

ELFOR Projekt:  
Journalnr. 464-03,  
projekt nr. 336-070

# Varmepumpe- anlæg til fritidshus

eventuelt  
i kombination  
med solvarme

Marts 2006





**ELFOR Projekt:**

Journalnr. 464-03, projekt nr. 336-070

## Varmepumpeanlæg til fritidshus eventuelt i kombination med solvarme

**April 2006**

Klaus Ellehauge  
Troels Kildemoes

Ellehauge & Kildemoes  
Vestergade 48 H, 2s.tv.  
DK-8000 Århus C.

Tlf: 86 13 20 16  
klaus.ellehauge@elle-kilde.dk  
www.elle-kilde.dk

Jørn Kristensen

Energi Danmark NRGi  
Construction A/S  
Grenåvej 55  
8200 Århus N

Tlf.: 87 39 04 04  
JoKr@nrgi.dk  
www.indeklima.nrgi.dk

Tina Bjergen Jensen

dansommer A/S  
Voldbjergsvej 16  
8240 Risskov

Tlf.: 8617 6122  
tbj@dansommer.dk  
www.dansommer.dk

## Indhold

Summary .....	1
Forord .....	1
1 Indledning og resume .....	2
1.1 Resume af projektføreløb .....	2
2 Sommerhuse i Danmark .....	4
2.1 Udlejningssommerhuse .....	4
2.2 Udlejningsprofiler .....	8
2.3 Energiforbrug for sommerhuse .....	9
2.4 Økonomi .....	11
3 Energisystemer i elopvarmede sommerhuse .....	13
3.1 Typiske installationer og energisystemer .....	13
3.2 Målinger .....	17
3.3 Simuleringer af varmebehov .....	17
3.4 Sauna og standardhuse .....	20
4 Varmepumpe/solvarme-anlæg til elopvarmede sommerhuse .....	21
4.1 Varmeanlæg til traditionelle huse og saunahuse .....	21
4.2 Varmeanlæg til spa hus .....	22
4.3 Varmeanlæg til poolhuse .....	23
4.4 Simuleringsmodeller for varmpumpe/solvarme-anlæg .....	26
4.5 Beregningsresultater for varmpumpe/solvarme-anlæg .....	26
4.6 Konklusioner ud fra analyser af opvarmningsløsninger .....	36
5 Prototype anlæg og markedsføring af anlæg .....	37
5.1 Løsning uden beholder (Øer, Ebeltoft) .....	37
5.2 Løsning med beholder (Knebel) .....	38
5.3 Markedsføring af anlæg .....	39
5.4 Videre markedsføring: .....	42
6 Sammenfatning og konklusioner .....	43
Referencer .....	44
Appendiks 1, Oversigt over kombinationer med VP og solvarme fra litteraturen .....	45
Appendiks 2 Udlejningsprofiler til simuleringsmodeller .....	51
Appendiks 3 Målinger på sommerhuse .....	52
Appendiks 4 Datablad for affugter .....	57
Appendiks 5 Sommerhusmodel – driftsforhold samt forhold omkring simuleringsmodel .....	58
Appendiks 6 Bygningsdata .....	64
Appendiks 7 Fordampning fra pool .....	67
Appendiks 8 Eksempel på plot fra simuleringsmodel .....	68
Appendiks 9 Beregninger med EMGP3 .....	70
Appendiks 10 Datablade for varmpumper .....	73
Appendiks 11 Simulering af varmpumpen .....	74
Appendiks 12 Alternative løsninger til poolhus (som ikke er beregnet) .....	78
Appendiks 13 Prototypeanlæg - installation .....	80
Appendiks 14 Prototypeanlæg - anlægspriser .....	87
Appendiks 15 Afregning af energi fra varmpumpeanlæg eller solvarmeanlæg .....	88

## Summary

Denmark has about 220.000 summer cottages and it is estimated that about 10% of these are for rental. The trend within summer cottages for rental is going towards more and more facilities and intensive rental, and as a consequence of this high energy consumption. A substantial part of the energy use is for heating, i.e. space heating, heating of indoor pool and domestic hot water.

Contrary to the other building stock in Denmark summer cottages nearly always use electricity for heating. In the project it is found, that the average yearly electricity use of a summer cottage for rental with indoor pool is about 31.000 kWh.

In the project typical energy consumption profiles have been set up from analyses of typical equipment and from simulation of space heat demands in Danish climate.

Furthermore a number of heat delivery solutions with heat pumps and solar heating systems have been set up and the performance has been simulated and analysed.

As a result of the analyses 2 prototype systems both consisting of an air to air heat pump for space heating and an air to water heat pump for the hot water, the spa and the pool heating has been installed and tested in two summer cottages.

There is a good economy in the systems and these are therefore marketed by the project participants, Energi Danmark NRGi (energy utility) and dansommer (cottage rental company).

## Forord

Nærværende rapport omfatter resultaterne af projektet "Varmepumpeanlæg til fritidshus eventuelt i kombination med solvarme".

Baggrunden for projektet er det meget store el-forbrug der er konstateret i udlejningssommerhuse, især af typen "luksussommerhuse med indendørs pool".

Det er opgaven i projektet at udvikle varmepumpe løsninger, som kan anvendes til at nedbringe det store el-forbrug, eventuelt i kombination med solvarmeanlæg.

Det samlede energiforbrug i sommerhussektoren bestemmes og fremskrives i PSO/Elfor-projektet: "Elforbrug i sommerhuse - kortlægning og prognose" pr.nr 336-066 (2004) [1]. En af årsagerne til det store elforbrug i udlejningssommerhuse er bl.a. at mange af dem også udlejes i opvarmningssæsonen og at de næsten alle benytter el-varme. I ovennævnte projekt er der dog også peget på at der er en stor mængde sommerhuse som ikke udlejes, men som benyttes mere eller mindre som helårsbolig.

Projektet er udført i et samarbejde mellem

- rådgivende ingeniørfirma Ellehaug & Kildemoes ved Klaus Ellehaug og Troels Kildemoes samt
- Energi Danmark, NREGI ved Jørn Kristensen og
- dansommer (dansommer staves med lille d) ved Tina Bjerg Jensen.

Ellehaug & Kildemoes har stået for projektledelse og beregninger m.m., Energi Danmark, NREGI har stået for sammensætning af de tekniske løsninger, målinger samt etablering af prototypeanlæg og dansommer har stået for at tilvejebringe oplysninger om sommerhuse herunder udstyr, teknik, udlejningsperioder og energiforbrug. I projektet har dansommers serviceteknikere endvidere været til stor hjælp.

Til projektet har der været nedsat en følgegruppe bestående af

- Jens Erik Pedersen, Energirådgiveren (repræsenterende Elfor),
- Robert Lauridsen Nordvestjysk Elforsyning/Enervice,
- Ole Michael Jensen SBI og
- Claus Schøn Poulsen Teknologisk Institut, Energi.

Følgegruppen har været indkaldt til 3 møder i løbet af projektet.

Projektet er bevilliget af Elfors PSO midler og har journalnr. 464-03, projekt nr. 336-070.

## 1 Indledning og resume

Der er ca. 220.000 sommerhuse i Danmark og heraf regnes der med at ca. 10 % udlejes. Udviklingen indenfor udlejningssommerhuse har gået mod sommerhuse med mange faciliteter og dermed et stort energiforbrug. En betragtelig del af energiforbruget er opvarmning som i langt de fleste tilfælde finder sted med el. Det årlige el-forbrug for et hus kan f.eks. være 31.000 kWh /år som er fundet som et middeltal for luksusommerhuse med pool.

Udlejningssommerhuse må maksimalt være udlejet i 91 dage i perioden 1/10 til 31/3 dvs. maksimalt 274 dage om året.

I rapporten [1] er der regnet med, at el-forbruget til udlejningssommerhuse i 2005 udgør 725 GWh.

I forbindelse med elopvarmede udlejningssommerhuse vil et varmepumpeanlæg kunne reducere husets el-forbrug. Energiforbrugene i udlejningssommerhuse adskiller sig imidlertid på mange måder fra energiforbrug til helårshuse. Med hensyn til rumopvarmningsbehovet vil der være store perioder om vinteren, hvor huset ikke er udlejet, og hvor huset blot skal holdes fugt og frostfrit. Til gengæld vil der være behov for at huset på en hensigtsmæssig måde bringes til en acceptabel komfort ved start af udlejningsperioder, som ligger i varmesæsonen.

Endvidere er der en stor mængde udlejningshuse, som har store varmtvandsforbrug i udlejningsperioden kombineret med meget store opvarmningsbehov for f.eks. indendørs svømmebassin og spa. Ved opstart af en udlejningsperiode kan der endvidere være tale om at skulle hæve temperaturen i en indendørs pool.

Varmepumpeanlægget kan (eventuelt i kombination med et varmelager) måske tillades at have lavere effekt end ved helårshuse. Det forventes således, at det ikke kan betale sig at dimensionere anlægget efter at kunne levere al varme i enkelte uger i vinterhalvåret, hvor sommerhuset eventuelt benyttes. Det er endvidere heller ikke oplagt om varmekilden til varmepumpen mest hensigtsmæssigt skal være udeluften, jordslanger eller eventuelt et energitag eller kombinationer heraf. Ligeledes er det ikke oplagt om varmeafgivning til rumvarmen skal være luft eller vandbaseret.

Den sæsonmæssige variation af energiforbruget passer godt til et solvarmeanlæg, og det er derfor nærliggende at undersøge kombinationer med solvarmeanlæg. Især hvis varmepumpeanlægget i forvejen er kombineret med et varmelager, kan der være en mulighed for at merudgiften til en solfanger vil være acceptabel.

Nærværende projekt er formuleret med henblik på udlejningshuse, men de udviklede løsninger vil naturligvis også være meget relevante for andre sommerhuse, som benyttes i stort omfang i opvarmningssæsonen. En særlig kategori er sommerhuse, som benyttes til beboelse hele året. Det er dog sandsynligt at kun få af disse er af kategorien luksus sommerhuse med pool, da denne type ikke er velegnet som helårsbeboelse for en familie. For helårsbeboede sommerhuse, der er el-opvarmede vil der naturligvis være et stort besparelsespotentiale, som kan løses ved hjælp af varmepumper og solvarmeanlæg. Da disse løsninger skal dimensioneres som ved andre helårshuse er de ikke behandlet i nærværende rapport

### 1.1 Resume af projektførløb

Projektførløbet har været som følger:

En forudsætning for at kunne bestemme den optimale sammensætning af anlægget er kendskab til typiske forbrugsmønstre for udlejningssommerhuse herunder typiske effekt og

energibehov for installationer m.m., samt hvornår de forskellige forbrug typisk forekommer. Der er derfor udvalgt 47 typiske sommerhuse indenfor de 4 udlejningskategorier som dansommer opererer med. For hvert sommerhus er der registreret det årlige el-forbrug og dette er sammenholdt med sommerhusets størrelse, faciliteter og udlejningsperioder. Endvidere er der udregnet middelenenergiforbrug for de 4 typer sommerhuse. Dette arbejde er beskrevet i rapportens kapitel 2.

For at kunne designe varmepumpe og solvarmeanlæg er det endvidere nødvendigt at kende nærmere, hvorledes de typiske energisystemer i sommerhusene er. Viden om dette er tilvejebragt via dansommers serviceteknikere og ved at kontakte bl.a. leverandører af f.eks. udstyr til indendørs poolrum. Endvidere er der foretaget målinger af delforbrug på 2 sommerhuse. Da energiforbrugene i et sommerhus med f.eks. pool foregår ved en del forskellige temperaturer, rumvarme ved 20 °C, rumvarme ved 29 °C (i poolrum) varme til spa (38 °C) varme til poolbassin (27 °C) og varme til vart brugsvand (10-50 °C) har det været nødvendigt at foretage simuleringer for at kunne bestemme tidsforløbet af de forskellige forbrug. Der er derfor opbygget en simuleringsmodel, der kan simulere opvarmningsbehovet i typiske sommerhuse. Dette er beskrevet i kapitel 3.

Ud fra det opbyggede kendskab til energisystemer og forbrug af de typiske sommerhuse er der dernæst skitseret en række systemløsninger med varmepumper og solvarmeanlæg, som antages at være relevante. Opbygninger er bl.a. sket efter et litteraturstudie vedrørende kombinerede solvarme-varmepumpeløsninger (Appendiks 1). Det har i løbet af projektforsøget vist sig mest hensigtsmæssigt at sammensætte løsninger, der tager udgangspunkt i komponenter der er på markedet, og så indføre styringer der kan håndtere disse. Ydelsen af de skitserede løsninger er bestemt ved simuleringer med simuleringsprogrammet EMGP3. De skitserede løsninger simuleres under anvendelse af de tidligere simulerede energibehov. Arbejdet med at skitsere løsninger og opbygge modeller i EMGP3, samt resultaterne er beskrevet i kapitel 4.

Ud fra de teoretiske betragtninger er det valgt at udvikle anlæg, som det vil være interessant at markedsføre. To af anlæggene er installeret hos anlægsværter, og de tekniske løsninger er afprøvet. Endvidere er anlægsprisen bestemt. De udviklede og afprøvede anlæg markedsføres fremover af Energi Danmark NRG1 og dansommer. Dette er beskrevet i kapitel 5.

Kapitel 6 omhandler projektets konklusioner, hvor det bl.a. konkluderes, at der er særdeles god økonomi i de udviklede og beregnede varmepumpe løsninger. For sommerhus ejeren vil der især være incitament til at erhverve anlæggene, hvis der opsættes målere, således at han afregnes fra lejerne for det varme, som leveres af anlægget.



## 2 Sommerhuse i Danmark

### 2.1 Udlejningssommerhuse

I dette kapitel beskrives karakteristika for typiske udlejningssommerhuse dels i relation til størrelse, udstyr m.m. og dels i relation til energiforbruget.

Ved karakterisering af udlejningssommerhuse arbejder dansommer med 4 forskellige kategorier af sommerhuse

De 4 kategorier er:

1. Pool huse: Pool husene er forsynet med indendørs svømmebassin og som regel også med spa og sauna
2. Spa huse: Spa husene er uden svømmebassin, men har spa og som regel sauna
3. Sauna huse: Sauna huse har sauna, men ikke svømmebassin og spa.
4. Standardhuse: Standardhusene er uden svømmebassin, spa og sauna.

Pool husene er som regel større og mere luksuriøse og er udlejet i en større periode end de andre huse.

Det er i projektet valgt at arbejde med de samme 4 kategorier som benyttes af dansommer i deres beskrivelse af husene.

I samarbejde med dansommer er der udvalgt i alt 47 huse fra de 4 kategorier fra dansommers katalog. 14 af husene er beliggende ved den jyske vestkyst og 33 i Østjylland.

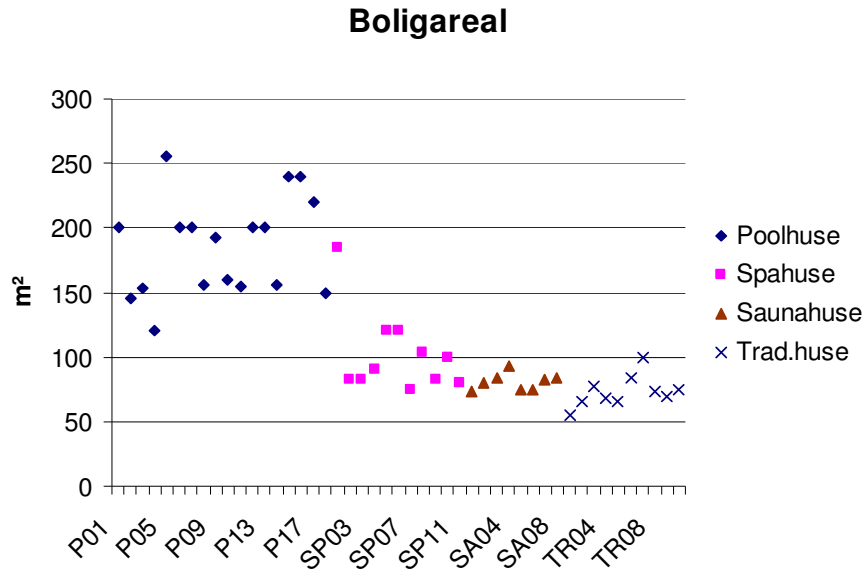
Husene fordeler sig således på de 4 kategorier:

18 poolhuse  
11 spahuse  
8 saunahuse  
10 traditionelle huse

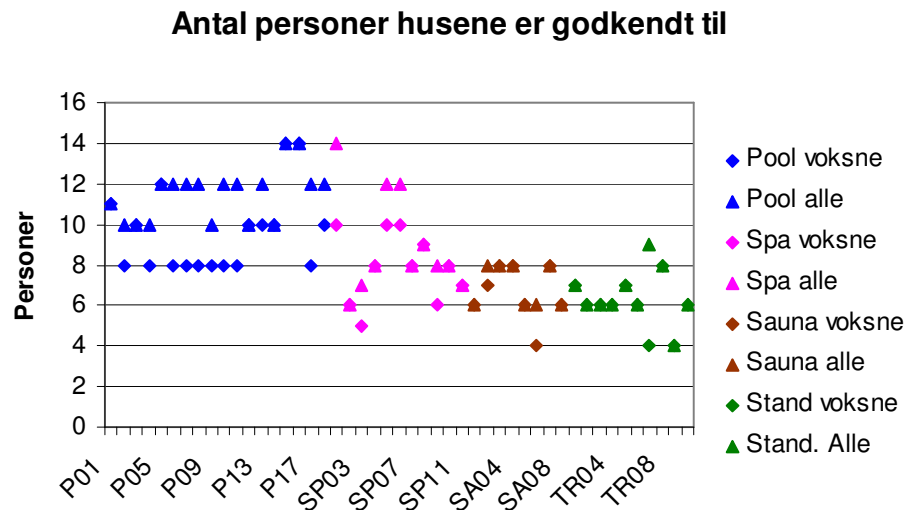
For alle husene er registret deres faciliteter samt deres årlige energiforbrug, udlejningsperioder og antal beboere i år 2001, 2002 og 2003. For 2 af pool husene er endvidere for et år indsamlet deres energiforbrug på ugebasis som registret af lejerne ved ind- og fraflytning

#### 2.1.1 Størrelse, udstyr m.m.

I de følgende figurer opsummeres egenskaber og karakteristika for de udvalgte huse.



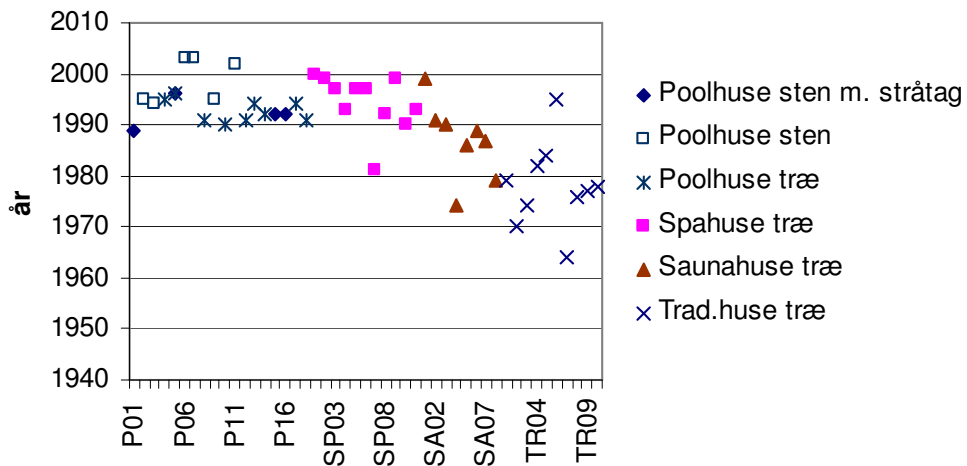
Figur 1, Boligarealer



Figur 2 Antal personer husene er godkendt til

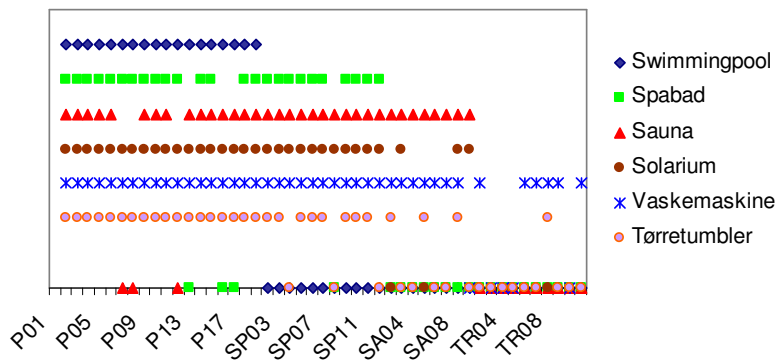
Figur 2 angiver hvor mange personer husene er godkendt udlejet til af dansommer. Der er et tal for antal voksne samt et tal for voksne + børn (alle).

### Byggeår og materiale

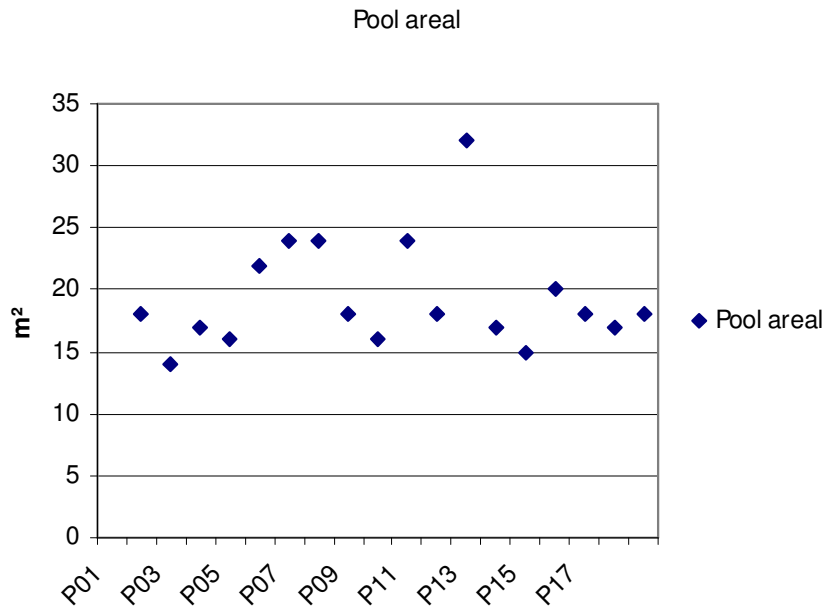


Figur 3 Byggeår og byggematerialer

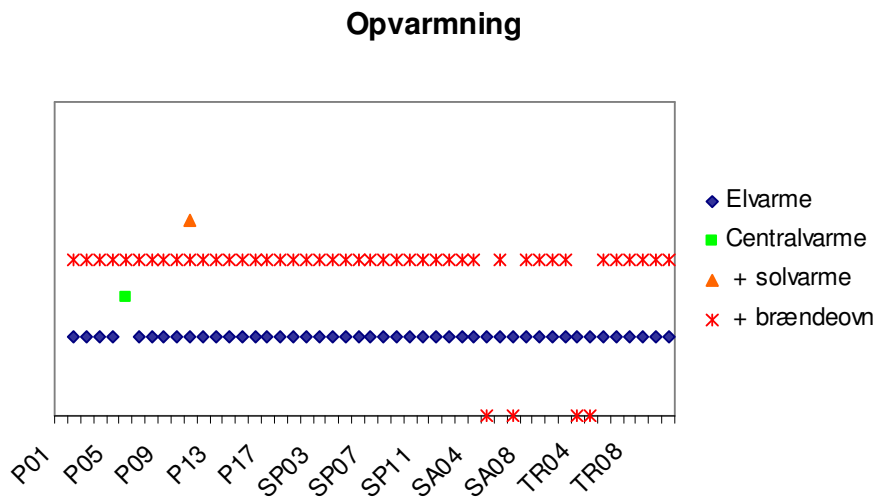
### Udstyr



Figur 4 Udstyr i husene



Figur 5 Størrelse (areal) af pool



Figur 6 Opvarmningsform

Som det ses af ovenstående figurer skiller pool husene sig ud ved generelt at være større.

Medens husene i de øvrige kategorier alle er træhuse findes der blandt pool husene også en del stenhuse

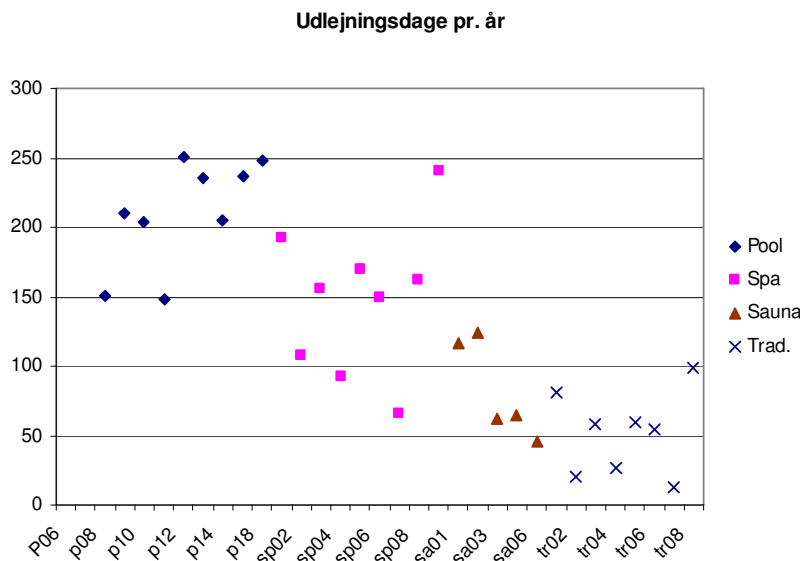
Med hensyn til opvarmning ses at alle huse, på nær ét som har centralvarme, opvarmes med el-radiatorer. Langt de fleste huse har endvidere en brændeovn og et enkelt hus har et solvarmeanlæg.

## 2.2 Udlejningsprofiler

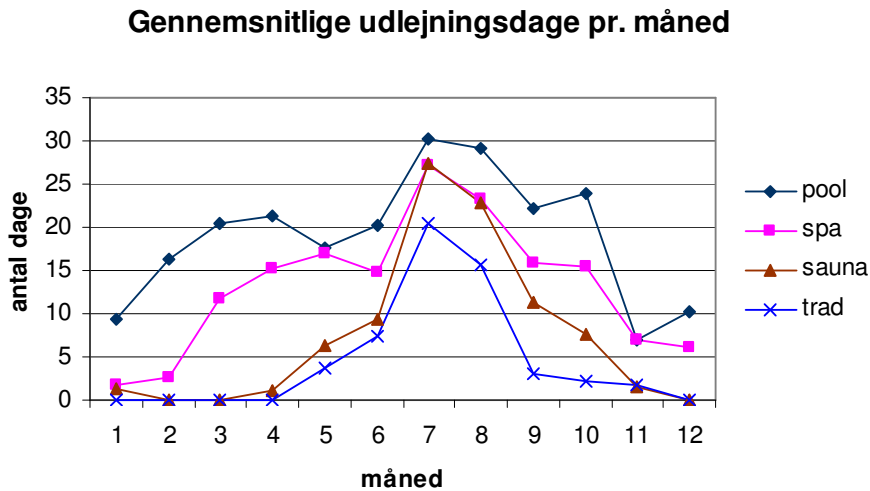
Nedenstående figurer viser antal udlejningsdage pr år og de gennemsnitlige udlejningsdage i hver måned for hver type huse. Undersøgelsen er baseret på udlejningsdata for året 2003. I undersøgelsen indgår følgende antal huse i de fire kategorier:

- Poolhus: 9 huse
- Spahus: 10 huse
- Saunahus: 7 huse
- Traditionelt sommerhus: 8 huse

Profilerne indeholder kun dage, hvor sommerhusene med sikkerhed er udlejede. Dage som er "reserverede af sommerhusejeren", indgår ikke i profilerne, da det er usikkert, hvorvidt husene er udlejede.



Figur 7 Udlejningsdage pr. år i hvert hus



**Figur 8 Gennemsnitlige udlejningsdage pr. måned for hver huskategori**

Det ses poolhusene generelt er mere udlejede end de andre kategorier. Endvidere er spa husene mere udlejede end sauna og standardhusene.

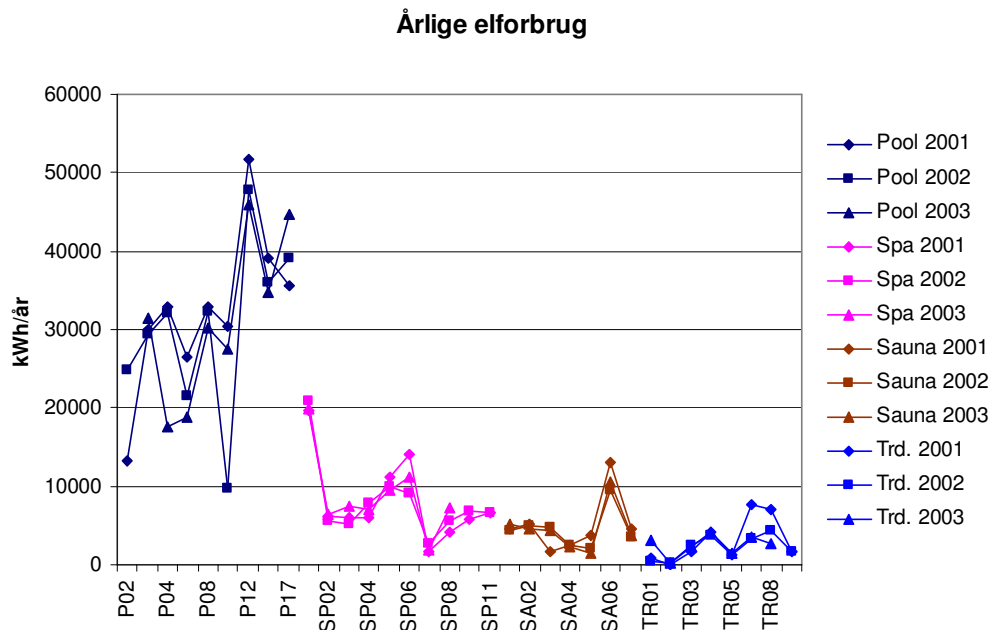
Ifølge regler for udlejning må husene kun udlejes 91 dage i perioden 1/10 – 31/3. Ved fuld udlejning i sommerperioden giver dette i maksimalt antal udlejningsdage på 274 dage.

### 2.2.1 Udlejningsprofiler

Baseret på de gennemsnitlige udlejningsdage pr. måned (figur 8) samt eksemplerne på variation i energiforbrug i næste afsnit er der for pool- og spahuse etableret såkaldte reference-udlejningsprofiler til brug i simuleringsmodellerne. Profilerne afspejler et gennemsnitlig udlejningsprofil på årsbasis og benyttes ved projektets simuleringer. Et eksempel er vist i appendiks 2.

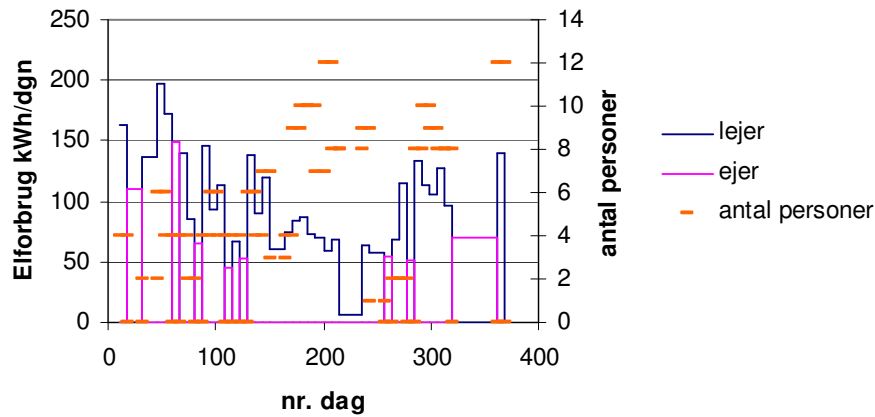
## 2.3 Energiforbrug for sommerhuse

De årlige el-forbrug i de 4 kategorier huse fremgår af nedenstående figur.

**Figur 9 Årlige el-forbrug for alle husene**

Som eksempler på den årlige variation af elforbruget er dette angivet nedenfor for de to poolhuse P17 og P18. Det ses at der også er væsentlige energiforbrug i de perioder hvor husene ikke er udlejete. Det vides ikke hvor stor en del af energiforbruget i disse perioder der skyldes at huset bebos af ejeren eller hvor stor en del der skyldes at huset holdes på en minimumstemperatur.

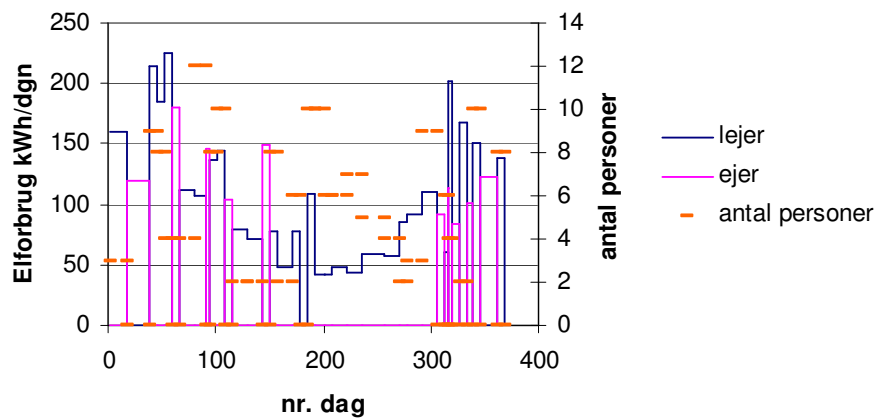
### Hus P17: Elforbrug pr. dgn og antal personer



Figur 10 El-forbrug pr. døgn henover året samt antal personer for hus P17

P17 er godkendt til 8 voksne + 4 børn. Der har i middel været 6.2 personer

### Hus P18: Elforbrug pr. dgn og antal personer



Figur 11 El-forbrug pr. døgn henover året samt antal personer for hus P18

P18 er godkendt til 10 voksne + 2 børn. Der har i middel været 6.0 personer

#### 2.3.1 Middelårsforbrug

Baseret på samme antal huse som tidligere (dog kun 9 spahuse), er der for de fire sommerhus-typer beregnet et årligt middel energiforbrug.

Beregningerne er baseret på det aflæste årlige energiforbrug for årene 2001, 2002 og 2003.

	Middel energiforbrug
Poolhuse:	<b>31.400 kWh/år</b>
Spahuse:	<b>6.900 kWh/år</b>
Saunahuse:	<b>2.900 kWh/år</b>
Traditionelle huse:	<b>2.600 kWh/år</b>

Ud fra skøn fra dansommer samt fra [1] er antallet af udlejningssommerhuse i forskellige kategorier samt deres elforbrug angivet nedenfor.

	Antal	Middel-elforbrug kWh/år pr. hus	Totalt el-forbrug GWh/år
Intensiv udlejning af poolsommerhuse	2.500	30.957	77
Intensiv udlejning af luksussommerhuse	1.300	10.013	13
Intensiv udlejning af alm. sommerhuse	4.000	9.506	38
Alm. Sommerhuse med udlejning	13.500	3.076	42

For 3 af de 4 kategorier er det totale el-forbrug af samme størrelsesorden, og der er derfor god mening i både at fokusere på løsninger for poolhuse (varmepumper både til rumopvarmning og pool og varmt vand samt solvarme), på løsninger til intensivt udlejede luksussommerhuse uden pool (varmepumper til rumopvarmning og varmt vand samt solvarme) samt på løsninger til almindelige sommerhuse med udlejning (primært solvarme og evt. varmepumper)

## 2.4 Økonomi

Ved udlejning betaler lejereren for det elforbrug der har været i huset, medens han har været lejer. Typisk opkræves lejereren 1.8 kr./kWh af udlejningsselskabet som typisk afregner 1.7 kr./kWh til ejeren.

Til elselskabet betaler ejeren f.eks. typisk en el-pris på 1.49 kr./kWh (alle beløb inkl. moms)

Hvis der tages udgangspunkt i et poolhus med et elforbrug på 30.150 kWh/år

	Uden VP	Med VP
Elforbrug lejer	25725	14577
Elforbrug ejer	4425	1612
Elforbrug i alt	30150	16189

Vil det økonomiske regnskab for udlejereren se således ud:

Før VP

Ejers udgift til el:  $30.150 \text{ kWh/år} \cdot 1,49 \text{ Kr./kWh} = 44.900 \text{ kr./år}$

Ejers indtægt ved salg af el:  $25.725 \cdot 1,7 \text{ Kr./kWh} = 43.732 \text{ kr./år}$

Efter VP:

Ejers udgift til el:  $16.189 \text{ kWh/år} \cdot 1,49 \text{ Kr./kWh} = 24.120 \text{ kr./år}$

Ejers indtægt ved salg af el:  $14.577 \cdot 1,7 \text{ Kr./kWh} = 24.780 \text{ kr./år}$

### 2.4.1 Beskatning

Der er to modeller for beskatning af indtægter for udlejning af sommerhuse.



I den ene model som de fleste benytter (90-95)% beskattes indtægterne som kapitalindkomst og der opereres med et fast fradrag på 7000 kr. + 40% af resten indtægterne. Dvs. de reelle udgifter (f.eks. til el) fradrages ikke.

Dette stiller el-besparelser gunstigt, især hvis ejeren kan opretholde samme indtægt ved at der sættes en måler for varme op.

Hvis indtægterne er det samme med og uden varmepumpe, er fradraget også det samme og det der skal betales i skat er det samme. Husejernes besparelse er således direkte besparelsen på hans el-regning, dvs. 1.49 kr./kWh. Hvis hans indtægt med varmepumpe ikke er helt det samme som uden slår det mindre igennem da hans indtægt bliver beskattet med typisk ca. 42%.

I afsnit 5.3.3 er økonomien opstillet for de markedsførte løsninger

## 3 Energisystemer i elopvarmede sommerhuse

I det følgende beskrives typiske energisystemer for hver af de fire sommerhus-typer. Beskrivelserne er udfærdiget bl.a. ud fra oplysninger fra dansommers serviceteknikere og fra leverandører. Beskrivelserne er benyttet til at udfærdige simulerede timeforbrug for de forskellige sommerhus-kategorier. For at verificere antagelserne om delforbrug af forskellige komponenter er der målt forskellige del el-forbrug på 2 sommerhuse i 2 uger.

### 3.1 Typiske installationer og energisystemer

#### 3.1.1 Poolhuse

Hovedparten af poolhusene er kendetegnet ved at have separate energisystemer til bolig og poolrum. Energisystemerne beskrives derfor hver for sig.

##### 3.1.1.1 Energisystem i bolig

###### Rumvarme

I næsten samtlige sommerhuse benyttes væghængte elradiatorer. I badeværelser er der typisk elektrisk gulvvarme. På toiletter uden bad benyttes typisk elektrisk gulvvarme eller væghængte elradiatorer. Næsten samtlige huse har en brændeovn.

###### Varmt brugsvand

Der er typisk installeret 1 til 2 el-varmtvandsbeholdere (VVB) til at dække behov i badeværelse(r), toilet og køkkensektion. Hvis der er en stor beholder er den typisk på 150-200 l. Hvis der er 2 beholdere, er den store beholder typisk på 90-150 l og den mindre beholder typisk på 30-60 l.

###### Ventilation

Normalt er der naturlig ventilation.

##### 3.1.1.2 Energisystem i poolrum

Figur 12 og figur 13 viser skitser af typiske energisystemer i poolrum. Disse beskrives i det følgende.

###### Pool – opvarmning af vand

Alle pools opvarmes via termostatstyret elpatron med en effekt typisk på 6-10 kW. I perioder med udlejning og/eller høj temperatur i poolvandet, er der normalt konstant cirkulation i poolkredsen for primært at fastholde renhed af vand. I perioder uden udlejning med lav vandtemperatur er cirkulationen begrænset til typisk 4 \* 1 time i løbet af et døgn.

###### Poolrum - rumopvarmning

Systemer til opvarmning af poolrum findes i flere udgaver, dog er der to hovedtyper, som er fremherskende (type 1 og type 2). Den grundlæggende forskel er måden hvorpå opvarmning af luften i poolrummet foretages.

###### Type 1

Ifølge dansommer/Novasol har vurderingsmæssigt 30 % af poolhusene på markedet en system-opbygning som vist på princip-diagrammet figur 12. Hovedparten af poolrummets rumopvarmning leveres af en termostat-styret elvarmeplade indbygget i forlængelse af poolrummets affugter. Den øvrige opvarmning kommer fra affugteren, spabad og pool samt elektrisk gulvvarme i poolrummet.

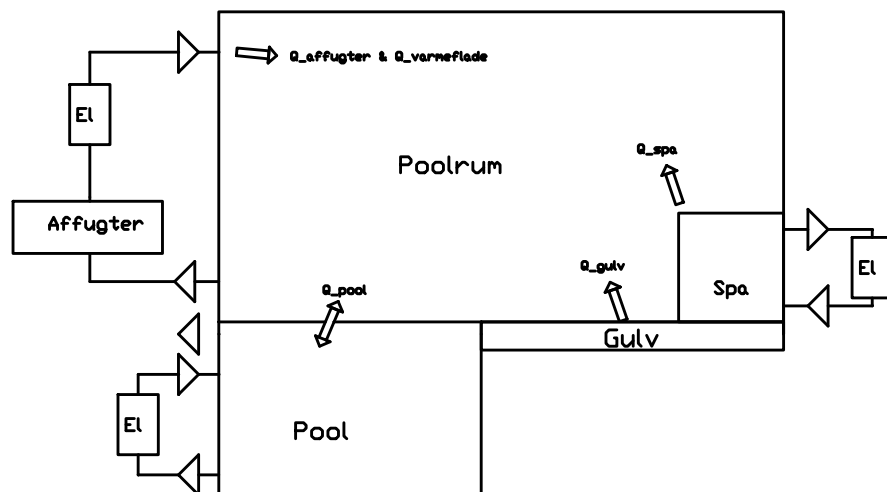
### Elektrisk gulvvarme

Den elektriske gulvvarme ved type 1-anlæg er normalt slukket en del af sommerhalvåret. I vinterhalvåret er den normalt tændt, men dog indstillet på lavest mulige værdi akkurat nok til undgå fornemmelsen af koldt gulv hos lejerne.

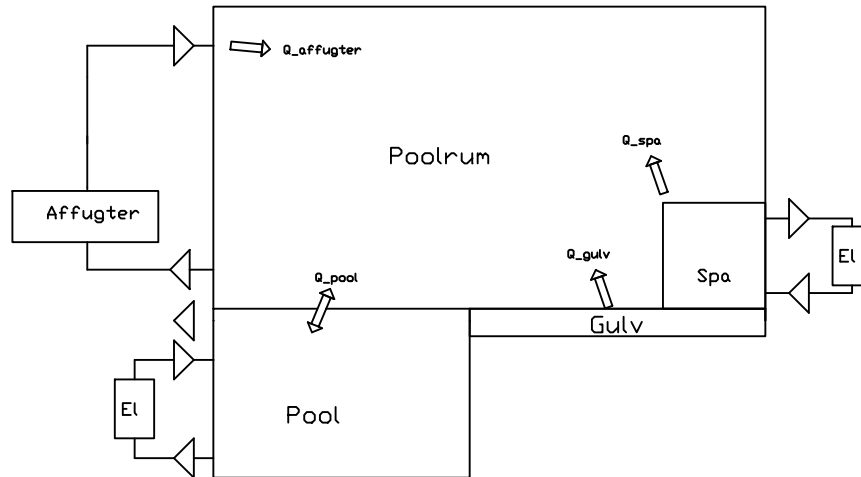
### Type 2

Ifølge dansommer/Novasol har vurderingsmæssigt 60 % af poolhusene på markedet en system-opbygning som vist på princip-diagrammet figur 13. Hovedparten af poolrummets opvarmning leveres via traditionel elektrisk gulvvarme. I disse huse er gulvvarmen normalt tændt hele året. Indstilling på gulvvarmen justeres efter årstiden men generelt er gulvtemperaturen markant højere end i Type 1-huse.

Forhold omkring affugter, spabad, badeværelse/toilet, sauna og varmtvandsforsyning er som for Type 1-huse.



Figur 12 Energisystem – Type 1



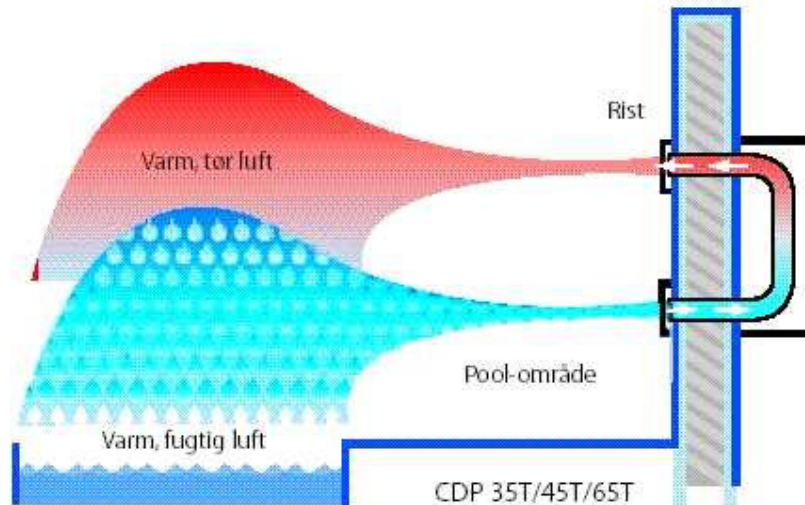
**Figur 13 Energisystem – Type 2**

#### Affugter

Affugterens varmemæssige bidrag til rumluften er normalt beskedent p.g.a få driftstimer (typisk 4-6 timer under udlejning, 1-2 timer i tomme perioder). Den elektrisk tilførte energi til affugterens kompressor + fordampningsvarmen fra den fugtige luft, udgør bidraget til opvarmning af luften i poolrummet. Typisk effekt for affugtere i poolhuse ligger på 0.6 – 1.0 kW. Appendix 4 viser et datablad på en affugter anno 2005.

Ved dårligt dimensionerede affugter-anlæg eventuelt kombineret med uheldig styring af lufttemperatur (lufttemperatur for lav i forhold til pooltemperatur – stor fordampning – stor fugtighed), kan affugteren risikere at få et stort antal driftstimer p.g.a problemer med at holde luftfugtigheden på de typiske max. 60 %. I disse tilfælde kan varmebidraget fra affugteren være betragteligt.

Den principmæssige funktion af en typisk affugter er vist på figur 14. Fugtig luft fra poolrummet bliver suget ind i affugteren via de indbyggede ventilatorer. Når luften passerer kølefladen (fordamperen), nedkøles luften til under dugpunktet, således at luftens indhold af vanddamp kondenseres til vand, som opsamles i en drypbakke (kondensat ledes til afløb). Når luften herefter passerer affugterens varmeafgivende del (kondensatoren), opvarmes luften igen, før den ledes ud i pool-området. Efter at have passeret affugteren vil luftens temperatur være ca. 5° højere end ved indsugningen.



**Figur 14 Princip for affugter**

### Spabad

Poolrummet er normalt udført med et spabad (typisk indhold 600 - 1000 l). Der skelnes mellem et standvandsspa, hvor spabadet er fyldt med vand i hele udlejningsperioden og et almindeligt spabad hvor spabadet fyldes fra gang til gang. Standvandsspa er mest almindelig i poolhusene, medens det almindelige spabad er mest almindelig i husene uden pool. Under udlejning er standvandsspabadet fyldt med vand med en temperatur på ca. 38°. I perioder uden lejere er det tomt. Spabadets opvarmning sikres via elpatron med typisk effekt på 6 kW.

### Badeværelse/toilet

Poolrummet er normalt udført med et integreret badeværelse/toilet. Dette/disse rum opvarmes normalt med elektrisk gulvvarme.

### Sauna

Saunaer er normalt udført med klassisk sauna-ovn som eneste varmekilde.

### Varmtvandsforsyning

Varmtvandsforsyning til pool-rum (bad, toilet i pool-sektion) foretages via en el-varmtvandsbeholder med typisk størrelse på 110-160 l. Effekt til VVB typisk 3.6 – 6 kW. VVB normalt placeret i teknikrum.

### Andre typer energisystemer

Det anslås at ca. 10 % af poolrummene er udført med systemer mere eller mindre afvigende fra Type 1 og Type 2 (fx rum udført med el-radiatorer, ventilationsanlæg med varmegenvinding mv.).

### 3.1.2 Spahuse,

I spahusene er spabadet som regel anbragt i badeværelset og af typen der tømmes fra gang til gang. Der sidder en el-patron i spabadet som kan opvarme vandet. Som regel anbefaler udlejningsfirmaet at der fyldes koldt vand i badet således at varmtvandsbeholderen ikke tømmes.

Der er således ikke affugter og opvarmningssystemet er typisk som beskrevet i afsnit 3.1.1.1

### 3.1.3 Saunahuse og Standardhuse

Standardhusene og til en vis grad saunahusene er som regel mindre og af dårligere standard end spa- og poolhusene

I saunahusene er saunaen normalt udført med klassisk sauna-ovn som eneste varmekilde.

Opvarmningssystemet er typisk som beskrevet i afsnit 3.1.1.1

## 3.2 Målinger

Da der har været en del usikkerhed med hensyn til hvordan det samlede energiforbrug for sommerhuset er sammensat er der i 2 sommeruger udført detaljerede målinger på 2 pool huse. Der har været fokuseret på den "våde del" for at få et bedre indblik i flg. :

- Hvor meget kører elpatron i pool?
- Affugter – drift
- Tapning af brugsvand
- Elvarme til rumopvarmning i poolrum
- Spabad

Målingerne er blevet udført ved at måle elforbruget til forskellige grupper i sommerhuset. Imidlertid har det vist sig at de enkelte el-forbrug i nogle tilfælde ikke helt har kunnet separeres, hvorfor der på nogle af målingerne er usikkerhed om hvad der er målt.

Imidlertid har målingerne kunnet benyttes til at bekræfte de valg der er truffet i simuleringssmodellen vedrørende de enkelte el-forbrug

Der er givet yderligere oplysninger om målingerne i appendiks 3.

## 3.3 Simuleringer af varmebehov

Som beskrevet i kapitel 2 er der indsamlet årlige energiforbrug for et større antal sommerhuse for årene 2001, 2002 og 2003. Elforbruget er sammensat af el til rumopvarmning, vandopvarmning, el til belysning, tv, sauna, pumper, mv.

For at kunne estimere andelen af el til opvarmning af henholdsvis bolig og poolrum (inklusive opvarmning af pool), er der opstillet simuleringssmodeller i beregningsværktøjet TSBI3. I simuleringssmodellerne er sommerhusene udsat for belægningsprofilerne beskrevet i appendiks 2.

Beregningsresultaterne fra TSBI3 er blevet brugt som input-data til de videre beregninger i EMGP3-modellerne beskrevet i afsnit 4.4.

I appendiks 5 gennemgås de TSBI3 model opbygninger af bolig og poolrum, som er benyttet ved beregning af energiforbruget. Selve bygningsdataene er gengivet i appendiks 6 Driftsforhold i modellerne (temperatur-indstillinger, driftstider mv.) repræsenterer typiske forhold for udlejningshuse og er baseret på information fra service-teknikere fra dansommer/Novasol samt installatører. Byggetekniske forhold (isolering mv.) er valgt så de afspejler typisk standard for de pågældende huse.

I appendiks 7 er angivet overvejelser om fordampningen fra poolen, medens appendiks 8 indeholder eksempler på plot fra simuleringssmodellen.

### 3.3.1 Poolhus

Baseret på poolhus-modellen beskrevet i appendiks 5 samt udlejningsprofilen beskrevet i appendiks 2 er der udregnet følgende årlige energibehov:

**Tabel 1 Energibehov i poolhus**

	Hus-model		
	Alle energimængder	El-forbrug	Kan leveres af varmesystem
	kWh/år	kWh/år	kWh/år
Beboelse opvarmning brændeovn	2.500		
Beboelse opvarmning varmesystem	6.460	6.460	6.460
Varmetab fra spabad til poolrum	1.600	1.600	1.600
Poolrum opvarmning	7.470	7.470	7.470
Varmetab fra VVB til rum			
Varmetab fra pool til poolrum	2.480	2.480	2.480
Varmetab fra pool til jord			
Badeværelse opvarmning	640	640	
Vandskifte pool	400	400	400
Vandskifte spabad	910	910	910
Elforbrug affugter	1.080	1.080	0
Varmt brugsvand	4.800	4.800	4.800
Øvrige el-forbrug (lys, tv, sauna,ovn m.m.)	5.000	5.000	
I alt	33.340	30.840	24.120

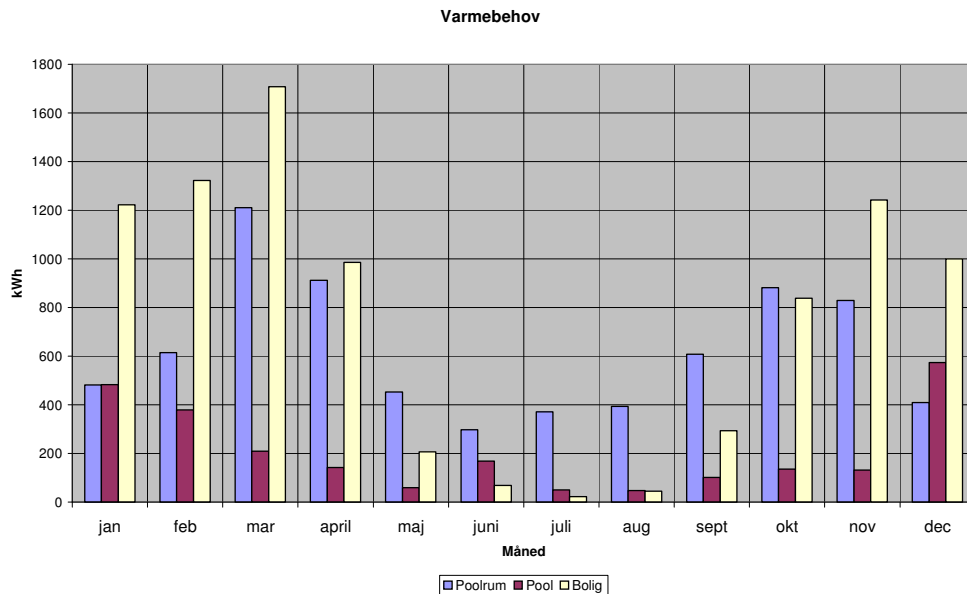
Som beskrevet i kapitel 2, er stort set alle huse udført med brændeovn. Erfaringsmæssigt benytter de fleste lejere brændeovnen i større eller mindre grad. For at inkludere effekten af brændeovnen, antages brændeovnen at dække 1/3 af beboelsens varmebehov i perioder med udlejning. Det beregnede "time for time" – varmebehov er derfor i perioderne med udlejning splittet op i varme leveret fra brændeovn og varme leveret fra det øvrige varmesystem som det fremgår af tabellen.

Ved beregning af rumopvarmningsbehovet er der som det fremgår af appendiks 6 indregnet et internt varmetilskud fra personer og udstyr, som ikke er vist i tabellen. I stedet er vist det anslåede øvrige elforbrug i poolhuset, som går til drift af pumper, lys, tv, sauna, solarium mv., En del af dette elforbrug indgår som det interne varmetilskud, medens den øvrige del antages ikke at blive nyttiggjort som varme.

Poolrummet bliver opvarmet dels ved radiatorer og dels ved det varmetab, der er fra spa, pool og eventuelt varmtvandsbeholder. I tabel 1 er energimængderne fra radiatorer, pool og VVB slået sammen.

For poolhus-modellen er det samlede totale elforbrug derfor ca. 31000 kWh, hvilket matcher typiske energiforbrug for poolhuse

For henholdsvis bolig, poolrum samt pool ses på figur 15 det månedlige varmebehov i løbet af året (korrigeret for bidrag fra brændeovn).



**Figur 15 Varmebehov på månedsbasis for henholdsvis bolig, poolrum samt pool**

#### **Kommentarer til resultater for poolhus**

De absolut største enkeltposter i energiregnskabet er rumopvarmning i henholdsvis beboelse og poolrum. Energiforbrug til opvarmning og vedligeholdelse af poolvandstemperatur er umiddelbart lavere end forventet. Det lave energiforbrug skyldes det begrænsede varmetab igennem poolens bund, sider og overflade (luften i poolrummet er i hovedparten af året varmere end poolvandet). Poolens relativt lave varmetab og dermed langsomme afkølingsforløb som vist på figur 41 i appendiks 8 passer godt overens med praktiske erfaringer.

### **3.3.2 Spahus**

Baseret på spahus-modellen beskrevet i appendiks 5 samt udlejningsprofilen beskrevet i appendiks 2, er udregnet nedenstående årlige energibehov. Med baggrund i modellerne, præsenteres i dette afsnit de væsentligste poster i de enkelte huses energiregnskab.

**Tabel 2 Energibehov i spahus før korrektion for brændeovn**

Emne	Energiforbrug pr. år [kWh]
Beboelse – opvarmning	3673
Badeværelse/toilet - opvarmning	972
Spabad – opvarmning af vand 10 → 38 °C	374
Varmt brugsvand	1496
I alt	6515

Efter korrektion for brændeovnens energibidrag som beskrevet i appendiks 5 haves i tabel 3 følgende energibehov:



**Tabel 3 Energibehov i spahus efter korrektion for brændeovn**

Emne	Energiforbrug pr. år [kWh]
Beboelse – opvarmning	2510
Badeværelse/toilet - opvarmning	972
Spabad – opvarmning af vand 10 → 38 °C	374
Varmt brugsvand	1496
I alt	5352

Øvrigt energiforbrug

Det øvrige energiforbrug i spahuset (drift af lys, tv, solarium, sauna mv.) anslås at ligge på ca. 1800 kWh. For spahus-modellen er det samlede totale elforbrug derfor ca. 7200 kWh, hvilket matcher typiske energiforbrug for spahuse.

**3.4 Sauna og standardhuse**

Ved de efterfølgende simuleringer af varme anlæg i kapitel 4 er det valgt at lade spa og saunahuse repræsentere af standardhuse med et forbrug i den høje ende som angivet nedenfor.

Der er således set bort for den energi der leveres til spa og sauna.

For spa husene er energiforbruget til spaen repræsenteret ved et forøget varmtvandsforbrug, medens energiforbruget til saunaen ikke kan leveres af et VP eller solvarmesystem. Udover forbruget til eventuel spa og sauna er der et yderligere el-forbrug til lys, tv, køkkenudstyr mm.

**Energibehov i standardhus efter korrektion for brændeovn**

Emne	Energiforbrug pr. år [kWh]
Beboelse – opvarmning	2999
Varmt brugsvand	1572
I alt	4571

## 4 Varmepumpe/solvarme-anlæg til elopvarmede sommerhuse

I dette kapitel er opstillet mulige opvarmningsløsninger for de forskellige typer sommerhuse. Dette er bl.a. sket efter et litteraturstudie vedrørende kombinerede solvarme-varmepumpeløsninger (se appendiks 1). Der er lagt vægt på at løsningerne kan realiseres ud fra komponenter der findes på markedet eventuelt kombineret med mere avanceret styring.

De følgende anlægsopbygninger er skitseret med henblik at kunne beregne anlæggene, men skitserne viser ikke hvordan anlæggene realiseres i praksis.

### 4.1 Varmeanlæg til traditionelle huse og saunahuse

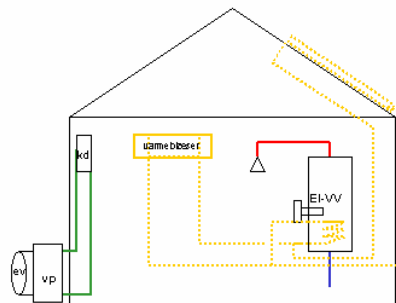
Generelt er el-forbrugene i de traditionelle huse lave. Endvidere er de traditionelle huse og til dels også saunahusene hovedsageligt udlejet i sommerhalvåret.

Følgende anlæg vurderes:

**Tabel 4 Anlæg til traditionelle huse og saunahuse**

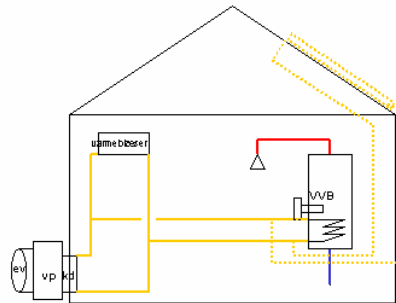
		varmeforbrug	varmekilde	enhed	varmeafgiver	Lager	Varmepumpe
standard- saunahuse	alternativ 1	rumvarme	udeluft	luft-luft VP	varmeblæser	-	Panasonic E9
		varmt vand	el	el-vandvarmer	el-patron	VVB	
	alternativ 2	rumvarme	udeluft	luft-luft/væske	varmeblæser	-	Fighter 2010
		varmt vand			veksler (+el-patron?)	VVB	
	supplement til ovenstående	varmt vand		solvarmeanlæg	veksler (+el-patron?)	VVB	
Ekstra mulighed	rumvarme			kalorifere/radiator	-		

I tabellen er angivet at anlæggene opbygges ved hjælp af en Panasonic eller Nibe Fighter varmepumpe. Det er af NRG1 vurderet at disse varmepumper bedst opfylder kriterier til kvalitet ydelse og pris. Det er derfor disse typer som NRG1 vil anvende i de markedsførte løsninger.



Alternativ 1

**Figur 16 Alternativ 1, Separat luft/luft varmepumpe til rumopvarmning og solvarmeanlæg til varmt brugsvand eventuelt med varmeafgiver for rumvarme. Solvarmeanlæg og varmepumpe kan installeres uafhængigt af hinanden**



Alternativ 2

Figur 17 Alternativ 2, Luft/væske varmepumpe som leverer varme til et vandlager hvorfra der kan tappes varmt vand og rumvarme

### 4.2 Varmeanlæg til spa hus

De fleste af husene med spa, men uden pool, har spa af typen der tømmes fra gang til gang Dvs. det største energiforbrug til spaen sker når denne fyldes med vand. Det vurderes at være vanskeligt at supplere varme via spaens pumpekredsløb, hvorfor energibesparelsen må ske ved at spaen fyldes med varmt vand fra en VVB.

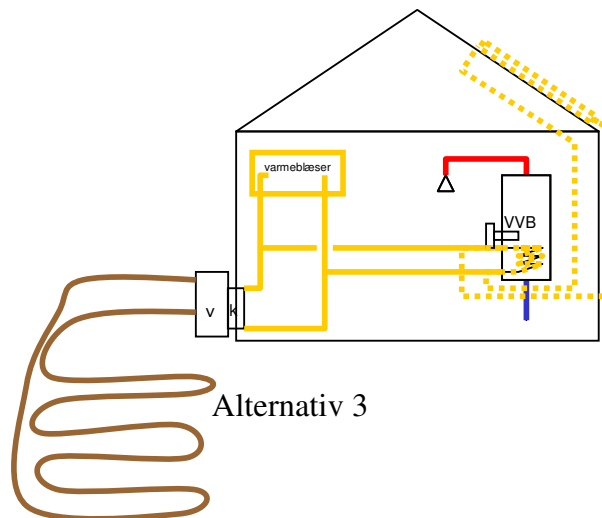
Spa husene har endvidere et større rumvarmebehov, idet de er udlejet i en større del af året.

Der vurderes samme typer anlæg som til standard og saunahuse, men med eventuel større VVB.

Endvidere vurderes anlæg med jordvarme

Tabel 5 Anlæg til spahuse

		varmeforbrug	varmekilde	enhed	varmeafgiver	Lager	Varmepumpe	
spahuse	alternativ 1	rumvarme	udeluft	luft-luft VP	varmeblæser	-	Panasonic E9	
		varmt vand	el	el-vandvarmer	el-patron	VVB		
	alternativ 2	rumvarme	udeluft	luft-luft/væske	varmeblæser	-	Fighter 2010	
		varmt vand			veksler (+el-patron?)	VVB		
	alternativ 3	rumvarme	jordslanger	væske-væske	kalorifere/radiator	-	Fighter 1110	
		varmt vand			veksler (+el-patron?)	VVB		
	supplement til ovenstående	varmt vand		solfanger	solvarmeanlæg	veksler (+el-patron?)	VVB	
	Ekstra mulighed	rumvarme				kalorifere/radiator	-	



**Figur 18 Alternativ 3 Varmepumpe med jordslanger der kan levere varme til en solvarmetank, hvorfra der tappes rumvarme og varmt vand**

### 4.3 Varmeanlæg til poolhuse.

Poolhusene har et markant større energibehov end de øvrige huse.

I første omgang blev der skitseret alternativer 4 og 5, som vist i appendiks 12.

Ved en efterfølgende vurdering af alternativ 4 og 5 blev disse imidlertid opgivet, idet det viste sig at det i langt de fleste sommerhuse ville blive meget vanskeligt at placere et større varmelager. I stedet blev de efterfølgende anlæg skitseret.

Type 1:

- Opvarmning af luft i poolrum og bolig foretages med traditionel luft/luft VP med flere indeelementer
- Opvarmning af vand foretages med luft/vand eller vand/vand VP

Type 2:

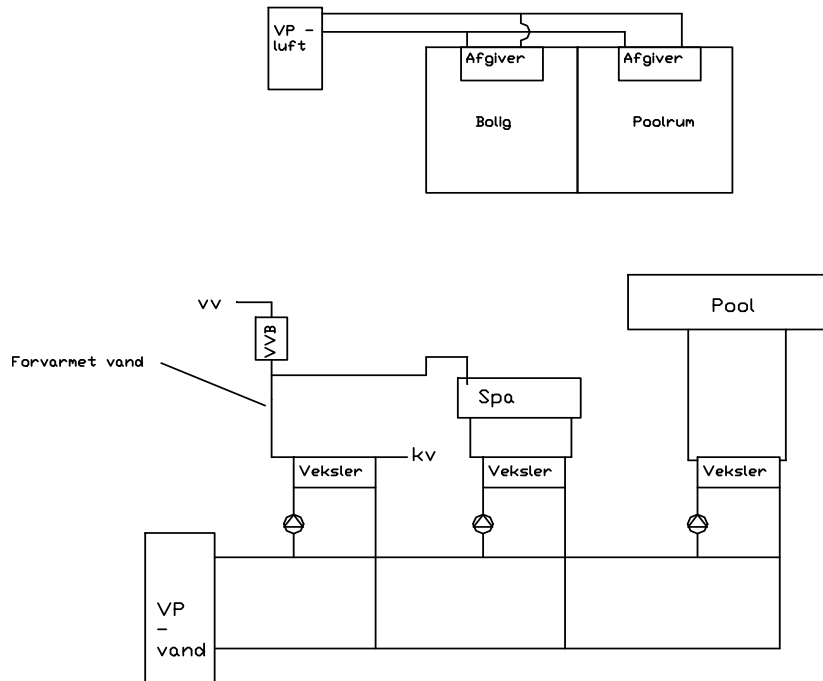
- Al opvarmning foretages med en' central VP (luft/vand eller vand/vand). Varmeafgivere til luft enten radiatorer eller varmeventilatorer.

Type 3 (fremtidsløsning – kan pt. ikke realiseres):

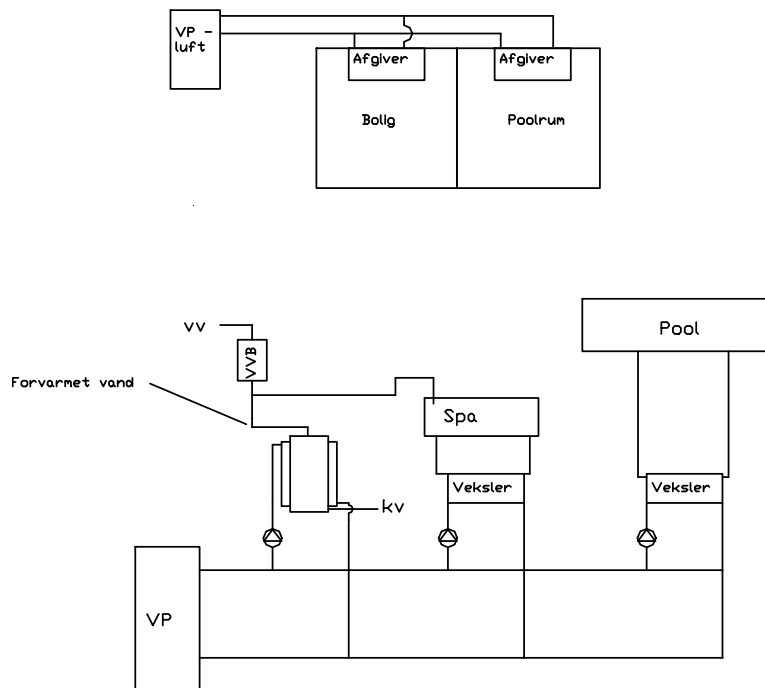
- Al opvarmning foretages med en' central VP. Kølemiddel føres til luft-varmeafgivere samt til vekslere.

Systemskitserne nedenfor viser de to typer. Der gøres i udtalt grad brug af pladevekslere. Dog medtages også en løsning med en forvarmebeholder, således der kan opnås lagring i varmt brugsvand.

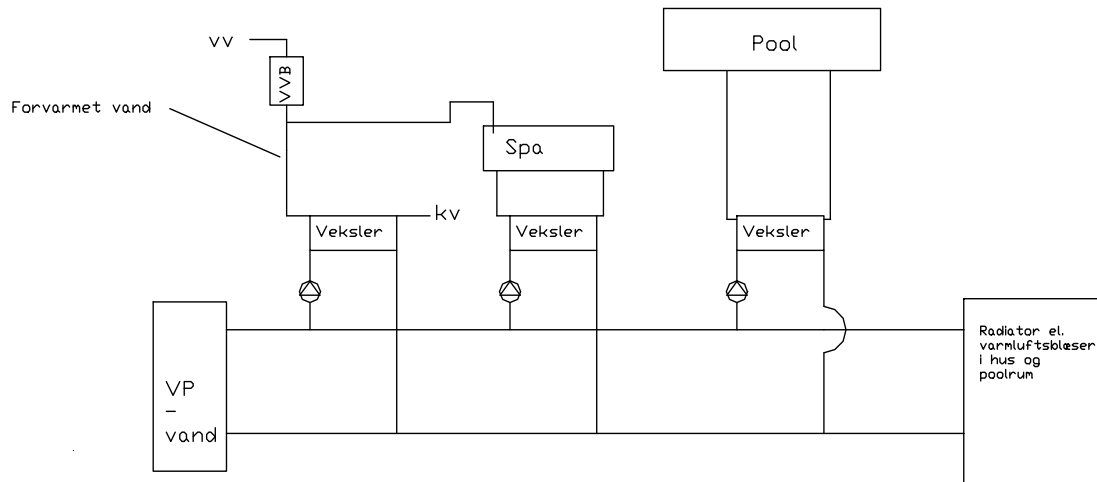
Systemerne er opbygget så de kan realiseres med eksisterende komponenter.



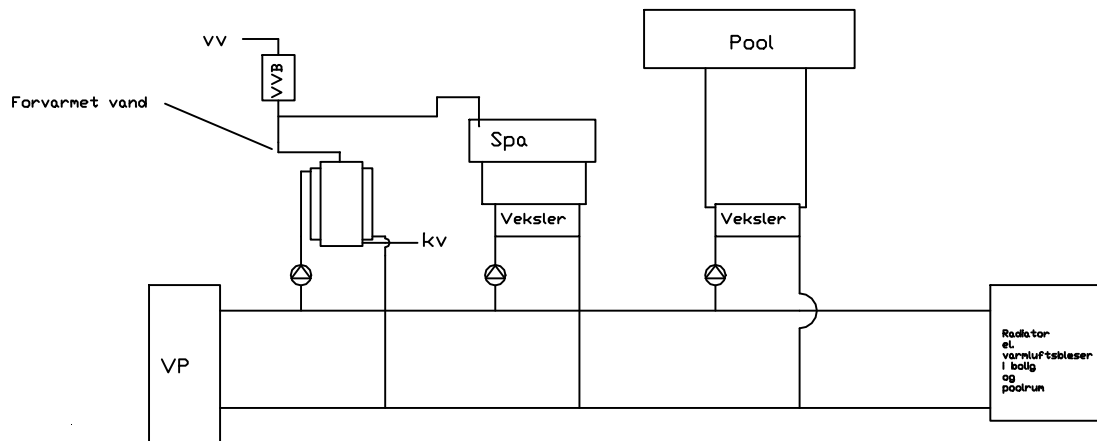
Figur 19 Type 1 : Ren vekslerløsning



Figur 20 Type 1: Veksler og beholderløsning (forvarmning af brugsvand)



Figur 21 Type 2: Ren vekslerløsning



Figur 22 Type 2: Veksler og beholderløsning (forvarmning af brugsvand)

#### 4.4 Simuleringsmodeller for varmepumpe/solvarme-anlæg

Det er en del af projektet at vurdere ydelserne for forskellige systemkombinationer. For solvarme spiller lagringsproblematikken ind og det er derfor sædvanen at der foretages dynamiske simuleringer hen over et år.

Det har været vurderet hvilke beregningsmodeller der kunne benyttes til beregning af de foreslåede anlægsopbygninger.

Da der både er lagringsproblematik i forhold til solvarme, og da varmepumpen i nogle af opbygningerne skal aflevere varme til forskellige temperaturer og behov (varmt vand, spa, pool, rumvarme m.m.) er det vurderet at det vil være bedst at benytte en dynamisk simuleringsmodel der kan simulere samtlige komponenter samtidigt

Det er valgt at benytte simuleringsmodellen EMGP3 som er en modulopbygget model hvor anlægget kan opbygges efter behov. EMGP3 modellen simulerer anlægget time for time ud fra behovenes om er simuleret med modellen for huset samt vejrdata på timebasis.

Som vejrdata er benyttet det danske Design Reference Year.

I appendiks 9 er vist hvorledes modelopbygningen er foretaget i EMGP3. Endvidere er vist hvorledes TSBI3 og EMGP3 er afstemt efter hinanden.

I appendiks 10 er der vist datablade fra de benyttede varmepumper i simuleringerne.

##### 4.4.1 Beregning af varmepumpeydelse og effektfaktor

Det har været vanskeligt at finde beregningsprogrammer der kan beregne ydelse og effektfaktorer for varmepumper under de forskellige temperaturforhold som varmepumpen arbejder under. Ofte findes der kun måleværdier der angiver måleværdier for to sæt temperaturer.

Det er dog vurderet at beregninger med modellen EMGP3 [6] giver resultater der i rimelig grad tilnærmer målte værdier i det omfang de er tilgængelige. De udførte vurderinger er angivet i appendiks 11

#### 4.5 Beregningsresultater for varmepumpe/solvarme-anlæg

##### 4.5.1 Standardhuse (samt sauna og spahuse)

Beregningsresultater for systemerne med og uden solvarmeanlæg ses af tabel 6

Der er for solfangeranlægget benyttet et solfangerareal på 6 m<sup>2</sup>.

**Tabel 6 Ydelser af anlæg til standardhuse**

		Opvarm ningsbe hov hus	Varmt vands behov	Varme behov spa	Varme behov pool	Varme fra VP	Elforbrug VP	COP	Suppler ende el- opvarm ning	Sol til rumvar me	Sol til VV	Supplere nde el- VV	Samlet el- forbrug	El- bespar else	El- bespar else
		kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år		kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	%
Luft til luft (alternativ 1)	excl solvarme	2.999	1.572	0	0	2.454	562	4,4	39	0	0	2.155	2.755	1.815	40%
	med solvarme	2.999	1.572	0	0	2.016	470	4,3	34	62	2.176	701	1.205	3.365	74%
Luft til væske (alternativ 2)	excl solvarme	2.999	1.572	0	0	4.220	1.444	2,9	30	0	0	439	1.913	2.658	58%
	med solvarme	2.999	1.572	0	0	2.496	885	2,8	25	52	2.149	298	1.208	3.363	74%
Jord til væske (alternativ 3)	excl solvarme	2.999	1.572	0	0	4.202	1.002	4,2	30	0	0	456	1.488	3.083	67%
	med solvarme	2.999	1.572	0	0	2.475	595	4,2	26	53	2.151	312	933	3.637	80%

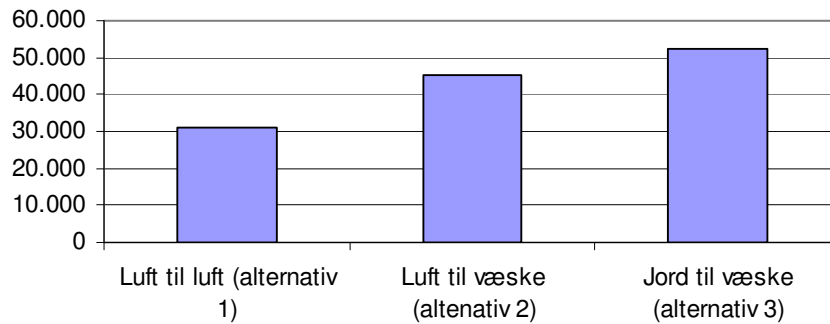
Der er ikke medtaget el til cirkulationspumper i beregningerne.

Det ses af tabellen at de beregnede løsninger medfører % vis store el-besparelser.

Det bemærkes at el-besparelserne er af samme størrelsesorden for et luft-luft anlæg kombineret med et solvarmeanlæg som for et jordvarmeanlæg uden solvarme.

På figur 23 er vist værdien af 10 års elbesparelser for de 3 varmepumpealternativer uden solvarmeanlæg.

**Værdi af 10 års elbesparelser for de 3 typer varmepumpealternativer**

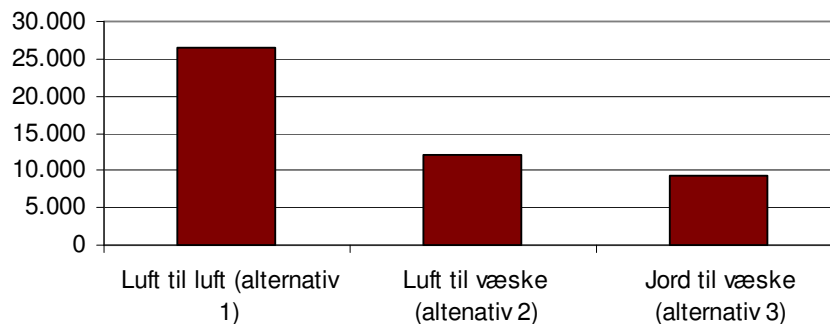


**Figur 23 Værdi af 10 års elbesparelser ved de 3 typer varmepumpealternativer**

Der er bedst mulighed for at levere et luft-luft varmepumpealternativ med tilbagebetalingstider under 10 år.

På figur 24 er vist værdien af 10 års elbesparelser for et solvarmeanlæg på 6 m<sup>2</sup> i kombination med de 3 varmepumpealternativer.

**Værdi af 10 års elbesparelser for 6 kvm solvarmeanlæg ved de 3 typer varmepumpealternativer**



**Figur 24 Værdi af 10 års elbesparelse ved solvarmeanlæg på 6 m<sup>2</sup> i kombination med varmepumpealternativer.**

Det vurderes ud fra figuren at der kun vil være økonomi i et solvarmeanlæg i kombination med luft-luft varmepumpen, hvilket ikke er overraskende, idet det kun i dette tilfælde er direkte el der erstattes, medens det i de andre tilfælde er varme fra varmepumpen.



## 4.5.2 Poolhuse

For poolhuset er der foretaget beregninger af anlægstyperne 1 og 2.

Ved beregningerne er der endvidere medtaget et solvarmeanlæg som leverer varme til det varme brugsvand og til poolen.

Endvidere er der foretaget beregning af et anlæg uden VP, men med solvarme.

Beregningsresultaterne fremgår af de følgende tabeller

### 4.5.2.1 Direkte el og solvarme

Tabellen viser beregninger af et anlæg uden varmepumpe, men med et solvarmeanlæg der leverer varme til varmtvandsbeholderen og til poolen

**Tablet 7 Direkte el og solvarme**

Rum, pool, spa, VV: direkte el					
Behov:					
Varmebehov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vand-skifte pool kWh	Vand-skifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh
15,460	2,810	390	910	4,790	24,360
Levering:					
Solfanger m <sup>2</sup>	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV, spa, pool kWh	Leveret i alt kWh
0	0	0	13,610	10,780	24,390
5	1,320	1,820	13,080	8,170	24,390
10	2,330	2,900	12,430	6,730	24,390
15	3,300	3,150	12,090	5,850	24,390
25	3,930	4,220	11,340	4,900	24,390
El-besparelse -solvarmeydelse					
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	VV, spa, pool kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>
0	13,610	10,780	24,390	<b>0</b>	0
5	13,080	8,170	21,250	<b>3,120</b>	628
10	12,430	6,730	19,160	<b>5,210</b>	523
15	12,090	5,850	17,940	<b>6,430</b>	430
25	11,340	4,900	16,240	<b>8,130</b>	326

**4.5.2.2 Luft til luft varmepumpe der leverer varme til rumvarmen samt solvarme til varmtvand og pool og direkte el supplement til øvrige**

**Tabel 8**

Pool, spa, VV: direkte el, Rumvarme: Panasonic-CU-CS-E9CKP							
Behov:							
Varmebehov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vandskifte pool kWh	Vandskifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh		
15,460	2,810	390	910	4,790	24,370		
Levering:							
Solfanger m <sup>2</sup>	VP til rum kWh	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV, spa, pool kWh	Leveret i alt kWh	
0	9,560	0	0	4,040	10,790	24,390	
5	9,380	1,330	1,810	3,690	8,180	24,390	
10	8,910	2,330	2,890	3,510	6,750	24,390	
15	8,690	3,310	3,130	3,420	5,840	24,390	
25	8,170	3,920	4,240	3,160	4,900	24,390	
El-besparelse -solvarmeydelse							
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV, spa, pool kWh	El til VP rum kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	COP VP rum -	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>
0	4,040	10,790	2,580	17,410	<b>6,960</b>	3.7	0
5	3,690	8,180	2,560	14,430	<b>9,940</b>	3.7	628
10	3,510	6,750	2,460	12,720	<b>11,650</b>	3.6	522
15	3,420	5,840	2,410	11,670	<b>12,700</b>	3.6	429
25	3,160	4,900	2,290	10,350	<b>14,020</b>	3.6	326

#### 4.5.2.3 Luft til luft varmepumpe til rumvarme, luft til vand varmepumpe til spa, pool og VV, samt solvarme (direkte el til resterende)

Nedenstående tabel viser beregninger hvor rumvarme opvarmningen forgår med en separat luft til luft varmepumpe type Panasonic CU-CS-E9C kp, og hvor opvarmningen af varmt vand samt spa og pool sker med en luft til vand varmepumpe type Fighter 2010-6.

**Tabel 9**

Pool, spa, VV: Luft til vand varmepumpe Figther 2010-6 Rumvarme: Panasonic-CU-CS-E9CKP									
Behov:									
Varmebehov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vand-skifte pool kWh	Vand-skifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh				
15,460	2,810	390	910	4,790	24,370				
Levering:									
Solfanger m <sup>2</sup>	VP til rum kWh	VP til pool kWh	VP til spa kWh	VP til VV kWh	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	Leveret i alt kWh
0	9,560	3,770	2,090	4,520	0	0	4,040	410	24,390
5	9,380	2,330	2,070	3,390	1,330	1,810	3,690	390	24,390
10	8,910	1,750	2,050	2,630	2,330	2,890	3,510	320	24,390
15	8,690	1,580	2,030	2,000	3,310	3,130	3,420	230	24,390
25	8,170	1,040	2,010	1,670	3,920	4,240	3,160	180	24,390
El-besparelse -solvarmeydelse									
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	El til VP pool kWh	El til VP rum kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	COP VP pool	COP VP rum	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>
0	4,040	410	3,440	2,580	10,470	<b>13,900</b>	3.0	3.7	
5	3,690	390	2,600	2,560	9,240	<b>15,130</b>	3.0	3.7	628
10	3,510	320	2,160	2,460	8,440	<b>15,930</b>	3.0	3.6	522
15	3,420	230	1,890	2,410	7,940	<b>16,430</b>	3.0	3.6	429
25	3,160	180	1,600	2,290	7,230	<b>17,140</b>	3.0	3.6	326

**4.5.2.4 Luft til luft varmepumpe til rumvarme, jord til vand varmepumpe til spa, pool og VV, samt solvarme (direkte el til resterende)**

Nedenstående tabel viser beregninger hvor rumvarme opvarmningen forgår med en separat luft til luft varmepumpe type Panasonic CU-CS-E9C kp, og hvor opvarmningen af varmt vand samt spa og pool sker med en jord til vand varmepumpe type Fighter 1110-4.

**Tabel 10**

Pool, spa, VV: Jord til vand varmepumpe Figther 1110-4 Rumvarme: Panasonic-CU-CS-E9CKP									
Behov:									
Varmebehov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vand-skifte pool kWh	Vand-skifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh				
15,460	2,810	390	910	4,790	24,360				
Levering:									
Solfanger m <sup>2</sup>	VP til rum kWh	VP til pool kWh	VP til spa kWh	VP til VV kWh	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	Leveret i alt kWh
0	9,080	3,770	2,080	4,510	0	0	4,530	420	24,390
5	8,980	2,330	2,060	3,380	1,320	1,820	4,100	400	24,390
10	8,610	1,750	2,040	2,620	2,330	2,900	3,820	320	24,390
15	8,380	1,590	2,020	2,000	3,300	3,150	3,710	240	24,390
25	7,950	1,050	1,990	1,670	3,930	4,220	3,390	190	24,390
El-besparelse -solvarmeydelse									
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	El til VP pool kWh	El til VP rum kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	COP VP pool -	COP VP rum -	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>
0	4,530	420	2,440	2,440	9,830	<b>14,530</b>	4.2	3.7	
5	4,100	400	1,840	2,440	8,790	<b>15,570</b>	4.2	3.7	628
10	3,820	320	1,520	2,360	8,030	<b>16,330</b>	4.2	3.6	523
15	3,710	240	1,330	2,320	7,600	<b>16,760</b>	4.2	3.6	430
25	3,390	190	1,120	2,220	6,920	<b>17,440</b>	4.2	3.6	326

#### 4.5.2.5 Luft til vand varmepumpe til rumvarme, spa, pool og VV, samt solvarme (direkte el til resterende)

Nedenstående tabel viser beregninger af et anlæg med luft til vand varmepumpe som leverer rumvarme, varme til spa, pool og varmt vand suppleret med et solvarmeanlæg..

Der er benyttet en varmepumpe Fighter 2010-6 som har en maksimal ydelse på ca. 4-8 kW afhængigt af temperaturforholdene

**Tabel 11**

Luft til vand varmepumpe Figther 2010-6									
Behov:									
Varme-behov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vand-skifte pool kWh	Vand-skifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh				
15,460	2,810	390	910	4,790	24,370				
Levering:									
Solfanger m <sup>2</sup>	VP til rum kWh	VP til pool kWh	VP til spa kWh	VP til VV kWh	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	Leveret i alt kWh
0	11,770	3,690	2,050	4,500	0	0	1,970	420	24,400
5	11,450	2,280	2,050	3,380	1,320	1,840	1,680	400	24,400
10	10,940	1,720	2,030	2,620	2,330	2,900	1,540	320	24,400
15	10,700	1,540	2,010	2,000	3,280	3,160	1,470	240	24,400
25	10,190	1,010	1,980	1,660	3,930	4,220	1,220	190	24,400
El-besparelse -solvarmeydelse									
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	El til VP kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	COP VP -	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>		
0	1,970	420	7,120	9,500	<b>14,870</b>	3.1			
5	1,680	400	6,200	8,280	<b>16,090</b>	3.1	632		
10	1,540	320	5,600	7,470	<b>16,900</b>	3.1	523		
15	1,470	240	5,250	6,960	<b>17,410</b>	3.1	429		
25	1,220	190	4,800	6,210	<b>18,160</b>	3.1	326		

#### 4.5.2.6 Jord til vand varmepumpe til rumvarme, spa, pool og VV, samt solvarme (direkte el til resterende)

Nedenstående tabel viser beregninger af samme anlæg blot med en jord til vand varmepumpe i stedet for en luft til vand varmepumpe.

Der er benyttet en Fighter 1110-4 varmepumpe som har en maksimal ydelse på 4- 5 kW afhængigt af temperaturforholdene.

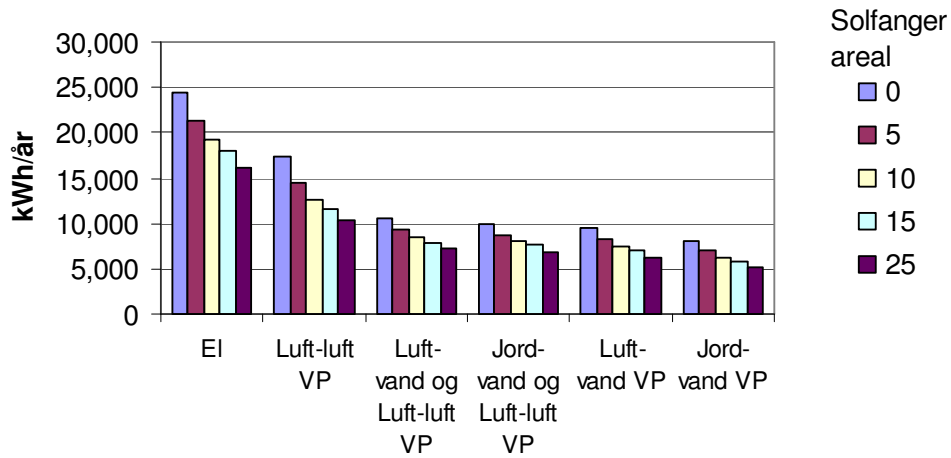
**Tabel 12**

Jord til vand varmepumpe Figther 1110-4									
Behov:									
Varme-behov hus kWh	Varmetab pool kWh	Vand-skifte pool kWh	Vand-skifte spa kWh	Varmt vands behov kWh	Behov i alt kWh				
15,460	2,810	390	910	4,790	24,360				
Levering:									
Solfanger m <sup>2</sup>	VP til rum kWh	VP til pool kWh	VP til spa kWh	VP til VV kWh	Solvarme til VV kWh	Solvarme til pool kWh	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	Leveret i alt kWh
0	10,890	3,700	2,050	4,490	0	0	2,830	430	24,390
5	10,720	2,290	2,040	3,370	1,330	1,820	2,410	410	24,390
10	10,320	1,740	2,020	2,600	2,340	2,890	2,160	320	24,390
15	10,100	1,580	2,010	1,980	3,330	3,080	2,070	240	24,390
25	9,670	1,040	1,980	1,660	3,940	4,180	1,730	190	24,390
El-besparelse -solvarmeydelse									
Solfanger m <sup>2</sup>	Suppl. el hus kWh	Suppl. el VV kWh	El til VP kWh	El i alt kWh	Sparet el kWh	COP VP -	Ydelse solvarme kWh/m <sup>2</sup>		
0	2,830	430	4,800	8,060	<b>16,300</b>	4.4			
5	2,410	410	4,170	7,000	<b>17,360</b>	4.4	630		
10	2,160	320	3,770	6,260	<b>18,100</b>	4.4	523		
15	2,070	240	3,530	5,840	<b>18,520</b>	4.4	427		
25	1,730	190	3,230	5,150	<b>19,210</b>	4.4	325		

#### 4.5.2.7 Sammenligning af resultater

De resulterende el-forbrug fra tabel 7 til tabel 12 er vist på figur 25. I figuren er kun medtaget den del af elforbruget der drejer sig om varme og derfor potentielt kan leveres af et varmesystem (24.370 kWh/år).

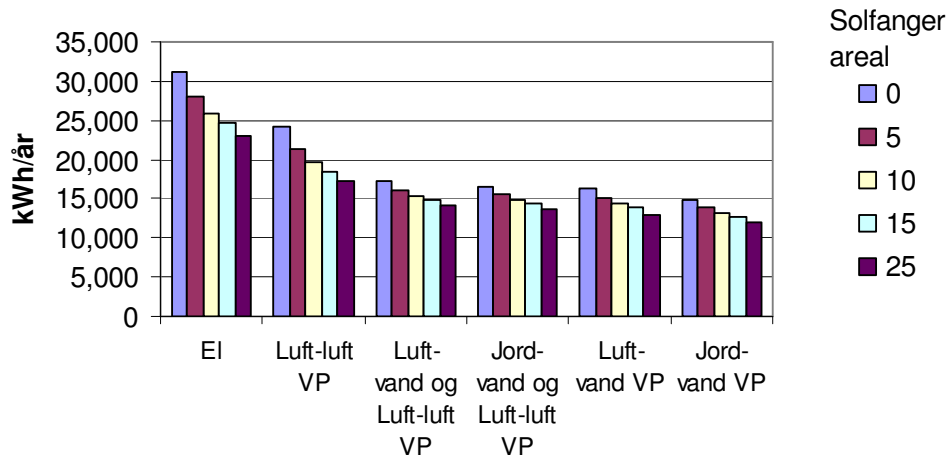
### Elforbrug i poolhus (varme)



Figur 25 Elforbrug i poolhus (varme)

I figur 26 er også medtaget det elforbrug, som antages ikke at kunne leveres af et varmesystem (el til affugter, el til gulvvarme i badeværelse, øvrige elforbrug) i alt 6720 kWh/år.

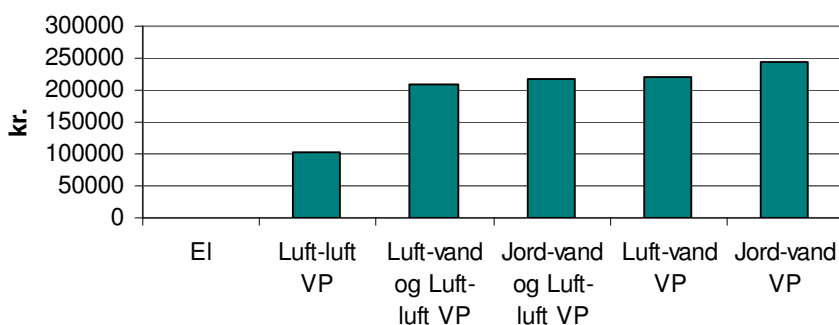
### Elforbrug i poolhus (totalforbrug)



Figur 26 Elforbrug i poolhus (totalforbrug)

På figur 27 er vist værdien af 10 års el-besparelser for de forskellige varmepumpeløsninger uden solvarmeanlæg når der benyttes en el-pris på 1,49 kr./kWh.

### Værdien af 10 års elbesparelser for anlæg uden solvarme

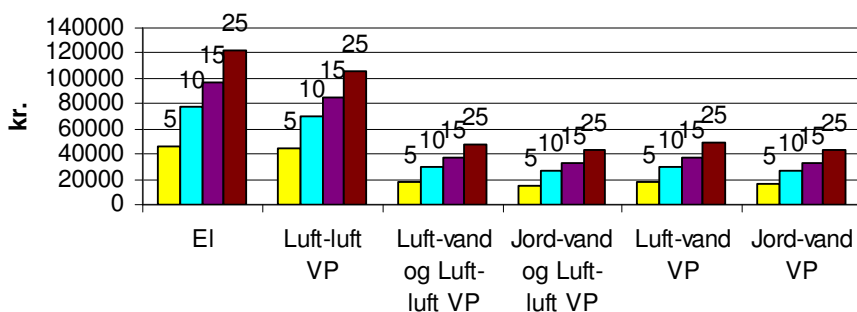


**Figur 27 Værdien af 10 års elbesparelser af VP anlæg uden solvarme**

Det vurderes af ovenstående figur at der er særdeles gode muligheder for at sammensætte varmepumpeanlæg af de viste typer og kombinationer som er billigere end de viste beløb og som således har tilbagebetalingstider under 10 år.

På nedenstående figur er vist værdien af 10 års el-besparelser af solvarmeanlæg på 5, 15, 15 og 25 m<sup>2</sup> der leverer varme til varmt brugsvand og til poolen i kombination med de beregnede varmepumpeanlæg.

### Værdien af 10 års besparelser for solvarmeanlæg på 5 - 25 kvm



**Figur 28 Værdien af 10 års elbesparelser ved solvarmeanlæg på 5, 10, 15 og 25 m<sup>2</sup>.**

Det ses af figuren at værdien af el-besparelserne er størst ved solvarmeanlæg i forbindelse med direkte el-opvarmning eller i kombination med varmepumpen til rumopvarmning. Dette er naturligvis ikke overraskende idet det i begge tilfælde er direkte el der erstattes af solvarmen, medens det i de andre kombinationer er varme fra varmepumperne der erstattes.

For solvarme i forbindelse med direkte el og i forbindelse med en luft-luftvarmepumpe til rumvarme vurderes der at være gode muligheder for at udføre anlæg til anlægspriser der giver tilbagebetalingstider under 10 år. Dette gælder især for anlæggene i den nedre ende med hensyn til solfangerareal, men også for de store arealer vurderes der at være gode



muligheder således at der kan opføres solvarmeanlæg med et betragteligt areal og dermed betragtelige besparelser.

#### 4.6 Konklusioner ud fra analyser af opvarmningsløsninger

For anlæg til standardhuse (samt spa og saunahuse) vurderes det ud fra de gjorte forudsætninger at være nemmest at få god anlægsøkonomi i en luft-vand varmepumpe der leverer til rumvarmen og brugsvandet eller alternativt enten i en luft-luft varmepumpe til rumvarmen eller et solvarmeanlæg til brugsvandet eller begge i kombination.

Hvilken løsning der er mest fordelagtig må afhænge af en nærmere vurdering af sommerhusets forbrug og af anlægspriserne

For anlæg til poolhuse er der på længere sigt størst mulighed for god økonomi for en varmepumpe der kan levere varme til alle varmekorbruger. Imidlertid kan denne løsning ikke umiddelbart lade sig praktisere med nuværende komponenter. Der kan opnås samme besparelser med en kombination af 2 varmepumper hvor den ene er en luft-luft varmepumpe der leverer rumvarme, medens den anden er en luft-vand varmepumpe der leverer til de øvrige forbrug (VV, spa, pool). Imidlertid vurderes løsningen med en varmepumpe på længere sigt hvis den udvikles at kunne udføres billigere end de 2 varmepumper.

Løsningen med de 2 varmepumper vurderes at kunne udføres med god anlægsøkonomi

Et solvarmeanlæg vil have god økonomi i kombination med luft-luft varmepumpen, hvor der med et væsentligt solfangerareal (større end 15 m<sup>2</sup>) kan opnås besparelser af samme størrelse som kombinationen med de 2 varmepumper. Imidlertid vurderes der ikke at være god økonomi i at kombinere solvarmeanlægget med løsninger hvor varmepumpen leverer varme til VV, spa og pool.

## 5 Prototype anlæg og markedsføring af anlæg

Det har i projektforløbet vist sig at det ud fra eksisterende komponenter vil være muligt at sammensætte anlæg der kan levere en stor del af varmekonsumet i et sommerhus. Der er derfor i projektet valgt at fokusere på at afprøve markedet med løsninger der udnytter eksisterende komponenter før det forsøges at gå i samarbejde med fabrikanter om videre produktudvikling.

På baggrund af analyserne i det foregående kapitel er det valgt at demonstrere løsningen med 2 varmepumper uden solvarmeanlæg og der er derfor sammensat 2 prototype anlæg som er installeret i 2 sommerhuse på Djurs i januar/februar 2006.

Såfremt markedet viser sig holdbart vil den videre produktudvikling især bestå i at udfærdige styringer der i højere grad kan håndtere det komplette anlæg.

Da anlæg til poolhusene er de mest komplicerede er det valgt at etablere prototype anlæggene i forhold til disse.

For de andre hustyper har det vist sig at der i endnu højere grad kan tages udgangspunkt i eksisterende komponenter.

De to prototype anlæg er udformet med 2 forskellige anlægsudformninger der henvender sig til et poolhus med plads i teknikrummet til en lagerbeholder og til et poolhus hvor der ikke er plads i teknikrummet. Løsningerne er udviklet i samarbejde med Vølund/Nibe.

Ved begge løsninger er der benyttet separat varmepumpe til rumopvarmningen, idet det ikke var muligt indenfor projektet at udvikle en varmepumpeløsning der kunne klare alle huses varmebehov.

### 5.1 Løsning uden beholder (Øer, Ebeltoft)

Huset er bygget i 90'erne og er på ca 150 m<sup>2</sup>. En plantegning med VP-løsningen indtegnet er vist på figur 49 i appendiks 13.



Figur 29 Sommerhus Øer, Ebeltoft

Anlægsopbygningen er som vist på figur 19, men i praksis er koblingen af pooldelen som vist på figur 50 appendiks 13.

Rumopvarmningen er etableret med en Panasonic CU3E23 varmepumpe (nominel effekt på 9,1 kW), med 3 tilhørende indedele der deler effekten ligeligt imellem sig. Den ene indedel dækker opvarmningen af poolrummet. De 2 andre sidder i alrummet. Den ene blæser sin luftstrøm over mod opholdsstue-køkken og den anden blæser luftstrømmen over mod værelserne. Rør og kabler er delvis skjult på loft og langs gulv på hems. De få steder hvor rør er synlige er de lagt i hvide plastkanaler.

Pool-badesektionen er etableret med en Vølund Fighter 2010 (4, hhv 8 kW), der leverer sin energi til et system der består af en pladeveksler (CB14-20H). Denne veksler får hele effekten fra varmepumpen stillet til rådighed når der tappes varmt vand (flowswitchen aktiverer zoneventilen).

Når der ikke tappes varmt vand veksler effekten mellem spa ( B27-70H) og pool (CB27-100H). Zoneventilen der veksler mellem spa og pool styres af spatemperaturen, der således har 1ste prioritet.

Hvis varmepumpen falder fra p.g.a fejl, eller for lave udetemperaturer (< -10 grader), kobler systemet tilbage til elopvarmning, som var den tidligere opvarmningsmetode.

## 5.2 Løsning med beholder (Knebel)

Huset er bygget i 90erne og er på ca. 175 m<sup>2</sup>. En plantegning er vist på figur 54 i appendiks 13.



**Figur 30 Sommerhus Knebel**

Anlægsopbygningen er som vist på figur 20, men i praksis er koblingen af pooldelen som vist på figur 55 i appendiks 13.

Rumopvarmningen er etableret med en Panasonic CU3E23 varmepumpe (nominel effekt på 9,1 kW), med 3 tilhørende indedele der deler effekten ligeligt/vilkårligt imellem sig (Hver indedel kan afgive maks. 5 kW). Den ene indedel dækker opvarmningen af poolrummet. De 2 andre sidder i alrummet. Den ene blæser sin luftstrøm over mod køkken og værelser

v/bad. Den anden blæser luftstrømmen mod værelser v/køkken og mod pejsestue. Rør og kabler er skjult v.h.a kabelkanaler i hvid plast.

Pool-badesektionen er etableret med en Vølund Fighter 2010 (4, hhv 8 kW), der leverer sin energi til en varmtvandsbeholder VVM 240 med integreret styring. Denne varmtvandsbeholder (45 grader) sender det varme vand ind på den kolde side af den eksisterende elvandvarmer som hæver temperaturen til 50 grader. Fra VVM 240 styres opvarmning af brugsvand, samt opvarmning af pool. Systemet er et velkendt brugsvandsprioriteret varmepumpesystem, der ser poolen som et centralvarmeanlæg. Radiatoren i systemet er en pladeveksler (CB27-100H) der på sin sekundærside bærer poolvandet.

Hvis varmepumpen falder fra p.g.a fejl, eller for lave udetemperaturer (< -10 grader), kobler systemet tilbage til elopvarmning, som var den tidligere opvarmningsmetode.

En detaljeret prissætning af de to prototypeanlæg er angivet i appendiks 14

For at opnå hurtigt tilsagn fra anlægsejerne og som kompensation for eventuelle ulemper som følge af at der er tale om prototypeanlæg er der for hver t anlæg ydet et anlægstilskud på 30.000 kr.

Efter etablering af anlæggene er energiforbrug og funktion kontrolleret for en kort periode. Anlæggene følges af NRGi efter projektperiodens ophør.

### 5.2.1 Afregning af energi

Som det ses i det efterfølgende økonomieksempel er det afgørende for ejerens økonomi om han kan afregne lejereren for den energi der leveres af varmepumpen og/eller solvarmeanlægget

Der er derfor udarbejdet en løsning, hvor NRGi sætter en el-måler op på varmepumpen, og hvor den brugte energi multipliceres med en faktor, der ligger lidt under varmepumpens årsvirkningsgrad. Lejereren betaler så for næsten samme energimængde som før varmepumpen til samme pris som el-en eller til en lidt billigere pris.

Afregningen er beskrevet nærmere i appendiks 15.

## 5.3 Markedsføring af anlæg

Med baggrund i prototypeanlæggene har Energi Danmark NRGi valgt at markedsføre 2 forskellige produktløsninger til at nedbringe el-forbruget i luksussommerhuse med indendørs pool.

Nedenstående tekst er taget fra NRGis markedsføringsmateriale.

Valget afhænger af om der i sommerhuset er et teknikrum med plads til en større varmtvandsbeholder.

### 5.3.1 Løsning 1: God plads i teknikrum

Er der god plads i teknikrummet kan der med fordel placeres en varmtvandsbeholder. Beholderen gør det nemmere og dermed billigere at opvarme vandet i sommerhuset.

- Luft til vand varmepumpe Fighter 2010 (4/8 kW)
- VVM240 varmtvandsbeholder med elektronisk styring og tilbehørsæt.
- VVS-montage inkl. diverse rør
- El-montage inkl. div. Materialer
- Målermontage inkl. el og varmemåler

Den samlede normalpris for ovenstående inklusiv montage er på ca. 94.000 kr. Det første år tilbydes en kampagnepris på kun ca. 84.000 kr. Dvs. en rabat på 10.000 kr. Alle priser er inkl. moms.

Til rumopvarmning suppleres med en luft til luft varmepumpe. Luft til luft varmepumpen opvarmer rummene i huset, inklusive poolrum. Normalprisen for et sådant anlæg med 3 indedele er ca. 56.000 kr. I kampagneperioden tilbydes dette for 46.000 kr.

Pris for samlet løsning	Normal pris	Kampagnepris
VP til pool m.m.	94.000 kr.	84.000 kr.
VP til rumvarme	56.000 kr.	46.000 kr.
<b>I alt</b>	<b>150.000 kr.</b>	<b>132.000 kr.</b>

**Ovenstående priser er vejledende idet der vil være forskelle fra installation til installation.**

### 5.3.2 Løsning 2: Ingen plads i teknikrum

Er der ikke meget plads i teknikrummet kan løsningen med en varmtvandsbeholder ikke bruges. Brugs vandet (bruser, badekar, mm) kan dog forvarmes til 16-20° C. Resten af brugsvandsopvarmningen klares af el-vandvarmeren. Spavandet og poolvandet klares af:

- Luft til vand varmepumpe Fighter 2010 (4/8 kW)
- Veksler til pool
- Veksler til SPA
- Veksler til v/v
- 2. stk. 3-vej zoneventil
- Pumpe
- Overstrømsventil
- Flowswitch
- Snavssamlere/kuglehaner
- Div. rør og fittings
- VVS-montage
- El-montage

Den samlede normalpris for ovenstående inklusive montage er på ca. 83.000 kr. Der tilbydes en kampagnepris på kun ca. 73.000 kr. Dvs. en rabat på 10.000 kr. Alle priser er inkl. moms.

Til rumopvarmning suppleres med en luft til luft varmepumpe. Luft til luft varmepumpen opvarmer rummene i huset, inklusive poolrum. Normalprisen for et sådant anlæg med 3 indedele er ca. 56.000 kr. I kampagneperioden tilbydes dette for 46.000 kr.

Pris for samlet løsning	Normal pris	Kampagnepris
VP til pool m.m.	83.000 kr.	73.000 kr.
VP til rumvarme	56.000 kr.	46.000 kr.
<b>I alt</b>	<b>139.000 kr.</b>	<b>113.000 kr.</b>

### 5.3.3 Priskeksempel

Der er taget udgangspunkt i et poolhus med et elforbrug på 30.150 kWh/år.

	Uden varmepumpe	Med varmepumpe
Elforbrug lejer	25.725	14.577
Elforbrug ejer	4.425	1.612
Elforbrug i alt	30.150	16.189

For ejeren vil det økonomiske regnskab se sådan ud:

Før installation af varmepumpen

Ejerens udgift til el: 30.150 kWh/år x 1,49 kr./kWh =44.900 kr./år

Ejerens indtægt ved salg af el: 25.725 kWh/år x 1,7 kr./kWh =43.732 kr./år

Efter installation af varmepumpen

Ejerens udgift til el: 16.189 kWh/år x 1,49 kr./kWh =24.120 kr./år

Ejerens indtægt ved salg af el: 14.577 kWh/år x 1,7 kr./kWh =24.780 kr./år

	Uden varmepumpe kr.	Med varmepumpe reduceret indtægt kr.	Med varmepumpe fuld indtægt kr.
Skat			
Indtægt leje	200.000	200.000	200.000
Indtægt salg af el	43.732	24.780	43.732
Fradrag	-7.000	-7.000	-7.000
Fradrag 40 % af resten	-94.693	-87.112	-94.693
Kapitalindkomst	142.039	130.668	142.039
Skat (42 %) af indkomst	-59.656	-54.881	-59.656
Overskud			
Indtægt leje	200.000	200.000	200.000
Indtægt salg af el	43.732	24.780	43.732
Skat (42 %) af indkomst	-59.656	-54.881	-59.656
Køb af el	-44.900	-24.120	-24.120
Overskud total	139.176	145.779	159.956
Overskudforøgelse	0	6.604	20.780
Investering			
Investering (løsning 1 med luft til luft varmepumpen)	0	132.000	132.000
Tilbagebetalingstiden	0	20 år	6,4 år
Investering i kampagneperioden (løsning 1 med luft til luft varmepumpen)	0	91.900	91.900
Tilbagebetalingstiden i kampagneperioden	0	13,9 år	4,4 år

Dvs. at husejeren kan ved at investere i en total varmepumpeløsning inkl. luft til luft varmepumpe til ca. 132.000 kr. forøge sit overskud (efter skat) med 20.780 kr./år, hvis han får samme indtægt for salg af energi og med 6.604 kr./år, hvis han kun afregnes af lederen for det faktiske el-forbrug.

Det er overskudforøgelsen der skal betale investeringen i anlægget, og med en tilbagebetalingstid ned til 4,4 år giver det en langt højere rente end at sætte penge i banken.

#### **5.4 Videre markedsføring:**

Ved projektets afslutning er følgende aftalt:

NRGI udfærdiger dels et A4 tilbudsblad og dels en mere udførlig beskrivelse bl.a. ud fra beskrivelsen af afregningsordningen.

Det udarbejdede indgår i det materiale som dansommer sender ud til sommerhusejerne i april. Sommerhusejerne vil herefter kunne indgå aftale med NRGi om leverance af anlæggene. Sommerhusejerne skal tilmelde sig inden september, hvorefter sommerhuse med energibesparende anlæg vil blive annonceret i kataloget.

Det udfærdigede materiale danner også grundlag for sider i dansommers katalog som udfærdiges i september.

NRGI tilbyder en servicepakke i forbindelse med anlæggene.

Det er endvidere aftalt at forsøge følgende andre tiltag:

- Samarbejde med kreditforeninger om finansiering (NRGI)
- Samarbejde med ejendomsmæglere
- Artikler i dansommer og Novasols blade.
- Websites
- TV

## 6 Sammenfatning og konklusioner

I projektet er der tilvejebragt det nødvendige datagrundlag for at kunne opstille typiske el forbrug for udlejningssommerhuse

Ud fra disse oplysninger er der gennemført analyser af forskellige opvarmningssystemer i kombinationer af varmepumper og solvarmeanlæg.

For anlæg til standardhuse (samt spa og saunahuse) vurderes det ud fra de gjorte forudsætninger, at være nemmest at få god anlægsøkonomi i en luft-vand varmepumpe, der leverer til rumvarmen og brugsvandet, eller alternativt enten i en luft-luft varmepumpe til rumvarmen eller et solvarmeanlæg til brugsvandet eller begge i kombination.

Hvilken løsning der er mest fordelagtig, må afhænge af en nærmere vurdering af det enkelte sommerhus forbrug og af anlægspriserne

For anlæg til poolhuse er der på længere sigt størst mulighed for god økonomi for en varmepumpe, der kan levere varme til alle varmekonsum. Imidlertid kan denne løsning ikke umiddelbart lade sig praktisere med nuværende komponenter. Der kan opnås samme besparelser med en kombination af 2 varmepumper, hvor den ene er en luft-luft varmepumpe der leverer rumvarme, medens den anden er en luft-vand varmepumpe der leverer til de øvrige forbrug (VV, spa, pool). Imidlertid vurderes løsningen med en varmepumpe på længere sigt, hvis den udvikles, at kunne udføres billigere end de 2 varmepumper.

Løsningen med de 2 varmepumper er vurderet at kunne udføres med god anlægsøkonomi, dvs med tilbagebetalingstider for sommerhusejeren, der kan komme under 5 år.

Et solvarmeanlæg vil have god økonomi i kombination med luft-luft varmepumpen, hvor der med et væsentligt solfangerareal (større end 15 m<sup>2</sup>) kan opnås besparelser af samme størrelse som kombinationen med de 2 varmepumper. Imidlertid vurderes der ikke at være god økonomi i at kombinere solvarmeanlægget med løsninger, hvor varmepumpen leverer varme til VV, spa og pool.

De økonomiske analyser viser, at der kan være særdeles god økonomi i de energibesparende anlæg, især hvis der opsættes energimålere på anlægsydelsen, således at lejeren betaler ejeren for energien leveret fra anlægget lige, som der afregnes for el-forbruget.

Der er derefter eftervist at anlæggene kan opføres i praksis ved etablering af 2 prototypeanlæg.

Endelig er der aftalt og udarbejdet markedsføringsplaner for Energi Danmark, NRGi og dansommer, således at anlæggene markedsføres overfor dansommers og Novasols sommerhusejere, og således at det afmærkes i sommerhuskatalogerne, hvilke huse der har energibesparende anlæg.

Det forventes således, at der fremover kan skabes interesse fra sommerhusejerne i at investere i anlæggene.



## Referencer

- [1] Elforbrug i sommerhuse (foreløbig udgave) SBI, Risø, Esbensen, december 2005
- [2] Luft- og væske-solvarmeanlæg med varmepumpe, VP-sol  
Måling og beregning  
Finn Kristiansen, Søren Østergaard Jensen ((DTI)  
Rapport R015, 1998 BYG\*DTU
- [3] Varmepumpe med Energiabsorber som Varmeoptager  
Prøvestationen for Varmepumpeanlæg, December 1992  
H.C. Aagaard
- [4] Varmepumper i kombination med andre VE-teknologier  
Kombineret varmepumpe- og solvarmeanlæg til parcelhuse  
Fase 2-4  
Inge-Lise Clausen, H.C.Aagaard, December 1997, Prøvestationen for  
varmepumpeanlæg. DTI
- [5] Solfångare och varmepump: Marknadsöversikt och preliminära  
simuleringsresultat  
Rainer Terpe och Mats Rönnelid, Solar Energy Research Center (SERC)  
marts 2002
- [6] EMGP3 A Modular Programme with an Interactive Preprocessor  
Simuleringsprogram udviklet primært for modulær simulering af  
solvarmeanlæg EU, Energy Research Group, University College Dublin
- [7] Udlejning af bolig, Told og skat 2004
- [8] Varmepumper til individuel opvarmning – teknologisk udvikling i fuld fart.  
Artikel VVS Magasin 09/2001, Claus S. Poulsen, Teknologisk Institut
- [9] Artikel: Behovsstyring forbedrer varmepumpe 30%, Vagn Tanderup, og Claus  
Schön Poulsen 2003
- [10] [www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo](http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo) Teknologisk Institut
- [11] [www.vp-ordning.dk](http://www.vp-ordning.dk) Varmepumpeordningen

## Appendiks 1, Oversigt over kombinationer med VP og solvarme fra litteraturen

### Luft- og væske-solvarmeanlæg med varmepumpe, VP-sol

Måling og beregning

Finn Kristiansen, Søren Østergaard Jensen ((DTI)

Rapport R015, 1998 BYG\*DTU

Målinger og beregning på Aidt miljø anlæg med Nilan VP combisol VP og beholder.

Varmepumpe tager varme fra luft i solfanger og leverer til beholder og til ventilation.

Beregninger foretaget med Kviksol (i øvrigt ikke beskrevet ret meget)

Princip:

Varmekilde solvarme:

Varmekilde VP:

Varmeafgivelse solvarme:

Varmeafgivelse VP:

Lagring:

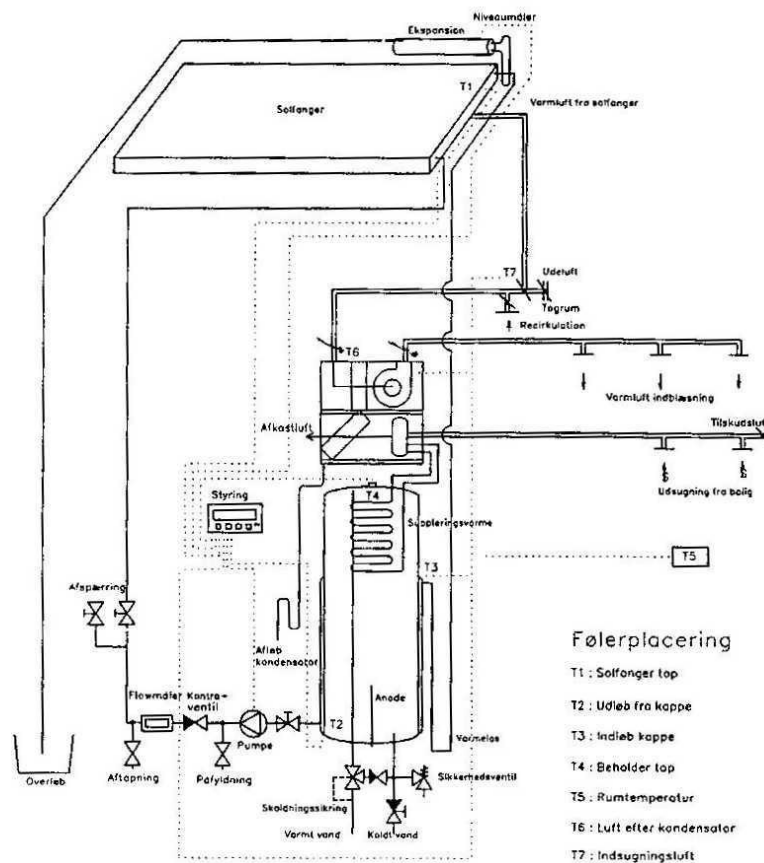
Solfanger væskedel

Solfanger luftdel

Varmtvandsbeholder samt ventilationsluft

Varmtvandsbeholder samt ventilationsluft

Lagring af solvarme i VVB



### Varmepumpe med Energiabsorber som Varmeoptager

Prøvestationen for Varmepumpeanlæg, December 1992

H.C. Aagaard

Spørgeskemaundersøgelse og målinger på anlæg med uafdækket solfanger som varmekilde (ikke angivet hvilken)

Princip:

Varmekilde VP:

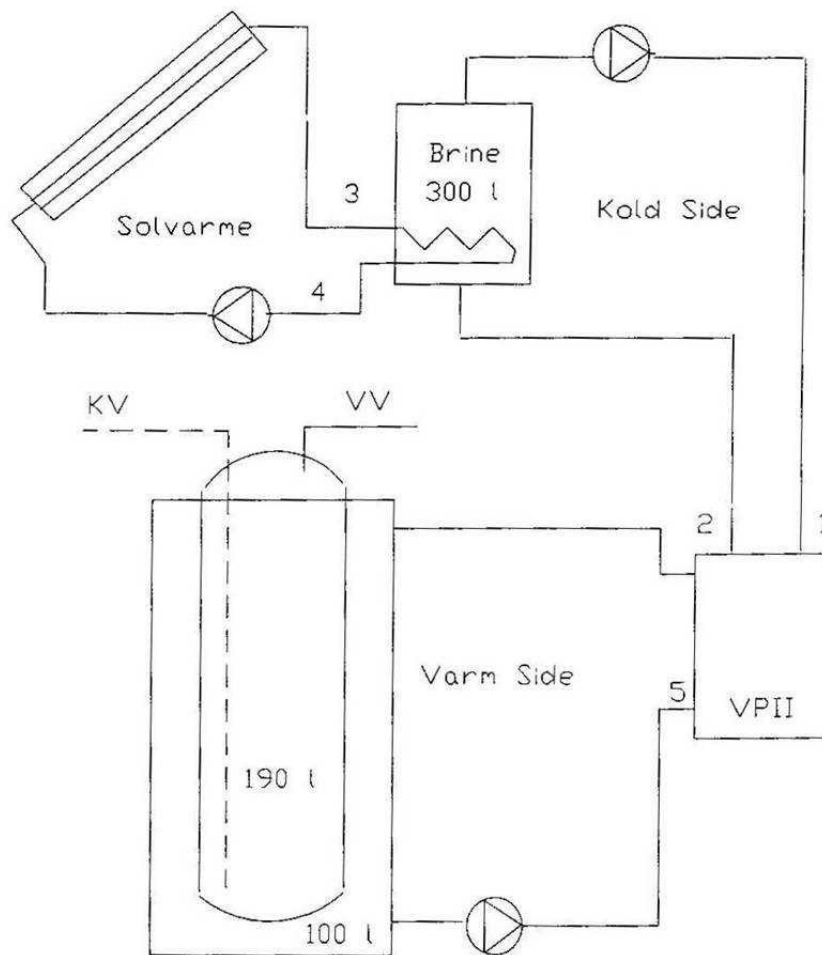
Uafdækket solfanger

Varmeafgivelse VP:  
også til rumvarme)

Akkumuleringstank med indbygget VVB (der leveres således

Lagring:

Lagring af energi fra solfanger via VP i buffertank med VVB



I måleperioden kørte varmepumpen kun på varmtvandsbeholderen. Solvarme frakoblet forvarmebeholder.

Jordslange afspærret i måleperioden.

Solvarme kører kun på brinetank i måleperioden.

### Varmepumper i kombination med andre VE-teknologier

Kombineret varmepumpe- og solvarmeanlæg til parcelhuse

Fase 2-4

Inge-Lise Clausen, H.C.Aagaard, December 1997, Prøvestationen for varmepumpeanlæg.  
DTI

Målinger og beregninger på specielt designet anlæg. Endvidere sammenligning med Klimasolanlæg.

Der er muligvis udviklet et simuleringsprogram som er beskrevet i tidligere rapport

Princip:

Varmekilde solvarme:	Solfanger (væske)
Varmekilde VP:	Buffertank med solvarme eller jordslanger
Varmeafgivelse solvarme:	VVB eller buffertank
Varmeafgivelse VP:	VVB og rumvarme
Lagring:	Lagring af solvarme i buffertank og i VVB

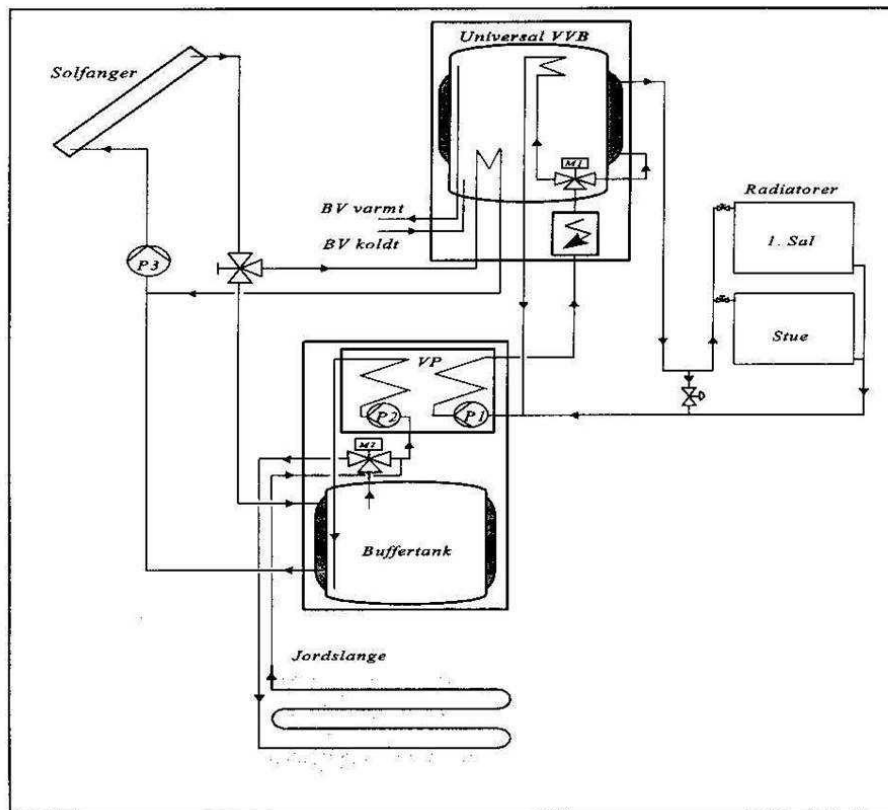
#### Hovedkomponenter:

Varmepumpe: Lodam V/V - DCC 2,5 med brine-buffertank

Varmtvandsbeholder: Nilan Universalbeholder

Solfangere: Aidt Miljø A/S, 2 stk LF 3 - i alt 6 m<sup>2</sup>

Solvarmestyring: Danotek, CPU-1



### Solfångare och värmepump: Marknadsöversikt och preliminära simuleringsresultat

Rainer Terpe och Mats Rönnelid, Solar Energy Research Center (SERC) marts 2002  
 Förskilliga system med bergvärme. Simuleringer med TRNSYS

Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump.  
 Elisabeth Kjellsson, Rapport TVBH-3047 Lund 2004, Avdelingen för Byggnadsfysik.  
 Sammenfatning af tidligere studier (også udenlandske) samt simulering af forskellige kombinationer med bjergvarme. (TRNSYS)

Princip:

Varmekilde solvarme:

Solfanger (væske)

Varmekilde VP:

Solfanger eller jordslanger

Varmeafgivelse solvarme:

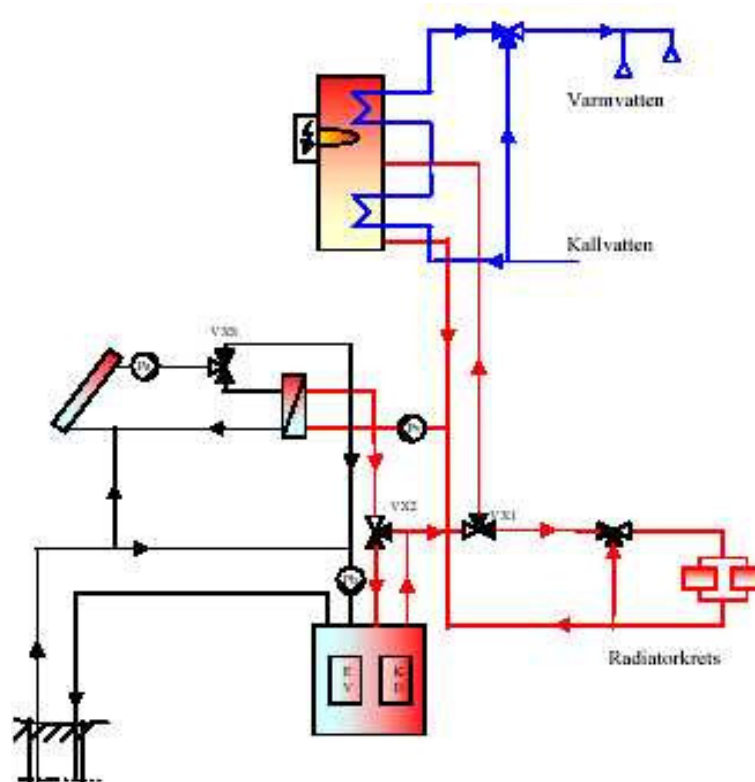
Jordslanger, VVB og/eller rumvarme

Varmeafgivelse VP:

VVB og rumvarme

Lagring:

Lagring af solvarme i jord (bjerg) og i VVB



Figur 15.3 System där solfångarna kan värma tappvarmvatten, värmsystem, förångare eller borrhål.

**Klimasol anlæg:**

Forhandlet af en række el-selskaber

Princip:

Varmekilde solvarme:

Varmekilde VP:

Varmeafgivelse solvarme:

Varmeafgivelse VP:

Lagring:

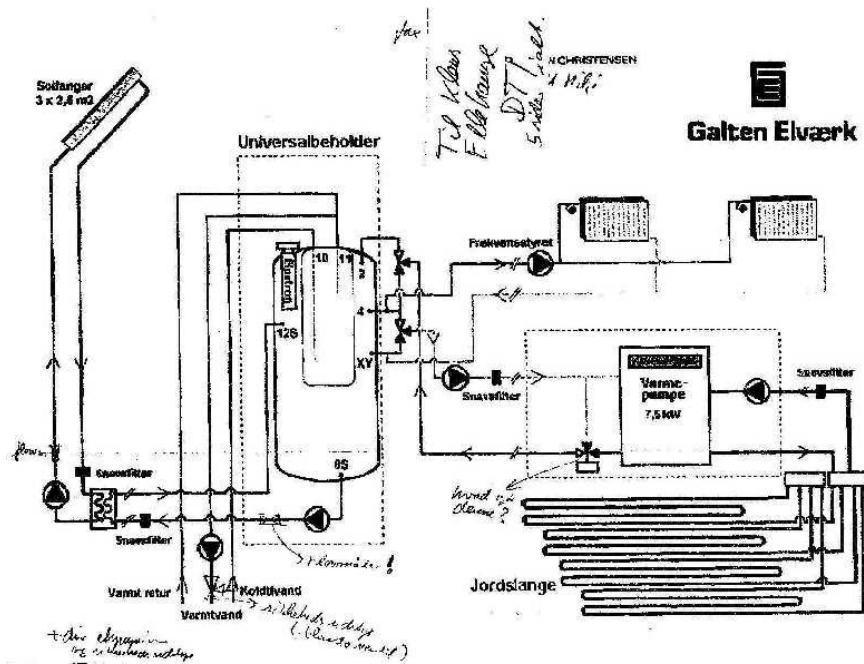
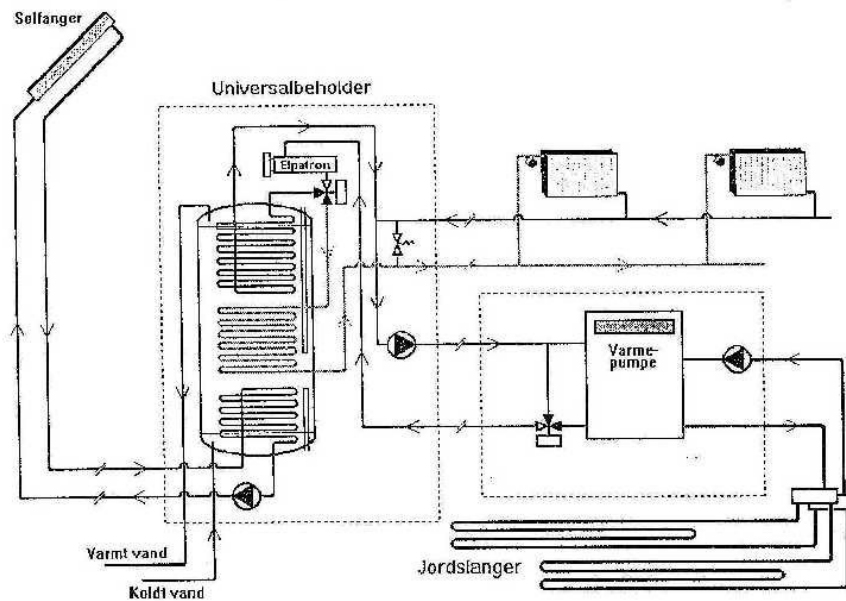
Solfanger (væske)

jordslanger

VVB og herefter rumvarme

VVB og rumvarme

Lagring af solvarme og VP i VVB



### VP-combisol, Nilan

Princip:

Varmekilde solvarme:

Varmekilde VP:

Varmeafgivelse solvarme:

Varmeafgivelse VP:

Lagring:

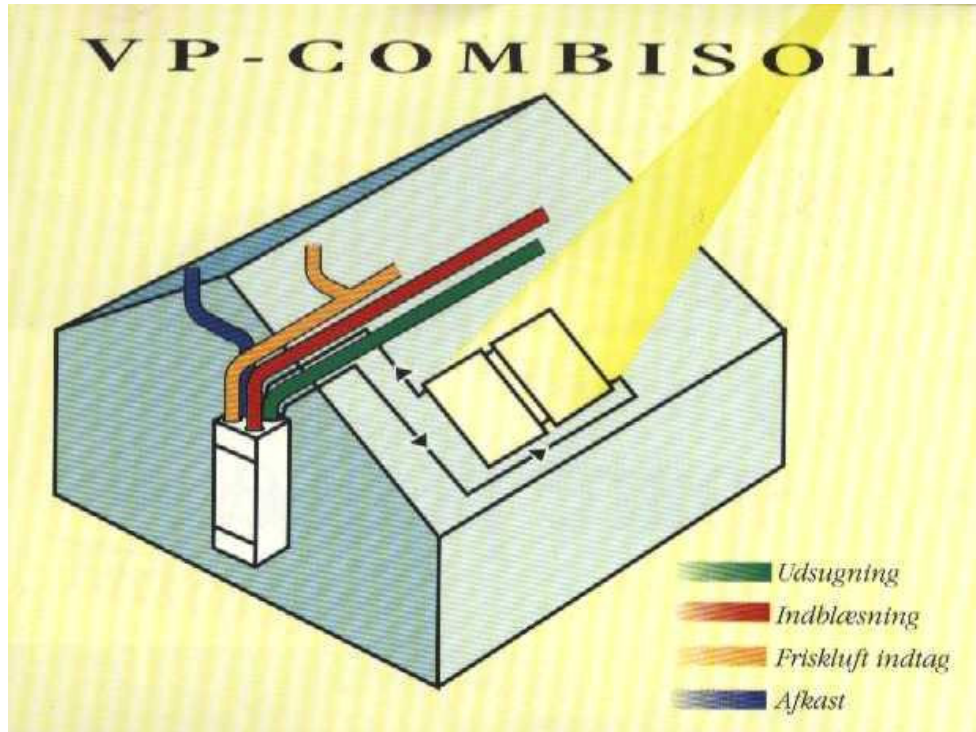
Solfanger (væske)

Afkastluft

VVB og herefter ventilationsluft

VVB og ventilationsluft

Lagring af solvarme og VP i VVB



## Appendiks 2 Udlejningsprofiler til simuleringsmodeller

Baseret på de gennemsnitlige udlejningsdage pr. måned ( figur 8) er der for pool- og spahuse etableret såkaldte reference-udlejningsprofiler til brug i simuleringsmodellerne. Profilerne afspejler et gennemsnitligt udlejningsprofil på årsbasis. Endvidere rummer profilerne oplysninger om diverse temperatur-indstillinger, vandtapninger, spabad-opvarmning mv. Profilerne er af stor betydning for tilnærmet korrekt beskrivelse af husenes dynamiske opførsel inklusiv beboere, hvilket er nødvendigt for design og optimering af energisystemerne.

dag	uge	Udlejet	Spa-vandskift	Spa-opvarmning	Brugsvand-forbrug	Poolrum-indstilling - temp.	Spa-opvarmning (kWh)	Bolig - temp. indst.	Poolvand - temp. indst.
1	1	Ja	x	Ja	Ja	29	6,5	21	27
2	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
3	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
4	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
5	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
6	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
7	1	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
8	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
9	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
10	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
11	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
12	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
13	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
14	2	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
15	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
16	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
17	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
18	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
19	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
20	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
21	3	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
22	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
23	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
24	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
25	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
26	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
27	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
28	4	Nej		Nej	Nej	Slået fra		6	20
29	5	Ja	x	Ja	Ja	29	6,5	21	27
30	5	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
31	5	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
32	5	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27
33	5	Ja		Ja	Ja	29	6,5	21	27

Tabel 13 Uddrag af udlejningsprofil for det simulerede poolhus



## Appendiks 3 Målinger på sommerhuse

### 1. Introduktion

I forbindelse med projektet har NRGi udført en kort målekampagne på to poolhuse. Der har været fokuseret på den "våde del" for at få et bedre indblik i flg. :

- Hvor meget kører elpatron i pool ?
- Affugter – drift
- Tapning af brugsvand
- Elvarme til rumopvarmning i poolrum
- Spabad

Følgende to huse er blevet målt:

Hus 1: Solkrogen – lille poolhus på 127 m<sup>2</sup> (ingen spa)

Hus 2: Jasonvej – stort poolhus på 220 m<sup>2</sup>.

### 2. Praktiske problemer i forbindelse med målingerne

De elektriske grupper i hus 1 og 2 viste sig at være blandede, eksempelvis pool, elvarme, mv. tilkøbt samme elektriske gruppe. Dette har betydet, at målingerne og effektløbene er behæftiget med en vis usikkerhed.

### 3. Resultater af målingerne

#### Elpatron i pool

Figur 31 og figur 35 viser effektløb, hvor elpatron i pool er medtaget. Elpatronen i poolen kører jævnfør beregninger og praktiske erfaringer meget lidt i sommerperioden. Figur 31 viser få enkelte høje effektspidser, hvor elpatron indkobles. Samme mønster findes på figur 35, hvor få enkelte effektspidser kan tilskrives indkobling af elpatron.

#### Affugter – drift

Affugter i poolrummet kører jævnfør beregninger og praktiske erfaringer ca. 5 timer dagligt, såfremt dimensionering og indstilling af rumtemperatur er korrekt. En typisk affugter vil optage en elektrisk effekt på ca. 0.8 kW, hvilket medfører et energiforbrug på ca. 4 kWh pr. dagligt. Figur 34 viser et effektløb for affugter, som matcher fint til beregninger og praktiske erfaringer. Figur 31 inkluderer ifølge målerbeskrivelse også affugter-drift, men dette kan ikke umiddelbart ses. (det konstante effektforsøg på ca. 0.7 kW tilskrives ikke affugteren). Det konstante effektforsøg formodes at være elvarme.

#### Tapning af brugsvand

I beregningsmodellen opereres med et dagligt varmtvandsforbrug på 19.5 kWh, dvs. 273 kWh i løbet af to uger. Effekt og energiforsøg vist på figur 31 og figur 33 svarer udmærket til antagelser.

#### Elvarme til rumopvarmning i poolrum

Det har ikke været muligt at pege på specifikke elforsøg. Dog rummer figur 31, figur 35, figur 36 og figur 37 konstante elforsøg, som kan skyldes elvarme.

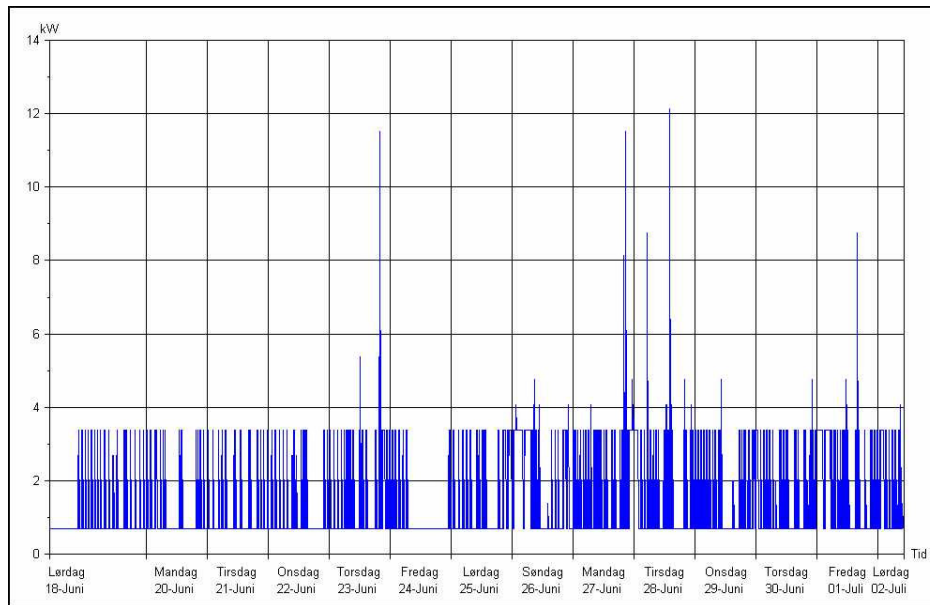
Spabad

Figur 37 er jævnfør målerbeskrivelse relateret til spabadet. Effektløbet er dog ikke logisk for det pågældende spabad, som er af typen "tømmespa". Den viste måling er eventuelt relateret til elvarme.

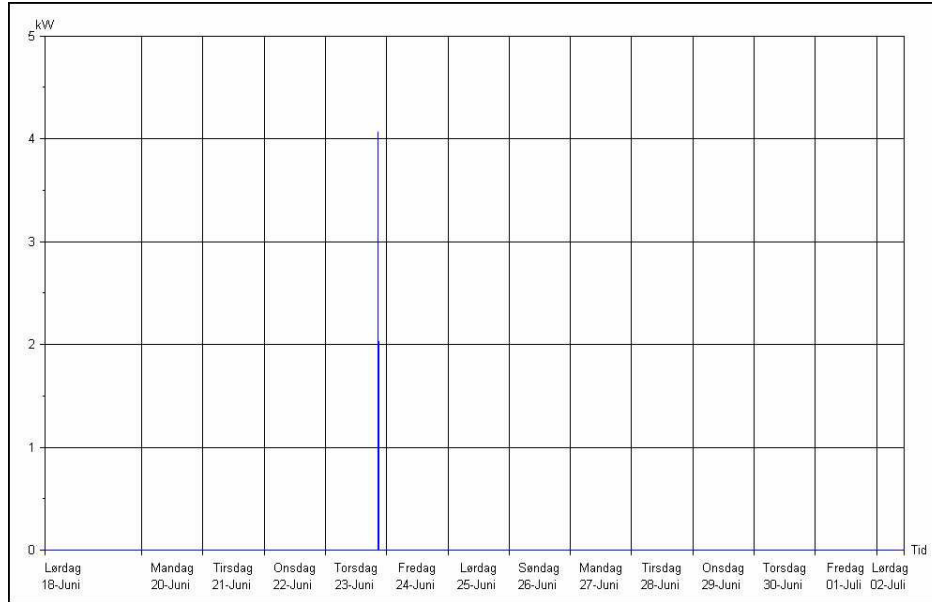
Konklusion

Selvom målingernes kvalitet ikke har levet fuldt op til forventningerne, har de trods alt givet et indblik i effekt- og energiforbrug i poolhusenes "våde afdeling". Hovedparten af de foretagne målinger passer umiddelbart pænt overens med antagelser/resultater i den opstillede simuleringsmodel. Enkelte målinger er dog umiddelbart stærkt forskellige fra det forventede (fx figur 37), hvilket sandsynligvis skyldes forkert/ikke entydig navngivning på målergruppen.

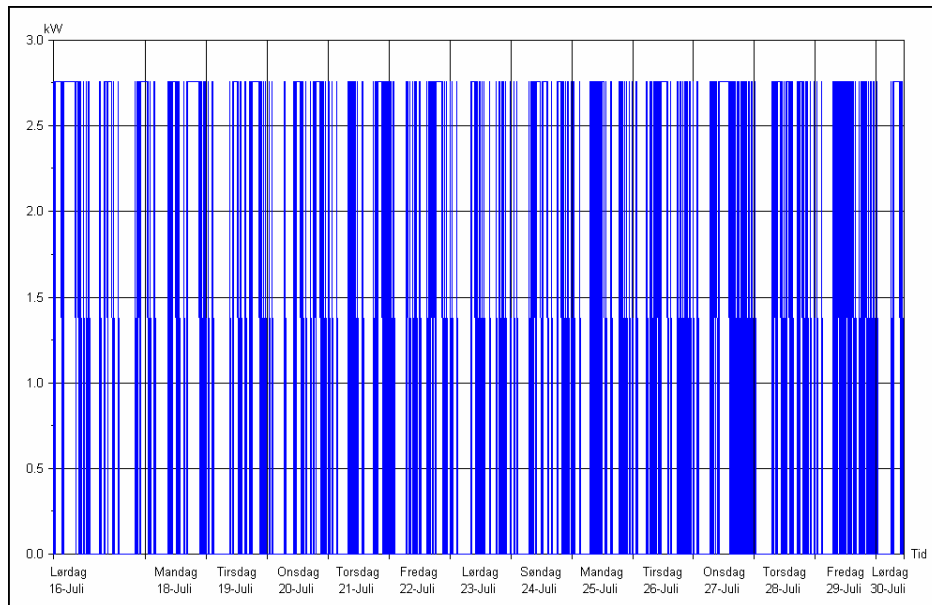
Eventuelle fremtidige målinger bør udføres med målere direkte monteret på udstyr for at fjerne usikkerhed omkring analysen. Endvidere bør man inkludere et antal måleperioder i vinterhalvåret.



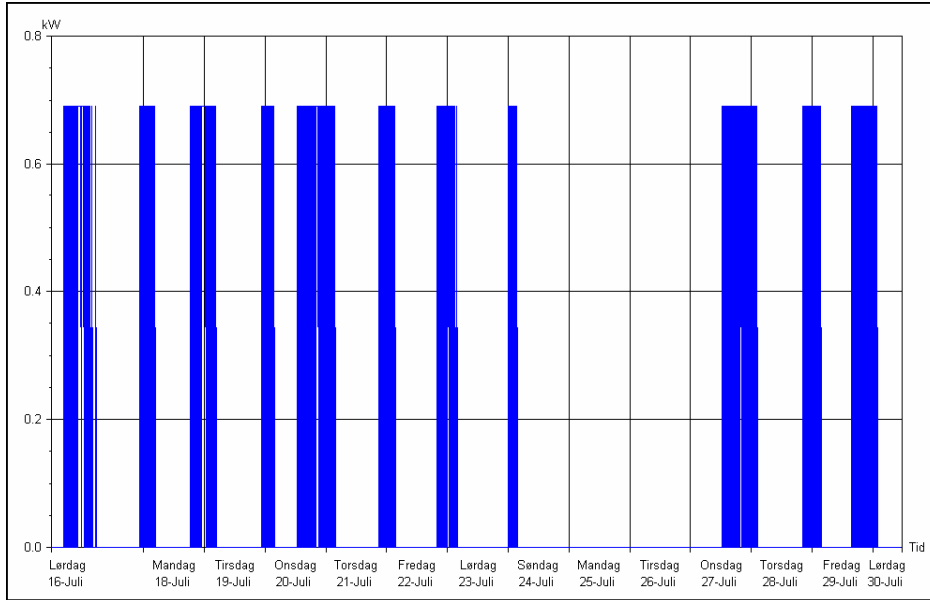
**Figur 31 Solkrogen: Effektbehov i pool-afdeling (18 m2 pool – VVB – affugter - elvarme) - 385 kWh i måleperiode**



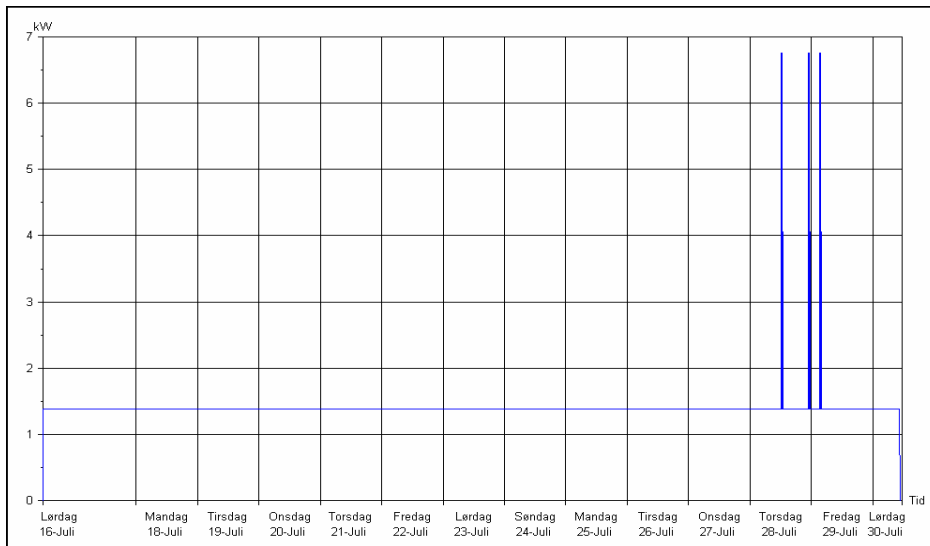
**Figur 32 Solkrogen: Sauna (0.24 kWh)**



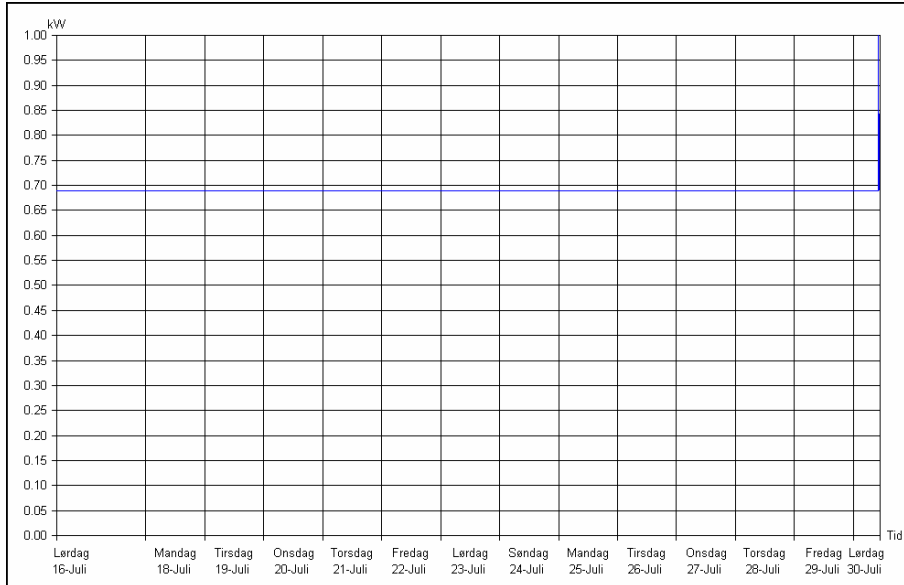
**Figur 33 Jasonvej: VVB (295 kWh)**



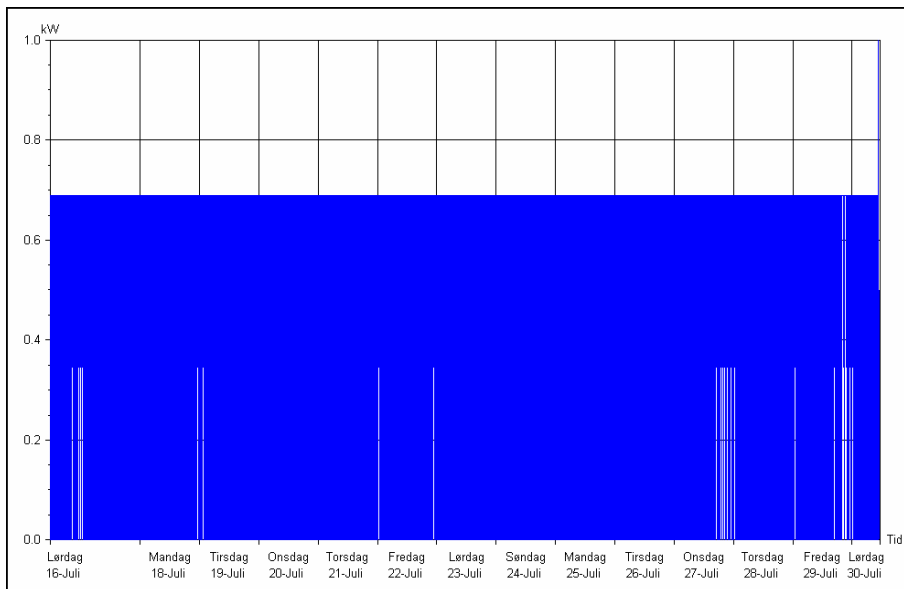
**Figur 34 Jasonvej: Affugter (44 kWh)**



**Figur 35 Jasonvej: Pool + poolpumpe + ? (466 kWh)**



**Figur 36 Jasonvej: Sauna ? – eventuelt elvarme tilkoblet (231 kWh)**



**Figur 37 Jasonvej: Spa ? (169 kWh)**

## Appendiks 4 Datablad for affugter

TEKNISKE DATA CDP 35/45/65				
<b>HØVEDKONTOR</b>				
<b>DANMARK</b>				
A/S Dantherm Marienlystvej 65 DK-7800 Skive				
Tel: +45 96 14 37 00 Fax: +45 96 14 38 00				
eMail: dantherm.dk@dantherm.com www.dantherm.com				
<b>AFDELINGER I EUROPA</b>				
<b>ENGLAND</b>				
Dantherm Limited 12 Windmill Business Park Windmill Road Clevedon North Somerset BS21 6SR				
Tel: +44 (0) 1275 876851 Fax: +44 (0) 1275 343086				
eMail: dantherm.co.uk@dantherm.com www.dantherm.com				
		CDP 35/35T	CDP 45/45T	CDP 65/65T
Affugtningskapacitet 28°C/60%RF	L/24h	29	42	60
Arbejdsområde - fugt	% RH	40-100	40-100	40-100
Arbejdsområde - temperatur	°C	10-36	10-36	10-36
Luftydelse	m³/h	250	500	750
Nettilslutning	V/Hz	1x230/50	1x230/50	1x230/50
Effektoptagelse 28°C/60%RF	kW	0,62	0,86	1,30
Max. effektoptagelse	kW	0,72	1,05	1,65
Max. ampereforbrug	A	2,8	4,3	7,2
Kølemiddel		R407C	R407C	R407C
Kølemiddelmængde	Kg	0,60	0,95	1,6
Vægt	Kg	60/57	74/68	101/95
		CDP 35	CDP 45	CDP 65
Højde x bredde x dybde	mm	800x950x315	800x1260x315	800x1800x315
Lydniveau (1 m afstand)	dB(A)	47	49	51
		CDP 35T	CDP 45T	CDP 65T
Højde x bredde x dybde	mm	680x890x290	680x1200x290	680x1735x290
Lydniveau (1 m afstand)	dB(A)	44	46	48

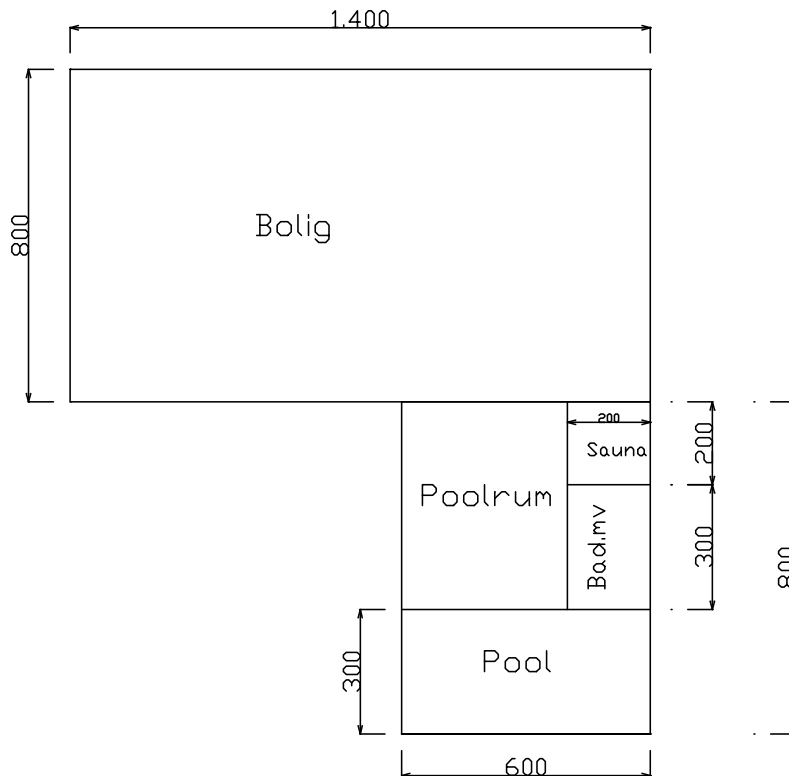
Aggregaterne leveres med vægskinne for ophængning på væg.

Figur 38 Data for Dantherm affugter

## Appendiks 5 Sommerhusmodel – driftsforhold samt forhold omkring simuleringsmodel

### Poolhus

En grundplan for poolhus-modellen ses på figur 39. Den viste grundplan matcher en typisk opbygning for et poolhus, hvor beboelse og poolrum hænger sammen.



Figur 39 Grundplan af poolhus

### Beboelse

Beboelsesdelen udgør 112 m<sup>2</sup> (indvendigt areal). Beboelsens primære opvarmning er elvarme. Beboelsen er endvidere udstyret med en brændeovn, som benyttes i perioder med udlejning. I modellen betragtes beboelsen som et samlet rum med ensartet temperatur.

Typisk rumtemperatur under udlejning er 20-22°C. I modellen benyttes middeltemperaturen 21°C som rumtemperatur.

I længere perioder uden udlejning (> 1 uge) indstilles rumtermostaterne normalt på 6°C. En til to dage før lejernes ankomst indstilles rumtermostaterne på 16°C, idet 16°C er krævet mindste temperatur ved lejernes ankomst. Denne driftsform er implementeret i modellen.

I kortere perioder uden udlejning (<= 1 uge) vælger man ofte at lade beboelsen stå med en mindste rumtemperatur på 16°C. Denne driftsform er implementeret i modellen.

Opvarmningen af beboelsen foregår i modellen via en termostat-styret radiator.

For at inkludere effekten af brændeovnen, antages brændeovnen at dække 1/3 af beboelsens varmebehov i perioder med udlejning.

#### Poolrum

Poolrummets samlede areal i modellen udgør 38 m<sup>2</sup>, heraf udgør selve poolen 18 m<sup>2</sup>. I forbindelse med poolrummet er der et mindre badeværelse/toilet med et areal på 6 m<sup>2</sup>. Fra dette rum er der adgang til en sauna med et areal på 4 m<sup>2</sup>. Samlet areal for poolrum, sauna og badeværelse/toilet er 48 m<sup>2</sup>.

Vandtemperaturen i poolen er typisk 26-28 °C i udlejningsperioder. I ikke udlejede perioder med en varighed mindre end ca. 14 dage mellem udlejning, bibeholdes temperaturen på 26-28 °C. I modellen benyttes middeltemperaturen 27 °C for disse perioder. I perioder uden udlejning med en varighed på mere end ca. 14 dage, indstilles termostaten for vandtemperaturen typisk til 20 °C. I modellen benyttes 20 °C for disse perioder.

Lufttemperaturen i poolrummet er normalt indstillet til at være 2 °C over vandtemperaturen i poolen for at mindske fordampningen og dermed potentielle fugtproblemer i konstruktionen. I perioder hvor vandtemperaturen er 26-28 °C, ligger lufttemperaturen derfor på 28-30 °C uanset at poolhuset reelt står tomt. I modellen benyttes 29 °C som rumtemperatur. Opvarmning af rumluften foregår i modellen via en termostat-styret radiator.

I perioder uden udlejning med en varighed på mere end ca. 14 dage og hvor vandtemperaturen i poolen typisk er indstillet til 20 °C, vælger man normalt at slukke / skruer markant ned for opvarmning af rumluften. Lufttemperaturen falder derfor markant i poolrummet. Opvarmning af luften i poolrummet foretages i disse perioder primært af poolen, som virker som et gulvvarmeanlæg.

#### Badeværelse/toilet

Poolrum og badeværelse er adskilt af en tynd væg (isolering på 50 mm rockwool). Badeværelset er normalt udført med elektrisk gulvvarme eventuelt kombineret med elradiator, idet varmeflowet fra poolrummet ikke er tilstrækkeligt til at opretholde den fornødne temperatur. Temperaturen er normalt lidt lavere end i poolrummet. I modellen benyttes en temperatur på 26 °C for de perioder, hvor poolrumstemperaturen samtidig er høj. I tomme perioder uden udlejning med en varighed på mere end ca. 14 dage skrues ned for varmen i badeværelset, dog slukkes der ikke helt, idet frostsikring ønskes. I modellen benyttes en termostat-indstilling på 6 °C i disse perioder.

#### Sauna

Der er ingen kontinuerlig opvarmning af saunarummet. Rummet opvarmes kun i forbindelse med brug. På grund af den normalt meget begrænsede brugstid, ses der i simuleringssmodellen bort fra energiforbruget i saunarummet.

#### Spa

Ved lejernes ankomst fyldes spabadet med frisk koldt vand (der benyttes sjældent varmt vand fra VVB, idet denne vil blive tømt meget hurtigt). Via en elpatron opvarmes vandet til ca. 38 °C. Denne temperatur holdes konstant. Udskiftning af vand i spabadet foretages ved hvert lejrskift, dog minimum en gang om ugen. Et volumen på 800 liter er benyttet i beregningerne over energiforbrug til opvarmning af spa-vand.

Den tilførte effekt til spabadet som tilnærmelsesvis er lig varmetabet til poolrummet (varmetab primært ved konvektion og fordampning), er estimeret ud fra erfaringstal fra leverandører af spabade. Disse er følgende for et bad på 800 l:

For et spa-bad med et volumen på 800 liter, et areal på ca. 3 m<sup>2</sup> og overdækket konstant med et termotæppe (ingen fordampning), skal der for en placering i et poolrum regnes med



et energitab på 5-10 % svarende til et temperatur-fald på ca. 2-4 °C/døgn. I middel svarer dette til 2.8 kWh/døgn eller et konstant varmetab på 0.12 kW. Idet den overvejende del af varmetabet foregår igennem termotæppet (spa-karret er isoleret) kan der laves et overslag for samlet U-værdi for tæppet:

$$\begin{aligned} 120 \text{ W} &= U \cdot A \cdot \Delta T \Leftrightarrow \\ 120 \text{ W} &= U \cdot 3 \text{ m}^2 \cdot 9 \text{ }^\circ\text{C} \Leftrightarrow \\ U &= 4.4 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \end{aligned}$$

Idet en mindre del af varmetabet går via karrets øvrige sider, reduceres U-værdien for tæppet ned til 2.8 W/m<sup>2</sup>\*K. (denne brugt for pool jf. 00).

Hvis spa-badet benyttes i forbindelse med udlejning, skal der forventes et energitab på 15 - 20 % svarende til et temperatur-fald på ca. 6-8 °C/døgn. Dette svarer til 6.5 kWh/døgn eller et konstant varmetab på 0.27 kW.

Spabadets varmetilskud til poolrummet er indregnet i simuleringsmodellen.

#### Teknikrum

Teknik-rummets størrelse er normalt begrænset mest muligt. Et areal på 1-2 m<sup>2</sup> er typisk. Teknikrummet er typisk placeret i forlængelse af badeværelse/toilet, udenfor poolrum som en lille tilbygning eller eksempelvis under poolrummet i en lille kældersektion. Der er normalt ingen aktiv opvarmning af teknikrummet udover varmetab fra teknisk udstyr (VVB, pumper mv.).

Teknikrummets indflydelse på varmebehovet er negligerbart. Teknikrummet er derfor ikke medtaget i modellen.

#### Varmevæksling imellem rum i simuleringsmodel

For alle rum vist på figur 39 er der indenfor det enkelte rum opereret med ensartet temperatur. Alle rum foretager i modellen en dynamisk varmeveksling med hinanden via varmetransmission gennem de adskillende flader. Der er set bort fra luftcirkulation imellem rummene.

#### Varmetab gennem terrændæk i simuleringsmodel

Varmetab gennem terrændæk (gulve) er opsplittet i varmetab gennem randfelt og varmetab gennem midterfelt. For randfelt er der varmetab til udeluft gennem en isolans R<sub>j</sub> = 1.0 m<sup>2</sup>\*K/W.

For midterfelt er der varmetab til jord gennem en isolans R<sub>j</sub> = 1.5 m<sup>2</sup>\*K/W. For beboelsen samt sauna er der benyttet en konstant jordtemperatur på 9 °C hele året. For poolrum, pool og badeværelse benyttes en konstant jordtemperatur på 11 °C hele året.

For beregning af varmetab for gulv igennem randfelt og midterfelt er det forudsat, at gulv-sektionerne ikke har en nævneværdig overtemperatur i forhold til lufttemperaturen (varmetab igennem terrændæk er i TSBI3 altid baseret på differencen mellem rumtemperatur og jord/udetemperatur).

#### Pool i simuleringsmodel

Poolen er i simuleringsmodellen opbygget som et objekt med en varmekapacitet svarende til varmekapaciteten af poolen. Poolens samlede volumen udgør 27 m<sup>3</sup>. Poolen har varmetab igennem sider til udeluft gennem en isolans R<sub>j</sub> = 0.87 m<sup>2</sup>\*K/W (poolen er isoleret i siderne med 100 mm polystyren). Poolen har endvidere tab igennem bunden (tab til jord) igennem

en isolans  $R_j = 1.37 \text{ m}^2\text{K/W}$  (poolen er ikke isoleret i bunden). Jordtemperatur er som beskrevet i 0 sat til  $11 \text{ }^\circ\text{C}$  hele året.

Stort set alle pools er forsynet med såkaldte termotæpper, som lægges på poolen, når den ikke er i brug. Funktionen af termotæppet er at mindske varmetab fra pooloverflade og samtidig reducere fordampningen. Det har ikke været muligt at skaffe U-værdier for disse termotæpper. I modellen er termotæppets funktion søgt tilnærmet ved at udføre poolen med en overfladeisolering med en samlet U-værdi inklusiv overgangsisolanser på  $2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Idet TSBI3 ikke kan operere med varierende isoleringer, har poolen i modellen denne U-værdi som en konstant værdi året rundt (hovedparten af tiden er poolen dækket af termotæppet).

Fordampningen fra pooloverfladen til luften i poolrummet er ikke medtaget i modellen, da det er udenfor programmets formåen. Poolens reelle energitab ved fordampning vil medføre et lidt større opvarmningsbehov end beregnet i simuleringsmodellen. Omvendt vil poolens energitab ved fordampning medvirke til at reducere poolrummets rumopvarmningsbehov med omtrent tilsvarende størrelse. Ved passende temperatur-settings ligger den samlede daglige kondensatmængde i poolrummets affugter (fra pool og spa) på ca. 4 - 8 l (går til afløb). Dette svarer til en samlet fordampningsvarme på 2.7 - 5.4 kWh. I Appendiks 7 er fordampningsvarmens indflydelse belyst.

I poolkredsen er der udover opvarmningsaggregat også et filtreringsanlæg. For at hindre bakterievækst mv. i poolvandet, renses filteranlægget en gang pr. uge året rundt uanset at huset står tomt. I middel bruges ca. 500 l poolvand/uge til denne rensning – en tilsvarende mængde frisk koldt vand lukkes ind i poolen. Det er udenfor simuleringsprogrammets formåen at beregne energiforbruget til filterrensning – energiforbruget er dog yderst begrænset og antager på årsbasis ca. 400 kWh.

#### Affugter

Den elektriske effekt, som tilføres affugteren, antages i modellen at tilgå poolrummet som supplerende energi. Affugterens effektforbrug sættes til 0.8 kW, hvilket størrelsesmæssigt svarer til en affugter til et poolrum med en pool på 15-25 m<sup>2</sup>. I tomme perioder uden udlejning antages affugteren at køre 1 time/døgn. I perioder med udlejning antages affugteren at køre 5 timer/døgn.

#### Varmtvandsforbrug

Baseret på henholdsvis katalogoplysninger samt udlejningsdata fra Dansommer, sættes personantallet i poolhuset lig 7 personer. For poolhuset opereres med et varmtvandsforbrug på 60 l/døgn pr. person. Vandet opvarmes fra 10-50 °C. Det totale daglige energiforbrug til opvarmning af brugsvand under udlejning er lig 19.5 kWh.

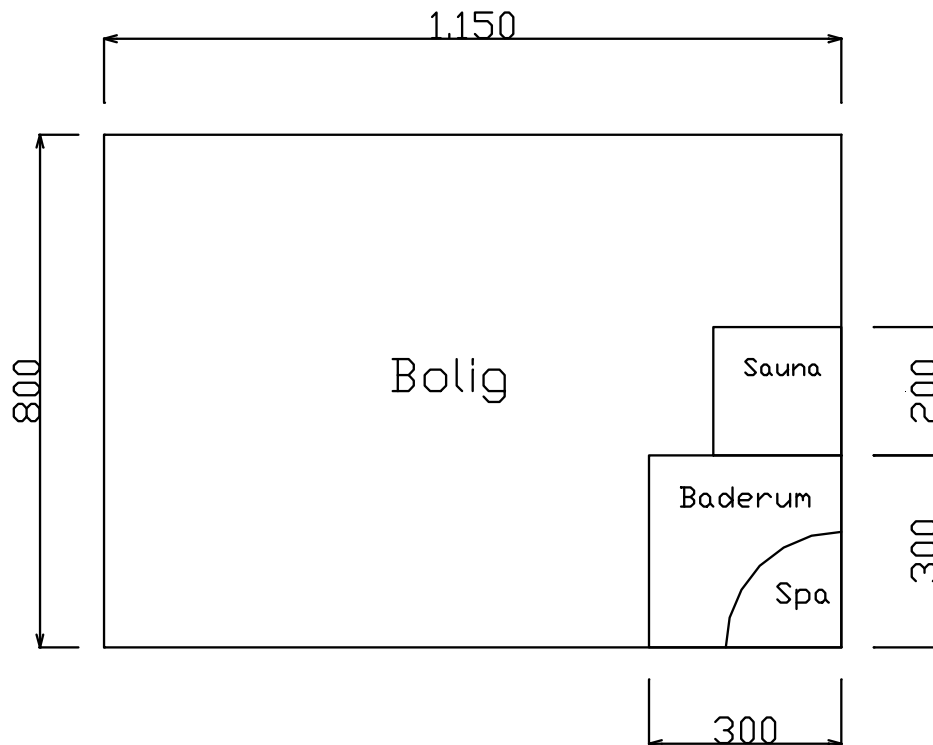
Modellens bygningsdata er vist appendiks 6,

I appendiks 8 er vist eksempler på plot fra simuleringsmodellen.

### **Spahus**

En grundplan for spahus-modellen ses på figur 40. Den viste grundplan matcher en typisk opbygning for et spahus.

Spahusets samlede areal i modellen udgør 92 m<sup>2</sup> (indvendig areal). Bolig-delen udgør 79 m<sup>2</sup>, badeværelse med spa 9 m<sup>2</sup>, saunarum 4 m<sup>2</sup>.



**Figur 40 Grundplan af spahus**

#### Bolig/beboelse

Boligens primære opvarmning er elvarme. Boligen er endvidere udstyret med brændeovn, som benyttes i perioder med udlejning. I modellen betragtes boligen som et samlet rum med ensartet temperatur.

Typisk rumtemperatur under udlejning er 20-22 °C. I modellen benyttes middelttemperaturen 21 °C som rumtemperatur.

I længere perioder uden udlejning (> 1 uge) indstilles rumtermostaterne normalt på 6 °C. En til to dage før lejernes ankomst indstilles rumtermostaterne på 16 °C, idet 16 °C er krævet mindste temperatur ved lejernes ankomst. Denne driftsform er implementeret i modellen.

I kortere perioder uden udlejning (< = 1 uge) vælger man ofte at lade beboelsen stå med en mindste rumtemperatur på 16 °C. Denne driftsform er implementeret i modellen.

Opvarmningen af beboelsen foregår i modellen via en termostat-styret radiator.

For at inkludere effekten af brændeovnen, antages brændeovnen at dække 50 % af beboelsens varmebehov i perioder med udlejning (idet beboelses-delen er mindre end ved poolhuse, kan brændeovnen dække en større del af varmebehovet).

### Badeværelse

Bolig og badeværelse er adskilt af en tynd væg (isolering på 50 mm rockwool). Badeværelset er normalt udført med elektrisk gulvvarme eventuelt kombineret med elradiator. I modellen benyttes en temperatur på 25 °C i udlejningsperioder. I tomme perioder uden udlejning med en varighed på mere end ca. 14 dage skrues ned for varmen i badeværelset, dog slukkes der ikke helt, idet frostsikring ønskes. I modellen benyttes en termostat-indstilling på 6 °C i disse perioder.

Badeværelset er normalt udført med et såkaldte tømmespa med volumen på omkring 250 l. Et tømmespa er normalt kun fuld af vand under brug. Før brug fyldes spabadet med frisk koldt vand (der benyttes sjældent varmt vand fra VVB, idet denne vil blive tømt meget hurtigt). Via en elpatron indbygget i spabadet opvarmes vandet til ca. 38 °C. Efter brug tømmes spabadet typisk helt.

I forbindelse med udlejning benyttes spabadet i gennemsnit to gange pr. uge. Dette er benyttet i beregningerne.

### Sauna

I modellen indgår sauna-rummet som en del af boligen.

### Varmeveksling imellem rum i simuleringsmodel

Bolig og badeværelse foretager i modellen en dynamisk varmeveksling med hinanden via varmetransmission gennem de adskillende flader. Der er set bort fra luftcirkulation imellem rummene.

### Varmetab gennem terrændæk i simuleringsmodel

Varmetab gennem terrændæk (gulve) er opsplittet i varmetab gennem randfelt og varmetab gennem midterfelt. For randfelt er der varmetab til udeluft gennem en isolans  $R_j = 1.0 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

For midterfelt er der varmetab til jord gennem en isolans  $R_j = 1.5 \text{ m}^2\text{K/W}$ . For bolig samt badeværelse er der benyttet en konstant jordtemperatur på 8 °C hele året.

### Varmtvandsforbrug

Baseret på henholdsvis katalogoplysninger samt udlejningsdata fra Dansommer, sættes personantallet i spahuset lig 5 personer. For spahuset opereres med et varmtvandsforbrug på 40 l/døgn pr. person. Vandet opvarmes fra 10-50 °C. Det totale daglige energiforbrug til opvarmning af brugsvand under udlejning er lig 9.3 kWh.

## Appendiks 6 Bygningsdata

### Poolhus

#### Hoveddata for beboelse

- Trævægge
- Indvendigt areal: 112 m<sup>2</sup> (14 m \* 8 m)
- Højde indvendig : 2.5 m
- Isolering : 100 mm i vægge, i gulv og på loft. Fælles væg mellem poolrum og beboelse er udført med 50 mm isolering.
- Vinduesarealer: 8 m<sup>2</sup> mod syd, 6 m<sup>2</sup> mod nord, 2 m<sup>2</sup> mod vest, 2 m<sup>2</sup> mod øst
- U-værdi for vinduer: 2.8 W/K\*m<sup>2</sup>

Energimæssige data til beregninger:

- Luftskeft sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
- Lufttemperatur i hus
  - 21 °C i udlejningsperioder
  - 6 °C i længere perioder uden udlejning
  - 16 °C i kortere perioder uden udlejning
- Internt varmetilskud (personer + udstyr):
  - 14.6 kWh/døgn under udlejning
  - 2 kWh/døgn i perioder uden udlejning

#### Hoveddata for poolrum

- Trævægge
- Indvendigt areal: 38 m<sup>2</sup>
- Højde indvendig : 2.5 m
- Isolering : 100 mm i vægge, i gulv, på loft og rundt om pool
- Vinduesarealer: 8 m<sup>2</sup> mod syd, 3 m<sup>2</sup> mod vest
- U-værdi for vinduer: 2.8 W/K\*m<sup>2</sup>

Energimæssige data til beregninger:

- Luftskeft sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
- Lufttemperatur i poolrum
  - 29 °C i udlejningsperioder
  - I længere perioder uden udlejning er varme afbrudt
- Internt varmetilskud (personer + udstyr):
  - 7.0 kWh/døgn under udlejning
  - 1.0 kWh/døgn i perioder uden udlejning

#### Hoveddata for badeværelse/toilet

- Trævægge
- Indvendigt areal: 6 m<sup>2</sup>
- Højde indvendig : 2.5 m

- Isolering : 100 mm i ydervægge, i gulv, på loft. 50 mm mod poolrum.
- Ingen vinduer

Energimæssige data til beregninger:

- Luftsifte sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
- Lufttemperatur i badeværelse/toilet
- 26 °C i udlejningsperiode
- 6 °C i længere perioder uden udlejning
- Internt varmetilskud (personer + udstyr):
- Ikke medtaget p.g.a ringe størrelse

Hoveddata for sauna:

- Trævægge
- Indvendigt areal: 4 m<sup>2</sup>
- Højde indvendig : 2.5 m
- Isolering : 100 mm i ydervægge, i gulv, på loft. 50 mm mod poolrum og badeværelse.
- Ingen vinduer

Energimæssige data til beregninger:

- Luftsifte sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
- Lufttemperatur i poolrum
- Ingen opvarmning
- Internt varmetilskud (personer + udstyr ):
- Ikke medtaget p.g.a ringe størrelse

## Spahus

**Hoveddata for bolig-del inklusiv sauna**

- Trævægge
- Indvendigt areal: 83 m<sup>2</sup>
- Højde indvendig : 2.5 m
- Isolering : 100 mm i vægge, i gulv og på loft. Fælles væg mellem badeværelse og bolig er udført med 50 mm isolering.
- Vinduesarealer: 6 m<sup>2</sup> mod syd, 4 m<sup>2</sup> mod nord, 2 m<sup>2</sup> mod vest, 2 m<sup>2</sup> mod øst
- U-værdi for vinduer: 2.8 W/K\*m<sup>2</sup>

Energimæssige data til beregninger:

- Luftsifte sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
- Lufttemperatur i hus
- 21 °C i udlejningsperioder
- 6 °C i længere perioder uden udlejning 16 °C
- 16 °C i kortere perioder uden udlejning
- Internt varmetilskud (personer + udstyr):

- 14.6 kWh/døgn under udlejning
- 2 kWh/døgn i perioder uden udlejning

#### **Hoveddata for badeværelse**

- Trævægge
- Indvendigt areal: 9 m<sup>2</sup>
- Højde indvendig : 2.5 m
- Isolering : 100 mm i ydervægge, i gulv, på loft. 50 mm mod bolig-del.
- Ingen vinduer

Energimæssige data til beregninger:

- Luftsifte sat til 0.5 h-1 i alle beregninger
  
- Lufttemperatur i badeværelse
  - 25 °C i udlejningsperiode
  - 6 °C i længere perioder uden udlejning
  - 16 °C i kortere perioder uden udlejning
  
- Internt varmetilskud (personer + udstyr):
  - 1 kWh/døgn under udlejning
  - 0 kWh/døgn i perioder uden udlejning

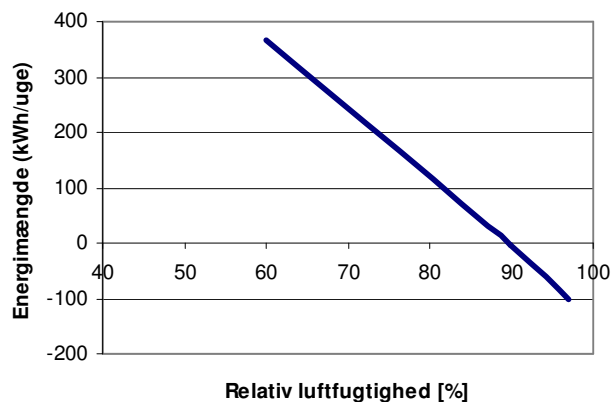
## Appendiks 7 Fordampning fra pool

Som beskrevet i appendiks 5 kan modellen til beregning af huset ikke regne med fordampning fra poolen.

EMGP3 har imidlertid en algoritme til at beregne fordampningsvarmen. Det har ikke været muligt at få dette ind i simuleringerne, men algoritmen kan benyttes til at beregne størrelsesordenen af de varmemængder der overføres fra poolvoluminet til luften under forskellige temperatur- og fugtforhold.

Såfremt det antages at der i udlejningsperioder er 29 °C i pool rummet og 27 °C i poolbassinet vil varmeoverførslen især afhænge luftfugtigheden i poolrummet, som er afhængig af hvor meget der køres med affugteren. EMGP3 giver nedenstående kurve for et bassin med et areal på 18 m<sup>2</sup>.

**Resulterende varmeoverførsel fra pool overflade til rum (rum 29 °C, bassin 27 °C)**



Det ses af figuren at der kun er betydelig varmeoverførsel ved de lave luftfugtigheder. Da affugteren fungerer således af varmen fra fordampningsluften tilbageføres til poolrummet vurderes det at det i udlejningsperioderne er i orden at se bort fra overførelsen ved fordampning, idet der blot regnes med den varmeoverførselskoefficient som der er angivet i appendiks 5.

For perioderne hvor der ikke er udlejning antages det at bassinet er dækket med en isoleringstæppe således at der også i disse perioder ses bort fra overførslen via fordampning.



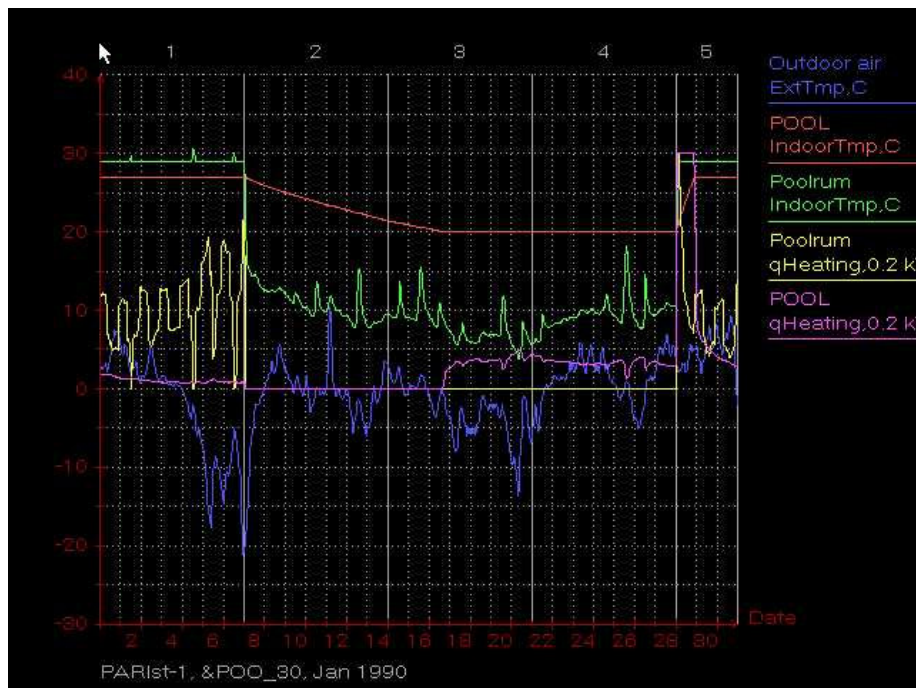
## Appendiks 8 Eksempel på plot fra simuleringsmodel

For at give et indblik i poolhusets dynamik, vises på figur 41 samt figur 42 plot fra simuleringerne.

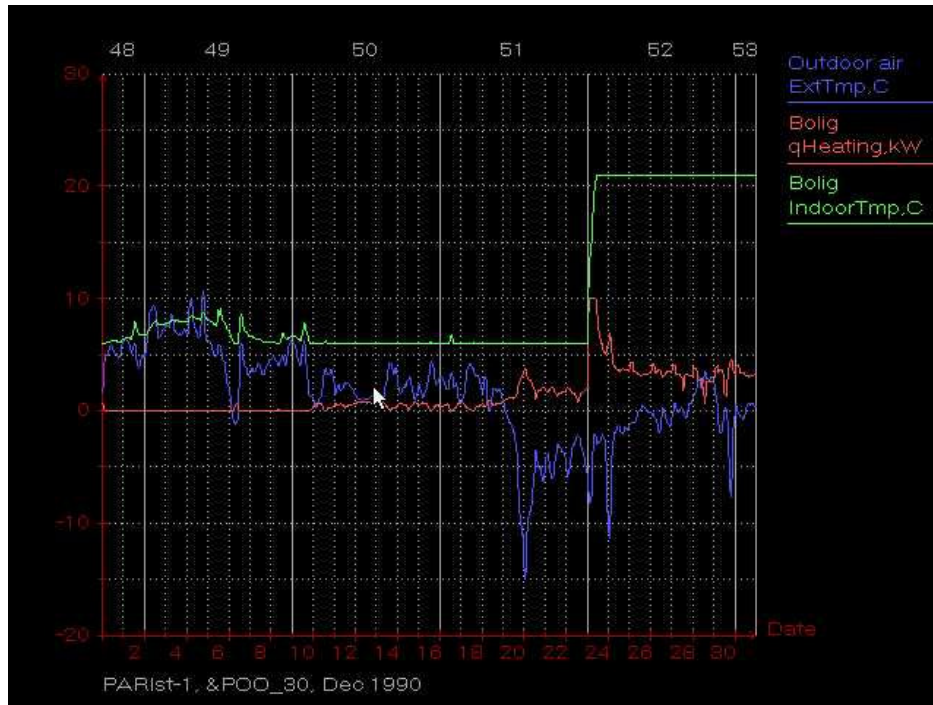
Figur 41 viser temperaturforløb i januar måned for henholdsvis lufttemperatur i poolrum (grøn kurve) samt vandtemperatur i pool (rød farve). Efter afslutningen af uge 1 kommer der i modellen en periode på 3 uger uden udlejning. Ved afslutningen af uge 1, slukkes derfor for rumvarmen i poolrummet samt indstilling for vandtemperatur i poolen skrues ned fra 27 °C til 20 °C. Lufttemperaturen falder markant i løbet af få timer, hvorimod pooltemperaturen falder meget langsomt (ca. 0.75 °C/døgn). Temperaturforløb for pooltemperatur og poolrum passer godt overens med praktiske erfaringer.

Den gule kurve viser middeffektbehovet (kW) for rumopvarmning – den violette kurve middeffektbehovet (kW) for poolopvarmning. Blå kurve viser udetemperatur.

Figur 42 viser temperaturforløb i december måned i boligen (grøn kurve). Efter afslutningen af uge 50, kommer en periode med udlejning. Rumtemperaturen skrues op fra 6 °C til 21 °C. Middel effektbehov (kW) er repræsenteret ved den røde kurve. Blå kurve viser udetemperatur.



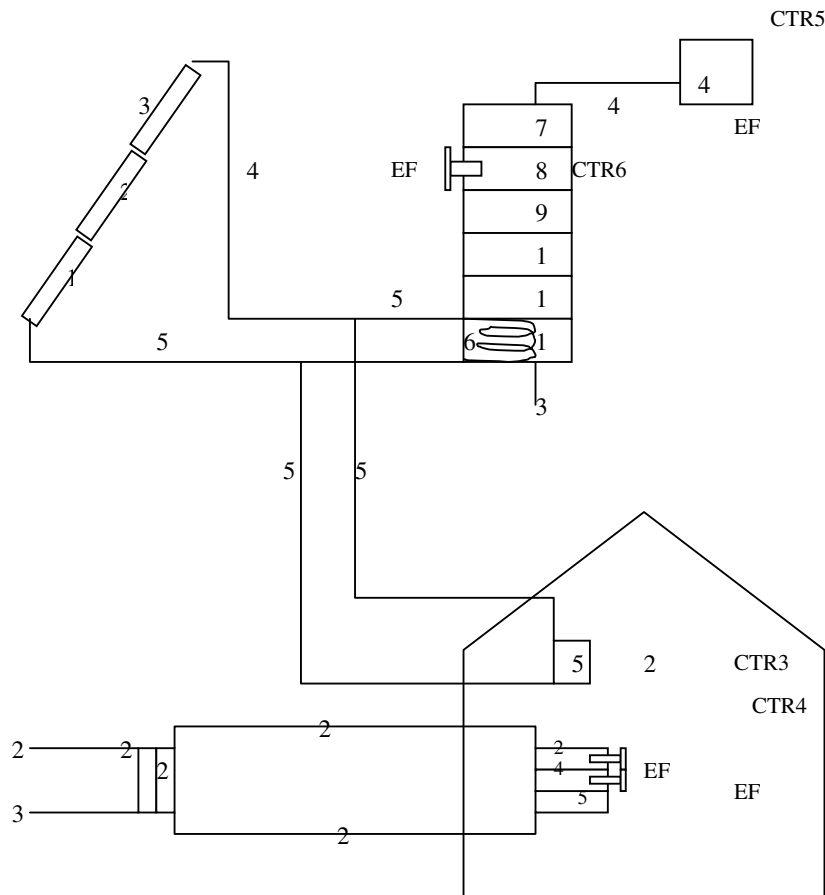
Figur 41 Temperaturforløb og opvarmning for pool og poolrum i januar måned



Figur 42 Temperaturforløb og opvarmning for bolig i december måned

## Appendiks 9 Beregninger med EMGP3

Til beregning af alternativ 1, 2 og 4 i forbindelse med standard og saunahuse er der sammensat en EMGP3 model som vist på **figur 43**.



**Figur 43 EMGP3 model for standard, sauna og spahus [eksempel]**

For alternativ 1 benyttes en luft – luft varmepumpe type: Panasonic CU-CS-E9CKP

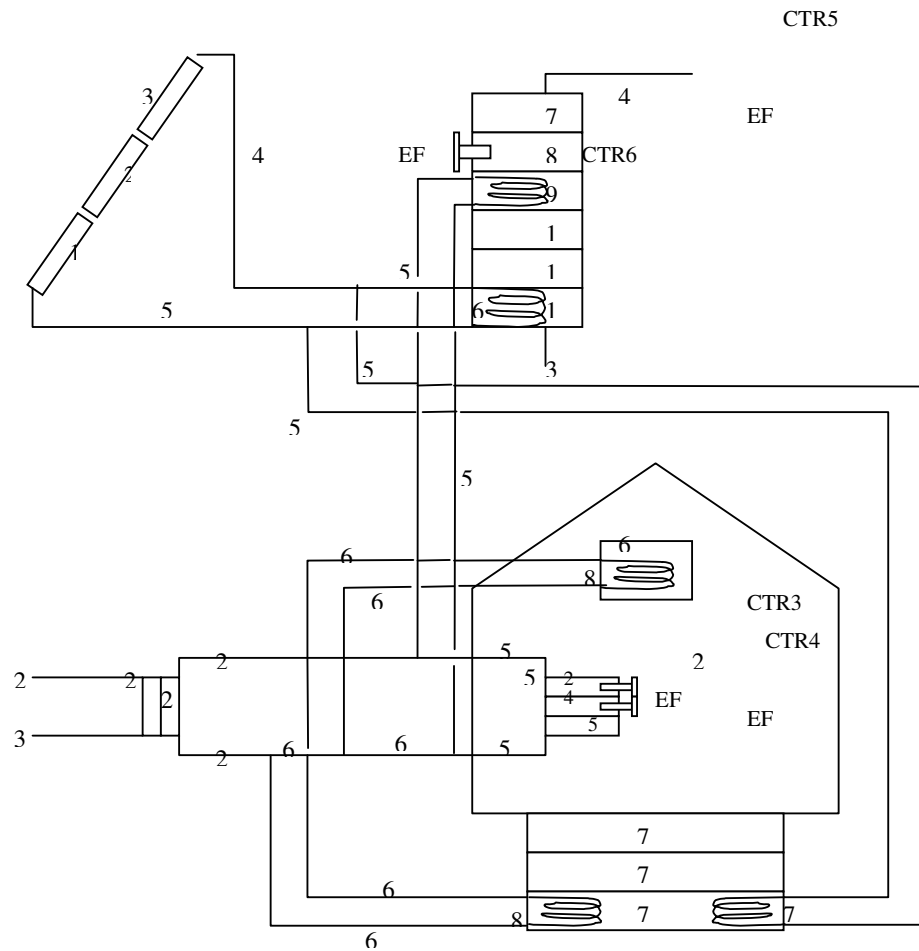
For alternativ 2 benyttes en luft – vand varmepumpe type: Fighter 2010-6

og

for alternativ 4 benyttes en jord- vand varmepumpe type: Fighter 1110-4.

Se datablade i appendiks 10]

For systemtyperne til poolhuset er benyttet en modelopbygning som vist:



**Figur 44 EMGP3 model for poolhus**

Da det har været nødvendigt at benytte to beregningsmodeller – en til beregning af husets energibehov og en til beregning af varmesystemets ydelse har det været nødvendigt at overføre data fra den ene model til den anden. Dette er f.eks. sket med rumopvarmningsbehovene. For at kunne beregne dynamikken af opvarmningssystemet har det imidlertid også været nødvendigt at lade begge modeller foretage beregninger af det samme f.eks. af varmetabet af poolen.

Det vil derfor forekomme at de beregnede værdier ikke er helt de samme. I nedenstående tabel er der for poolhuset vist energimængderne som de indgår dels i beregningerne af husets varmebehov (fra tabel 1) og dels i beregningerne af opvarmningssystemet. Som det ses af tabellen er der for de fleste værdier tale om god overensstemmelse.

**Tabel 14 Sammenligning af værdier beregnet med husmodellen og med EMGP3**

	Hus-model			EMGP3				EMGP3			
	Alle energi mængder	El-forbrug	Kan leveres af varmesystem	Alle energi mængder	El-forbrug	Kan leveres af varmesystem	Kan leveres af varmesystem	leveres til radiatorer	leveres til VVB	leveres till spa	leveres til pool
	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
Beboelse opvarmning brændeovn	2,500			2,450							
Beboelse opvarmning varmesystem	6,460	6,460	6,460	6,510	6,510	6,510		6,510			
Varmetab fra spabad til poolrum	1,600	1,600	1,600	1,180	1,180	1,180				1,180	
Poolrum opvarmning				7,070	7,070	7,070	15,470	7,070			
Varmetab fra VVB til rum	7,470	7,470	7,470	140	140	140			140		
Varmetab fra pool til poolrum				570	570	570					570
Varmetab fra pool til jord	2,480	2,480	2,480	2,810	2,810	2,810	2,810				2,810
Badeværelse opvarmning	640	640		640	640						
Vandskifte pool	400	400	400	390	390	390	390				390
Vandskifte spabad	910	910	910	910	910	910	910			910	
Elforbrug affugter	1,080	1,080	0	1,080	1,080	0	0				
Varmt brugsvand	4,800	4,800	4,800	4,790	4,790	4,790	4,790		4,790		
Øvrige el-forbrug (lys, tv, sauna, ovn m.m.)	5,000	5,000		5,000	5,000						
<b>I alt</b>	<b>33,340</b>	<b>30,840</b>	<b>24,120</b>	<b>33,540</b>	<b>31,090</b>	<b>24,370</b>	<b>24,370</b>	<b>13,580</b>	<b>4,930</b>	<b>2,090</b>	<b>3,770</b>

*Tal med kursiv er ikke udregnet med EMGP3, men overtaget fra husmodellen*

## Appendiks 10 Datablade for varmepumper

CE IP 24		FIGHTER 2010-6	FIGHTER 2010-8
Afgivet/tilført effekt* ved 2/35° C ** (kW)		6,6/1,9	8,3/2,3
Afgivet/tilført effekt* ved 7/35° C ** (kW)		7,2/1,9	9,9/2,4
Afgivet/tilført effekt* ved -7/45° C ** (kW)		4,1/1,8	4,7/2,0
Afgivet/tilført effekt* ved 0/45° C ** (kW)		5,4/2,0	6,6/2,3
Afgivet/tilført effekt* ved 7/45° C ** (kW)		7,0/2,2	8,9/2,6
Afgivet/tilført effekt* ved -7/50° C ** (kW)		3,9/1,9	4,4/2,1
Afgivet/tilført effekt* ved 2/50° C ** (kW)		5,7/2,2	7,0/2,5
Afgivet/tilført effekt* ved 7/50° C ** (kW)		6,9/2,3	8,4/2,7
Afgivet/tilført effekt* ved 15/50° C ** (kW)		8,1/2,5	10,7/3,0
Startstrøm (A)		24	24
Indstilling af motorsikring (A)		6	7
Softstart-relæ		indgår som standard	
Driftsspænding		3 x 400 V + N + PE 50 Hz	
Kompressor		2-trins stempelkompressor	
Nominelt flow, varmbærer (l/sek.)		0,17	0,21
Internt trykfald ved nominelt flow (kPa)		1,8	1,6
Luftflow (m <sup>3</sup> /h)		1320/1750	

Figur 45 Fighter 2010-6 luft/væskeVP

CE IP 24		FIGHTER 2010-6	FIGHTER 2010-8
Afgivet/tilført effekt* ved 2/35° C ** (kW)		6,6/1,9	8,3/2,3
Afgivet/tilført effekt* ved 7/35° C ** (kW)		7,2/1,9	9,9/2,4
Afgivet/tilført effekt* ved -7/45° C ** (kW)		4,1/1,8	4,7/2,0
Afgivet/tilført effekt* ved 0/45° C ** (kW)		5,4/2,0	6,6/2,3
Afgivet/tilført effekt* ved 7/45° C ** (kW)		7,0/2,2	8,9/2,6
Afgivet/tilført effekt* ved -7/50° C ** (kW)		3,9/1,9	4,4/2,1
Afgivet/tilført effekt* ved 2/50° C ** (kW)		5,7/2,2	7,0/2,5
Afgivet/tilført effekt* ved 7/50° C ** (kW)		6,9/2,3	8,4/2,7
Afgivet/tilført effekt* ved 15/50° C ** (kW)		8,1/2,5	10,7/3,0
Startstrøm (A)		24	24
Indstilling af motorsikring (A)		6	7
Softstart-relæ		indgår som standard	
Driftsspænding		3 x 400 V + N + PE 50 Hz	
Kompressor		2-trins stempelkompressor	
Nominelt flow, varmbærer (l/sek.)		0,17	0,21
Internt trykfald ved nominelt flow (kPa)		1,8	1,6
Luftflow (m <sup>3</sup> /h)		1320/1750	

Figur 46 Fighter 1115 jord/væske VP

## Appendiks 11 Simulering af varmepumpen

I dette afsnit er det forsøgt at vurdere, hvordan varmepumpen kan beregnes under de forskellige temperaturforhold, som den skal arbejde under i et sommerhus, der nogle gange (når det er udlejet) skal opvarmes til 22 °C og nogle gange (når det ikke er i brug), skal opvarmes til f.eks. 6 °C. Endvidere skal varme måske nogle gange afleveres til pool eller spa.

Den teoretisk højeste opnåelige virkningsgrad for en varmepumpe kan udtrykkes ved Carnot virkningsgraden (Varmeståbi 3. udgave):

$$\varepsilon = \frac{T_v}{T_v - T_k}$$

I EMGP3 benyttes beregningsudtrykket:

$$COP = f_{COP} * \frac{T_{ci} + \Delta T_c}{(T_{ci} + \Delta T_c) - (T_{ei} - \Delta T_e)}$$

Hvor:

COP:	Effektfaktoren
$T_{ei}$ :	Indløbstemperatur til fordamperside
$T_{ci}$ :	Indløbstemperatur til kondensatorside
$\Delta T_e$ :	Gennemsnitlig temperaturforskel mellem indløbstemperatur fra den eksterne fordamperside og temperaturen af varmepumpens interne fordamperside. Temperaturforskellen antages at være konstant.
$\Delta T_c$ :	Gennemsnitlig temperaturforskel mellem temperaturen af varmepumpens interne kondensatorside og indløbstemperatur fra den eksterne kondensatorside. Temperaturforskellen antages at være konstant.
$f_{COP}$ :	Korrektionsfaktor som antages at være konstant. For mindre varmepumper er korrektionsfaktoren ofte mellem 0.4 og 0.6.

For at beregne varmepumpens ydelse skal effektfaktoren multipliceres med den effekt der tilføres varmepumpen. Denne må ligeledes antages konstant, men varierer i praksis afhængigt af temperaturforholdene.

Der kan formentlig i praksis være vanskeligt at få ovennævnte udtryk til at stemme overens med målinger i praksis. Da det imidlertid kan være vanskeligt at få opgivet tilstrækkelige måledata for varmepumper i handelen og i mangel af bedre udtryk er det forsøgt at arbejde videre med udtrykket.

For en enkelt varmepumpe med forholdsvis mange måledata er det undersøgt hvor god overensstemmelse der kan bringes mellem udtrykket og fabrikantens opgivne data.

Der er benyttet opgivne data fra Jysk Varmepumpe Tekniks hjemmeside for luft/vand varmepumpen LV2005:

Luft/vand-varmepumper - tekniske data

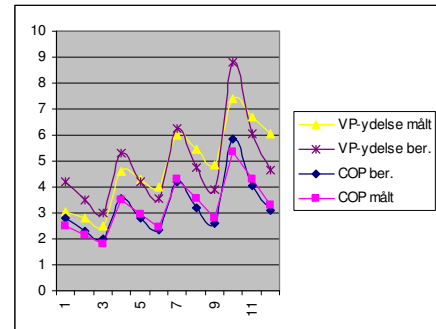
Kold side	Varm side	LV2005			
		Varme- ydelse kW	Tilf. effekt kW	Ren effekt- faktor	
Udeluftens temperatur °C	Afgangstemperatur °C				
	-7	35	3,05	1,22	2,50
		45	2,78	1,31	2,14
2		55	2,52	1,41	1,79
	-7	35	4,59	1,32	3,48
		45	4,30	1,48	2,96
7		55	4,00	1,64	2,44
	2	35	6,02	1,39	4,32
		45	5,43	1,56	3,55
15		55	4,85	1,74	2,79
	7	35	7,39	1,38	5,37
		45	6,72	1,61	4,32
		55	6,05	1,84	3,28

I nedenstående tabel og figur er angivet de målte værdier og de beregnede værdier for COP og VP-ydelse, idet der er benyttet værdierne

$\Delta T_e$ : 0°C.  
 $\Delta T_c$ : 0°C.  
 $f_{COP}$ : 0.38.

som giver den bedste overensstemmelse.

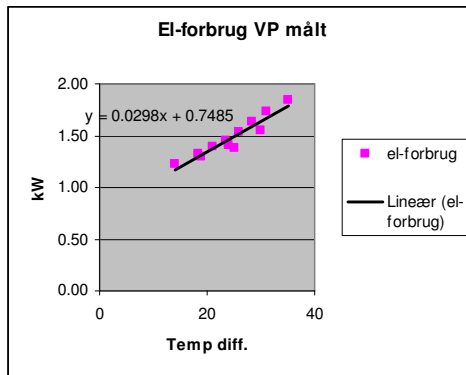
Tein	Tcin	Målt		Beregnet	
		COP	VP-ydelse	COP	VP-ydelse
-7	35	2.5	3.1	2.8	3.4
-7	45	2.1	2.8	2.3	3.1
-7	55	1.8	2.5	2.0	3.0
2	35	3.5	4.6	3.5	4.7
2	45	3.0	4.3	2.8	4.2
2	55	2.4	4.0	2.4	3.8
7	35	4.3	6.0	4.2	5.9
7	45	3.6	5.4	3.2	5.0
7	55	2.8	4.9	2.6	4.4
15	35	5.4	7.4	5.9	9.0
15	45	4.3	6.7	4.0	6.8
15	55	3.3	6.1	3.1	5.7



Der ses at være god overensstemmelse mellem målt og beregnet COP, medens der er større forskel på den beregnede og målte VP-ydelse. Forskellen skyldes især at den beregnede ydelse er beregnet med en konstant el-effekt, medens det fremgår af måleværdierne at pumpens el-forbrug også afhænger af temperaturforholdene.

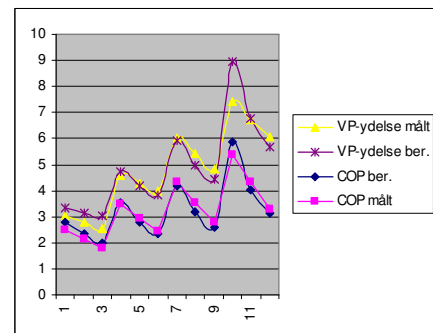
Dette betyder kun noget på de tidspunkter hvor pumpens maksimale ydelse er mindre end behovet. For disse tilfælde er det forsøgt at danne en formel hvor pumpens el-forbrug er udtryk som en lineær funktion af temperaturforskellen mellem kolde og varme side. Dette er afbildet på nedenstående figur





Ved at benytte den lineære sammenhæng for pumpens el-forbrug i stedet for en konstant værdi kan opnås bedre overensstemmelse (på nær et enkelt målepunkt) som vist i nedenstående tabel og figur:

Tein	Tcin	Målt		Beregnet	
		COP	VP-ydelse	COP	VP-ydelse
-7	35	2.5	3.1	2.8	3.4
-7	45	2.1	2.8	2.3	3.1
-7	55	1.8	2.5	2.0	3.0
2	35	3.5	4.6	3.5	4.7
2	45	3.0	4.3	2.8	4.2
2	55	2.4	4.0	2.4	3.8
7	35	4.3	6.0	4.2	5.9
7	45	3.6	5.4	3.2	5.0
7	55	2.8	4.9	2.6	4.4
15	35	5.4	7.4	5.9	9.0
15	45	4.3	6.7	4.0	6.8
15	55	3.3	6.1	3.1	5.7



Det er undersøgt hvor stor forskel der er på års-simuleringer med de to udtryk, idet udtrykket er udregnet for hver time i et år. For fordampertemperatur er benyttet udetemperaturen og for kondensatortemperaturen er benyttet henholdsvis 22, 35 og 52 °C. Som varmebehov er benyttet det simulerede behov for et sommerhus på i alt 7430 kWh og behovet multipliceret med 4 i alt 29720 kWh/år

Afvigelserne fremgår af tabellen og det ses at forskellen på at udregne varmepumpens ydelse med henholdsvis konstant effektforbrug og variabelt effektforbrug i de fleste tilfælde er lille. Da måledata for forskellige varmepumper i de fleste tilfælde er få og svære at benytte under andre temperaturforhold vurderes det at det er forsvarligt at benytte EMGP3s beregningsmetode, hvor der tages udgangspunkt i Carnot formelen samt benyttes et konstant varmepumpe-effektforbrug til det videre arbejde. I udtrykket er der ikke medregnet el-forbrug til cirkulationspumper. Dette vil dog nemt kunne tilføjes senere og vil formindske COP faktoren.

Ydelse (kWh/år)	varmebehov*1			varmebehov*4		
Temp ved aflevering	22	35	52	22	35	52
Konstant VPeffekt	7340	7145	6843	21587	17006	13021
Variabel VPeffekt	7138	6988	6850	18390	15712	13654
Afvigelse	3%	2%	0%	15%	8%	-5%

COP	varmebehov*1			varmebehov*4		
Temp ved aflevering	22	35	52	22	35	52
Konstant VPeffekt	5.2	3.5	2.5	5.3	3.7	2.5
Variabel VPeffekt	5.1	3.5	2.5	5.4	3.7	2.5
Afvigelse	1%	-1%	0%	-1%	-1%	0%

Den første beregningsmodel der er opstillet modellerer system 1 (alternativ 1). Der er dog benyttet ovennævnte varmepumpe som er en luft/vand varmepumpe i stedet for en luft/luft varmepumpe.

Modellen er endnu ikke afstemt med de rigtige parameterverdier.

Den første årssimulering giver følgende hovedtal:

kWh	solindfald	varmebeho v hus	VV behov	varme fra varmepum pe	elforbrug VP	COP VP	El patron VP	Sol til VVB	Sol til rumvarme	el-patron VVB
jan	25	1,106	248	1,042	210	5.0	18	37	13	255
feb	54	1,266	224	1,221	252	4.9	11	100	17	175
mar	73	1,434	248	1,390	261	5.3	8	134	31	174
apr	135	840	240	781	138	5.7	5	257	58	86
maj	162	214	248	196	33	6.0	0	341	25	29
jun	184	100	240	82	14	6.0	0	364	26	23
jul	163	49	248	34	6	6.0	0	349	25	23
aug	151	66	248	54	9	6.0	0	342	15	33
sep	105	311	240	290	49	6.0	1	245	20	79
okt	65	691	248	676	114	5.9	3	152	13	157
nov	36	466	240	434	72	6.0	0	74	9	213
dec	30	888	248	850	168	5.1	17	56	15	237
	1,182	7,431	2,920	7,050	1,325	5.3	64	2,452	268	1,484

Der er kun regnet med et hus uden pool. (varmtvandsbehovet er endnu ikke indsat afhængigt udlejningsperioden). Elpatron Vp betyder el-forbrug til el-patron eller el-radiatorer i de tilfælde VP ikke kan klare opvarmningen. El-patron VVB er supplerede el-til varmtvandsopvarmning.

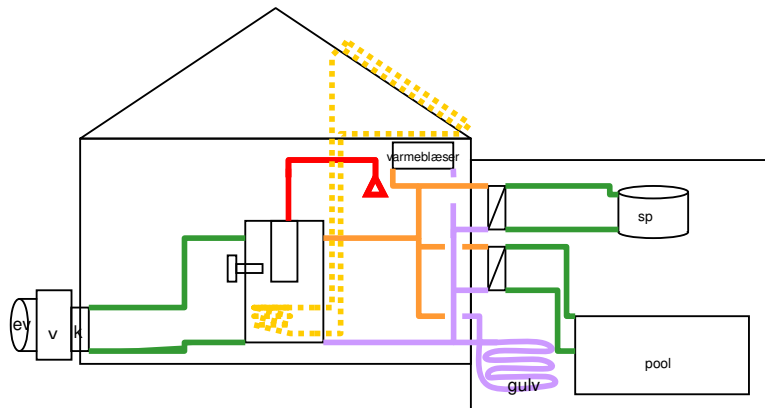
### Konklusion:

Der er opstillet en EMGP3 model som vurderes at kunne udbygges til at udregne ydelserne for de forskellige systemer.

## Appendiks 12 Alternative løsninger til poolhus (som ikke er beregnet)

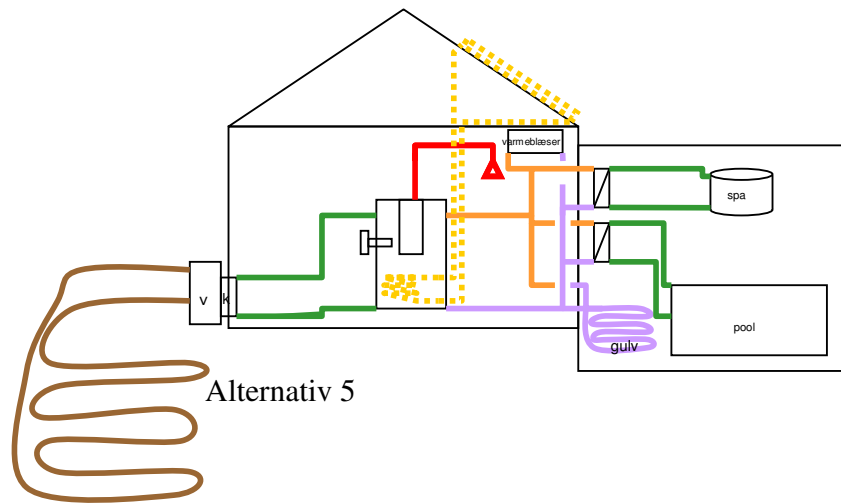
Tabel 15 Anlæg til poolhuse

		varmeforbrug	varmekilde	enhed	Lager	varmeafgi	Varmpumpe
poolhuse evt. spa	alternativ 4	rumvarme	udeluft	luft-væske	vandlager f.eks. VVM240	kalorifere/	Fighter 2010
		standvandsspa				veksler	
		pool				veksler	
		varmt vand			neddykket VVB	veksler	
poolhuse evt. spa	alternativ 5	rumvarme	jordslanger	væske-væske	vandlager	kalorifere/	Fighter 1110
		standvandsspa				veksler	
		pool				veksler	
		varmt vand			neddykket VVB	veksler	
	supplement til ovenstående	varmt vand	solfanger	solvarmeanlæg	vandlager	veksler	



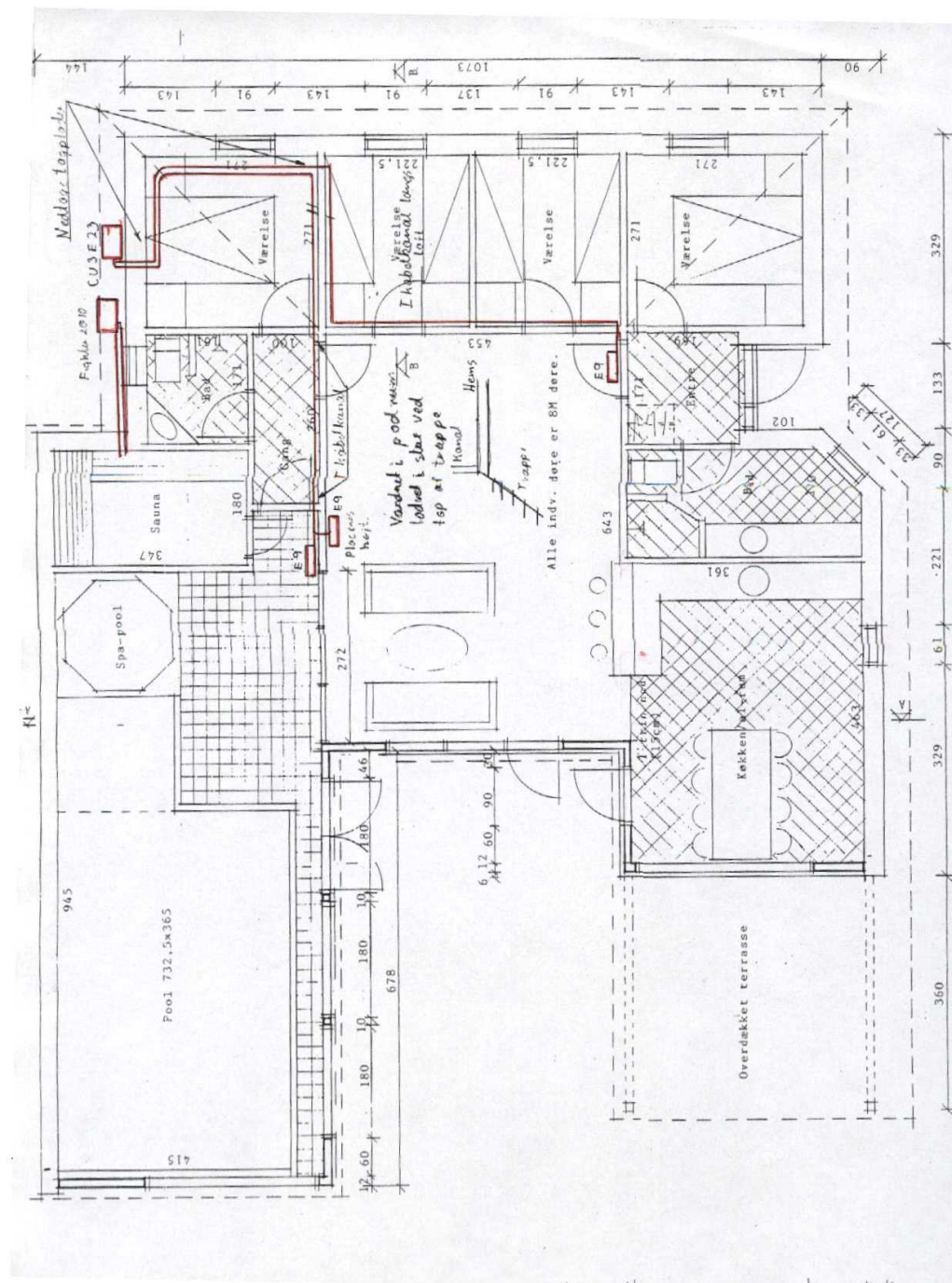
Alternativ 4

Figur 47, Alternativ 4 Luft/væske varmepumpe der leverer varme til et bufferlager der kan forsyne rumvarme, pool, spa og varmt vand

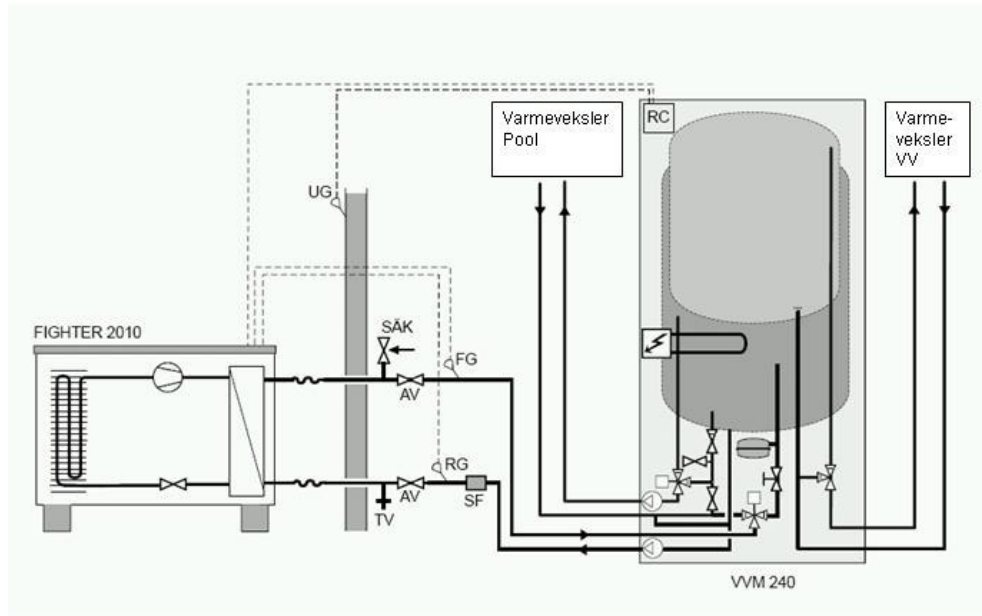


Figur 48 Alternativ 5 Som alternativ 4, men med jordslanger

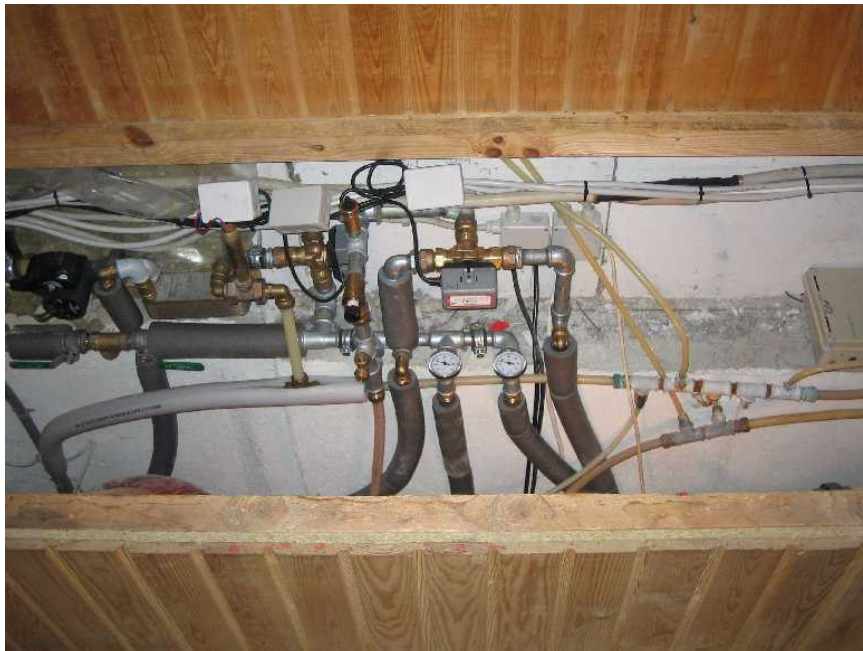
Appendiks 13 Prototypeanlæg - installation



Figur 49 Øer, Ebeltoft Plan af hus med VP installation



Figur 50 Princip for VP-installation pool-del Øer, Ebeltoft



Figur 51 Placering af komponenter under saunabænk Øer, Ebeltoft

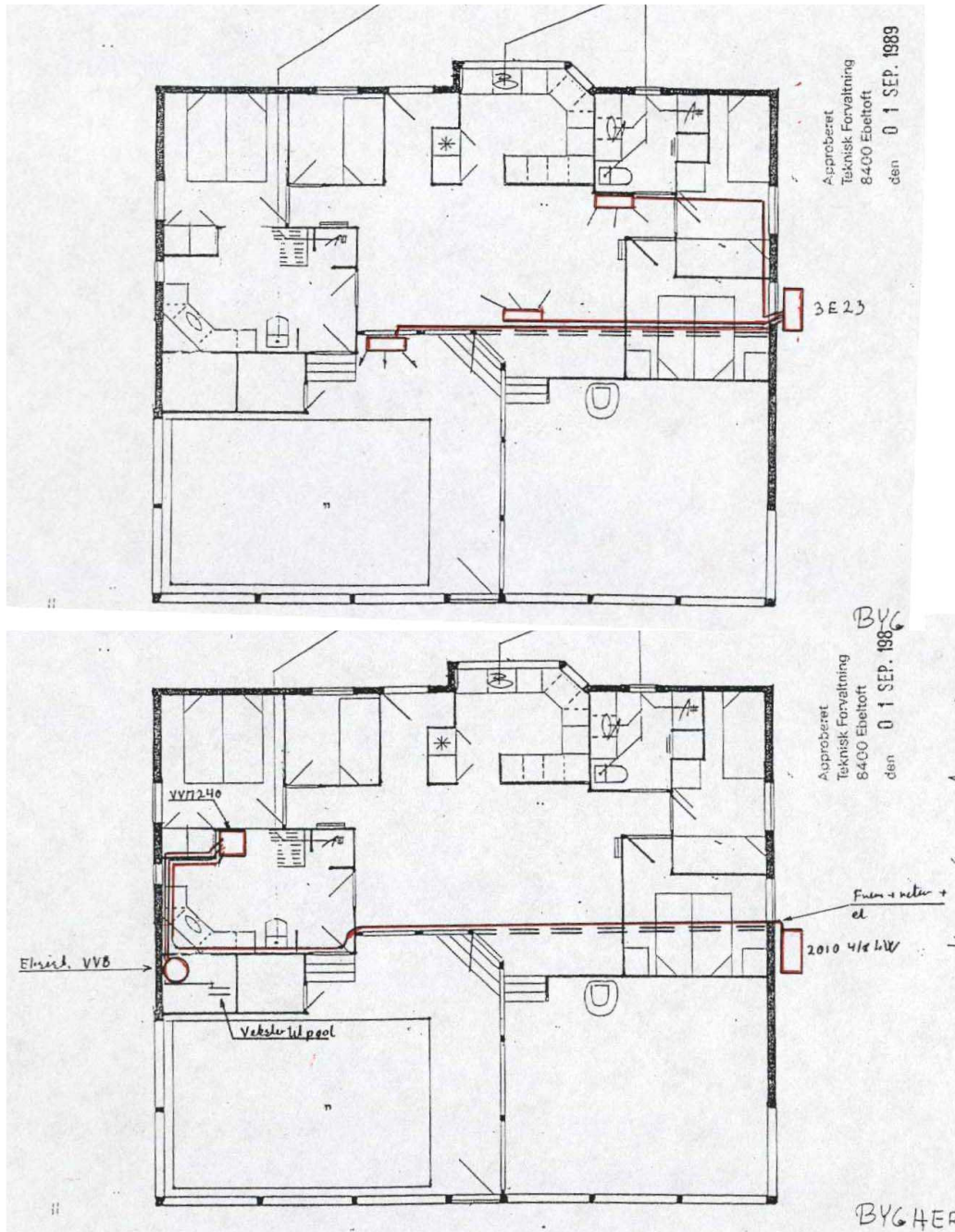


**Figur 52** Varmevexsler for poolopvarmning Øer, Ebeltoft



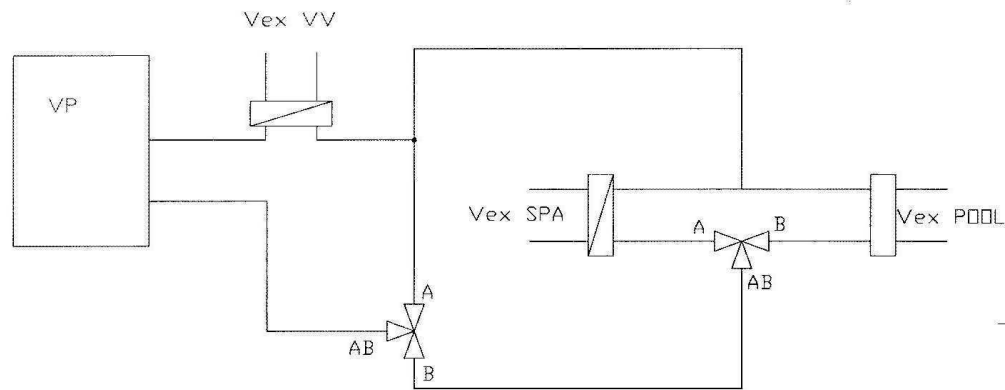
**Figur 53** Opvarmningsdel for rumvarme i pool placeret over dør, Øer Ebeltoft



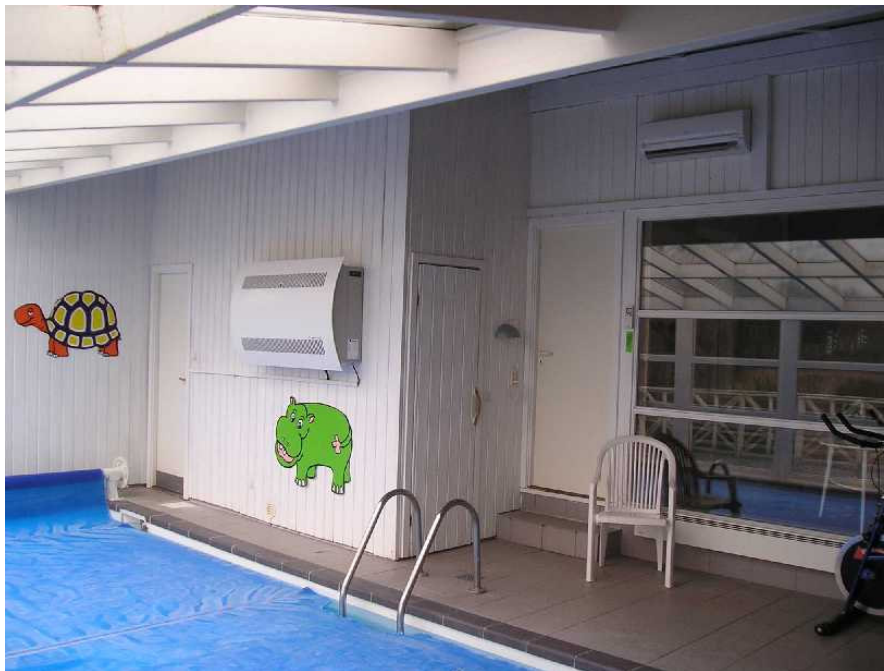


Figur 54 Knebel plan af hus med VP installation





**Figur 55 Princip for VP-installation pool-del, Knebel**



**Figur 56 Rumvarmedel placeret over glasvæg (Affugter placeret over flodhest) Knebel**



**Figur 57 Rumvarmedel i stue, Knebel**



**Figur 58 Ny varmtvandsbeholder med styringsautomatik for VP, Knebel**



**Figur 59** Udedel af luft-luft varmepumpe og luft-væske varmepumpe, Knebel

## Appendiks 14 Prototypeanlæg - anlægspriser

Økonomi Gåsehagevej 16, Øer, 8400 Ebeltoft!

Tekst	Antal	Pris	Pris i alt
Varmepumpe Fighter 2010 4/8 kW	1	20.500,00	20.500,00
Varmeveksler pool (CB27-100H m kappe(stativ)	1	7.214,00	7.214,00
Varmeveksler spa (CB27-70H m kappe/stativ)	1	5.647,00	5.647,00
Varmeveksler V/V (CB14-20H m kappe)	1	1.680,00	1.680,00
Flowswitch	1	1.500,00	1.500,00
Trykexpansion	1	350,00	350,00
3- vejs zoneventil 28 mm	2	1.450,00	2.900,00
Overstrømsventil	1	420,00	420,00
Kuglehane	2	220,00	440,00
Snavssamlere	1	110,00	110,00
Frostvæske	35	18,00	630,00
Samlesæt	1	350,00	350,00
Pumpe, UPS 25-60	1	1.200,00	1.200,00
Termometre	3	25,00	75,00
Unionsæt	1	100,00	100,00
Div rør/fittings, VVS	1	1.500,00	1.500,00
Div rør/fittings, Pool	1	1.000,00	1.000,00
VVS-montage	1	2.413,30	2.413,30
El-montage			6.125,00
			54.154,30
Panasonic 3E23 m. 3 x CSE9			21960
Div materialer			3500
Arbejdsløn			9000
			34460
Tavle med Elmåler og Varmemåler			5566
Arbejdsløn			8000
			13566
Pris i alt ekskl moms			102.180,30
Moms			25545,075
Pris i alt inkl moms			127.725,38

**Økonomi Fuglsøvig 210, 8420 Knebel!**

<b>Tekst</b>	<b>Antal</b>	<b>Pris stk</b>	<b>Pris i alt</b>	
Varmepumpe Fighter 2010 4/8 kW	1	20500	20500	
Beholder m. styring, VVM240	1	16875	16875	
Varmeveksler pool (CB27-100H m kappe(st	1	7.214,00	7214	
Snavssamlere	1	110,00	110	
Kuglehane	2	220,00	440	
Overstrømsventil	1	420,00	420	
Rør Ø22 mm, a' 25 x 2 m	25	50,00	1250	
Rørisolering 22 mm, a' 15 x 2 m	25	30,00	750	
Frostvæske	35	18,00	630	
Div pool-fittings	1	500,00	500	
Div VVS-fittings	1	1.500,00	1500	50189
VVS-montage			14000	
El-montage			6125	20125
Panasonic 3E23 m. 3 x CSE9			21960	
Div materialer			3500	
Arbejdsløn			9000	34460
Tavle med Elmåler og Varmemåler			5566	
Arbejdsløn			8000	13566
I alt ekskl moms				68151
moms				17037,75
I alt inkl moms				85188,75

## Appendiks 15 Afregning af energi fra varmepumpeanlæg eller solvarmeanlæg

Mange udlejningssommerhuse har et stort el-forbrug som det er i samfundets interesse at få nedbragt.

I udlejningssommerhuse vil en del af den elektricitet der bruges til opvarmning og varmt vand kunne nedbringes ved at benytte varmepumper og/eller solvarmeanlæg.

For at sommerhusejeren har et incitament til at investere i elbesparende anlæg vil det være nødvendigt at hans investering delvis kompenseres ved at lejereren også betaler for den varme der leveres fra det anlæg der er investeret i.

For sommerhuse, hvor der er investeret i anlæg til at nedbringe el-forbruget, er der derfor udformet andre afregningsregler for lejerens forbrug af energi end i sommerhuse med direkte el-opvarmning.

### Afregning af energi fra varmepumper

Efter hovedmåleren for elektricitet opsættes to el-målere.

Den ene måler den elektricitetsmængde der ikke går til drift af varmepumpen. Denne elektricitetsmængde afregnes efter de hidtil gældende tariffer.

Den anden el-måler måler den energi der benyttes til drift af varmepumperne). Da denne elektricitet omsættes til en ca. 3-4 gange så stor varmemængde er måleren indrettet således at den forbrugte el multipliceres med en faktor der svarer til varmepumpens virkningsgrad fratrukket 15 %. Virkningsgraden opgives af NREGI Danmark for hver enkelt installation eller udregnes af en anden sagkyndig i tilfælde af en anden installatør. De 15 % fratrækkes dels af hensyn til usikkerheden på bestemmelse af virkningsgraden og dels af hensyn til også at give lejereren en fordel af installationen.

dansommer kan endvidere beslutte at energien der afregnes fra varmepumpen afregnes til en lidt mindre tarif end elektriciteten for at give lejereren en yderligere fordel.

Ved lejerens ind- og udflytning er der således to målere i stedet for én som skal aflæses.

### Afregning af energi fra solvarmeanlæg.

Solvarmeanlæggets bidrag kan måles direkte ved at sætte en energimåler på det varme brugsvand der leveres fra solvarmeanlægget (eventuelt også en ekstra energimåler hvis der leveres varme til rumvarmen). Endvidere skal der sættes en timetæller på elpatronen i solvarmebeholderne for at måle, hvor stort et eltilskud i beholderen der har været.

Lejereren afregner el-forbruget efter den normale hovedmåler og solvarmeanlæggets ydelse efter energimåleren fratrukket energiforbruget til el-patronen der udregnes som antal timer (fra timetælleren) multipliceret med el-patronens effekt (oplyses af leverandøren). dansommer kan endvidere beslutte at energien der afregnes fra solvarmeanlægget afregnes til en lidt mindre tarif end elektriciteten for at give lejereren en fordel.

**Eksempel Varmepumpe:**

Luft til luft varmepumpe til rumopvarmning og luft – vand varmepumpe til pool, spa og VV

	Elforbrug ejer	Elforbrug lejer ex. El til VP	Elforbrug lejer VP	I alt el	Elforbrug VP lejer*faktor 3,4
	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
Før VP	4.425	25.725		30.150	
Med VP	2.296	9.161	4.163	15.620	14.154
	Ejers køb af el (1,49 kr/kWh)	Ejers indtægt af el excl. El til VP (1,7 kr/kWh)	Ejers indtægt for salg af VP energi (1,6 kr/kWh)	Resulterende indtægt/udgift	
	kr/år	kr/år	Kr/år	kr/år	
Før VP	-44.924	43.733		-1.191	
Med VP	-23.274	15.574	22.647	14.947	

Elforbruget til VP er multipliceret med en faktor 3,4 som er 85 % af forventet effektfaktor

	Uden VP	Med VP
<u>Skat</u>	kr	kr
Indtægt leje	200.000	200.000
indtægt salg af el	43.733	15.574
indtægt salg af VP energi		22.647
fradrag 7000 kr	-7.000	-7.000
fradrag 40% af resten	-94.693	-92.488
Kapitalindkomst	142.040	138.732
skat (42%) af indkomst	-59.657	-58.268
<u>Overskud</u>		
Indtægt leje	200.000	200.000
indtægt salg af el	43.733	15.574
indtægt salg af VP energi		22.647
skat (42%) af indkomst	-59.657	-58.268
køb af el	-44.924	-23.274
Overskud	139.152	156.679
overskudsforøgelse	0	17.527

Med en kampagne pris på 110.000 kr vil anlægget have en tilbagebetalingstid på  $110.000/17.527 = 6,2$  år

**Eksempel solvarmeanlæg**

	Elforbrug ejer	Elforbrug lejer	I alt el	Solgt solvarme
	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/år
Før solv	4.425	25.725	30.150	
Med Solv	3.662	21.282	24.944	4.443
	Ejers køb af el (1,49 kr/kWh)	Ejers indtægt af el (1,7 kr/kWh)	Ejers indtægt for salg af solvarme (1,6 kr/kWh)	Resulterende indtægt/udgift
	kr/år	kr/år	kr/år	kr/år
Før solv	-44.924	43.733		-1.191
Med solv	-37.167	36.179	7.109	6.122

Der er regnet med et 10 m<sup>2</sup> solvarmeanlæg.

	Uden solv	Med solv.
	kr	kr
<u>Skat</u>		
Indtægt leje	200.000	200.000
indtægt salg af el	43.733	36.179
indtægt salg af solvarme		7.109
fradrag 7000 kr	-7.000	-7.000
fradrag 40% af resten	-94.693	-94.515
kapitalindkomst	142.040	141.773
skat (42%) af indkomst	-59.657	-59.545
<u>Overskud</u>		
Indtægt leje	200.000	200.000
indtægt salg af el	43.733	36.179
indtægt salg af solvarme		7.109
skat (42%) af indkomst	-59.657	-59.545
køb af el	-44.924	-37.167
Overskud	139.152	146.577
overskudsforøgelse	0	7.425

Med en pris på solvarmeanlægget på 70.000 kr er anlæggets tilbagebetalingstid  
 $70.000/7425 = 9,4$  år