

# **BLAST —**

**EDB PROGRAM TIL BEREGNING AF PASSIV SOLVARME**

**JØRGEN ERIK CHRISTENSEN**

**LABORATORIET FOR VARMEISOLERING**

**DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE**

**MEDDELELSE NR. 165      NOVEMBER 1984**



## FORORD

Energiministeriet igangsatte i 1978 et projekt vedrørende udvikling af mindre varmelagre. Dette projekt har til formål at undersøge teoretisk og eksperimentelt, hvordan varmelagre fungerer under danske klimaforhold, og hvilke fremtidsmuligheder der er.

Projektet bliver udført af Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole, i samarbejde med interesserede institutter og erhvervsvirksomheder. I projektet indgår følgende undersøgelser:

Varmelagring i : Vand  
                  Stenmagasiner  
                  Smeltevarmelagre  
                  Bygningskonstruktioner  
                  Kemiske reaktanter  
                  Vandbassiner (sæsonlagring)  
                  Jord

I dette projekt har formålet været at fremskaffe og teste et avanceret edb-program til beregning af varmelagring i bygningskonstruktioner med specielt henblik på udnyttelsen af passiv solvarme.

I forbindelse med projektet vil jeg gerne rette en varm tak til Frede Espensen, Det Regionale EDB-Center ved Århus Universitet, og lektor Preben N. Hansen, Laboratoriet for Varmeisolering, for velvillig bistand og vejledning. Desuden vil jeg gerne takke lektor Hans Lund, Lars Olsen og Stig Eidorff for råd og bistand.

For tegning af figurer vil jeg gerne takke Sally Lykke Høgsted og Kenneth Sørensen. Desuden vil jeg gerne takke Birthe Friis, som med stor omhu og tålmodighed har renskrevet rapporten.

## INDHOLD

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| FORORD . . . . .                                                                    | 1   |
| INDHOLD . . . . .                                                                   | 11  |
| FIGURLISTE . . . . .                                                                | 111 |
| TABELLISTE . . . . .                                                                | iv  |
| RESUME . . . . .                                                                    | v   |
| SUMMARY . . . . .                                                                   | vi  |
| 1. INDLEDNING . . . . .                                                             | 1   |
| 2. VARMELAGRING I BYGNINGSKONSTRUKTIONER . . . . .                                  | 3   |
| 2.1 Passiv solvarme . . . . .                                                       | 4   |
| 2.2 Varmeakkumulering . . . . .                                                     | 8   |
| 3. EDB-PROGRAMMER TIL BEREGNING AF PASSIV SOLVARME . . . . .                        | 10  |
| 3.1 Principper for beregning af instationær varmeledning . . . . .                  | 10  |
| 3.2 Generel beskrivelse af avancerede edb-programmer . . . . .                      | 14  |
| 3.3 Valg af edb-programmer til beregning af passiv solvarme . . . . .               | 15  |
| 3.4 De 5 udvalgte edb-programmer . . . . .                                          | 25  |
| 3.4.1 Anvendelse og brugbarhed . . . . .                                            | 25  |
| 3.4.2 Påtænkt brug og anvendelighed . . . . .                                       | 29  |
| 3.4.3 Input . . . . .                                                               | 33  |
| 3.4.4 Resultater og output . . . . .                                                | 35  |
| 3.4.5 Anvendte beregningsprocedurer . . . . .                                       | 36  |
| 3.4.6 Validering af programmer . . . . .                                            | 38  |
| 3.5 Valg af edb-program til beregning af passiv solvarme . . . . .                  | 39  |
| 4. BLAST . . . . .                                                                  | 44  |
| 4.1 BLAST med tilhørende programmer . . . . .                                       | 46  |
| 4.2 Beskrivelse af BLAST . . . . .                                                  | 53  |
| 4.2.1 Styreinput . . . . .                                                          | 57  |
| 4.2.2 Temperatur og energiforbrug . . . . .                                         | 58  |
| 4.2.3 Ventilationssystem . . . . .                                                  | 76  |
| 4.2.4 Centralvarme/køleanlæg . . . . .                                              | 80  |
| 4.2.5 BLAST-biblioteket . . . . .                                                   | 83  |
| 4.3 BLAST til beregning af passiv solvarme . . . . .                                | 87  |
| 4.4 Erfaringer med BLAST . . . . .                                                  | 90  |
| 5. KONKLUSION . . . . .                                                             | 93  |
| Ordliste . . . . .                                                                  | 94  |
| Symbolliste . . . . .                                                               | 98  |
| Referencer . . . . .                                                                | 99  |
| Liste over udkomne rapporter i Energiministeriets Varmelager-<br>projekt: . . . . . | 106 |

## FIGURLISTE

|                |                                                                                                                    |    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 2.1-1    | Illustration af direkte tilskud . . . . .                                                                          | 5  |
| Figur 2.1-2    | Illustration af Trombévæg . . . . .                                                                                | 6  |
| Figur 2.1-3    | Eksempel på glastilbygning . . . . .                                                                               | 8  |
| Figur 4.1-1    | Simplificeret skematisk oversigt over de 4<br>programmer, der indgår i BLAST-systemet . . . .                      | 47 |
| Figur 4.1-2    | Skematisk oversigt over brugen af<br>WIFE-programmet . . . . .                                                     | 48 |
| Figur 4.1-3    | Eksempel på brugerdefineret inputfil til WIFE                                                                      | 49 |
| Figur 4.1-4    | Skematisk oversigt over REPORT WRITER<br>programmet . . . . .                                                      | 51 |
| Figur 4.1-5    | Skematisk oversigt over de programmer, der<br>indgår i BLAST-systemet . . . . .                                    | 52 |
| Figur 4.2-1    | Skematisk oversigt over BLAST-programmet . .                                                                       | 53 |
| Figur 4.2-2    | Opbygning af inputfil til BLAST-programmet .                                                                       | 55 |
| Figur 4.2.2-1  | Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregning<br>af temperatur og energiforbrug . . . . .                               | 60 |
| Figur 4.2.2-2  | Eksempel på beskrivelse af 100 mm tykt<br>isoleringsmateriale . . . . .                                            | 62 |
| Figur 4.2.2-3  | Eksempel på beskrivelse af en bygningskon-<br>struktion bestående af 3 lag . . . . .                               | 63 |
| Figur 4.2.2-4  | Illustration af de retninger BLAST anvender i<br>forbindelse med beskrivelsen af bygnings-<br>geometrien . . . . . | 64 |
| Figur 4.2.2-5  | Eksempel på simplificering af parcelhus . .                                                                        | 65 |
| Figur 4.2.2-6  | Illustration af rotering af bygning . . . .                                                                        | 66 |
| Figur 4.2.2-7  | Origo for zone og bygning . . . . .                                                                                | 67 |
| Figur 4.2.2-8  | En flade betragtes udefra med origo i<br>nederste venstre hjørne . . . . .                                         | 67 |
| Figur 4.2.2-9  | Illustration af origo for vægge med<br>tilhørende retning . . . . .                                                | 68 |
| Figur 4.2.2-10 | Kontrolstrategi for varmetilførsel . . . . .                                                                       | 70 |
| Figur 4.2.2-11 | Belastningsprofiler . . . . .                                                                                      | 71 |
| Figur 4.2.2-12 | Beskrivelse af zone med tilhørende flader<br>og belastninger . . . . .                                             | 72 |
| Figur 4.2.2-13 | Plant snit af zone med tilhørende max/min<br>koordinater . . . . .                                                 | 73 |
| Figur 4.2.2-14 | Plant snit af hele bygningen med<br>tilhørende zoner . . . . .                                                     | 73 |
| Figur 4.2.2-15 | Oversigt for de indgående zoner over det<br>totale køle/varmebehov . . . . .                                       | 74 |
| Figur 4.2.2-16 | Beskrivelse af energibehovet og temperatur-<br>niveauet i en zone for en designdag . . . .                         | 75 |
| Figur 4.2.3-1  | Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen<br>af ventilationsanlægget . . . . .                                    | 79 |
| Figur 4.2.4-1  | Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen<br>af centralvarme/køleanlægget . . . . .                               | 82 |
| Figur 4.2.5-1  | Eksempel på 2 belastningsprofiler fra<br>BLAST-biblioteket . . . . .                                               | 84 |
| Figur 4.2.5-2  | Listning af 6 materialer fra BLAST-bibl. . .                                                                       | 85 |
| Figur 4.2.5-3  | Eksempel på print af tage/lofter fra<br>BLAST-biblioteket . . . . .                                                | 86 |

## TABELLISTE

|             |                                                                                                                  |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.2-1 | Oversigt over varmeakkumuleringskoefficienter .                                                                  | 9  |
| Tabel 3.3-1 | Oversigt over resultatet af "The Passive Solar Modeling Sub Group's" arbejde . . . . .                           | 18 |
| Tabel 3.3-2 | Oversigtsfigur for edb-modeller til passiv solvarme . . . . .                                                    | 19 |
| Tabel 3.3-3 | Oversigt over anvendelse og brugbarhed for de 31 undersøgte modeller . . . . .                                   | 20 |
| Tabel 3.3-4 | Resultat af undersøgelse af egnede programmer til passiv solvarme . . . . .                                      | 22 |
| Tabel 3.3-5 | Oversigt over resultaterne fra de 3 beskrevne undersøgelser . . . . .                                            | 24 |
| Tabel 3.4-1 | Oversigt over anvendelse og brugbarhed for de 5 udvalgte edb-modeller til beregning af passiv solvarme . . . . . | 26 |
| Tabel 3.4-2 | Fortegnelse over påtænkt brug og tilgængelighed for edb-modellerne . . . . .                                     | 29 |
| Tabel 3.4-3 | Tabel over input data til edb-modellerne . . .                                                                   | 33 |
| Tabel 3.4-4 | Tabel over resultater og output fra edb-modellerne . . . . .                                                     | 36 |
| Tabel 3.4-5 | Oversigt over anvendte beregningsprocedurer i edb-modellerne . . . . .                                           | 37 |
| Tabel 3.4-6 | Oversigt over validering af programmer . . . .                                                                   | 39 |

## RESUME

Interessen for varmelagring i bygningskonstruktioner er blevet stadig større i takt med de stigende energipriser. Dette hænger sammen med, at hvis varmen fra solen, mennesker, elapparater etc. udnyttes effektivt, kan det give op til 20% besparelser på varmeregningen.

Størrelsen af dette varmetilskud er først og fremmest afhængig af varme fra solen og i mindre grad fra personer, elapparater m.m. Det er derfor af interesse at udforme boligen således, at der opnås den største energibesparelse kombineret med et godt indeklima.

Formålet med dette projekt har derfor været at fremskaffe et avanceret edb-program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklima med specielt henblik på udnyttelse af passiv solvarme ved hjælp af varmelagring i bygningskonstruktioner.

I denne rapport er ca. 40 edb-programmer blevet analyseret på baggrund af samtaler med en lang række eksperter, et litteraturstudium og praktiske erfaringer med de vigtigste programmer.

På baggrund af dette er 5 edb-programmer udvalgt til en nærmere vurdering af, hvilke programmer der er bedst egnede til beregning af passiv solvarme. De 5 udvalgte programmer er følgende:

| <u>Program</u> | <u>Land</u>    |
|----------------|----------------|
| BLAST 3:0      | USA            |
| DEROB IV       | USA            |
| DOE-2.1A       | USA            |
| SERI-RES       | USA            |
| ESP            | Storbritannien |

Ud fra denne vurdering er det amerikanske edb-program BLAST (The Building Loads Analysis and System Thermodynamics program) blevet valgt. Dette skyldes, at programmet, der er meget velegnet til passiv solvarme, har særdeles mange faciliteter og detaljerede og præcise algoritmer. Herudover er programmet brugervenligt og beregningstiden kort. Det opfylder derfor de krav, der bør stilles til et avanceret beregningsprogram.

I den sidste del af rapporten beskrives BLAST med tilhørende programmer. Formålet med denne beskrivelse er at give læseren en idé om opbygningen af programmet, og hvilke faciliteter der findes i det.

## SUMMARY

The interest in storing heat in buildings has steadily increased concurrently with the rising energy prices. This is tied to the fact that if surplus heat from the sun, people, electrical devices, etc. can be effectively utilized, a reduction of up to 20% of the heating expenses will be the result.

The amount of the surplus heat depends, first and foremost, on heat from the sun, and to a minor extent on the heat from persons, electrical devices, etc. It is thus of great interest to improve the house construction to achieve the best economy of solar energy utilization combined with a good indoor climate.

The purpose of this project has been to try to use an advanced computer program for computation of the heating (and cooling) load and the indoor climate in buildings, with special reference to utilization of passive solar heat by means of heat storage in building components.

Some forty computer programs have been analysed in a dialogue with a great number of experts, a study of literature and practical experience with some of the more important programs.

Based on this, five computer programs were chosen for a closer evaluation in order to find the most suitable programs for computation of passive solar heat. The five selected programs are the following:

| <u>Program</u> | <u>Country</u> |
|----------------|----------------|
| BLAST 3:0      | USA            |
| DEROB IV       | USA            |
| DOE-2.1A       | USA            |
| SERI-RES 1.0   | USA            |
| ESP            | Great Britain  |

From this evaluation, the American computer program BLAST (the Building Loads Analysis and System Thermodynamics program) was chosen. This is due to the fact that the program is very suitable for simulating passive solar energy effects, with a high level of details, utilizing very detailed and exact algorithms. Furthermore, this program is fit for use, and the computation time is short. Thus it fulfils the requirements of a modern, advanced computation program.

In the last part of the report, BLAST and the programs belonging to it are described. The purpose of this description is to give the reader an idea of the structure of the program and what facilities are included.

## 1. INDLEDNING

Efter oliekriserne i 1973 og 1979 med stadigt stigende oliepriser til følge er der kommet en øget interesse for at udforme vore boliger på den bedst mulige måde. På Laboratoriet for Varmeisolering er der udført et stort arbejde med henblik på at mindske energiforbruget i boligerne og samtidig forbedre indeklimaet. Dette arbejde har koncentreret sig om 3 hovedemner, der i realiteten ikke skarpt kan deles op:

1. Udvikling og demonstration af lavenergihuse
2. Udvikling og demonstration af aktive solvarmeanlæg
3. Udvikling af mindre varmelagre, herunder passiv solvarme

Lavenergihusprojektet har haft til formål at projektere og bygge lavenergihuse med et lavt energiforbrug til opvarmning. Såvel aktive som passive solvarmeløsninger er indgået i projektet.

Udviklings- og demonstrationsprogrammet for solvarme har haft til formål at udvikle økonomisk attraktive solvarmeanlæg med stort termisk udbytte, stor driftssikkerhed og lang levetid.

De passive solenergi projekter har haft til formål at udarbejde forslag til, hvorledes boligerne skal udformes for at kunne udnytte solen passivt på den bedst mulige måde.

Projekterne har i de fleste tilfælde anvendt edb-programmerne BA4 (Lund, Hans - 1979) til beregning af det termiske indeklima og EFB-1 (Nielsen, Anker - februar 1980) EFB-2 og EFB-3 (Nielsen, Anker - oktober 1980) til beregning af energiforbruget til opvarmning i bygninger. Disse programmer har imidlertid ikke kunnet opfylde alle de krav der stilles for minimering af bygningers energiforbrug ved udnyttelse af aktiv og passiv solvarme. Der var derfor behov for et mere avanceret energiberegningsprogram.

Det har derfor i dette projekt, der hører under Energiministeriets projekt vedrørende udvikling af mindre varmelagre, været formålet at fremskaffe et avanceret edb-program til beregning af det termiske indeklima og opvarmningsbehovet i boliger. Edb-programmet skulle specielt være i stand til at beregne effekten af varmelagring i bygningskonstruktioner under hensyntagen til udnyttelsen af passiv solvarme.



## 2. VARMELAGRING I BYGNINGSKONSTRUKTIONER

Alle boliger tilføres varme fra solen, fra personer og fra el-apparater. Denne gratisvarme kan udnyttes mere eller mindre effektivt afhængigt af konstruktionernes varmæakkumulerende egenskaber.

Størrelsen af den gratisvarme, der tilføres boligen, er først og fremmest afhængig af varmen fra solen, hvorimod det ikke er muligt at ændre særlig meget på varmen fra personer og el. Det er derfor af særlig interesse ved udformning af boliger at udforme dem på en sådan måde, at der opnås den største energibesparelse sammen med et godt indeklima. Energibesparelsen opnås ved at orientere og udforme huset, så en stor del af solenergien kommer huset til gode.

Da formålet med dette delprojekt har været at fremskaffe et edb-program til beregning af varmelagring i bygningskonstruktioner med specielt henblik på udnyttelsen af passiv solvarme, vil der i det følgende blive taget specielt hensyn til dette. Imidlertid har interessen for avancerede energiberegningsprogrammer været stærkt stigende i de senere år, hvorfor en bredere betragtning vil blive medtaget i denne rapport.

Udnyttelse af solvarme under danske klimaforhold er specielt afhængig af solindfald og udetemperatur. Tillige har skydække, nedbør og vindforhold stor indflydelse på i hvor høj grad, solvarmen kan udnyttes.

Danmarks nordlige placering ( $56^{\circ}$  N) giver meget lave solhøjder om vinteren. Dette er en fordel med hensyn til lodrette eller næsten lodrette flader, da disse vil modtage et større direkte solindfald, når de er orienteret mod solen. Vandrette flader vil derimod kun modtage et lille solindfald i vintermånederne. Uanset de lave solhøjder i opvarmningssæsonen forekommer der et stort solindfald, som giver gode muligheder for udnyttelse af solvarme i Danmark.

I forbindelse med udnyttelse af solenergi arbejdes der med tre typer solvarmesystemer efter, hvorledes energien bliver tilført:

- Aktive solvarmesystemer
- Passive solvarmesystemer
- Hybride solvarmesystemer

Aktive solvarmesystemer dækker over systemer, der er drevet ved hjælp af ventilatorer og pumper.

Passive solvarmesystemer dækker over byggesystemer, der udnytter solvarmen på en passiv måde til opvarmning af en bygning. Dette sker ved at nyttiggøre solenergien i kombination med varmelagring i bygningskonstruktionerne uden anvendelse af mekanisk drevne systemer.

Hybride solvarmesystemer dækker over en kombination af aktive og passive solvarmesystemer. Et hybridt system kan defineres som et system, der inkorporerer både naturlig og tvungen energitransport.

I denne rapport arbejdes der primært med passive systemer og sekundært med hybride systemer, medens aktive systemer kun vil blive behandlet perifert i det efterfølgende.

## 2.1 Passiv solvarme

I dette afsnit vil passiv solvarme kort blive beskrevet for at give læseren en forståelse for, hvad begrebet indebærer.

Passive solvarmesystemer er karakteriseret ved tre egenskaber:

1. Energien modtages og anvendes i den pågældende bygning.
2. Energien transmitteres af naturlige drivkræfter. Disse drivkræfter kan bestå af ledning, stråling, naturlig konvektion og fordampning/fortætning.
3. Energien kan akkumuleres i bygningskonstruktionerne.

Den første egenskab giver sig selv og hænger sammen med den anden, idet energien transmitteres af naturlige drivkræfter.

Den tredje egenskab: "Varmeakkumulering i bygningskonstruktioner" spiller en central rolle ved udnyttelsen af passiv solvarme. Dette skyldes, at et eventuelt varmeoverskud kan akkumuleres i bygningskonstruktionerne og desuden udjævne døgnstemperatursvingningerne. Et hus med megen overskudsvarme vil følgelig få et mindre energiforbrug og et bedre indeklima, hvis det har en stor varmeakkumuleringssevne.

De vigtigste systemer under danske forhold kan deles op i 3 kategorier:

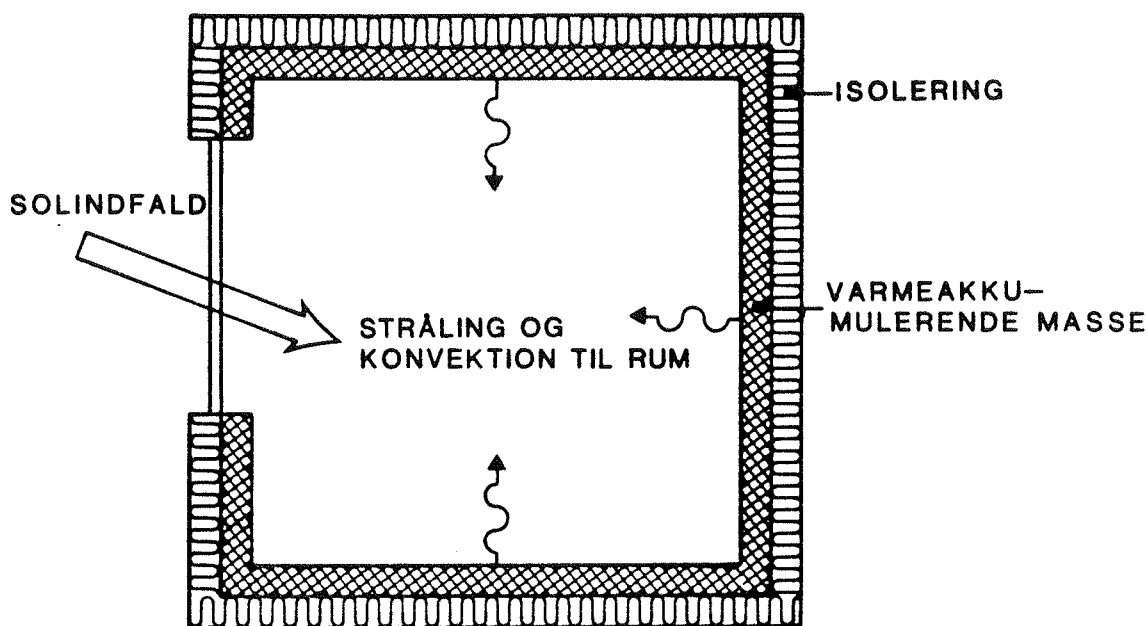
1. Direkte tilskud (Direct Gain)
2. Solvægge (Solar Walls)
3. Glastilbygninger (Attached Sunspace)

I det følgende vil disse 3 systemer ganske kort blive beskrevet.

### Direkte tilskud (Vinduer)

Ved direkte tilskud (Direct Gain) tilføres solvarmen boligen ved såvel direkte, diffus som reflekteret stråling fra omgivelserne.

Den tilførte solvarme, der rammer de indvendige overflader og møbler, bliver absorberet på de indvendige overflader. En del af den energi, der bliver absorberet, bliver frigivet til rumluften ved konvektion og giver herved anledning til en temperaturstigning.



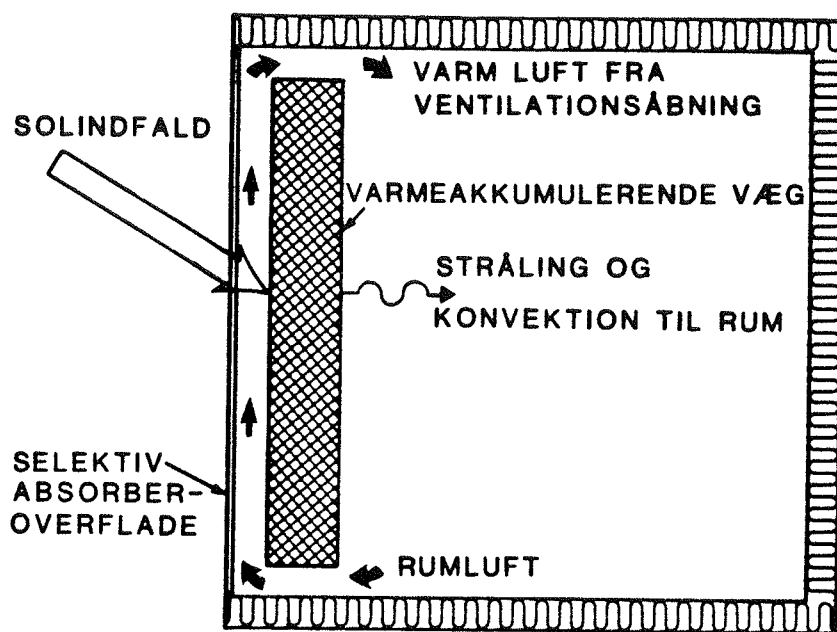
Figur 2.1-1. Illustration af direkte tilskud (Direct Gain).

Bygningen bør derfor have en stor termisk masse, hvor energien kan lagres i løbet af dagen og afgives igen om aftenen og om natten, når der er behov for det. Termisk masse kan opnås ved at have udvendigt isolerede ydervægge og/eller tunge gulve/indre skillevægge. Overførsel af solstråling til disse termiske lagre sker bedst ved direkte absorption. Langbølget strålingsudveksling og konvektiv varmeovergang bidrager i høj grad også til energioverførslen.

Solindfaldet udnyttes bedst ved lodrette sydvendte vinduer. Disse giver et stort solindfald om vinteren, hvor solen står lavt, og om sommeren kan et passende tagudhæng reducere solindfaldet, således at ubehagelige overtemperaturer undgås. Det er vigtigt at være forsigtig med store sydvendte vinduesarealer, da overophedning let kan optræde selv i forårs- og efterårsmånederne, hvis det ikke er muligt at lave nogen form for afskærmning.

### Solvægge

Solvægge (Solar Walls) bygger på princippet om en varmeakkumulerende væg med en udvendig glasoverdækning. Systemet adskiller sig fra "direkte tilskud" ved, at solen ikke skinner ind i rummet, men at solstrålingen i stedet absorberes på den varmeakkumulerende væg.



Figur 2.1-2. Illustration af Trombévæg. Energien tilføres rummet dels ved at rumluft cirkulerer foran den varmeakkumulerende væg og tilbage til rummet, og dels ved varmetransmission bestående af konvektion, stråling og ledning i forbindelse med væggen. En almindelig solvæg uden ventilation ser i princippet ud som ovenstående blot uden ventilationsåbninger foroven og forneden.

Der findes flere former for solvægge, hvoraf kun to skal nævnes her:

1. Solvægge uden ventilation
2. Trombévægge

De to typer er næsten identiske, idet forskellen mellem dem kun ligger i, at Trombévæggen har åbninger foroven og forneden, således at luft kan cirkulere op foran den varmeakkumulerende væg. På figur 2.1-2 er vist en skitse af en Trombévæg.

Energitilførslen til rummet foregår for en solvæg uden ventilation ved at solen skinner gennem glasset ind på den varmeakkumulerende væg. Dette medfører en temperaturstigning på overfladen af væggen, og en del af denne energi forplanter sig gennem væggen ved ledning for at blive tilført rummet ved konvektion og stråling. For en Trombévæg sker energitilførslen tillige ved, at den rumluft, der cirkulerer foran den varmeakkumulerende væg, bliver opvarmet og returnerer gennem den øverste rist til rummet.

## Glastilbygninger

Glastilbygninger (Attached Sunspaces) er i de senere år blevet meget populære i forbindelse med boliger, da de giver en attraktiv udvidelse af boligen i nær kontakt med naturen. Fordelene ved glastilbygninger er, at beboerne får forlænget den tid de kan opholde sig "ude", idet temperaturen i tilbygningen er meget højere end udetemperaturen om dagen i forårs- og efterårsmånederne. Herudover er der den fordel, at der er tørt og vindstille, hvilket betyder meget for komforten.

I mange af de boliger, hvor der er bygget glastilbygninger, er det sket ud fra komfortmæssige ønsker og krav, hvorimod de energimæssige betragtninger har haft mindre betydning. Glastilbygninger er imidlertid en af de foranstaltninger, der indgår under passiv solvarme. Det er imidlertid først i de senere år, der er skabt interesse for bevidst energimæssig udnyttelse af glastilbygningen i dansk boligbyggeri.

For at få den bedste udnyttelse, såvel energi- som komfortmæssigt, af en glastilbygning bør der være tunge materialer til at akkumulere den overskydende varme.

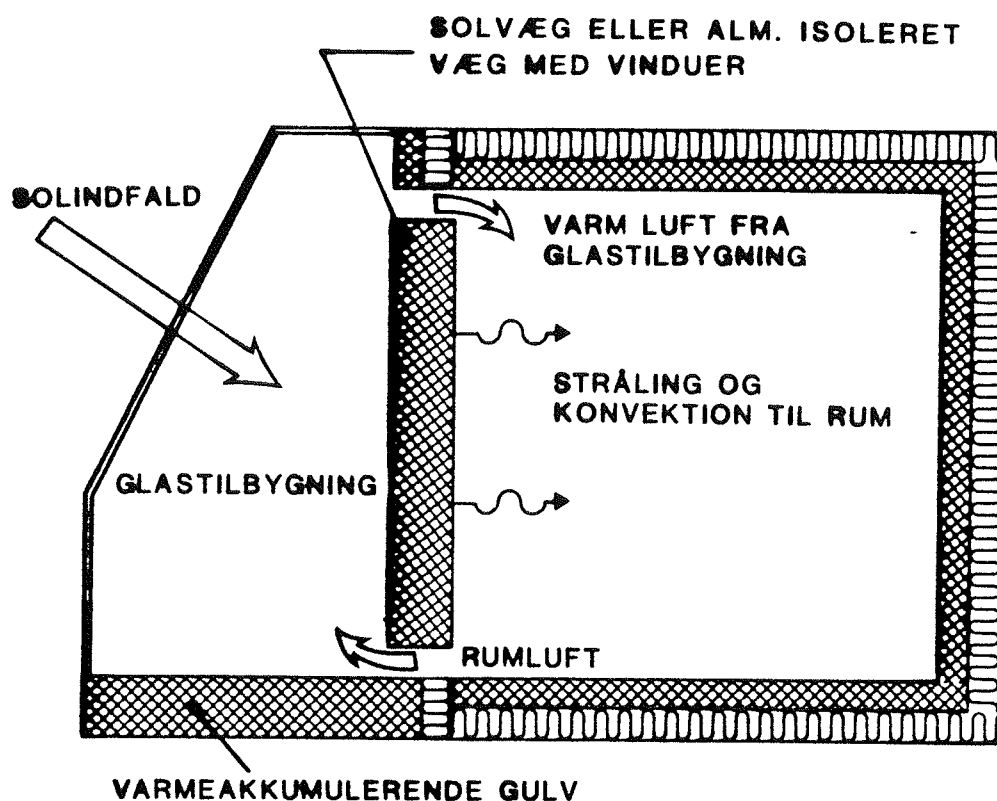
Energitilførslen fra glastilbygningen til selve boligen kan ske ved ledning gennem væggen og solindfald gennem vinduer i væggen. Desuden kan overførslen ske ved forvarmning af ventilationsluften og ved konvektion gennem åbninger placeret foroven og forneden i mellemvæggen. Hvor stor energitilførslen bliver for en given udformning af glastilbygningen afhænger af mellemvæggens opbygning.

I de fleste traditionelle bygninger er mellemvæggen en konventionel isoleret ydervæg med eller uden vinduer og døre.

Mellemvæggen kan også udformes som en tung solvæg, hvor energioverføringen sker ved varmetransmission gennem væggen og eventuelt tillige ved ventilationsåbninger foroven og forneden. Dette princip er vist på figur 2.1-3. I de tilfælde, hvor luften cirkulerer imellem de to zoner, kan dette ske enten ved tvungen eller naturlig konvektion. Hvis der anvendes tvungen konvektion, må der udformes et simpelt temperaturafhængigt kontrolsystem, således at luften kan overføres til boligen på hensigtsmæssige tidspunkter. Dette system vil imidlertid gå under betegnelsen et hybridt system, idet der indgår tvungen energitransport.

En tredje udformning af mellemvæggen kan være en traditionel ydervæg, som beskrevet først; men med ventilationsåbninger til konvektiv overførsel af den varme luft.

I sommermånederne kan der blive meget varmt under glasoverdækningen, og det er nødvendigt at tage nogle forholdsregler for at undgå urimelige overtemperaturer, da en god varmeakkumulerende masse ikke er tilstrækkelig. En af disse forholdsregler kan bestå i udluftningsmuligheder i top og bund af glastilbygningen for at bortventilere den varme luft. Hvis denne forholdsregel



Figur 2.1-3. Eksempel på glastilbygning. Solindfaldet tilføres glastilbygningen ved direkte og diffus stråling. Energitilførsel fra glastilbygning til bolig kan ske ved:

Ledning gennem væg.

Solindfald gennem vinduer i mellemvæg.

Konvektion gennem åbninger i top og bund af mellemvæg.

tillige kombineres med et gardin- eller persiennesystem, vil temperaturniveauet blive acceptabelt selv på varme dage, og urimelige overtemperaturer undgås helt.

## 2.2 Varmeakkumulering

Ved udnyttelse af passiv solvarme er det nødvendigt at foretage et omhyggeligt valg af materialer til de indgående konstruktioner. I denne sammenhæng er varmeakkumuleringskoefficienten (coefficient of heat accumulation / berøringstallet) en meget vigtig parameter. I denne parameter indgår materialets varmeledningstal, varmekapacitet og densitet, og den er defineret som kvadratroden af produktet af de tre størrelser:

$$\beta = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c_p}$$

,hvor  $\beta$  betegner Varmeakkumuleringskoefficienten  $\text{J}/^\circ\text{C m}^2 \text{ s}^{1/2}$   
 $\lambda$  - Varmedningstallet  $\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$   
 $\rho$  - Densiteten  $\text{kg}/\text{m}^3$   
 $c_p$  - Varmefylden  $\text{J}/\text{kg } ^\circ\text{C}$

Da varmeakkumuleringskoefficienten er proportional med den akkumulerede varme, vil denne størrelse kunne oplyse om, hvor velegnet et materiale er som varmeakkumulerende masse.

| Materiale | $\lambda$<br>$\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$ | $\rho$<br>$\text{kg}/\text{m}^3$ | $c_p$<br>$\text{J}/\text{kg } ^\circ\text{C}$ | $\beta$<br>$\text{J}/^\circ\text{C m}^2 \text{ s}^{1/2}$ |
|-----------|--------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Jernbeton | 1,6                                              | 2300                             | 880                                           | 1800                                                     |
| Letbeton  | 0,20                                             | 650                              | 1600                                          | 456                                                      |
| Tegl      | 0,52                                             | 1500                             | 840                                           | 809                                                      |
| Træ       | 0,12                                             | 450                              | 2100                                          | 337                                                      |

Tabel 2.2-1. Oversigt over varmeakkumuleringskoefficienter for fire almindelige bygningsmaterialer.

I tabel 2.2-1 er der vist en oversigt over varmeakkumuleringskoefficienten for fire almindeligt anvendte bygningsmaterialer.

I praksis vil varmeakkumuleringen være afhængig af vægtykkelsen og overgangsisolanserne. Den teoretiske største varmeakkumulering opnås ved en halvuendelig væg uden nogen overgangsisolanser. I praksis bliver den effektive varmeakkumulering mindre pga. overgangsisolanserne og den relative forskel mellem de enkelte bygningsmaterialers varmeakkumuleringsevne mindre.

Da en dybere teoretisk beskrivelse af varmeakkumuleringen falder uden for nærværende rapports rammer, vil den ikke blive beskrevet yderligere i denne rapport.

### 3. EDB-PROGRAMMER TIL BEREKNING AF PASSIV SOLVARME

En analytisk matematisk løsningsbeskrivelse af et termisk dynamisk system er kun mulig i enkelte specielle tilfælde og vil ofte blive meget kompliceret, og ikke egnet til praktiske formål. Beregninger af termisk indeklima kan derfor ikke udføres med analytiske metoder, hvorfor der normalt anvendes diskrete beregningsmetoder udført på edbmaskiner.

Beskrivelsen af et rums varme- og kølebehov ved hjælp af en diskret beregningsmetode kræver løsning af et ligningssystem, der repræsenterer al konvektiv varmeovergang og strålingsudveksling i rummet. Dette betyder i den simpleste form en ligning for rumluften og en for hver overflade.

Erfaringsmæssigt har det vist sig, at løsningsmetoden for ligningssystemet er meget vigtig af hensyn til beregningstiden. Der er to grundmetoder til løsning af det ligningssæt. Nemlig eksplicit og implicit metode. Ved den eksplicitte metode løses en ligning for hver af de ubekendte parametre. Ved den implicitte metode indgår hver af de ubekendte parametre i flere ligninger.

Computertiden er tilnærmelsesvis proportional med antallet af aritmetiske operationer. For en given metode kan antallet af operationer udtrykkes ved et polynomium i afhængighed af antallet af ligninger  $N$ , som forklaret af Walton, George N. - 1980:

$$\text{Operationer: } p_0 + p_1 \cdot N + p_2 \cdot N^2 + p_3 \cdot N^3 + \dots$$

En vigtig karakteristik for et polynomium er den højeste eksponent af  $N$ , der er forskellig fra 0. Denne betegner "løsningens orden". Beregningstiden for en løsning af høj orden forøges stærkt med antallet af ligninger og sætter derfor en grænse for størrelsen af de ligningssæt, der kan løses.

Forskellige tilnærmelser i varmebalanceligningerne er blevet gjort for at opnå et lineært, algebraisk ligningssystem, hvorved standardalgoritmer for løsning kan anvendes.

#### 3.1 Principper for beregning af instationær varmeledning

Den termiske kapacitet for væggene i et rum har stor indflydelse på beregningen af temperatur og energiforbrug for rummet. Det er derfor vigtigt at undersøge varmeledningen i væggene under instationære forhold for at få et rimeligt resultat.

Ved beregning af instationær varmeledning for en væg er det mest almindeligt for edb-programmer til simulering af termisk indeklima at regne 1-dimensionalt. Denne forudsætning medfører, at

randbetingelserne er de samme over hele vægfladen, og at hjørneeffekterne ikke bliver medregnet. Fejlen på denne første tilnærmelse kan i de tilfælde, hvor randbetingelserne varierer meget over vægfladen, reduceres ved at opdele fladen i flere delarealer. Effekten af hjørnerne har i de fleste tilfælde relativ lille betydning, da arealerne er små. Hvor det skønnes, at hjørnerne bør indgå i beregningerne, kan dette gøres ved at specificere specielle 1-dimensionale flader, der tilnærmer hjørnerne.

I bygningskonstruktioner med kuldebroer eller inhomogene materialelag vil der optræde et 2-eller 3-dimensionelt varmeflow. I disse tilfælde kan problemet tilnærmelsesvis løses ved at adskille de enkelte sektioner med parallelle adiabatisk planer, hvorefter de enkelte sektioner kan behandles ved hjælp af en 1-dimensionel model. Det er herved muligt at analysere de fleste bygningskomponenter.

Hvis en bygningskomponent alligevel ønskes undersøgt i det 2- eller 3-dimensionelle tilfælde, må der anvendes specielle edb-programmer eller el-analoger. På Laboratoriet for Varmeisolering anvendes normalt Madsen, Jens F. - 1973 edb-program til beregning af stationære felter ved hjælp af elektriske netværks-analogier. Dette program kan imidlertid kun håndtere stationære tilstande.

På Laboratoriet for Varmeisolering er der udviklet en el-model til beregning af flerdimensionale varmestrømme i bygningskonstruktioner. Modellen er beskrevet af Korsgaard, Vagn & Mogens R. Byberg - 1965 og kan regne på såvel stationære som ikke-stationære varmestrømme.

I nærværende rapport vil flerdimensionale varmestrømme ikke blive behandlet nærmere, idet simulering af det termiske indeklima almindeligvis foregår ved hjælp af 1-dimensionale beregninger. I det følgende vil derfor blive set på differentiaalligningen for den instationære varmeledning i det 1-dimensionale tilfælde.

#### Differentiaalligningen for instationær varmeledning

Differentiaalligningen for instationær varmeledning gennem en homogen væg med konstante fysiske data kan beskrives ved hjælp af en 2. ordens partiel differentiaalligning:

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \cdot \frac{d^2T}{dx^2}$$

|          |          |                          |                     |
|----------|----------|--------------------------|---------------------|
| , hvor T | betegner | temperaturen             | (°C)                |
| t        | -        | tiden                    | (s)                 |
| x        | -        | stedkoordinaten          | (m)                 |
| $\alpha$ | -        | temperaturledningstallet | (m <sup>2</sup> /s) |

Under forudsætning af at denne ligning løses, kan der opstilles en varmebalance for den pågældende væg. I denne varmebalance indgår der følgende tre former for varmetransmission:

1. Ledning
2. Stråling
3. Konvektion

Edb-programmer til løsning af den partielle differentiaalligning kan deles op i 3 grupper, alt efter hvorledes ligningen løses:

1. Fourieranalyser
2. Differens- og elementmetoder
3. Responsfaktormetoder

### Fourieranalyser

Fourieranalyser kan bruges til at løse varmeledningsligningen, hvis randbetingelserne kan repræsenteres ved hjælp af harmoniske sinussvingninger.

For at dette kan lade sig gøre, er det nødvendigt at gøre den tilnærmelse, at vejrdato og rummets egne varmekilder opløses i harmoniske sinussvingninger. Disse metoder fordrer, at de byggetekniske parametre, inklusive overgangsisolanserne, er konstante.

Ulemperne ved disse metoder er, at vejrdato og belastninger ikke kan varieres frit; men at de altid skal tilnærmes til periodestationære tilstande. Det er heller ikke muligt umiddelbart at ændre, fx klimareguleringen over døgnet, uden at gøre beregningerne særdeles komplicerede.

Fordele ved disse metoder er, at Fourierrækken direkte kan hentes fra en tabel, idet påvirkningerne bliver forenklet til meget simple former. Desuden er det kun nødvendigt at medtage nogle få led i rækkeudviklingerne, hvilket medfører hurtige beregninger.

### Differens- og elementmetoder

Differens- og elementmetoder til beregning af varmeledningsproblemer har stor anvendelse, da det er muligt ved hjælp af edb-programmer at løse selv meget komplicerede problemer.

Differensmetoder går ud på at tilnærme differentiaalligningen for instationær varmeledning ved hjælp af endelige-differens approksimationer. Herefter foretages en opdeling af væggen i enkelte lag, og der vælges et passende tidsstep. Det er herudfra muligt at udregne temperaturen i det næste tidsstep udfra lineære ligninger eller et lineært ligningssystem.

Differens- og elementmetoder er meget fleksible og er i stand til at arbejde med såvel lineære som ulineære grænsebetingelser. Teorien og matematikken bag dem er simpel, og det er relativt let at skrive et edb-program, til løsning af specifikke opgaver.

Præcisionen, computertiden og stabiliteten af modellen er alle afhængige af antallet af knuder, tidsstep og den valgte løsningsmetode.

### Responsfaktormetoder

Responsfaktormetoder kræver ret omfattende beregninger for at finde responsfaktorerne. Imidlertid er de meget hurtige, når først responsfaktorerne er udregnet, og for bygninger, der skal simuleres over en længere tidsperiode, kan de være mindre beregningskrævende end tilsvarende differens- og elementmetoder. Det er derfor en fordel at lagre responsfaktorerne for en given konstruktion i et bibliotek, således at de kun skal beregnes en gang.

Responsfaktormetoder gør brug af princippet om superposition. Superposition kan kun anvendes ved lineære systemer, hvorfor rummodellen må opstilles, så dette krav er opfyldt. Det betyder, at responsfaktormetoder er udviklet ud fra princippet om, at responsen fra et system for en sum af impulser er lig summen af responserne fra systemet for hver af impulserne virkende for sig.

Princippet ved metoderne er, at fx en væg påtrykkes en enhedsimpuls på den ene overflade fra enten en varmestrøm eller en temperatur. Dette resulterer i to tidsserier, som for den pågældende væg angiver varmestrømmen ind i væggen overflader (for temperaturens vedkommende angiver de temperaturstigninger på overfladen for 1, 2, 3 .....n tidsintervaller, efter den pågældende enhedsimpuls er påtrykt).

Enhver påvirkning kan herefter udtrykkes ved hjælp af en serie impulser med et givet tidsinterval og amplitude. Resultatet fra påvirkningen fås herefter til et givet tidspunkt ved at summere responsfaktorerne for de forudgående tidsintervaller.

### 3.2 Generel beskrivelse af avancerede edb-programmer

Avancerede edb-programmer til beregning af termisk indeklima udfører beregninger på timebasis for et helt år under anvendelse af vejrdata for den pågældende lokalitet. Disse beregninger kan deles op i 3 hoveddele:

1. Beregning af temperatur og energiforbrug
2. Beregning af ventilationssystem
3. Beregning af centralvarmeanlæg (køleanlæg)

Beregning af temperaturer og energiforbrug for en bygning er baseret på en detaljeret termisk analyse af en bygning og dens komponenter. Behovet for at beregne den instationære varmeledning for væggene på en korrekt måde gør denne del af programmet kompliceret. Dette medfører, at beregningen bliver tidskrævende, hvorfor der normalt foretages en del simplificeringer for at nedbringe CPU-tiden.

Beregning af ventilationssystemet kan foretages samtidig med eller efter beregningen af energibehovet. Denne del af analysen er sædvanligvis baseret på stationære betragtninger. Resultatet fra denne del af beregningen er behovet på timebasis for varmt og koldt vand og elektricitet.

Beregning af centralvarmeanlæg er den sidste del af energianalysen og er baseret på energibehovet til at dække bygningens dimensionerende varmetab. Denne del er relativ simpel og er sædvanligvis baseret på polynomiske udtryk for kedler, køleanlæg etc. Disse udtryk er empiriske data hentet fra forhandlere og anvendes som input til programmet.

Økonomiberegning er kun medtaget i nogle få programmer. Det er i disse programmer muligt at lave en økonomisk optimering af de samlede omkostninger for varmeanlægget eller hele byggeriet.

I de tre beregningsdele er det kun nødvendigt at regne ikke-stationært i den første del, hvor varmebalancerne for rummene udregnes. Ved ventilationsanlægget kan der derimod regnes stationært ud fra den betragtning, at varmekapaciteten i luften er lille i forhold til den varmemængde, der overføres fra varmeanlægget til luften. Desuden er kontrolsystemets respons for ventilationssystemet meget hurtigere end en time, der anvendes ved beregningen af temperatur og energiforbrug i første del.

På baggrund af ovenstående fremgår det, at 1. del af simuleringen er den mest tidskrævende, da varmebalancen er instationær og komplekst sammensat. Det er derfor af stor betydning ved valg af et energiberegningsprogram at vælge et, der kombinerer en lav

beregningstid med en god grundmodel for varmebalancerne i bygningen. Herudover er det væsentligt at vælge et program, der er brugervenligt (pre- og postprocessing) og fleksibelt, så det er muligt at regne detaljeret på selv meget komplekst udformede bygninger.

### 3.3 Valg af edb-programmer til beregning af passiv solvarme

Der findes mange edb-modeller på markedet til beregning af termisk indeklima. Det er imidlertid kun få af dem, der er i stand til at beregne passive og hybride systemer. I dette projekt er det hensigten at finde et edb-program, der har mange faciliteter, kort beregningstid, er brugervenligt og velegnet til beregning af passiv solvarme. Dette er store krav at stille til et edb-program, og ved nærmere analyse af de tilgængelige programmer viser det sig, at kun få kan opfylde disse krav.

I denne analyse er ca. 40 edb-programmer blevet analyseret på baggrund af såvel tilgængelig litteratur, SERI-1980 & Littler, J.G.F. - 1982 & Jørgensen, Ove - 1983 (rapporten har været publiceret i fortryk på et tidligere tidspunkt) som upubliceret litteratur, Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber - 1983. Herudover har diverse manualer for relevante edb-programmer, en række artikler i ASHRAE Transactions og personlige samtaler med nedenstående forskere fra universiteter og læreanstalter ligget til grund for vurderingen:

#### Danmark

|                |                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------------|
| Eidorff, Stig  | Laboratoriet for Varmeisolering,<br>Danmarks tekniske Højskole |
| Holmgård, Ove  | Danske Elværkers Forenings Udredningsafdeling                  |
| Jørgensen, Ove | Laboratoriet for Varmeisolering,<br>Danmarks tekniske Højskole |
| Lund, Hans     | Laboratoriet for Varmeisolering,<br>Danmarks tekniske Højskole |
| Olsen, Lars    | Laboratoriet for Varmeisolering,<br>Danmarks tekniske Højskole |

#### Norge

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| Jacobsen, Terje | SINTEF 157 VVS, Trondheim |
|-----------------|---------------------------|

#### Sverige

|                |                                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Källblad, Kurt | Institutionen för Byggnadskonstruktionslära,<br>Tekniska Högskolan i Lund |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|

### Storbritannien

Clarke, Joe A. ABACUS, Department of Architecture,  
University of Strathclyde, Glasgow

### Belgien

Liebecq, Georges Laboratoire de Physique du Batiment,  
Université de Liège

### USA

Arumi, Francesco University of Texas at Austin,  
School of Architecture

Herron, Dale L. U.S. Army Construction Engineering Research  
Laboratory, Champaign

Hittle, Douglas C. U.S. Army Construction Research Laboratory,  
Champaign

Lawrie, Linda U.S. Army Construction Engineering Research  
Laboratory, Champaign

Palmiter, Larry Ecotope Group, Seattle

Pedersen, C.O. Department of Mechanical and Industrial Engi-  
neering, University of Illinois at Urbana-  
Champaign

Walton, George N. Building Physic Division, National Bureau of  
Standards

Winkelmann, Fred Building Energy Analysis Group, Lawrence  
Berkeley Laboratory

Da denne rapport er skrevet efter det foretagne valg, er analy-  
sen baseret på den til dato kendte viden for at verificere, at  
der ikke er sket væsentlige ændringer siden.

I det følgende vil nogle tidligere undersøgelser angående  
udvælgelse af egnede edb-programmer til beregning af passiv sol-  
varme blive gennemgået. På baggrund af dette vil egnede edb-pro-  
grammer blive udvalgt til nærmere analyse i næste afsnit.

### Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber

I 1981 dannede Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber "The  
Passive Solar Modelling Sub Group" (MSG) for at undersøge og  
udvælge et avanceret edb-program til beregning af passiv sol-  
varme. Dette program skulle være lettilgængeligt, således at det  
skulle kunne implementeres og anvendes i medlemslandene. Resul-  
tatet af arbejdet er beskrevet i Passive Solar Modelling Sub  
Group - 1983 og i Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber -  
1983.

Gruppen bestod af en række eksperter fra EF's medlemslande, der tilsammen havde et meget bredt kendskab til de tilgængelige edb-programmer. Arbejdet i denne gruppe bestod i at udvælge og teste forskellige edb-modeller, der skønnedes velegnede til formålet. Gruppen koncentrerede sig om metoder, der var velegnede til beboelsesbygninger. I arbejdet blev der medtaget ca. 50 modeller, som skulle dække langt de fleste mulige; men der kan være enkelte modeller, som ikke er medtaget, fordi gruppen ikke kendte deres eksistens.

Et resultat af gruppens arbejde blev, at mange modeller ikke kunne anbefales af praktiske årsager. Dette kunne fx være mangelen på dokumentation, hvilket er en meget væsentlig ting, hvis programmet skal anvendes andre steder.

I tabel 3.3-1 er der vist en oversigt over resultatet af gruppens arbejde indeholdende i alt 26 ud af de ca. 50 undersøgte modeller. Tabellen er hentet fra Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber - 1983. I tabellen er anvendt følgende 4 indledende udvælgelseskriterier:

#### Indledende udvælgelseskriterier

1. Velegnet til passiv solvarme
2. Let at anvende
3. Fuldt dokumenteret
4. Let tilgængelig

Af tabellen fremgår det, at det kun er 5 modeller, der opfylder alle de 4 udvælgelseskriterier:

| <u>Program</u> | <u>Land</u>    |
|----------------|----------------|
| DEROB          | USA            |
| ESP            | Storbritannien |
| LPB1           | Belgien        |
| MORE           | Italien        |
| SUNCODE        | USA            |

Ud over disse 5 programmer er der yderligere 2, som det er af interesse at betragte, idet BLAST 3:0 og DOE 2 opfylder 3 af de 4 kriterier. BLAST 3:0 anses for at være velegnet til passiv solvarme, men da det er vanskeligt at implementere, ser gruppen bort fra dette program i den videre udvælgelsesfase. DOE 2 er også velegnet til passiv solvarme, men anses af gruppen ikke at være let at anvende.

Undertegnede mener ikke, at der umiddelbart kan ses bort fra BLAST 3:0 og DOE 2 i forbindelse med forskning i passiv solvarme under danske forhold. Specielt bør det anføres, at BLAST ikke kan kasseres ud fra den betragtning, at det er vanskeligt at implementere. Dette hænger sammen med, at der i modsætning til EF-arbejdet kun er behov for at implementere programmet en gang for alle i Danmark, hvorfor det betyder mindre, at dette arbejde er vanskeligt.

| PROGRAMMETS<br>NAVN    | INDLEDENDE UDVÆLGELSESKRITERIER    |                   |                            |                         | BEMÆRKNINGER                                                           |
|------------------------|------------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                        | Velegnet<br>til passiv<br>solvarme | Let at<br>anvende | Fuldt<br>dokumen-<br>teret | Let<br>tilgæn-<br>gelig |                                                                        |
| 1 Admittance<br>Model  | Nej                                |                   |                            |                         | Ikke nok vægt på passiv solvarme                                       |
| 2 ATKOOL               | Nej                                |                   |                            |                         | Hovedsagelig til beregning<br>af ventilationssystemer                  |
| 3 BA4                  | Nej                                |                   |                            |                         | Ikke nok vægt på passiv solvarme                                       |
| 4 BEEP                 | Nej                                |                   |                            |                         | Kommercielt program                                                    |
| 5 BLAST 3.0            | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Nej                     | Virkelig god til passiv solvarme,<br>stort og vanskeligt at installere |
| 6 BUILD                | Nej                                |                   |                            |                         | Mere økonomi end passiv solvarme                                       |
| 7 CEN                  | Nej                                |                   |                            |                         | Kun for konstruktionslementer                                          |
| 8 DEROB                | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Ja                      | Specielt udviklet til passiv<br>solvarme, vanskeligt at anvende        |
| 9 DOE.2                | Ja                                 | Nej               | Ja                         | Ja                      | Meget stort, især til<br>kommercielle bygninger                        |
| 10 DYWON 3             | Nej                                |                   |                            |                         | Kun for konstruktionslementer                                          |
| 11 ESP (5)             | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Ja                      | God model med inddatamuligheder                                        |
| 12 HEAT                | ?                                  |                   |                            |                         | Dårlige inddata, primært<br>et forskningsværktøj                       |
| 13 HOUSE               | Nej                                |                   |                            |                         | Ikke anvendelig til passiv solvarme                                    |
| 14 KLIMASIM            | Nej                                |                   |                            |                         | Behandler kun lag ikke bygninger                                       |
| 15 KLI-PAS             | Ja                                 | Nej               |                            |                         | På en Burroughs 87700                                                  |
| 16 LPB-1               | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Ja                      | Op til 20 zoner                                                        |
| 17 Lyons'<br>Model     | Nej                                |                   |                            |                         | Især for landbrugsejendomme                                            |
| 18 Masuch's<br>Model   | Ja                                 | Nej               |                            |                         |                                                                        |
| 19 MORE                | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Ja                      | Op til 20 zoner                                                        |
| 20 Multi Room<br>Model | Ja                                 | Nej               |                            |                         | Skrevet i Simula<br>til CDC maskiner                                   |
| 21 OPT                 | Ja                                 | Ja                | Nej                        |                         | Ikke dokumenteret                                                      |
| 22 PASOLE              | Ja                                 | Nej               | Nej                        | Ja                      | Vanskeligt at anvende                                                  |
| 23 Phillips'<br>Model  | ?                                  | ?                 | ?                          | Nej                     | Ikke færdiggjort endnu                                                 |
| 24 Sheffield<br>Model  |                                    |                   |                            |                         | Især til forudsigelse<br>af klimadata                                  |
| 25 SUNCODE (9)         | Ja                                 | Ja                | Ja                         | Ja                      | Specielt udviklet til passiv<br>solvarme, let at anvende               |
| 26 THERM               | ?                                  | Nej               |                            |                         | Kun anvendelig til systemer<br>med time sharing                        |

Tabel 3.3-1. Oversigt over resultatet af "The Passive Solar Modelling Sub Group's" arbejde med udvælgelse af avanceret edb-program til beregning af Passiv Solvarme. (Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber - 1983).  
Undertegnede bemærkninger: 1) Klassificeringen af DEROB til at være "let virker inkonsekvent, når bemærkningen "vanskeligt at anvende" knyttes til. Der er en åben modstrid i dette.

## Littler

En anden af de undersøgelser, der har interesse, er foretaget af Littler, J.G.F. - 1982, hvor han har analyseret de tilgængelige modeller ved hjælp af et litteraturstudium og en række personlige samtaler. I tabel 3.3-2 er der vist en oversigt over de resultater, han fandt frem til efter den første grovsortering af modellerne. Af tabellen fremgår det, at det kun er 5 modeller, der ikke får nogen anmærkning. De 5 modeller er følgende:

| Program | Land           |
|---------|----------------|
| BLAST   | USA            |
| DEROB   | USA            |
| ESP     | Storbritannien |
| SUNCODE | USA            |
| THERM   | Storbritannien |

Littler kasserer imidlertid i næste sortering THERM på grund af dets begrænsede evne til at håndtere skyggegivende genstande.

| PROGRAMMETS NAVN | FORSKNINGS-ORIENTERET | ARKITEKT-ORIENTERET | BEREGNING PÅ TIMEBASIS | TIDSPERIODE FOR BEREGNING | BEREGNINGS-METODE | BEGRUNDELSE FOR AT MODEL ER MINDRE VELEGNET END ANDRE PASSIVE SIMULERINGER                                   |
|------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BLAST 3:0        | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | RF                |                                                                                                              |
| BRISTOL (analog) | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | Hardware          | Da den er en analogregnemaskine, er den vanskelig at ændre parametre på                                      |
| BUILD            | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | RF                | Meget fint input og output, men mindre detaljeret til at udføre beregninger                                  |
| DEROB 4          | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | ED                |                                                                                                              |
| DOE 2.1          | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | RF                | Modellen er presset til at håndtere passive systemer og i høj grad rettet mod HVAC centralsystemer           |
| ESP              | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | ED                |                                                                                                              |
| HOUSE            | X                     |                     | X                      | 4-dags perioder           | ED                | Behandler kun 4-dags perioder                                                                                |
| SUNCODE          | X                     | X                   | X                      | ENHVER                    | ED                |                                                                                                              |
| THERM            | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | RF                |                                                                                                              |
| UMIST (analog)   | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | Hardware          | Da den er en analogregnemaskine, er den vanskelig at ændre parametre på                                      |
| UWENSOL          | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | ED                | Ikke særlig godt dokumenteret                                                                                |
| UWIST            | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | ED                | Først og fremmest et forskningsværktøj uden de nødvendige input/output faciliteter, der gør det let at bruge |
| 2 ZONE           | X                     |                     | X                      | ENHVER                    | RF                | Begrænset til 2 zoner                                                                                        |

Tabel 3.3-2. Oversigtsfigur for edb-modeller til beregning af passiv solvarme, udarbejdet af Littler, J.G.F. - 1982.

RF: Responsfaktor metode

ED: Endelig differens metode

# International Energy Agency (IEA)

I forbindelse med IEA's arbejde i TASK VIII "Passive and Hybrid Solar Low Energy Buildings" er der foretaget en del forskning for at få et overblik over de tilgængelige edb-modeller. Dette arbejde mundede i 1983 ud i rapporten "Analysis Model Survey", Jørgensen, Ove - 1983, hvor 31 modeller fra 10 lande præsenteres dels i oversigtstabeller og dels i 3-4 siders skemaform for hver enkelt model.

| APPLICATION,<br>CAPABILITY<br><br>PROGRAM NAME | PASSIVE SYSTEMS |             |                   | NUMBER<br>OF ZONES | HEATING |         |        |   |       |              | COOLING      |         |           |                   |      |             | DAY LIGHTING | DHW |       |              |         |           |                   |                |      |              |
|------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------|--------------------|---------|---------|--------|---|-------|--------------|--------------|---------|-----------|-------------------|------|-------------|--------------|-----|-------|--------------|---------|-----------|-------------------|----------------|------|--------------|
|                                                | DIRECT GAIN     | TROMBE WALL | ATTACHED SUNSPACE | HYBRID             | >25     | 10 - 25 | 2 - 10 | 1 | LOADS | SPACE TEMPS. | ACTIVE SOLAR | SHADING | ECONOMICS | UNDERGROUND LOADS | MASS | HVAC SYSTEM |              |     | LOADS | SPACE TEMPS. | SHADING | ECONOMICS | UNDERGROUND LOADS | SLOPED GLAZING | MASS | HVAC SYSTEMS |
| PASSIVE HOUSE DESIGN                           | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           | ●                 | ●    |             |              |     |       |              |         |           |                   |                |      |              |
| ENCORE - CANADA                                | ●               | ●           |                   |                    |         | ●       |        |   | ●     | ●            |              |         |           | ●                 | ●    | ●           |              |     |       |              |         |           |                   |                |      |              |
| PASSIVE                                        | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              | ●       |           |                   | ●    |             |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| SIMNET                                         | ●               | ●           |                   | ●                  |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| RA4                                            | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           | ●                 | ●    |             |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| HAUSER                                         | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| MORE                                           | ●               | ●           |                   |                    |         | ●       |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| SMP                                            | ●               | ●           |                   |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| AZ17                                           | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      |              |
| BYVOK                                          | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| ENCORE                                         | ●               | ●           |                   |                    |         | ●       |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                | ●    | P            |
| BFEP                                           | ●               | ●           | ●                 | ●                  | ●       |         |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| KL1                                            | ●               | ●           |                   |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            |              | 1)      |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     | 1)           |         | ●         | ●                 |                | ●    |              |
| PASSIM                                         | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| MODPAS                                         | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           | ●                 |                |      |              |
| IGLOU                                          | ●               | ●           | ●                 |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| BAUDYN                                         | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                | ●    |              |
| STEMOD/DYWAN                                   | ●               | ●           | ●                 |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| MUR-DIODE                                      | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| SOLTRAP                                        | ●               | ●           |                   | ●                  |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         |           |                   |                |      |              |
| HELIOS                                         | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              |      | P            |
| BLAST 3.0                                      | ●               | ●           |                   |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●    | ●           |              | ●   | ●     | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●              | ●    | A/P          |
| DEROB IV                                       | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| DOE - 2.1 A                                    | ●               | ●           |                   |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            | ●            |         | ●         | ●                 | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    | A/P          |
| EMPS 2.0                                       | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| SERI-RES 1.0                                   | ●               | ●           |                   |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| TRNSYS 11.1                                    | ●               | ●           |                   |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            | ●            | ●       | ●         |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    | A            |
| PASOLE                                         | ●               | ●           | ●                 | ●                  |         | ●       |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| LPBI                                           | ●               | ●           |                   |                    | ●       |         |        |   | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| SOLPA                                          | ●               | ●           |                   |                    |         |         |        | ● | ●     | ●            |              |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |
| ESP                                            | ●               | ●           | ●                 |                    |         |         | ●      |   | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●    | ●           |              | ●   | ●     |              |         | ●         | ●                 | ●              | ●    |              |

A =ACTIVE, P=PASSIVE =THERMO SYPHON, 1) OVERHANG ONLY

Tabel 3.3-3. Oversigt over anvendelse og brugbarhed for de 31 undersøgte modeller.  
(Jørgensen, Ove - 1983).

I tabel 3.3-3 er der vist den første tabel fra rapporten, hvor der er en oversigt over modellernes anvendelse og brugbarhed. I rapporten er der yderligere 5 oversigtstabeller. På baggrund af disse tabeller med tilhørende skemaer og samtaler med andre forskere, har undertegnede gennemgået modellerne i rapporten kritisk. Resultatet af denne gennemgang er vist i tabel 3.3-4. Af tabellen fremgår det, at kun følgende 8 programmer er tilbage efter de indledende udvælgelseskriterier:

| Program      | Land           |
|--------------|----------------|
| MORE         | Italien        |
| STEMOD/DYWAN | Schweiz        |
| BLAST 3:0    | USA            |
| DEROB IV     | USA            |
| DOE - 2.1A   | USA            |
| SERI-RES 1.0 | USA            |
| LFBI         | Belgien        |
| ESP          | Storbritannien |

Ved nærmere analyse af programmerne må MORE og STEMOD/DYWAN til-  
lige frasorteres. Dette skyldes for MORE's vedkommende, at  
dokumentationen for programmet kun er skrevet på italiensk, og  
for STEMOD/DYWAN, at faciliteterne er betydelig færre end i de  
øvrige programmer.

| PROGRAMMETS<br>NAVN  | Begrundelse for at en model er mindre velegnet<br>til Passiv Solvarme |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| PASSIVE HOUSE DESIGN | Engelske enheder, en zone                                             |
| ENCORE - CANADA      | Direkte tilskud, engelske enheder                                     |
| PASSIVE              | Dokumentation mangler, WANG computer                                  |
| SIMNET               | Forskningsprogram, generelt netværksprogram                           |
| BA4                  | Direkte tilskud, en zone                                              |
| HAUSER               | Direkte tilskud                                                       |
| MORE                 |                                                                       |
| SMP                  | Direkte tilskud                                                       |
| AZIZ                 | Direkte tilskud, en zone                                              |
| BYVOK                | Direkte tilskud, en zone                                              |
| ENCORE               | Direkte tilskud                                                       |
| BFEP                 | Forskningsprogram, generelt netværksprogram                           |
| KLI                  | Direkte tilskud                                                       |
| PASSIM               | Forskningsprogram, generelt netværksprogram                           |
| MODPAS               | Ikke offentligt tilgængeligt, simpel grundmodel                       |
| IGLOU                | Stationær model                                                       |
| BAUDYN               | Direkte tilskud, en zone                                              |
| STEMOD/DYWAN         |                                                                       |
| MUR-DIODE            | En zone                                                               |
| SOLTRAP              | En zone                                                               |
| HELIOS               | Direkte tilskud, en zone                                              |
| BLAST 3:0            |                                                                       |
| DEROB IV             |                                                                       |
| DOE-2.1 A            |                                                                       |
| EMPS 2.0             | Engelske enheder, forskningsprogram                                   |
| SERI-RES 1.0         |                                                                       |
| TRNSYS 11.1          | Programmet er mest koncentreret om aktiv solvarme                     |
| PASOLE               | Forskningsprogram, generelt netværksprogram                           |
| LFB1                 |                                                                       |
| SOLPA                | Direkte tilskud, en zone                                              |
| ESP                  |                                                                       |

Tabel 3.3-4. Resultatet af undersøgelse af egnede programmer til Passiv Solvarme baseret på Jørgensen, Ove - 1983 og samtaler med en række eksperter.

|                                             |                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Direkte tilskud:                            | Programmet kan kun regne med direkte tilskud, hvorfor det ikke er velegnet til Passiv Solvarme.                                                                                                                      |
| Dokumentation mangler:                      | Da der ikke forefindes dokumentation til programmet, kan det ikke anvendes i praksis.                                                                                                                                |
| Engelske enheder:                           | Der anvendes kun engelske enheder i programmet.                                                                                                                                                                      |
| En zone:                                    | Programmet kan kun regne på en zone, hvilket må anses for utilstrækkeligt.                                                                                                                                           |
| Forskningsprogram/generelt netværksprogram: | Programmet er et forskningsprogram baseret på en generel netværksmodel. Dette medfører, at programmet i princippet kan simulere hvad som helst; men det medfører samtidig, at det ikke er så let at anvende.         |
| Stationær model:                            | Der anvendes en stationær grundmodel, hvilket betyder, at instationære forhold ikke kan simuleres. Dette betyder, at modellen ikke kan benyttes til passiv solvarme, hvor instationære forhold er af stor betydning. |
| WANG computer:                              | Programmet kan kun køre på en WANG computer, og da vi ikke har adgang til denne computer, kan vi ikke anvende programmet.                                                                                            |

## TARP

Udover de nævnte programmer har der i de senere år været et nyt og spændende program under udvikling på National Bureau of Standards, Washington, USA (NBS). Programmets navn er "TARP" og er en videreudvikling af den 1. del af BLAST-programmet, hvor temperatur og energiforbrug beregnes. Da netop beregningen af temperatur og energiforbrug (1. del af BLAST) er den vigtigste del for beregning af passiv solvarme, og BLAST i forvejen er et meget velegnet program, bliver TARP således et meget attraktivt program. Programmet har ifølge Walton, George N. en mere avanceret og udviklet model end BLAST. Programmet har imidlertid den afgørende ulempe, at det er et forskningsprogram, og at der ikke er nogen "support" til det. Dette hænger sammen med, at programmet primært anvendes til forskning og udvikling på National Bureau of Standards, og at der derfor ikke bliver udført noget større arbejde for at gøre programmet brugervenligt for brugere uden for NBS. Undertegnede mener derfor, at dette program ikke opfylder de rammer og krav, der er opstillet for dette projekt.

# Egnede edb-programmer til beregning af passiv solvarme

I det foregående er resultaterne af 3 nyere undersøgelser blevet beskrevet. For at få et overblik over disse resultater er de sammenstillet i tabel 3.3-5. Af denne tabel fremgår det, at 8 programmer er nævnt. 2 af programmerne er imidlertid næsten identiske, idet Solar Energy Research Institute, USA (SERI) lod det private firma Ecotope Group, Seattle, USA udvikle SUNCODE. SERI videreudviklede senere dette program til SERI-RES 1.0.

| Land            | Computer   | Under-søgelse | Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber | Littler   | International Energy Agency (IEA) og undertegnede |
|-----------------|------------|---------------|---------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|
|                 |            |               |                                             |           |                                                   |
| USA             | CDC        |               |                                             | BLAST 3:0 | BLAST 3:0                                         |
| USA             | CDC        |               | DEROB IV                                    | DEROB IV  | DEROB IV                                          |
| USA             | CDC        |               |                                             |           | DOE-2.1 A                                         |
| Storbri-tannien | Flere      |               | ESP                                         | ESP       | ESP                                               |
| Belgien         | IBM        |               | LFB1                                        |           | LFB1                                              |
| Italien         | VAX/UNIVAC |               | MORE                                        |           |                                                   |
| USA             | CDC/PRIME  |               |                                             |           | SERI-RES 1.0                                      |
| USA             | CDC/PRIME  |               | SUNCODE                                     | SUNCODE   |                                                   |

Tabel 3.3-5. Oversigt over resultaterne fra de 3 beskrevne undersøgelser. (Computeroplysninger er hentet fra Jørgensen, Ove - 1983).

Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber har medtaget det italienske edb-program MORE blandt de 5 bedste programmer ud fra deres valgte kriterier. Dokumentationen for programmet er imidlertid skrevet på italiensk, hvorfor det er uden interesse i denne sammenhæng. Ifølge Lund, Hans er faciliteterne og brugervenligheden af det belgiske LFB1 betydelig mindre end det engelske ESP, hvorfor han klart anbefaler ESP fremfor LFB1. LFB1 vil derfor ikke blive vurderet nærmere i denne rapport.

Efter denne frasortering er der kun 5 edb-programmer tilbage, idet SERI-RES 1.0 vil blive foretrukket fremfor SUNCODE, som det er en videreudvikling af.

### 3.4 De 5 udvalgte edb-programmer

I dette afsnit vil de 5 udvalgte edb-programmer blive vurderet nærmere:

| Program      | Land           |
|--------------|----------------|
| BLAST 3:0    | USA            |
| DEROB IV     | USA            |
| DOE - 2.1A   | USA            |
| SERI-RES 1.0 | USA            |
| ESP          | Storbritannien |

Til denne vurdering vil et koncentrat af tabellerne fra Jørgensen, Ove - 1983 blive anvendt, idet disse indeholder alle væsentlige parametre i oversigtsform.

Herudover er samtaler med de i afsnit 3.3 nævnte forskere og følgende manualer/rapporter blevet anvendt:

| <u>Program</u> | <u>Manualer/Rapporter</u>                                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| BLAST 3:0      | Hittle, Douglas C. - 1979<br>Herron, Dale L. & Georg N. Walton & Linda Lawrie - 1981 |
| DEROB          | Higgs, F.S. & J.W. Hand & A.S. Rennie - 1984                                         |
| DOE-2          | Lawrence Berkeley Laboratory - 1979<br>Los Alamos Scientific Laboratory - 1979       |
| SERI-RES 1.0   | SERI: "SERI-RES Version 1.0"<br>TPI, Incorporated -1984                              |
| ESP            | Clarke, Joe A. - Januar 1982                                                         |

#### 3.4.1 Anvendelse og brugbarhed

I tabel 3.4-1 er der givet en oversigt over anvendelse og brugbarhed for de 5 udvalgte edb-modeller. Tabellen er delt op i 4 hovedgrupper:

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Passive systemer             | (Passive Systems) |
| Antal zoner der kan beregnes | (Number of zones) |
| Opvarmning                   | (Heating)         |
| Køling                       | (Cooling)         |

## Passive systemer

Passive systemer omfatter i tabellen:

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| Direkte tilskud  | (Direct Gain)        |
| Trombé vægge     | (Trombe Wall)        |
| Glastilbygninger | (Attached Sunspaces) |
| Hybride systemer | (Hybrid)             |

| APPLICATION,<br>CAPABILITY<br><br>PROGRAM NAME |  | PASSIVE SYSTEMS |             |                   |        | NUMBER OF ZONES |         | HEATING |   |       |              |              |         |           |                   | COOLING |             |       |              |         |           |                   |                | DAY LIGHTING | A/P | UHW |      |              |
|------------------------------------------------|--|-----------------|-------------|-------------------|--------|-----------------|---------|---------|---|-------|--------------|--------------|---------|-----------|-------------------|---------|-------------|-------|--------------|---------|-----------|-------------------|----------------|--------------|-----|-----|------|--------------|
|                                                |  | DIRECT GAIN     | TROMBE WALL | ATTACHED SUNSPACE | HYBRID | > 25            | 10 - 25 | 2 - 10  | 1 | LOADS | SPACE TEMPS. | ACTIVE SOLAR | SHADING | ECONOMICS | UNDERGROUND LOADS | MASS    | HVAC SYSTEM | LOADS | SPACE TEMPS. | SHADING | ECONOMICS | UNDERGROUND LOADS | SLOPED GLAZING |              |     |     | MASS | HVAC SYSTEMS |
| BLAST 3:0                                      |  | ●               | ●           |                   |        | ●               |         |         |   | ●     | ●            | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●       | ●           | ●     | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●              | ●            | ●   | ●   | A/P  |              |
| DEROB IV                                       |  | ●               | ●           | ●                 |        |                 |         | ●       |   | ●     | ●            |              | ●       |           | ●                 | ●       | ●           | ●     | ●            |         | ●         | ●                 | ●              | ●            | ●   | ●   |      |              |
| DOE - 2.1 A                                    |  | ●               |             |                   |        | ●               |         |         |   | ●     | ●            | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●       | ●           | ●     | ●            | ●       | ●         | ●                 | ●              | ●            | ●   | ●   | A/P  |              |
| SERI-RES 1.0                                   |  | ●               | ●           | ●                 |        |                 |         | ●       |   | ●     | ●            |              |         |           | ●                 | ●       |             | ●     | ●            |         | ●         | ●                 | ●              | ●            |     | ●   |      |              |
| ESP                                            |  | ●               | ●           | ●                 |        |                 |         | ●       |   | ●     | ●            | ●            |         |           |                   | ●       |             | ●     | ●            | ●       |           | ●                 | ●              |              |     | ●   |      |              |

A=AKTIV P=PASSIV

Tabel 3.4-1. Oversigt for anvendelse og brugbarhed for de 5 udvalgte edb-modeller til beregning af passiv solvarme.  
(Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983)

Direkte tilskud, Trombé vægge: Alle programmer kan håndtere direkte tilskud, hvorimod kun BLAST, DEROB og SERI-RES direkte kan regne på Trombé vægge. ESP er ganske vist mærket af til at kunne regne på Trombé vægge, men dette er ifølge Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber - 1983 under forudsætning af, at brugeren selv skal opbygge en model af Trombé væggen, hvilket kan være forbundet med en del problemer for brugere, der ikke er godt inde i programmet.

Glastilbygninger kan ifølge tabellen kun beregnes af DEROB, SERI-RES og ESP; men i praksis er definitionen på, hvornår et program kan regne på glastilbygninger temmelig uklar. Dette hænger sammen med, at skal et edb-program regne eksakt på en

glastilbygning, skal programmet være i stand til at regne på indvendige glasarealer mellem glastilbygningen og de tilstødende rum. Dette kræver en meget detaljeret algoritme og er meget kompliceret. Hvor detaljerede algoritmerne er i ESP vides ikke.

I DEROB forefindes der ifølge Källblad, Kurt algoritmer, der er i stand til at regne på glaspartier i indervægge. Imidlertid er Källblad af den opfattelse, at modellen for vinduer er for enkel, hvilket giver anledning til mindre nøjagtige beregninger.

I SERI-RES gøres der den tilnærmelse, at brugeren i inputfilen skønner, hvor stor en procentdel af solindfaldet der transmitteres videre fra glastilbygningen til de tilstødende rum. Da dette reelt er meget vanskeligt at vurdere og tillige er døgn- og årstidsafhængigt, må resultaterne tages med forbehold.

BLAST kan ikke umiddelbart regne med transmitteret solindfald gennem glaspartier i indervægge; men på Laboratoriet for Varmeisolering er der udviklet et par metoder, der gør det muligt at regne på glastilbygninger.

Hybride systemer kan ifølge tabellen ikke simuleres af nogen af programmerne. Ved nærmere undersøgelse af de 5 programmer viser det sig imidlertid, at i hvert fald 3 er i stand til i mindre omfang at regne på hybride systemer:

BLAST  
SERI-RES  
ESP

Simple hybride systemer er en direkte del af BLAST programmet, hvorimod ESP fordrer, at brugeren selv skal opbygge en model af systemet.

Hybride systemer er et af de områder inden for edb-programmerne, der i fremtiden bør arbejdes mere med for at kunne dække dette behov.

### Antal\_zoner

For at kunne analysere mulighederne for udnyttelse af passiv solvarme bør modellerne kunne arbejde med zone-opdelte bygninger. 4 zoner må betegnes som det mindste, der kan accepteres. Alle 5 modeller opfylder dette krav. BLAST og DOE kan regne med mere end 25 rum. For BLAST gælder det imidlertid, at det kun kan regne med varmeudveksling mellem 20 rum i en og samme bygning. Der kan imidlertid regnes med op til 100 rum i en simulering, hvilket fx kunne bestå af 5 bygninger med hver 20 rum. DEROB og ESP kan regne med henholdsvis 9 og 10 rum.

## Opvarmning og Køling

Under opvarmning og køling er følgende parametre medtaget i tabel 3.4-1:

|                                    |                     |
|------------------------------------|---------------------|
| Varmebehov                         | (Heating Load)      |
| Rumlufttemperatur                  | (Space temperature) |
| Aktiv solvarme                     | (Active Solar)      |
| Skyggeforhold                      | (Shading)           |
| Økonomi                            | (Economic)          |
| Varmetab til jord                  | (Underground Loads) |
| Termisk masse                      | (Mass)              |
| Varme- og luftkonditioneringsanlæg | (HVAC system)       |
| Skrå/hældende vinduer              | (Sloped Glazing)    |
| Passiv køling                      | (Passive Cooling)   |

Varmebehov og rumlufttemperatur kan behandles af alle 5 programmer, hvorimod kun BLAST og DOE kan håndtere aktiv solvarme.

Skyggeforhold er en vigtig parameter, som alle programmerne kan behandle. Imidlertid kan skyggeforhold bestå af mange ting, som fx skygge fra murfalser, ribber, tagudhæng, beplantning og andre bygninger. Skyggeforholdene fra beplantning er årstidsafhængige og transmitterer en del af sollyset, hvorfor dette bør indgå.

BLAST og DOE har detaljerede skyggeberegninger, der er i stand til at opfylde alle de stillede krav inkl. beplantning, der er et ømt punkt for de øvrige programmer.

DEROB og SERI-RES kan beregne skygge fra ribber, tagudhæng og andre bygninger. DEROB kan tillige medtage murfalser.

Økonomiberegning kan kun foretages med BLAST og DOE; men er mindre væsentligt i denne sammenhæng.

Varmetab til jord indgår i alle programmer med undtagelse af ESP. Generelt kan siges, at varmetabet beregnes på baggrund af en jordtemperatur. Jordens evne til at akkumulere varme over året medtages således ikke. Dette er et punkt, der arbejdes på at forbedre.

Den termiske masses og skrå/hældende vinduers indflydelse på varme- og temperaturniveauet er medtaget i alle programmerne.

### 3.4.2 Påtænkt brug og anvendelighed

| PROGRAM NAME | INTENDED USE<br>&<br>AVAILABILITY |          | INTENDED<br>USERS |                |            | DEVELOPED<br>FOR |            |               | ALSO USEFUL<br>FOR |          |            | UNIT ' ) | COMPUTER<br>TYPE |            |               | COMPUTER<br>VERSION<br>AVAILABLE | SUP-<br>PORT     |          |           | RUN TIME<br>CPU SEC |               |       |             |             |       |       |            |         |
|--------------|-----------------------------------|----------|-------------------|----------------|------------|------------------|------------|---------------|--------------------|----------|------------|----------|------------------|------------|---------------|----------------------------------|------------------|----------|-----------|---------------------|---------------|-------|-------------|-------------|-------|-------|------------|---------|
|              | ARCHITECT                         | ENGINEER | TECHNICIAN        | RESEARCH ANAL. | PRE-DESIGN | SITE ANALYSIS*   | SCHEMATICS | DESIGN DEVEL. | POST DESIGN SER.   | RESEARCH | PRE-DESIGN |          | SITE ANALYSIS    | SCHEMATICS | DESIGN DEVEL. |                                  | POST DESIGN SER. | RESEARCH | AVAILABLE | MAIN FRAME          | MINI          | MICRO | USERS GUIDE | DATA MANUAL | OTHER | >1000 | 100 - 1000 | 5 - 100 |
| BLAST 3:0    | ●                                 | ●        |                   | ●              |            |                  |            | ●             |                    |          | ●          | ●        | ●                | ●          | ●             | ●                                | ●                | B        | ●         |                     | CDC           | ●     | ●           |             |       | ●     |            |         |
| DEROB IV     | ●                                 | ●        |                   | ●              |            |                  |            |               |                    | ●        | ●          | ●        | ●                | ●          | ●             | ●                                | ●                | B        | ●         |                     | CDC           | ●     |             |             |       | ●     |            |         |
| DOE - 2.1 A  | ●                                 | ●        |                   |                |            |                  |            | ●             |                    |          |            | ●        | ●                | ●          | ●             | ●                                | ●                | B        | ●         |                     | IBM/CDC       | ●     | ●           |             |       | ●     |            |         |
| SERI-RES 1.0 | ●                                 | ●        |                   | ●              |            |                  |            | ●             |                    |          | ●          | ●        | ●                | ●          | ●             | ●                                | ●                | B        | ●         |                     | CDC/<br>PRIME | ●     |             |             |       | ●     |            |         |
| ESP          | ●                                 | ●        |                   | ●              |            |                  |            |               |                    | ●        | ●          | ●        | ●                | ●          | ●             | ●                                | ●                | S        | ●         | ●                   | SEVERAL       | ●     |             |             |       | ●     |            |         |

E= ENGELSK S= SI B= ENGELSK OG SI

Tabel 3.4-2. Fortegnelse over påtænkt brug og anvendelighed for edb-modellerne.  
(Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983)

I tabel 3.4-2 er der en fortegnelse over påtænkt brug og anvendelighed for edb-modellerne. Tabellen er delt op i 6 hovedgrupper:

|                                              |                             |
|----------------------------------------------|-----------------------------|
| Påtænkte brugere                             | (Intended users)            |
| Udviklet til                                 | (Developed for)             |
| Tillige brugbar til                          | (Also useful for)           |
| Computerstørrelse og versioner af programmer | (Computer type and version) |
| User's Guide, datamanualer m.m.              | (Support)                   |
| Køretid, CPU Sec                             | (Run time)                  |

BLAST, DOE og SERI-RES er udviklet til forbedring af bygningsdesign, hvorimod DEROB og ESP er udviklet til forskningsmæssige formål. Imidlertid kan alle programmerne anvendes til: Forskning, skitseprojektering, forprojektering, projektering, projektopfølgning og specialanalyser. Angående påtænkte brugere er alle programmerne avancerede og beregnede for arkitekter, ingeniører og forskere.

### Computer-størrelse og versioner af programmer

De 3 første edb-programmer kræver en stor computer for at køre, hvorimod SERI-RES og ESP tillige kan køre på en mini computer. Med den udviklingstendens, der er på computer-markedet, med stadig kraftigere maskiner til faldende pris vil private firmaer i højere grad få deres eget edb-anlæg. Dette åbner mulighed for at implementere programmerne hos private firmaer og derved gøre det mere attraktivt for firmaerne at benytte programmerne. Det vil imidlertid være nødvendigt at omstrukturere de 3 første programmer, for at de kan køre på mindre computere.

Ulemperne ved at indlægge programmerne i privat regi fremfor større offentlige eller private regnecentre er, at det kan være tidkrævende at implementere og opbygge et styresystem for et program, og at programmet vedvarende bliver opdateret og derfor skal vedligeholdes.

Kravet til arbejdslageret for programmerne i kilo bytes er følgende:

|              |       |
|--------------|-------|
| BLAST 3.0    | 170 K |
| DEROB IV     | 120 K |
| DOE 2.1 A    | 120 K |
| SERI-RES 1.0 | 64 K  |
| ESP          | 120 K |

Det fremgår heraf, at det er vanskeligt at få avancerede programmer mindre end 64 K, der opfylder de stillede krav.

Versioner af programmet: Alle 5 programmer er skrevet i FORTRAN (jf. tabel 3.4-5); men desværre er de enkelte Fortran compilere meget maskinafhængige, hvorfor et Fortran-program ikke nødvendigvis kan køre på andre maskiner end den, det er udviklet på. Det er navnlig de programmer, der er skrevet i Fortran 4, som det har voldt store problemer at overføre til andre maskiner. I flere tilfælde har det for de største programmers vedkommende været umuligt. Grunden til disse store forskelle er, at de enkelte Fortran 4 compilere er udviklet, så de udnytter den pågældende computers kapacitet på en optimal måde.

For at råde bod på de store problemer med at overføre software fra computer til computer er der blevet udviklet et Fortran 77 sprog. Fortran 77 er en videreudvikling af Fortran 5, og gør det i langt højere grad muligt at overføre software. Dette har imidlertid samtidig haft den omkostning for nogle computers vedkommende, at beregningstiden er blevet øget, da Fortran 77 ikke udnytter de enkelte maskiners ressourcer optimalt.

Af tabel 3.4-2 fremgår det, at de beskrevne programmer er primært domineret af CDC, idet BLAST, DEROB, DOE og SERI-RES kan køre på denne maskine. Der foregår imidlertid en løbende videreudvikling af programmerne for at gøre det muligt at køre dem på andre maskiner. Denne udvikling går i første omgang på at

omskrive de programmer, der ikke er skrevet i Fortran 77, til Fortran 77 og dernæst at omskrive dem til de ønskede computere. Af ovennævnte årsager er den anførte liste over tilgængelige edb-versioner ikke komplet, idet den hele tiden udvides. Fra Pedersen, C.O. & Winkelmann, Fred &, Arumi, Francisco & Clarke, Joe A. december - 1984 & Källblad, Kurt & Jørgensen, Ove - 1983 & Littler, J.G.F. - 1982, fremgår det, at henholdsvis BLAST, DEROB, DOE, SERI-RES og ESP på nuværende tidspunkt er tilgængelige på følgende computere:

| Program  | Sprog         | Computere                                                                                             |
|----------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BLAST    | : Fortran 77  | CDC, Harris, VAX                                                                                      |
| DEROB    | : Fortran 77* | CDC, UNIVAC, INTEL, IBM                                                                               |
| DOE      | : Fortran 77* | CDC, IBM, DEC10                                                                                       |
| SERI-RES | : Fortran 77  | CDC, Prime, VAX, UNIVAC                                                                               |
| ESP      | : Fortran 77  | DEC10 eller 20, Prime 550 og 750,<br>Honeywell 6060, SEL, Burroughs,<br>VAX 780, UNIVAC 1108, HP 3000 |

\*Programmerne er ikke skrevet i rent Fortran 77 (Arumi, Francisco; Winkelmann, Fred).

Ifølge disse opgivelser skulle ESP være det program, der kan køre på flest computere. Det er imidlertid spørgsmålet, hvor let det er at implementere ESP på andre computere. Hans Lund, Laboratoriet for Varmeisolering har i foråret 1983 haft kontakt med Ove Holmgård, Danske Elværkers Forenings Udredningsafdeling (DEFU) angående implementering af ESP på DEFU's VAX 780 computer. Arbejde med dette har været forbundet med en del problemer, idet ESP er udviklet på en DEC10 computer, der har 36 bit, hvorfor programmet følgelig udnytter dette format. Da VAX kun anvender 32 bit, er det nødvendigt at udføre en hel del omskrivninger i input/output rutinerne i ESP for at kunne implementere det på en VAX. Der er i DEFU blevet anvendt en del tid på dette arbejde; men da det sandsynligvis ville blive relativt omfattende, blev arbejdet med at implementere ESP standset i sommeren 1983.

Efter brevveksling med Clarke, Joe A. i december 1984 er det blevet oplyst, at de støtter versioner af ESP på følgende to store computere: DEC10 og PRIME 750, og at de tillige snart vil have en VAX 780-version af programmet. Programmet er således kun tilgængeligt i 2 officielle versioner, hvilket giver en del begrænsninger, med mindre der rådes over edb-eksperter til at omskrive programmet til andre computere.

DEROB kan køre på 4 forskellige computere, men if. Arumi, Francisco, University of Texas, hvor programmet er udviklet, arbejdes der kun med 2 officielle versioner af programmet. Disse kører på henholdsvis en CDC og en IBM computer.

SERI-RES er udviklet i USA på en CDC maskine, men der er tillige udviklet en UNIVAC-version i USA. I Schweiz er der lavet en PRIME og en VAX-version af SERI-RES. Disse kan imidlertid ikke

betraktes som officielle versioner. VAX- og UNIVAC-versionen blev implementeret af Jørgensen, Ove 1983 og 1984.

Hvis vi indskrænker os til kun at betragte officielle eller halvofficielle versioner af programmerne, bliver listen reduceret til:

| <u>Program</u> | <u>Computere</u> |
|----------------|------------------|
| BLAST          | CDC, Harris, VAX |
| DEROB          | CDC, IBM         |
| DOE            | CDC, IBM, DEC10  |
| SERI-RES       | CDC, UNIVAC      |
| ESP            | DEC10, PRIME 750 |

#### Køretid, CPU\_Sec

En vigtig parameter for brugbarheden af et program er det anvendte forbrug af CPU-sekunder i forbindelse med eksekvering af et job. Hvis programmet bruger alt for megen tid til løsning af en opgave, vil det ikke være særlig velegnet, selv om grundmodellen er god. Det er derfor vigtigt at have et program med en god grundmodel kombineret med en lav beregningstid.

For at få en idé om regnetiden for de enkelte programmer er der i tabel 3.4-2 angivet hvor mange CPU-sekunder, der er medgået til et givet job. For at få tilnærmelsesvis de samme betingelser er der beregnet en bygning bestående af en zone på 100 m<sup>2</sup>. Denne bygning er blevet simuleret for et helt år med et tidsstep på en time. Resultatet af denne beregning har rubriceret BLAST og DOE i intervallet "5-100 sekunder" og DEROB, SERI-RES og ESP i intervallet "100-1000 sekunder".

Dette hænger sammen med grundmodellen for beregning af instationær varmeledning (jf. afsnit 3.1), idet BLAST og DOE er responsfaktor-programmer (se tabel 3.4-5). Dette medfører, at CPU-tiden bliver mindre for BLAST og DOE, fordi responsfaktormetoder er hurtigere end endelige differensmetoder.

Littler, J.G.F. - 1982 har lavet følgende sammenligning mellem BLAST, DEROB OG ESP for identiske jobs og fået følgende resultat:

|       | <u>CPU-enheder</u> | <u>Computer</u> | <u>Beregningsmetode</u> |
|-------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| BLAST | 140                | CDC             | Responsfaktor           |
| DEROB | 600                | CDC             | Endelig differens       |
| ESP   | 500                | ?               | Endelig differens       |

Denne undersøgelse bekræfter opgivelserne i tabellen; men sammenligningen skal tages med forbehold for ESP's vedkommende, idet denne beregning ikke er foretaget på en CDC-maskine.

Undersøgelsen indikerer, at BLAST med sin responsfaktormetode er hurtigere end de to andre programmer, der anvender endelige differensmetoder. Dette har undertegnede også fået oplyst under sin studierejse ved samtaler med Professor Pedersen, C.O. og Hittle, Douglas C.

Med hensyn til angivelsen af, at DOE er et responsfaktorprogram, bør der gøres den tilføjelse, at der i programmet i virkeligheden anvendes en kombineret responsfaktor- og vægtningsfaktormetode. Denne metode er betydelig simplere og hurtigere. Dette gør, at DOE regner hurtigere end BLAST; men til gengæld er varmebalancerne i BLAST bedre end i DOE.

### 3.4.3 Input

Input data til edb-modellerne er vist i tabel 3.4-3. Tabellen er delt op i 3 hovedgrupper:

Input fil type  
Nødvendige og mulige input data  
Vejrdata

| INPUT DATA<br><br>PROGRAM NAME |  | FILE TYPE   |              |            |                  | REQUIRED / POSSIBLE INPUT DATA  |               |           |               |             |                    |                        |                         |                       |                        |                           |        |                   |                                |                                    |                    | WEATHER DATA TYPE                |                       |                          |         |                          |         |                        |         |        |             |        |       |         |  |
|--------------------------------|--|-------------|--------------|------------|------------------|---------------------------------|---------------|-----------|---------------|-------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|--------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------------|---------|--------|-------------|--------|-------|---------|--|
|                                |  |             |              |            |                  | PRE-DESIGN & SITE ANALYSIS DATA |               |           |               |             |                    |                        |                         | SCHEMATIC DESIGN DATA |                        |                           |        | ARCH. DESIGN DATA |                                |                                    |                    |                                  |                       |                          |         | ENGINEERING DESIGN DATA  |         |                        |         |        |             |        |       |         |  |
|                                |  | INTERACTIVE | INT. GRAPHIC | PREP. FILE | HAND CALCULATION | LOCATION                        | BUILDING TYPE | OCCUPANCY | BUILDING AREA | SPACE TEMP. | LOCAL ENERGY COSTS | GENERIC BUILDING SHAPE | LOCAL CODE REQUIREMENTS | LIGHTING REQUIREMENTS | BUILDING SURFACE AREAS | GLAZING AREAS & ORIENTAT. | ZONING | ROOM SHAPES       | OPERATING SCHEDULES & PATTERNS | BUILD. MATERIALS & ASSOCIATED DATA | BUILDING MASS DATA | SHADING COEF. & DAYLIGHT TRANSM. | INTERIOR SURFACE DATA | MECHANICAL SYSTEM DESIGN | CONTROL | ELECTRICAL SYSTEM DESIGN | CONTROL | LIGHTING SYSTEM DESIGN | CONTROL | HOURLY | TYPICAL DAY | HOURLY | DAILY | MONTHLY |  |
| BLAST 3:0                      |  |             |              | ●          |                  | ●                               |               | ●         | ●             | ●           | ●                  | ●                      | ●                       | ●                     | ●                      | ●                         | ●      | ●                 | ●                              | ●                                  | ●                  | ●                                | ●                     | ●                        | ●       | ●                        |         |                        |         |        | ●           |        |       |         |  |
| DEROB IV                       |  |             |              | ●          |                  | ●                               |               |           | ●             | ●           |                    | ●                      | ●                       | ●                     | ●                      | ●                         | ●      | ●                 |                                | ●                                  | ●                  | ●                                | ●                     | ●                        | ●       | ●                        |         |                        |         |        | ●           |        |       |         |  |
| DOE - 2.1 A                    |  |             |              | ●          |                  | ●                               | ●             | ●         | ●             | ●           | ●                  | ●                      | ●                       | ●                     | ●                      | ●                         | ●      | ●                 | ●                              | ●                                  | ●                  | ●                                | ●                     | ●                        | ●       | ●                        |         |                        |         |        | ●           |        |       |         |  |
| SERI-RES 1.0                   |  | ●           |              |            |                  | ●                               |               |           | ●             | ●           |                    | ●                      | ●                       | ●                     | ●                      | ●                         | ●      | ●                 | ●                              | ●                                  | ●                  | ●                                | ●                     | ●                        | ●       |                          |         |                        |         | ●      |             |        |       |         |  |
| ESP                            |  | ●           | ●            |            |                  | ●                               |               |           |               |             |                    |                        |                         |                       | ●                      | ●                         | ●      | ●                 | ●                              | ●                                  | ●                  | ●                                | ●                     | ●                        | ●       |                          |         |                        |         | ●      |             |        |       |         |  |

Tabel 3.4-3. Tabel over input data til edb-modellerne.  
(Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983).

### Input\_fil\_type

Ifølge tabellen er BLAST, DEROB og DOE baseret på, at der forberedes en inputfil, og SERI-RES og ESP kan køre interaktivt. ESP har tillige interaktivt grafisk input.

Der er imidlertid en del supplerende kommentarer, der bør anføres, idet definitionen på hvornår de enkelte programmer kører interaktivt ikke er helt klar. I realiteten er der en glidende overgang for de store energiberegningsprogrammer mellem den interaktive inputform og den forberedte inputfil. Dette hænger sammen med, at der for så store programmer er så mange data, at inputfilen bør gennemses inden den bliver "submitted".

For BLAST, DEROB (kun den nyeste version), SERI-RES og ESP forefindes der en eller flere interaktive preprocessorer til at opstille input filen.

Disse preprocessorer er opbygget på den måde, at brugeren bliver guided igennem input-arbejdet ved hjælp af ledende spørgsmål. Dette er en meget stor fordel i forbindelse med det forberedende arbejde og nedsætter tidsforbruget med en opgaves løsning ganske betragteligt.

For BLAST (Pedersen, C.O.), DEROB (Arumi, Francisco) og ESP's vedkommende er det herudover muligt at opstille bygningsbeskrivelsen ved hjælp af interaktivt grafisk input. For DEROB's vedkommende er det imidlertid kun muligt for den nyeste version, "DEROB VI". Dette er i realiteten den bedste løsning, idet den er meget nem at arbejde med og giver brugeren en god fornemmelse af den bygningsbeskrivelse, der lægges ind. Når en almindelig inputfil anvendes, er det vanskeligere at bevare overblikket over bygningsbeskrivelsen.

### Nødvendige\_og\_mulige\_inputdata

Det fremgår af tabel 3.4-3, at BLAST og DOE har flere faciliteter end de 3 øvrige programmer. Dette åbner for en større fleksibilitet og detaljeringsgrad i forbindelse med analyser af bygningers energiforbrug.

For alle programmerne gælder, at følgende parametre skal opgives:

|                                           |                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| Beliggenhed                               | (Location)                             |
| Rumlufttemperatur                         | (Space Temperature)                    |
| Overfladearealer for bygning              | (Building Surface Area)                |
| Glasarealer og orientering                | (Glazing Areas & Orientation)          |
| Zoneinddeling                             | (Zoning)                               |
| Bygningsmaterialedata og tilknyttede data | (Building Materials & Associated Data) |

Mange computerprogrammer kan kun regne på en simpel bygningsgeometri i form af en kasse med vinduer i. Imidlertid kan BLAST, DEROB, DOE og SERI-RES regne på en detaljeret bygningsgeometri.

I alle programmerne med undtagelse af DEROB kan driftsprogrammer/-planer og -profiler indgå ved angivelse af, hvorledes bygningens drift og beboelse foregår.

### Vejrdata

De 5 programmer anvender vejrdato på timebasis. I BLAST anvendes specielle vejrdato, der er konverteret ved hjælp af et tilhørende program, således at de givne vejrdato forefindes i et specielt BLAST-format.

DEROB anvender et specielt inputformat for sine vejrdato. Det er derfor nødvendigt at konvertere de givne vejrdato til dette specialformat eller at ændre indlæsningsproceduren i programmet således, at det ønskede format kan anvendes.

DOE kan bruge TMY og TRY formaterne direkte som vejrdato.

SERI-RES benytter det amerikanske TMY-format. Hvis andre formater haves, kan de enten konverteres til TMY-format, eller indlæsningsproceduren kan ændres på analog måde som i DEROB.

### 3.4.4 Resultater og output

I tabel 3.4-4 er der vist resultater og output for de 5 edb-modeller.

Alle programmerne udskriver køle- og varmebehovet for de enkelte rum. Behovet bliver udskrevet på time-, måneds- og årsbasis. BLAST, DOE, SERI-RES og ESP angiver det endvidere på døgn- og årstidsbasis.

Resultatet af temperaturerne kommer både for luft- og overfladetemperaturerne. I BLAST skal ønsket om overfladetemperaturer dog specificeres ved en speciel kommando i styreinput. DOE og ESP har den fordel, at temperaturerne kan illustreres med grafisk plot.

BLAST og DOE har brændstofforbruget med i beregningerne og udskriver disse resultater på måneds- og årsbasis med tilhørende maksimalt forbrug.

Udover de nævnte resultater fra programmerne udskriver de enkelte programmer output i mere eller mindre omfang. BLAST har fx således 96 forskellige outputkommandoer til at beskrive de indgående parametre, der ønskes rapporteret. Herudover forefindes der i BLAST-systemet et hjælpeprogram, som kan udskrive 143 forskellige parametre på time-, døgn-, måneds- og/eller årsbasis.

| RESULTS,<br>OUTPUT<br><br>PROGRAM NAME | LOAD DETERMINANTS |      |          | LOADS OUTPUT BY |     |       |        |      | TEMPERATURES |         | FUEL USE BY  |             |             |             |             | SYSTEM COMPONENTS | ENERGY SYSTEM | TOTAL BUILDING ONLY |
|----------------------------------------|-------------------|------|----------|-----------------|-----|-------|--------|------|--------------|---------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|---------------|---------------------|
|                                        | COMPONENT         | ZONE | BUILDING | HOUR            | DAY | MONTH | SEASON | YEAR | AIR          | SURFACE | GRAPHIC PLOT | CONSUMPTION | PEAK DEMAND | CONSUMPTION | PEAK DEMAND |                   |               |                     |
| BLAST 3:0                              | •                 | •    | •        | •               | •   | •     | •      | •    | •            | (•)     | •            | •           | •           | •           | •           | •                 | •             |                     |
| DEROB IV                               | •                 | •    | •        | •               |     | •     |        | •    | •            | •       |              |             |             |             |             |                   |               |                     |
| DOE - 2.1 A                            | •                 | •    | •        | •               | •   | •     | •      | •    | •            | •       | •            | •           | •           | •           | •           | •                 | •             |                     |
| SERI-RES 1.0                           | •                 | •    | •        | •               | •   | •     | •      | •    | •            | •       |              |             |             |             |             |                   |               |                     |
| ESP                                    |                   | •    |          | •               | •   | •     | •      | •    | •            | •       | •            |             |             |             |             |                   |               |                     |

Tabel 3.4-4. Tabel over resultater og output fra edb-modellerne.  
(Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983)

Det er således vanskeligt at gøre detaljeret rede for, hvor meget output de enkelte programmer producerer.

### 3.4.5 Anvendte beregningsprocedurer

I tabel 3.4-5 er der givet en oversigt over de anvendte beregningsprocedurer. Denne tabel er delt op i 10 dele:

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Programmeringssprog     | (Program Language)  |
| Varmetransport          | (Heat Transfer)     |
| Integration             | (Integration)       |
| Solstrålingsberegninger | (Solar Orientation) |
| Skyggeforhold           | (Shading)           |
| Rumtemperaturer         | (Room Temperatures) |
| k-værdier               | (U-values)          |
| Luftskifte              | (Infiltration)      |
| Interne belastninger    | (Internal Loads)    |
| Ventilation             | (Ventilation)       |

### Programmeringssprog

Programmerne anvender alle programmeringssproget FORTRAN. Dette sprog er også det mest almindelige for samtlige undersøgte programmer.

Programmeringssproget blev omtalt i afsnit 3.4.2 i forbindelse med, hvilke versioner de enkelte programmer forefandt i. I denne sammenhæng kan tilføjes, at de enkelte maskiners Fortran compilere er meget maskinafhængige. Dette medfører, at et specifikt Fortran-program ikke nødvendigvis kan køre på en given maskine, selv om den har en Fortran compiler. Det er derfor nødvendigt at vide, hvilke computere et givet program har kørt på, inden der træffes et valg.

| PROGRAM NAME | CALCULATION PROCEDURES | PROGRAM LANGUAGE |       |       | HEAT TRANSFER     |                 | INTEGRATION  |              | SOLAR ORIENTATION |       | SHADING           |                         | ROOM TEMPERATURES |       | U-VALUES            |               | INFILTRATION         |                    | INTERNAL LOADS |          | VENTILATION             |               |                |                         |                 |                     |                 |              |                        |                          |                         |               |          |        |                           |   |
|--------------|------------------------|------------------|-------|-------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------|---------------------|---------------|----------------------|--------------------|----------------|----------|-------------------------|---------------|----------------|-------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|----------|--------|---------------------------|---|
|              |                        | FORTRAN          | BASIC | ALGOL | FINITE DIFFERENCE | RESPONSE FACTOR | STEADY STATE | SIMPLE EULER | IMPLICIT          | OTHER | ANY, INCL. SLOPED | DIFFUSE, DIRECT, RE-RAD | DIFFUSE, DIRECT   | TOTAL | ANY SOLAR OBSTRUCT. | OVERHANG ONLY | DAILY & SEASONAL SW. | SEASONAL SWITCHING | SURFACES & AIR | AIR ONLY | INPUT SCHEDULES BY USER | FIXED BY TOOL | VARIED BY TOOL | CHANGED WITH WIND SPEED | REMAIN CONSTANT | MOVEABLE INSULATION | AIR CHANGE/HOUR | CRACK METHOD | VARIED WITH WIND SPEED | SENSIBLE & LATENT SEPER. | SENSIBLE & LATENT TOTAL | SENSIBLE ONLY | SENSIBLE | LATENT | VARIES BY SCHEDULE, COMM. |   |
| BLAST 3:0    |                        | ●                |       |       |                   | ●               |              |              |                   |       | ●                 | ●                       |                   | ●     |                     |               | ●                    |                    | ●              |          | ●                       |               | ●              | ●                       | ●               | ●                   | ●               | ●            |                        | ●                        |                         |               | ●        |        | ●                         |   |
| DEROB IV     |                        | ●                |       |       | ●                 |                 |              |              | ●                 |       | ●                 | ●                       |                   | ●     | ●                   |               | ●                    |                    |                | ●        | ●                       |               | ●              | ●                       |                 | ●                   | ●               | ●            |                        |                          |                         | ●             |          | ●      |                           |   |
| DOE - 2.1 A  |                        | ●                |       |       |                   | ●               |              |              |                   |       | ●                 |                         |                   | ●     |                     |               | ●                    |                    |                | ●        | ●                       | ●             | ●              | ●                       | ●               | ●                   | ●               | ●            | ●                      | ●                        | ●                       | ●             | ●        | ●      | ●                         | ● |
| SERI-RES 1.0 |                        | ●                |       |       | ●                 |                 |              | ●            |                   |       | ●                 | ●                       | ●                 |       | ●                   |               | ●                    |                    |                | ●        | ●                       | ●             | ●              | ●                       | ●               | ●                   | ●               | ●            | ●                      | ●                        |                         |               | ●        | ●      | ●                         | ● |
| ESP          |                        | ●                |       |       | ●                 |                 |              |              |                   | ●     |                   |                         |                   | ●     | ●                   |               |                      |                    | ●              |          | ●                       |               | ●              |                         | ●               |                     |                 | ●            | ●                      |                          | ●                       | ●             |          | ●      | ●                         | ● |

Tabel 3.4-5. Oversigt over anvendte beregningsprocedurer i edb-modellerne. (Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983)

### Varmeledning og integration

Til beregning af varmeledningen bliver responsfaktormetoden anvendt i BLAST og DOE (i DOE anvendes dog en kombineret responsfaktor- og vægtningsfaktormetode) og de øvrige 3 programmer benytter endelige differensmetoder.

For de 3 programmer, der anvender endelige differensmetoder, bliver integrationen i SERI-RES udført ved en eksplicit metode, i DEROB ved en implicit metode, og en helt tredje metode anvendes i ESP.

Da SERI-RES anvender en eksplicit metode, er der risiko for at beregningen bliver ustabil, hvis stabilitetskriteriet ikke er opfyldt. Dette er i programmet løst på den måde, at brugeren efter angivelse af input får oplyst det største tidsstep, der kan anvendes under hensyntagen til stabilitetskriteriet. Brugeren kan herefter vælge det tidsstep, der anses for passende.

### Strålingsberegninger, skyggeforhold og rumtemperatur

Alle programmerne kan håndtere direkte og diffust solindfald samt reflekteret stråling fra omgivelserne. Desuden kan de håndtere solindfald på vilkårlige flader uanset hældning og orientering.

Skyggeforholdene i SERI-RES beregnes kun for ribber og overhæng, hvilket må betegnes som en svaghed ved SERI-RES. I de andre modeller kan der tages hensyn til vilkårlige skyggegivende genstande. I BLAST, DEROB, DOE og SERI-RES kan der medtages daglig- og årstidsmæssigt skift for skyggegivende genstande.

I BLAST og ESP foretages beregningen af rumtemperaturen baseret på både luft- og overfladetemperaturerne, hvorimod DEROB, DOE og SERI-RES kun baserer den på lufttemperaturen.

### Luftskifte, Ventilation og Interne belastninger

Luftskiftet sættes i BLAST, DEROB, DOE og SERI-RES til en vis værdi pr. time. I ESP beregnes det ved hjælp af en metode, hvor længden af kalfatringsfugerne angives. Herefter beregner programmet luftskiftet under hensyn til vindpåvirkningen. BLAST, DOE og SERI-RES tager også vindpåvirkningen med ind i betragtning.

Ved beregningen af ventilation er det kun SERI-RES, der medtager såvel fri som bunden varmeenergi. De øvrige modeller benytter kun den frie varmeenergi.

De interne belastninger beregnes separat for den frie og den bundne varmeenergi i BLAST, DOE og SERI-RES, hvorimod DEROB og ESP kun benytter den frie varmeenergi.

### 3.4.6 Validering af programmer

Validering af de udviklede programmer er en vigtig del af arbejdet. Dette er imidlertid et vanskeligt felt og bliver ofte forsømt af de personer, der udvikler programmerne. Valideringen består i at sammenligne beregnede resultater med tilhørende aktuelle vejrdato med målte resultater fra enten testceller eller rigtige huse. Denne sammenligning kræver gode og kontinuerlige måleresultater, for at det er muligt at analysere de målte og beregnede resultater.

På figur 3.4-6 er der vist en oversigt over den validering, der er blevet udført for de 5 programmer. Af denne fremgår det, at BLAST, DEROB og SERI-RES er de programmer, der er blevet bedst valideret. Disse programmer er blevet testet for direkte tilskud, Trombévægge og glastilbygninger. DOE og ESP er kun testet for direkte tilskud, hvorfor der er et stort behov for et større

valideringsarbejde for disse programmer med hensyn til Trombévægge og glastilbygninger.

| PROGRAM NAVN   | PASSIVE SYSTEMER<br>ANVENDELSESMULIGHEDER |    |    |    | VALIDERING AF PROGRAMMER |    |    |    |      |    |    |    |
|----------------|-------------------------------------------|----|----|----|--------------------------|----|----|----|------|----|----|----|
|                |                                           |    |    |    | TEST CELLER              |    |    |    | HUSE |    |    |    |
|                | DT                                        | TW | GT | SL | DT                       | TW | GT | SL | DT   | TW | GT | SL |
| BLAST 3:0      | ×                                         | ×  | ×  | ×  | ●                        | ●  |    |    | ●    |    | ●  |    |
| DEROB IV       | ×                                         | ×  | ×  | ?  | ●                        |    | ●  |    | ●    |    | ●  |    |
| DOE - 2.1      | ×                                         |    | ?  |    | ●                        |    |    |    | ●    |    |    |    |
| SERI - RES 1.0 | ×                                         | ×  | ×  |    | ●                        | ●  | ●  |    | ●    |    |    |    |
| ESP            | ×                                         | ×  | ×  | ×  |                          |    |    |    | ●    |    |    |    |

? MULIGVIS

● VALIDERING UDFØRT

DT : DIREKTE TILSKUD (DIRECT GAIN)

TW : TROMBEVÆG (TROMBE WALL)

GT : GLASTILBYGNINGER (ATTACHED SUNSPACE)

SL : SELVCIRKULERENDE  
LUFTSOLFANGER (THERMO-SYPHON SYSTEM)

Tabel 3.4-6. Oversigt over validering af programmer baseret på IEA, Task VIII, ELM-mødet i Schweiz, juli 1982. (Koncentrat fra Jørgensen, Ove - 1983)

### 3.5 Valg af edb-program til beregning af passiv solvarme

I forrige afsnit blev 5 mulige edb-modeller til beregning af passiv solvarme behandlet. Som det fremgik af afsnittet er der uhyre mange faktorer, der spiller ind ved et sådant valg. Der er mange argumenter, som taler for de enkelte programmer. Det er derfor meget vanskeligt at vælge netop ét program.

Det vigtigste krav, der må stilles, er at det valgte program kan implementeres på en af de computere, der er adgang til. På Laboratoriet for Varmeisolering har vi i de senere år takket være det nyetablerede Centernet mellem de Regionale Edb-Centre haft adgang til følgende computere:

#### Løreanstalt

#### Regnecenter

#### Computer

Danmarks tekniske Højskole

NEUCC

IBM

Århus Universitet

RECAU

CDC

Københavns Universitet

RECKU

UNIVAC

Ud over adgang til disse computere har Laboratoriet i samarbejde med Danske Elværkers Forenings Udredningsafdeling (DEFU) haft mulighed for at køre på DEFU's VAX-computer.

Ifølge afsnit 3.4.2 forefindes der følgende officielle eller halvofficielle versioner af programmerne:

| <u>Program</u> | <u>Computere</u>  |
|----------------|-------------------|
| BLAST 3:0      | CDC, Harris, VAX  |
| DEROB          | CDC, IBM          |
| DOE 2.1        | CDC, IBM, DEC 10  |
| SERI-RES       | CDC, UNIVAC       |
| ESP            | DEC 10, PRIME 750 |

Laboratoriet har arbejdet med at implementere BLAST, SERI-RES og ESP, men det er kun lykkedes at få BLAST og SERI-RES til at køre.

Implementeringen af ESP voldte store problemer. Dette blev beskrevet i afsnit 3.4 under "versioner af programmet". Implementeringen blev opgivet i sommeren 1983, da arbejdet med det var for omfattende.

Laboratoriet har således kun praktiske erfaringer med BLAST og SERI-RES, hvorimod de 3 øvrige programmer kun har været studeret igennem litteraturstudier og samtaler med forskere fra andre universiteter og læreanstalter. Det har derfor kun været muligt at få et detaljeret kendskab til BLAST og SERI-RES, idet dette kun opnås ved at arbejde med programmerne. En endelig vurdering kan således ikke gives, da det kræver en praktisk erfaring med alle programmerne for at kunne udtale sig om, hvor velegnede de er. Vurderingen vil derfor blive baseret på det indsamlede materiale, beskrevet i afsnit 3.4, og arbejdet med programmerne.

## BLAST

BLAST er blevet implementeret på CDC på RECAU i Århus og har vist sig velegnet at arbejde med efter tilvejebringelsen af en preprocessor til programmet. Inden denne preprocessor forefandt, var det tungt at arbejde med, og inputarbejdet tog megen tid.

Input faciliteterne til programmet er videreudviklet i USA, så der nu forefindes mulighed for grafisk input, således at input kan baseres på arkitekttegninger. Dette udstyr råder Laboratoriet imidlertid ikke over.

BLAST er et meget stort program. Det har mange faciliteter, er detaljeret, og beregningstiden er kort og kun overgået af DOE. Programmet er velegnet til passiv solvarme, og er fleksibelt. Da programmet tillige er godt valideret, og der er mulighed for støtte fra BLAST Support Office, opfylder programmet således alle de krav, der er opstillet.

## DEROB

Input arbejdet til DEROB 4 er meget tidkrævende, da der ikke forefindes nogen preprocessor. Programmet er imidlertid videreudviklet, og i den nyeste version DEROB 6, foreligger der ifølge Arumi, Francisco både en preprocessor og grafiske input-faciliteter, hvilket vil forbedre brugervenligheden af programmet ganske væsentligt. Der er dog endnu ingen erfaringer uden for USA med denne version, da den er så ny.

Beregningstiden for programmet er betydelig større end for BLAST og DOE og kræver store edb-ressourcer, hvilket gør programmet dyrt i brug. Den støtte, der kan ydes til programmet, er tillige mindre end for BLAST, DOE og ESP, hvilket er en ulempe.

Programmet er ellers velegnet til passiv solvarme, men på baggrund af ovenstående argumenter, kan programmet ikke anses for at opfylde de opstillede kriterier.

## DOE

DOE er ligesom BLAST et stort program og har mange faciliteter. Programmet er imidlertid vanskeligt at anvende, da der ikke eksisterer nogen preprocessor, hvorfor inputarbejdet er tidkrævende.

Beregningstiden er lav, og det er det hurtigste program af de 5 beskrevne. Dette hænger sammen med, at der anvendes en kombineret responsfaktor- og vægtningsfaktormetode. Denne metode er betydelig simplere og hurtigere end den responsfaktormetode, der anvendes i BLAST. Imidlertid er resultatet fra beregningerne med denne metode forbundet med en del usikkerhed, og den er blevet kritiseret af flere eksperter på området.

Programmet er velegnet til passiv solvarme, men da grundmodellen er simpel, og programmet tillige er vanskeligt at anvende, medfører dette, at programmet ikke kan anbefales.

### SERI-RES

SERI-RES blev først implementeret på DEFU's VAX computer (i sommeren 1983 efter den uofficielle schweiziske version af programmet). Senere blev en nyere officiel amerikansk version implementeret på RECKU's UNIVAC.

SERI-RES har ikke så mange faciliteter som BLAST og DOE. Programmet er imidlertid let at anvende, idet der er tilknyttet en preprocessor til programmet, hvorfor det er hurtigt at komme ind i brugen af det.

Grundmodellen i SERI-RES er valideret igennem en række forsøg og testkørsler.

SERI-RES er velegnet til passiv solvarme. Der forestår vedvarende videreudvikling af programmet. Programmet må derfor anses for at opfylde de stillede betingelser til forskning i passiv solvarme.

### ESP

ESP er, som beskrevet, på nuværende tidspunkt kun tilgængelig på DEC 10 og PRIME 750 computere og forventes først senere i en VAX-version. Laboratoriet har således ikke haft mulighed for at få ESP til at køre herhjemme, da forsøget med at implementere ESP på DEFU's VAX-computer ikke lykkedes. ESP må derfor betragtes som ude af billedet i denne omgang.

Programmet må ellers betegnes som særdeles interessant, idet der er mulighed for grafisk input, og der eksisterer en preprocessor. Input til programmet er således meget handy, hvorved anvendelsen af programmet bliver lettere. Herudover er der mulighed for vejledning og støtte i forbindelse med arbejdet med programmet, hvilket er meget vigtigt.

Programmet er desværre ikke valideret særlig godt, og der er behov for en hel del arbejde på dette punkt.

## Konklusion

Resultatet af denne undersøgelse med at fremskaffe et avanceret edb-program til beregning af varmelagring i bygningskonstruktioner med specielt henblik på udnyttelsen af passiv solvarme, må derfor blive, at der er 3 edb-programmer, som kan anbefales:

BLAST

SERI-RES

ESP

Da ESP på nuværende tidspunkt ikke kan implementeres på de computere, som Laboratoriet for Varmeisolering har adgang til, kan dette program ikke benyttes.

BLAST er et meget stort program, der er vanskeligt at implementere; men da dette kun er en engangsforeteelse, er det en ulempe, der har mindre betydning.

BLAST er mere detaljeret og omfattende end SERI-RES, men dette betyder samtidig, at det kræver mere tid at sætte sig ind i brugen af det. Begge programmer er igennem de udviklede preprocessorer gjort meget brugervenlige, hvilket er afgørende for anvendelsen af dem. Der er dog behov for en kort, let tilgængelig introduktion for danske brugere for begge programmers vedkommende.

I dette projekt er BLAST blevet valgt som det bedst egnede program efter de opstillede kriterier. Dette skyldes programmets store detaljeringsgrad, fleksibilitet og mange faciliteter til forskning i passiv solvarme.

BLAST vil derfor blive beskrevet i det næste kapitel for at give læseren en idé om programmet. Denne beskrivelse skal på ingen måde betragtes som en brugervejledning til BLAST, men kun som en introduktion af programmet.

#### 4. BLAST

Det amerikanske energiberegningsprogram BLAST: "The Building Loads Analysis and System Thermodynamics program" er et program til beregning af bygningers energiforbrug, valg af energisystemer og til bestemmelse af de samlede energiomkostninger i bygninger. Programmet er udviklet af Construction Engineering Research Laboratory (CERL) i Champaign, Illinois, USA. Den første officielle version af BLAST kom i december 1977 under betegnelsen "BLAST Version 1.2". Programmet blev herefter videreudviklet med støtte fra "the General Services Administration, Office of Professional Services" og resulterede i "BLAST Version 2.0", der blev frigivet i juni 1979. Med støtte fra "the Department of Energy, Conservation and Solar Energy Office", "Aeronautical System Division" og "the Department of the Air Force" blev programmet videreudviklet til den nuværende "BLAST Version 3.0", der blev frigivet i september 1980. Programmet bliver til stadighed opdateret og forbedret og er nu blandt de mest avancerede energiberegningsprogrammer i verden.

BLAST kan benyttes til at analysere selv meget komplicerede bygninger. Programmet kan anvende såvel brugerdefinerede design-dage til dimensionering af ventilations- og centralvarme-/køleanlæg som referenceår, der giver et billede af bygningens totale energiforbrug.

Programmets opbygning gør det muligt at starte analysen med at optimere bygningens udformning, geometri, placering etc., hvorefter resultaterne fra disse beregninger kan gemmes. På baggrund af disse resultater kan et eventuelt ventilationsanlæg optimeres, og sluttelig kan centralvarme-/køleanlægget beregnes. Denne fremgangsmåde minimerer edb-udgifterne, idet de enkelte dele af beregningen kan foretages separat. Specielt er det en fordel, at den første tidkrævende del med beregning af temperatur og energiforbrug ikke behøver at blive foretaget ved optimeringen af ventilationsanlæg og centralvarme-/køleanlæg.

I programmet er der anvendt SI-enheder i beregningerne, men der er mulighed for både engelske og SI-enheder som input/output.

BLAST er et responsfaktorprogram, der i de første versioner benyttede responsfaktormetoden. Metoden er i version 3:0 videreudviklet, og her anvendes "Conduction Transfer Functions"-metoden, der er baseret på en speciel summation af responsfaktorerne. "Conduction Transfer Functions"-metoden har resulteret i, at rummenes varmembalancer kan simuleres langt hurtigere, hvorfor beregningstiden er blevet reduceret ganske betragteligt.

BLAST er som tidligere nævnt udviklet på en datamat leveret af CDC og er skrevet i Fortran 4. Denne version er blevet videreudviklet, så der nu også findes en version, der er skrevet i Fortran 77. Det er imidlertid Fortran 4-versionen, som anvendes her på laboratoriet.

Det var først tanken her på laboratoriet at implementere BLAST på NEUCC (Det Regionale edb-Center ved Danmarks tekniske Højskole) på en IBM datamat. Dette måtte imidlertid opgives på grund af CDC-maskinens større ordlængde, hvilket ville kræve et større arbejde med ændringer i programmet. Arbejdets omfang blev vurderet til mindst et mand-år, og hovedparten af arbejdet ville ligge i input-output rutinerne. Det blev derfor besluttet at implementere BLAST på det Regionale edb-Center ved Århus Universitet (RECAU), der har en CDC-maskine. Kommunikationen mellem Laboratoriet for Varmeisolering og RECAU skete i starten via telefonnettet, men efter oprettelsen af Centernettet mellem de regionale edb-centre er kommunikationen sket via dette net.

Den første version af BLAST blev hentet til Laboratoriet for Varmeisolering i 1981 og havde betegnelsen "BLAST, version 3:0 level 000". Denne version blev implementeret på RECAU i 1982/83.

I forbindelse med undertegnede studierejse til BLAST Support Office, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign i november 1983 til februar 1984, er den nyeste version på det pågældende tidspunkt af BLAST hentet til Danmark. Denne version har betegnelsen "BLAST, Version 3:0 level 107" og er fri for nogle af de fejl og mangler, vi har konstateret i forbindelse med brugen af "BLAST, Version 3:0 level 000".

I tilknytning til BLAST er der skrevet user's manuals, som giver vejledning om opstilling af input og brugen af programmet. Der forefindes i alt 4 manualer til programmet, hvoraf de 3 er skrevet til BLAST Version 2:0, og den sidste er et supplement til de øvrige og beskriver BLAST Version 3:0. De 3 første er skrevet af Hittle, Douglas C. - 1979 og suppleret af Herron, Dale L. & George N. Walton & Linda Lawrie - 1981. De 4 rapporter omhandler følgende:

"BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics program":

BLAST, Version 2:0, User's manual, Volume one:

I denne manual er der en beskrivelse af BLAST version 2:0. Denne manual skal anvendes sammen med Version 3:0, User's manual, Supplement.

Ud over beskrivelsen af BLAST er The Weather Information Encoder (WIFE) programmet beskrevet (jf. afsnit 4.1).

BLAST, Version 2:0, User's manual, Volume two:

Her er det amerikanske BLAST-bibliotek beskrevet. Denne beskrivelse har kun begrænset interesse for danske brugere.

I kapitel 4 er der et eksempel på anvendelsen af BLAST.

#### BLAST, Version 2:0, Input Booklet:

I denne manual er opstilling af input med tilhørende skemaer beskrevet. Efter implementeringen af preprocessoren på RECAU er input arbejdet lettet så meget, at der kun er behov for at anvende denne manual ved tvivlsspørgsmål.

#### BLAST, Version 3:0, User's manual, Volume one - Supplement:

Supplementet beskriver de ændringer og tilføjelser, der er i BLAST, Version 3:0 i forhold til Version 2:0. Manualen skal anvendes sammen med Version 2:0, User's manual - Volume one.

I forbindelse med BLAST Version 3:0 er der udviklet et hjælpeprogram ved navn REPORT WRITER, og dette program er beskrevet første gang i denne manual (jf. afsnit 4-1).

I det følgende vil de 4 rapporter i forbindelse med litteraturhenvisninger blive benævnt som ovenfor: BLAST, Version ...

Det forventes, at der i løbet af 1985 vil udkomme en ny user's manual fra BLAST Support Office. Denne manual vil være en kombineret manual, der består af en sammenskrivning af BLAST, Version 2:0, User's manual, Volume one og BLAST, Version 3:0, User's manual, Volume one - Supplement. Formålet med denne manual vil være, at brugere af BLAST, Version 3:0 kun behøver at benytte én manual i tilknytning til arbejdet. Det er for øjeblikket en ulempe, at det er nødvendigt at se i begge de ovenfor nævnte manualer i forbindelse med BLAST arbejdet.

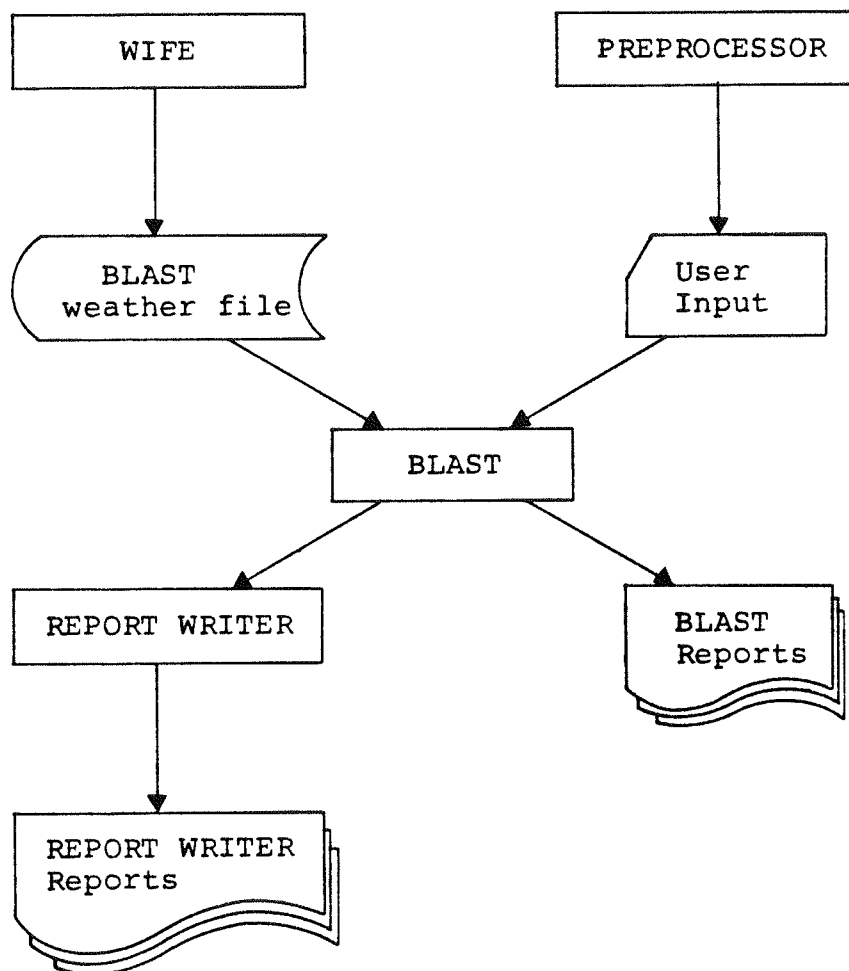
#### 4.1 BLAST med tilhørende programmer

BLAST systemet består af 4 edb-programmer, der hver især varetager deres funktion i forbindelse med analyse af bygningers energiforbrug. På figur 4.1-1 er vist en simplificeret skematisk oversigt over programmerne. De indgående programmer er følgende:

|               |   |                                                                                                                                                       |
|---------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BLAST         | : | BLAST er selve hovedprogrammet og anvendes til beregning af energiforbrug, valg af energisystemer og økonomisk optimering af de samlede omkostninger. |
| REPORT WRITER | : | REPORT WRITER er et program, der gør det muligt at få et stort antal special-output rapporter fra BLAST.                                              |

WIFE : The Weather Information File Encoder (WIFE) er det program, der fremstiller vejrdata til BLAST-programmet.

PREPROCESSOR: Interaktivt program, der fremstiller inputfilen til BLAST for den ønskede bygning. -



Figur 4.1-1. Simplificeret skematisk oversigt over de 4 programmer, der indgår i BLAST-systemet. De 4 programmer der indgår er følgende:

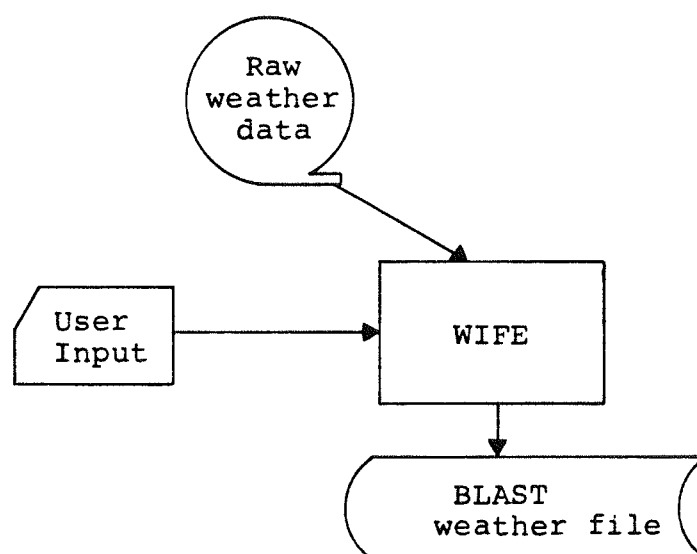
- 1) BLAST - The Building Loads Analysis System Thermodynamics program
- 2) REPORT WRITER
- 3) WIFE - The Weather Information Encoder
- 4) Preprocessor

I det følgende vil de enkelte programmer og deres indbyrdes sammenhæng kort blive beskrevet.

## WIFE

Ved anvendelse af "design dage" i BLAST simuleringen er det muligt at foretage beregninger med BLAST med anvendelse af syntetiske vejrdato. Hvis der derimod er behov for anvendelse af aktuelle vejrdato eller referenceår, er det nødvendigt at konvertere de pågældende vejrdato til BLAST-format ved hjælp af WIFE-programmet.

Anvendelsen af WIFE er illustreret på figur 4.1-2. Input til programmet består af en brugerdefineret inputfil (user input) og de rå-vejrdata, der ønskes konverteret. Ved kørsel med programmet fremkommer de konverterede BLAST-vejrdata (BLAST weather file), der kan gemmes og anvendes i det videre arbejde med BLAST eller REPORT WRITER. Det er således kun nødvendigt at foretage konverteringen én gang for et givet sæt vejrdato.



Figur 4.1-2. Skematisk oversigt over brugen af WIFE-programmet (The Weather Information File Encoder program). Input til programmet består af en brugerdefineret inputfil (user input) og de rå-vejrdata, der ønskes konverteret. Ved kørsel med WIFE fremkommer de konverterede BLAST-vejrdata (BLAST-weather file).

Rå-vejrdata til WIFE kan være i følgende formater:

TRY : NOAA Test Reference Year  
TMY : NOAA Test Meteorological Year  
SOLMET : NOAA Solar Radiation  
TDF-14 : TDF-14 NOAA raw data tape  
SOLAR 280: Solar Radiation tape (280)  
DATSAV : USAFETAC data save tape  
OTHER : Brugerdefineret input format

Brugerinputfilen benyttes til at oplyse WIFE om titel på vejrdata, årstal, bredde- og længdegrad, tidszone og diverse oplysninger om helligdage, sommertid etc. Et eksempel på en inputfil for vejrdata for Lavenergihusprojektet i Hjortekær er vist på figur 4.1-3.

```
TITLE="HJORTEKAER 1979"
RUN= FROM 1 JAN THRU 10 JAN, TAPE=(SOLMET,22222),
LAT=55.42, LONG=-20.2, TIME=23, YEAR=1979,
HOLIDAY= 1 JAN,
HOLIDAY= FROM 12 APR THRU 13 APR, HOLIDAY= FROM 15 APR THRU 16 APR,
HOLIDAY= 11 MAY,
HOLIDAY= 24 MAY,
HOLIDAY= FROM 3 JUN THRU 4 JUN,
HOLIDAY= FROM 25 DEC THRU 26 DEC,
** SPECIFY HOURLY STATEMENTS, UP TO 12
REPORT, UNITS(METRIC), DAILY, CALENDAR,
HOURLY=FROM 2 JAN THRU 4 JAN,
```

Figur 4.1-3. Eksempel på brugerdefineret inputfil til WIFE for vejrdata fra lavenergihusprojektet i Hjortekær.

De parametre, der indgår i BLAST vejrdatabasen efter WIFE-kørslen, indeholder dels en header for filen, hvor oplysningerne fra inputfilen forefindes, og dels følgende oplysninger på timebasis for året:

- Lufttemperaturen (Dry bulb temperature)
- Vådtemperaturen (Wet bulb temperature)
- Himmelstrålingstemperaturen
- Direkte solstråling
- Diffus solstråling
- Reflekteret solstråling
- Vindhastighed og -retning
- Barometertryk
- Regn eller sne

Anvendelsen af WIFE vil ikke blive beskrevet yderligere i denne rapport, men vil blive omtalt i en senere rapport angående en sammenligning mellem målinger i lavenergihusene i Hjortekær og BLAST-beregninger. Programmets opbygning og beskrivelse af de enkelte subrutiner vil blive beskrevet af undertegnede i en rapport i januar 1985.

## PREPROCESSOR

Inputmængden har tidligere været et problem i forbindelse med anvendelsen af BLAST, idet forberedelsen af inputfilen tog forholdsvis megen tid. Dette problem er imidlertid blevet løst efter undertegnede studierejse til BLAST support office, hvor det er lykkedes at få et eksemplar af den Preprocessor, som er blevet udviklet på stedet.

Anvendelsen af Preprocessoren har nedsat det forberedende arbejde betragteligt, samtidig med at det er blevet langt nemmere at sætte sig ind i BLAST-programmet. Dette skyldes, at det nu ikke er nødvendigt at sætte sig helt ind i den syntax, der anvendes i BLAST, idet Preprocessoren automatisk opstiller den korrekte syntax.

Når sessionen med Preprocessoren er færdig, bør inputfilen gennemses og eventuelle fejl rettes. Det er herefter muligt at foretage selve BLAST-simuleringen.

## BLAST

BLAST er kerneprogrammet i BLAST-systemet og foretager energiberegningen. Den centrale del af BLAST-programmet består af 3 dele:

1. Beregning af temperatur og energiforbrug  
(Building loads)
2. Beregning af ventilationssystem  
(Air handling systems)
3. Beregning af centralvarme-/køleanlæg og økonomi for det samlede projekt.  
(Plants, Economic)

BLAST vil blive nærmere beskrevet i afsnit 4.2.

## REPORT WRITER

REPORT WRITER programmet er et nyt program, der er blevet udviklet i forbindelse med BLAST version 3.0. Programmet er illustreret på figur 4.1-4. Dette program kan læse vejrdatafilen (Weather file) og de 3 filer, der fremkommer i forbindelse med BLAST simuleringen:

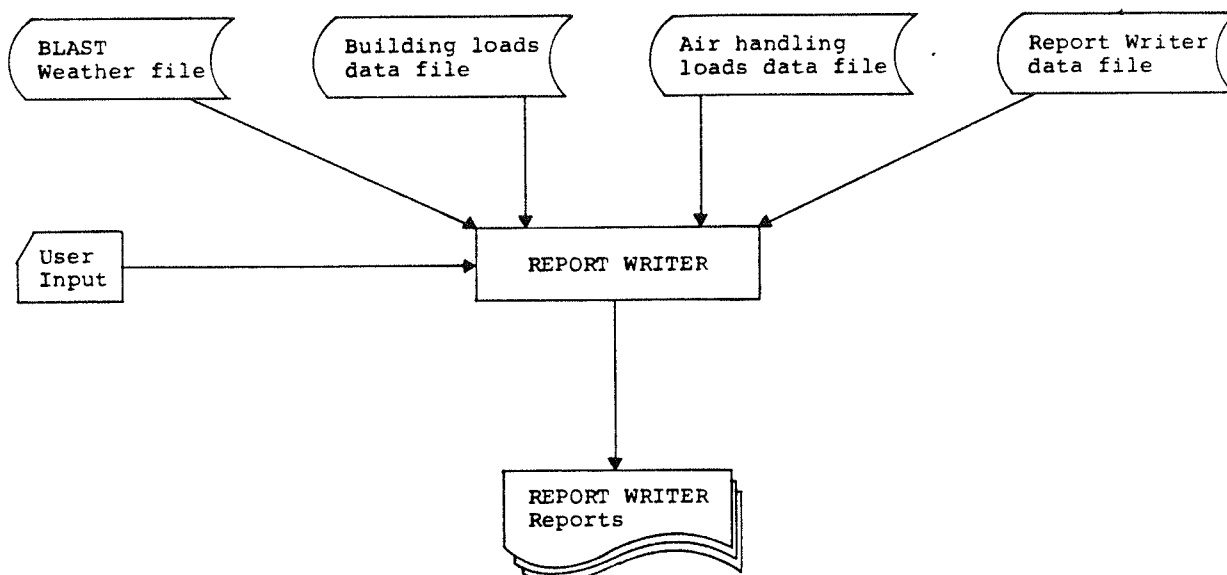
1. Weather file (WTHRFL)
2. Building loads data file (BLDFL)
3. Air handling loads data file (AHLDFL)
4. Optimal report file (RPTFLE)

Building loads data filen og Air handling loads data filen er et resultat af 1. del (Beregning af temperatur og energiforbrug) og

2. del (Beregning af ventilationssystem) fra BLAST simuleringen. Den 4. fil "Optimal report file" fremkommer i forbindelse med BLAST simuleringen, idet de parametre, der ønskes udskrevet, indsættes i BLAST-inputfilen. I alt 143 forskellige brugervalgte parametre kan specificeres og rapporteres på timebasis for en brugerdefineret tidsperiode.

Der er herved åbnet mulighed for en stor fleksibilitet i forbindelse med de variable, der ønskes udskrevet fra BLAST-programmet, og gør det muligt at udføre en tilbundsgående analyse.

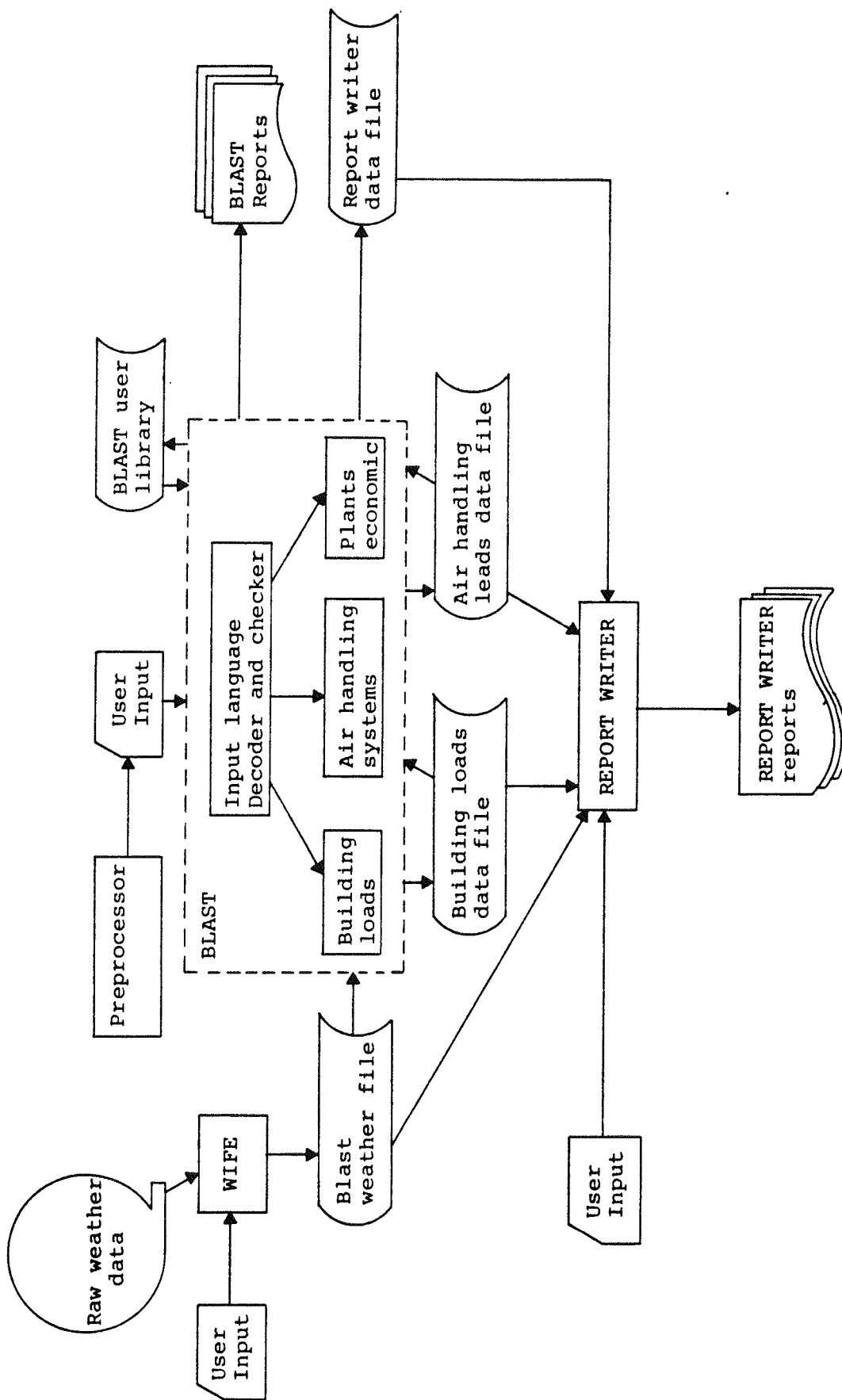
Opbygningen og subrutinerne i REPORT WRITER programmet vil blive beskrevet af forfatteren i december 1984.



Figur 4.1-4. Skematisk oversigt over REPORT WRITER programmet. Dette program kan udskrive i alt 143 forskellige brugervalgte parametre og rapportere dem på timebasis. Programmet kan læse vejrdatafilen (Weather file) og de 3 filer, der fremkommer ved Blast simuleringen: Building loads -, Air handling - og Report Writer data file.

### BLAST-systemet

I det foregående er BLAST-systemet blevet beskrevet ved hjælp af figurer og tekst. På figur 4.1-1 blev der vist en simplificeret skematisk oversigt over systemet, og på figurerne 4.1-2 og 4.1-4 blev WIFE og REPORT WRITER illustreret. For at få et samlet overblik over BLAST-systemet er der på figur 4.1-5 vist en skematisk oversigt, hvor de nævnte figurer er sammensat til en enkelt figur. Den venstre del af figur 4.1-5 korresponderer til WIFE illustrationen i figur 4.1-2 og den nederste del korresponderer til REPORT WRITER illustrationen i figur 4.1-4.



Figur 4.1-5. Skematisk oversigt over de programmer, der indgår i BLAST-systemet. Denne figur er en detaljering af figur 4.1-1. De programmer der indgår er følgende:

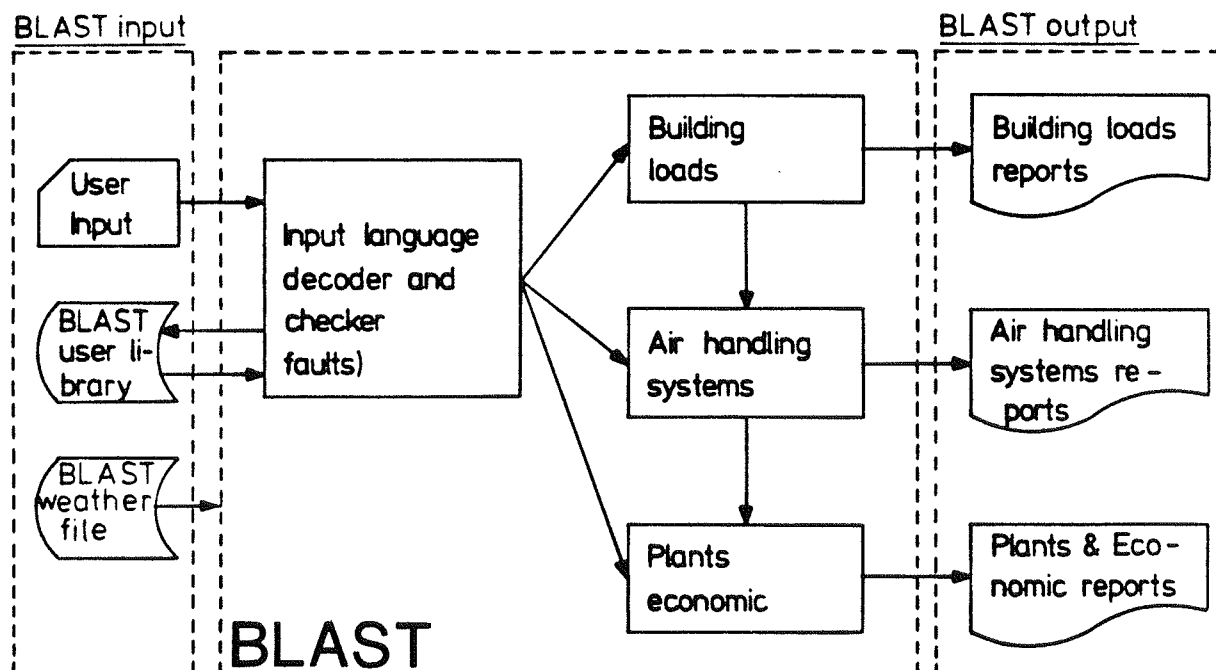
- 1) BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics program
- 2) REPORT WRITER
- 3) WIFE - The Weather Information Encoder
- 4) Preprocessor

## 4.2 Beskrivelse af BLAST

BLAST er som nævnt et veludviklet program til beregning af energiforbrug, valg af energisystemer og til bestemmelse af de samlede energiomkostninger i bygninger. Programmet består af 3 dele:

1. Beregning af temperatur og energiforbrug  
(Building loads)
2. Beregning af ventilationssystem  
(Air handling system)
3. Beregning af centralvarme/køleanlæg og økonomi for det samlede projekt.  
(Plants, Economic)

Programmet er omfattende og har detaljerede algoritmer til beregning af belastninger, simulering af ventilationssystemer og til bestemmelse af centralvarme/køleanlæg. Dets opbygning gør det muligt for brugeren at vælge sit eget detaljeringsniveau gående fra det meget simple til det meget detaljerede.



Figur 4.2-1. Skematisk oversigt for BLAST-programmet.  
(Foredrag: Christensen, Jørgen Erik i Birch & Krogboe - April 1984)

Programmet benytter et amerikansk inputsprog. Dette voldte i begyndelsen en del problemer, da BLAST manualerne ikke er pædagogisk skrevet. Efter implementeringen af Preprocessoren til

BLAST er det imidlertid blevet langt lettere at opbygge inputfiler til programmet, og syntaksen er ikke længere noget problem.

På figur 4.2-1 er der vist en skematisk oversigt over BLAST-programmet. Figuren er delt op i 3 dele:

1. Input til BLAST
2. BLAST-beregningen
3. Output fra BLAST

Disse 3 dele vil blive beskrevet mere indgående i de efterfølgende underafsnit.

### Input til BLAST

Input til BLAST består af 3 filer:

1. Inputfil (User input)
2. BLAST-bibliotek (BLAST user library)
3. BLAST vejrdatafil (BLAST weather file)

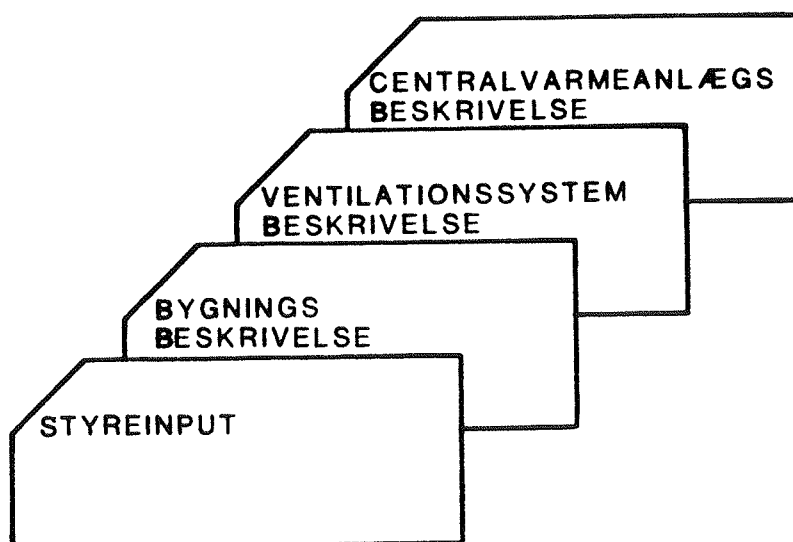
Inputfilen beskriver den ønskede bygning med ventilationsanlæg og centralvarme-/køleanlæg. Opbygningen af inputfilen er illustreret på figur 4.2-2. Den består af 4 dele:

1. Styreinput
2. Beskrivelse af bygning
3. Beskrivelse af ventilationssystem
4. Beskrivelse af centralvarme-/køleanlæg og økonomiske data.

Styreinput benyttes til at beskrive, hvilke dele af programmet der skal aktiveres, og hvilke rapporter der ønskes printet ud. Herudover er det muligt at definere diverse materialer, vægge, kontrolstrategier etc. midlertidigt eller permanent til BLAST-biblioteket. Styreinput er nærmere beskrevet i afsnit 4.2.1.

Bygningsbeskrivelsen gør rede for bygningsgeometrien med tilhørende konstruktioner, kontrolstrategier og belastningerne fra mennesker, elektricitet og naturligt luftskifte. Bygningsbeskrivelsen korresponderer med den 1. del af programmet, hvor temperatur og energiforbruget bliver beregnet. Denne del af programmet er den vigtigste del i forbindelse med dette projekt. Bygningsbeskrivelsen er nærmere beskrevet i afsnit 4.2.2.

Beskrivelsen af ventilationssystemet omfatter selve anlægget og dets opbygning med tilhørende kontrolstrategi. Herudover oplyses



Figur 4.2-2. Opbygning af inputfil til BLAST-programmet.  
Inputfilen består af 4 dele:

1. Styreinput
2. Beskrivelse af bygning
3. Beskrivelse af ventilationssystem
4. Beskrivelse af centralvarme/køleanlæg og økonomiske data

der, hvilke luftmængder der skal leveres til de enkelte zoner. Det er dog muligt ved hjælp af en specialkommando at lade programmet selv udregne de nødvendige luftmængder. Ventilationssystemet er beskrevet i afsnit 4.2.3.

Centralvarme/køleanlægget og de økonomiske data beskrives i den 4. del af input til programmet. I dette skal der indgå en beskrivelse af anlæggets opbygning, energiforsyning, min/max ydelse, effektivitet etc. Herudover kan der gives en række økonomiske data for projektet, således at programmet kan foretage en økonomisk beregning for det pågældende projekt, hvorved brugeren igennem en række kørsler kan lave en økonomisk optimering. Denne del af programmet er beskrevet i afsnit 4.2.4.

BLAST-biblioteket er ikke en absolut nødvendig fil, for at programmet kan køre; men det er en meget stor fordel at benytte det. Dette hænger sammen med, at det er alt for tidkrævende at indtaste alle de nødvendige parametre, hver gang en bygning skal simuleres. I BLAST-biblioteket er der i alt 11 kapitler, som hver især varetager deres funktion såsom beskrivelse af materialer, konstruktioner, belastningsprofiler etc. BLAST-biblioteket er beskrevet i afsnit 4.2.5.

BLAST vejrdatafilen kan evt. helt udelades af beregningen, og specielle brugerdefinerede design-dage kan anvendes i stedet. Vejrdatafilen kan anvendes i alle tre dele af programmet. Filen indeholder vejrdato på timebasis for et helt år, og de indgående parametre består af lufttemperatur, vådtemperatur, himmelstrå-

lingstemperatur, direkte-, diffus- og reflekteret stråling, barometerstand, vindhastighed og -retning. Vejrdatafilen er beskrevet i afsnit 4.2.

### BLAST-beregningen

BLAST-beregningen er delt op i 10 underprogrammer med følgende formål:

1. COMMON DECKS, hvor alle de indgående variable er defineret i forskellige common blokke.
2. BLAST-hovedprogrammet
3. Subrutiner til introduktion og kontrol
4. Biblioteks-subrutiner
5. Initialiserings-subrutiner
6. Subrutiner til strukturering, konvertering og kontrol af syntaksfejl i input.
7. Subrutiner til beregning af temperatur og energiforbrug
8. Subrutiner til beregning af ventilationssystemer
9. Subrutiner til beregning af centralvarme/køleanlæg og økonomi for projektet
10. Syntakssproget i hexadecimal kode

Hele opbygningen af programmet med tilhørende subrutiner er beskrevet af forfatteren i oktober 1984.

Det er normalt kun de 3 underprogrammer 7, 8 og 9, der nævnes i forbindelse med omtale af programmet. I denne rapport er de benævnt henholdsvis den 1. del, 2. del og 3. del af programmet.

Forudsætningerne for beregningerne og beregningsprocedurerne er meget omfattende at beskrive og uden for rammerne af denne rapport. De er derfor kun kort beskrevet i 3 af de følgende afsnit. Beskrivelsen findes for 1. del - Beregning af temperatur og energiforbrug i afsnit 4.2.2, for 2. del - Beregning af ventilationsanlæg i afsnit 4.2.3, og for 3. del - Beregning af centralvarme-/køleanlæg i afsnit 4.2.4.

## Output\_fra\_BLAST

Output fra BLAST består dels af en række automatiske rapporter fra de 3 dele af programmet, og dels en lang række rapporter, som kan specificeres specielt. I alt er det muligt at få 96 forskellige rapporter, der beskriver en lang række resultater og parametre fra beregningen. Herudover kan der ved brug af hjælpeprogrammet REPORT WRITER fås yderligere 143 forskellige parametre på time-, døgn-, måneds- og/eller årsbasis. Det er således muligt at få en lang række data fra programmet og herved tilpasse outputmængden efter det ønskede behov.

Resultaterne fra beregningen af temperatur og energiforbrug (1. del) bliver overført på timebasis til den lokale fil "Building Loads Data file" (BLDFL) og resultaterne fra beregningen af ventilationssystemet til den lokale fil "Air Handling Loads data file" (AHLDFL). Det er herved muligt at anvende disse resultater i det videre beregningsforløb.

## Følgende\_underafsnit

I de følgende 5 underafsnit vil de enkelte dele af programmet blive beskrevet nærmere. Afsnittene vil omfatte følgende:

- 4.2.1 Styreinput
- 4.2.2 Temperatur og energiforbrug
- 4.2.3 Ventilationssystem
- 4.2.4 Centralvarme-/køleanlæg
- 4.2.5 BLAST-biblioteket

Hovedvægten vil blive lagt på underafsnit 4.2.2 - Temperatur og energiforbrug, idet dette er det vigtigste område for dette projekt.

### 4.2.1 Styreinput

Styreinput er den indledende del af input til BLAST-programmet og består af 3 sæt af data:

- 1. Programkontrol
- 2. Biblioteksmodifikationer
- 3. Projektparametre

Program kontrol kommandoen "RUN CONTROL" fortæller BLAST, hvad der skal ske med inputdata, og hvilke simuleringer der skal

udføres. Herudover specificeres hvilke rapporter, der ønskes fra programmet. Til sidst oplyses hvilke enheder, der ønskes, idet der kan anvendes både engelske og metriske enheder.

Biblioteksmodifikationer følger direkte efter RUN CONTROL sætningen og benyttes til at definere, redefinere, slette eller midlertidigt at definere input til et eller flere af de 11 kapitler i BLAST-biblioteket (jf. afsnit 4.2.5).

Projekt parametre er en samling af projekt data, der inkluderer projekttitel, beliggenhed, navne på design dage, jordtemperaturer og den periode, der ønskes simuleret, hvis der anvendes vejr-data.

#### 4.2.2 Temperatur og energiforbrug

Beregning af temperatur og energiforbrug foregår i BLAST ved at benytte en rumopdelt bygningsmodel, hvor alle de indgående konstruktionselementer medtages i den termiske beregning. Herudover er det muligt for de enkelte rum at definere belastningsprofiler for personer, elektricitet, lys, gas, naturligt luftskifte og mobilisolering. Endvidere kan opvarmnings- og kølingsstrategi fastlægges. De enkelte belastningsprofiler eller varme/køle kontrolprofiler kan bestemmes time for time for en uge. Det er således muligt at specificere fx personbelastninger for alle ugens dage og eventuelle ferier.

De enkelte konstruktioner, belastningsprofiler og varme/køle kontrolprofiler kan enten defineres separat eller hentes fra BLAST-biblioteket (jf. afsnit 4.2.5).

Grundlaget for beregningerne er kendetegnet ved en stor detaljeringsgrad, der tager hensyn til en lang række faktorer. Af disse vil kun en lille del blive medtaget her:

Programmet beregner responsfaktorerne og varmeledningsfunktionerne for alle overfladerne. Dette tillader en omhyggelig og komplet analyse af den installationære varmeledning og varmeakkumulering i vægkonstruktionerne.

Ved beregning af overskyggede og solbeskinneede udvendige overflader indgår ribber, overhæng, vinduesindfatninger og skyggegivende omkringliggende huse og træer. Skyggegivningen fra beplantning kan tillige gøres transparente i afhængighed af årstiden.

Der udføres en eksakt beregning af transmitteret solenergi gennem etlags- eller flerlagsvinduer med eller uden indvendig skyggegivning.

Der medtages indvendig og udvendig absorption for termisk stråling og solstråling, og fordelingen af solindfald på de indvendige overflader beregnes.

I varmebalancen for rummet indgår beregning af strålingsudvekslingen mellem overfladerne ved hjælp af en middelstrålingstemperaturteknik. Herudover beregnes strålingsudvekslingen mellem udvendige overflader (vægge, tage, vinduer) og jordoverfladen og himlen.

Indflydelsen af overfladeruhed og variation i vindhastighed medtages i forbindelse med beregning af de udvendige overfladers konvektive varmeovergangskoefficienter.

Den indvendige overflades konvektive varmeovergangskoefficient justeres for lofter og gulve baseret på, om fladerne er varmere eller koldere end rumluften.

Angivelse af kontrolstrategi i forbindelse med opvarmning/køling/ventilation er mulig. Herudover kan belastning for de enkelte rum tilføres fra mennesker, elektricitet, lys, gas og naturligt luftskifte.

Effekten af vindhastighed, temperatur og tidspunkt på dagen medtages ved beregning af luftskiftet.

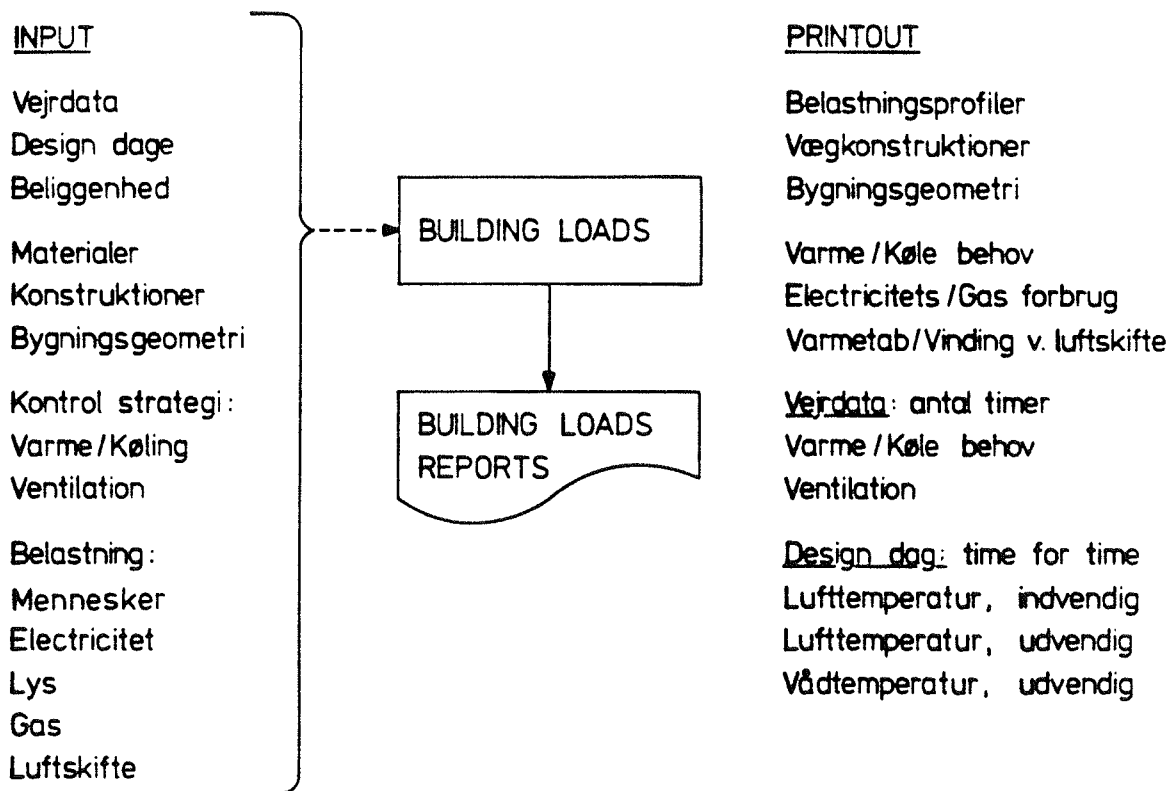
Specificering af vilkårlige flader er tilladt, hvis de blot kan opdeles i tre- og firkantede flader. Det er imidlertid ikke muligt at regne på trekantede vinduer. Fladerne kan have en vilkårlig hældning og azimuth.

Der kan specificeres skodder for vinduer og bevægelig isolering for vægge.

Brugeren kan angive kontrolleret eller tidsafhængig ventilation for at køle et rum.

Programmet kan beregne op til 20 rum i en og samme bygning samtidig med, at der tages hensyn til varmeudveksling mellem rummene. Der kan dog simuleres op til 100 rum i en simulering, blot de deles op i en række bygninger, således at ingen bygning har flere end 20 rum. Dette er dog kun under forudsætning af, at der ønskes beregning af varmeudveksling mellem rummene. Hvis der ses bort fra dette, kan 100 rum simuleres i en og samme bygning.

På figur 4.2.2-1 er der vist en oversigt over INPUT/OUTPUT til beregning af temperatur og energiforbrug. I det følgende vil det nødvendige/mulige INPUT til beregningen blive beskrevet efterfulgt af en beskrivelse af OUTPUT.



Figur 4.2.2-1. Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen af temperatur og energiforbrug (Building Loads) i den 1. del af BLAST-programmet.  
(Foredrag: Christensen, Jørgen Erik i Birch & Krogboe - April 1984).

## INPUT

Et detaljeret program giver mulighed for en præcis beskrivelse af et byggeri med tilhørende belastninger. Dette medfører, at inputmængden til programmet let bliver omfattende og tidskrævende. For at hjælpe på dette er der i tilknytning til BLAST mulighed for at oprette et bibliotek, hvor en lang række informationer kan ligge permanent. Dette medfører, at inputarbejdet kan nedbringes ganske væsentligt. Biblioteket er delt op i 11 kapitler, der omfatter følgende:

1. Belastningsprofiler
2. Varme/køle-kontrolprofiler
3. Passive kontrolprofiler
4. Materialer
5. Beliggenhed
6. Design dage
7. Vægge
8. Tage
9. Gulve
10. Døre
11. Vinduer

Biblioteket er nærmere beskrevet i afsnit 4.2.5.

Beskrivelsen af input til beregningen af temperatur og energiforbrug kan deles i 3 dele:

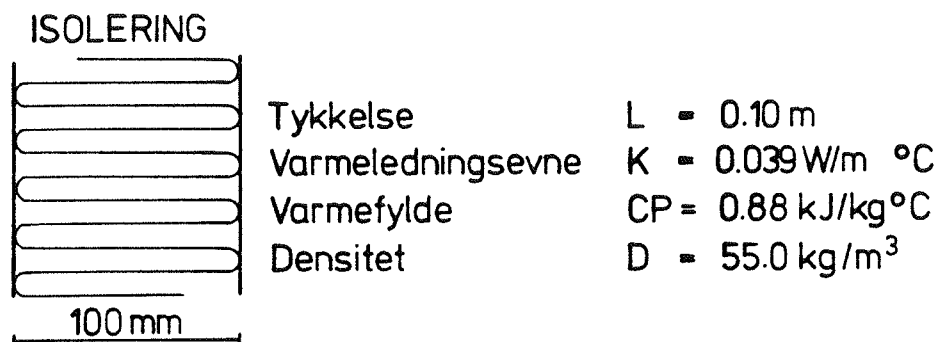
- |                         |                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Bygningsbeskrivelse: | Materialer<br>Konstruktioner<br>Bygningsgeometri                                                            |
| 2. Kontrol-strategi:    | Varme/Køling                                                                                                |
| 3. Belastning:          | Mennesker<br>Elektricitet<br>Lys<br>Gas<br>Naturligt luftskifte<br>Ventilation<br>Luftudveksling mellem rum |

### Bygningsbeskrivelse

Bygningsbeskrivelsen er den mest omfattende del af inputdata til BLAST og kræver stor systematik. I bygningsbeskrivelsen gøres der rede for bygningsgeometrien og de indgående konstruktioner med tilhørende materialer.

I det følgende vil hovedtrækkene for bygningsbeskrivelsen kort blive beskrevet for at give læseren en idé om principperne.

Materialer: De enkelte materialer kan beskrives meget simpelt ved hjælp af oplysninger om tykkelse, varmeledningstal, varmekapacitet og densitet. Herudover kan der alt efter behov laves en mere detaljeret beskrivelse af materialet. På figur 4.2.2-2 er der vist et eksempel på, hvorledes et 100 mm tykt isoleringsmateriale kan beskrives ved hjælp af de 4 parametre.



DEFINE MATERIALS:

ISOA 100mm = (L=0.10, K=0.039, CP=0.88, D=55.0)

END MATERIALS;

Figur 4.2.2-2. Eksempel på beskrivelse af et 100 mm tykt isoleringsmateriale.

(Foredrag: Christensen, Jørgen Erik i Birch & Krogboe - April 1984).

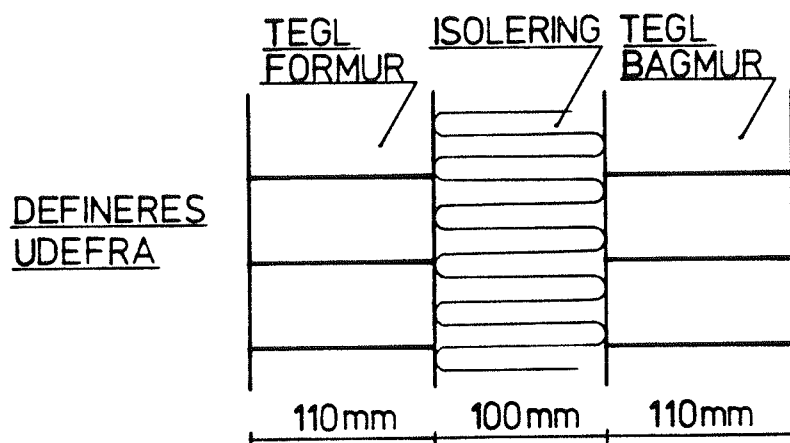
Materialer med lav varmekapacitet kan alternativt specificeres ved kun at angive en isolans for materialet. For eksempel kan glas defineres ved en isolans for glasset, en transmission-koefficient for sollys og ordet "GLASS".

For luftrum er der kun behov for en isolans for luftlaget og ordet "AIR", idet der ses bort fra varmekapaciteten af luftlaget.

Bygningskonstruktioner: Bygningskonstruktionerne er delt op i 5 forskellige dele bestående af følgende:

Vægge  
Lofter  
Gulve  
Døre  
Vinduer

Alle konstruktioner defineres udefra og indefter således, at det yderste materialelag skal skrives først, efterfulgt af de øvrige, afsluttende med det indvendige. Der kan maksimalt indgå 10 materialelag i en bygningskonstruktion. Et eksempel på beskrivelse af en teglmur er vist på figur 4.2.2-3.



DEFINE WALLS  
TEGLMUR ISOA 100 = (TEGL-FOR, ISOA  
100mm, TEGL-BAG);  
END WALLS;

Figur 4.2.2-3. Eksempel på beskrivelse af en bygningskonstruktion bestående af 3 lag: Teglformur, 100 mm isolering, teglbagmur. Konstruktionen er defineret udefra.

(Foredrag: Christensen, Jørgen Erik i Birch & Krogboe - April 1984).

Koordinatsystem og retningsangivelser: BLAST anvender kartesiske koordinater ved beskrivelsen af bygninger og zoner. Z-aksen peger altid opad, hvorimod X- og Y-aksernes retninger er afhængige af origos placering i forhold til bygningen. Hvis origo placeres i bygningens sydvestlige hjørne, vil aksernes retninger blive:

X-aksen - peger mod øst

Y-aksen - peger mod nord

Z-aksen - peger opad

Retningerne er defineret i grader med uret:

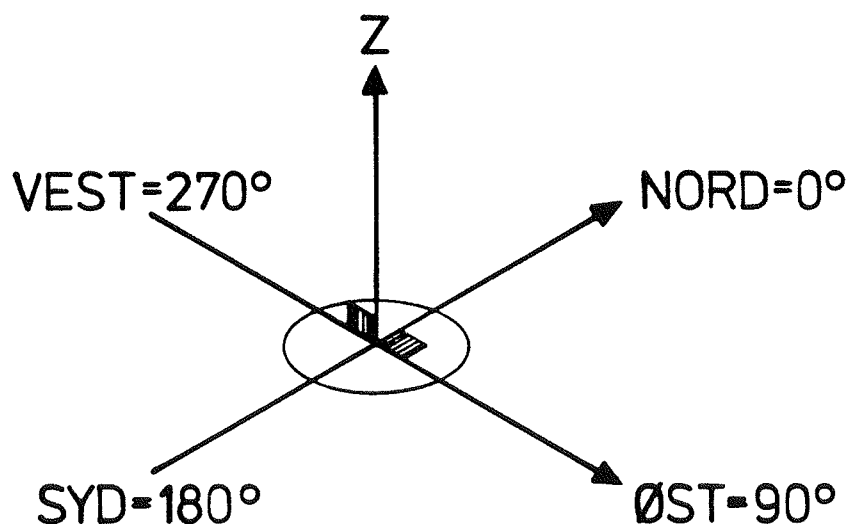
Nord =  $0^{\circ}$

Øst =  $90^{\circ}$

Syd =  $180^{\circ}$

Vest =  $270^{\circ}$

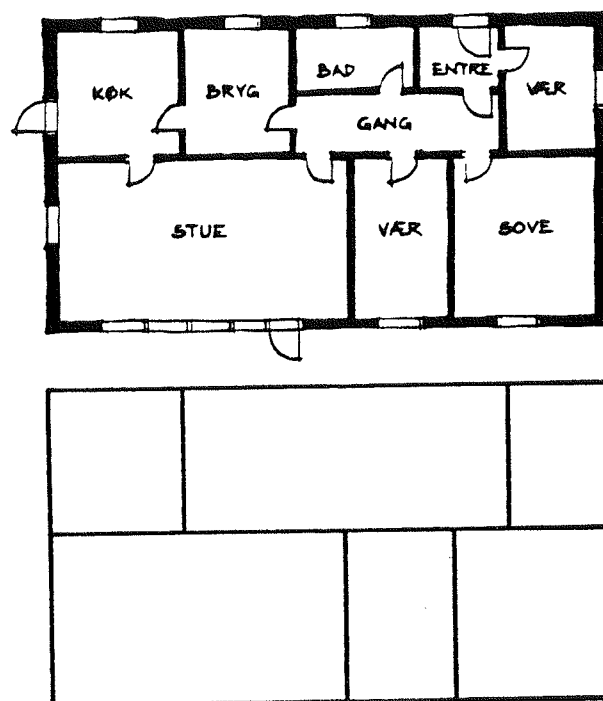
Retningsangivelserne er illustreret på figur 4.2.2-4.



Figur 4.2.2-4. Illustration af de retninger BLAST anvender i forbindelse med beskrivelsen af bygningsgeometrien.

Optegning af simplificeret bygning: Optegningen af en specifik bygning bør altid simplificeres så meget som muligt under hensyntagen til beregningsusikkerheden. Dette medfører, at bygningen først bør vurderes ud fra hvilke zoner (værelser/rum) der har interesse, og hvilke det er muligt at slå sammen for at begrænse inputdata og beregningstid.

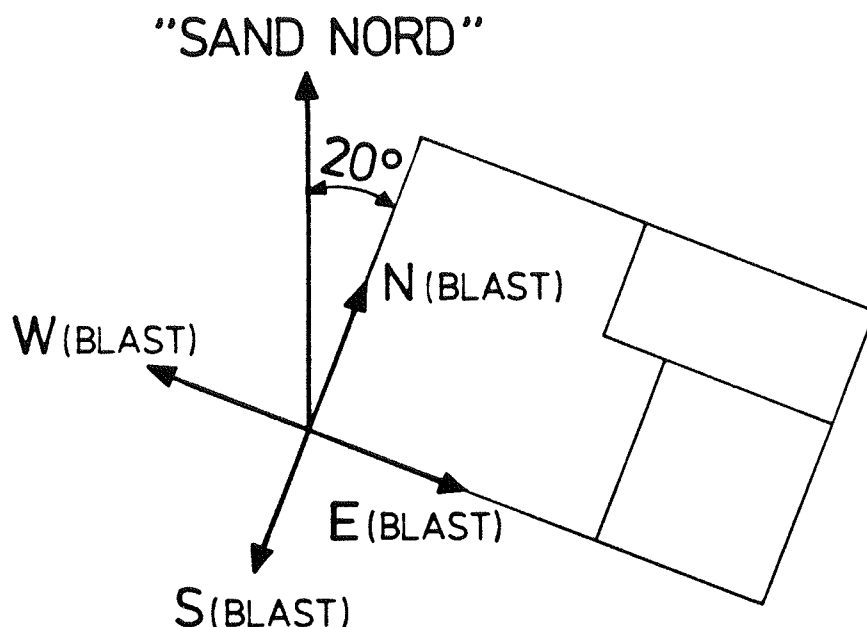
Herudfra konstrueres en tegning til brug for BLAST-beregningen, hvor de enkelte vægge er ækvivaleret med en linie. På figur 4.2.2-5 er vist et eksempel på en simplificeret optegning af et parcelhus.



Figur 4.2.2-5. Øverst er vist et eksempel på et parcelhus og nederst et eksempel på, hvorledes dette hus kan simplificeres.

Placering af huset i forhold til nord: I de fleste tilfælde vil husets placering ikke være orienteret, så det passer til BLAST-programmets koordinatsystem. Det er derfor nødvendigt at rotere huset.

På figur 4.2.2-6 er illustreret, hvorledes et hus, hvis ene side danner en vinkel på  $20^{\circ}$  med "sand nord", kan roteres, så det stemmer med BLAST-programmets koordinatsystem.



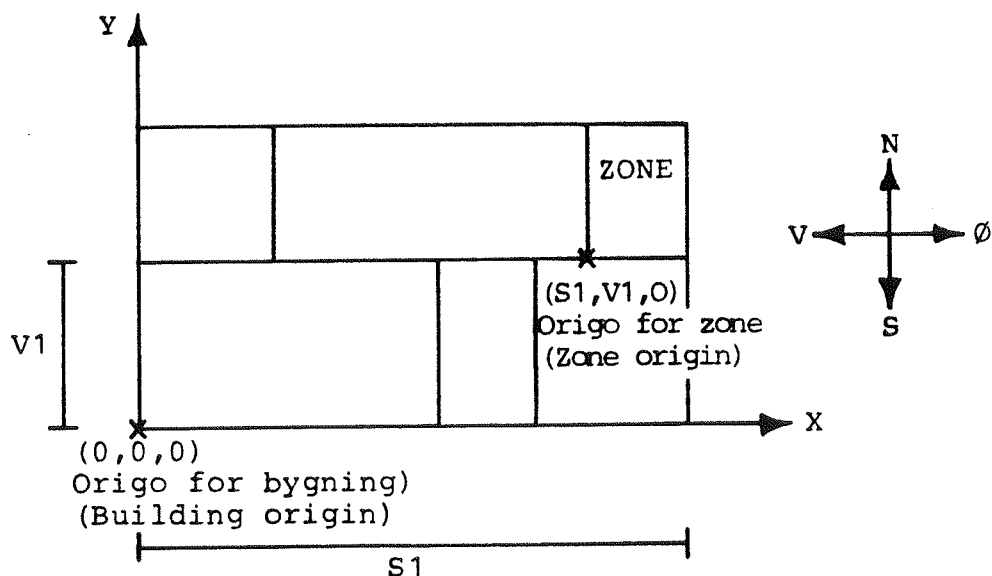
Figur 4.2.2-6. Illustration af hvorledes en bygning roteres i forhold til "sand nord". Til rotationen anvendes følgende sætning:

$$\text{NORTH AXIS} = 20$$

I det følgende vil retningsangivelserne NORD, ØST, SYD og VEST henviser til BLAST-koordinatsystemet, idet der med rotationen er taget hensyn til bygningens sande orientering.

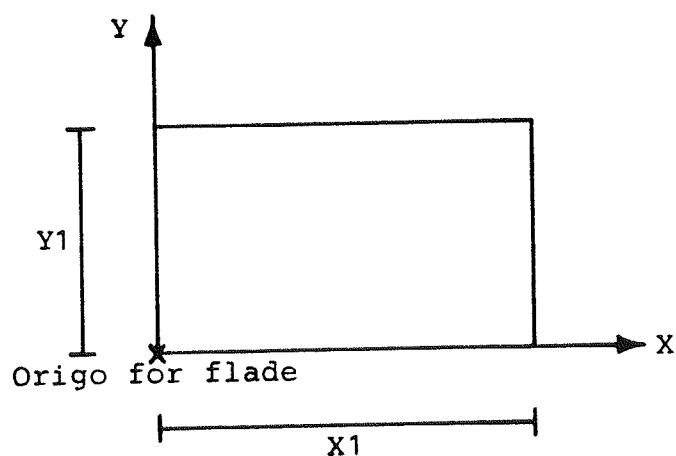
Origo for bygning og zone: Origo for bygningen bør placeres på den mest hensigtsmæssige måde. I mange tilfælde vil det være en fordel at placere det i bygningens sydvestlige hjørne.

På tilsvarende måde placeres origo for de enkelte zoner. Placering af origo er belyst på figur 4.2.2-7.



Figur 4.2.2-7. Origo for bygning (Building Origin) i det sydvestlige hjørne  $(0,0,0)$ . Origo for zone (Zone origin) i det sydvestlige hjørne af zonen  $(S1, V1, 0)$ .

Flader i zonen: Alle flader betragtes udefra med origo for fladen i nederste venstre hjørne. Origo for fladen beregnes relativt i forhold til origo for zonen. Fladen betragtes i X, Y-planen, hvilket er vist på figur 4.2.2-8.



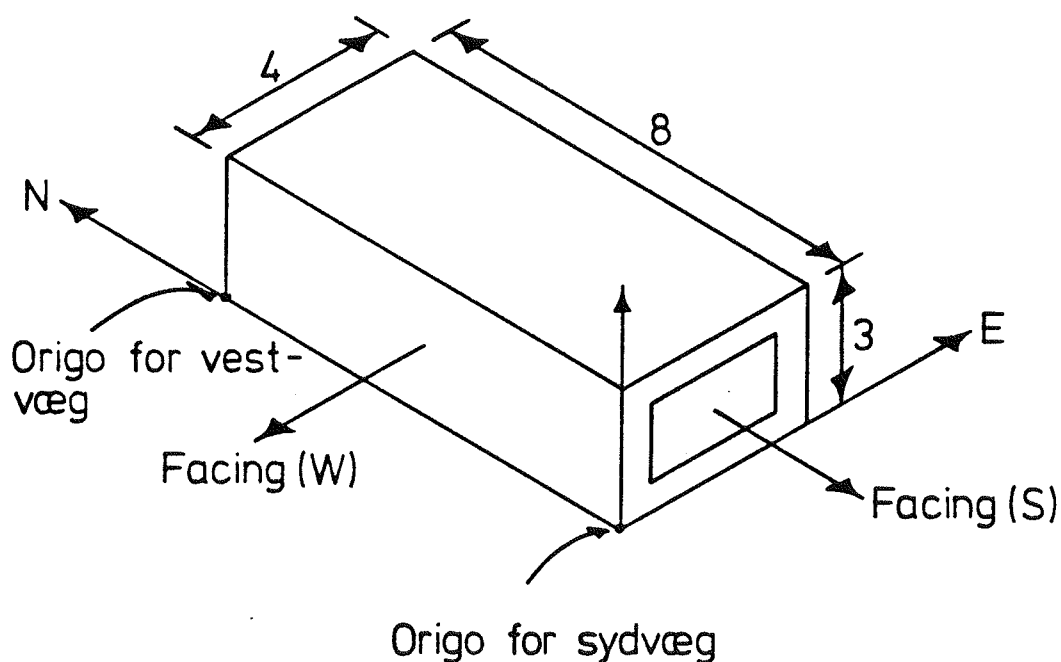
Figur 4.2.2-8. Fladen betragtes udefra med origo i nederste venstre hjørne. Origo for fladen beregnes relativt i forhold til origo for zonen.

Ved beskrivelse af en flade skal der ud over origo for fladen oplyses dimensionerne på fladen i X, Y-planen, hvilken retning fladen har (FACING) og for indre flader, hvilken zone, fladen støder op til (ADJACENT TO ZONE). Retningen for fladen (FACING) er fladens udadrettede normal.

På figur 4.2.2-9 er vist et eksempel på specificering af en syd- og en vestflade med tilhørende origo og retningsangivelse.

Herudover kan hældningen på fladen specificeres (TILTED). Hældningen er vinklen mellem Z-aksen og fladens normal. Hvis hældningen udelades ved specificeringen, indsættes følgende værdier:

|          |   |      |
|----------|---|------|
| Tag/loft | : | 0°   |
| Vægge    | : | 90°  |
| Gulve    | : | 180° |



Figur 4.2.2-9. Illustration af origo for væg med tilhørende retning (FACING).

Vinduer, døre, tagudhæng, ribber etc.: Ud over beskrivelsen af hovedlinjerne i geometrien er der en lang række andre ting, som kan specificeres. For ikke at gøre denne korte beskrivelse for omfattende vil dette dog ikke blive beskrevet, da dette afsnit kun har til formål at give en idé om programmets opbygning og faciliteter.

### Kontrolstrategi

Ved angivelse af kontrolstrategi for et rum kan der enten defineres et separat kontrolprofil til det pågældende problem, eller der kan vælges et fra kapitel 3 i BLAST-biblioteket (jf. afsnit 4.2.5). Kontrolprofilet angiver ved hvilke temperaturer, der skal være henholdsvis fuld varme og fuld køling. Denne angivelse er minimumskravet for specificering af kontrolstrategi, men herudover er der 3 parametre, som kan specificeres:

1. Den maksimale varme/køle-kapacitet
2. Den resulterende temperatur
3. Hvilken tidsperiode kontrolstrategien skal virke i

Den 1. og den 3. parameter giver sig selv, hvorimod "den resulterende temperatur" kræver en lille forklaring. Hvis der intet angives, vil varme/kølebehovet blive beregnet på baggrund af lufttemperaturen. Da komforten imidlertid er afhængig af både luft- og strålingstemperaturen, er der mulighed for at tage strålingstemperaturen med ind i beregningen. Dette gøres ved at vægte indflydelsen af luft- og strålingstemperaturen i procent og på denne måde få den resulterende temperatur til at indgå i beregningen.

### Belastning

Belastningerne for de enkelte rum kan bestå af følgende former:

1. Mennesker
2. Elektricitet
3. Lys
4. Gas
5. Naturligt luftskifte
6. Ventilation
7. Luftudveksling mellem rum

Afhængigt af hvilken belastning der er tale om, varierer beskrivelsen af den, men i hovedtræk angives følgende oplysninger:

1. Maksimumbelastning
2. Belastningsprofil
3. Procent udstrålet energi
4. Hvilken tidsperiode belastningen skal virke i

Maksimumbelastningen kan være et antal personer, et luftskifte eller en effekttilførsel. Belastningsprofilen angiver på timebasis, hvor stor en del af maksimumbelastningen, der påvirker rummet. Belastningsprofilen kan hentes fra BLAST-bibliotekets kapitel 1 (jf. afsnit 4.2.5) eller defineres separat.

Af den afsatte effekt i rummet kan en del gå til rumluften og en del udstråles til overfladerne. Dette kan specificeres under punkt 3 ved at angive, hvor mange procent af energien, der udstråles.

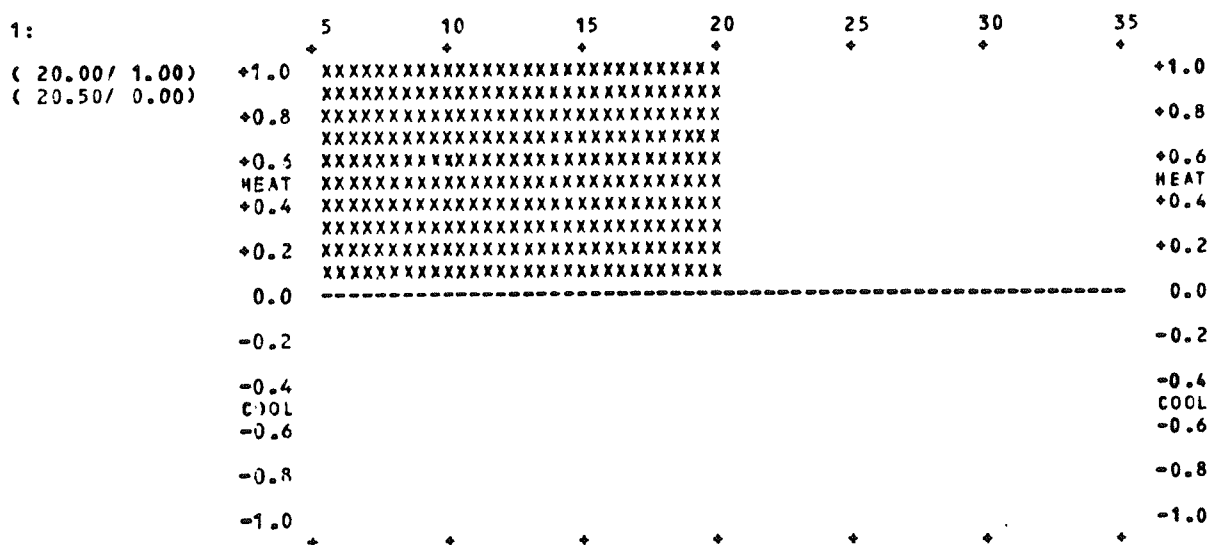
Herudover kan den periode, som belastningen skal virke i, indsættes ved at oplyse den første og den sidste dag for belastningens påvirkning af rummet.

For ventilation og luftudveksling mellem rum kan tillige specificeres, ved hvilke temperaturer dette skal foregå.

## OUTPUT

Output fra programmet består af en række rapporter, der kommer automatisk, og en lang række, som kun kommer, når det specificeres under styreinput. I forbindelse med denne del af programmet, hvor temperatur og energiforbrug beregnes, findes der i alt 27 forskellige rapporter. Herudover kan der ved hjælp af REPORT WRITER programmet printes 39 forskellige variable på time-, døgn-, måneds- eller årsbasis.

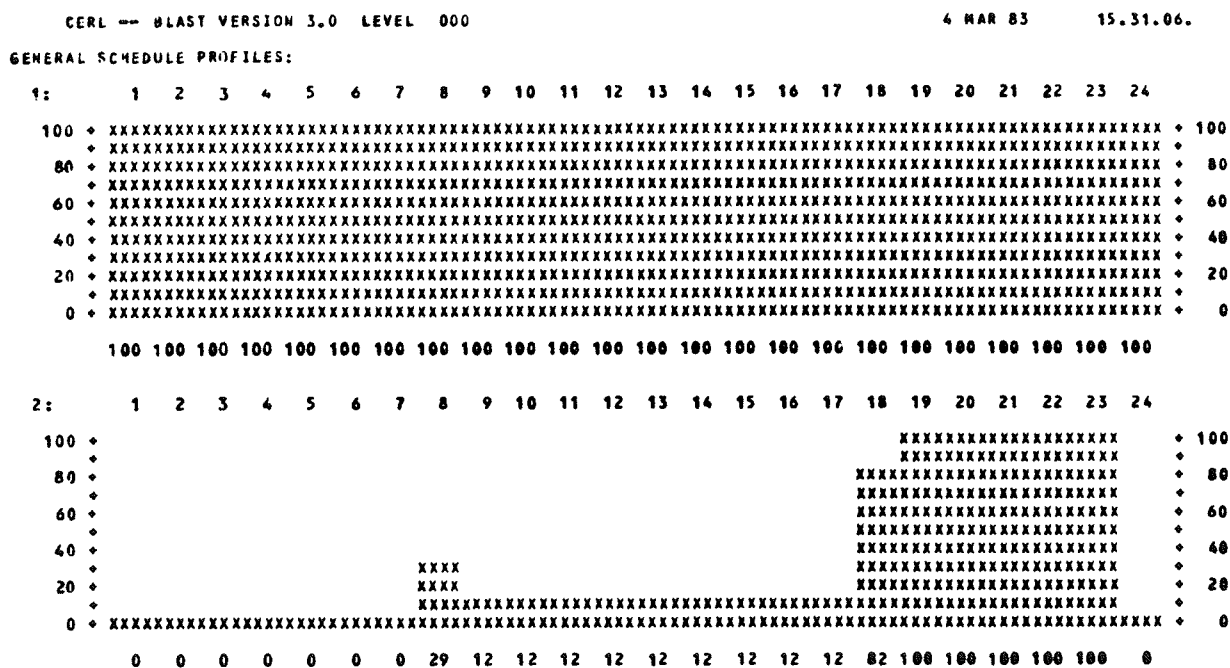
### TEMPERATURE CONTROL PROFILES:



Figur 4.2.2-10. Kontrolstrategi med maksimal tilførsel af varme ved 20°C og ingen varmetilførsel ved 20,5°C.

Da input til programmet beskriver mange forskellige ting, er det nødvendigt, at input kan kontrolleres ved hjælp af output fra programmet. De første rapporter fra programmet indeholder derfor en beskrivelse af input til programmet.

Den første rapport illustrerer grafisk, hvilke kontrolstrategier der er valgt. På figur 4.2.2-10 er der vist et temperaturkontrolprofil, hvor den maksimale varmeeffekt tilføres rummet ved 20°C og aftager lineært til 0. Belastningerne i de enkelte rum kan komme fra: mennesker, elektricitet, lys etc. Til de enkelte belastninger er der knyttet et belastningsprofil (general schedule profile), der angiver belastningens fordeling over døgnet. Dette belastningsprofil angives i procent fra 0 til 100, hvor 100 er tilknyttet den maksimale belastning. På figur 4.2.2-11 er vist 2 belastningsprofiler.



Figur 4.2.2-11. Belastningsprofiler. Det første har maksimalværdi (100%) over hele døgnet (1-24 timer), og det andet varierer over døgnet.

Efter dette er der mulighed for at få en detaljeret beskrivelse af de indgående bygningskonstruktioner, men dette fremkommer kun, hvis kommandoen "WALLS" indsættes under RUN CONTROL (jf. afsnit 4.2.1).

I det følgende kommer der en beskrivelse af de enkelte zoner med indgående flader og tilhørende arealer, azimuth, hældninger og betegnelser. Herudover listes belastningen for zonen med hensyn til naturligt luftskifte (infiltration), ventilation, elektricitet, mennesker etc. En del af denne rapport er vist på figur 4.2.2-12.

DESCRIPTION OF ZONE 1: SYDVENDT STUE

BR-77 HUS

| NUMBER | TYPE OF SURFACE<br>TYPE OF SUBSURFACE | AREA | U     | AZM   | TILT  | CONSTRUCTION  |
|--------|---------------------------------------|------|-------|-------|-------|---------------|
| 3      | EXTERIOR WALL                         | 12.1 | .397  | 180.0 | 90.0  | WALL BR77     |
| 4      | WINDOW                                | 7.4  | 2.969 |       |       | VINDUE 2 80   |
| 5      | DOOR                                  | .7   | 2.084 |       |       | OUTER DOOR1   |
| 6      | EXTERIOR WALL                         | 9.1  | .397  | 270.0 | 90.0  | WALL BR77     |
| 7      | WINDOW                                | 1.8  | 2.969 |       |       | VINDUE 2 80   |
| 8      | INTERZONE PARTITION                   | 10.9 | 1.258 | 90.0  | 90.0  | WALL 100 LETB |
| 9      | INTERZONE PARTITION                   | 1.7  | 2.327 | 0.0   | 90.0  | DOOR 1        |
| 10     | INTERZONE PARTITION                   | 9.7  | 1.258 | 0.0   | 90.0  | WALL 100 LETB |
| 11     | INTERZONE PARTITION                   | 1.7  | 2.327 | 0.0   | 90.0  | DOOR 1        |
| 12     | INTERZONE PARTITION                   | 7.1  | 1.258 | 0.0   | 90.0  | WALL 100 LETB |
| 13     | ROOF                                  | 35.0 | .201  | 180.0 | 0.0   | ROOF 1        |
| 14     | SLAB ON GRADE FLOOR                   | 35.0 | .299  | 180.0 | 180.0 | FLOOR 1       |

EXTERIOR SURFACE AREA = 66.02 AVERAGE U-VALUE = .665

GENERAL SCHEDULES DATA:

INFILTRATION: 1.130E-02 CMS FROM 1JAN THRU 31DEC  
MODIFIER = .60600 + .03636\*DT + .11744\*V + 0.00000\*V\*\*2

VENTILATION: 6.780E-02 CMS FROM 1JAN THRU 31DEC  
\*\*\*\*\* C MINIMUM, 26.00 C MAXIMUM, 0.00 C DELTA

ELECTRIC EQUIPMENT: 3.400E+02 W FROM 1JAN THRU 31DEC  
0.0% LATENT, 30.0% RADIANT, 0.0% LOST

PEOPLE: 2.800E+00 FROM 1JAN THRU 31DEC  
1.250E+02 W ACTIVITY LEVEL, 70.0% RADIANT

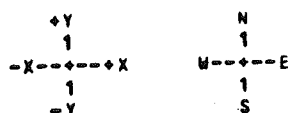
Figur 4.2.2-12. Beskrivelse af zone med tilhørende flader og belastninger.

Herefter følger en liste over koordinaterne for alle de indgående flader i zonen efterfulgt af en grundplan af zonen. Grundplanen er vist på figur 4.2.2-13.

Efter beskrivelse af alle zonerne kommer der en grundplan af hele bygningen med tilhørende zoner. På figur 4.2.2-14 er et hus med 6 zoner printet ud.

PLAN VIEW OF ZONE HEAT TRANSFER SURFACES.

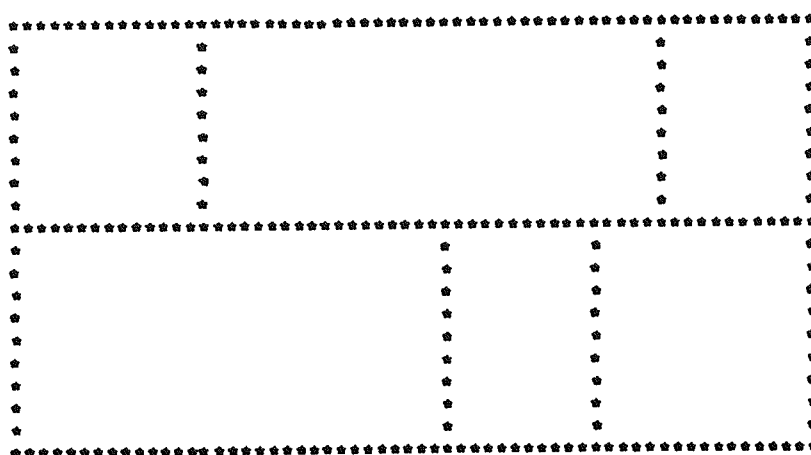
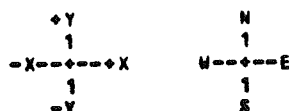
MIN X = 0.00  
 MAX X = 8.05  
 MIN Y = 0.00  
 MAX Y = 4.35



Figur 4.2.2-13. Grundplan af zone med tilhørende max/min koordinater for X- og Y-akser.

PLAN VIEW OF BUILDING SURFACES.

MIN X = 0.00  
 MAX X = 14.75  
 MIN Y = -0.50  
 MAX Y = 8.50



Figur 4.2.2-14. Grundplan af hele bygningen med tilhørende zoner.

Når input til programmet er beskrevet, kommer resultaterne fra simuleringen af de ønskede data. I den første rapport kommer der en oversigt over resultaterne i de indgående zoner. Denne oversigt indeholder for den simulerede periode det totale køle-/varmebehov, det maksimale køle-/varmebehov og min/max temperaturen. Oversigten er vist på figur 4.2.2-15.

ZONE GROUP LOADS FOR SPRING02

| NUMBER | NAME                   | MULTIPLIER |
|--------|------------------------|------------|
| 1      | 1 SYDVENDT STUE        | 1          |
| 2      | 2 SYDVENDT VARELSE     | 1          |
| 3      | 3 SYDVENDT SOVEVARELSE | 1          |
| 4      | 4 SPISEKOKKEN          | 1          |
| 5      | 5 BLANDET RUM          | 1          |
| 6      | 6 NOPDVENDT VARELSE    | 1          |

| ZONE   | TOTAL HEATING (KWH) | TOTAL COOLING (KWH) | PEAK HEATING (KW) | PEAK COOLING (KW) | MAX TEMP (C) | MIN TEMP (C) |
|--------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|
| 1      | 6.645E+00           | 0.                  | 1.019E+00         | 0.                | 20.47        | 17.44        |
| 2      | 2.197E+00           | 0.                  | 2.799E-01         | 0.                | 20.45        | 18.04        |
| 3      | 4.126E+00           | 0.                  | 3.796E-01         | 0.                | 20.38        | 18.02        |
| 4      | 7.974E-01           | 0.                  | 3.015E-01         | 0.                | 25.94        | 18.16        |
| 5      | 4.464E+00           | 0.                  | 6.460E-01         | 0.                | 20.46        | 17.76        |
| 6      | 2.321E+00           | 0.                  | 2.587E-01         | 0.                | 20.44        | 18.04        |
| GROUP: | 2.055E+01           | 0.                  | 2.885E+00         | 0.                | 25.94        | 17.44        |

Figur 4.2.2-15. Oversigt for de indgående zoner over det totale køle/varmebehov, det maksimale køle/varmebehov og min/max temperaturen.

Efter denne oversigt kommer der en beskrivelse af energibehovet for hver enkelt zone i bygningen. Dette energibehov omhandler køle/varmeforbruget (cooling/heating load), elektricitets- og gasforbruget, og hvor megen energi der tabes ved rummets luftskifte.

Rapporten afhænger af, om der er simuleret brugerdefinerede design dage eller vejrdage. Hvis der er benyttet design dage, bliver energibehovet og temperaturniveauet vist time for time over døgnet. Hvis der er anvendt vejrdage, kommer der en oversigt over energiforbruget i hver enkelt måned og det samlede forbrug for hele året. Herudover vises der det maksimale køle/varmebehov og den maksimale/minimale temperatur, begge med tilhørende tidspunkt. På figur 4.2.2-16 er denne rapport vist for en design dag.

# ZONE LOADS REPORT

PASSIV SOLVARN  
MARTS 1983  
JORGEM ERIK CHRISTENSEN

| LOCATION COPENHAGEN               |                          | BR-77 MUS                                       |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| ZONE 1 SYDVENDT STUE              |                          | 1 DAYS                                          |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| ENVIRONMENT SPRING02              |                          |                                                 |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| HP                                | HEATING<br>LOAD<br>(KWH) | COOLING<br>LOAD<br>(KWH)                        | LATENT<br>LOAD<br>(KWH) | RETURN AIR<br>HEAT GAIN<br>(KWH) | BASEBOARD<br>LOAD<br>(KWH) | ELECTRIC<br>LOAD<br>(KWH)        | GAS<br>LOAD<br>(KWH) | INFILT<br>HEAT LOSS<br>(KWH) | INFILT<br>HEAT GAIN<br>(KWH) | MAT   | TEMPERATURES<br>ODB | OWB   |
| 1                                 | 0.                       | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 0.                           | 0.                           | 18.26 | 8.91                | 7.20  |
| 2                                 | 0.                       | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 0.                           | 0.                           | 17.88 | 8.56                | 7.03  |
| 3                                 | 0.                       | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 0.                           | 0.                           | 17.52 | 8.28                | 6.89  |
| 4                                 | 1.081E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 1.648E-01                    | 0.                           | 17.47 | 8.07                | 6.79  |
| 5                                 | 1.903E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 1.658E-01                    | 0.                           | 17.45 | 8.00                | 6.76  |
| 6                                 | 2.472E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 1.623E-01                    | 0.                           | 17.44 | 8.16                | 6.83  |
| 7                                 | 1.019E+00                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 2.027E-01                    | 0.                           | 20.23 | 8.49                | 7.00  |
| 8                                 | 8.276E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 9.996E-02                        | 0.                   | 2.037E-01                    | 0.                           | 20.28 | 9.12                | 7.30  |
| 9                                 | 7.369E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 1.828E-01                    | 0.                           | 20.31 | 10.03               | 7.73  |
| 10                                | 6.093E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 1.596E-01                    | 0.                           | 20.34 | 11.08               | 8.23  |
| 11                                | 4.877E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 1.347E-01                    | 0.                           | 20.37 | 12.27               | 8.77  |
| 12                                | 3.920E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 1.125E-01                    | 0.                           | 20.40 | 13.39               | 9.28  |
| 13                                | 3.026E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 9.676E-02                    | 0.                           | 20.42 | 14.23               | 9.66  |
| 14                                | 2.317E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 8.664E-02                    | 0.                           | 20.43 | 14.79               | 9.91  |
| 15                                | 2.317E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 8.294E-02                    | 0.                           | 20.44 | 15.00               | 10.00 |
| 16                                | 2.476E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 8.670E-02                    | 0.                           | 20.46 | 16.79               | 9.91  |
| 17                                | 2.959E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 4.012E-02                        | 0.                   | 9.537E-02                    | 0.                           | 20.42 | 18.30               | 9.69  |
| 18                                | 1.796E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 2.802E-01                        | 0.                   | 1.108E-01                    | 0.                           | 20.45 | 13.53               | 9.33  |
| 19                                | 1.798E-01                | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 3.400E-01                        | 0.                   | 1.292E-01                    | 0.                           | 20.45 | 12.62               | 8.93  |
| 20                                | 1.024E-01                | 0.                                              | 1.096E-01               | 0.                               | 0.                         | 3.400E-01                        | 0.                   | 1.487E-01                    | 0.                           | 20.47 | 11.71               | 8.52  |
| 21                                | 1.139E-01                | 0.                                              | 1.098E-01               | 0.                               | 0.                         | 3.400E-01                        | 0.                   | 1.657E-01                    | 0.                           | 20.47 | 10.94               | 8.16  |
| 22                                | 1.331E-01                | 0.                                              | 1.098E-01               | 0.                               | 0.                         | 3.400E-01                        | 0.                   | 1.816E-01                    | 0.                           | 20.47 | 10.24               | 7.83  |
| 23                                | 0.                       | 0.                                              | 1.097E-01               | 0.                               | 0.                         | 3.400E-01                        | 0.                   | 0.                           | 0.                           | 19.97 | 9.68                | 7.57  |
| 24                                | 0.                       | 0.                                              | 0.                      | 0.                               | 0.                         | 0.                               | 0.                   | 0.                           | 0.                           | 18.56 | 9.26                | 7.37  |
| TOT                               | 6.645E+00                | 0.                                              | 4.389E-01               | 0.                               | 0.                         | 2.441E+00                        | 0.                   | 2.674E+00                    | 0.                           |       |                     |       |
| HEATING LOAD = 1.808E-01 KWH/M**2 |                          | COOLING LOAD = 0.                               |                         | KWH/M**2                         |                            | ZONE FLOOR AREA = 3.502E+01 M**2 |                      |                              |                              |       |                     |       |
| PEAK LOADS AND TEMPERATURES:      |                          |                                                 |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| MAX HEATING LOAD =                |                          | 1.019E+00 AT HOUR 7 WITH ZONE AIR TEMP OF 20.23 |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| MAX COOLING LOAD =                |                          | 0. AT HOUR 0 WITH ZONE AIR TEMP OF 0.00         |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| MAX ZONE AIR TEMP =               |                          | 20.47 AT HOUR 20                                |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |
| MIN ZONE AIR TEMP =               |                          | 17.44 AT HOUR 6                                 |                         |                                  |                            |                                  |                      |                              |                              |       |                     |       |

Figur 4.2.2-16. Beskrivelse af energibehovet og temperaturintervallet i en zone for en designdag.

Alt efter behovet kan flere rapporter printes. Hvis enkelte parametre ønskes nærmere analyseret, kan dette gøres ved hjælp af REPORT WRITER programmet, hvor en lang række parametre kan printes på time-, døgn-, måneds- eller årsbasis. Dette print kan omfatte hele eller dele af den simulerede periode. Nogle af de vigtigste parametre, der kan printes med dette program, er følgende:

Varmebehov

Kølebehov

Bunden varme

Elektricitetsforbrug

Gasforbrug

Naturligt luftskifte

Lufttemperatur

Middelstrålingstemperatur

Solindfald

Udover disse 9 parametre er der 30 andre, der kan printes fra denne del af programmet, således at i alt 39 parametre kan indgå i en nærmere analyse af temperatur og energiforbruget i bygningen.

#### 4.2.3 Ventilationssystem

Da denne rapport omhandler passiv solvarme, er det navnlig det forrige afsnit "Temperatur og energiforbrug", der har interesse. BLAST kan imidlertid også håndtere beregning af ventilationsanlæg, men dette vil af ovenstående grund kun blive kort omtalt for at give eventuelle interesserede læsere et indtryk af faciliteterne.

Efter at rummenes temperatur og energiforbrug er blevet beregnet, bliver resultaterne lagt over i "The Building Loads Data file". Disse resultater bliver herefter overført til den 2. del af programmet, hvor ventilationssystemet beregnes. Belastningerne omsættes her til varmt og kølet vand og elektriske behov til centralvarme/køleanlæg og elektricitetsværk. Beregningen foretages ved hjælp af simple varme- og massebalancer.

For at brugeren ikke skal definere alle størrelserne til beregningen er der indlagt en række erstatningsværdier, hvilket betyder, at parametrene får tildelt en specifik værdi, hvor intet andet specificeres. Alle erstatningsværdier kan overskrives af

brugeren, således at anlægget tilpasses det ønskede anlæg, der skal simuleres. Der er imidlertid nogle parametre der skal defineres, såsom volumenstrømme mm. Der er dog mulighed for med en specialkommando i styreinput at lade programmet selv finde de nødvendige volumenstrømme på baggrund af givne betingelser. Brugeren kan herefter i næste simulation angive den volumenstrøm, der anses for rimelig på baggrund af programmets beregnede luftmængde.

De vigtigste ventilationsanlæg, som BLAST kan analysere, er følgende:

1. Flerzone og to-kanals systemer  
(Multizone and dual duct systems)
2. Tre-niveau flerzone systemer, (hhv. udeluft, nedkølet luft og opvarmet luft)  
(Three-deck multizone systems)
3. Enkeltzone ventilationssystemer med eftervarmning i underzoner  
(Single-zone fan systems with subzone reheat)
4. Ventilatorenheder med eller uden varmeflader  
(Unit ventilators with or without heating coils)
5. Ventilationssystem med en varme- eller køleflade.  
(Two-pipe fan coil systems)
6. Ventilationssystem med en varmeflade og en køleflade.  
(Four-pipe fan coil systems)
7. Ventilationssystem med variabel luftmængde med valgfri eftervarme eller termostatisk kontrolleret elvarmeflader.  
(Variable volume fan systems with optional reheat or thermostatically controlled baseboard heat)
8. Ventilationssystemer med konstant luftmængde og centralt opvarmningssystem med eftervarme i de enkelte rum.  
(Constant volume terminal reheat systems)
9. To-kanal ventilationssystemer med variabel luftmængde.  
(Dual duct variable air-volume systems)
10. Luft- eller vandkølet ventilationsenhed med direkte indblæsning.  
(Air- or water-cooled package direct-expansion systems)
11. Enkeltzoner med ren recirkulering af luft.  
(Single-zone draw through systems)
12. Ventilationssystemer med lokale induktionsaggregater.  
(Induction unit systems)

Luft til luft varmegenvinding er også mulig for de fleste af de nævnte systemer. Tillige er det muligt at angive kontrolstrategier for blande- og indblæsningstemperaturer for de fleste anlæg.

Beregningen af ventilationsanlægget er meget fleksibel med mange variationsmuligheder kombineret med en detaljeret og præcis simulering. Denne del af beregningen indeholder følgende karakteristiske kendetegn:

Brugeren kan justere fuld belastningseffektivitet og totalt ventilatortryk for indblæsnings-, recirkulerings- og udsugningsventilatorer, såvel som belastnings ydeevne-karakteristikker for indblæsnings- og udsugningsventilatorer.

Afgangstemperaturen for både køle- og varmefflader kan kontrolleres på følgende 3 måder: Ved en fast temperatur, ved en temperatur der varierer med udelufttemperaturen eller på basis af, at rummet behøver den meste varme eller køling.

Brugerdefinerede proportionalbåndsstørrelse for varme- og kølefflader kan medtages i beregningen, eller programmets egne proportionalbånd kan anvendes.

Tre forskellige økonomikredsløb kan benyttes for de fleste ventilationssystemer. Blandetemperaturen kan være fast eller flydende, afhængigt af hvad brugeren specificerer.

Minimum og maksimum udeluftmængder kan specificeres på timebasis for ugen såvel som for sæsonen.

Forskellige placeringer af forvarme/kølefflader kan simuleres.

Den maksimale totale kapacitet for ventilationssystemer kan specificeres for VAV-systemer.

Befugtere kan indgå i de fleste systemer.

Driften af ventilator, køle-/varmefflader, forvarmefflader og varmegenvinding kan angives på timebasis for ugen såvel som for sæsonen.

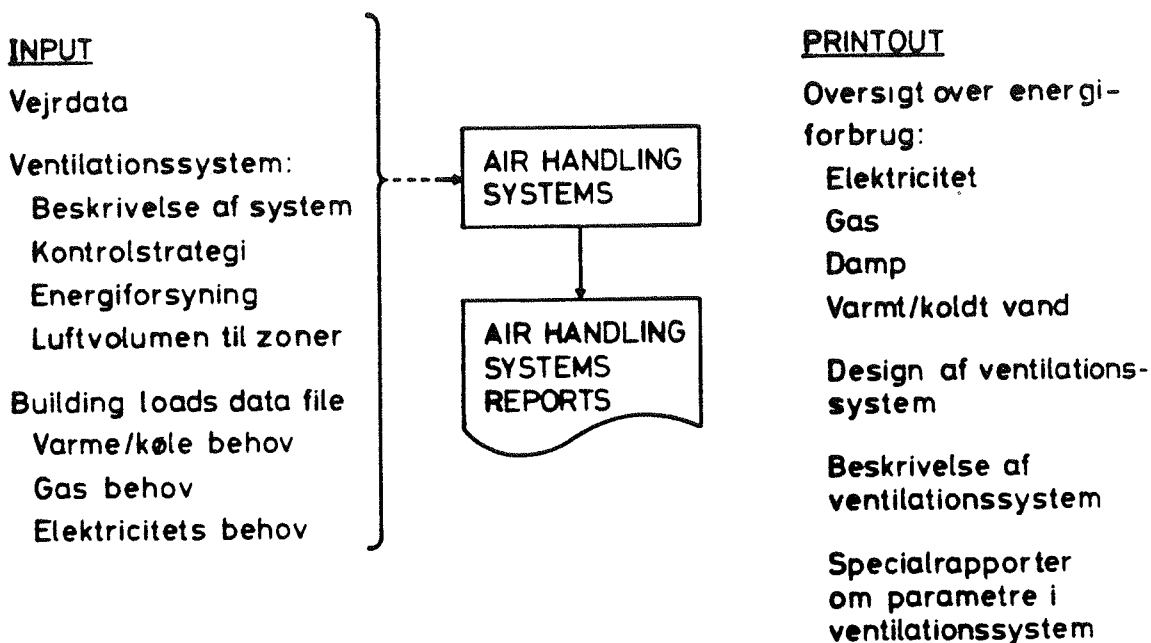
Brugeren kan simulere hvilken som helst kølefflade ved at specificere design parametre for den pågældende kølefflade baseret på katalogoplysninger.

Efter simuleringen af ventilationsanlægget kan resultaterne gemmes på en fil og benyttes ved dimensioneringen af centralvarme/køleanlægget. Det er således ikke nødvendigt at simulere ventilationsanlægget hver gang et nyt alternativ for centralvarme/køleanlægget skal simuleres.

BLAST kan simulere op til 100 separate ventilationssystemer under en simulering.

### Input/Output

På figur 4.2.3-1 er der vist en oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen af ventilationsanlægget. Figuren er meget forenklet og skal blot tjene til et hurtigt overblik.



Figur 4.2.3-1. Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen af ventilationsanlægget (Air Handling Systems) i den 2-del af BLAST-programmet.

Som input til programmet skal anvendes de samme vejrdato, der blev anvendt ved beregningen af temperatur og energiforbruget i den 1. del af BLAST. Herudover skal de beregnede resultater fra 1. del være til rådighed i "the Building Loads data file", således at resultaterne kan aflæses fra denne fil. Endelig skal det ønskede ventilationsanlæg med tilhørende kontrolstrategi beskrives.

Resultaterne af denne beregning bliver dels skrevet ud på timebasis i en fil med titlen "Air Handling Loads data file" og dels i en række rapporter, der kan printes ud. I disse rapporter er der en oversigt over energiforbrug af elektricitet, gas, damp og varmt/koldt vand. Herudover kommer der en beskrivelse af det pågældende ventilationssystem og evt. et design af luftmængderne til det. Alt efter behov kan en lang række parametre printes ud på timebasis direkte fra BLAST-programmet eller med hjælpeprogrammet REPORTWRITER.

#### 4.2.4 Centralvarme/køleanlæg

Den 3. del af BLAST-programmet omhandler dimensioneringen af centralvarme/køleanlæg og økonomiberegning for projektet. Centralvarme/køleanlæggene kan bestå af en lang række forskellige energiproducerende enheder såsom generatorer, turbiner, kølekompressor, varmepumper, solfangere etc.

Denne del af programmet benyttes efter ventilationsanlægget er dimensioneret og har til formål at bestemme bygningens totale behov for elektricitet og/eller brændselsforbrug. Dette gøres på baggrund af de beregnede resultater i den 2. del af beregningen, der er skrevet over på "the Air Handling Loads data file". Det er således muligt at gennemregne en lang række alternativer for de centrale anlæg meget billigt.

BLAST kan simulere følgende centralvarme/køleanlæg:

1. Kedler  
(Boilers)
2. Centrifugal- eller stempelkompressorkølemaskiner  
(Centrifugal or reciprocating chillers)
3. Absorptionskølekompressor (et- eller to-trins)  
(Absorption chillers (one or two stages))
4. Sammenkoblet dobbelt kølemaskine  
(Double bundle chillers)
5. Frit kølende kølemaskine  
(Free cooling chillers)
6. Direkte koblede kølekompressor  
(Direct drive chillers)
7. Varmepumper (med eller uden tilkoblet solvarmesystem)  
(Heat pumps (with or without solar assist))
8. Solfangere og lagerbeholdersystemer  
(Solar collectors and storage tank systems)
9. Varmt termisk lager  
(Hot thermal storage)
10. Koldt termisk lager  
(Cold thermal storage)
11. Køletårne  
(Cooling towers)
12. Fordampnings- og grundvandskondensatorer  
(Evaporative and well-water condensers)

13. Dieselgenerator  
(Diesel engine generators)
14. Gasturbinegeneratorer  
(Gas turbine generators)
15. Dampurbinegenerator  
(Steam turbine generators)
16. Varmegenvinding fra generatorens kølesystem  
(Heat recovery from generator prime movers)
17. Procesvarme som varmekilde  
(Process heat as a heat source)
18. Damp fra en fjernvarmeleverandør  
(Purchased steam from a utility)
19. Elektricitet fra en elleverandør  
(Purchased electricity from a utility)

I BLAST-programmet ligger der permanent mange data om hver enkelt komponent, men det er muligt for brugeren at overskrive disse data for at tilpasse den specifikke komponent til programmet.

Nogle af de kendetegn, der er i forbindelse med denne del af programmet, er følgende:

Programmet tager hensyn til effekten af omgivelsernes temperatur, køle- og varmtvandstemperatur og andre driftsvariable ved beregning af anlæggets ydelse og komponenternes kapacitet.

Programmet giver brugeren mulighed for at vælge egne driftsstrategier og derved overskrive givne strategier i BLAST.

Programmet tillader brugeren at vælge de parametre, der beskriver det pågældende centralvarme/køleanlæg bedst muligt.

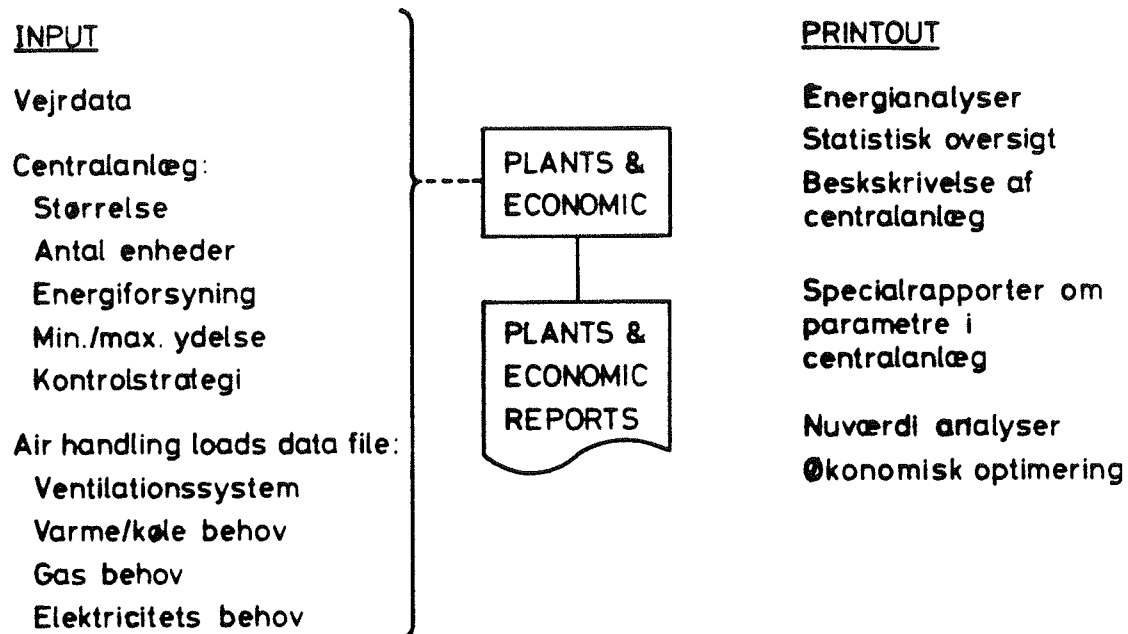
Programmet giver brugeren mulighed for at opbygge en detaljeret beskrivelse af energipriserne for de enkelte energikilder. Denne opbygning kan tage hensyn til, at energiprisen varierer over døgnet, hvilket er specielt aktuelt for el-priserne.

Der er mulighed for ved en speciel kommando at få listet alle komponenternes karakteristikker såvel som data for energiforbrug. Det er således muligt at benytte output fra BLAST til at bestemme grundlaget for valg af udstyr.

Programmet kan simulere op til 100 centralvarme-/køleanlæg i en og samme simulering.

### Input/Output

Input/output til den 3. del af programmet er vist meget forenklet i figur 4.2.4-1 for at give et hurtigt overblik.



Figur 4.2.4-1. Oversigt over INPUT/OUTPUT til beregningen af centralvarme-/køleanlægget (Central Plant) i den 3. del af BLAST-programmet.

Ud over vejrdata til programmet skal der gives en beskrivelse af det centrale anlæg. I denne beskrivelse skal der indgå komponenternes karakteristika, kontrolstrategi, energiforsyning, antal og størrelse etc. Herudover hentes de data frem, der blev beregnet i den 2. del af programmet. Disse data ligger i "the Air Handling Loads data file" på timebasis for den simulerede periode.

Resultaterne fra beregningerne kommer i en række rapporter, der printes ud. Antallet af rapporter kan varieres meget fra nogle få, der altid kommer, til en lang række rapporter, der beskriver alle de indgående parametre på time-, døgn-, måneds- eller årsbasis. Rapporterne kan dels komme direkte fra BLAST-programmet eller ved brug af hjælpeprogrammet REPORT-WRITER.

De vigtigste rapporter omhandler energianalyser for de beregnede centralvarme/køleanlæg, hvor energiforbruget angives dels som maxima og dels som totalt forbrug. Herudover gives der en beskrivelse af de enkelte anlæg med tilhørende resultater.

Der findes tillige rapporter, hvor der foretages nuværdianalyser og økonomiske optimeringer. Det er således muligt ved at gentage beregningerne nogle gange at finde den optimale løsning til problemstillingen. Dette medfører selvfølgelig, at der i første omgang skal bruges flere penge på forarbejdet til et givet projekt, men resultatet af dette kan let blive en meget stor besparelse på projektet på grund af denne optimering.

#### 4.2.5 BLAST-biblioteket

I tilknytning til BLAST er det muligt at oprette et bibliotek, hvor de forskellige materialer, konstruktioner, belastningsprofiler etc. kan overføres, således at de kun behøver at specificeres en gang. Dette muliggør, at inputmængden til programmet kan reduceres ganske betragteligt under forudsætning af et veludviklet bibliotek.

Biblioteket er delt op i 11 kapitler;

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1 - Belastningsprofiler        | (General Schedule) |
| 2 - Varme/Køle-kontrolprofiler | (Control Schedule) |
| 3 - Passive kontrolprofiler    | (Passive Control)  |
| 4 - Materialer                 | (Materials)        |
| 5 - Beliggenhed                | (Location)         |
| 6 - Design dage                | (Design days)      |
| 7 - Vægge                      | (Walls)            |
| 8 - Tage                       | (Roofs)            |
| 9 - Gulve                      | (Floors)           |
| 10 - Døre                      | (Doors)            |
| 11 - Vinduer                   | (Windows)          |

I BLAST, Version 2:0, User's manual Volume two er det amerikanske BLAST-bibliotek beskrevet. Dette bibliotek er i engelske enheder, og der er anvendt mnemotekniske navne for de beskrevne data.

I forbindelse med dette projekt er der blevet foretaget testkørsler med et mindre dansk bibliotek med SI-enheder. Disse forsøg har vist, at opbygningen af et dansk bibliotek vil være en meget stor fordel i forbindelse med såvel kommerciel som forskningsmæssig anvendelse af BLAST. Herudover vil der være den fordel, at responsfaktorerne bliver udregnet i forbindelse med indlægningen af bygningskonstruktioner i biblioteket. Dette resulterer i, at de pågældende responsfaktorer kun skal udregnes en gang for alle og derefter vil ligge permanent i biblioteket. Beregningstiden bliver derfor mindre i de tilfælde, hvor der hentes konstruktioner fra biblioteket.

I det følgende vil de 11 kapitler kort blive beskrevet.

Kapitel 1 - Belastningsprofiler: Dette kapitel indeholder optegnelse af intervaller på timebasis for en uge, hvori der forekommer belastninger. Herudover er der mulighed for at angive op til 4 specialdage, hvor der ønskes et specielt belastningsprofil.

CERL -- BLAST VERSION 3.0 LEVEL 000

14 OCT 83

22.25.05.

PAGE 9

.....  
 \* G E N E R A L \*  
 \* S C H E D U L E \*  
 \* L I B R A R Y \*  
 .....  
 HOURLY PROFILES ARE DISPLAYED AS PERCENTAGES (0 - 100),  
 BUT ARE INPUT AS FRACTIONS (0.0 - 1.0).  
 .....

| PERSONVARME SOVERUM |     | HOURLY PROFILE PERCENTAGES |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|---------------------|-----|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| LOCAL TIME=         | 0   | 1                          | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24  |
| HOUR NUMBER=        | 1   | 2                          | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |     |
| SUNDAY              | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| MONDAY              | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| TUESDAY             | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| WEDNESDAY           | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| THURSDAY            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| FRIDAY              | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| SATURDAY            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| HOLIDAY             | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| SPECIAL1            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| SPECIAL2            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| SPECIAL3            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |
| SPECIAL4            | 100 | 100                        | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 100 |

| PERSONVARME SPISEKØKKEN |   | HOURLY PROFILE PERCENTAGES |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |
|-------------------------|---|----------------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| LOCAL TIME=             | 0 | 1                          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19  | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| HOUR NUMBER=            | 1 | 2                          | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  | 21 | 22 | 23 | 24 |    |
| SUNDAY                  | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| MONDAY                  | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| TUESDAY                 | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| WEDNESDAY               | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| THURSDAY                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| FRIDAY                  | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SATURDAY                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| HOLIDAY                 | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SPECIAL1                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SPECIAL2                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SPECIAL3                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SPECIAL4                | 0 | 0                          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 | 0  | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 100 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

Figur 4.2.5-1. Eksempel på 2 belastningsprofiler med titlerne PERSONVARME SOVERUM og PERSONVARME KØKKEN. Belastningerne er angivet i procent fra 0 til 100.

Belastningerne angives i procent fra 0 til 100. Ved input til programmet angives derved kun maxværdien svarende til de 100% og det tilhørende profil-navn. På figur 4.2.5-1 er der vist 2 belastningsprofiler med navnene PERSONVARME SOVERUM og PERSONVARME SPISEKØKKEN.

Kapitel 2 - Varme/Køle kontrolprofiler: Her er en optegnelse af varme/køle kontrolprofiler på timebasis for en uge.

Det er således muligt at specificere fx weekend- eller natsænkning til specifikke temperaturer.

Kapitel 3 - Passive kontrolprofiler: Dette kapitel omfatter profiler på timebasis for et døgn for passive kontrolforanstaltninger.

Passive kontrolforanstaltninger kan fx være ind- eller udvendige skodder, eller solvægge. Profilerne kan styres efter bestemte klokkeslet, hvorvidt solen er på himlen eller til at give max varmetab, - overskud.

Kapitel 4 - Materialer: Kapitlet med materialer indeholder termiske og optiske (for transparente materialer) egenskaber for de pågældende materialer.

Der er åbnet mulighed for en meget detaljeret beskrivelse af de enkelte materialer. Det mindste, der skal specificeres for materialer, hvis varmekapacitet der skal medregnes, er et materiale navn, tykkelsen, varmeledningsevnen, varmfylden og densiteten.

De navne der specificeres kan herefter anvendes ved specificeringen af vægge, tage, gulve, døre og vinduer.

På figur 4.2.5-2 er der vist et eksempel på, hvorledes materialerne bliver printet ud af biblioteket.

```

CERL -- BLAST VERSION 3.0 LEVEL 000                                14 OCT 83    22.25.05.    PAGE 47
***** M E T R I C   U N I T S *****
* MATERIALS * L=THICKNESS (METERS), K=CONDUCTIVITY (WATTS PER METER-DEGREE K), D=DENSITY (KILOGRAM PER CUBIC METER)
* LIBRARY * CP=SPECIFIC HEAT (KILOJOULES PER KILOGRAM-DEGREE K), TABS=THERMAL ABSORPTIVITY, ABS=SOLAR ABSORPTIVITY
* * R=OVERALL RESISTANCE (METERS SQUARED-DEGREE K PER WATT), G/A/S=GLASS,AIR OR SHADE INDICATOR
* * IR=INDEX OF REFRACTION, TRANS=TRANSMITTANCE, REF=REFLECTIVITY
* * FILMTRANS=TRANSMISSIVITY OF GLASS WITH REFLECTIVE FILM
*****

PISOA 95 MM 15 TRA
ROUGH
L= .0950 K= .0490 D= 114.0 CP= 1.060 TABS= .90 ABS= .75

PISOA 95 MM 2.5 TRA
ROUGH
L= .0950 K= .0380 D= 65.0 CP= .880 TABS= .90 ABS= .75

PISOA 95 MM 5 TRA
ROUGH
L= .0950 K= .0400 D= 75.0 CP= .910 TABS= .90 ABS= .75

PISOA 95 MM 7.5 TRA
ROUGH
L= .0950 K= .0420 D= 85.0 CP= .950 TABS= .90 ABS= .75

PLEXIGLAS TR. 82 4 MM
VERY SMOOTH
GLASS R = .021 TABS= .90 TRANS= .82 FILMTRANS= 0.80 IR= 1.52

POLYURETHANSKUM 100 MM
ROUGH
R = 1.670 TABS= .90 ABS= .75

```

Figur 4.2.5-2. Listning af 6 materialer fra kapitel 4 i BLAST-biblioteket. Øverst på siden bliver enhederne og forklaringen på de indgående størrelser printet.

Kapitel 5 - Beliggenhed: Dette kapitel omfatter beliggenheden for de steder, der ønskes simuleret i forbindelse

Beliggenheden er angivet ved hjælp af tidszonen og længde- og breddegraden regnet med fortegn, således at den nordvestlige halvkugle er positiv.

Design dage defineres ved max/min temperatur, dugpunktstemperatur, vindhastighed og -retning, atmosfærisk tryk og klarhedsindex (clearness number).

Kapitel 8 - Tage: Indeholder både lofter og tage baseret på materialebiblioteket. På figur 4.2.5-3 er der vist et eksempel på print fra dette kapitel.

Figur 4.2.5-3. Eksempel på print af tage/lofter fra kapitel 8, ROOFS library.

Kapitel 10 - Døre: Indeholder udvendige døre baseret på materialebiblioteket.

## Kapitel 11 - Vinduer: Indeholder udvendige vinduer baseret på materialebiblioteket.

Afhængigt af styresystemets opbygning kan brugeren ændre i biblioteket på fire måder:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Indlægning af data             | (DEFINE)    |
| Ændring af eksisterende data   | (REDEFINE)  |
| Fjernelse af eksisterende data | (DELETE)    |
| Midlertidige data              | (TEMPORARY) |

På Laboratoriet for Varmeisolering er det styresystem undertegnede har opbygget baseret på, at brugeren benytter en arbejdskopi af biblioteket og derfor ikke kan lave permanente ændringer i biblioteket. Dette hænger sammen med, at et eventuelt officielt bibliotek ikke må kunne ændres af andre end nogle få nøglepersoner.

Der forestår vedvarende videreudvikling af styresystemet, og det er målet, at eventuelle brugere skal kunne oprette deres lokale bibliotek baseret på det officielle og på denne måde være i stand til at lave ændringer.

### 4.3 BLAST til beregning af passiv solvarme

I det foregående er BLAST-programmet blevet beskrevet for at give læseren et indtryk af programmet og dets faciliteter. I dette afsnit vil anvendeligheden af programmet til beregning af passiv solvarme blive sammenfattet.

Effektiv udnyttelse af passiv solvarme under danske klimaforhold fordrer en fornuftig udformning af boligen. Denne udformning omfatter valg af indvendige materialer til akkumulering af overskudsvarme, passende størrelse af vinduer og valg af deres orientering samt tagudhæng. Herudover kan der være en fordel ved i planløsningen at opdele huset i områder, således at fx sydvendte rum fortrinsvis er stuer og opholdsrum, og nordvendte rum er soverum, bryggers, køkken etc. De enkelte faktorer kan hver især få væsentlig indflydelse på energiforbruget og indeklimaet, og det er derfor vigtigt, at der foretages en samlet vurdering af boligen.

I det følgende er der foretaget en samlet vurdering, som omfatter følgende parametre:

- Vinduer
- Varmeakkumulering
- Klimaregulering og indeklima
- Beboervaner
- Glastilbygninger/væksthuse
- Solvægge

## Vinduer

Vinduets betydning for det termiske indeklima er meget stor. Dette hænger sammen med vinduets evne til at transmittere solstråling og dets høje varmetransmissionskoefficient, hvilket medfører at store energimængder passerer ud og ind ad denne konstruktionsdel.

De forhold, der har betydning for vinduets varmebalance, er:

- Areal
- Orientering
- Hældning
- Konstruktion
- Mobilisolering
- Solafskærmning
- Skyggeforhold

Alle disse parametre kan let varieres i BLAST.

Areal, Orientering, Hældning har stor indvirkning på indeklimaet i boligen. Hvis arealet bliver for stort, kan det give alvorlige gener i forårs-, sommer- og efterårsmånederne i form af overtemperaturer.

Konstruktion af vinduet kan i BLAST varieres i afhængighed af antallet af glaslag, glastype, glastykkelse, gasfyldning mellem glas, coating etc. Ved specificeringen af vinduet bør det deles op i en transparent del (glasarealet) og en ikke transparent del (ramme-karmarealet).

Mobilisolering kan indgå i beregningen for vinduer og døre eller hele vægge. Mobilisoleringen kan styres efter en døgn- og årsmæssig passiv kontrolstrategi efter et af følgende fire kriterier:

1. Et 24-timers profil defineret af brugeren.
2. Efter solopgang og solnedgang.
3. Efter om der skal være et maksimalt varmetab eller varmetilskud.
4. Efter en strategi, der prøver at holde en bestemt brugerdefineret temperatur.

Det 2. kriterium gælder kun for udvendig mobilisolering, og de sidste kun for indvendig mobilisolering.

Solafskærmning er en vigtig parameter i tilknytning til store vinduesarealer for at undgå ubehagelige overtemperaturer. Solafskærmning kan bestå af udvendige persienner, gardiner, markiser, baldakiner eller af indvendige persienner, gardiner. Ved edb-beregninger med BLAST er det muligt at beregne solafskærmningen med en døgn- og årsmæssig kontrolstrategi.

Skyggeforholdene bør afpasses således, at solindfaldet begrænses mindst muligt, når der er behov for det, og mest muligt når overtemperaturer skal undgås i sommermånederne. Skyggeforhold kan bestå af skygge fra murfals, ribber, tagudhæng, beplantning, terræn, bygningens fremspring og andre bygninger. Disse forhold kan i BLAST angives ved at specificere skyggegivernes geometri og gennemskinneligheden af dem. Hvis intet angives, antager programmet, at den skyggegivende genstand er uigennemsigtig.

### Varmeakkumulering

Varmeakkumulering er en anden vigtig faktor ved passiv solvarme, da det er nødvendigt at kunne akkumulere den overskydende energi, således at den kan afgives om aftenen og i nattetimerne, hvor der ikke er nogen sol.

Som det er beskrevet i afsnit 4.2.2 er det muligt at beregne varmeakkumuleringen for sammensatte konstruktioner, idet det er muligt at beregne hvor meget solindfald, der absorberes på de enkelte flader. BLAST er derfor velegnet til at undersøge varmeakkumuleringens betydning for energiforbruget og indeklimaet.

### Klimaregulering og indeklima

Det er vigtigt, at klimaanlægget har en hurtig og effektiv styring, så varmetilførslen standser, når gratisvarmen kan dække varmetabet fra boligen. Det er desuden en fordel, hvis anlægget kan variere den operative temperatur over døgnet, således at der fx kan indføres natsækning.

I BLAST er det muligt at specificere et varme/køle kontrolprofil på timebasis for en uge. Dette medfører, at der i beregningerne kan indgå fx weekend- eller natsækning til en bestemt minimumstemperaturer.

Ved specificeringen af et varme/køle kontrolprofil angives de rumlufttemperaturer, hvor effekten er henholdsvis maksimal og 0.

### Beboervaner

Beboernes vaner er meget vanskelige at fastlægge, da de varierer meget fra familie til familie. To forskellige familier kan have vidt forskellige forbrugsmønstre og energiforbrug. Denne faktor er derfor en af de store usikkerheder ved beregning af energiforbrug.

Jo højere indetemperaturer beboerne kan acceptere i opvarmnings-sæsonen, når der er et overskud af varme fra solen, jo bedre kan den varmeakkumulerende masse udnyttes. Hvis beboerne derimod på et tidligt tidspunkt trækker gardiner for eller åbner vinduerne for at nedbringe overskudsvarmen, vil udnyttelsen af den passive solenergi falde.

I BLAST kan beboernes vaner simuleres ved at indlægge et belastningsprofil, der beskriver de enkelte belastninger på timebasis for ugen.

Med hensyn til åbning af vinduer kan dette simuleres, ved at der over en given rumlufttemperatur specificeres forceret ventilation.

#### Glastilbygninger/Væksthuse

Glastilbygningers anvendelse i nybyggeri har fået stadig større interesse på grund af de bomæssige kvaliteter de fører med sig. De energimæssige besparelser har imidlertid ikke været mulige at beregne korrekt, fordi ingen af de benyttede programmer i Danmark har kunnet håndtere denne komplicerede problematik (jf. afsnit 3.4.1). På Laboratoriet for Varmeisolering er der imidlertid i forbindelse med BLAST-projektet udviklet et par metoder, hvorved det er blevet muligt at regne på glastilbygninger. Det vil herved blive gennemførligt at få et klarere billede af de energimæssige besparelser, der kan opnås ved brug af glastilbygninger.

Ved beregning af glastilbygninger anvendes de samme parametre som ved beregning af almindelige rum.

#### Solvægge

I BLAST er der mulighed for at medtage solvægge direkte i beregninger af boligers energiforbrug. Det er herved muligt at sammenligne, hvilke energimæssige gevinster, der kan opnås med solvægge. (Solvægge blev kort beskrevet i afsnit 2.1). I beregningerne kan medtages følgende to former for solvægge: Trombévægge og vandvægge.

#### 4.4 Erfaringer med BLAST

Arbejdet med BLAST har bestået i at hente programmet hjem og implementere det, hvorefter der er blevet opbygget et styresystem til at køre med programmet under forskellige forudsætninger. Derefter er programmet blevet undersøgt og testet med en række bygninger.

#### Implementering

Implementeringen af BLAST-systemet på CDC-maskinen på RECAU 1982/83 omfattede kun "BLAST, version 3:0 level 000" og "REPORT WRITER, level 000". Denne implementering blev foretaget af Frede Espersen og Stig Eidorff. Det voldte en del problemer at

implementere REPORT WRITER, idet der var fejl på den del af tapen, som omfattede dette program. Det var derfor nødvendigt at lave enkelte rettelser i programmet, før det lykkedes at få det til at køre.

Efter undertegnede studierejse til BLAST Support Office, november 1983 - februar 1984, blev den til dato nyeste version af BLAST-systemet bragt til Danmark. Denne blev i løbet af foråret og sommeren 1984 implementeret på CDC-maskinen på RECAU i Århus. Denne implementering blev foretaget af forfatteren ved hjælp af operativstyresystemet NOS 1.4 på RECAU og omfattede følgende programmer fra BLAST-systemet:

BLAST, version 3:0, level 107

REPORT WRITER, level 30

WIFE, level 21

Preprocessor, juli 1983

De første 3 programmer blev implementeret på basis af en BLAST-tape indeholdende i alt 52 filer. De 15 første filer udgjorde grundstammen i programmerne, og de øvrige var opdateringer og kommentarer. Der var enkelte fejl på tapen, som var nødvendige at rette for at få programmerne til at køre, men i det store og hele var implementeringen relativt nem.

Implementeringen af Preprocessoren i foråret 1984 voldte imidlertid en del problemer, da den var udviklet på en CDC-maskine på University of Illinois, hvor der benyttedes styresystemet NOS 2.1 med 64 tegn. Da RECAU på daværende tidspunkt arbejdede med styresystemet NOS 1.4 med 63 tegn, var det nødvendigt at konvertere programmet fra 64 til 63 tegn. Denne konvertering blev foretaget således, at studerende ved laboratoriet kunne arbejde med Preprocessoren i foråret 1984, men den kom ikke til at fungere korrekt.

Den 1. august 1984 overgik RECAU til det nye styresystem NOS 2.2, der arbejder med 64 tegn. I denne forbindelse blev Preprocessoren implementeret igen, og dette foregik uden problemer og resulterede i, at den kom til at fungere helt uden fejl. Det skal dog tilføjes, at Preprocessoren ikke er helt færdigudviklet, hvorfor det er nødvendigt at foretage enkelte korrektioner og tilføjelser, efter at den interaktive session med Preprocessoren er færdig.

BLAST, REPORT WRITER og WIFE er endnu ikke blevet genimplementeret under det nye styresystem, men dette forventes at blive udført af undertegnede i foråret 1985. Programmerne kan udmærket køre i de nuværende compilede versioner, men det er en fordel at konvertere input-filer til det gamle styresystem.

## Erfaringer\_og\_problemer

Der er gennem arbejdet med BLAST indhøstet mange erfaringer om programmet og dets anvendelighed.

I den første fase var det forbundet med en del problemer at anvende BLAST, version 3:0, level 000. Dette skyldtes, at programmet var tungt at arbejde med uden preprocessor, idet arbejdet med at opstille inputfilen var tidskrævende, og det var nødvendigt at sætte sig helt ind i programmets syntaks.

Herudover var der en række fejl og mangler ved programmet. Dette forårsagede bl.a. misvisende resultater for lavenergihuse, og at det ikke var muligt at regne detaljeret på solindfald.

Efter implementeringen af den nye version af BLAST har det efterfølgende arbejde vist, at denne version er fri for den række fejl og mangler, der blev konstateret med den første version. Tillige er der tilføjet en lang række nye faciliteter, som gør det meget fleksibelt og åbner for en lang række variationsmuligheder.

Anvendelse af preprocessoren i forbindelse med opstilling af input til programmet har nedbragt tidsforbruget ganske væsentligt. Dette har tillige resulteret i, at det ikke er nødvendigt at bruge så megen tid til at sætte sig ind i syntaksen til programmet.

Disse ting gør, at programmet nu er blevet særdeles velegnet både til forskning og projektering. Desuden dækker programmet en lang række behov, der ikke tidligere kunne løses med de tilgængelige edb-programmer i Danmark.

## Videre\_arbejde\_med\_BLAST

Da BLAST har mange faciliteter og er velegnet til såvel forskning som rådgivning, er der mange potentielle brugere. Der er derfor behov for at gøre programmet lettilgængeligt, således at nye brugere hurtigt kan sætte sig ind i programmet.

Dette kan gøres ved dels at skrive en speciel introduktion til CDC-maskinen på RECAU for BLAST-brugere og dels ved at supplere BLAST-manualerne med en kortfattet, letforståelig, dansk udgave. Herudover bør der udarbejdes et dansk BLAST-bibliotek, der omfatter de fleste danske byggekomponenter, således at inputarbejdet kan reduceres.

Hvis disse ting udføres, vil BLAST i fremtiden kunne blive et særdeles velegnet hjælpemiddel til beregning af bygningers energiforbrug/temperaturniveau for såvel rådgivende firmaer som forskere.

## 5. KONKLUSION

Udnyttelse af passiv solvarme under danske klimaforhold er et relativt nyt fagområde i Danmark. I de senere år, hvor prisen på energi er steget voldsomt, er der udført et omfattende forsknings- og udviklingsarbejde for at kunne nedbringe energiforbruget til opvarmning af vore boliger.

Passiv solvarme bygger på den grundidé, at den mængde solenergi, der tilføres en bolig via vinduerne, ud over hvad der kræves for at dække varmetransmissionstab, lagres i selve bygningskonstruktionen ved opvarmning af denne. Den oplagrede energi kan derefter benyttes umiddelbart efter i en periode uden sol til at dække en del af varmetabet i for eksempel aften- og nattetimer. Nøgleparametrene i denne sammenhæng er valg af byggematerialer med hensyn til varmelagringskapacitet og varmeledningsevne, placering og udformning af vinduer, boligens indretning m.m.

Her i landet er der udviklet flere edb-programmer beregnet for simulering af bygningers varmebehov. Imidlertid har disse programmer vist sig mindre velegnede til undersøgelser vedrørende passiv solvarme, idet de ikke i tilstrækkelig grad kan tage hensyn til den termiske effekt af den varmeakkumulerende masse i boligen.

Formålet med dette projekt er at overvinde disse mangler ved at fremskaffe et avanceret edb-program til beregning af det termiske indeklima med specielt henblik på passiv solvarme.

I dette projekt er ca. 40 edb-programmer blevet analyseret. Et resultat af denne analyse blev, at de fleste modeller ikke kunne anbefales af visse praktiske årsager, hvorfor kun 5 modeller blev udvalgt til en nærmere vurdering.

Denne vurdering resulterede i, at det amerikanske edb-program BLAST (The Building Loads Analysis and System Thermodynamics program) blev valgt som det bedst egnede program. Dette valg skyldes, at programmet i sin nuværende version er meget brugervenligt og velegnet til beregning af passiv solvarme. Programmet er tillige meget fleksibelt og let at udføre parametervariationer med. BLAST opfylder derfor alle de kriterier, der må stilles til et nyt avanceret energi-beregningsprogram.

BLAST er med sine mange faciliteter velegnet til såvel forskning som rådgivning, hvorfor der er mange potentielle brugere. Programmet bør derfor gøres brugervenligt for danske ingeniører, arkitekter og forskere. Dette kan gøres ved, at der bliver skrevet en kortfattet dansk introduktion til BLAST, og at der bliver udviklet et dansk BLAST-bibliotek, således at inputarbejdet kan reduceres.

## ORDLISTE

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Active Solar                                  | : Aktiv solvarme                                                                                                                                                                                                                                                              | Central Plant       | : 3. del af BLAST-programmet<br>Simulation Subprogram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Adiabatisk                                    | : Ændring i et legemes tilstand, uden at det afgiver eller modtager varme.                                                                                                                                                                                                    | Common block        | : Et område af computerens interne hukommelse anvendt til lagring af data, som kan bruges af en eller flere programmer                                                                                                                                                                                                                                                       |
| AHLDFL                                        | : Se "Air Handling Loads data file"                                                                                                                                                                                                                                           | Consumption         | : Forbrug                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Air Distribution System Simulation Subprogram | : 2. del af BLAST-programmet, hvor beregningen af ventilationsanlægget foretages.                                                                                                                                                                                             | Control Schedule    | : Varme/Køle-kontrolprofiler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Air Handling Loads data file                  | : AHLDFL: Fil der oprettes i forbindelse med beregningen af ventilationsanlægget i den 2. del af BLAST beregningen. Filen indeholder data på timebasis.                                                                                                                       | Control unit        | : Den del af CPU'en, der modtager instruktioner fra programmet i computerens interne hukommelse, tolker instruktioner, og sender signaler til udvalgte dele af computeren.                                                                                                                                                                                                   |
| Air Handling System                           | : Ventilationssystem (2. del af BLAST-programmet)                                                                                                                                                                                                                             | Cooling Loads       | : Kølelast, kølebehov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Application                                   | : Anvendelse                                                                                                                                                                                                                                                                  | Crawl Space         | : Krybekælder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Attached Sunspace                             | : Glastilbygning                                                                                                                                                                                                                                                              | Crawl Space Ceiling | : Loft i krybekælder                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Attic                                         | : Uopvarmet loftsrum                                                                                                                                                                                                                                                          | Crack Method        | : Metode hvor utætheder fra revner behandles                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Attic Floor                                   | : Gulv i uopvarmet loftsrum                                                                                                                                                                                                                                                   | DATSAV              | : USAFETAC data save tape (Vejrdata tape der kan anvendes som input til WIFE)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Basement wall                                 | : Kældervæg der har varmetab til jordtemperaturen (i BLAST-beregningerne).                                                                                                                                                                                                    | Daily Switching     | : Dagligt skift                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| BA4                                           | : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime. Hans Lund Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole.                                                                                                                                      | Day Lighting        | : Dagsbelysning. Programmet er i stand til at beregne lysniveauet i rummene hidrørende fra det indfaldende dagslys.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| BFEP                                          | : Forsknings edb-program Delft University of Technology Delft, Holland                                                                                                                                                                                                        | Daylight Trans.     | : Transmitteret dagslys                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| BLAST                                         | : The Building Loads Analysis & System Thermodynamics program Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime. (Programmet er en videreudvikling af NBSLD og NECAP) U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL), Champaign, Ill. 61820, USA. | Default Value       | : Den værdi parameteren får, når intet andet specificeres.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| BLAST Reportfile                              | : Se "Report file"                                                                                                                                                                                                                                                            | DEFU                | : Danske Elværkers Forenings Udredningsafdeling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| BLAST Weather file                            | : Se "Weather file"                                                                                                                                                                                                                                                           | DEROB               | : Dynamic Energy Response Of Buildings Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime University of Texas at Austin Austin, TX 78712, USA                                                                                                                                                                                                                    |
| BLDFL                                         | : Se "Building Loads data file"                                                                                                                                                                                                                                               | Design Development  | : Projektering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Building Loads:                               | Temperatur og energiforbrug (1. del af BLAST-programmet)                                                                                                                                                                                                                      | DHW                 | : Varmt brugsvand (Domestic Hot Water)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Building Loads data file                      | : BLDFL: Fil der oprettes i forbindelse med beregningen af temperatur og energiforbrug i den 1. del af BLAST-beregningen. Filen indeholder data på timebasis.                                                                                                                 | Direct access       | : Vilkårlig adgang (Random access)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CAD/CAM                                       | : Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing Anvendelse af computere til optimering af design / anvendelse af computere i forbindelse med produktionsprocesser.                                                                                                     | Direct Gain         | : Direkte tilskud                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Capability                                    | : Brugbarhed, duelighed                                                                                                                                                                                                                                                       | DOE                 | : U.S. Department of Energy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CDC                                           | : Control Data Corporation                                                                                                                                                                                                                                                    | DOE og DOE 2.1      | : DOE 2.1, Department of Energy Edb-program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime. (Programmet er en videreudvikling af NECAP) (I rapporten anvendes betegnelsen DOE for edb-programmet DOE 2.1) Building Energy Use Analysis program Building Energy Analysis Group Energy and Environment Division Lawrence Berkeley Laboratory Berkeley, California, USA |
| Ceiling                                       | : Loft                                                                                                                                                                                                                                                                        | Domestic Hot Water  | : Varmt brugsvand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Ceiling high                                  | : Loftshøjde                                                                                                                                                                                                                                                                  | Economic            | : Økonomiberegning (3. del af BLAST-programmet efter beregningen af centralvarme/køleanlægget)                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ceiling under attic                           | : Loft under uopvarmet loftsrum                                                                                                                                                                                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                        |                                                                                                                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EFB-1, EFB-2,<br>EFB-3 | : Edb-program til beregning af energiforbrug i bygninger.<br>Anker Nielsen<br>Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks tekniske Højskole                                       | KS 79                    | : Klimatiske Simuleringsprogrammer 1979<br>Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime.<br>Lars Hallgreen<br>Laboratoriet for Varme- og Klimateknik, Danmarks tekniske Højskole                                                                                                |
| ESP                    | : Environmental System Performance<br>Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime<br>University of Strathclyde<br>Rotten Row, Glasgow G4 ONG, Storbritannien | Lead Input               | : Styre input, kontrol input                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Exposed floor          | : Etageadskillelse med udetemperatur nedenunder, som rammes af solens stråler (for det meste reflekteret solstråling)                                                           | LFB1                     | : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime<br>Laboratoire de Physique du Batiment<br>Université de Liège<br>15, Avenue des Tilleuls<br>4000 Liège, Belgien                                                                                                                  |
| Exterior wall          | : Ydervæg                                                                                                                                                                       | Lighting Requirement     | : Belysningsbehov                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Facing                 | : Retning for fladenormalen i BLAST programmet                                                                                                                                  | Lighting System Design   | : Projektering af belysningsanlæg                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Fan system             | : Ventilationssystem                                                                                                                                                            | Load                     | : Last (se "Building Loads", "Heating Loads" eller "Cooling Loads")                                                                                                                                                                                                                               |
| Finite Difference      | : Endelige-differenser                                                                                                                                                          | Load Determinant         | : Varme- kølelastparametre                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Floor over crawl space | : Gulv over krybekælder                                                                                                                                                         | Local Code Requirement   | : Krav if. Bygningsreglement (Ventilation, isolering, vinduesareal etc.)                                                                                                                                                                                                                          |
| General Schedule       | : Belastningsprofiler                                                                                                                                                           | Location                 | : Beliggenhed                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Generic Building shape | : Detaljeret/omfattende bygningsgeometri. Programmet er i stand til at regne på en detaljeret bygningsgeometri.                                                                 | Main frame-computer      | : Stor computer                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Heating Loads          | : Varmelast, varmebehov                                                                                                                                                         | Mechanical System Design | : Design af mekanisk system                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Heat Transfer          | : Varmetransport                                                                                                                                                                | MORE                     | : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime<br>FIAT Engineering<br>Torino, Italien                                                                                                                                                                                           |
| HP                     | : Hewlett-Packard                                                                                                                                                               | MSG                      | : The Passive Solar Modelling Sub Group<br>Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber                                                                                                                                                                                                            |
| HVAC System            | : Varme- og luftkonditioneringsanlæg (Heating Ventilation and Cooling System)                                                                                                   | NBS                      | : National Bureau of Standards                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Hybrid system          | : Et hybrid system kan defineres som et system, der inkorporerer både naturlig og tvungen energitransport                                                                       | NBSLD                    | : National Bureau of Standards Load Determination program<br>Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime<br>Building Environment Division<br>Center for Building Technology<br>Institute for Applied Technology<br>National Bureau of Standards<br>Washington, D.C. 20234, USA |
| IBM                    | : International Business Machine                                                                                                                                                | NECAP                    | : NASA Energy Calculation Program<br>Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime<br>NASA, Langley Research Center<br>Hampton, VA 23665, USA                                                                                                                                    |
| IEA                    | : International Energy Agency                                                                                                                                                   | NEUCC                    | : Det Regionale edb-Center ved Danmarks tekniske Højskole                                                                                                                                                                                                                                         |
| Infiltration           | : Luftsiftte, infiltration                                                                                                                                                      | NEWLIB                   | : Fil der indeholder BLAST-biblioteket og eventuelle nye ændringer, der foretages ved BLAST-simuleringen                                                                                                                                                                                          |
| Integration            | : Integration                                                                                                                                                                   | NOAA                     | : National Oceanic and Atmospheric Administration                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Interior Surface Data  | : Indendørs overfladedata                                                                                                                                                       | NOS 1.4                  | : Network Operation System 1.4<br>Styresystem til CDC-computeren på RECAU indtil 31/7-84 (63 tegn)                                                                                                                                                                                                |
| Internal Loads         | : Indvendig belastning                                                                                                                                                          | NOS 2.2                  | : Network Operating System 2.2<br>Styresystem til CDC-computeren på RECAU efter 1/8-84 (64 tegn)                                                                                                                                                                                                  |
| Internal Mass          | : Indre termisk masse i rum                                                                                                                                                     | Occupancy                | : Beboelse                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Interzone Ceiling      | : Loft, der adskiller to rum. (Ved specificering af "Interzone Ceiling" i BLAST regnes der med varmeudveksling gennem loftet)                                                   |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Interzone Floor        | : Gulv, der adskiller to rum. (Ved specificering af "Interzone Floor" i BLAST regnes der med varmeudveksling gennem gulvet)                                                     |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Interzone Partition    | : Skillevej (Ved specificering af "Interzone Partition" i BLAST regnes der med varmeudveksling gennem skilleveggen)                                                             |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Int. Graphic input     | : Interaktivt grafisk input (CAD)                                                                                                                                               |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Latent Load            | : Bunden varmeenergi                                                                                                                                                            |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

OLDLIB : Fil der indeholder BLAST-biblioteket  
 Operating Schedules & Profiles : Driftsprogram/-plan og profiler  
 Optimal Report file : Se "Report file"  
 OTHER : Brugerdefineret input format for vejrdatabe, der kan anvendes som input til WIFE  
 Overhang : Udhæng  
 Partition : Skillevej  
 Passive Systems : Passive systemer  
 Passive Control : Passive kontrolprofiler  
 Passive Cooling : Passiv køling  
 Peak Demand : Maksimum forbrug/behov  
 Plant : Centralvarme-/køleanlæg (3. del af BLAST-programmet)  
 Post Design Service : Projektopfølgning  
 Pre-Design : Skitseprojektering  
 Prep. file : Forberedt fil (Preparation file)  
 PREPROCESSOR : Interaktivt program, der fremstiller inputfilen til BLAST  
 Random access : Vilårlig adgang (Direct access)  
 RECAU : Det Regionale edb-Center ved Århus Universitet  
 Report file : RPTFILE: Fil der oprettes i forbindelse med BLAST-simuleringen. Filen indeholder special-rapporter fra BLAST på timebasis. I alt kan der specificeres 143 brugervalgte parametre, hvoraf der imidlertid kun kan specificeres 11 i en simulering.  
 REPORT WRITER : REPORT WRITER anvendes i forbindelse med BLAST og gør det muligt at få et stort antal specialrapporter fra BLAST.  
 Research Analysis : Forskningsanalyser  
 Response Factor : Responsfaktor  
 RPTFILE : Se "Report file"  
 RUMDYN : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime. (Programmet er en videreudvikling af KS 79 og er videreudviklet af Søren Aggerholm). Laboratoriet for Varme- og Klimateknik, Danmarks tekniske Højskole.  
 Schematics : Forprojektering  
 Seasonal switching : Sæsonmæssigt skift  
 Sensible Load : Termisk last, fri varmeenergi  
 SERI : Solar Energy Research Institute  
 SERI-RES : Solar Energy Research Institute - Residential Energy Simulator  
 Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime (Programmet er en videreudvikling af SUN CODE)  
 Solar Energy Research Institute (SERI)  
 Ecotope Group  
 2238 East Madison  
 Seattle, WA 98112, USA

Shading : Skyggeforhold  
 Shading coefficient : Skyggekoeficient  
 SIMNET : Forsknings edb-program (ækvivalent til PASOLE).  
 University of Guelph  
 Guelph, Ontario, Canada  
 Simple Euler : Simple Euler beregningsmetode (Explicit)  
 Site Analysis : Analyse af byggegrund med hensyn til sol- og skyggeforhold m.v.  
 Slab on Grade Floor : Terrændæk, gulv på jord  
 Sloped Glazing : Skrå/hældende vinduer  
 Solar Distribution : Fordeling af solindfald i rummet  
 Solar Orientation : Solstrålingsberegning  
 SOLAR TRAP : Forsknings edb-program  
 Basler & Hofman, Consulting Engineers  
 Zürich, Schweiz  
 SOLAR 280 : Solar Radiation tape (280)  
 (Vejrdatabe der kan anvendes som input til WIFE)  
 SOLMET : NOAA Solar Radiation  
 (Vejrdatabe der kan anvendes som input til WIFE)  
 Space Load Predicting Subprogram : 1. del af BLAST-programmet, hvor beregningen af temperatur og energiforbrug foretages.  
 Space Temperature : Rumlufttemperatur  
 Steady State Conduction : Stationær varmeledning  
 STEMOD/DYWAN : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime  
 Büro "Ur"  
 Zürich, Schweiz  
 SUNCODE : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime  
 Larry Palmiter  
 Ecotope Group  
 2238 East Madison  
 Seattle, WA 98112, USA  
 System Component : Systemkomponent  
 TARP : Thermal Analysis Research Program  
 Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime (Programmet er en videreudvikling af Space Load Predicting Subprogram i BLAST. TARP er et forskningsprogram)  
 National Bureau of Standards  
 Washington, D.C. 20234, USA  
 TDF-14 : TDF-14 NOAA raw data tape  
 (Vejrdatabe der kan anvendes som input til WIFE)  
 TEMPFO4 : Program til beregning af bygningers energiforbrug og indeklime.  
 Bo Andersen  
 Statens Byggeforskningsinstitut  
 TMV : NOAA Test Meteorological Year  
 (Vejrdatabe der kan anvendes som input til WIFE)  
 TRANCE SOLAR : Trane Air Conditioning Economics SOLAR program  
 The Trane Company  
 Building Energy System Engineering  
 La Crosse, WI 54601, USA

Trombe Wall : Trombé-v g - Solv g  
 TRY : NOAA Test Reference Year  
 (Vejrdata tape der kan anvendes som  
 input til WIFE)  
 Underground Loads : Varmetab til jord  
 Units : Enheder (fx SI - eller engelske enheder)  
 USAFETAC : US Air Force Environmental Technical  
 Applications Center  
 U-value : Transmissionskoefficient (k-værdi)  
 VAV : Variable Air Volume System  
 Wall to uncooled space : Ydervæg der ikke rammes af solstråling  
 og som har en konstant udvendig isol ns  
 med hensyn til konvektion (i BLAST-ber-  
 egningerne)  
 Weather file : WTHRFL: Vejrdatabil i BLAST-format, som  
 er fremkommet på baggrund af r -vejrda-  
 ta, der er konverteret ved hjælp af  
 WIFE-programmet  
 WIFE : The Weather Information File Encoder  
 (Fremstiller vejrdatabil til BLAST-program-  
 met)  
 WTHRFL : Se "Weather file"  
 Zoning : Zoneinddeling

## SYMBOLLISTE

| <u>Notation</u> | <u>Enhed</u>        | <u>Beskrivelse</u>       |
|-----------------|---------------------|--------------------------|
| A               | m <sup>2</sup>      | Areal                    |
| c <sub>p</sub>  | J/kg °C             | Varmefylde               |
| k               | W/m <sup>2</sup> °C | Transmissionskoefficient |
| M               | m <sup>2</sup> °C/W | Isolans                  |
| m               | m <sup>2</sup> °C/W | Væggens isolans          |
| T               | °C                  | Temperatur               |
| t               | s                   | Tid                      |
| x,y,z           | m                   | Stedkoordinater          |

### Græske bogstaver

|   |                       |                                                 |
|---|-----------------------|-------------------------------------------------|
| α | -                     | Absorptionskoefficient                          |
| α | m <sup>2</sup> /s     | Temperaturledningstal                           |
| β | J/°C m <sup>2</sup> s | Varmeakkumuleringskoefficient<br>(berøringstal) |
| ε | -                     | Emissionstal                                    |
| λ | W/m °C                | Varmeledningsevne                               |
| ρ | kg/m <sup>3</sup>     | Densitet, massefylde                            |
| ρ | -                     | Refleksionskoefficient                          |
| τ | -                     | Transmissionskoefficient                        |

## REFERENCER

Andersen, Bo - 1974:  
"TEMPFO 4 - Indetemperatur og energiforbrug i bygninger beregnet med referenceårets vejrdata"  
Statens Byggeforskningsinstitut  
SBI-Rapport 93

Arumi, Francisco:  
"Personlig samtale"  
University of Texas at Austin  
School of Architecture  
Austin, TX 78712, USA

BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics Program, Version 3:0 level 107 - January 1984.  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA.

BLAST Support Office  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
College of Engineering  
University of Illinois at Urbana-Champaign  
USA  
Telephone: (217) 333 - 3977

BLAST, Version 2:0, User's Manual, Volume one  
(Se Hittle, Douglas C. - 1979, Report CERL-TR-E-153)

BLAST, Version 2:0, User's Manual, Volume two  
(Se Hittle, Douglas C. - 1979, Report CERL-TR-E-153)

BLAST, Version 2:0, Input Booklet  
(Se Hittle, Douglas C. - 1979, Report CERL-TR-E-154)

BLAST, Version 3:0, User's Manual, Volume one - supplement  
(Se Herron, Dale L., George N. Walton & Linda Lawrie - 1981)

Christensen, Jørgen Erik - November 1983 til februar 1984:  
Studierejse til:  
"BLAST Support Office  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
College of Engineering  
University of Illinois at Urbana-Champaign  
USA"

Christensen, Jørgen Erik - April 1984:  
Foredrag i Birch & Krogboe - Rådgivende Ingeniørkontor K/S:  
"BLAST"  
Birch & Krogboe - Rådgivende Ingeniørkontor K/S  
Teknikerbyen 34  
2830 Virum

Christensen, Jørgen Erik - October 1984:  
"BLAST - Description of the Subroutines in the BLAST program"  
Thermal Insulation Laboratory  
Technical University of Denmark  
Report No 84-32

Christensen, Jørgen Erik - December 1984:  
"BLAST - Description of the Subroutines in the Report Writer  
program"  
Thermal Insulation Laboratory  
Technical University of Denmark  
Report No 84-33

Christensen, Jørgen Erik - January 1985:  
"BLAST - Description of the Subroutines in the Wife program"  
Thermal Insulation Laboratory  
Technical University of Denmark  
Report No 85-1

Clarke, Joe A. - Januar 1982:  
"Foreløbig manual for ESP"  
University of Strathclyde  
Department of Architecture  
131 Rottenrow  
Glasgow G4 0N6, England

Clarke, Joe A. - :  
"Thermal Simulation in Building Design: Part one"  
University of Strathclyde  
Department of Architecture  
131 Rottenrow  
Glasgow G4 0N6, England

Clarke, Joe A. - December 1984:  
"Brevveksling"  
University of Strathclyde  
Department of Architecture  
131 Rottenrow  
Glasgow G4 0N6, England

Eidorff, Stig:  
"Personlig samtale"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole

Herron, Dale L. & George N. Walton & Linda Lawrie - 1981:  
"BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics  
Program"  
Version 3:0, Volume one - Supplement  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA  
Report CERL-TR-E-171

Herron, Dale L.:  
"Personlig samtale"  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory  
Champaign, Illinois 61820, USA

Higgs, F.S. & J.W. Hand & A.S. Rennie - 1984:  
"DEROB-IUA 1.0 - User's Manual - Vol 1"  
Passive Solar Heating Group  
National Building Research Institute  
Council for Scientific and Industrial Research  
P.O. Box 395, Pretoria 0001  
Republic of South Africa

Hittle, Douglas C. - 1979:  
"BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics Program"  
Version 2:0, User's Manual, Volume one  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA  
Report CERL-TR-E-153

Hittle, Douglas C. - 1979:  
"BLAST - The Building Loads Analysis & System Thermodynamics Program"  
Version 2:0, User's Manual, Volume two  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA  
Report CERL-TR-E-153

Hittle, Douglas C. - 1979:  
"BLAST - The Building loads Analysis & System Thermodynamics Program"  
Version 2:0, Input Booklet  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA  
Report CERL-TR-E-154

Hittle, Douglas C.:  
"Personlig samtale"  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory  
Champaign, Illinois 61820, USA

Holmgård, Ove:  
"Personlig samtale"  
Danske Elværkers Forenings Udredningsafdeling (DEFU)  
Bygning 325, Lundtoftevej 100, 2800 Lyngby

Jacobsen, Terje  
"Personlig samtale"  
SINTEF 15/VVS  
7034 Trondheim NTH, Norge

Jørgensen, Ove - 1983:  
"Analysis Model Survey"  
Task 8 - Passive and hybrid solar low energy buildings  
International Energy Agency - Solar heating and cooling programme  
Thermal Insulation Laboratory  
Technical University of Denmark  
Report No 143

Jørgensen, Ove:  
"Personlig samtale"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole

Kommissionen for de Europæiske Fællesskaber - 1983:  
"Europæisk Passiv Solvarme håndbog"  
Generaldirektoratet XII for Videnskab, Forskning og Udvikling  
EKSF, EØF, EURATOM, Bruxelles og Luxembourg

Korsgaard, Vagn & Mogens R. Byberg - 1965:  
"El-modeller til beregning af flerdimensionale varmestrømme i bygningskonstruktioner"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole  
Meddelelse nr. 9, Ingeniøren nr. 6, 15. marts.

Kusuda, T. - 1976:  
"NBSLD, the Computer Program for Heating and Cooling Loads in Buildings"  
Building Environment Division  
Center for Building Technology  
Institute for Applied Technology  
National Bureau of Standards  
Washington, D.C. 20234, USA

Källblad, Kurt  
"Personlig samtale"  
Institutionen för Byggnadskonstruktionslära  
Sektionen för Arkitektur  
Tekniska Högskolan i Lund  
Lund, Sverige

Lawrence Berkeley Laboratory - 1979:  
"DOE-2 BLD Summary User's Guide, Sample Run Book - Vol 1"  
Building Energy Analysis Group  
Energy and Environment Division  
Lawrence Berkeley Laboratory  
Berkeley, California, USA

Lawrie, Linda:  
"Personlig samtale"  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory  
Champaign, Illinois 61820, USA

Liebecq, Georges:  
"Personlig samtale"  
Laboratoire de Physique du Batiment  
Université de Liège  
Faculté des Sciences Appliquées 15  
4000 Liège, Belgien

Littler, J.G.F. - 1982:  
"Overview of some available models for passive solar design"  
Computer-Aided Design, vol. 14, side 15-18

Los Alamos Scientific Laboratory - 1979:  
"DOE-2 Reference Manual - Vol 2"  
Forfattere: Henry L. Horak, Bruce D. Hunn, John L. Peterson,  
Mark A. Roschke, Eva F. Tucker, Don A. York  
Group WX-4, Program Support  
Los Alamos Scientific Laboratory  
Los Alamos, New Mexico, USA

Los Alamos Scientific Laboratory - 1979:  
"DOE-2 Program Manual - Vol 3"  
Forfattere: Stephan C. Diamond, Henry L. Horak, Bruce D. Hunn,  
John L. Peterson, Mark A. Roschke, Eva F. Tucker  
Group WX-4, Program Support  
Los Alamos Scientific Laboratory  
Los Alamos, New Mexico, USA

Lund, Hans - 1979:  
"Program BA4 - For Calculation of Room Temperatures and Heating  
and Cooling Loads"  
User's Guide  
Thermal Insulation Laboratory  
Technical University of Denmark  
Report No 44, 2. ed.

Lund, Hans  
"Personlig samtale"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole

Madsen, Jens F. - 1973:  
"Om beregning af stationære felter ved elektriske netværk-  
analogier"  
Stærkstrømsafdelingen  
Danmarks tekniske Højskole  
Publikation nr. 7307

Nielsen, Anker - februar 1980:  
"Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1)  
En metode til brug for bordregnemaskiner"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole  
Meddelelse nr. 92

Nielsen, Anker - oktober 1980:  
"Beregning af ruminddelte bygningers energiforbrug  
De forenklede metoder EFB-2 og EFB-3"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole  
Meddelelse nr. 103

Olsen, Lars:  
"Personlig samtale"  
Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks tekniske Højskole

Passive Solar Modelling Sub Group - 1983:  
"Final report of the Passive Solar Modelling Sub Group to the  
Commission of the European Communities"  
The Commission of the European Communities

Palmiter, Larry:  
"Personlig samtale"  
Ecotope Group  
2238 East Madison  
Seattle, WA 98112, USA

Pedersen, C.O. - professor:  
"Personlig samtale"  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
144 Mechanical Engineering Bldg  
1206 West Green Street  
Urbana, Illinois 61801, USA

PREPROCESSOR, Juli 1983:  
BLAST Support Office  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
College of Engineering  
University of Illinois at Urbana - Champaign, USA

Report Writer Program, level 30 - 1984  
U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)  
Champaign, Illinois, USA

SERI - 1980:  
"Analysis Method for Solar Heating and Cooling Applications,  
Passive and Active Systems"  
3rd edition  
Report No SERI/SP-35-232 R

SERI:  
"SERI-RES Version 1.0  
Solar Energy Research Institute - Residential Energy Simulator"  
Manual  
The Solar Energy Research Institute  
1617 Cole Boulevard  
Golden, Colorado 80401, USA

TPI, Incorporated - 1984:

"Modification to the SERIRES program to model Active-/Passive and Hybrid Solar Heating Systems"

User's Manual

TPI, Incorporated

8824 Burningtreet Road

Bethesda, MD 20817, USA

Walton, George N. - 1980:

"A New Algorithm for Radiant Interchange in Room Loads Calculations"

ASHRAE Transactions, Volume 86, Part 2, No 2599

Walton, George N.:

"Personlig samtale"

Building Physics Division

Center for Building Technology

National Bureau of Standards

Washington, D.C. 20234, USA

WIFE - The Weather Information File Encoder program, level 21 - 1983.

U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (CERL)

Champaign, Illinois, USA

Winkelmann, Fred

"Personlig samtale"

Building Energy Analysis Group

Energy and Environment Division

Lawrence Berkeley Laboratory

Berkeley, California, USA

## PROJEKTORGANISATION

### Styregruppe

Energiministeriet har fra september 1981 udpeget følgende styregruppe for solvarmeprogrammet:

V. Korsgaard, professor, Laboratoriet for Varmeisolering, DTH, (formand)

L. Ingersholm, kontorchef, Boligselskabernes Landsforening

P. Alling, direktør, Dansk Solvarme K/S

E. Christophersen, afdelingsleder, Statens Byggeforskningsinstitut

P. Dirks, afdelingsingeniør, Dansk Kedelforening

K. Hallgreen, ingeniør, Danfoss A/S

P. Dorph-Petersen, Energiministeriet

E. Jerking, Byggestyrelsen, Energikontoret

N.I. Meyer, professor, Fys.Lab. III, DTH

J.S.R. Nielsen, civilingeniør, Birch og Krogboe

H. Larsen, civilingeniør, Risø

E. Petersen, lektor, Kem.Lab. I, H.C. Ørstedes Instituttet

P. Steensen, civilingeniør, Teknologisk Institut

P.J. Snare, civilingeniør, Energistyrelsen

Sekretær for styregruppen: Mads Lange, Teknologisk Institut.

### Adresser:

Laboratoriet for Varmeisolering, Bygning 118, Danmarks Tekniske Højskole, 2800 Lyngby - tlf. 02 - 88 35 11.

Teknologisk Institut, Varmeteknik, Gregersensvej, 2630 Tåstrup - tlf. 02 - 99 66 11.

## LISTE OVER UDKOMNE RAPPORTER

### Energiministeriets varmelagerprojekt:

- Nr. 1. Litteraturundersøgelser og vurdering af kemiske varmelagre. Peter L. Christensen, august 1979.
- Nr. 2. Sæsonlagring af varme i store vandbassiner. Udført af Dipco Engineering ApS, november 1979.
- Nr. 3. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB -1). En metode til brug for bordregnemaskiner. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 4. Beregning af energiforbrug i bygninger (EFB-1). Brugervejledning for TI-59. Anker Nielsen, februar 1980.
- Nr. 5. Prøvning af varmelagerunits til solvarmeanlæg. Simon Furbo, april 1980.
- Nr. 6. Beregning af ruminddelte bygningers energiforbrug. Anker Nielsen, oktober 1980.
- Nr. 7. Vinduets betydning for enfamiliehusenes energiforbrug. Anker Nielsen, november 1980.
- Nr. 8. Heat Storage with an incongruently melting salt hydrate as storage medium based on the extra water principle. Simon Furbo, december 1980.
- Nr. 9. Enfamiliehus med glasbeklædte uderum. Anker Nielsen, marts 1981.
- Nr. 10. Kemiske varmelagre. Teori og praksis. Peter L. Christensen, december 1981.
- Nr. 11. Varmtvandsforbrug i boliger. Niels Mejlhede Jensen, februar 1982.
- Nr. 12. Prøvemetoder for mindre varmelagre og erfaringer fra prøvningerne. Simon Furbo og Jan-Erik Larsen, november 1982.
- Nr. 13. Solopvarmning gennem vinduer. Niels Mejlhede Jensen, november 1982.

- Nr. 14. Økonomisk solbidrag til opvarmning af brugsvand. Sven Pedersen, Simon Furbo, Preben Nordgaard Hansen og Vagn Ussing, december 1982.
- Nr. 15. Birkerød solhus. Beregninger og målinger. Niels Mejlhede Jensen, december 1983.
- Nr. 16. Lagertyper og lagerstørrelser i solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning. Søren Østergaard Jensen og Simon Furbo, marts 1984.
- Nr. 17. Prøvning af kemisk varmepumpelager. Otto Dyrnum, april 1984.
- Nr. 18. Varmeovergang i små solvarmelagre. Søren Østergaard Jensen, november 1984.
- Nr. 19. Varmelagring ved hjælp af en kemisk varmepumpe med vandig saltopløsning som absorptionsmiddel. Otto Dyrnum, november 1984.

Energiministeriets solvarmeprogram:

- Nr. 1. Kombineret solvarme-varmepumpeanlæg. Beregning af et anlæg til en mindre bebyggelse. Leif Sønderskov Jørgensen, april 1979.
- Nr. 2. Solvarme-fjernvarmeanlæg. Beregning af et centralt anlæg med og uden varmelager. Leif Sønderskov Jørgensen, december 1979.
- Nr. 3. Solvarmeanlæg i Gentofte. Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand. Årsrapport. Leif Sønderskov Jørgensen et al, februar 1980.
- Nr. 4. Beregningsprogram til solvarmeanlæg. For TI-59 programmer-bar lommeregnemaskine. Frank Bason, T. Vest Hansen, 1980.
- Nr. 5. Solvarmeanlæg i Herfølge. Brugsvand, 1/2 års målinger. Otto Paulsen, juli 1980.
- Nr. 6. Solvarmeanlæg i Greve. Målinger på anlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand. Årsrapport. Leif Sønderskov Jørgensen et al, juli 1980.

- Nr. 7. Solfangeres langtidsholdbarhed. Erfaringer med solfangeres udsat for det naturlige vejrlig under kontrollerede, realistiske, ens driftsforhold i 3 år på prøvestand. T. Vest Hansen et al., juli 1980.
- Nr. 8. Solvarmesystemprøvestand. Resultater fra det første projekt på prøvestanden. Ole Balslev Olesen, Carsten Nielsen, 1981.
- Nr. 9. Solvarmeanlæg på Juelsminde campingplads. Brugsvand, 3 års målinger. Otto Paulsen, august 1980.
- Nr. 10. Energiministeriets solvarmeprogram. Statusrapport, august 1980.
- Nr. 11. Energiministeriets solvarmeprogram. Projektforslag - langtidsplanlægning, oktober 1980.
- Nr. 12. To solvarmeanlæg til varmt brugsvand. En beskrivelse og vurdering efter 4 måneders drift af anlæggene. Klaus Ellehauge et al., december 1980.
- Nr. 14. Solvarmeanlæg i Blovstrød. 2 1/2 års målinger på 10 m<sup>2</sup> brugsvandsanlæg. Benny Bøhm, Peter Steensen, maj 1981.
- Nr. 15. Solvarmeanlæg til rumopvarmning. En udredning baseret på 2 års målinger på anlæg i Greve og Gentofte. Svend Erik Mikkelsen, Leif Sønderskov Jørgensen, august 1981.
- Nr. 16. Solvarmeanlæg til varmt brugsvand. En udredning baseret på 1 års målinger på 2 anlæg. Klaus Ellehauge et al, september 1981.
- Nr. 17. Solvarmeanlæg i Herfølge. Varmtvandsanlæg i tæt-lav byggeri. Otto Paulsen, maj 1982.
- Nr. 18. Korrosion i solfangerabsorbere. En undersøgelse af korrosionsforholdene i solfangeres væskekanaler. Finn Yding, juli 1982.
- Nr. 19. Fokuserende solfanger med klimaskærm. Forundersøgelse. Knud Ladekarl Thomsen, september 1982.
- Nr. 20. Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed. Peder Vejsig Pedersen, Svend Erik Mikkelsen, juli 1983.
- Nr. 21. Solvarme - fjernvarmeanlæg. Teknisk-økonomisk analyse af systemkombinationer. Benny Bøhm, Svend Erik Mikkelsen, maj 1983.

- Nr. 22. Solfangerabsorberes overfladebestandighed. Pauli Andersen, februar 1984.
- Nr. 23. Solvarmeanlæg i Rødovre.
- Nr. 24. Solvarmeanlæg til varmt brugsvand i Gl.Holte. En vurdering efter et års målinger. Sten Melson, januar 1984.
- Nr. 26. Solvarmeanlæg med stort udbytte - systemanalyse. Sten Melson, Ole Balslev-Olesen, april 1984.
- Nr. 27. Kombineret solvarme-varmepumpeanlæg i Næstved. Klaus Ellehauge, Niels Mejlhede Jensen, juni 1984.
- Nr. 28. Et solvarmeanlæg til rumopvarmning og varmt brugsvand. Målinger på systemprøvestand. Ole Balslev-Olesen, Nick Bjørn Andersen, september 1984.
- Nr. 29. Billig solfanger/lager unit til brugsvandsopvarmning, Ivan Katić, Simon Furbo, december 1984.