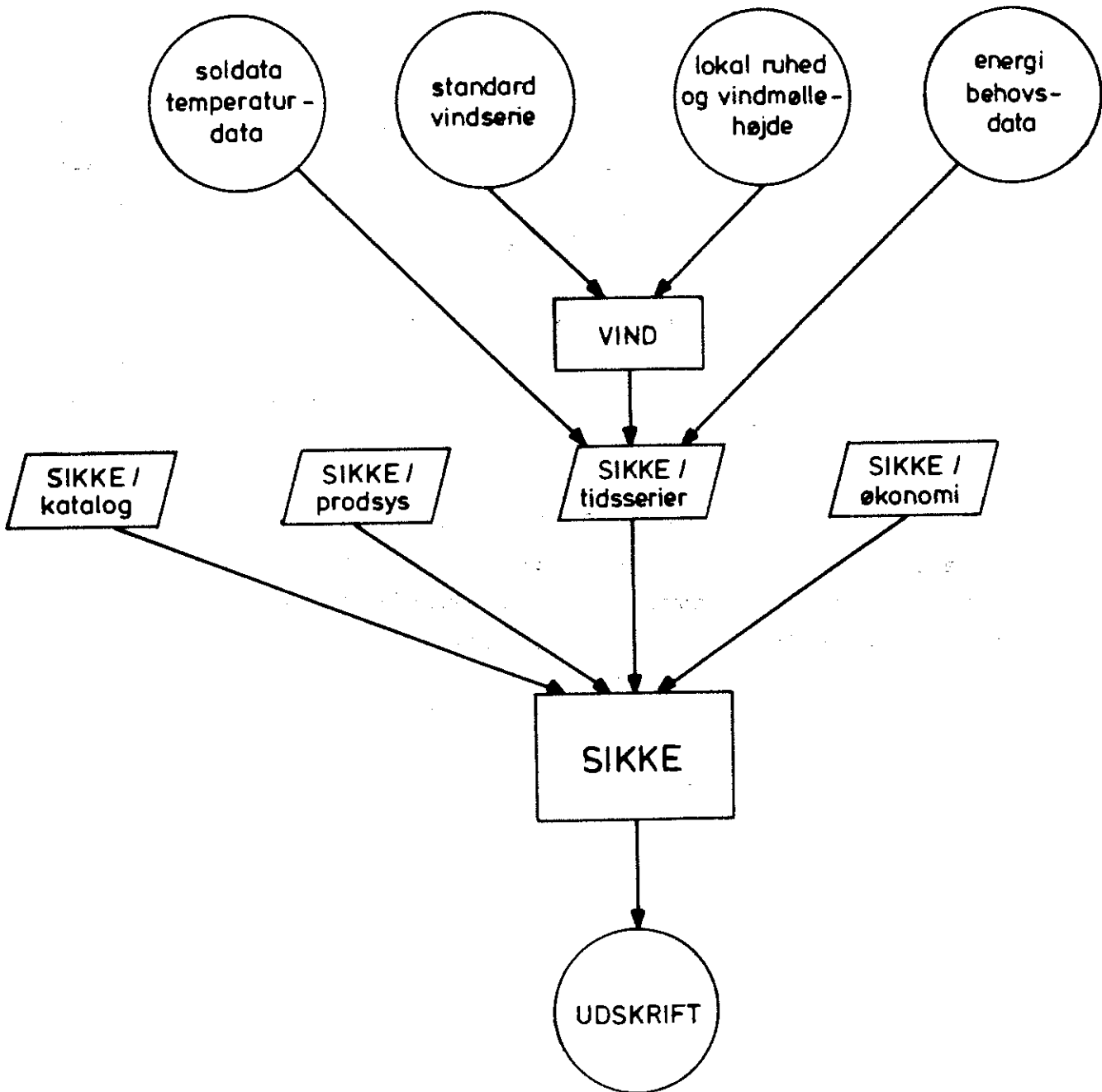


Fig 2.1.1: Filstruktur

stalleret. Kravene kan opdeles i krav om regnehastighed, størrelse af arbejdslager og størrelse af baggrundslager.

Modellen i sig selv stiller ikke krav til regnehastighed, idet køretiden for et typisk problem blot forlænges ved langsommere regnehastighed.

Datamatens regnehastighed, andre brugere, belastningen af datamaten og størrelsen af de problemer, der ønskes løst med modellen, skal indgå i en overvejelse af, hvor lang tid brugeren vil akceptere at vente på resultatet af en simulering. Regnehastigheden for Risø's datamat er ca. 2.5 MFLOPS, ved denne hastighed bruges 2-5 minutters regnetid til en typisk simulering. For at nå frem til den samlede afviklingstid tillægges tid til I/O operationer og eventuel timesharing med andre brugere.

Størrelsen af arbejdslager vil ikke begrænse flytbarheden af modellen, men på grund af de store mængder af inddata og ud-data, der indgår i en typisk kørsel (simulering af 1 år med 1 times tidsskridt), vil krav til størrelsen af baggrundslager kunne gøre installation og brug på en mikrodatamat besværlig.

### 3. ENERGIBEHOVSDATA

'KORT KOPI'  
'VARMEBEHOV'  
'TIDSSKRIDTLÆNGDE' 1 (time)  
'STARTSKRIDT' 1  
'SLUTSKRIDT' 8760  
'BEHOVSKURVE'

-----  
'ELBEHOV'  
'TIDSSKRIDTLÆNGDE' 1 (time)  
'STARTSKRIDT' 1  
'SLUTSKRIDT' 8760  
'BEHOVSKURVE'

De ovenfor anførte linier findes i filen SIKKE/TIDSSERIER (se afsnit 2.1). Alle linier skal starte med en apostrof til forskel fra datalinier.

Udelades 'kort kopi' i første linie udskrives samtlige behovs- og resourcedata. Dette giver en meget lang udskrift hvis perioden er et år.

'VARMEBEHOV' og 'ELBEHOV' angiver naturligvis typen af de efterfølgende data.

'TIDSSKRIDTLÆNGDE' angiver længden af simuleringstidsskridtene målt i timer. Det almindelige vil være at vælge en time.

Værdierne efter 'STARTSKRIDT' og 'SLUTSKRIDT' oplyser programmet for hvilken del af året der indlæses data (dataperiode). I eksemplet er det et år. Efter linie 'BEHOVSKURVE' følger et antal linier med behovsdata. Der skal være mindst lige så mange data som der er tidsskridt mellem startskridt og slutskridt.

Ønsker man f.eks. at simulere et anlæg med tidsskridt længde på 0.5 time, må man således inkludere dobbelt så mange data.

Hvis der foreligger målte værdier for el- og varmebehovet i det lokalområde, hvor det kombinerede kollektive anlæg tænkes opført, kan disse data indsættes i filen, ellers kan de værdier der allerede findes i filen anvendes. Man må være opmærksom på, at behovsdata der stammer fra målinger i et meget stort geografisk område, hvor tidsvariationerne er noget udjævnet, ikke umiddelbart kan anvendes i et mindre lokalområde, hvor tidsvariationerne er større.

De energibehovsdata der ligger til grund for det eksempel, der er beskrevet i nærværende rapport, er hentet fra rapporten: "Udvidelsesplan 85, datagrundlag", ELSAM.

El- og varmebelastningen i en totimers-periode er fundet ved at multiplicere årsmaksimum med to relative værdier, - én, der angiver 14 dages periodes maksimum i forhold til årsmaksimummen, og én, der angiver totimers-belastning i forhold til 14 dages maksimum.

Årsvariationen for varme er baseret på registreringer af døgnmaksimum på Fynsværket for årene 1978, 1981 og 1982, idet de mellemliggende år er skønnet ekstremt i forskellig henseende.

Døgnvariationen er bestemt ud fra data fra Fynsværket og Vestkraft. Der er kun to døgntyper: sommerdøgn og vinterdøgn.

Års- og døgnvariationen for el er baseret på timeværdierne for ELSAM-området fra 1977-1979. Her er fire døgntyper. En uge består af lørdag, søndag, spidshverdag samt 4 standardhverdage.

Entimes-belastningsværdierne i eksemplet er fundet ved interpolation.



#### 4. RESSOURCEDATA

```
'METEOROLOGI'  
'TIDSSKRIDTLAENGDE' 1 (time)  
'STARTSKRIDT' 1  
'SLUTSKRIDT' 8760  
'VINDHASTIGHED'  
'LUFTTEMPERATUR'  
'JORDTEMPERATUR'  
'DIFFUS SOL'  
'SKYDAEKKE'  
'NORMAL SOL'
```

De ovenfor anførte linier følger efter varme- og elbehovsdata i filen SIKKE/TIDSSERIER (se afsnit 2.1). Efter at programmet har mødt linien 'METEOROLOGI' ved det, at de følgende data er af denne karakter. Ligesom for behovsdata opgives 'TIDSSKRIDT LAENGDE', 'STARTSKRIDT' og 'SLUTSKRIDT' i de næste linier. Programmet kræver på nuværende tidspunkt, at disse tre størrelser er ens for behovs- og ressource-data.

Efter hver af de følgende linier skal der være lige så mange data som der er tidsskridt.

Efter 'VINDHASTIGHED' følger vindhastigheder målt i m/s, efter 'LUFTTEMPERATUR' og 'JORDTEMPERATUR' temperaturerne i °C. Solindstrålingsdata for 'DIFFUS SOL' og 'NORMAL SOL' opgives i W/m<sup>2</sup>.

'SKYDAEKKE' opgives som en serie tal i intervallet 0-8.

Hvis man er i besiddelse af ressource-data fra det lokale område hvor anlægget skal stå, kan disse indsættes i filen, ellers kan man benytte de data, der ligger i filen som stammer fra SBI-referenceåret.

Referenceåret består af udeklimadata for et helt år, sammensat af hele typiske måneder. Hver af månederne indeholder for samme

lokalitet registrerede udeklimadata for hver time måneden igennem. Referenceåret giver således tidsmæssigt sammenhørende værdier af vejrparametrene og fremstiller endvidere vejrparametrens naturlige variation året igennem. Det adskiller sig herved fra de almindelige tilgængelige data og er således anvendeligt ved beregninger, hvor mere end en parameter samt det tidsmæssige forløb har indflydelse.

Referenceåret er måned for måned opbygget af registrerede vejrparametre udvalgt blandt 11 års (1959-69) observationer ved Flyvestation Værløse og Højbakkegård i Tåstrup. De enkelte måneder i referenceåret er udvalgt således, at de er typiske, hvad angår månedsgennemsnit og variationer i månedens løb for døgnmiddeltemperatur, døgnmaksimumstemperatur og døgnsum af solintensitet. Yderligere er der ved udvælgelsen taget hensyn til en samlet bedømmelse af et stort antal vejrparametre i forhold til 30 års normalperioden for Danmark. Ud fra disse kriterier er der således valgt den bedst egnede januar måned, februar måned osv.

Det ved denne udvælgelse fremkomne referenceår består af registrerede vejrparametre for hver time i månederne.

januar	1961	maj	1967	september	1965
februar	1964	juni	1961	oktober	1962
marts	1960	juli	1963	november	1964
april	1960	august	1960	december	1961

(Kilde: Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Referenceår. SBI-rapport 89. København 1974).

I den nuværende version af programmet er der ikke mulighed for at angive en tidsvariation af gylle-, halm- og træressourcerne over året.

#### 4.1. Vindhastighed

Til brug for beregning af elproduktionen fra vindmøller skal der anvendes en tidsserie for vindhastigheder. Denne tidsserie skal for det første afspejle vindforholdene energimæssigt for den aktuelle placering af vindmøllen og for den aktuelle møllehøjde (navhøjde). For det andet skal tidsserien indeholde en korrekt repræsentation af vindens fluktuerende natur. Disse to krav opfyldes ved at kombinere metoden beskrevet i Vindatlasset med en transformation af de vindhastigheder, som er opgivet i Referenceåret. De hertil hørende beregninger foretages af et selvstændigt program VIND, som altså ikke er en integreret del af SIKKE-programmet. VIND, som beskrives i det følgende, producerer en tidsserie for vindhastigheder, som direkte kan anvendes af SIKKE. Tidsskridtlængden for den producerede tidsserie er den samme som i input.

De i figur 4.1 skitserede beregninger bygger på samme antagelser, som er gjort i Vindatlasset, nemlig at vindhastigheder er Weibull-fordelte. Denne fordeling er beskrevet med to parametre, A og C. A er en skaleringsparameter, og C er en formparameter. Hvis X er Weibull-fordelt med parametre A og C,  $X \in We(A,C)$ , har X fordelingsfunktion  $F(X)$ , middelværdi  $\langle X \rangle$  og middelmoment  $\langle X^2 \rangle$  givet ved

$$F(X) = 1 - \exp(-(X/A)^C)$$

$$\langle X \rangle = A \cdot \Gamma(1 + 1/C)$$

$$\langle X^2 \rangle = A^2 \cdot \Gamma(1 + 2/C)$$

hvor  $\Gamma$  er gamma-funktionen.

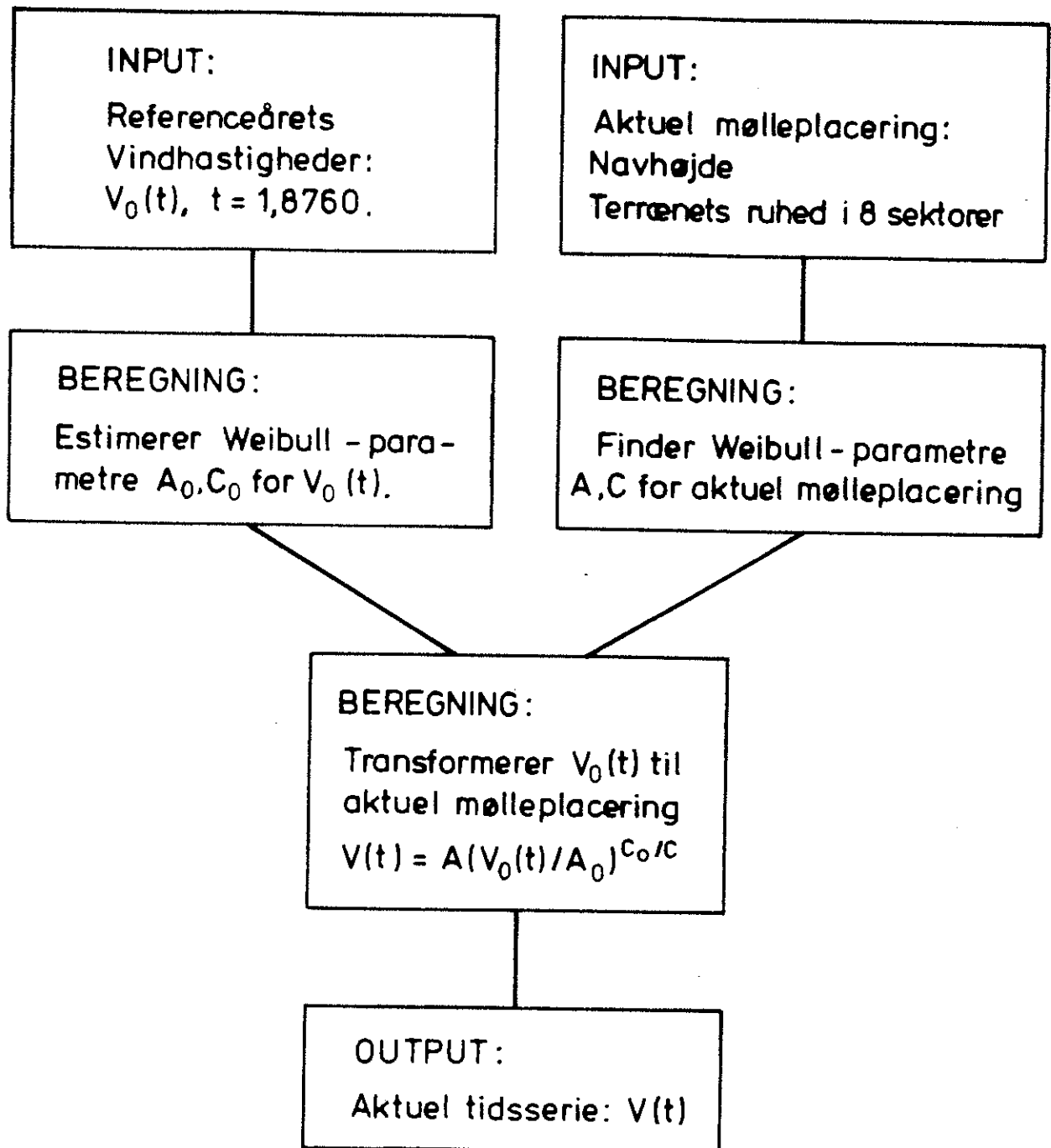


Fig. 4.1: Beregningsgang i programmet VIND.

Beregningerne starter med, at man finder den Weibull-fordeling, som bedst repræsenterer vinddata  $V_0(t)$  fra input. Her ved benyttes momentmetoden, ifølge hvilken man finder den Weibull-fordeling  $We(A_0, C_0)$ , som har samme middelværdi og middelkvadrat som tidsserien  $V_0(t)$ .

Herefter findes som beskrevet i Vindatlasset Weibull-parametrene  $A$  og  $C$  for vindhastigheden ved den aktuelle vindmølleplacering og navnhøjde. Placeringen beskrives ved terrænets ruhed i 8 45-graders sektorer set ud fra vindmøllen.

Endelig beregnes den aktuelle tidsserie  $V(t)$  ved transformation af  $V_0(t)$ :

$$V(t) = A \cdot (V_0(t)/A_0)^{C_0/C}$$

Dette udtryk er fremkommet ved at sætte følgende to udtryk lig hinanden:

$$F(V) = 1 - \exp(-(V/A)^C)$$
$$F_0(V_0) = 1 - \exp(-V_0/A_0)^{C_0}.$$

Grafisk er dette beskrevet i fig. 4.2.

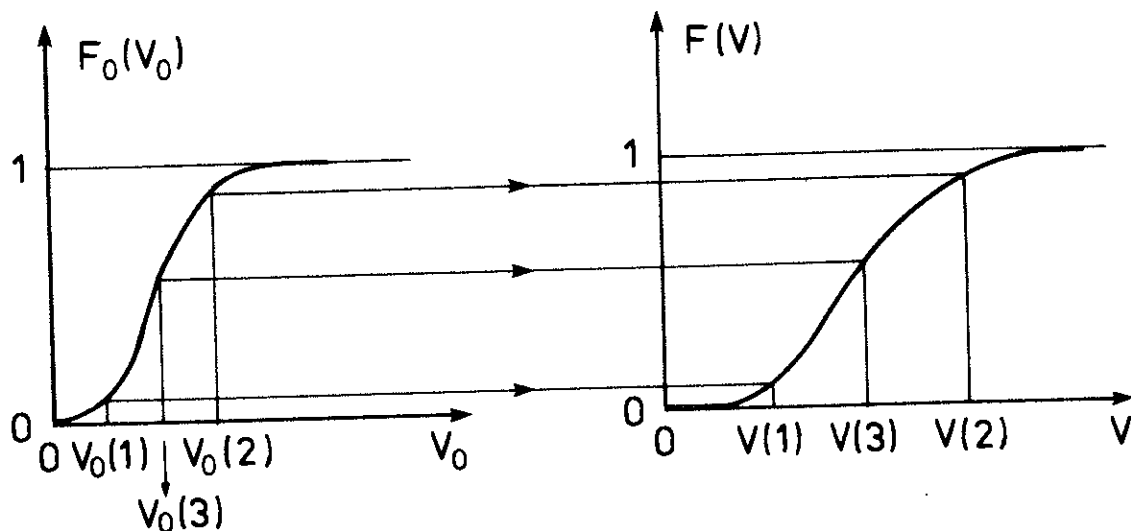


Fig. 4.2: Grafisk konstruktion af  $V(t)$ .

#### 4.2. Solindstråling

Globalstrålingen på en vandret flade er målt hver time ved Højbakkegård i Tåstrup. Til brug i referenceåret er der beregnet en fordeling af denne globalstråling på normalstråling og diffus himmelstråling på grundlag af skyobservationerne ved Flyvestation Værløse. En beskrivelse af denne fordeling findes i Hans Lund: "Diffus og direkte stråling i skyet vejr". Intern rapport 3.9.1973, Lab. for Varmeisolering, DtH.

I referenceåret er angivet timeværdierne (i  $W/m^2$ ) for globalstråling, normalstråling og diffus himmelstråling.

Der kan optræde uoverensstemmelser mellem den beregnede normalstråling, angivelse af skydækket og døgnets samlede antal solskinstimer, da disse hidrører fra forskellige geografiske placeringer.

For perioder, hvor registrering mangler, er indsat værdier for totalstrålingen beregnet ud fra skyobservationer i Værløse (det drejer sig om fire perioder á 3-48 timer på dage med skyet vejr).

Til beregning af solindstråling på en given solfangerplan bruges følgende input til SIKKE (se afsnit 6.1 om solvarmeanlæg):

#### Input

ALFA: solfangerhældning, solfangerplan i forhold til vandret  
BETA: orientering ( $0^\circ$ :S,  $-90^\circ$ :Ø,  $90^\circ$ :V,  $\pm 180^\circ$ :N).

Som beskrevet i afsnit 4. Følgende tre tidsserier:

IDIFV: diffus stråling på vandret plan ('DIFFUS SOL')  
N(TS): skydække ('SKYDAEKKE')  
IDIR : direkte sol i plan vinkelret på solstrålen ('NORMAL SOL')

Følgende parametre ligger som data-statements i programmet:

B : breddegrad  
LA : aktuel længdegrad (Roskilde: LA = 12°)  
LO : længdegrad, hvor klokketiden svarer til sand soltid  
(Danmark: LO = 15°)  
PHI : vendekreds 23.45°  
TMIDS: tidspunkt for midsommer (timer) 4170 timer  
DTAR : årets længde (i timer) 8760 timer

### Output

Den totale indstråling på solfangerplanet findes som summen af den direkte og den diffuse indstråling:

$$ITOT = IDIRS + IDIFS$$

a) IDIRS = direkte solstråling på solfangerplanet (se fig. 4.2.1).

Sand tid :  $TH = TO + 24. * (LA-LO)/360$   
Timevinkel :  $T = 360. * (TH - 12.)/24$   
Årvinkel :  $DELTA = 360. * (TAAR - TMIDS)/DTAAR$   
Deklination:  $D = \text{asin}(\cos(DELTA) * \sin(PHI))$

projektion af solstrålens retningsvektor ind på akserne i ortogonalt koordinatsystem (se fig. 4.2.1):

$R1 = -\cos(B) * \sin(D) + \sin(B) * \cos(D) * \cos(T)$   
 $R2 = \cos(D) * \sin(T)$   
 $R3 = \sin(B) * \sin(D) + \cos(B) * \cos(D) * \cos(T)$

projektion af solfangerens normalvektor ind på akserne i ortogonalt koordinatsystem (se fig. 4.2.1).

$RS1 = \sin(ALFA) * \cos(BETA)$   
 $RS2 = \sin(ALFA) * \sin(BETA)$   
 $RS3 = \cos(ALFA)$

Den direkte strålings indfaldsvinkel (I) på solfangerplanen:

$$\cos(I) = RS1 * R1 + RS2 * R2 + RS3 * R3$$

Den direkte stråling på solfangerplanen:

$$IDIRS = IDIR * \cos(I)$$

b) IDIFS = diffus stråling på solfangerplanet.

Forholdet FI mellem diffus himmelstråling på lodret og på vandret plan beskrives ud fra måleresultater med følgende tilnærmede formel. (Se p. 58, solindfald og solvarmeanlæg - målt og beregnet, H. Lawaetz, Lab. for varmeisolering, meddelelse 106, okt. 1980).

$$FI = \begin{cases} 0.54 & \text{for } \cos(I) < -0.2 \\ 0.65 + 0.5 * \cos(I) + 0.2 * (\cos(I))^2 & \text{for } \cos(I) > -0.2 \end{cases}$$

hvor I er indfaldsvinklen for den direkte stråling på solfangerplanen (beregnet i afsnit a).

FI skal korrigeres for skydækket; korrektionen bestemmes ved

$$FN = 1 - N(TS)/16,$$

hvor N(TS) angiver skydækket (0-8) i det aktuelle tidsskridt.

Forholdet mellem diffus stråling på solfangerplanen og diffus stråling på vandret plan er da:

$$\begin{aligned} RD &= IDIFS/IDIFV \\ &= FI * FN * (1 - \cos(ALFA)) + \cos(ALFA) \end{aligned}$$

Heraf fås den diffuse stråling på solfangerplanen:

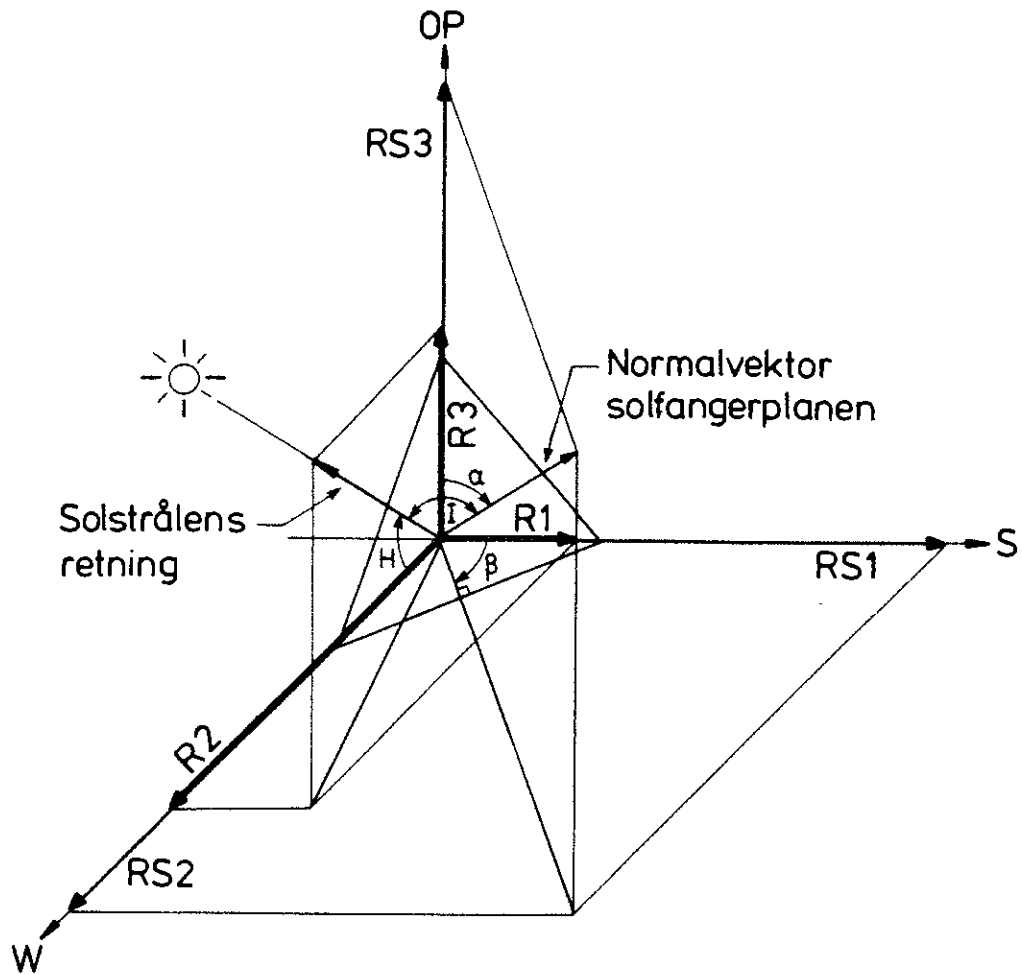
$$IDIFS = RD * IDIFV$$



c) total stråling

Den totale indstråling på solfangerplanen findes nu som

$$ITOT = IDIRS + IDIFS$$



I: direkte strålings indfaldsvinkel på solfangerplanen

$$\cos(I) = \begin{pmatrix} RS1 \\ RS2 \\ RS3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} R1 \\ R2 \\ R3 \end{pmatrix}$$

$$\cos(I) = RS1 \times R1 + RS2 \times R2 + RS3 \times R3$$

Altså: IDIRS = IDIR x cos(I)

Fig. 4.2.1. Beregning af solindstråling.

## 5. STYRINGSSTRATEGI

### 5.1. Definition af system og styringsstrategi

Målet har været at skabe et brugervenligt program, således at en ændret styringsstrategi ikke nødvendiggør en programændring, men blot kræver en ændring i input til programmet.

I styringsstrategien anføres oplysninger, der er knyttet til en given kørsel. Filen opstilles som vist nedenfor. Punkterne 1-12 beskriver systemet, hvor de enkelte komponenter tildeles et kodenavn som benyttes i styringsstrategien eksemplificeret i punkterne 13-19.

1.	'KØRSELSNAVN'	'FORSØGSANLAEG'		
2.	'UDSKRIFT'	'DETALJERET'		
	eller			
	'UDSKRIFT'	'INPUT CHECK'		
3.	'NQJAGTIGHED'	'ABSOLUT'	500E-5	(kw)
	eller			
	'NQJAGTIGHED'	'RELATIV'	1E-5	
	eller			
	'NQJAGTIGHED'	'MAX.ITER'	18	
4.	'TIDSSKRIDTLAENGDE'		1	(h)
5.	'STARTSKRIDT'		1	
6.	'SLUTSKRIDT'		8760	
7.	'NORMERING'	'ELBEHOV'	'SIMULERINGSPERIODE'	'MAX.EFFEKT' 400
			'DATAPERIODE'	'ENERGI' 10E6
				'FAKTOR' 3
8.	'NORMERING'	'VARMEBEHOV'	'SIMULERINGSPERIODE'	'MAX.EFFEKT' 500
			'DATAPERIODE'	'ENERGI'
				'FAKTOR'

9.	'FJERNVARMENET'	'NORMALT'	'FJVAM'	
10.	'VINDMØLLE'	'BONUS 55/11 KW'	'VMQL1'	
11.	'VINDMØLLE'	'BONUS 55/11 KW'	'VMQL2'	
12.	'SOLVARMELANLÆG'	'VN300'	'SOL1'	
13.	'VARMEPUMPE'	'LUFT, FORBR., SIMPEL'	'VARP1'	
14.	'KEDELANLÆG'	'HALMFYR 200 KW '	'HALM1'	
15.	'KEDELANLÆG'	'GASOLIEFYR 560 KW'	'OLIE1'	
16.	'VARMELAGER'	'VANDLAGER'	'LAGE1'	
17.	'FAELLESUDGIFTER'	'GENERELT'	'NON'	
18.	'STRATEGI'	'VMQL1'	'A = T;'	
19.	'STRATEGI'	'VMQL2'	'B = T;'	
20.	'STRATEGI'	'SOL1'	'S = T;'	
21.	'STRATEGI'	'LAGE1'	'L1 = Q+Q2;'	'UD'
22.	'STRATEGI'	'HALM1'	'C = Q;'	
23.	'STRATEGI'	'VARP1'	'V = Q;'	
24.	'SKIP'	'IF'	'S1 = L1 + - Q;'	
25.	'STRATEGI'	'LAGE1'	'L2 = Q;'	'UD'
26.	'SKIP'	'IF'	'S2 = L1 + L2;'	
27.	'STRATEGI'	'LAGE1'	'L3 = - Q;'	'IND'
28.	'STRATEGI'	'OLIE1'	'D = Q;'	

I det følgende gennemgås betydningen af de enkelte linier:

- 1: angiver kørslens navn; dette vælges frit,
- 2: angiver ønske om detaljeret output, dvs. værdierne i behovs- og resultatfiler udskrives for hvert tidsskridt i den simulerede periode; eller input check, som forårsager, at kørslen afbrydes efter indlæsning af data. I produktionskørsler bør linien udelades,
- 3: angiver hvor nøjagtigt brugeren ønsker den simulerede el- og varmeproduktion i forhold til de angivne behov i det enkelte tidsskridt. Efter 'ABSOLUT' anføres den maximale, tilladte afvigelse i kWh mellem  $\max \{ \text{elbehov, varmebehov} \}$  og den tilsvarende produktion.  
Efter 'RELATIV' anføres den tilsvarende relative afvigelse. Den tilladte absolutte eller relative afvigelse bruger programmet til at bestemme det nødvendige antal iterationer i simuleringsrutinen. 'MAX.ITER' angiver det maksimale antal iterationer i simuleringsrutinen. Hvis 'NØJAGTIGHED' ikke specificeres fås 20 iterationer, svarende til en nøjagtighed på  $3.8 \text{ E-6}$ ,
- 4: angiver længden (i timer) af tidsskridtene i simuleringen. Det skal bemærkes, at dataserierne i behovs- og ressourc-datafiler skal have samme tidsskridtlængde, som man ønsker at anvende i simuleringen,
- 5: angiver starttidsskridt for simuleringsperioden se fig. 5.1.1 + 5.1.2,
- 6: angiver sluttidsskridt for simuleringsperioden se fig. 5.1.2 + 5.1.2.

Fig. 5.1.1.

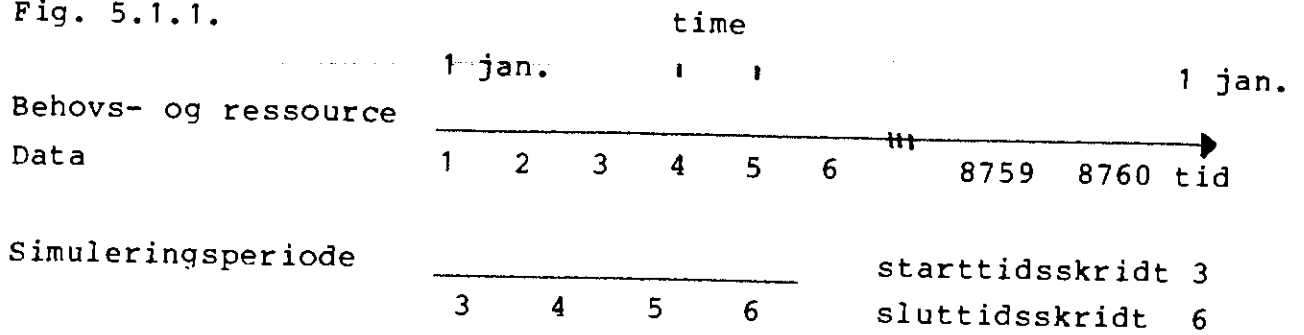
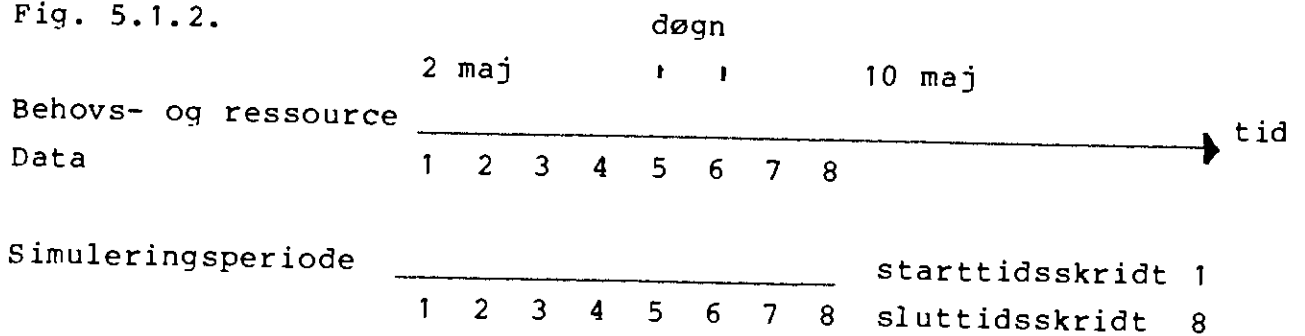


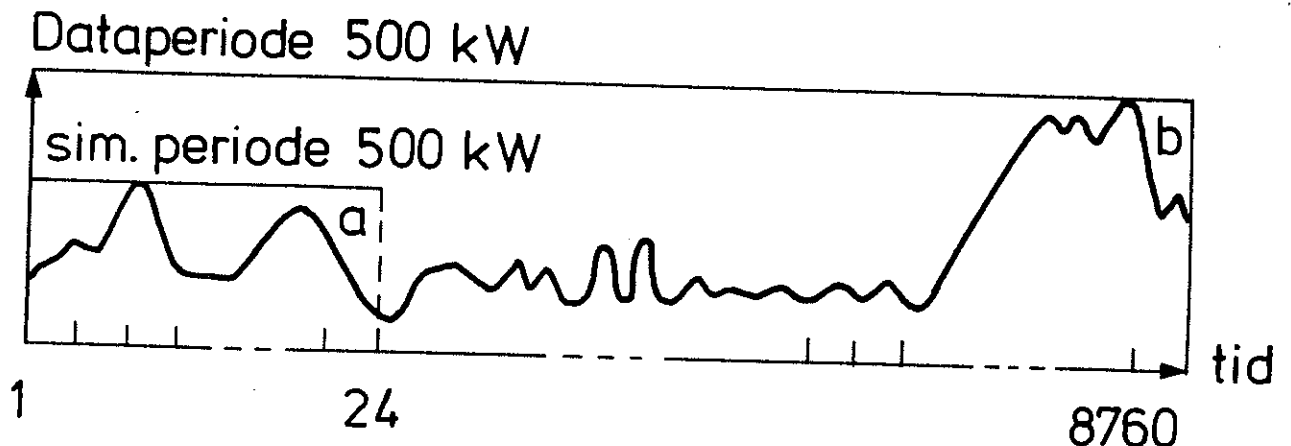
Fig. 5.1.2.



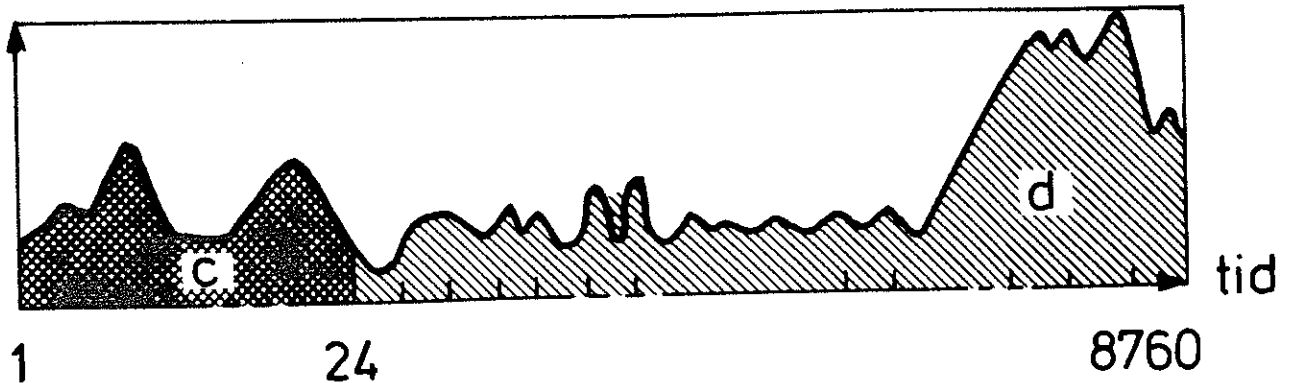
- 7: angiver skalering af elbehov. I den nuværende behovsdatafil er givet en serie elbehov med tidsskridt 1 time. Det totale elbehov summeret over året er  $10^7$  kWh. Den givne tidsserie kan skaleres således:
- 'FAKTOR': samtlige behovsdata ganges med den angivne faktor.
  - 'MAX.EFFEKT': den største effekt tillægges den anførte værdi, og skaleringsfaktoren bestemmes heraf.
  - 'ENERGI': den samlede energi tillægges den anførte værdi, og skaleringsfaktoren bestemmes heraf.



Eks: Simuleringsperiode 24 tidsskridt á 1 time. Dataperiode 1 år = 8760 timer.

- a) 'NORMERING' 'ELBEHOV' 'SIMULERINGSPERIODE' 'MAX.EFFEKT' 500
- b) 'NORMERING' 'ELBEHOV' 'DATAPERIODE' 'MAX.EFFEKT' 500



- c) 'NORMERING' 'ELBEHOV' 'SIMULERINGSPERIODE' 'ENERGI' 10E6  
d) 'NORMERING' 'ELBEHOV' 'DATAPERIODE' 'ENERGI' 10E6



Skraverterede areal c  hhv. d  er  $10^7$  kWh

- 8: tilsvarende skaleres varmebehovet ud fra behovsdatafilen.  
9-17: på disse linier er angivet de produktionsteknologier, brugeren ønsker i sit energianlæg. Her er givet fire teknologier, men brugeren kan anføre så mange, som hun/han ønsker (jvf. afsnit 6 om teknologidata).  
Første og anden tekststreng svarer til type hhv. identifikation for den givne teknologi i teknologidatafilen. Tredje tekststreng (længden kan vælges frit) angiver en kode for det enkelte anlæg; hvis der således optræder tre varmepumper (heraf to ens) i systemet angives dette således:

'VARMEPUMPE'	'VQLUND'	'VARP1'
'VARMEPUMPE'	'VQLUND'	'VARP2'
'VARMEPUMPE'	'TRANE'	'VARP3'

I den efterfølgende strategi refereres til koderne for de specifikke anlæg, altså, 'VARP1', 'VARP2', 'VARP3'.

Det skal bemærkes, at der kun må forekomme ét fjernvarmenet og ét biogaslager.

- 18-28: disse linier angiver betingelserne for, at de nævnte anlæg producerer (fjernvarmenet og biogaslager må ikke optræde her).

Første tekststreng er enten 'STRATEGI', som angiver, at tredje tekststreng er et logisk udtryk, der beskriver en driftsbetingelse for den givne teknologi, eller første tekststreng er 'SKIP', som angiver, at tredje tekststreng er et logisk udtryk, der fortæller om næste linie skal springes over.

Programmet tillader, at der anføres to 'SKIP'-linier umiddelbart efter hinanden, men det vil ofte være mere hensigtsmæssigt at omforme betingelsen for 'SKIP-ordren' og så nøjes med én linie. Når det logiske udtryk har værdien .TRUE. overspringes evalueringen af den efterfølgende 'STRATEGI' - eller 'SKIP'-linie.

Anden tekststreng er enten koden for et energiproducerende anlæg (f.eks. 'VARP1') eller 'IF' i 'SKIP'-linierne.

Tredje tekststreng er som nævnt et logisk udtryk. I afsnit 5.2 findes en liste over reserverede logiske variable. En logisk variabel kan bestå af et bogstav eller et bogstav efterfulgt af et ciffer; de logiske udtryk opstilles efter den sædvanlige boolske algebra med operatorerne AND = \*, OR = + og NOT = -; hvert udtryk afsluttes med ;. Det er endvidere muligt at anvende parenteser.

Simuleringen foregår tidsskridt for tidsskridt. For et givet tidsskridt beregnes produktionen på de enkelte produktionsenheder i den rækkefølge, som er angivet ved 'STRATEGI'-linierne.

For hvert tidsskridt og hver 'STRATEGI'- og 'SKIP'-linie evalueres det logiske udtryk, og variabelen på venstre side tildeles denne værdi. Hvis den pågældende linie skal overspringes (fordi det logiske udtryk i en forestående 'SKIP'-linie er .TRUE.), foretages ingen evaluering, idet variabelen på venstre side umiddelbart tillægges værdien .FALSE.

Hvis den betragtede linie er en 'STRATEGI'-linie, skal pro-



duktionen på den pågældende enhed findes. Når venstre-side variabelen har fået værdien `.FALSE.`, sættes produktionen til nul. Når venstre side variabelen derimod har fået værdien `.TRUE.`, øges produktionen, indtil det logiske udtryk på højre side netop skifter fra værdien `.TRUE.` til `.FALSE.` Det bemærkes, at værdien af venstre-side variabelen ikke ændres - den er stadig `.TRUE.`. Angående nøjagtigheden ved denne beregning henvises til punkt 3 ovenfor.

Ved lagerenheder forekommer en fjerde tekststreng 'UD' eller 'IND' som angiver, om lageret tappes eller fyldes.

Ved indlæsning af det logiske udtryk checkes, om der på venstresiden optræder et af de reserverede variabelnavne, hvilket ikke er tilladt, samt om anden eller tredje karakter er '='. Hvis en teknologi forekommer flere gange med samme "anden tekststreng" (fordi man ønsker at foretage en genberegning), kan man efter eget valg anvende samme eller forskellige venstre-side variable, hvor teknologien forekommer. Endvidere kontrolleres udtrykkets syntaks, dvs. at der kun forekommer de tilladte tegn og lige mange højre- og venstreparenteser.

Det logiske udtryks indhold samt følgen af udtrykkene er ganske på brugerens ansvar.

## 5.2. Liste over reserverede variabel-navne i styringsstrategi

F = `.FALSE.`

T = `.TRUE.`

L = `.TRUE.`, hvis der er ubenyttet varmelagringsmulighed

G = `.TRUE.`, hvis der er biogas i biogaslageret

P = `.TRUE.`, hvis der er et udækket elbehov

P1 = `.TRUE.`, hvis det udækkede elbehov er større end den givne teknologis tekniske minimumsproduktion.

P2 = `.TRUE.`, hvis det udækkede elbehov er mindre end den givne teknologis tekniske maximumsproduktion.

- Q = .TRUE., hvis der er et udækket varmebehov.  
Q1 = .TRUE., hvis det udækkede varmebehov er større end den givne teknologis tekniske minimumsproduktion.  
Q2 = .TRUE., hvis det udækkede varmebehov er mindre end den givne teknologis tekniske maximumsproduktion.

### 5.3. Liste over standardnavne på brændsel

I teknologidatafilen er følgende navne på brændsel tilladt:

'GASOLIE'  
'DIESELOLIE'  
'ELKUL'(kul til kraftværker)  
'KUL' (kul til f.eks. fjernvarmeværker)  
'HALM'  
'TRAEFLIS'  
'GYLLE'  
'BIOGAS'  
'NATURGAS'

## 6. TEKNOLOGIDATA

For hvert af de i prioritetslisten opgivne anlæg skal de tekniske og økonomiske data være angivet i teknologidatafilen. En oversigt over de eksisterende teknologier findes i afsnit 2.

### 6.1. Solvarmeanlæg

1. 'SOLVARMEANLAEG'				
2. 'ID' 'VN300'				SLID(NSL)
3. 'INVESTERING'	300000, 1, 20	kr, år, år		SLINV(NSL,1)
4. 'DRIFT'	4500	kr/år		SLDRIF(NSL)
5. 'AREAL'	300	m <sup>2</sup>		SLAR(NSL)
6. 'ORIENTERING'	90	°C		SLBET(NSL)
7. 'HAELDNING'	30	°C		SLALF(NSL)
8. 'VARMEFYLDE'	3890	J/kg/°C		SLCP(NSL)
9. 'VAEDSKESTRØM'	0.033	kg/s		SLM(NSL)
10. 'K1'	0.88			SLK(1)
11. 'K2'	3.7			SLK(2)
12. 'K3'	0.013			SLK(3)
13. 'HJÆLPEENERGI'	0.0	kW <sub>e</sub> , kW <sub>e</sub> /kW <sub>v</sub>		SLHJE(1), SLHJE(2)

Forklaring til input (numrene henviser til listen ovenfor):

- 1: angiver, at følgende data omhandler solvarmeanlæg
- 2: solfangeranlæggets type
- 3: investering, investeringsår samt levetid (maksimalt 10 investeringer)
- 4: årlige driftsomkostninger
- 5: solfangerens areal
- 6: solfangerens orientering: S:0°, Ø:90°, V:+90°, N: ± 180°
- 7: solfangerens hældning: vandret: 0°, lodret: 90°
- 8: varmemediets varmfylde, se endvidere tabellen
- 9: vædskestrøm i solfanger
- 10: )
- 11: ) konstanter fra solfangerligningen, se datablad
- 12: )

### 13: Hjelpeenergi til pumper mv.

En yderligere forklaring til nogle af parametrene kan findes i afsnit 4.2 om solindstråling.

Værdierne for konstanterne K1, K2, K3 hentes fra databladet svarende til solfangertypen (her 'EM-SOL-TI') fra Prøvestationen for Solvarmeanlæg. Herfra fås endvidere oplysning om varmemediets type samt vædskens gennemstrømningshastighed. Sådanne datablade er udarbejdet for en lang række solvarmeanlæg.

I det viste tilfælde er varmemediet en opløsning af propylenglycol i vand. Nedenfor gives en oversigt over almindelige anvendte vædske og deres varmfylde:

Medium	Varmefylde c	
	J/(kg °C)	Cal/(g °C)
Vand	4180	1
Vand m. ethylenglycol	3770 (28 vol%)	0.90
Vand m. propylenglycol	3890 (30 vol%)	0.93
Tynd olie	2000	0.48

Varmefylden vil være afhængig af opløsningens koncentration, ovennævnte værdier afviger dog mindre end  $\pm 5\%$ , såfremt koncentrationen ligger mellem 10 vol% og 60 vol%.

For alle afprøvninger gives solfangerligningen på formen

$$\eta = K1 - K2 ((TM-TOMG)/I) - K3 ((TM-TOMG)^2/I)$$

hvor  $\eta$  betegner effektiviteten og TOMG omgivelsernes temperatur. Middeltemperaturen af solfangerens absorber antages at være  $TM = 1/2 * (TU + TIND)$ , hvor TU er udløbstemperaturen.

Subroutinen PSL beregner solvarmeanlæggets energiproduktion.

For det givne tidsskridt beregnes solindfaldet (se afsnit 4.2).

På grund af varmeveksleren mellem fjernvarmevandet og varmemediumet i solfangeren sættes varmemediumets temperatur ved udløb til

$$TIND = FJTEMP - 2^{\circ}.$$

TM og  $\eta$  findes ved iteration i subroutinen DRIFT.

Når  $TM < TIND$  lukker solfangeren, og temperaturfaldet på grund af varmeudstråling til omgivelserne beregnes i subroutinen TAB.

I subroutinen TAB er indsat DATA-statements med værdier for den totale varmetabskoefficient  $UL = 8 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  samt for den effektive varmekapacitet  $MCE = 15 \text{ kJ/}^{\circ}\text{C/m}^2$ . Disse værdier er i flg. H. Lawaetz: "Solindfald og solvarmeanlæg målt og beregnet". Lab. for Varmeisolering (DtH, 1980), typiske for danske solfangere. Værdierne kan evt. ændres i subroutinen.

Absorbertyemperaturen antages da eksponentielt at nærme sig omgivelsestemperaturen:

$$TMNEW = TOMG + I/UL - (TOMG + I/UL - TMOLD) * \\ \text{EXP} [ - (UL * TSL * 3600)/MCE ]$$

hvor TSL angiver tidsskridtlængden.

## 6.2. Varmepumper

En varmepumpe beskrives ved en række data som vist herefter.  
Forklaring til de enkelte data bringes senere.

			Enhed	Variabel: <sup>1)</sup>
1.	'VARMEPUMPE'			
2.	'ID'	'NAVN'		
3.	'INVESTERING'		400000., 1, 20	KR, År, År
4.	'DRIFT'		20000.	KR/År
5.	'EFFEKTIVITET'	'CARNOT'	0.6	$\epsilon_C$
6.	'VARMEKAPACITET'	'VARM SIDE'	15.	$C_K$
7.	'KILDE'	'LUFT'	eller 'KILDE'	'JORD'
8.	'MODEL'	'SIMPEL'	eller 'MODEL'	'DETALJERET'
9.	'MOTOR'	'EL'	eller 'MOTOR'	'FORBRAENDING'
Hvis 'MODEL' 'SIMPEL':				
10.	'DT'	'KONDENSATOR'	5.	$^{\circ}C$ $\theta_2$
11.	'DT'	'FORDAMPER'	5.	$^{\circ}C$ $\theta_3$
Hvis 'MODEL' 'DETALJERET':				
12.	'K·A'	'KONDENSATOR'	15.	$KW/^{\circ}C$ $(kA)_K$
13.	'K·A'	'FORDAMPER'	15.	$KW/^{\circ}C$ $(kA)_F$
14.	'VARMEKAPACITET'	'KOLD SIDE'	15.	$KW/^{\circ}C$ $C_F$
Hvis 'MOTOR' 'EL':				
15.	'EFFEKTIVITET'	'MOTOR'	0.95	$\eta_M$
16.	'MAX.AKSELEFFEKT'		80.	KW
Hvis 'MOTOR' 'FORBRAENDING':				
17.	'EFFEKTIVITET'	'SPILDVARME'	0.8	$\eta_A$
18.	'BRAENDSELSTYPER'	'DIESELLOLIE'		
19.	'START, STEP, STOP'		0, 20, 80	KW
20.	'BRAENDSELSFORBRUG'		272., 395., 544., 736., 995.	MJ/H

1): Se den senere variabelliste.

Førend de enkelte data forklares, bringes en beskrivelse af, hvorledes varmepumpen er modelleret. Figur 6.1 viser skematisk opbygningen: En motor (elmotor eller forbrændingsmotor) trækker en kompressor, der driver arbejdsmediet rundt i det lukkede kredsløb bestående af kompressor, kondensator, ekspansionsventil og fordamper. I fordamperen optager mediet varmeenergi fra varmekilden, som kan være luft, eller for en jord/vand-varmepumpe den brine, som pumpes rundt i jordslangerne. I kondensatoren afgives til fjernvarmevandet den i fordamperen optagne energi samt den energi kompressoren har tilført arbejdsmediet.

Herudover kan fjernvarmevandet eventuelt yderligere tilføres en del af spildvarmen fra motoren (forbrændingsmotor).

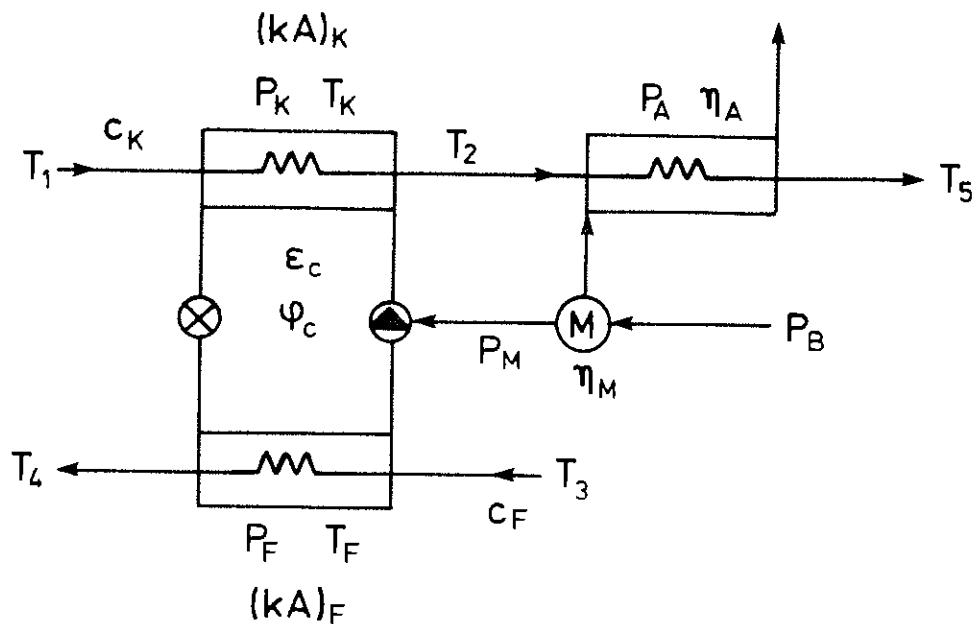


Fig. 6.1: Varmepumpe.

De i fig. 6.1 og i det følgende benyttede variable er:

$P_B$	Brændselseffekt eller eleffekt.
$P_M$	Akseleffekt.
$P_F$	Effekt overført i fordamperen.
$P_K$	Effekt overført i kondensatoren.
$P_A$	Udnyttet spildvarmeeffekt.
$P_T$	Total effekt tilført fjernvarmevandet.
$\eta_M$	Motorens virkningsgrad i driftspunktet.
$\eta_A$	Virkningsgrad af spildvarmeveksleren.
$T_1$	Fjernvarmevandets temperatur ved indløb.
$T_2$	Fjernvarmevandets temperatur mellem den egentlige varme- pumpe og spildvarme-veksleren.
$T_3$	Varmekildens temperatur ved indløb.
$T_4$	Varmekildens temperatur ved udløb.
$T_5$	Fjernvarmevandets temperatur ved udløb.
$T_K$	Effektiv kondenseringstemperatur (arbejdsmediet).
$T_F$	Effektiv fordampningstemperatur (arbejdsmediet).
$(kA)_K$	Varmetransmissionsevne ( $kW/^\circ C$ ) for kondensatoren.
$(kA)_F$	Varmetransmissionsevne ( $kW/^\circ C$ ) for fordamperen.
$c_K$	Varmekapacitet ( $kW/^\circ C$ ) for fjernvarmevandet.
$c_F$	Varmekapacitet ( $kW/^\circ C$ ) for varmekilden.
$\epsilon_C$	Carnot-effektivitet (se de følgende formler).
$\phi_C$	Teoretisk Carnot-faktor (se de følgende formler).
$\theta_1 =$	$T_K - T_1$
$\theta_2 =$	$T_K - T_2$
$\theta_3 =$	$T_3 - T_F$

Umiddelbart kan opstilles følgende formler:

$$\begin{aligned}P_K &= P_M + P_F = \epsilon_C \cdot \phi_C \cdot \eta_M \cdot P_B = c_K \cdot (T_2 - T_1) \\P_F &= c_F \cdot (T_3 - T_4) \\P_A &= \eta_A \cdot (1 - \eta_M) \cdot P_B = c_K \cdot (T_5 - T_2) \\P_M &= \eta_M \cdot P_B \\P_T &= P_K + P_A = c_K \cdot (T_5 - T_1) \\\phi_C &= T_K / (T_K - T_F)\end{aligned}$$

I den sidste formel skal temperaturene være målt i Kelvin.



Hvis varmepumpen drives af en forbrændingsmotor, afhænger  $\eta_M$  af  $P_B$ , hvorimod  $\eta_M$  er konstant for en elmotor. I situationen med en elmotor er der ikke mulighed for at udnytte spildvarmen, d.v.s. det antages, at  $\eta_A = 0$ .

Der er i SIKKE indeholdt to varmepumpemodeller, en simpel og en detaljeret. Forskellen mellem disse modeller ligger i beskrivelsen af temperaturforskellene mellem arbejdsmediet og de 2 "ydre" medier. I den simple model specificeres i input temperaturforskellene  $\theta_2 = T_K - T_2$  og  $\theta_3 = T_3 - T_F$ , mens man i den detaljerede model specificerer  $(kA)_K$  og  $(kA)_F$  og dernæst udnytter følgende sammenhænge:

$$P_K = \theta_1 \cdot f_K \cdot (kA)_K$$
$$\text{og } P_F = \theta_3 \cdot f_F \cdot (kA)_F,$$

hvor

$$f_K = c_K / ((kA)_K \cdot (1 - \exp(-(kA)_K / c_K)))$$
$$\text{og } f_F = c_F / ((kA)_F \cdot (1 - \exp(-(kA)_F / c_F))).$$

Varmepumpemodulet er opbygget således, at det for en given total varmeproduktion  $P_T = P_K + P_A$  finder  $P_B$  (den nødvendige brændselseffekt, hhv. eleffekt). For begge modeller medfører dette løsning af en ulineær ligning. Disse regninger skal imidlertid ikke her beskrives i detaljer - blot binges der en liste over input og output fra varmepumpemodulet (ikke SIKKE-programmet som sådan) for de to detaljeringsgrader:

Simpel model:

$$\text{Input} : P_T, T_1, T_3, \theta_2, \theta_3, c_K, \epsilon_C, \eta_A^{1)}, \eta_M^{2)}$$
$$\text{Output} : P_B, T_5, T_2, (\eta_M)^{2)}$$

Detaljeret model:

$$\text{Input} : P_T, T_1, T_3, (kA)_K, (kA)_F, c_K, c_F, \epsilon_C, \eta_A^{1)}, \eta_M^{2)}$$
$$\text{Output} : P_B, T_5, T_2, T_4, (\eta_M)^{2)}$$

- 1): Hvis elmotor, antages  $\eta_A = 0$ .
- 2): Hvis elmotor, er  $\eta_M$  input. Hvis forbrændingsmotor, gives i input en brændselsforbrugskurve i stedet for  $\eta_M$  - og  $\eta_M$  i driftspunktet er output fra modulet.

#### Input til SIKKE:

Der henvises med numre til input-listen først i afsnit 6.2.

- 1: Fortæller, at nu kommer der data for en varmepumpe.
- 2: Varmepumpens identifikation (navn).
- 3: Investering, tidspunkt for denne samt levetid.  
(der kan gives op til 10 investeringer).
- 4: Årlige driftsudgifter.
- 5: Carnot-effektivitet (0.5 - 0.6) - fortæller, hvor effektiv varmepumpen er i forhold til en ideel varmepumpe med samme kondenserings- og fordampningstemperatur.
- 6: Varmekapacitet for fjernvarmevandet.
- 7: Fortæller, om der er tale om en luft/vand eller jord/vand varmepumpe.
- 8: Specificerer, om man ønsker den simple eller detaljerede model.
- 9: Fortæller, om varmepumpen trækkes af en elmotor eller forbrændingsmotor.
- 10: Forskel mellem effektiv kondenseringstemperatur ( $T_K$ ) og fjernvarmevandets temperatur ( $T_2$ ) ved udløb af kondensatoren.
- 11: Forskel mellem effektiv fordampningstemperatur ( $T_F$ ) og varmekildens temperatur ( $T_3$ ) ved indløb til fordamperen.
- 12: Varmetransmissionsevne for kondensatoren.
- 13: Varmetransmissionsevne for fordamperen.
- 14: Varmekapacitet for varmekilden.
- 15: Elmotorens virkningsgrad.
- 16: Elmotorens maksimale effekt (akseleffekt).
- 17: Virkningsgrad af spildvarmeveksleren.
- 18: Brændselstype.
- 19-20 : Brændselsforbrugskurve, først akseleffekter (START, STEP, STOP) og dernæst de tilhørende brændselsforbrug.

6.3. Kedelanlæg

	Enhed	Variabel
1. 'KEDELANLAEG'		
2. 'ID'	'GASOLIEFYR 560 kW'	KDID(NKD)
3. 'BRAENDELSTYPER'	'GASOLIE'	KDBRT(NKD)
4. 'BRAENDELSEFORBRUG'	'START, STEP, STOP'	
el. 'BRAENDELSEFORBRUG'	'ANTAL PUNKTER'	
el. 'VIRKNINGSGRAD'	'START, STEP, STOP'	
el. 'VIRKNINGSGRAD'	'ANTAL PUNKTER'	

Afhængig af valget i linie 4 fås følgende muligheder i linie 5 og 6:

Hvis 'BRAENDELSEFORBRUG' 'START, STEP, STOP'

5. 'YDELSE' 0, 56, 560	kW	kan
6. 'BRAENDEL' 2520, ....., 2700	MJ/h	ombyttes

Hvis 'BRAENDELSEFORBRUG' 'ANTAL PUNKTER' 10

5. 'YDELSE' 0, 56, ... 560	kW	kan
6. 'BRAENDEL' 2520, 2600, ... 2700	MJ/h	ombyttes

eller på en linie

5. 'YDELSE, BRAENDEL' 0, 2520, 56, 2600..	kW, MJ/h	
---	----------	--

eller:

5. 'BRAENDEL, YDELSE' 2520, 0, 2600, 56..	MJ/h, kW	
---	----------	--

Hvis 'VIRKNINGSGRAD' 'START, STEP, STOP'

5. 'YDELSE' 0, 56, 560	kW	
6. 'VIRKNINGSGRAD' 0.78, .... 0.80		

Hvis 'VIRKNINGSGRAD' 'ANTAL PUNKTER' 10

5. 'YDELSE' 0,56 ...	kW	kan
6. 'VIRKNINGSGRAD' 0.78, 0.80 ...		ombyttes

eller:

5. 'YDELSE, VIRKNINGSGRAD' 0, 0.78, 560, 0.80		
---	--	--

eller:

5. 'VIRKNINGSGRAD, YDELSE' 0.78, 0, 0.8, 560
7. 'INVESTERING' 268000, 1, 25      kr, år, år      KDINV(NKD,1)
8. 'DRIFT & VEDLIG.' 7800      kr/år      KDDRIF(NKD)
9. 'HJAEELPEENERGI' 0, 1.5      kW<sub>e</sub>, kW<sub>e</sub>/kW<sub>v</sub>      KDHJE(NKD,1)  
KDHJE(NKD,2)

Kedlen modelleres udfra en eksperimentelt bestemt ydelseskurve, som angiver sammenhæng mellem produceret varme og brændselsforbrug eller mellem produceret varme og effektivitet. Der interpoleres lineært mellem de angivne kurvepunkter.

Forklaring til input (numrene henviser til listen ovenfor):

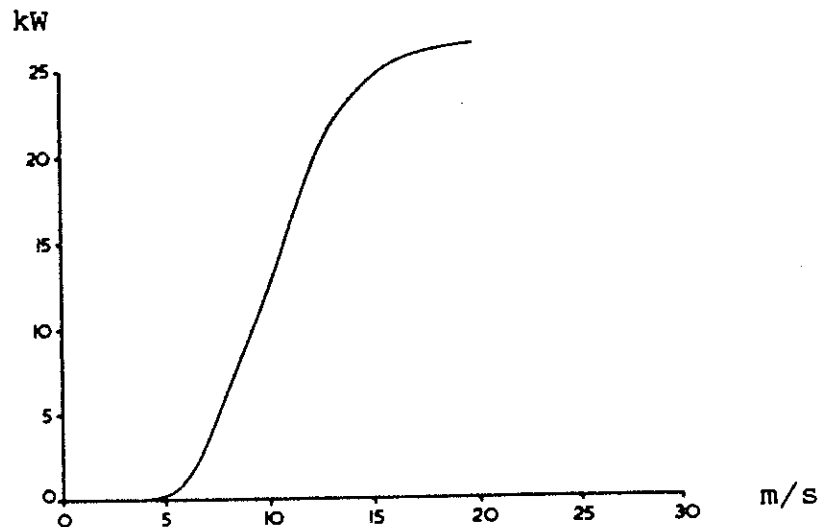
- 1: angiver, at følgende data drejer sig om et kedelanlæg  
2: keddelanlæggets navn  
3: angiver brændselstypen: gasolie, halm, kul, træflis, naturgas, biogas  
4: 5 og 6: angiver sammenhæng mellem ydelsen og brændselsforbrug/effektivitet  
7: investering, investeringsår samt levetid (maksimalt 10 investeringer)  
8: årlige driftsudgifter  
9: hjælpeenergi til pumper og blæsere, konstant hhv. variabelt forbrug.

#### 6.4. Vindmøller

	Enhed	Variabel
1. 'VINDMØLLE'		
2. 'ID'	'NAVN'	VID(NVI)
3. 'EFFEKTURVE'	'START, STEP, STOP'	
el. 'EFFEKTURVE'	'ANTAL PUNKTER' 21	VIEFF(I,2,NVI)

Hvis 'EFFEKTURVE'	'START, STEP, STOP'	
4. 'VIND'	0, 1, 21	m/s
5. 'EFFEKT'	0, 0 ..... 54.1, 55.0	kWe
Hvis 'EFFEKTURVE'	'ANTAL PUNKTER'	
4. 'VIND'	0,1,2,3, ..., 21	m/s
5. 'EFFEKT'	0,0,2,4, ..., 55	kWe
6. 'INVESTERING'	100000, 1, 30	kr,år,år VIINV(NVI,1)
7. 'DRIFT & VEDLIG.'	7500	kr/år VIDRIF(NVI)

Vindmøllen modelleres udfra en eksperimentelt bestemt effekt-  
kurve.



Figur 6.4.1. Effektkurve.

Kurven angives i input som en række punkter og ved de senere beregninger i produktionsrutinen interpoleres der lineært i-  
mellem disse.

Forklaring til input (numrene henviser til listen ovenfor):

- 1: angiver, at følgende data drejer sig om en vindmølle
- 2: vindmøllens navn
- 3: angiver at nu kommer der en effektkurve

- 4: angiver vindhastighederne svarende til punkt 5.
- 5: angiver den effekt vindmøllen producerer ved givne vindhastigheder (se figur 6.4.1 )
- 6: investering, investeringsår samt levetid.
- 7: årlige driftsudgifter

### 6.5. Dieselgenerator

	Enhed	Variabel
1. 'DIESELGENERATOR'		
2. 'ID' 'BUKH 50 HK'		IDDG(NDG)
3. 'BRAENDELSTYPE' 'GASOLIE'		
4. 'BRAENDELSEFORBRUG' 'START,STEP,STOP'		
el.'BRAENDELSEFORBRUG' 'ANTAL PUNKTER'		
el.'VIRKNINGSGRAD' 'START,STEP,STOP'		
el.'VIRKNINGSGRAD' 'ANTAL PUNKTER'		
Hvis 'BRAENDELSEFORBRUG' 'START, STEP, STOP		
5. 'YDELSE' 0, 1, 29	kW <sub>e</sub>	kan
6. 'BRAENDELSE' 88, 88, ..... 325.	MJ/h	ombyttes
Hvis 'BRAENDELSEFORBRUG' 'ANTAL PUNKTER' 30		
5. 'YDELSE' 0, 1, 2, 3, ....., 29	kW <sub>e</sub>	kan
6. 'BRAENDELSE' 88, 88, ..... 325.	MJ/h	ombyttes
eller på en linie:		
5. 'YDELSE, 'BRAENDELSE' 0,88, ..... 29, 325	kW <sub>e</sub> , MJ/h	
el. 'BRAENDELSE', 'YDELSE' 88, ..... 325, 29	MJ/h, kW <sub>e</sub>	
Hvis 'VIRKNINGSGRAD' 'START, STEP, STOP'		
5. 'YDELSE' 0, 10, 30	kW <sub>e</sub>	
6. 'VIRKNINGSGRAD' 0.25, 0.33, 0.35, 0.34		
Hvis 'VIRKNINGSGRAD' 'ANTAL PUNKTER' 4		
5. 'YDELSE' 0, 10, 20, 30	kW <sub>e</sub>	kan
6. 'VIRKNINGSGRAD' 0.25, 0.33, 0.35, 0.34		ombyttes

eller på en linie:

5. 'YDELSE, VIRKNINGSGRAD' 0, 0.25, 10, 0.33, 20, 0.35, 30, 0.34

eller

5. 'VIRKNINGSGRAD, YDELSE' 0.25, 0, 0.33, 10, 0.35, 20, 0.34, 30  
7. 'SAMPRODUKTION' 'START, STEP, STOP'

eller

'SAMPRODUKTION' 'ANTAL PUNKTER' 5

Hvis 'SAMPRODUKTION' 'START, STEP, STOP'

8. 'VARME' 0, 1, 29

kW<sub>v</sub> kan

9. 'EL' 0, 1.33, ... 45

kW<sub>e</sub> ombyttes

Hvis 'SAMPRODUKTION' 'ANTAL PUNKTER' 30

8. 'VARME' 0, 1, 2, 3, ..... 29

kW<sub>v</sub> kan

9. 'EL' 0, 1.33, ... 45

kW<sub>e</sub> ombyttes

eller på en linie:

8. 'VARME, EL' 0, 0, 1, 1.33, .....

kW<sub>v</sub>, kW<sub>e</sub>

el. 'EL, VARME' 0, 0, 0.75, 1, .....

kW<sub>e</sub>, kW<sub>v</sub>

10. 'INVESTERING' 150000, 1, 30

kr, år, år DGINN(NDG,

11. 'DRIFT & VEDLIG.' 4500

kr/år

Dieselgeneratoren modelleres som en enhed, der både producerer el og varme. Først bestemmes elproduktionen og dertil medgået brændsel, dernæst bestemmes varmeproduktionen ud fra oplysningerne om 'SAMPRODUKTION'.

Forklaring til input (numrene henviser til listen på omstående side):

- 1: angiver, at følgende data omhandler en dieselgenerator
- 2: navn og type
- 3-5: sammenhæng mellem brændselsforbrug og ydelse i kW<sub>e</sub> eller mellem virkningsgrad og ydelse. Virkningsgraden er defineret som elproduktion i forhold til brændselsforbrug

6-8: produceret el som funktion af produceret varme.

9: investering, investeringsår samt levetid (max. 10 investeringer).

10: årlige driftsomkostninger.

### 6.6. Biogasanlæg

Et biogasanlæg deles ved modelleringen i to separate teknologier, nemlig produktion af biogas og lagring af biogas. Teknologier, som fyres med biogas hentet fra biogaslageret, modelleres som andre brændselsforbrugende anlæg, idet man blot specificerer 'BRAENDSELSTYPE' 'BIOGAS'.

Hvis man definerer et energisystem med et eller flere biogasproducerende anlæg, skal systemet indeholde netop et biogaslager. Det antages altså, at alle biogasproducerende anlæg leverer deres biogas til samme biogaslager, og at alle biogasforbrugende anlæg fyres med biogas hentet fra dette lager.

I den nuværende version af SIKKE er der en model for kontinuerede biogasanlæg, men ikke for batch-balæg (portionsanlæg). Det antages, at biomassen (gyllen) tilføres anlægget i en konstant strøm året igennem. Derfor vil biogasproduktionen i  $m^3/h$  være næsten konstant året igennem. At den kun er næsten konstant, følger (som vist i de følgende formler) af, at der ved lave udendørstemperaturer skal afbrændes en forholdsvis større del af biogassen i en lille kedel, som anvendes til at holde reaktoren på den rette temperatur.

#### 6.6.1. Biogasproduktion

Et anlæg til produktion af biogas (kontinuert anlæg) beskrives ved en række data som vist nedenfor. Forklaring til de enkelte data bringes derefter, og til slut gennemgås de anvendte formler.



1.	'BIOGASPRODUKTION'				
2.	'ID'	'KLAR GYLLE'			BPID
3.	'GYLLEMAENGDE'	'DØGN'	100.	T/DØGN	
E1.	'GYLLEMAENGDE'	'TIME'	4.	T/H	BPGYLL
E1.	'GYLLEMAENGDE'	'AAR'	36500.	T/AAR	
4.	'VARMEFYLDE, GYLLE'		1.	CAL/(G · °C)	BPFVYL
5.	'TØRSTOFINDHOLD'		0.1	KG/KG GYLLE	BPTQRS
6.	'BIOGASPRODUKTION, SPECIFIK'		0.3	M <sup>3</sup> /KG TØRSTOF	BPSPEC
7.	'REAKTORTEMPERATUR'		35.	°C	BPTEMP
8.	'OVERFLADEAREAL, REAKTOR'		800.	M <sup>2</sup>	BPAREA
9.	'ISOLERING'	'TYKKELSE'	0.2	M	BPISOL
10.	'ISOLERING'	'VARMELEDNING'	0.05	W/(M · °C)	BPVALE
11.	'VIRKNINGSGRAD'	'KEDEL'	0.8		BPKDVG
12.	'VIRKNINGSGRAD'	'VARMEVEKSLER'	0.5		BPVVVG
13.	'HJÆLPEENERGI'		24.,0.	KW, KWH/M <sup>3</sup>	BPHJE
14.	'INVESTERING'		5000000.,1,20	KR,ÅR,ÅR	BPINV
15.	'DRIFT'		250000.	KR/ÅR	BPDRIF

- 1: Fortæller, at nu kommer der data for et anlæg til produktion af biogas.
- 2: Anlæggets identifikation (navn).
- 3: Gyllemængden angivet i ton pr. time, pr. døgn eller pr. år. Efter indlæsningen omregnes altid til ton pr. time. Det antages, at der haves en konstant mængde gylle året igennem.
- 4: Varmefylde for gyllen.
- 5: Tørstofindhold i gyllen.
- 6: Specifik biogasproduktion.
- 7: Reaktortemperatur.
- 8: Areal, hvorigennem reaktoren taber varme til omgivelserne.
- 9: Tykkelse af reaktorens isolering.
- 10: Isoleringens specifikke varmeledning.
- 11: Virkningsgrad af den biogasfyrede kedel til opvarmning af reaktoren.
- 12: Virkningsgrad af varmeveksleren, som overfører varme fra den afgassede udstrømmende gylle til den kolde indstrømmende gylle.

13: Hjelpeenergi i form af elektricitet til pumper m.m.

14: Investering, tidspunkt for denne, samt levetid. Der kan specificeres op til fire investeringer med separate tidspunkter og levetider. (Max. 10 investeringer)

15: Årlige udgifter til drift og vedligehold.

I figur 6.6.1 er vist en skitse over et kontinuert biogasanlæg. Denne figur kan anvendes som en støtte ved forståelsen af de følgende formler, der viser beregningsgangen i modellen. I formlerne er der - ud over de allerede definerede størrelser - anvendt følgende variable:

BIOGBV:  $\text{MJ/m}^3$  : biogassens brændværdi =  $23 \text{ MJ/m}^3$ .

BPEGET:  $\text{m}^3/\text{h}$  : eget forbrug af biogas til opvarmning af reaktoren.

BPBRUT:  $\text{m}^3/\text{h}$  : brutto biogasproduktion.

BPNETT:  $\text{m}^3/\text{h}$  : netto biogasproduktion.

BPOMGT:  $^{\circ}\text{C}$  : omgivelsestemperatur.

BPGTEM:  $^{\circ}\text{C}$  : temperatur af indstrømmende gylle (= omgivelsestemperatur).

TF :  $^{\circ}\text{C}$  : temperatur af gylle efter opvarmning i varmeveksler.

VMGYL : kW : varmeeffekt til opvarmning af gyllen fra TF til BPTEMP.

VMTAB : kW : varmetab fra reaktoren til omgivelserne.

$$TF = (BPTEMP - BPGTEM) \cdot BPVVVG + BPGTEM$$

$$VMGYL = (BPTEMP - TF) \cdot BPVFYL \cdot BPGYLL \quad \cdot 1.163 \text{ kWh/Mcal}$$

$$VMTAB = (BPTEMP - BPOMGT) \cdot (BPVALE / BPISOL) \cdot BPAREA \cdot 0.001 \text{ kW/W}$$

$$BPEGET = (VMGYL + VMTAB) / (BIOGBV \cdot BPKDVG) \quad \cdot 3.6 \text{ MJ/kWh}$$

$$BPBRUT = BPGYLL \cdot BPTORS \cdot BPSPEC \quad \cdot 1000 \text{ kg/t}$$

$$BPNETT = BPBRUT - BPEGET$$

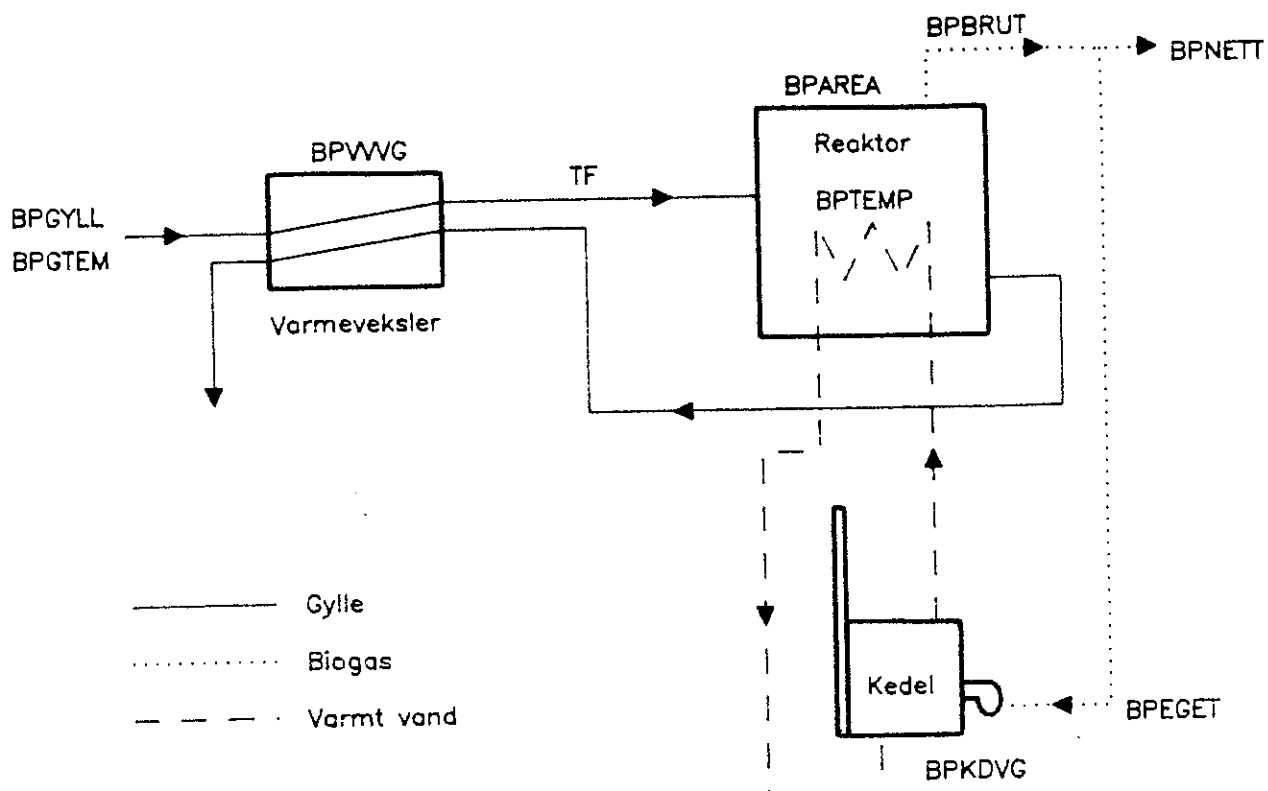


Fig. 6.6.1 Kontinuert biogasanlæg.

### 6.6.2: Biogaslager

Et biogaslager beskrives ved en række data som vist nedenfor. Forklaringen til de enkelte data følger derefter.

1.	'BIOGASLAGER'		
2.	'ID'	'GASTANK'	
3.	'VOLUMEN'	3000.	M <sup>3</sup>
4.	'INVESTERING'	1000000., 1, 20	KR, ÅR, ÅR
5.	'DRIFT & VEDLIGEHOLD'	5000.	KR/ÅR

- 1: Fortæller, at nu kommer der data for et biogaslager.
- 2: Lagerets indentifikation (navn).
- 3: Lagerets volumen (standard m<sup>3</sup> biogas).

- 4: Investering, tidspunkt for denne, samt levetid. Der kan specificeres op til fire investeringer med separate tidspunkter og levetider. (Max. 10 investeringer)
- 5: Årlige udgifter til drift og vedligehold.

### 6.7. Varmelagre

Et varmelager beskrives ved en række data, som vist herefter:

1: 'VARMELAGER'		
2: 'ID'	'VANDLAGER'	
3: 'INVESTERING'	10000., 1,20	KR,ÅR,ÅR
4: 'DRIFT'	0.	KR/ÅR
5: 'MAX.TEMPERATUR'	95.	°C
6: 'BASISTEMPERATUR'	20.	°C
7: 'MIN.DT'	5.	°C
8: 'VARMETAB'	0.01	P.U./H

Desuden enten:

9: 'VARMEKAPACITET'	1.163	KWH/°C.(her 1 M <sup>3</sup> vand)
---------------------	-------	------------------------------------

eller

10: 'VARMEFYLDE'	1.	CAL/(°C·CM <sup>3</sup> )
11: 'VOLUMEN'	1.	M <sup>3</sup>

- 1: Fortæller, at nu kommer der data for et varmelager.
- 2: Varmelagerets identifikation (navn).
- 3: Investering, tidspunkt for denne samt levetid. (maximalt 10 investeringer).
- 4: Årlige driftsudgifter.
- 5: Maksimal lagertemperatur.
- 6: Lageret betragtes energimæssigt som tomt, når dets temperatur er lig basistemperaturen (se punkt 8).
- 7: Minimal temperaturdifferens mellem fjernvarmevand og lager. Denne temperaturdifferens modellerer temperaturfaldet over

en varmeveksler. Hvis fjernvarmevandet ledes direkte ind i lageret uden varmeveksling, anvendes værdien  $0^{\circ}\text{C}$ .

- 8: Angiver, hvor stor en del af energiindholdet der tabes pr. time. Som nulpunkt for energimålingen anvendes basistemperaturen (se punkt 6).
- 10: Lagringsmediets varmfylde i  $\text{cal}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}^3)$ . For vand:  
 $1 \text{ cal}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}^3)$ .
- 11: Lagerets effektive volumen.

Enten opgives 9 eller 10 og 11.

### 6.8. Fjernvarmenet

		Enhed	Variabel
1. 'FJERNVARMENET'			
2. 'ID'	'NORMALT'		FJID(NFJ)
3. 'VIRKNINGSGRAD'	0.83		FJVG(NFJ)
4. 'FREMLQBSTEMPERATUR'	80	$^{\circ}\text{C}$	FJFREM(NFJ)
5. 'RETURLQBSTEMPERATUR'	60	$^{\circ}\text{C}$	FJRET(NFJ)
6. 'INVESTERING'	3886000,1,25	kr, år, år	FJINV(NFJ,1)
7. 'DRIFT'	70000	kr	FJDRIF(NFJ)

Ud fra kendskab til det totale varmebehov an forbruger (TVMBH) samt nettets virkningsgrad bestemmes den ønskede varmeproduktion  $\text{PROVM} = - \text{TVMBH} * (1 - \text{FJVG}) / \text{FJVG}$

Forklaring til input (numrene henviser til listen ovenfor):

- 1: angiver, at følgende data drejer sig om fjernvarmenet
- 2: type net
- 3: virkningsgrad, (= 1.- relativt transmissionstab) talværdi mellem 0 og 1
- 4: vandets temperatur ab værk
- 5: vandets temperatur, an værk
- 6: investering, investeringsår samt levetid. (Max. 10 investeringer)
- 7: årlige driftsomkostninger

### 6.9. Fællesudgifter

Selv om fællesudgifter ikke beskriver en teknologi, har det været praktisk at opgive dem på nedennævnte måde i teknologi-datafilen.

Investeringer og driftudgifter som decideret vedrører de enkelte teknologikomponenter i det kombinerede anlæg angives derunder. Der er imidlertid udgifter, som ikke kan henføres til en speciel komponent, f.eks. jordkøb, bygningsudgifter eller administration. Disse udgifter angives som fællesudgifter. Der kan knyttes flere fællesudgift-input til en kørsel.

Eventuelt sparede kraftværksinvestering kan angives som fællesudgifter med negativt fortegn.

Fællesudgifter angives således:

1:	'FAELLESUDGIFTER'		
2:	'ID'	'NAVN'	
3:	'INVESTERING'	1000000,1,20	KR,ÅR,ÅR
4:	'DRIFT'	0.	KR/ÅR

### 7. ØKONOMIDATA

Økonomiske data for de enkelte teknologier, og for anlægges som helhed, såsom investeringer, reinvesteringer, levetider og driftsudgifter findes i teknologidatafilen SIKKE/KATALOG (se afsnit 6). De øvrige økonomiske data angivet i omstående findes i filen SIKKE/ØKONOMIDATA.

Økonomidatafilen opstilles på følgende måde:

1.	'STARTAAR'	1985	enhed
2.	'BEREGNINGSPERIODE	20	år
3.	'ELVAERKSVIRKNINGSGRAD'	0.40	
4.	'ELNETVIRKNINGSGRAD'	0.90	
5.	'KULANDEL'	98	pct
6.	'GASOLIE 'PRISSERIE'	2480,2500,...,3685	kr/1000L
eller	'GASOLIE' 'STARTPRIS,VAEKST'	2480,2	kr/1000L,pct
7.	'FUELOLIE' 'PRISSERIE'	1905,1930,...,2830	kr/ton
eller	'FUELOLIE' 'STARTPRIS,VAEKST'	1905,2	kr/ton,pct
8.	'ELKUL' 'PRISSERIE'	468,485,...,695	kr/ton
eller	'ELKUL' 'STARTPRIS,VAEKST'	468,2	kr/ton,pct
9.	'KUL' 'PRISSERIE'	608,630,...,903	kr/ton
eller	'ELKUL' 'STARTPRIS,VAEKST'	608,2	kr/ton,pct
10.	'HALM' 'PRISSERIE'	15,15,...,15	kr/GJ
eller	'HALM' 'STARTPRIS,VAEKST'	15,0	kr/GJ,pct
11.	'TRAEFLIS' 'PRISSERIE'	15,15,...,15	kr/GJ
eller	'TRAEFLIS' 'STARTPRIS,VAEKST'	15,0	kr/GJ,pct
12.	'NATURGAS' 'PRISSERIE'	1.50,1.53,...,2.23	kr/M <sup>3</sup>
eller	'NATURGAS' 'STARTPRIS,VAEKST'	1.50,2	kr/M <sup>3</sup> ,pct

I første linie oplyses startåret for de økonomiske beregninger. Dette år svarer til år 1 i teknologidatafilen SIKKE/KATALOG og samtlige investeringer henføres hertil.

Næste linie fastlægger perioden for de økonomiske beregninger, herunder hvilket år terminalværdien for de enkelte komponenter henføres til. Programmet beregner selv terminalværdierne ved en liniær afskrivning.

Linie 3 og 4 indeholder oplysninger om virkningsgrader for henholdsvis kraftværker og elnet.

Linie 5 angiver den procentdel af kraftværksbrændslet, der udgøres af kul. Resten er fuelolie.

I linie 6-11 er der for hvert af brændslerne, gasolie, kraftværkskul samt kul til mindre anlæg enten opgivet en talserie for energipriserne i for beregningsperioden eller to tal, nemlig prisen i startåret samt den årlige tilvækst i pct.

## 8. UDSKRIFTER

Internt i modellen lagres data for energiproduktionen i alle tidsskridt for hver komponent i anlægget. Mange forskellige tabeltyper kunne fremstilles af disse data. Indtil nu bliver kun relativt generelle størrelser udskrevet for hele simuleringsperioden. Det drejer sig om anlæggets energiforbrug og produktion samt nogle driftsparametre.

Komponenternes opførsel i simuleringsperioden kan aflæses af varighedskurverne, hvor der kan udskrives en for hver komponent i anlægget.

Efter endt simuleringer beregnes de årlige brændselsudgifter, driftsudgifter samt evt. indtægter ved køb og salg af elektricitet til et ydre elnet ved hjælp af den opgivne brændselsprisudvikling i inputfilen SIKKE/QKONOMIDATA samt de økonomiske data for de enkelte teknologier. Programmet udskriver en tabel for hver komponent i anlægget. Tabellen for en vindmølle er vist først i afsnit 8.3. For hvert år i den valgte periode (her 20 år) er investeringer, driftsudgifter, brændselsudgifter (her lig nul), indtægter ved elsalg (el kolonnen er negativ), samt den totale betalingsrække udskrevet i faste 1985-priser. For det sidste år er den samlede terminalværdi for investeringer og reinvesteringer beregnet.



Samfundsøkonomien i det kombinerede anlæg er vist i den næste tabel i afsnit 8.3. Denne tabel er summen af tallene i tabeller for de enkelte teknologier samt en tabel for de fælles udgifter i anlægget, der ikke kan henføres til en bestemt komponent.

Endelig er nutidsværdien i kr. for det kombinerede anlæg vist for forskellige realrenter (0-9%).

Udover de viste tabeller udskriver programmet de relevante dele af input. Endvidere vil programmet i tilfælde af fejl udskrive let forståelige fejlmeddelelser.

### 8.1. Varme- og elproduktion samt brændselsforbrug

OVERSIGT OVER PRODUKTIONSENHEDER							
IDENTIFIKATION	TYPE	P.-EL KWH	P.-VARME KWH	BRÆNDSSEL MJ	OPSTARTER	BRUYTCEL- SEKFAKTOR EL	BRUYTCEL- SEKFAKTOR VARME
BRUKT 55/11 KW	VINDMOLLE	140325.			300.	0.2054	
BRUKT 55/11 KW	VINDMOLLE	140325.			300.	0.2054	
VK70T	SOLVARMEANLÆG	0.	64506.		209.		
LUCO. PORBR. SIMBEL	VARMEPUMPE PLO	0.	1074433.	5072654.	1490.		0.7525
HALMEYR 200 KW	KEDELANLÆG	-16029.	1113118.	5033554.	1013.		0.6757
SATTELYEYR 560 KW	KEDELANLÆG	0.	0.	31.	2.		0.0000

For hver komponent i anlægges udskrives en linie i tabellen ovenfor. Identifikation og type er de oplysninger, der er anført i teknologidatafilen. P. -el er den producerede elektricitet fra komponenten fratrukket den elektricitet som komponenten selv bruger. Herefter følger tilsvarende oplysninger om varmen. Konventionen er at el- og varmebehov samt el- og varmeproduktion opgives i kWh, hvorimod enheden for brændsel er MJ (1 kWh = 3.6 MJ). Næste kolonne i tabellen er antallet af opstarter. De sidste to kolonner giver oplysninger om be-

lastningen af de enkelte komponenter. Benyttelsesfaktoren er her defineret som den producerede energi divideret med den energi som kunne være produceret i simuleringsperioden ved max. effekt.

Modellen producerer en varighedskurve for hver komponent.

## 8.2. Lageranvendelse

LAGERKAPACITET								
IDENTIFIKATION	TYPE	LAGER- KAPACITET	TAB	UDTAG	ANTAL EFFEKTIVE AFLADN.	TOMTID TIMER	FULDID TIMER	INDHOLD
VANDLAGER	VARMELAGER	872 TWH	60189 KWH	306309 KWH	35%	175	532	98 KWH

I lagertabellen kan der for øjeblikket kun optræde to lagertyper: Varmelager og biogaslager. Lagerets kapacitet, tab samt den energi der ialt er blevet tappet fra lageret i hele simuleringsperioden udskrives i kWh. De sidste tre kolonner giver oplysninger om, hvor meget lageret har været benyttet dels hvor stor en del af simuleringsperioden lageret har været < 15% fuldt (tomtid) som hvor stor en del af simuleringsperioden det har været > 85% fuldt (fuldtid). Antal effektive afladninger er det samlede udtag divideret med lagerkapaciteten.

8.3. Økonomi

For hver af komponenterne i det kombinerede anlæg udskrives en tabel som vist for vindmøllen. Endvidere udskrives en tabel for fællesudgifterne. Tilsidst udskrives en tabel for samfundsøkonomien i hele energisystemet.

```
*****  
*  
* SAMFUNDSØKONOMI PR. KOMPONENT *  
*  
*****
```

TYPE: VINDMØLLE  
ID.: BONUS 55/11 KW

	INVEST	DRIFT	VIND	EL	TOTAL
1985	500000	7500	0	-34809	472690
1986	0	7500	0	-35363	-27863
1987	0	7500	0	-35928	-28428
1988	0	7500	0	-36504	-29004
1989	0	7500	0	-37092	-29592
1990	0	7500	0	-37691	-30191
1991	0	7500	0	-38303	-30803
1992	0	7500	0	-38926	-31426
1993	0	7500	0	-39563	-32063
1994	0	7500	0	-40212	-32712
1995	0	7500	0	-40874	-33374
1996	0	7500	0	-41549	-34049
1997	0	7500	0	-42237	-34737
1998	0	7500	0	-42940	-35440
1999	0	7500	0	-43656	-36156
2000	0	7500	0	-44387	-36887
2001	0	7500	0	-45132	-37632
2002	0	7500	0	-45893	-38393
2003	0	7500	0	-46668	-39168
2004	-33333	7500	0	-47459	-73293

Udgifterne/indtægterne for elektricitet er beregnet ud fra en samfundsøkonomisk elpris, der findes af programmet ved at benytte prisprognoserne for kul og fuelolie, kulandelen i kraftværksbrændslet, virkningsgrad for kraftværker og elnet, samt drifts- og vedligeholdelsesudgifter på kraftværkerne. Disse størrelser findes i inputfulen SIKKE/ØKONOMI.

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* SAMFUNDSØKONOMI, ENERGISYSTEMET \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

	INVEST	DRIFT	BRAENDSEL	EL	TOTAL
1985	7964000	204800	287969	455782	8912552
1986	0	204800	292219	463034	960054
1987	0	204800	296553	470431	971785
1988	0	204800	300974	477977	983751
1989	0	204800	305484	485673	995957
1990	0	204800	310083	493522	1008406
1991	0	204800	314775	501529	1021105
1992	0	204800	319560	509696	1034057
1993	0	204800	324441	518027	1047269
1994	0	204800	329420	526524	1060744
1995	0	204800	334498	535191	1074490
1996	0	204800	339678	544031	1088510
1997	0	204800	344962	553048	1102810
1998	0	204800	350351	562245	1117397
1999	0	204800	355848	571627	1132275
2000	0	204800	361455	581196	1147451
2001	0	204800	367174	590956	1162931
2002	0	204800	373007	600912	1178720
2003	0	204800	378958	611066	1194824
2004	-1440800	204800	385027	621424	-229548

NUVAERDI I KR FOR PROJEKTET :

RENTE	NUVAERDI
0.0 %	27965548.0
1.0 %	26098601.0
2.0 %	24462102.0
3.0 %	23022635.0
4.0 %	21752122.0
5.0 %	20626901.0
6.0 %	19626987.0
7.0 %	18735447.0
8.0 %	17937901.0
9.0 %	17222108.0

## 9. MODELLENS BEGRÆNSNINGER

Når man vil foretage en tidslig simulering med SIKKE kræves der en betydelig mængde oplysninger om energibehovs- og energiresourceforhold. Det ideelle ville selvfølgelig være om man målte disse data over en længere periode på den valgte placering. Imidlertid ændrer disse tidsserier sig meget fra år til år, så en standardtidsserie vil kunne repræsentere virkeligheden med en relativ god tilnærmelse. Det man skal være særlig opmærksom på, er om de tidslige korrelationer mellem tidsserierne er rimelige.

Der er for øjeblikket ikke mulighed for en tidslig variation af energiresourcerne gylle, halm og træflis. Gyllen kan heller ikke tillægges en værdi i input.

En interessant videreudvikling af programmet ville være at inkludere en tidsligt varierende elpris i input. Denne ville således kunne benyttes i styringsstrategien.

Modellen tager ikke hensyn til haverisandsynligheder, hvis den skulle være i stand til dette, måtte man i input beskrive i hvilke tidsrum de enkelte komponenter ikke kunne køre, hvilket ville være vanskeligt bortset fra planlagt vedligeholdelse.

En umiddelbar begrænsning er at visse teknologier ikke er repræsenteret i modellen. Det drejer sig f.eks. om ellagre, solceller samt andre kraftvarmeanheder. Da modellen er modulært opbygget vil nye teknologier relativt let kunne inkluderes. Den hertil krævede indsats er selvfølgelig afhængig af hvor kompleks den enkelte teknologi beskrives.

I styringsstrategien er der den begrænsning, at man ikke kan benytte oplysningerne om komponenters driftstilstand i de foregående tidsskridt til at beslutte om komponenten skal køre i et givet tidsskridt. Oplysningerne er til rådighed i programmet, men kan ikke bruges p.t.

Endelig er der endnu ikke indbygget beregninger og udskrifter for privatøkonomi i programmet.