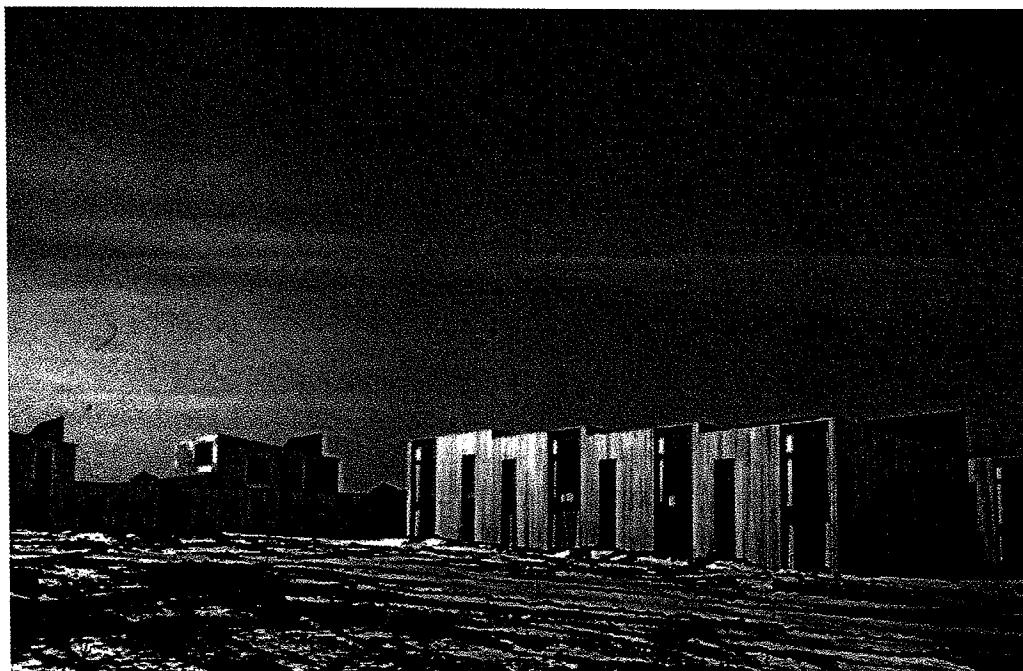


LAVENERGIRÆKKEHUSE

IEA – TASK 13

Målinger og beregninger

DTU



**RAPPORT
R-025**

FINN KRISTIANSEN

2000

ISSN 1396-4011

ISBN 87-7877-045-9

**INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET**





LAVENERGIRÆKKEHUSE

IEA – Task 13

Målinger og beregninger

Finn Kristiansen

**Rapport R-025
2000**

**INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET**

PROJEKTDELTAGERE

Finn Kristiansen,	forskningsadjunkt, civilingeniør
Bjarne Saxhof,	forskningslektor, civilingeniør (til maj 1998)
Kirsten Engelund Thomsen,	forskningslektor, civilingeniør (til februar 1998)
Jørgen Schultz,	forskningslektor, civilingeniør
Mogens Jørgensen,	elektronikmekaniker, ingeniørassistent
Poul Dedenroth,	maskinarbejder
Lars Kæstel Jørgensen,	elektronikmekaniker

FORORD

Denne rapport afslutter fase 5, 6 og 7 i projekterne "Avanceret dansk lavenerghus, IEA, Solar Heating & Cooling Programme, Task 13". Projekterne er støttet af Energistyrelsens Energiforskningsprogrammer (EFP), journalnummer 1213/93-0002, 1213/94-0010 og 1213/95-0012.

Formålet med projekterne var at være med i IEA Task13 arbejdet med analyse, videnudveksling, projekteringssamarbejde, opførelse samt målinger på de færdige lavenergirækkehushusboliger.

Formålet med fase 7 var at måle energiforbruget for 2 forskellige typer lavenergirækkehushusboliger. Formålet var desuden at finde energiforbrugene af de forskellige el- og varmeinstallationer, der anvendes i lejlighederne og yderligere at sammenholde målinger med beregninger.

De 2 lavenergiboliger ligger i bebyggelsen Solrækkehusene i Vonsild Syd i Kolding kommune. Bebyggelsen består i alt af 33 boliger fordelt på 6 blokke i to etager. Der findes 4 forskellige boligtyper A, B, C og D. Byggeriet stod færdigt i foråret 1996.

Måleudstyr blev monteret i de 2 lavenergiboliger, som er af type A og C, i forbindelse med færdiggørelsen. De første testmålinger blev påbegyndt i sommeren 1996. I foråret 1997 blev de egentlige målingerne sat i gang. Målinger for et år gående fra 1. marts 1997 til 28. februar 1998 er blevet analyseret. Dataopsamlingen blev afsluttet i efteråret 1999.

Den ene bolig der er målt på har facaden orienteret øst-vest og den anden har facaden mod nord-syd. De to nævnte lejligheder har fået monteret specielle lavenergiruder. Desuden har den ene lejlighed fået monteret et ventilationsanlæg med varmegenvinding samt fået installeret et lavenergikøleskab.

Måleprojektet er gennemført i perioden 27/2-95 til forår 2000.

RESUMÉ

I 1990 startede et projektforløb under Energistyrelsens Energiforskningsprogram EFP med det formål at projektere to lavenerghustyper, udformet til mindre rækkehusbebyggelser i 2 etager. Vinduesorienteringen har stor betydning for bygningers varmebehov og da det ikke altid er muligt at lægge husrækkerne øst/vest som det er gjort i det ene tilfælde, blev den anden en rækkehustype med nord/syd retning.

Ovennævnte projekter gav mulighed for deltagelse i det internationale lavenerghussamarbejde "Advanced Solar Low-Energy Buildings" i Task 13 under IEA-programmet "Solar Heating & Cooling Programme". I forbindelse med Task 13 arbejdet blev de to hustyper videreudviklet.

Efter en del forhandlinger med forskellige bygherrer lykkedes det til sidst af finde en bygherre, Den Almennyttige Andelsboligforening GRØNNEVANG, som ville lade opføre en rækkehusbobygelse med 33 boliger med forskellige ekstra tiltag, i forhold til normalt byggeri, som følgende:

- ekstra isolering i klimaskærmen
- lavenergruder med en U-værdi på $1,5 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$
- passiv udnyttelse af solvarme
- aktiv solvarme til det varme brugsvand
- ventilation med varmegenvinding i en del af boligerne
- lavtemperatur varmeanlæg (gulv- og luftvarme) med individuel energimåler
- CTS-anlæg og energimålere
- vand- og elbesparelser
- lavtemperatur fjernvarme med pulsdrift fra lokalt kraftvarmeværk
- nedsvivning af regnvand

Det skulle med ovenstående energimæssige tiltag være muligt at nedbringe energitilførslen til boligerne til $70-80 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ mod det normale på $160-180 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$.

To boliger én type A og C, henholdsvis på $87,2 \text{ m}^2$ og $89,4 \text{ m}^2$ også benævnt som Task 13 boliger, i rækkehusbobygelsen fik derudover monteret ekstra gode lavenergivinduer med en U-værdi på $0,8 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$. Desuden blev der i boligtype A monteret et individuelt varmegenvindningsanlæg og installeret et lavenergikøleskab.

I 1995 begyndte opførelsen af de 33 rækkehusboliger i Vonsild Syd i Kolding kommune. Byggeriet stod færdigt i foråret 1996. Herefter blev der, i de to Task 13 boliger type A med husnummer 56 og i type C med husnummer 34, installeret måleudstyr til måling af boligernes forskellige el- og varmeforbrug.

Målinger fra en periode på et år gående fra marts 1997 til februar 1998 blev udvalgt og viderebehandlet.

For bolig nr. 34, type C var det samlede årlige energiforbrug på 5890 kWh eller 67 kWh/m^2 med 2700 kWh til el og 3190 kWh til opvarmning og varmt brugsvand. Forbruget er lidt mindre end det, som var målet. Dette skyldes delvis, at det centrale ventilationsanlæg har været slukket i ca. 9 måneder pga. støj samt en defekt regulator, hvorved luftskiftet sandsynligvis har været mindre end de forudsatte $0,5 \text{ h}^{-1}$.

For bolig nr. 56, type A var det samlede årlige energiforbrug på 10760 kWh eller 123 kWh/m² med 3220 kWh til el og 7540 kWh til opvarmning og varmt brugsvand. Forbruget er noget større end det, som var målet. Dette skyldes dels:

- at solfangeranlægget ikke har leveret de ca. 1000 kWh til varmtvandsbeholderen som var forventet
- at ventilationsindblæsningen har været slukket pga. at beboerne har været generet af kold indblæsningsluft
- samt at der har været et ekstra strømforbrug da der har været installeret et mobilt airconditionsanlæg pga. at det er blevet meget varmt i boligen især om sommeren.

Da energiforbrugene i boligerne er meget afhængige af brugerantal samt brugeradfærd er der foretaget tsbi3 beregninger under forskellige forhold for at kunne henføre målingerne til nogle sammenlignelige forhold.

For bolig nr. 34 type C viser beregninger at energiforbruget kan reduceres til 56 kWh/m² ved "standardforhold, ideelle forhold".

For bolig nr. 56 type A viser beregninger at energiforbruget kan reduceres til 43 kWh/m² ved "standardforhold, ideelle forhold".

Afvigelsen mellem beregning og måling skyldes dels, at det skønnede gratisvarmebidrag fra personer og el i beregninger er noget usikker, og dels at beregningerne er baseret på referenceårs data og ikke de faktiske klimaforhold.

Samlet kan det konkluderes at brugerforholdene og ikke mindst funktionen af de energitekniske installationer har stor indflydelse på energiforbrugene.

I forbindelse med målearbejde samt ved telefonsamtaler er der blevet indsamlet erfaringer, kommentarer samt kritik fra beboerne i de to boliger, som har givet mange nyttige oplysninger om boligens funktion.

Energiforbrugene i boligerne er en del afhængig af antallet af beboere og deres brugeradfærd. Brugeradfærdens er til dels betinget af energitekniske løsninger, som ikke har virket i en del af måleperioden (ventilation, solfangeranlæg) eller, som har været svære at styre (rumvarme, solindfald, ventilation).

Forudsættes korrekte energitekniske løsninger samt ideel brugeradfærd, viser målinger og beregninger rimelig overensstemmelse. Dvs. at man kan opnå et forbrug ved standardforhold (rumtemperatur 20°C og varmegenvinding på 80 %) på mindre end 70-80 kWh/m² boligareal.

Der bliver meget varmt i boligerne især om sommeren. Dette er til stor gene for beboerne. Overophedningen af boligerne om sommeren, må nok siges at være det største komfortproblem generelt for bebyggelsen. Solafskærmning eller anden foranstaltning til at hindre overtemperaturer i boligerne ville være ønskeligt og må siges at være påkrævet ved lignende byggerier i fremtiden.

Der har generelt været problemer med forskellige regulerings-, styrings- og føleranordninger i bebyggelsen.

SUMMARY

In 1990 a sequence of projects under the Danish Energy Agency's Energy Research Programme EFP was launched with the object of projecting two types of low-energy houses, designed for small terrace houses of two storeys. The orientation of the windows is of great significance to the heat demand of buildings, and as it is not always possible to place the row houses east/west as was done in one case, the other type was a terrace house of north/south orientation.

The above-mentioned projects made it possible to participate in the international co-operation on low-energy houses "Advanced Solar Low-Energy Buildings" in Task 13 under the IEA-programme "Solar Heating & Cooling Programme". In connection with Task 13 the two types of houses were further developed.

Finally, after some negotiations with various building owners, the non-profit making co-operative housing association (Den Almennyttige Andelsboligforening) GRØNNEVANG agreed to build terrace houses with 33 dwellings with various extra initiatives, compared with normal buildings, as follows:

- extra insulation in the thermal envelope
- low-energy glazings with an U-value of $1.5 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$
- passive utilization of solar energy
- active solar energy for domestic hot water
- heat recovery ventilation in some of the dwellings
- low-temperature heating system (floor heating and air heating) with individual energy meter
- CTS system and energy meters
- water saving and electricity saving
- low-temperature district heating with pulse operation from local combined power and heating plant station
- percolation of rain water

With the above-mentioned energy initiatives it should be possible to reduce the energy supply to the dwellings to $70-80 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$ compared with the normal supply of $160-180 \text{ kWh/m}^2/\text{year}$.

In addition, two dwellings of the terrace houses, types A and C of 87.2 m^2 and 89.4 m^2 respectively, also designated Task 13 dwellings, had extra good low-energy windows installed with an U-value of $0.8 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$. Furthermore, an individual heat recovery system and a low-energy refrigerator were installed in dwelling type A.

The building of the 33 terrace house dwellings in Vonsild Syd in the municipality of Kolding was launched in 1995 and it was finished in the spring of 1996. Subsequently, measuring equipment was installed in the two Task 13 dwellings, type A with number 56 and type C with number 34, to measure the different consumption of electricity and heat.

Measurements from a period of one year from March 1997 to February 1998 were chosen and further processed.

The total annual energy consumption of dwelling no. 34, type C, was 5890 kWh or 67 kWh/m^2 , with 2700 kWh for electricity and 3190 kWh for heating and domestic hot water. The consumption is somewhat smaller than was the target. This is partly because the central ventilation plant

has been turned off for ca. 9 months owing to noise and a defective regulator for which reason the air change has probably been smaller than the assumed 0.5 h^{-1} .

The total annual energy consumption of dwelling no. 56, type A, was 10760 kWh or 123 kWh/m^2 , with 3220 kWh for electricity and 7540 kWh for heating and domestic hot water. The consumption is somewhat larger than was the target. This is partly because:

- the solar heating system has not produced the ca. 1000 kWh for the hot-water tank as expected.
- that the ventilation inlet has been turned off because the occupants were annoyed by cold inlet air.
- that there has been an extra power consumption as a mobile air-conditioning system has been installed because it was very hot in the dwelling, especially in the summer.

As the energy consumption in the dwellings is heavily dependent on the number and behaviour of the users, tsbi3 calculations have been made under different conditions to be able to refer the measurements to comparable conditions.

Calculations made for dwelling no. 34, type C, show that the energy consumption can be reduced to 56 kWh/m^2 at "standard conditions, ideal conditions".

Calculations made for dwelling no. 56, type A, show that the energy consumption can be reduced to 43 kWh/m^2 at "standard conditions, ideal conditions".

The aberration between calculation and measurement is partly due to the fact that the estimated free heat contribution from persons and electricity in calculations is somewhat doubtful and partly that other weather data have been used in the two cases.

Taken together, it can be concluded that the user conditions and especially the functioning of the installations in terms of energy have a great influence on the consumption of energy.

In connection with the practical work and telephone conversations, experience, comments and criticism were gathered from the occupants of the two dwellings, giving much useful information on the function of the dwelling.

The energy consumption of the dwellings depends on the number of occupants and their behaviour. To a certain extent the behaviour of the user depends on solutions in terms of energy which have **not** worked in some part of the period of measurement (ventilation, solar collector system) or which have been **difficult** to control (room heat, solar radiation, ventilation).

If correct solutions in terms of energy and ideal behaviour of the user are presupposed, measurements and calculations show satisfactory agreement. I.e., at standard conditions (a room temperature of 20°C and a heat recovery of 80 %) a consumption of less than $70-80 \text{ kWh/m}^2$ can be obtained.

It becomes very hot in the dwellings, especially in summer. This is very inconvenient for the occupants. Generally speaking, the superheating of the dwellings in summer is probably the largest comfort problem to the buildings. Solar screens or other provisions to prevent excess

temperatures in the dwellings would be desirable and must be said to be necessary in similar buildings in the future.

On the whole there have been problems with various regulation, control and feeler devices in the buildings.

	side
FORORD.....	iii
RESUMÉ.....	v
SUMMARY.....	vii
INDHOLDSFORTEGNELSE	xi
1. INDLEDNING	1
2. BESKRIVELSE AF DE 2 LAVENERGIBOLIGER	5
2.1 Bolig nr. 34, type C	5
2.2 Bolig nr. 56, type A.....	6
2.3 Konstruktioner.....	8
2.4 Varme- og ventilationssystemer.....	10
2.4.1 Bolig nr. 34	10
2.4.2 Bolig nr. 56	10
3. MÅLESYSTEM.....	13
3.1 Vejrstation	13
3.2 Bolig nr. 34.....	13
3.3 Bolig nr. 56.....	14
3.4 Varmevækslerrum.....	14
3.5 Skur ved bolig nr. 34	15
4. MÅLINGER.....	17
4.1 Forbrug og ydelser	17
4.1.1 Bolig nr. 34, type C, 89,4 m ²	17
4.1.2 Bolig nr. 56, type A, 87,2 m ²	24
4.2 Temperaturer i bolig nr. 34	31
4.3 Temperaturer i bolig nr. 56	32
4.4 Beregning af ventilation i bolig nr. 56	34
4.5 Temperaturer om sommeren	36
5. SIMULERINGER	39
5.1 Bolig nr. 34. Rækkehus med øst/vestvendte facader	40
5.2 Bolig nr. 56. Rækkehus med nord/sydvendte facader.....	43
6. BEBOER-ERFARINGER	47
6.1 Bolig nr. 34.....	47
6.2 Bolig nr. 56.....	47
7. KONKLUSION.....	49
7.1 Bolig nr. 34.....	49
7.2 Bolig nr. 56.....	50
Sammenfatning	50

8. REFERENCER	53
9. LITTERATURLISTE.....	55
APPENDIX	57

1. INDLEDNING

I 1990 startede et projekt under EFP-89 og 90 programmet, med det formål at projektere to lav-energihustyper, udformet til mindre rækkehusebyggelser i 2 etager. Grunden til, at der blev udviklet to forskellige hustyper er, at vinduesorienteringen har stor betydning for bygningers varmebehov. Det er ikke altid muligt at lægge husrækkerne øst-vest, som det er gjort i den ene hustype, så sydsolen kan udnyttes optimalt. Den anden nye hustype, hvor rækkerne ligger nord-syd har også fået en god udnyttelse af sollyset idet rækkerne på 1. sal er opført med et stort sydvendt vindue.

Ovennævnte projekter gav mulighed for deltagelse i det internationale lavenergihussamarbejde "Advanced Solar Low-Energy Buildings" i Task 13 under IEA-programmet "Solar Heating & Cooling Programme". I forbindelse med Task 13 arbejdet blev de to hustyper videreudviklet.

Målet med de nye hustyper var at opnå et meget lavt totalt energiforbrug, dvs. mindre end en 1/3 af kravene i Bygningsreglementet fra 1985 (BRS-85), ikke alene til opvarmning og varmt brugsvand, men også til belysning og el-apparater. Derfor er der bl.a. lagt vægt på gode dagslysforhold.

Det danske edb-program tsbi3 er blevet brugt til en serie parameterstudier vedrørende udformningen af klimaskærmen samt til beregning af energiforbruget for de to hustyper. EMGP3, der er udviklet under EU's forskningsprogrammer, er benyttet til foreløbige beregninger for et aktivt low-flow solvarmesystem til rumopvarmning og varmt brugsvand.

Det viste sig senere, at den eneste mulighed for at få realiseret byggeriet, var at bygge rækkehuse under Boligministeriets særlige kvoter til udviklingsbyggeri. Det var derfor nødvendigt at redesigne byggeriet, således at de opfyldte de ret strenge krav til økonomi og boligstørrelser for statsstøttet byggeri.

Efter en del forhandlinger med forskellige bygherrer lykkedes det til sidst af finde en bygherre Den Almennyttige Andelsboligforening GRØNNEVANG, som ville lade opføre en rækkehusebygelse med 33 boliger med forskellige ekstra tiltag, i forhold til normalt byggeri, som følgende:

- ekstra isolering i klimaskærmen
- lavenergiruder med en U-værdi på $1,5 \text{ W/K}^2$
- passiv udnyttelse af solvarme
- aktiv solvarme til det varme brugsvand
- ventilation med varmegenvinding i en del af boligerne
- lavtemperatur varmeanlæg (gulv- og luftvarme) med individuel energimåler
- CTS-anlæg og energimålere
- vand- og elbesparelser
- lavtemperatur fjernvarme med pulsdrift fra lokalt kraftvarmeværk
- nedsvining af regnvand

To boliger type A og C, også benævnt som Task 13 boliger, i rækkehusebyggelsen fik derudover monteret ekstra gode lavenergivinduer med en U-værdi på $0,8 \text{ W/K}^2$. Desuden blev der i boligtype A monteret et individuelt varmegenvindingsanlæg og installeret et lavenergikøleskab.

Institut for Bygninger og Energi (IBE) installerede en del måleudstyr for at fastlægge de forskellige energimængder til f.eks. rumvarme, solvarme og el, som der indgår i boligerne.

Det skulle med ovenstående energimæssige tiltag være muligt at nedbringe energitilførslen til boligerne til 70-80 kWh/m²/år mod det normale på 160-180 kWh/m²/år.

I 1995 begyndte opførelsen af de 33 rækkehusboliger i Vonsild Syd i Kolding kommune. Byggeriet stod færdigt i foråret 1996 og består af 6 blokke, hvor 4 blokke er orienteret øst-vest med 2- og 3-værels boliger mens 2 blokke ligger nord-syd med 2- og 4-værels boliger. Der findes 4 forskellige boligtyper. Disse er fordelt som følger:

- type A: 15 stk. 3-værels boliger på 87,2 m²
- type B: 8 stk. 2-værels boliger på 70,1 m²
- type C: 5 stk. 4-værels boliger på 89,4 m²
- type D: 5 stk. 2-værels boliger på 67,0 m²

Desuden indeholder bebyggelsen et fælleshus på 84 m² med et mindre vaskeri.



Figur 1.1. Rækkehusbebyggelsen set fra vest.

På forsiden af rapporten ses bebyggelsen fra syd-øst.

Bygningerne ligger i et kuperet terræn med en mindre sø, hvortil regnvandet føres. Fra bebyggelsen er der udsigt ud over marker mod syd-øst.

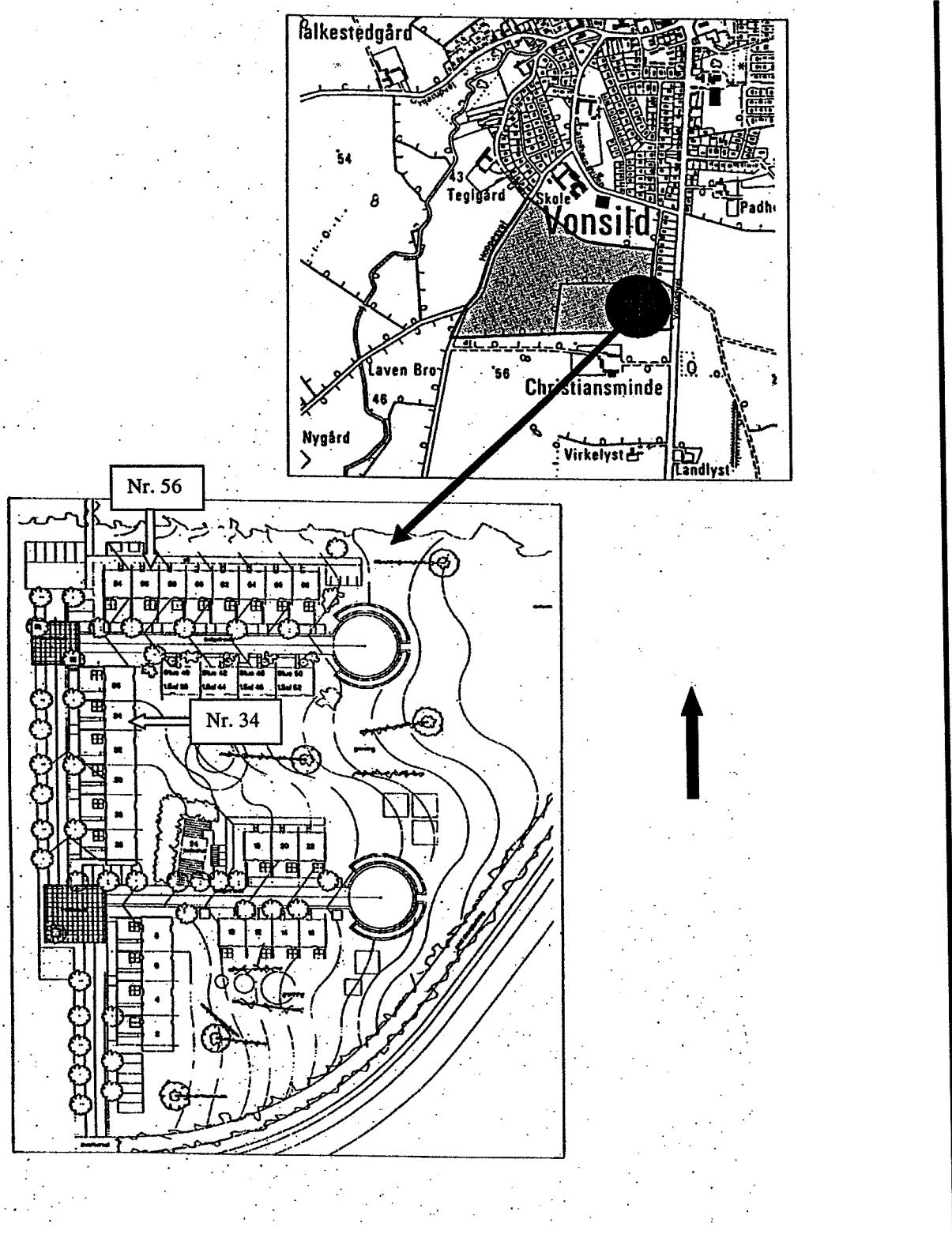
På facaderne er der anvendt cedertræ og plader af aluminium/zink. På taget er der anvendt tagpap på de flade partier og aluminium-zink på de hældende. Indvendigt i boligerne er der hvide vægge og loftes, bøgeparketgulve og mosaikskifer på gulve i bad. I de store boliger type A og C er der store glaspartier og dobbelthøje rum.

I de to Task 13 boliger blev der i løbet af 1996 installeret måleudstyr til måling af energiforbruget af boligernes forskellige el- og varmeinstallationer. Desuden blev der målt et antal luft- og væsketemperaturer samt luftfugtighed i boligerne. En vejrstation, som mäter lufttemperatur og -fugtighed samt solindfald på vandret, på 45° syd samt på en lodret sydvendt flade, blev monteret på sydenden af blok 3. De endelige målinger startede i foråret 1997 og dataopsamlingen sluttede i efteråret 1999.

Målingerne og beregninger skal vise om målet med energitiltagene er nået.

Nedenstående figur 2 viser en plan over området ved Solrækkehuse.

Den ene Task 13 bolig type A med husnummer 56 ligger i blok 1 og den anden type C ligger i blok 3 og har husnummer 34.

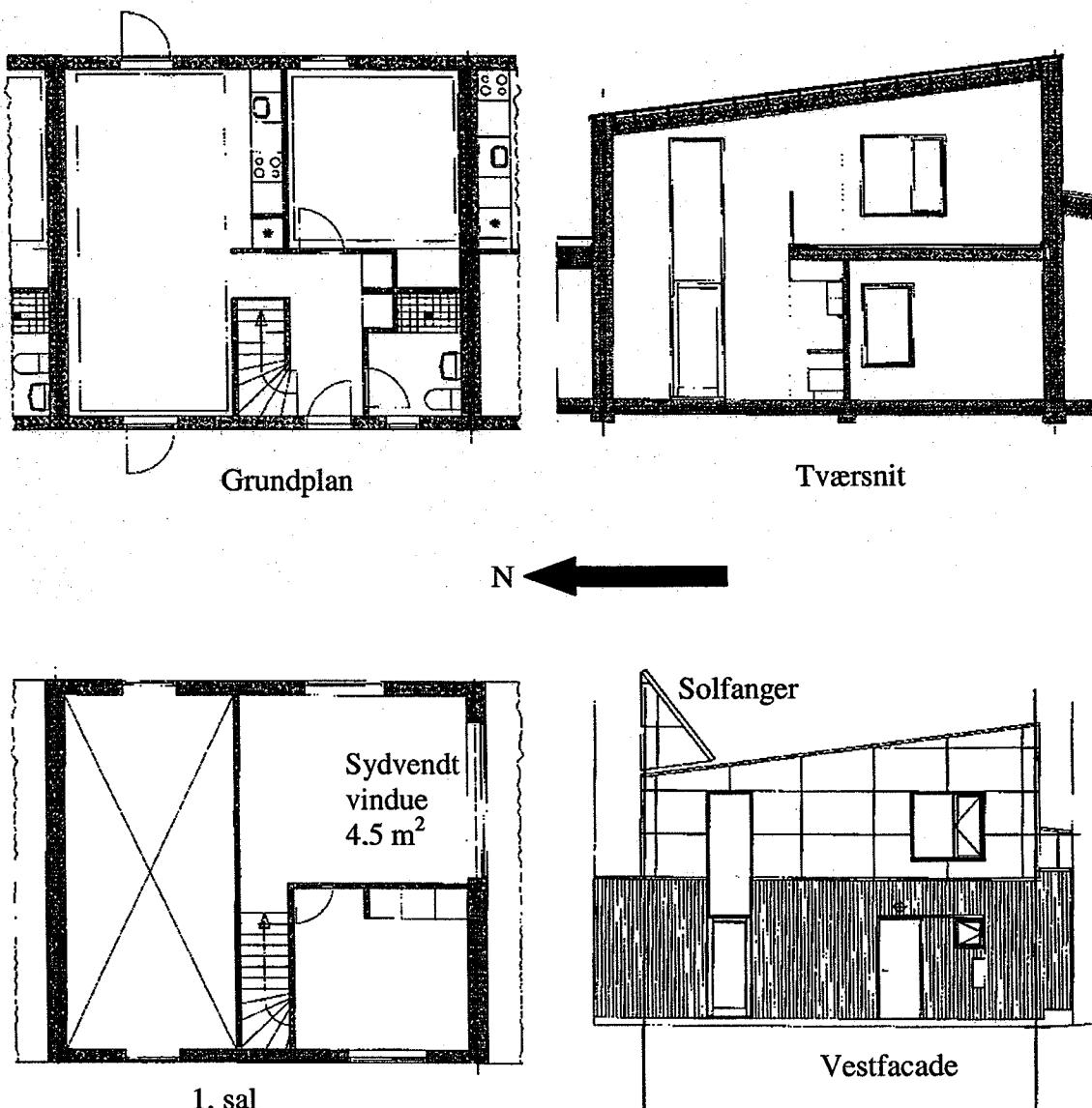


Figur 1.2. Plan over rækkehusbebyggelsen Solsikkehaven i Vonsild Syd ved Kolding /1/.
Nordretning opad.

2. BESKRIVELSE AF DE 2 LAVENERGIBOLIGER

2.1 Bolig nr. 34, type C

Task 13 bolig type C ligger nord-syd med øst-vest vendte facader. Denne 2-etagers bolig har et totalt boligareal på 89,4 m². vinduesarealet er 17 m², heraf 4,5 m² er sydvendt, og resten er øst- og vestvendte med ca. 50 % til hver, svarende til 19 % af gulvarealet. De et-etagers boliger som støder op til de 2-etagers boliger, samt taghældningen gør det muligt i de 2-etagers boliger at have et stort sydvendt vindue 4,5 m² højt oppe på væggen, hvilket gør det muligt at få direkte sollys på mezzanindækket på 1. sal samt i det dobbelthøje alrum. Stuen på 1. sal (mezzanindækket) er kun adskilt fra det dobbelthøje alrum med et rækværk.



Figur 2.1. Plan, tværsnit og vestfacade af bolig nr. 34 type C fra /2/.

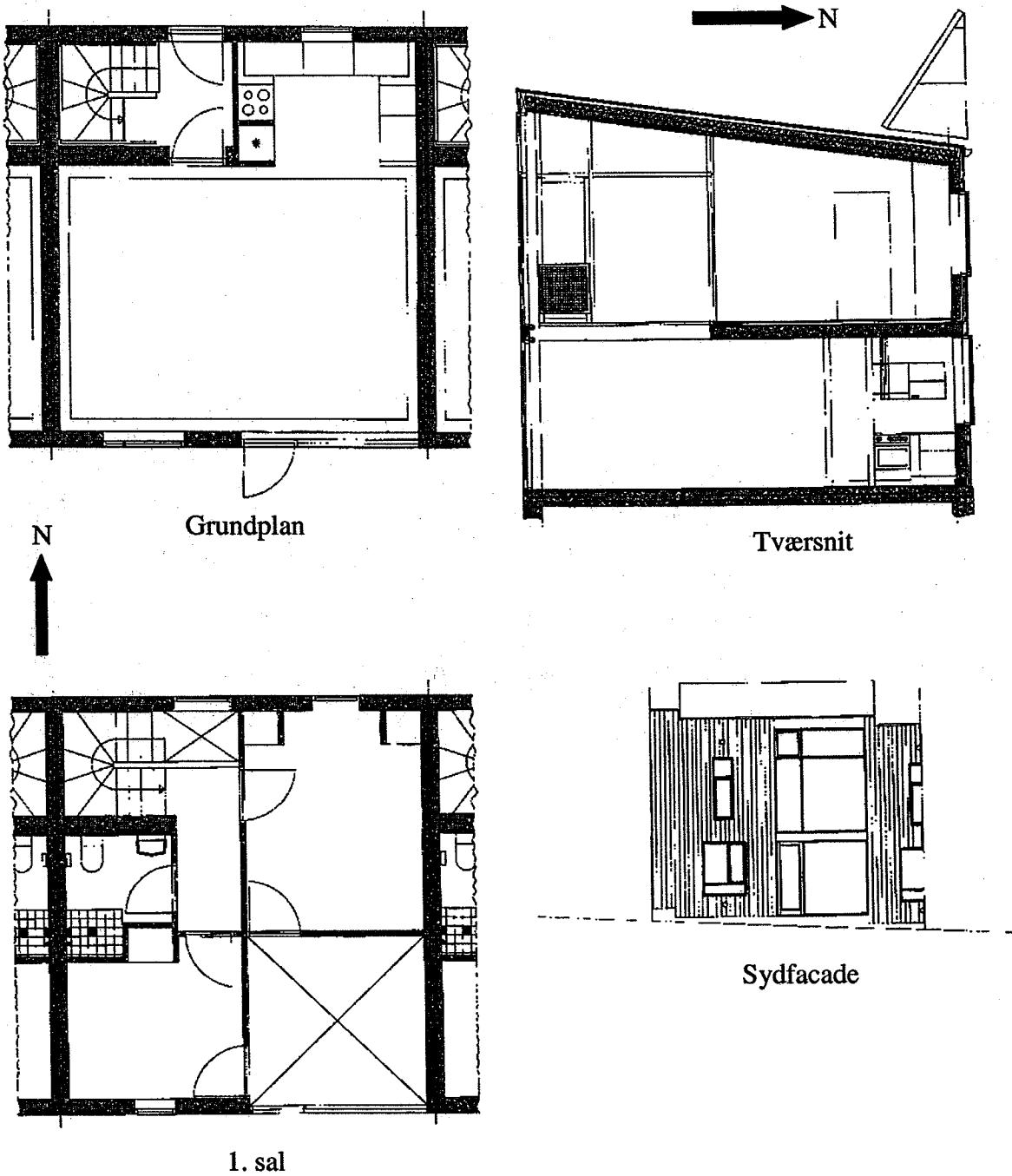
I nedenstående figur 2.2 ses vestfacaden af rækkehuseblokken, hvor boligtype C nr. 34 indgår. Bolig nr. 34 ses med den metalagtige overbygning (førstesal) med det store $4,5 \text{ m}^2$ store sydvendte vindue til højre i overbygningen. Helt til venstre i billedeet ses træskuret, hvor computerudstyret til data-opsamlingen er placeret.



Figur 2.2. Vestfacade af rækkehuseblok, hvor Task 13 boligtype C med husnummer 34 indgår.

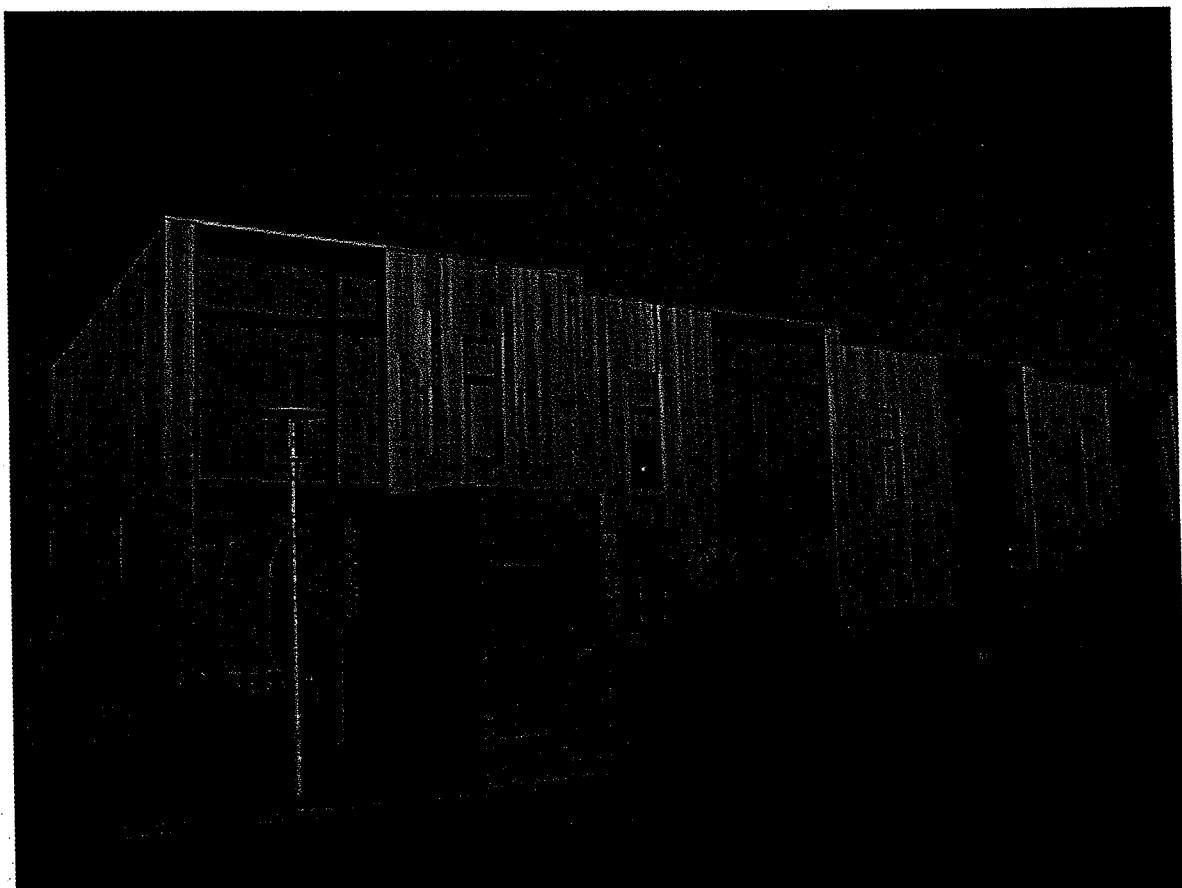
2.2. Bolig nr. 56, type A

Task 13 boligtype A ligger i en øst-vest række med facader mod nord og syd. Boligen har adressen Solsikkehaven nr. 56. Denne 2-etagers bolig har et totalt boligareal på $87,2 \text{ m}^2$. Vinduesarealet er $24,5 \text{ m}^2$, hvoraf $20,8 \text{ m}^2$ er sydvendt. Alle hovedrum er sydvendte, mens soveværelset på 1. sal har et lille vindue til nord og er adskilt fra det dobbelthøje fællesrum vha. en glasvæg bestående af et lag glas. Det andet værelse på 1. sal har et sydvendt vindue og ligeledes en glasvæg mod fællesrummet.



Figur 2.3. Plan, tværsnit samt sydfacade af bolig nr. 56 type A fra /2/.

I nedenstående figur 2.4 ses lidt af vestgavlen samt sydfacaden af rækkehusblokken hvor bolig nr. 56 ligger. Ved det andet hold store vinduer, set fra venstre, ligger bolig nr. 56 (ud for den hvide bil).



Figur 2.4. Vestgavl samt sydfacade af rækkehusblok med bolig nr. 56.

2.3. Konstruktioner

Væggene mellem boligerne er bærende og består af beton.

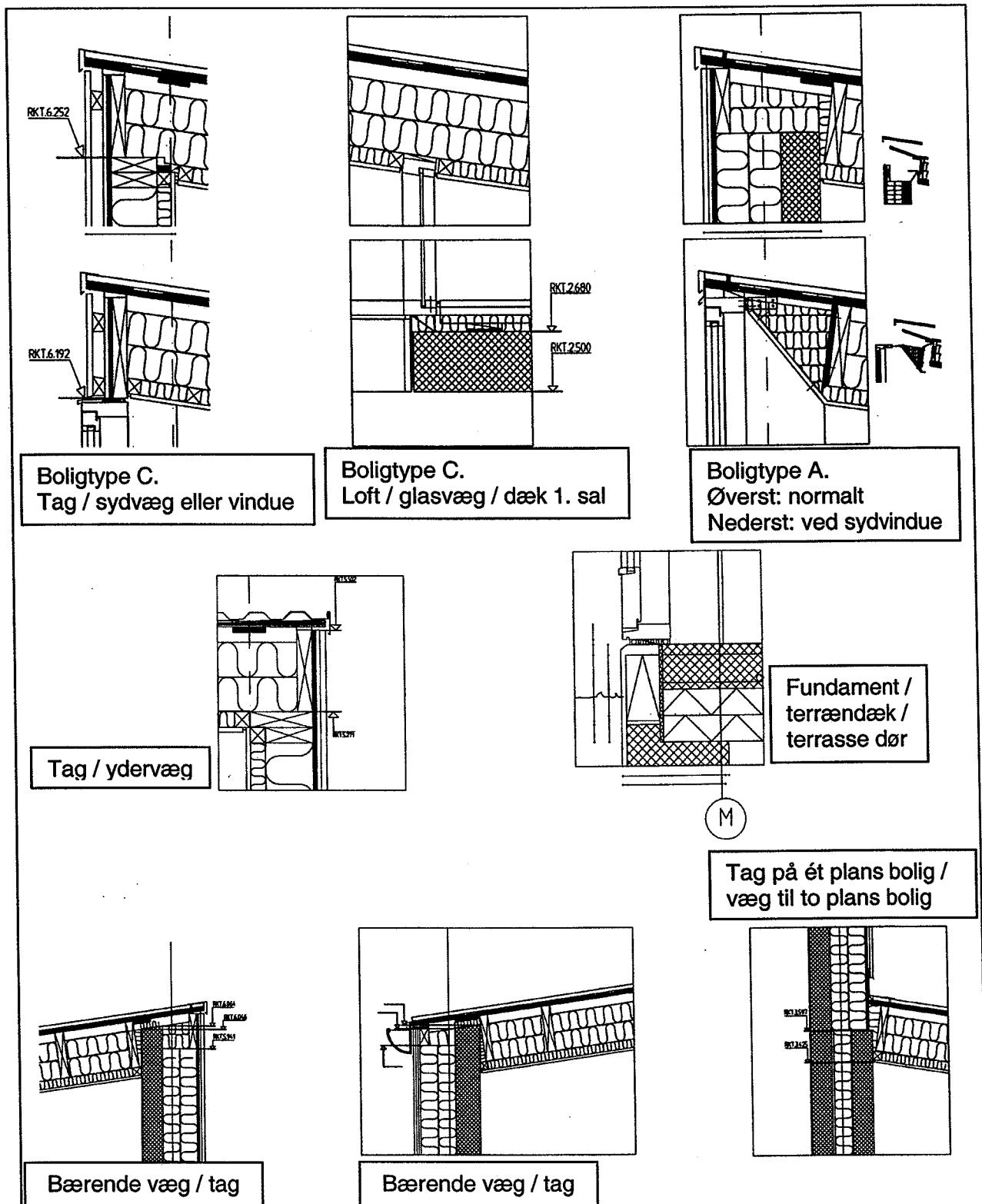
Facader og tagkonstruktionen består af store fabriksfremstillede lette kassetteelementer. Tagelementerne med en U-værdi på $0,15 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$ er typisk 2,4 m brede og spænder i hele boligens bredde. Facadeelementerne med en U-værdi på $0,17 \text{ W/K}\cdot\text{m}^2$ er mindst 2,4 m og op til 5,1 m brede og spænder én eller to etager. Elementerne består af et træbeklædt træskelet med ilagt mineraluldsisolering. Vægelementerne blev leveret komplet med dampspærre, gipsplader, vinduer og døre isat. Ligeledes blev tagkassetterne leveret med tagbeklædning således at en hurtig lukning af boligen var mulig.

Isoleringsstykken i loft er 245 mm og i vægge 200 mm.

Under betondækket er der isoleret med 100 mm ekspanderet polystyren ovenpå det kapillarbrydende og isolerende ekspanderet ler (Leca nødder).

Kuldebroen ved overgangen mellem væg, fundament og terrændæk er minimeret ved at indskyde letklinkerbetonblokke mellem fundament og væg samt at placere en polystyren plade mellem letklinkerbetonblokke og terrændæk.

I figur 2.5 er nogle samlingsdetaljer vist for de to boliger.



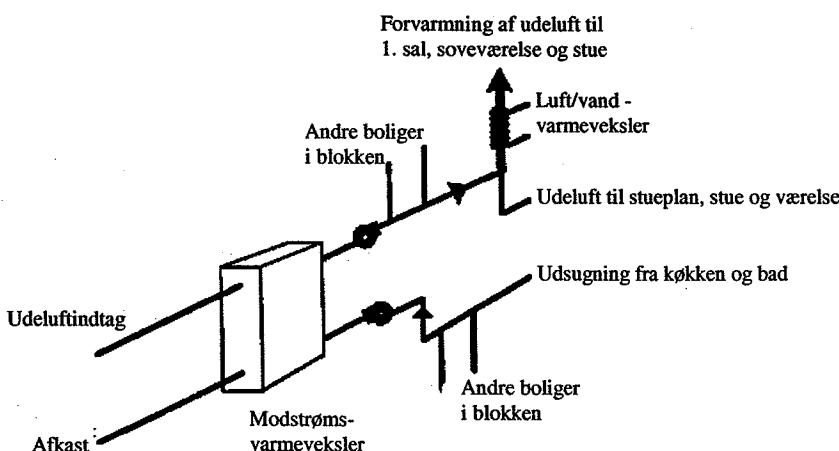
Figur 2.5. Samlingsdetaljer for de to boligtyper A og C. Lodrette snit /2/.

2.4. Varme- og ventilationssystemer

I det følgende beskrives varme- og ventilationssystemerne for de to lavenergirækkehushusboliger.

2.4.1. Bolig nr. 34

I bolig nr. 34 er der gulvvarme i stueetagen, mens det på 1. sal er opvarmet ventilationsluft som leverer rumopvarmningen. Den opvarmede luft bliver leveret af en lille vand-til-luft varmeveksler som er placeret i ventilationskanalen umiddelbart inden indblæsningen på 1. sal. Væskedelen i veksleren opvarmes af fjernvarmen. Ventilationen af boligen foretages centralt via en fælles varmeveksler for hele blokken. Udsugningen sker fra køkken og bad, mens indblæsningen sker i det dobbelthøje rum samt i værelset i stueetagen samt som nævnt som forvarmet luft på 1. sal.



Figur 2.6. Principskitse af ventilationssystemet for bolig nr. 34, fra /2/.

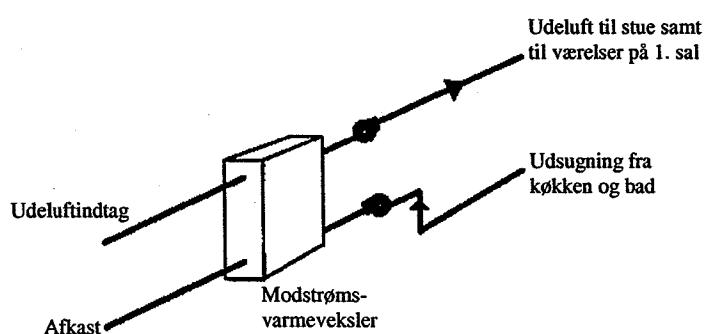
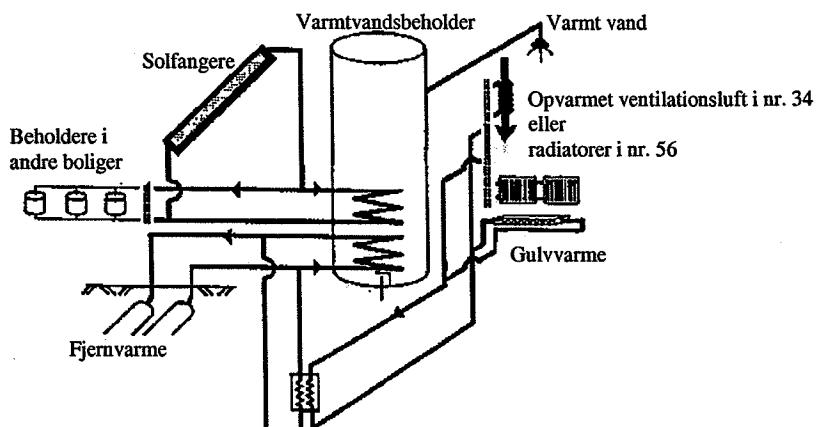
Varmesystemet for bolig nr. 34 og 56 er angivet i figur 2.7.

Solvarmeanlægget i nr. 34 består af 4 stk. solfangerelementer på i alt $8,76 \text{ m}^2$ og leverer energi til 3 ens varmtvandsbeholdere. Solfangerpumpen er en traditionel cirkulationspumpe.

I figur 2.8 er en princip tegning af solfangersystemet for de to boliger vist.

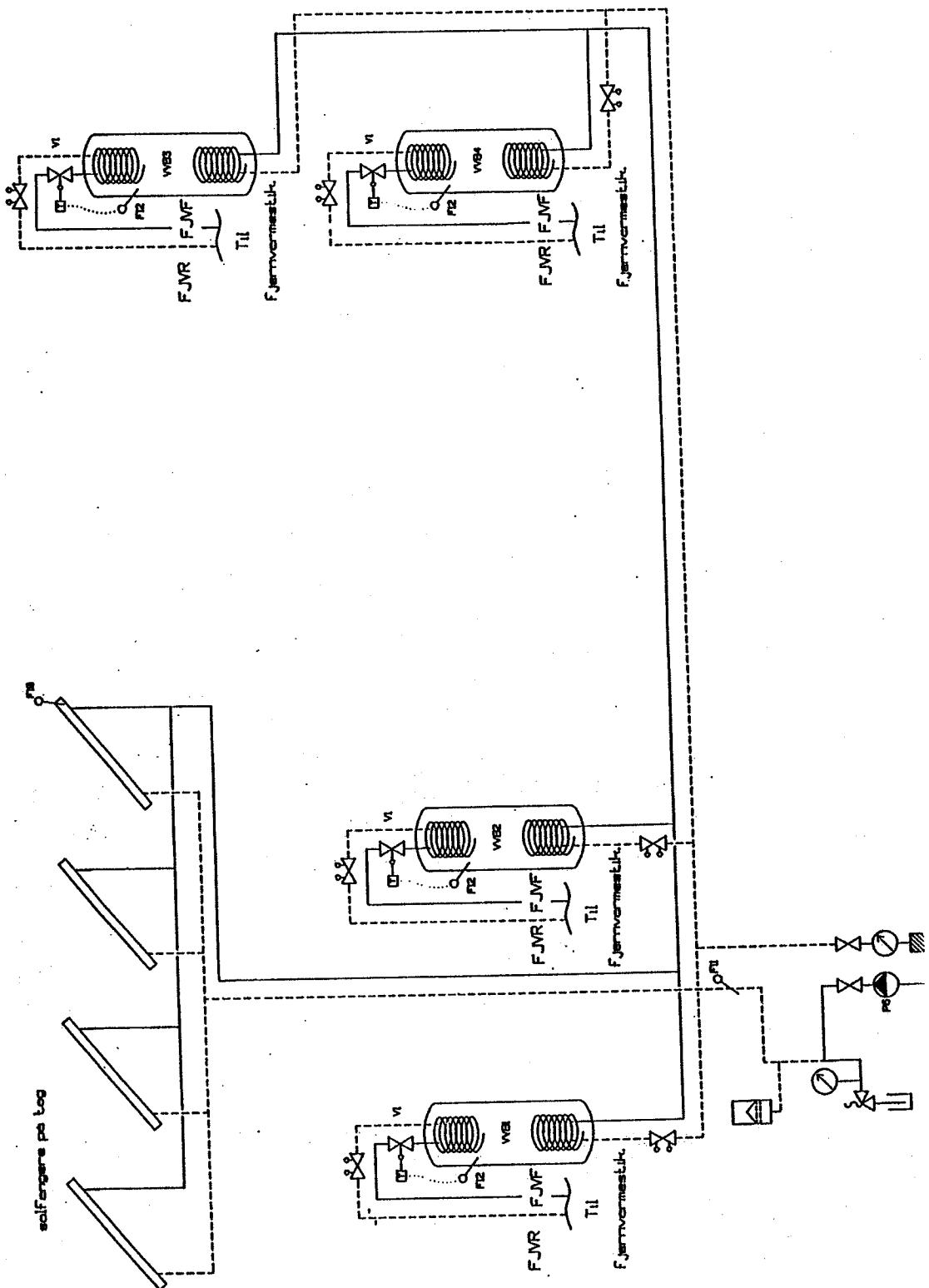
2.4.2. Bolig nr. 56

Boligen har gulvvarme som rumopvarmning i stueetagen, mens varmebehovet på 1. sal leveres af radiatorer. Fjernvarmen leverer varmen til rumopvarmningen. Ventilationen består af en modstrømsvarmeveksler, hvor udsugningen foretages fra køkken og bad mens indblæsningen af udeluft sker i stuen i stueetagen samt i de to værelser på 1. sal. Varmen til varmtvandsbeholderen til det varme brugsvand leveres fra fjernvarme og suppleres fra solfangerkredsen. En principskitse af opvarmnings- og ventilationssystemet er angivet i figur 2.7.



Figur 2.7. Øverst: Principskitse af varmesystem i rækkehusene /2/.
Nederst : Ventilationssystem for bolig nr. 56 /2/.

Solvarmeanlægget i nr. 56 består af fem solfangere på i alt $10,95 \text{ m}^2$ og leverer energi til 4 ens varmtvandsbehølde. Solfangerpumpen var i dette tilfælde en speciel lavspændingspumpe, der fik leveret energi fra et lille solcellepanel på ca. $0,5 \text{ m}^2$. Pumpen er senere pga. driftsproblemer (støj fra pumpen) udskiftet med en traditionel cirkulationspumpe.



Figur 2.8. Principskitse af solfangeranlæg /3/.

3. MÅLESYSTEM

I det følgende beskrives de forskellige dele som indgår i målesystemet som er anvendt til målingerne i bolig nr. 34 og nr. 56 samt til vejrmålinger.

3.1. Vejrstation

For enden af blok 1, hvor bolig nr. 34 indgår (sydsiden af bolig nr. 26) blev monteret en vejrstation i ca. 6 meters højde over jorden. Vejrstationen målte vindhastighed, lufttemperatur og luftfugtighed samt solbesträlingsstyrken på en vandret flade, på en 45° sydvendt flade samt på en lodret sydvendt flade. Der blev ikke målt diffus stråling.

Vindhastigheden blev målt med en vindmåler af kopanemometertypen.

Udelufttemperaturen blev målt med et termoelement

Udeluftfugtigheden blev målt med en DOL 14 fugtføler.

De 3 solbesträlingsstyrker blev målt med pyranometre fra Kipp & Zonen.

3.2. Bolig nr. 34

I lejlighed nr. 34 blev der vha. 5 stk. Clorius energimålere målt følgende energiforbrug: fjernvarme til gulvvarme, fjernvarme til det varme brugsvand, varmtvandsforbruget, den totale energimængde leveret fra solfangere samt energien fra solfangene til varmtvandsbeholderen. Desuden blev det totale fjernvarmeforbrug (hovedmåler fra fjernvarmeselskab) dvs. incl. varmetab fra rør m.m. aflæst visuelt med jævne mellemrum.

Elforbruget til køleskab, komfur, PC + målekort + omformere + cirkulationspumpe + solfangerpumpe + eldrevne ventiler + energimålere m.m samt til lys + stikkontakter blev målt med elmålere at typen CEWE. Desuden blev det totale elforbrug (hovedmåler fra elselskab) aflæst visuelt med jævne mellemrum.

I hvert rum blev en eller flere rumtemperaturer målt med termoelementer. I det dobbelthøje alrum (stue + køkken) blev rumtemperaturen målt i flere niveauer således, at det var muligt at studere temperaturstratificeringen i rummet. Desuden blev vandtemperaturen i toppen af varmtvands-beholderen målt. Denne temperatur blev anvendt i forbindelse med måling af forbruget af det varme brugsvand.

I indblæsnings- og udsugningskanalerne blev der målt luftflow med måleringe fra ABB og tryktransducere fra Stäefa, temperaturer med termoelementer samt luftfugtighed i udsugningen vha. en DOL 14 fugtføler.

3.3. Bolig nr. 56

I lejlighed nr. 56 blev der vha. 5 stk. Clorius energimålere målt følgende energiforbrug: fjernvarme til rumvarme, fjernvarme til det varme brugsvand, varmtvandsforbruget, den totale energi fra solfangere samt energien fra solfangerne til varmtvandsbeholderen. Desuden blev det totale fjernvarmeforbrug (permanent måler fra fjernvarmeselskab) dvs. incl. varmetab fra rør m.m. aflæst visuelt med jævne mellemrum.

Følgende elforbrug blev målt vha. 5 stk. CEWE elmålere:

- 1) køleskab
- 2) komfur
- 3) cirkulationspumpe, energi til energimålere, magnetventiler, tryktransducere, fugtmåler
- 4) lys + stikkontakter
- 5) ventilator for ventilationsanlæg (separat anlæg for denne bolig)

I hvert rum blev én eller flere rumtemperaturer målt med termoelementer. I det dobbelthøje alrum (stue + køkken) blev rumtemperaturen målt i flere niveauer, således at det var muligt at studere temperaturstratificeringen i rummet. Desuden blev vandtemperaturen i toppen af varmtvandsbeholderen målt med et termoelement til brug for måling af varmtvandsforbruget. Derudover blev en jordtemperatur mellem bolig nr. 56 og skur ved nr. 34 målt. Jordtemperaturen anvendes til kontrol af målingerne, dvs., er der store momentane udsving i målingerne og i den målte jordtemperaturen, er der noget galt, da ændringen af jordtemperaturen er langsom og ikke ændrer sig ret meget gennem året.

På taget af bolig nr. 56 er det separate varmevekslerarrangement placeret. Udeluftindtags- og afkasttemperaturerne ved veksleren måles vha. termoelementer, som er indstøbt i monteringsrør. Temperaturdifferencerne over veksleren blev målt med to termosøjler bestående af 5 stk. termoelementer, indstøbt i monteringsrør. Ved udeluftindtag og afkast til veksleren blev der målt luftflow vha. målebøjninger fra Lindab og tryktransducere fra Stäefa. Den relative fugtighed i afkastluften ved veksleren blev målt vha. en DOL 14 fugtføler. Trykstransducerne blev isoleret, da de ikke kan tåle frost.

3.4. Varmevekslerrum

I blok 3 hvor bolig nr. 34 indgår foretages ventilationen vha. et fælles ventilationsanlæg. Ventilationsanlægget er placeret i sydenden af blokken for enden af bolig nr. 26. I vekslerrummet blev foretaget følgende målinger: Absolutte temperaturer (4 stk. i alt) af indløb og udløb på hver side af veksleren, målt med termoelementer indstøbt i monteringsrør. Temperaturdifferencen på hver side af veksleren blev målt med termosøjler med 5 stk. termoelementer indstøbt i monteringsrør. Luftflowene på hver side af veksleren blev målt vha. målebøjninger fra Lindab og tryktransducere fra Stäefa. Desuden blev der målt temperaturen i vekslerrummet, ved de isolerede tryktransducere samt 1 m nede i jorden ved vekslerrummet. Temperaturen i jorden bruges som en ekstra kontrol af målingerne ud fra samme princip som jordtemperaturen mellem bolig nr. 34 og nr. 56.

3.5. Skur ved bolig nr. 34

Alle målepunkter var koblet til enten et digitalt eller et analogt målekort fra firmaet Schlumberger /4/ i alt 7 stk. Målepunkterne blev scannet hvert 10. sekund. Middelværdierne af scanningerne blev lagret i 10- og 60 minutsværdier på harddisken i en stationær PC'er placeret i et uopvarmet skur ved nr. 34. Desuden blev middelværdierne for vejrdataene yderligere lagret i 2 minutsværdier, da disse data kan ændre sig hurtigt, især solbestrålingsstyrken.

De 2 hovedmålere til fjernvarme- og elforbrug i hver af de 2 boliger er ikke koblet til måleudstyret.

Alle termoelementer var af typen T (kobber/konstantan).

På nordsiden af skuret blev målt udelufttemperaturen vha et termoelement i en højde på ca. 2 m over jordoverfladen. I skuret var monteret en isoleret kasse som indeholdt en PC'er hvor alle data fra målekortene opsamles og lagres. Til computeren var koblet et modem, således at det var muligt at fjernovervåge målingerne og hermed finde fejl og konstatere dataudfald, samt at overføre måledata til en computer på IBE. Kassen var isoleret da elektronikken givetvis ikke kunne holde til de danske vinter temperaturer. Kopi af dataene er overført til IBE ca. hver måned.



Figur 3.1. Foto af dataopsamlingsudstyr i isoleret kasse i skur ved bolig nr. 34.

4. MÅLINGER

I det følgende er der angivet måleresultater for et år, fra perioden den 1. marts 1997 til den 28. februar 1998, for de to lavenergirækkehushusboliger, type A og C. I denne periode har der i 12 % af tiden været dataudfald, hvilket hovedsageligt skyldes strømsvigt som følge af tordenvejr. Dataene er korrigeret for disse udfald ved at gange de månedlige energimængder med en faktor 1,0 (ingen udfald) eller større (halvdelen af måneden med udfald giver en værdi på 1,5) alt efter hvor mange dage der har været udfald. Det skønnes at datamanglen kun har ringe betydning for resultaternes nøjagtighed. Desuden er der anvendt visuelle målinger fra de af IBE opsatte energimålere samt fra de stationære fjernvarme- og elmålere (hovedmålere). Desuden er der anvendt målinger fra CTS-anlægget som supplement og til kontrol af de elektroniske data. De elektroniske data fra CTS-anlæggets er ligeledes korrigeret for måleudfald.

4.1 Forbrug og ydelser

4.1.1. Bolig nr. 34, type C, 89,4 m².

Bolig nr. 34	Målinger	Hovedmålere	Afvigelse
	kWh	kWh	%
Fjernvarme	3115	3189	-2.4
El	3013	3012	0.0
I alt	6128	6201	-1.2

Tabel 4.1. Sammenligning mellem elektroniske data og hovedmålere for bolig nr. 34.

Af tabel 4.1 ses, at de elektroniske målinger ligger meget nær hovedmåernes visninger. Den største afvigelse på -2,4 % på fjernvarmesiden skyldes dels:

- at luftvarmen til 1. sal ikke måles særskilt, men skal findes som forskellen mellem målingerne fra hovedmåleren og fra gulvvarmemåleren.
- at der er usikkerhed på målerne.

Det ses, at det samlede energiforbrug er 6201 kWh, hvilket vil sige 69 kWh/m². Dette er under de 70-80 kWh/m² som var målet.

Fjernvarmebehovet har været 3189 kWh på et år, hvilket er ca. 36 kWh/m²/år.

Nedenstående tabel 4.2 viser de forskellige energiforbrug for hver måned samt årsforbrugene.

Bolig nr. 34	Sol			El			Forbrug			Fjernvarme			Ventilation			Total		
	* på solf.	* fra til solf.	kWh	pumpe pc m.m.	køleskab	kWh	lys + stikk.	kWh	komfur værm. vand	kWh	til rumvarme	kWh	til ud tank	kWh	el	el hoved- måler	kWh	fjernv. fjernvarme
Måned	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Mar-97	945	254	52	92	42	120	42	116	377	78	311	258	296	---	455	486	486	
Apr	1234	375	82	86	39	101	28	131	162	57	243	198	253	---	220	361	361	
Maj	1200	363	86	81	40	101	22	101	51	29	188	161	243	---	79	146	146	
Jun	1712	579	113	49	40	86	15	90	0	4	7	6	190	---	4	1	1	
Jul	1510	545	98	40	42	97	14	65	0	7	0	0	192	---	7	12	12	
Aug	1460	453	89	38	46	100	27	80	0	12	1	1	211	---	12	18	18	
Sep	1033	330	35	67	40	112	40	81	0	7	0	0	259	---	7	1	1	
Okt	743	214	0	86	39	119	39	83	55	34	0	0	283	---	89	59	59	
Nov	364	92	0	86	38	132	38	84	173	54	0	0	294	---	227	174	174	
Dec	161	27	0	85	40	129	40	88	585	78	0	0	294	---	662	684	684	
Jan-98	307	67	0	85	40	112	27	85	644	67	0	0	264	---	711	680	680	
Feb	256	32	0	77	35	93	28	80	567	75	0	0	233	---	642	673	673	
I alt	10925	3332	554	872	480	1301	359	1083	2614	501	749	625	3013	---	3115	3295	3295	
Visuel afæsn.	---	3375	564	872	479	1281	354	1055	3044	621	---	2985	3012	3665	3189	3189	3189	
Afvigelse %	---	-1.3	-1.8	0.1	0.2	1.5	2.6	2.6	-16.5	2.6	---	0.9	0.9	---	-17.6	3.2	3.2	

Tabel 4.2. Målte og aflaeste energiforbrug for bolig nr. 34.
 * værdi for det samlede solfangereal, der leverer energi til 3 stk. varmtvandsbeholdere.

Af tabellen ses, at de elektroniske målinger ligger inden for -1,3 % til 2,6 % fra de visuelle målinger på nær fjernvarmemålingerne som ligger mere end -16 % fra. Følgende 3 punkter forklarer givetvis årsagen:

- 1) Sammenlignes det totale fjernvarmeforbrug for de elektroniske målinger dvs. fjernvarme til gulvvarme og tank ($2614 + 501 = 3115$) med CTS anlæggets målinger (3295 og 3189) så afviger målingerne kun mellem -2,4 % til -5,7 %.
- 2) Afvigelsen mellem CTS målingerne og de visuelle CTS målinger (hovedmåler i boligen) ligger på 3,2 %.
- 3) På denne baggrund må der givetvis være en fejl i de visuelle fjernvarmemålinger af rumvarmeforbruget (enten de 3044 eller/og de 621 kWh)

Fra solfangerne er der leveret 3332 kWh til de 3 stk. varmtvandsbeholdere samt til rørtab.

Af tabel 4.2 ses, at fra og med oktober måned, er der ikke leveret solenergi til varmtvandsbeholderen, selvom der er leveret energi fra solfangerne. Måleresultaterne er ufuldstændige da energimåleren, som mäter energien som tilføres fra solfangerne til beholderen, har været ude af drift fra og med oktober og måleperioden ud. Dette underbygges af følgende:

- varmtvandsforbruget er nogenlunde konstant (80-90 kWh/måned) fra juni måned og måleperioden ud.
- for oktober måned er varmtvandsforbruget 83 kWh mens fjernvarmeforbruget til opvarmning af varmtvandsbeholderen kun er 34 kWh. Der mangler altså 49 kWh excl. varmetab fra varmtvandsbeholder for at energiregnskabet går op. Denne energimængde kan kun komme fra solfangerne.

Denne fejl er der taget hensyn til i tabel 4.3 som viser de korrigerede måledata.

Elforbruget til PC, pumper, magnetventil, måleudstyr, fugtmåler, tryktransducere og energimålere er 872 kWh. Her skal fratrækkes energien til PC'eren (ca. 40 W) da elforbruget og varmeafgivelsen fra denne ikke har indflydelse på boligen da PC'eren er placeret i et skur uden for bolig nr. 34.

Køleskabet har brugt 480 kWh på et år med en effekt i gennemsnit på ca. 55 W. Køleskabet på ca. 180 liter af ældre dato er ikke noget lavenergikøleskab.

Energi fra lys og stikkontakter udgør 1301 kWh.

Til komfuret er der brugt 359 kWh.

Forbruget af varmt vand er 1083 kWh og med en opvarmning på 10°C til 50°C giver det et forbrug af varmt vand på 64 liter/døgn. I måleperioden har der i boligen boet 2 til 3 personer. Her ligger varmtvandsforbruget altså lavere end de 160 liter/døgn man normalt forudsætter for solvarmeanlæg ved beregninger.

Temperaturen i toppen af varmtvandsbeholderen har i gennemsnit været 52,5°C i måleperioden.

Varmetabet fra varmtvandsbeholderen findes som leveret energi fra fjernvarme og solvarme til varmtvandsbeholderen minus varmtvandsforbruget dvs. $(501 + 703) - 1083$, hvilket giver et varmetab på 121 kWh/år, dvs. 0,33 kWh/døgn, hvilket er meget lavt. Forudsættes at middeltemperaturen i beholderen har været 40°C og omgivelsestemperaturen har været 25°C fås en varmetabskoefficient på 0,9 W/K, hvilket nok er noget lavt for denne slags varmtvandsbeholder. Udfra teoretiske varmetabsberegninger fås en koefficient på ca. 1,4 W/K^{/5/}. Benyttes i stedet de visuelle målinger for fjernvarmeenergien til tanken (621 kWh) fås et varme-tab på 241 kWh (0,66 kWh/døgn), men så bliver det samlede fjernvarmeforbrug til gulvvarme og til tank $2614 + 621 = 3235$ kWh, hvilket er lidt større end hovedmålerens visning (3189 kWh), dvs. at der ikke kan være leveres fjernvarmeenergi til væske-luft varmeveksleren på 1. sal, hvilket måske er korrekt. Ud fra ovenstående er det dog skønnet at de 501 kWh givetvis er den mest korrekte værdi.

Fjernvarmen har leveret 2614 kWh på et år til gulvvarmen. Hertil skal der lægges en varmemængde som er gået til opvarmingen på 1. sal ved hjælp af væske-luft varmeveksleren, som er monteret ved ventilationsindblæsningen. Denne varmemængde fremkommer som forskellen mellem hovedmåleren og de 2 energimålere (fjernvarme til gulvvarme og til tank) og udgør 74 kWh på årsbasis og er indregnet i rumvarmeforbruget i tabellen med de korrigerede tal. Dvs. i alt er der et årsforbrug på 2688 kWh til rumopvarmning, hvilket er 30 kWh/m²/år. Kravet i det nye Bygningsreglement fra 1995, til det maksimalt tilladte samlede årlige nettovarmebehov til opvarmning og ventilation, er ca. 65 kWh/m²^{/6/}.

Leveret fjernvarme til varmtvandsbeholderen er 501 kWh.

Ventilationsanlægget har kun været i drift i de tre første måneder i måleperioden, hvilket skyldes støjproblemer fra anlægget samt en defekt regulator.

Energimængden i ventilationsluften, som er suget ud af boligen har været 749 kWh mens der er leveret 625 kWh fra indblæsningen. Temperaturdifferensen mellem indblæsingstemperaturen og udetemperaturen er anvendt ved beregning af den leveret energimængde via ventilationsluften til boligen mens differensen mellem udsugningstemperaturen og udetemperaturen er anvendt ved beregning af energimængden som er suget ud af boligen.

Fra varmeveksleren og til boligen er der omkring 20 m, hvor der sker en vis varmeveksling mellem ventilationsrør og omgivelserne. Forholdet mellem den indblæste og den udsuget energimængde via ventilationen kan ikke direkte bruges til at beregne varmeveksler-effektiviteten med.

Det årlige samlede el- og fjernvarmeforbrug er 5893 kWh for bolig nr. 34 eller 66 kWh/m²/år, hvilket er under de 70-80 kWh, der var målet.

Alt i alt må det siges at de elektroniske data ligger inden for den målenøjagtighed på ca. 5 %, man kan forvente.

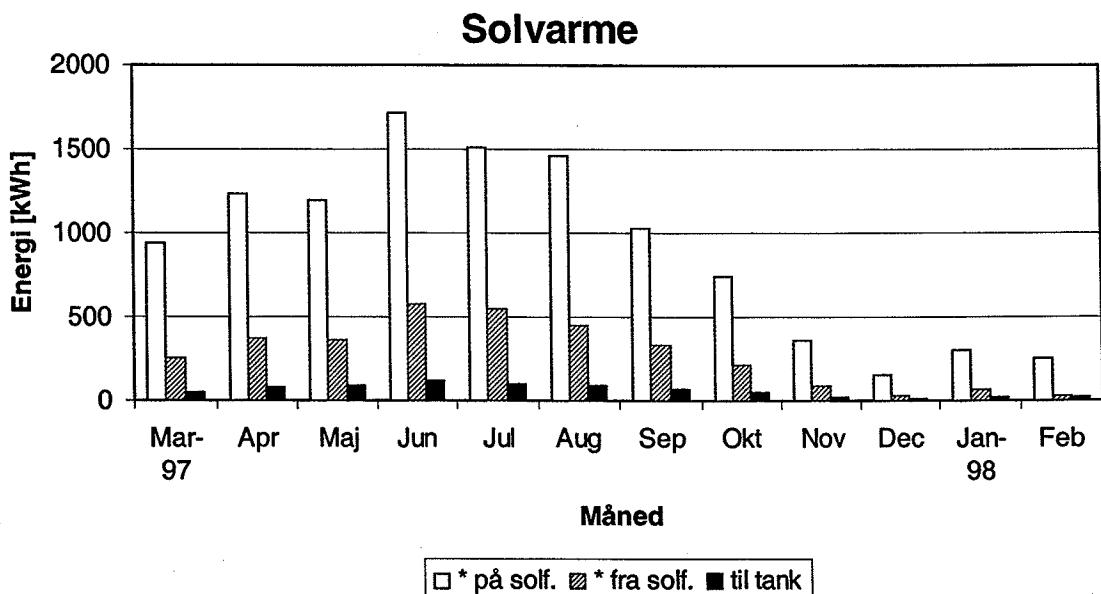
I nedenstående tabel 4.3 er målingerne korrigeret for solvarmetilførelsen til beholderen, elforbrug til pumpe m.m. og forbruget af fjernvarme ifølge ovenstående forklaringer. Desuden er angivet totalforbruget af el, fjernvarme, samlet energi til varmtvandsbeholderen samt den samlet energimængde til opvarmning (rumvarme + varmt vand).

Bolig nr. 34	Sol			El			Forbrug			Fjernvarme			Ventilation			Total		
	* på solf.	* fra solf.	til tank	pumpe m.m.	køleskab	lys + stikk.	komfur	varmt vand	til rumvarme	til tank	ud	ind	el	fjernv.	el + fjernv.	til tank	(fjernv. + sol)	til rum + tank (fjernv. + sol)
Måned	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Mar-97	945	254	52	63	42	120	42	116	388	78	311	258	267	466	733	131	508	508
Apr	1234	375	82	63	39	101	28	131	167	57	243	198	231	224	455	139	301	301
Maj	1200	363	86	51	40	101	22	101	52	29	188	161	213	81	294	114	165	165
Jun	1712	579	113	30	40	86	15	90	0	4	7	6	170	4	174	117	117	117
Jul	1510	545	98	10	42	97	14	65	0	7	0	0	163	7	170	105	105	105
Aug	1460	453	89	9	46	100	27	80	0	12	1	1	181	12	193	101	101	101
Sep	1033	330	66	40	40	112	40	81	0	7	0	0	232	7	239	73	73	73
Okt	743	214	48	56	39	119	39	83	57	34	0	0	254	91	345	82	137	137
Nov	364	92	23	71	38	132	38	84	178	54	0	0	279	232	510	77	250	250
Dec	161	27	10	65	40	129	40	88	601	78	0	0	274	679	953	88	673	673
Jan-98	307	67	20	56	40	112	27	85	662	67	0	0	234	729	963	86	731	731
Feb	256	32	16	50	35	93	28	80	583	75	0	0	206	658	865	92	659	659
I alt	10925	3332	703	564	480	1301	359	1083	2688	501	749	625	2704	3189	5893	1204	3892	3892

Tabel 4.3. Korrigerede måledata for bolig nr. 34.

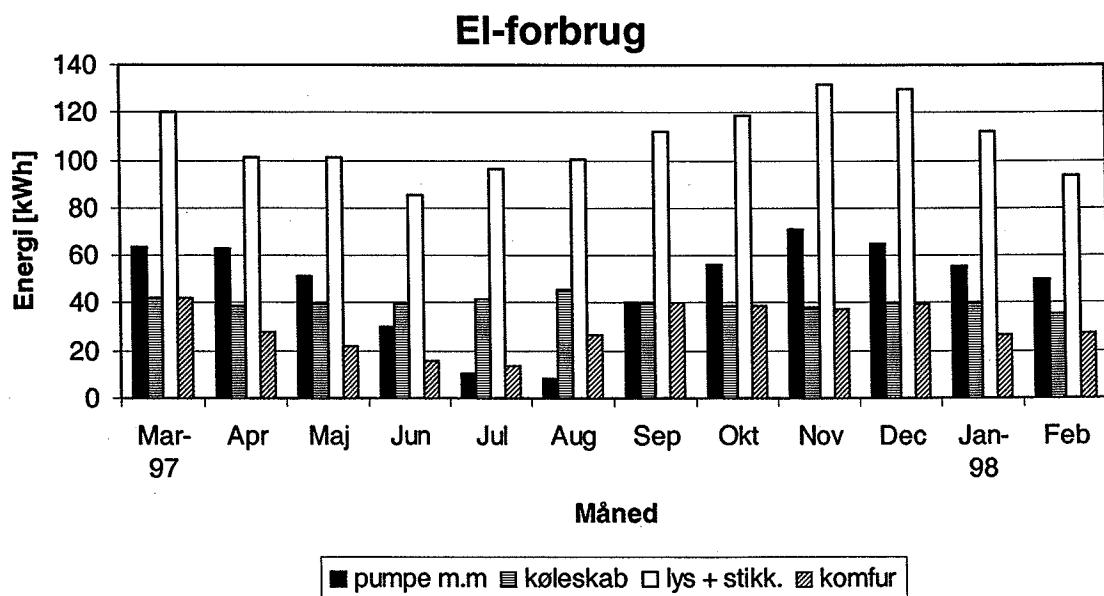
* værdi for det samlede solfangerareal, der leverer energi til 3 varmtvandsbeholdere.

I de fire nedenstående figurer er månedsværdierne for sol, el, fjernvarme samt for det samlede energiforbrug angivet, baseret på værdierne fra tabel 4.3.



Figur 4.1. Solenergi på solfanger, fra solfanger og til varmtvandsbeholder. * værdi for det samlede solfangerareal, der leverer energi til 3 varmtvandsbeholdere.

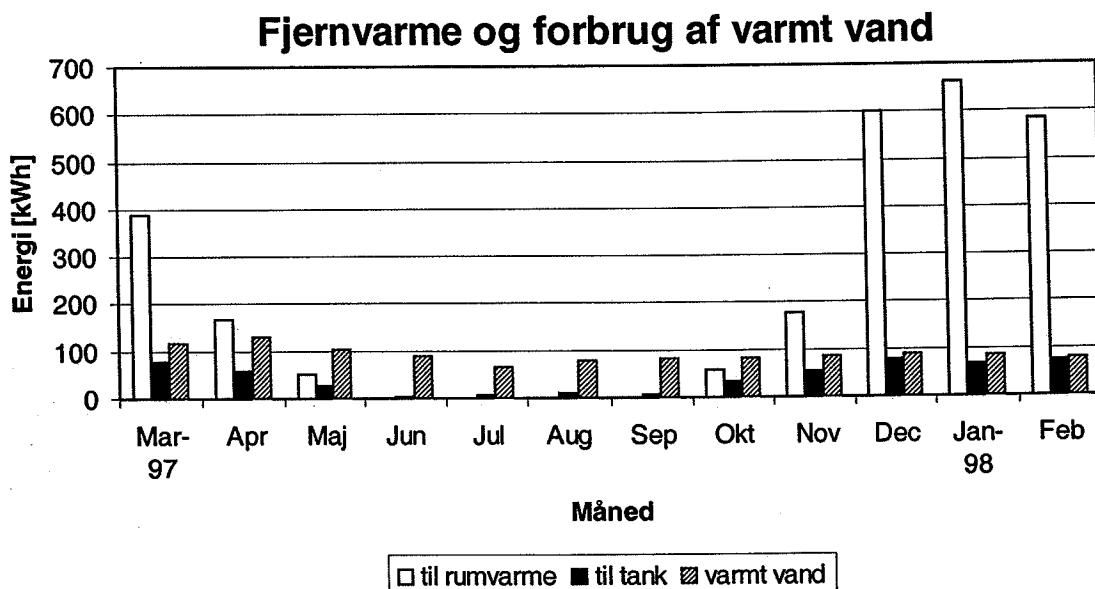
Det ses, at ca. 1/3 (3332 kWh) af solenergien som indstråles på solfangerne (10925 kWh) bliver udnyttet. Den leverede energimængde til varmtvandsbeholderen i nr. 34 er 703 kWh. Da der er 3 stk. varmtvandsbeholdere koblet til solvarmeanlægget, må den samlede energimængde der leveres til beholderne være ca. 3 gange 703 kWh, hvilket giver 2109 kWh, forudsat at de tre boliger bruger lige meget varmt vand. Resten ca. 1223 kWh går til varmetab fra rør m.m. Varmetabet udgør altså en stor del ca. 37 % af den leverede energi fra solfangerne.



Figur 4.2. Elforbrug.

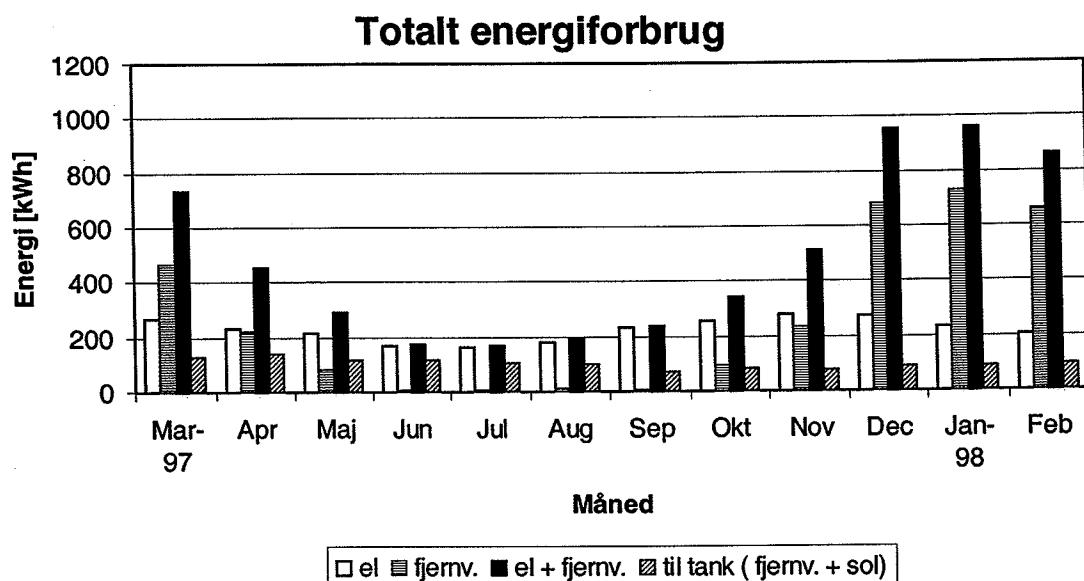
Elforbruget til lys og fra stikkontakter udgør den største del af forbruget. Energi til pumper, magnetventil, måleudstyr (564 kWh) udgør ca. 20 % af det samlede elforbrug og ligger nogenlunde

på samme niveau som energien til køleskabet (480 kWh). Den mindste post er energiforbruget til komfuret. Lægges de tre sidste poster sammen så udgør de tilsammen ca. halvdelen af elforbruget. De to pumper bruger ca. 50 W hver (skønnet), men er ikke altid i drift på samme tidspunkt. Overslagsmæssigt vil én pumpe i gennemsnit være i drift hele året, hvilket giver et årligt energiforbrug på $50 \text{ W} \times 24 \text{ timer} \times 365 \text{ dage} = 438 \text{ kWh}$ til pumper mens resten ($564 - 438$) = 126 kWh går til eldrevne ventiler og måleudstyr da PC andelen er fratrukket. Det fornævnte energi-forbrug på 20 % anvendes stor set kun til at holde varmesystemet kørende.



Figur 4.3. Fjernvarme- og varmtvandsforbrug.

Fjernvarmen udgør ikke overraskende den største del af forbruget. Varmtvandsforbruget er større end den energimængde som fjernvarmen leverer til varmtvandsbeholderen, hvilket skyldes, at der også leveres solvarme til beholderen. Varmtvandsforbruget på ca. 90 kWh/ md. er næsten konstant med en lidt faldende tendens i sommermånedene.



Figur 4.4. Totalt el- og fjernvarmeforbrug.

Det ses, at elforbruget er lidt større i vinterhalvåret da det kunstige lys er tændt i en større del af døgnet. Fjernvarmeforbruget ligger hovedsageligt i vinterhalvåret. Det ses, at der næsten ikke leveres fjernvarme til varmtvandsbeholderen i sommermånederne. Her er det solarmen som leverer energien.

4.1.2. Bolig nr. 56, type A, 87,2 m²

Bolig nr. 56	Målinger	Hovedmålere	Afvigelse
	kWh	kWh	%
Fjernvarme	6528	7545	-15.6
El	3155	3218	-2.0
I alt	9683	10763	-11.2

Tabel 4.4. Sammenligning mellem de elektroniske data og hovedmålerne.

Målingerne viser, at fjernvarmeforbruget fordeler sig med 5117 kWh til rumopvarmning og 1411 kWh til opvarmning af det varme brugsvand. Dvs. at sammenlagt har fjernvarmen leveret 6528 kWh. Ifølge hovedmåleren er der brugt 7545 kWh. Forklaringen er, at hovedmåleren også mäter varmetab fra rør m.m i installationsrummet under trappen. Varmetabet giver sig udslag i, at rummet under trappen, hvor varmtvandsbeholderen og væskeinstallationerne er monteret, er noget varmere end resten af boligen. Det ses af tabel 4.4, at varmetabet er ca. 1000 kWh (7545 – 6528) om året. En del af varmetabet udnyttes i fyringssæsonen. Desuden kan noget af afvigelserne også tilskrives usikkerheder på hoved- og energimålerne. Afvigelserne i fjernvarmeforbruget, mellem de elektroniske målinger (6528 kWh) og hovedmåleren (7545), er 16 %, som skyldes varmetabet og ikke nødvendigvis fejlmålinger.

Det årlige fjernvarme- og elforbrug er henholdsvis 7545 kWh og 3218 kWh aflæst på hovedmålerne. Dette giver et samlet energiforbrug på 10.763 kWh, hvilket vil sige et forbrug på 123 kWh/m². Det er noget mere end målet (70-80 kWh/m²). Dette skyldes dels:

- 1) at rumtemperaturen har været noget over 20°C.
- 2) at indblæsningen på varmegenvindingsanlægget ikke har været i drift da beboerne har slukket for denne del, da de har været generet af kold indblæsningsluft. Dvs. at der kun har været udsugning fra boligen.
- 3) at beboerne har haft installeret et airconditionsanlæg pga. at der bliver meget varmt i boligen om sommeren.
- 4) at der yderligere har været installeret et solarie i boligen.

I tabel 4.5 er de elektroniske data samt de visuelle (manuelt aflæste) data vist. Forklaringer til de enkelte kolonner samt korrektioner af dataene er angivet i nedenstående tekst. De korrigerede data er angivet i tabel 4.6.

I nedenstående tabel 4.5 er de enkelte månedsforbrug, årsforbrug samt de visuelle målinger angivet.

Bolig nr. 56	Sol			El			Forbrug			Fjernvarme			Ventilation			Total		
	* på solf.	* fra solf.	til tank	pumpe m.m.	køleskab	lys + stikk.	komfur	varmt vand	til varmvarte	til ud	ind	el	el hoved- måler	kWh	fjernv. kWh	CTS-anlæg fjernvarme kWh		
Måned	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh		
Mar-97	1.181	344	77	62	26	58	7	28	52	396	11.2	194	18	181	---	508	576	
Apr	1.543	438	9	58	35	179	35	26	79	403	11.6	80	10	333	---	520	719	
Maj	1.500	415	0	52	35	157	26	26	79	181	128	99	10	297	---	309	376	
Jun	2.140	450	0	29	35	103	19	26	67	4	111	34	4	211	---	115	185	
Jul	1.888	508	0	24	38	88	17	27	58	1	101	21	6	194	---	102	168	
Aug	1.825	200	0	24	39	80	13	26	47	1	77	6	5	182	---	78	156	
Sep	1.292	5	0	41	31	115	31	26	67	6	114	76	8	245	---	120	193	
Okt	928	0	0	59	37	121	29	26	67	340	123	165	11	272	---	462	562	
Nov	455	0	0	62	119	123	34	26	81	685	130	42	7	364	---	815	960	
Dec	202	0	0	65	119	83	19	25	86	1.247	140	98	10	312	---	1387	1465	
Jan-98	384	0	0	63	115	98	24	25	88	976	147	194	14	325	---	1123	1178	
Feb	320	0	0	56	78	66	16	23	64	876	11.2	182	14	240	---	988	1024	
I alt	13.656	2.362	86	595	707	1.271	271	311	836	5.117	1411	1191	11.5	3.155	---	6.528	7.562	
Visuel aflesn.	---	2.421	75	598	722	1.257	272	316	846	5.433	1455	---	---	3.165	3218	6.888	7.545	
Afsligelse %	---	-2.5	12.5	-0.5	-2.1	1.1	-0.3	1.5	-1.2	-6.2	-3.1	-0.3	---	---	-5.5	0.2		

Tabel 4.5. Målte og aflestede energiforbrug samt afigelser for bolig nr. 56.

* værdi for det samlede solfangerareal, der leverer energi til 4 stk. varmtvandsbeholdere.

Ud fra ovenstående tabel 4.5 ses, at afvigelsen mellem de elektroniske data og de visuelle data ligger på 6,2 % og der under. Solenergien til varmtvandsbeholderen, ligger dog højere med over 12 %. Det skyldes, at det er små energimængder der er tale om, hvilket betyder at usikkerheden på målingerne bliver større. Denne energimængde har ikke den store betydning i det samlede energiregnskab.

På solfangerne ($10,95 \text{ m}^2$, 45°) er der indstrålet i alt 13.656 kWh på et år, dvs. $1247 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$. Et "normalt" år har en indstråling på $1206 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ ifølge /7/ dvs. ca. 3,4 % mere sol i måleperioden på en 45° sydvendt flade end i et "normalt" år. Fra solfangerne er der produceret 2362 kWh hvilket vil sige 216 kWh/m^2 . Ud fra målingerne ses, at solfangeranlægget ikke har været i drift i ca. 6 måneder fra i september og måleperioden ud, hvilket givetvis skyldes at pumpen har været ude af drift, sandsynligvis pga. at den har støjet en del.

Energien fra solfangerne er på 2362 kWh , som skal fordeles til 4 stk. varmtvandsbeholdere dvs. ca. 590 kWh til hver og til rørtab. Fra solfangeranlægget til varmtvandsbeholderen i bolig nr. 56 er der kun leveret 86 kWh i de 2 første måneder, hvilket givetvis skyldes, at en ventil er blevet lukket eller tilstopning af et rør. Dette stemmer godt overens med, at der er leveret en næsten konstant mængde energi fra fjernvarmen til varmtvandsbeholderen. Var der leveret energi fra solfangerne til beholderen i sommermånederne skulle fjernvarmeforbruget til opvarmning af beholderen være omkring 0 kWh . Solfangerpumpen har givetvis været i drift i perioden marts til september, da der har været flow igennem energimåleren, som mäter energien på de 2362 kWh fra solfangerne.

Temperaturen i toppen af beholderen har i timemiddel været oppe over ca. 65°C i marts og april mens den i resten af måleperioden maksimalt kun har været oppe på 54°C , hvilket også indikerer at solvarmebidraget til beholderen har været minimalt.

Elektrisk energi til cirkulationspumpe, magnetventil, målekort, energimålere, fugtmåler samt tryktransducere er 595 kWh/år dvs. omkring 50 kWh pr. måned eller 68 W .

Det installerede lavenergikøle/fryseskab har ifølge tabellen brugt 707 kWh på et år. Af tabellen ses, at i de sidste 4 måneder er energiforbruget steget voldsomt. Det skyldes at der i løbet af måleperioden er blevet koblet et solarie og et airconditionanlæg til elgruppen, hvor køleskabet er tilsluttet. Korrigeres tallene for dette forbrug har køleskabet reelt brugt ca. 35 kWh pr. måned dvs. et årsforbrug på 419 kWh det samme som et effektforbrug på ca. 48 W . Ifølge fabrikanten bruger køle-/fryseskabet 394 kWh/år dvs. et effektforbrug på 45 W . Afgivelse på de 6 % skyldes sandsynligvis den lidt højere indetemperatur samt beboerbetinget brug af køleskabet.

Til lys og stikkontakter er der brugt $1271 \text{ kWh} + (707 - 419) \text{ kWh}$ (aircondition og solarie) = 1559 kWh .

Til komfurter er der brugt 271 kWh eller 23 kWh pr. måned.

Indblæsningsventilatoren (ventilation ind) har kun været i drift i få timer i begyndelsen af måleperioden, hvilket skyldes at beboerne har været generet af kold indblæsningsluft og dermed har slukket for ventilatoren.

Ventilatorerne , hvilket reelt vil sige én ventilator da der kun har været udsugning, har brugt 311 kWh eller 26 kWh/måned, det vil sige en effekt på 36 W.

De målte elforbrug er i tabel 4.6 korrigert med 2 %, således at det samlede elforbrug stemmer overens med hovedmåleren.

Nulpunktsfejl på tryktransducerne giver anledning til at målingerne på indblæsningsluften skal korrigeres. Desuden korrigeres der for at varmevekslingen mellem ind – og udblæsningen ikke har været i drift. Den sidste korrektion er nærmere forklaret i kapitel 4.4.

Varmtvandsforbruget er målt til 836 kWh/år. Ved en opvarmning fra 10 til 50°C giver det et varmtvandsforbrug på 49 liter/døgn, hvilket er væsentligt under de 160 liter/døgn man regner med ved beregning af solvarmeanlæg. Det lave vandforbrug skyldes sandsynligvis, at der kun har været 2 beboer i boligen, samt at der er installeret vandbesparende armaturer. Temperaturen i toppen af varmtvandsbeholderen har i måleperioden i timemiddel været 51,6°C.

Setpunktet for fjernvarmeopvarmningen af beholderen har været omkring 49,4°C.

Varmtabet fra varmtvandsbeholderen findes til følgende: fjernvarme til beholder (1411 kWh) plus solvarme til beholder (86 kWh) minus varmtvandsforbruget (836 kWh) giver et varmetab på 661 kWh/år eller 1,8 kWh/døgn. Dette tab virker meget stort set i forhold til varmetabet på 0,33 kWh/døgn for beholderen i nr. 34 (dette tab var dog meget lavt). Forudsættes det, at varmetabskoefficienten for varmtvandsbeholderen er 1,8 W/K (beregnet teoretisk til 1,4 W/K /5/), at middeltemperaturen i beholderen har været 40°C og at omgivelsestemperaturen har været 25°C fås et varmetab på 237 kWh, hvilket er meget lavere end de 661 kWh, som er målt. Der må givetvis være nogle forhold, som bevirker denne forøgelse af tabet fra beholderen. Selvcirkulation, forkert styring eller/og samling af rør kan være årsagen, eller at beholderen ikke er isoleret som forventet (dette harmonere dog ikke med varmetabskoefficienten på 0,9 W/K for beholderen i nr. 34, som er af samme slags). I reference /8/ er der målt et varmetab på 1,97 kWh/døgn for en 280 liters beholder med en varmetabskoefficient i hvile på 1,7 W/K og i drift på 2,3 W/K. Dette stemmer rimeligt overens med det varmetab på 1,8 kWh/døgn for beholderen i bolig nr. 56. Fænomenet er ikke yderligere undersøgt.

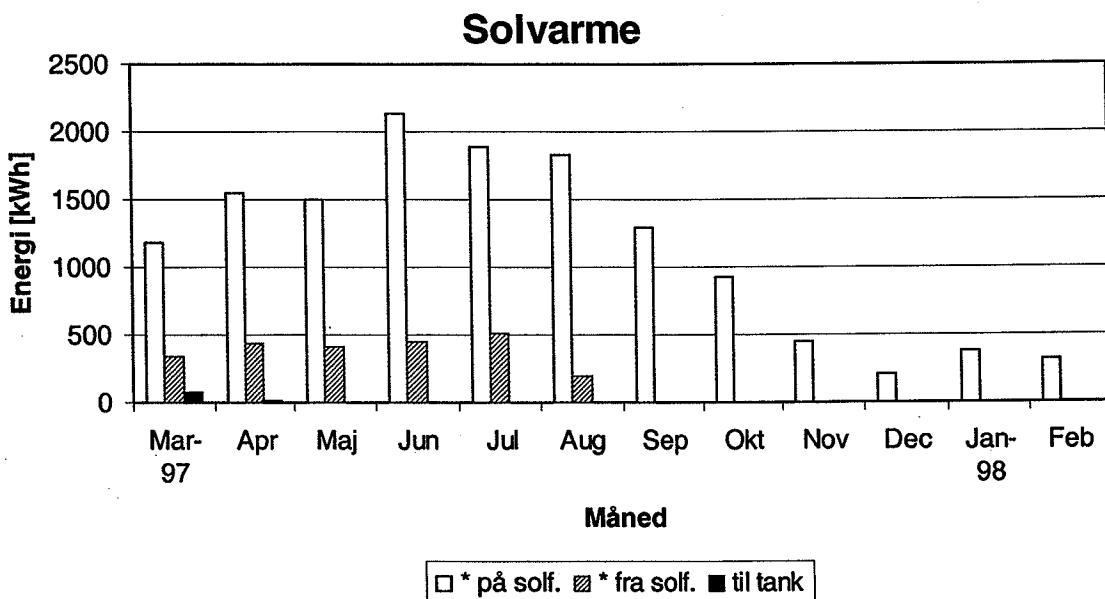
I nedenstående tabel 4.6 er måledataene for bolig nr. 56 korrigert udfra ovenstående forklaringer på fejl m.m.

Bolig nr. 56	Sol			El			Forbrug			Fjernvarme			Ventilation			Total		
	* på sof.	* fra sof.	til tank	pumpe m.m.	køleskab	lys + stikk.	komfur	ventilat.	varmt vand	til rumvarme	til tank	rørtab m.m.	ud	ind	el	fjernv. el + fjernv.	til tank fjernv. + sol	kWh
Måned	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Mar-97	1181	344	77	64	26	59	7	28	52	396	112	85	387	5	185	593	778	189
Apr	1543	438	9	59	36	183	36	27	79	403	116	85	204	0	339	605	944	125
Maj	1500	415	0	53	36	160	27	27	79	181	128	85	203	0	303	394	697	128
Jun	2140	450	0	29	36	105	20	26	67	4	111	85	14	0	215	200	416	111
Jul	1888	508	0	24	39	90	17	27	58	1	101	85	0	0	198	187	385	101
Aug	1825	200	0	24	40	81	13	27	47	1	77	85	0	0	185	163	348	77
Sep	1292	5	0	42	32	118	32	26	67	6	114	85	42	0	250	204	454	114
Okt	928	0	0	60	38	124	29	27	67	340	123	85	195	0	278	547	825	123
Nov	455	0	0	63	36	211	35	26	81	685	130	85	164	0	371	900	1271	130
Dec	202	0	0	66	36	170	20	26	86	1247	140	85	167	0	318	1472	1790	140
Jan-98	384	0	0	64	36	180	25	26	88	976	147	85	244	0	332	1207	1539	147
Feb	320	0	0	57	36	111	16	23	64	876	112	85	208	0	244	1072	1317	112
I alt	13656	2362	86	606	427	1591	276	317	836	5117	1411	1017	1827	6	3218	7545	10763	1497
																		7631

Tabel 4.6. Korrigerede måledata for bolig nr. 56.

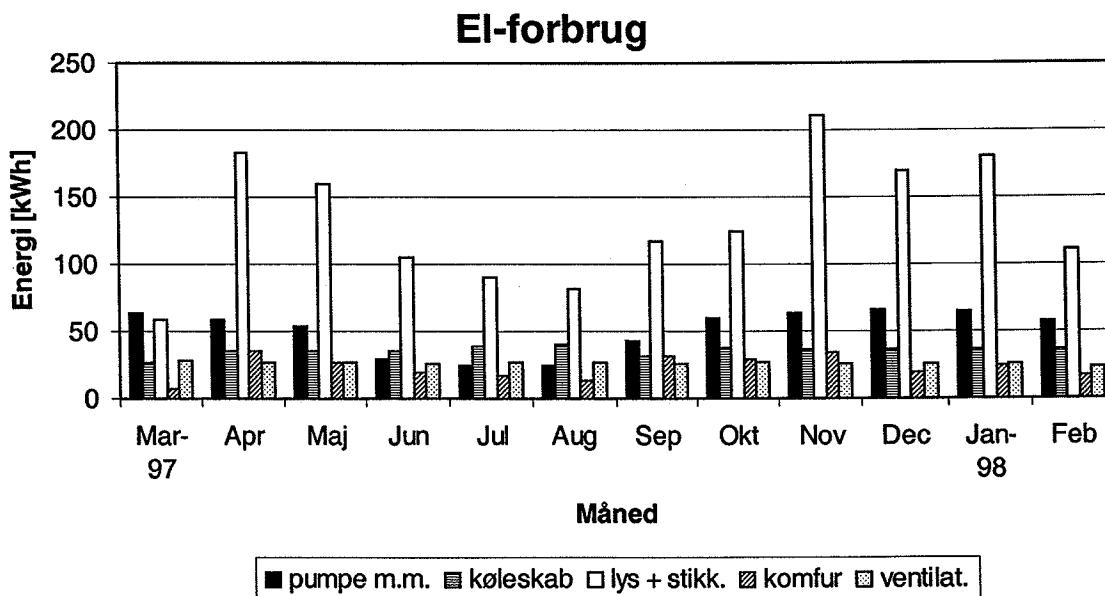
* værdi for det samlede solfangerareal, der leverer energi til 4 stk. varmtvandsbeholdere.

I de fire nedenstående figurer er månedsværdierne for sol, el, fjernvarme samt for det samlede energiforbrug angivet, baseret på værdierne fra tabel 4.6.



Figur 4.5. Energi fra sol til solfanger og til varmtvandsbeholder i nr. 56. * værdi for det samlede solfangerareal, der leverer energi til 4 stk. varmtvandsbeholder.

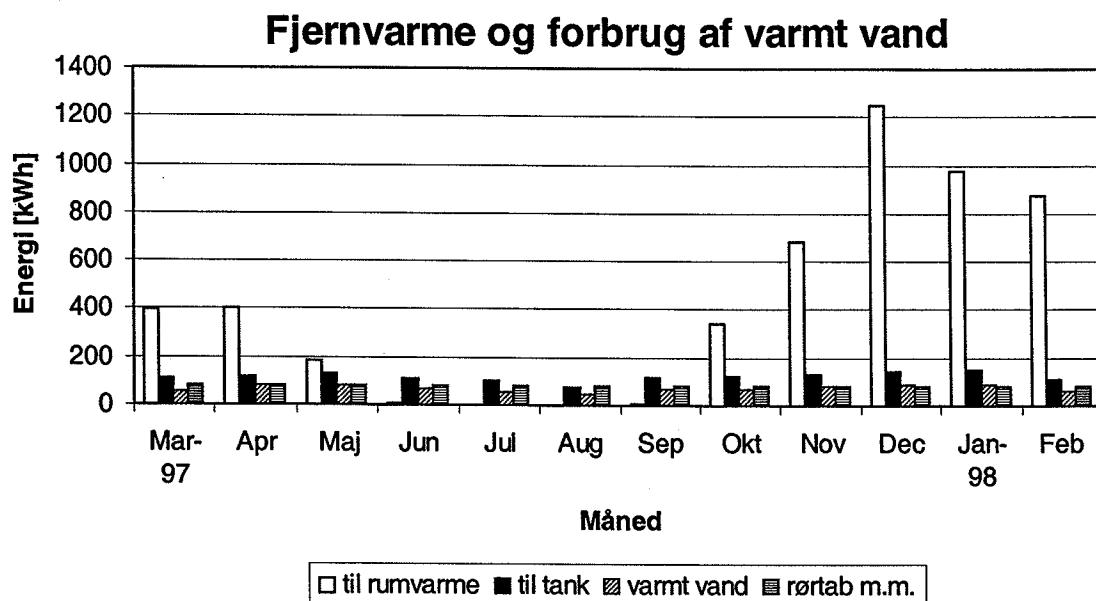
Af figur 4.5 ses, at energimængden fra solfangeren er meget lavere end den energimængde, som indstråles på solfangeren. Dette skyldes delvis, at solvarmepumpen har været ude af drift i de sidste 6 måneder af måleperioden, at tilførslen af solenergi til varmtvandsbeholderen i nr. 56 har været minimal pga. tilstopning eller lignende samt det lave varmtvandsforbrug, som er konstateret.



Figur 4.6. Elforbrug.

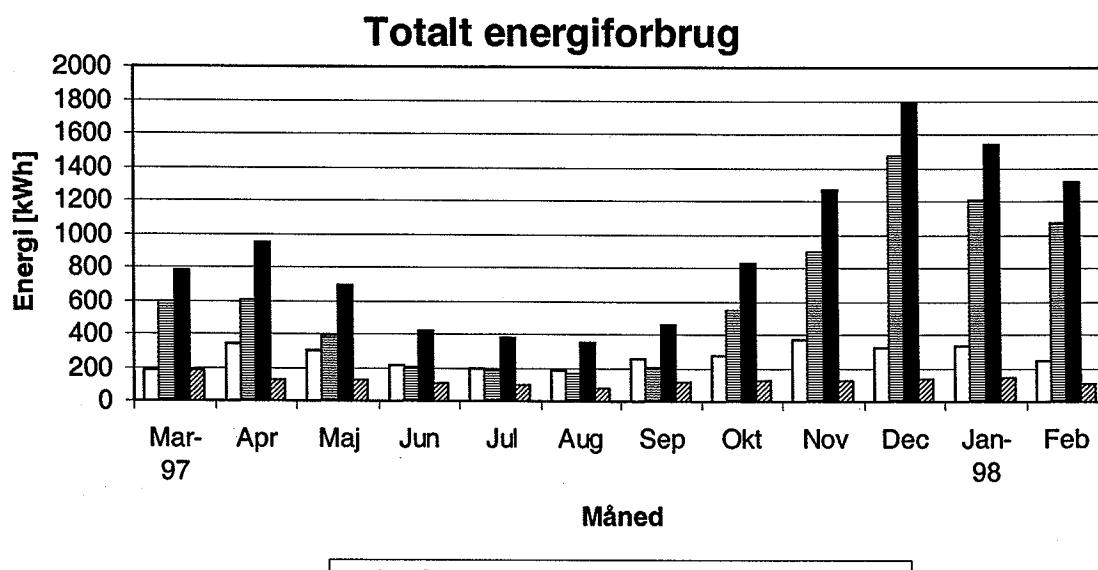
Det ses, at energiforbruget til lys og fra stikkontakter udgør det største elforbrug, men lægges de andre fire forbrug sammen så udgør de omkring det samme forbrug som lys og stikkontakter.

Det ses yderligere, at elforbruget falder om sommeren og stiger om vinteren dels pga. at det kunstige lys er tændt længere tid i døgnet.



Figur 4.7. Fjernvarme- og varmtvandsforbrug.

Det ses, at fjernvarmeforbruget til rumvarmen er den største post om vinteren og at den udgør sammenlagt på årsbasis i alt 5117 kWh. De andre poster er nogenlunde lige store gennem året med ca. 1000 kWh/år til hver.



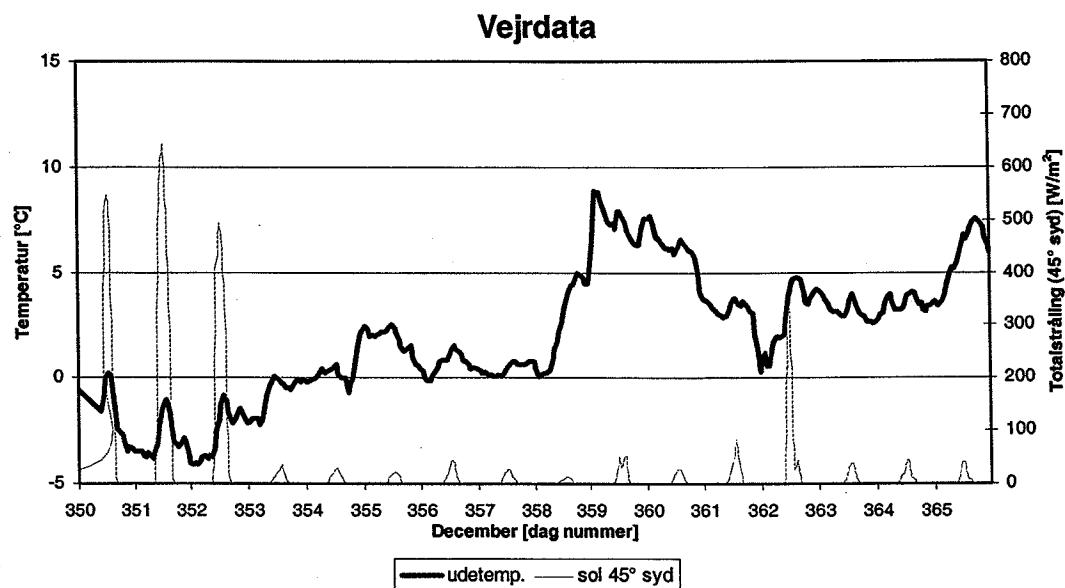
Figur 4.8. Det totale energiforbrug af el, fjernvarme samt energi til varmtvandsbeholder form af fjernvarme og sol.

Det ses, at det samlede elforbrug er nogenlunde konstant med en tendens til et lille fald om sommeren. Det samlede fjernvarmeforbrug er ikke overraskende højest om vinteren. Om sommeren bruges fjernvarmen til opvarmning af det varme brugsvand samt til varmetab fra rør m.m. Op-

varmningen af brugsvandet er nogenlunde konstant, men dog lidt mindre om sommeren dels pga. at koldtvandstemperaturen er lidt højere end om vinteren og at der holdes ferie.

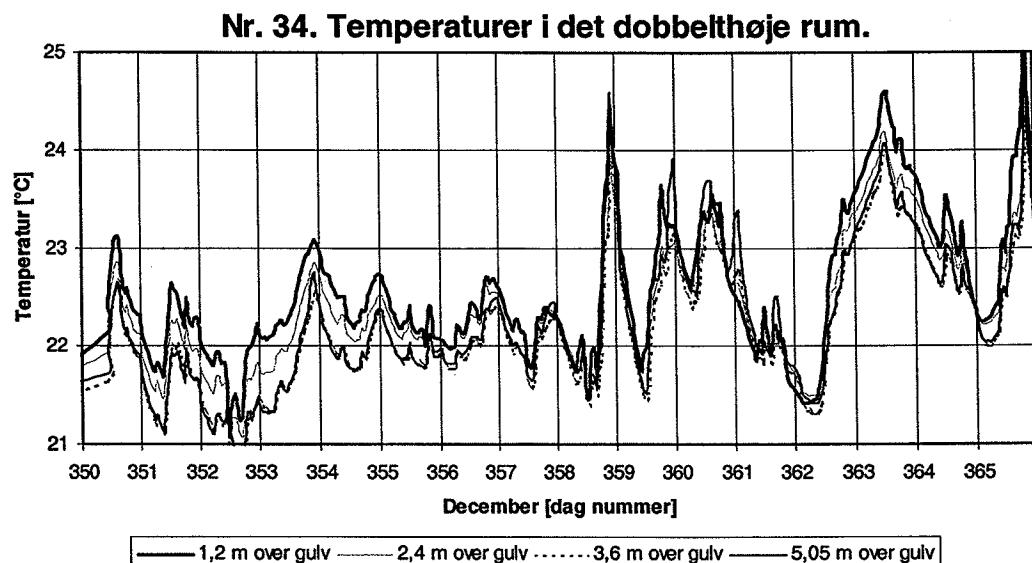
4.2 Temperaturer i bolig nr. 34

I nedenstående figur 4.9 er vist vejrdata dvs. udetemperatur samt solbestrålingsstyrke for en 16 dages periode i december måned i 1997.



Figur 4.9. Udetemperatur samt solbestrålingsstyrke på en 45° sydvendt flade.

Figur 4.10 viser lufttemperaturen i forskellige niveauer i det dobbelthøje rum (køkken/alarum) i bolig nr. 34.



Figur 4.10 Temperaturstratificering i nr. 34.

I perioden fra dag nummer 353 til 358, hvor solstrålingen har været under 100 W/m² ifølge figur

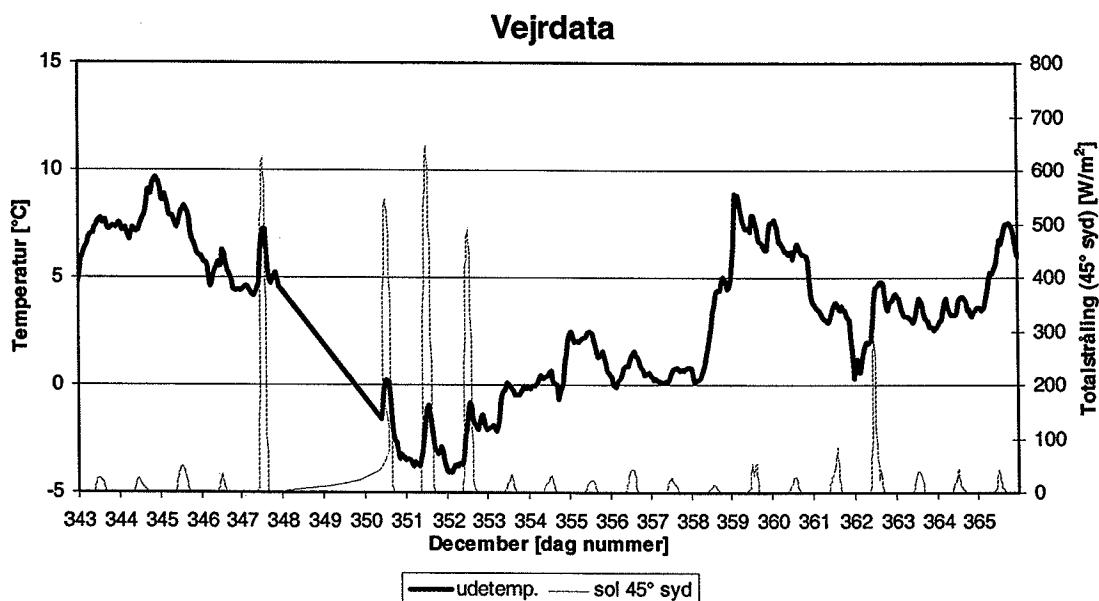
4.9 er lufttemperaturen højere jo tættere vi kommer gulvet i stueplanet. Dette skyldes, at der er gulvvarme i stueplanet. Varmen fra gulvet afgives til rumluften som afkøles pga. varmetab gennem vinduer og ydervægge. Det skal bemærkes, at temperaturforskellen mellem gulv og loft kun bliver maksimalt 1 K i denne periode. Fra dag 359 til 362 ses det dog at temperaturen er højest ved loftet. Forklaringen er givetvis følgende: Det dobbelthøje rum er åbent ind til stuen på første sal. Opvarmningen af stuen på første sal sker ikke direkte via gulvvarme men foretages vha. opvarmet ventilationsluft (indblæsningsluft). Da ventilationen har været stoppet i denne periode så er opvarmningen på 1. sal via væske-til-luft varmeveksleren foregået ved naturlig konvektion. Den højere temperatur ved loftet i perioden skyldes givetvis at luften er blevet sat i bevægelse af opvarmningen fra væske til luft varmeveksleren da der har været behov for varme i stuen på første sal. Desuden ses det af figur 4.9 at udetemperaturen stiger en del i dagene 359 til 362, hvilket givetvis også har en vis indflydelse på temperaturstratificeringen.

Til simuleringerne (energiberegningerne) i tsbi3 /9/ er det nødvendigt at finde setpunktet for, hvor-når der er brug for opvarmning af boligen. Indetemperaturens setpunkt findes for perioden dag nummer 353 til 358. Middelværdien af 10 lufttemperaturer forskellige steder i boligen ligger til grund for fastlæggelsen af setpunktet. Setpunkt for indetemperatur i nr. 34 er fundet til at være 22,5°C i december måned og til at være 21,9°C i februar. Middelværdien 22,2°C af de to setpunkter indgår i simuleringerne i kapitel 5.

I bolig nr. 34 har ventilationen været i drift i de tre første måneder, marts, april og maj, i måleperioden. Her har der både været indblæsning og udsugning. I resten af måleperioden har ventilationsanlægget været ude af drift. Udluftning er foretaget ved at åbne vinduer og døre.

4.3 Temperaturer i bolig nr. 56

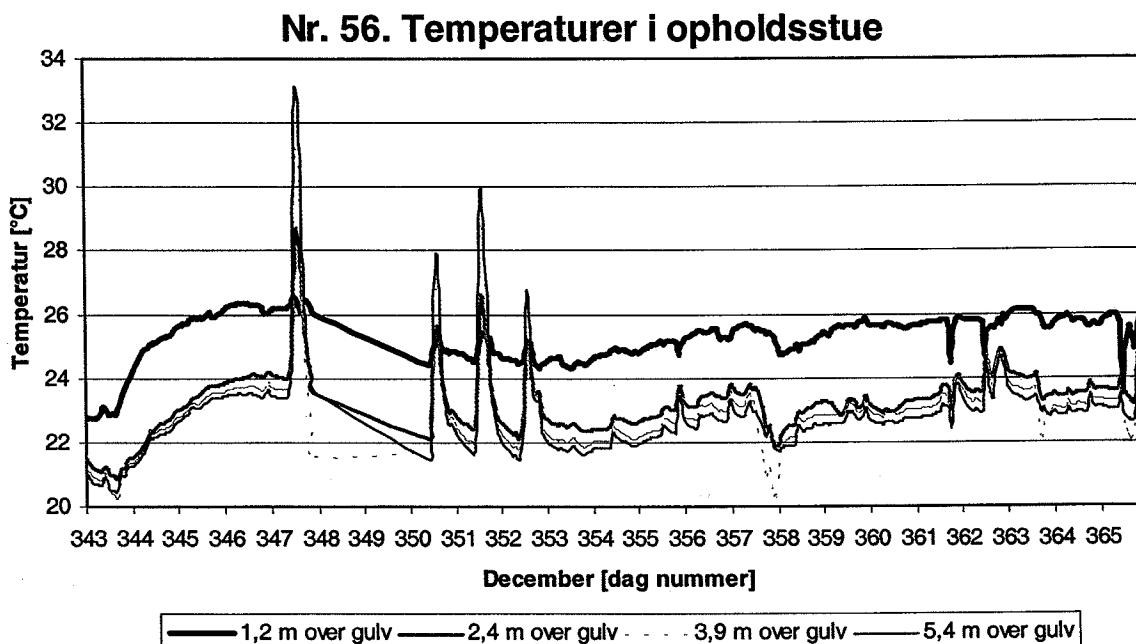
I det følgende er angivet vejrdata for december måned samt udvalgte temperaturer fra boligen.



Figur 4.11. Udetemperatur og total solbestrålingsstyrke på en 45° sydvendt flade.

Der er ingen måledata fra de første 7 dage i december (dag nummer 335 til 342) samt fra den 14 til den 17/12 (dag nummer 348 til 350).

Ud fra figuren ses, at der i perioden har været 5 dage med sol med en total bestrålingsstyrke på mellem $400 - 650 \text{ W/m}^2$. Resten af dagene har der kun været diffus stråling, under 100 W/m^2 dvs. overskyet vejr. Udetemperaturen har svinget mellem $-4,1$ og ca. 10°C . Middeltemperaturen for perioden er målt til $3,1^\circ\text{C}$.



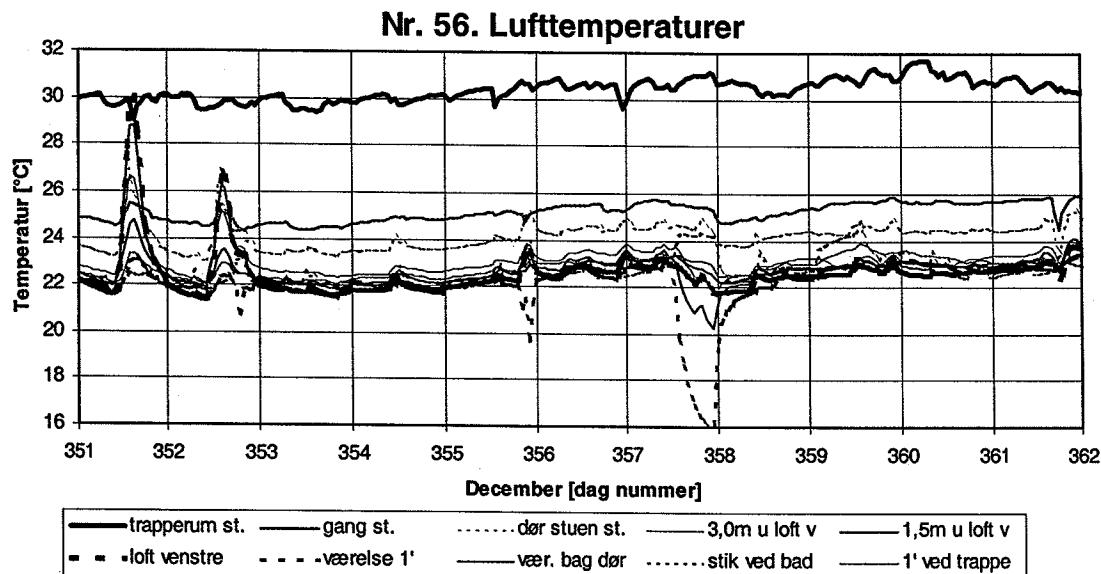
Figur 4.12. Temperaturstratificering i opholdsstue i nr.56.

Af figur 4.12 ses, at temperaturen stiger jo nærmere man kommer gulvet. Det skyldes at der er gulvvarme i stueplanet. Varmen fra gulvet overføres til luften, hvorefter varmen tabes som varmetab gennem vægge og vinduer og afkøles altså mere og mere jo højere man kommer i rummet. I de perioder, hvor der er sol på boligen (f.eks. dag 347) ændres temperaturstratificeringen således at der er varmest oppe ved loftet. Dette skyldes at de solbestrålede gulve og indervægge bliver opvarmet og derved opstår der en strømning af varm luft ved disse flader. Det samme fænomen som også sker ved almindelige radiatorer. I dette tilfælde er temperaturforskellen mellem gulv og luft max. 3 K , hvilket er noget mere end for bolig nr. 34. Dette skyldes dels at temperaturmålingen $1,2 \text{ m}$ over gulvet ikke sidder i samme lodrette linie som resten af målepunkterne, hvilket beror på praktiske forhold.

Følgende figur viser lufttemperaturen målt forskellige steder i boligen.

Af figuren ses, at temperaturen er størst i trapperummet (under trappen), hvilket skyldes varmetab fra rør, vekslere, varmtvandsbeholder pumper m.m som er placeret her. Desuden ses, at temperaturen er størst i stueplan (gang st.), når solstrålingen er lille f.eks. ved dag 353 til dag 358. Det store temperaturfald i slutningen af dag 357 skyldes at der luftes ud i soveværelset på 1. sal, kurve benævnt "værelse".

Rumtemperaturen findes som middeltemperaturen af de ti temperaturmålinger. Denne fundne rumtemperatur stemmer godt overens med udsugningstemperaturen fra ventilationsanlægget.



Figur 4.13. Lufttemperaturen forskellige steder i boligen.

4.4 Beregning af ventilation i bolig nr. 56

Ud fra målingerne har det vist sig, at ventilationsindblæsningen ikke har været i drift (pånær få timer i marts måned) i måleperioden. Dette skyldes dels:

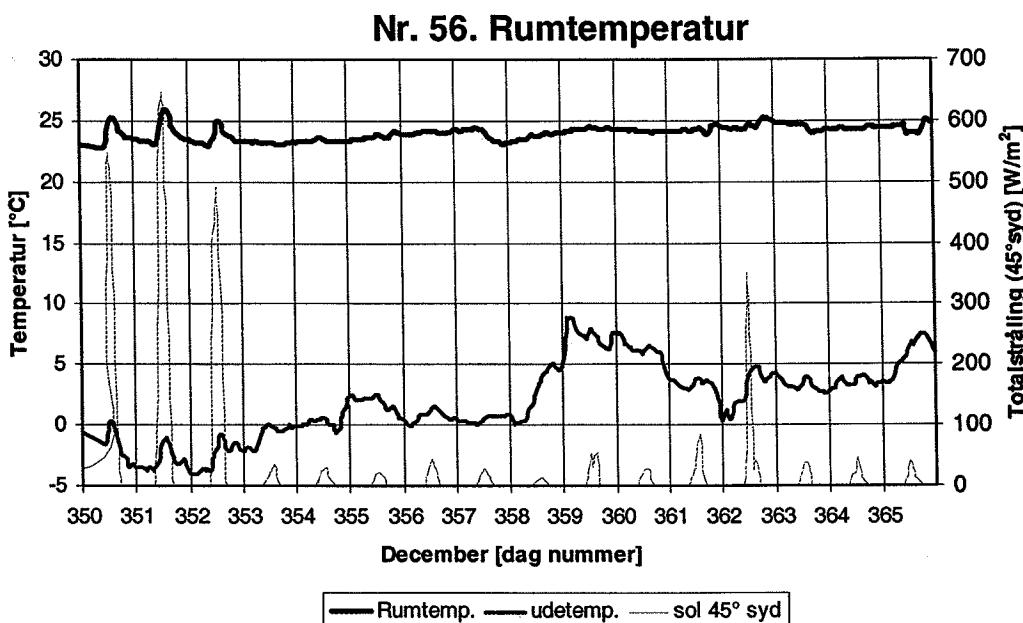
- 1) at beboerne har været generet af kuldenedfald fra indblæsningen. Ventilationsindblæsningen er derfor blevet slukket.
- 2) at afbryderen til indblæsningsventilatoren er lidt besværlig at betjene og let glemmes, da den sidder i trapperummet over varmtvandsbeholderen.
- 3) at beboerne ikke er opmærksomme på / instrueret om principippet af et genvindingsanlæg.

Pga. ovenstående må beregningen af den energimængde der suges ud af boligen (udsugningsventilationen) baseres på en temperaturdifferens mellem setpunktet for indetemperaturen og udetemperaturen.

Der er tidspunkter på året hvor solen bidrager (gratisvarme) til opvarmningsbehovet. I disse tilfælde skal den termiske energimængde der suges ud via ventilationen ikke medregnes i energiforbruget. For at finde, hvornår det er gratisvarme der opvarmer boligen må setpunktet for rumvarmen findes.

Om sommeren er der intet rumopvarmningsbehov og derfor intet termisk energitab gennem udsugningen. I overgangsperioderne forår og efterår er der tidspunkter med sol, hvor indetemperaturen er højere end setpunktet for rumopvarmningen. I disse perioder er der intet ventilationstab. For at finde setpunktet for rumopvarmningen, som skal bruges i korrektionen af ventilationstabet samt til energiberegningen i tsbi3 gøres følgende: En vinterperiode i december på 5 dage (dag 353 til dag 358) er fundet, hvor solstrålingen er minimal dvs. under 100 W/m^2 og en

udetemperatur som ligger omkring de 0°C . I denne periode er indstrålingen fra solen meget lille og påvirker ikke nævneværdigt indetemperaturen. Man kan i denne periode med rimelighed gå ud fra at indetemperaturen er lig med setpunktet for rumopvarmningen. Det skal bemærkes at gulvvarmen er meget træg i reguleringen pga. dens store varmekapacitet. Derfor skal man have en lang og stabil opvarmningsperiode for at finde setpunktet.



Figur 4.14. Total solbestrålning på en 45° sydvendt flade, udetemperaturen samt rumtemperaturen (middelværdi).

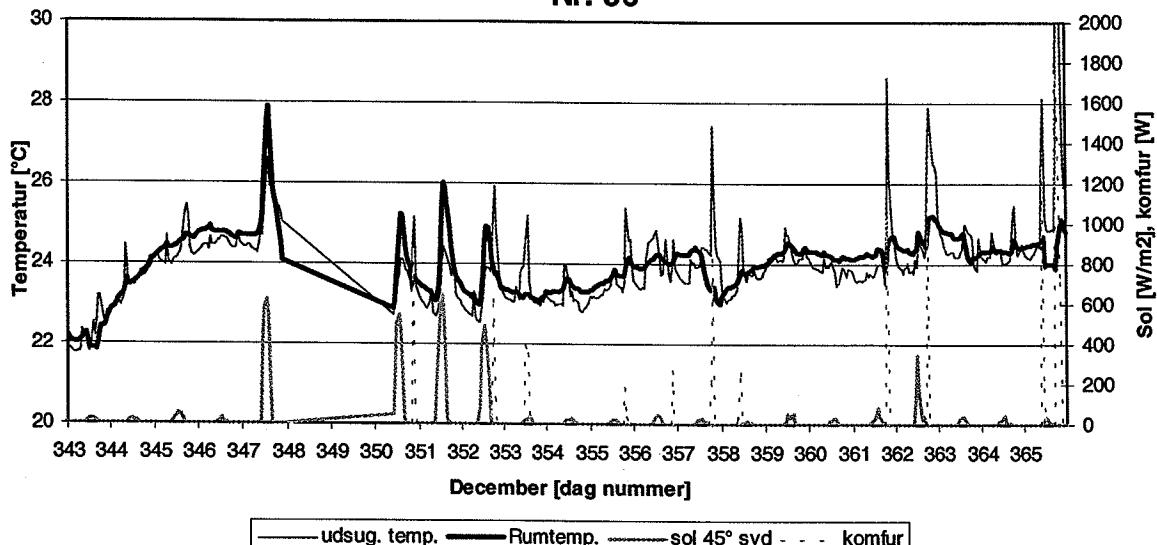
Setpunktet for rumtemperaturen findes i en vinterperiode, hvor udetemperaturen er nogenlunde konstant og hvor solstrålingen er minimal. Denne periode i december måned er fra dag 353 til dag 358. Rumtemperaturen og dermed setpunktet beregnes som en middelværdi ud fra 10 målte lufttemperaturer målt forskellige steder i boligen. Setpunktet er fundet til at være $23,6^{\circ}\text{C}$. Denne temperatur stemmer godt overens med den målte udsugningstemperatur fra ventilationsanlægget på $23,7^{\circ}\text{C}$. Det skal bemærkes at setpunktet i februar måned er fundet til $24,0^{\circ}\text{C}$. Middelværdien $23,8^{\circ}\text{C}$, af de to fundne setpunkter, indgår senere i tsbi3-simuleringerne af energiforbruget for boligen.

I nedenstående figur er udsugnings- og rumtemperaturen sammenholdt med, hvornår komfuret er i drift og hvornår solen skinner.

Af figuren ses, at når komfuret er tændt så stiger udsugningstemperaturen ca. 2 til 5 K, mens rumtemperaturen er uændret. Desuden stiger udsugnings- og rumtemperaturen ikke overraskende, når der er sol på boligen f.eks. ved dag nr. 347, 350, 351 og 352. Udsugningstemperaturen influeres altså af komfuret. Energien fra de forskellige el-forbrugende apparater bidrager også til boligens opvarmning. I tsbi3 indgår disse el-bidrag til rumopvarmningen for sig.

Målingerne anvendes til at finde energiforbruget for boligerne samt til en sammenligning mellem beregningsmodellerne i tsbi3.

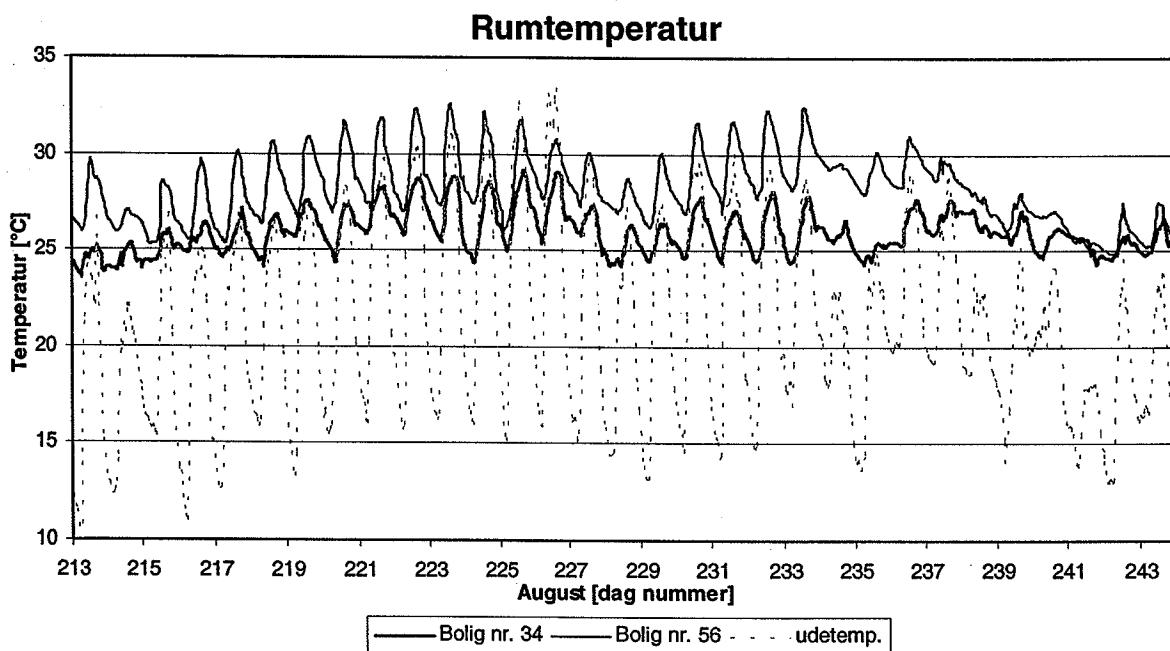
Nr. 56



Figur 4.15. Udsugningstemperaturen sammenlignet med rumtemperaturen.

4.5 Temperaturer om sommeren

I dette afsnit er der vist rumtemperaturer for de to boliger for en sommermåned (august), hvor månedsmiddel af udetemperaturen har været på 21,2°C. Normalt er månedsmiddel af udetemperaturen for august måned 16,3°C /1/. Det er altså en forholdsvis varm sommermåned, der er vist temperaturer for.



Figur 4-10. Udetemperatur samt rumtemperatur for de to boliger i august måned.

Af figuren ses, at bolig nr. 56 ligger ca. 3 til 4 K over udetemperaturen. Dvs. at man får en opvarmning af boligen, som kommer fra solindfaldet gennem vinduerne. I de varme dagtimer i sommerperioden skal rumtemperatur gerne ligge nær eller under udetemperaturen. Bliver rumtemperaturen større end udetemperaturen vil det være uacceptabelt for beboerne. Desuden ses det, at temperaturen ikke kommer under 25°C om natten selv når udsugningsventilationen er i drift og udetemperaturen ligger mellem 15 og 20°C. Dette skyldes dels den store solindstråling om dagen, dels varmekapaciteten af bygningen, hvor energien bliver lagret og som afgivet om natten. Om natten falder rumtemperaturen med ca. 3 til 4 K, så temperaturene er ca. 26-27°C, hvilket er noget højt. For bolig nr. 56 er rumtemperaturen for høj i sommerperioden sammenlignet med udetemperaturen.

For bolig nr. 34 ses det, at rumtemperaturen om dagen ligger lidt under udetemperaturen på de varmeste dage og ligger lidt over på dage med en dagtemperatur omkring de 22°C. Om natten falder rumtemperaturen ikke mere end et par grader og ligger ca. på 25°C, hvilket delvis kan skyldes at ventilationsanlægget har været ude at drift. For bolig nr. 34 ser det ud til at rumtemperaturen måske er acceptabel i dagtimerne, men i nattetimerne tyder det på at temperaturen er for høj. Temperaturen kan muligvis nedbringes ved at ventilationsanlægget sættes i drift.

5. SIMULERINGER

I forbindelse med projekteringen af rækkehuse i Vonsild blev der foretaget en del beregninger med simuleringsprogrammet tsbi3 /9/ for at optimere udformningen. I det følgende er angivet de beregnede varmeforbrug vha. tsbi3 for hver af de to opførte rækkehustyper A og C under følgende forhold:

- 0) Standardforhold: Årsberegnning med et beboerantal på 4 personer, setpunkt for indetemperaturen på 20°C, luftskifte på 0,5 h⁻¹ og med det danske referenceår TRY /10/11/.
- 1) Årsberegnning med det aktuelle beboerantal på 2,5 personer i nr. 34 og med 2 personer i nr. 56, setpunkt for indetemperaturen på 20°C, luftskifte på 0,5 h⁻¹ og med det danske referenceår TRY.
- 2) Årsberegnning med det danske referenceår TRY, med det aktuelle beboerantal, setpunkt for rumtemperaturen, som er anvendt i måleperioden samt de aktuelle luftmængder, der indblæses/udsuges gennem ventilationskanalerne for de to boliger nr. 34 og 56.
- 2) Som 2) men også med de aktuelle elforbrug for de to boliger.

Sammenlignes beregning 0) og 1) findes, hvor meget beboerantallet betyder for opvarmningsbehovet.

Sammenlignes beregning 1) og 2) findes hvor meget rumtemperaturen samt ventilationen betyder for opvarmningsbehovet.

Sammenlignes 2) og 3) findes hvor meget elforbruget betyder for opvarmningsbehovet.

Sammenlignes 3) og målinger findes hvor god overensstemmelse der er mellem beregning ved de faktiske forhold for de to boliger og måling på boligerne.

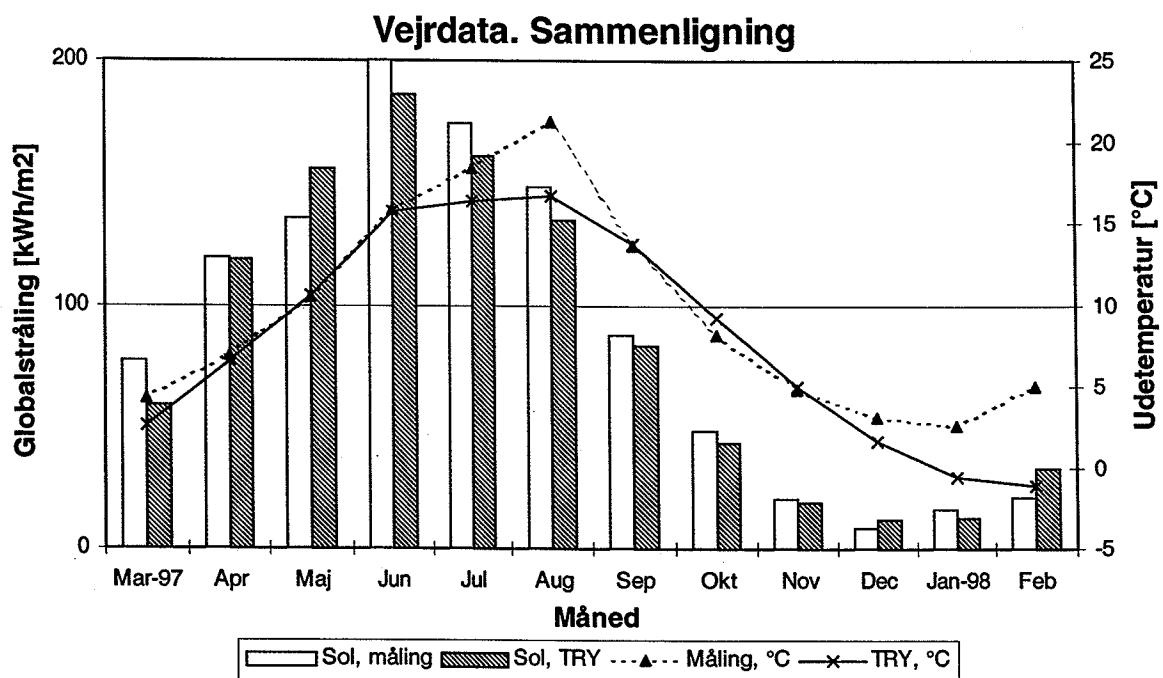
For at finde energiforbruget til opvarmning af det varme vand er der foretaget beregning med edb-programmet EMGP3 /12/. (tsbi3 kan ikke beregne dette energiforbrug).

I nedenstående figur 5.1 er vejrdata fra målingerne sammenholdt med vejrdata fra det danske referenceår TRY, som er anvendt i tsbi3 beregningerne.

Af figur 5.1 ses, at blokkene, som angiver globalstrålingen for målinger og TRY følger hinanden uden de store udsving. Globalstrålingen har været 1056 W/m² for måleåret og er 1018 W/m² for TRY. Altså 3,7 % mere solstråling på vandret for måleåret end for TRY.

Kurverne i figur 5.1 for udetemperaturen ligger lidt fra hinanden, hvilket afspejler sig i at årsmiddeludetemperaturen for målingerne ligger på 9,5°C mens TRY har en middeltemperatur på 8,1°C. En lidt højere udetemperatur for måleåret marts '97 til februar '98 end "normalåret" TRY.

Alt i alt må man forvente, at tsbi3 beregningerne viser en tendens til et lidt større energiforbrug end målingerne.



Figur 5.1 Sammenligning mellem vejrdata fra måleåret og det danske referenceår TRY.

I det følgende afsnit er forudsætningerne og beregningsresultater angivet. De detaljerede beregningsresultater er vist i appendikset.

5.1 Bolig nr. 34, type C. Rækkehus med øst/vestvendte facader.

Der er beregnet temperaturer og energiforbrug for et rækkehus type C, et hus med øst/vestvendte facader. Hustype C har et gulvareal på 57 m², og et totalt opvarmet etageareal på 90 m². Det totale vinduesareal er 16,6 m², heraf 4,5 m² mod syd.

Arealer og U-værdier er beregnet efter DS418, og der er ikke taget hensyn til evt. kuldebroer og 2- og 3-dimensionale varmestrømme. Følgende U-værdier er brugt (W/K·m²):

Nabovægge (nord/syd):	0,27
Tag:	0,15
Gulv:	0,17
Vinduer, Climatop:	glas: 0,7 (solarmettransmittans 0,51) karm: 1,6
Døre:	1,20
Ydervægge:	0,17

Der er regnet på et miditerrækkhus og der er anvendt følgende forudsætninger:

Gratisvarmebidraget til boligen fra én person med et overfladeareal på 1,8 m² er skønnet til at være 1,4 kWh/døgn, som er fremkommet på følgende måde: halvdelen af døgnets timer tilbringes i hjemmet, hvoraf de 6 timer foregår sovende med et aktivitetsniveau svarende til 46 W/m²

eller ca. 85 W. De resterende 6 timer foregår ved et "middelaktivitetsniveau" på ca. 150 W ($1/5(58 + 70 + 70 + 93 + 116)W/m^2$) (Danvak side 21 figur 11) /7/.

I de første 3 beregninger er det forudsat, at gratisvarmebidraget fra lys og husholdning er ca. 1400 kWh eller 3,8 kWh/døgn samt at bidraget udgør 75 % af det samlede elforbrug. Det vil sige, at det samlede elforbrug er forudsat til at være ca. 1750 kWh/år. De 25 % som ikke regnes med i gratisvarmebidraget er f.eks. udendørs belysning og opvarmet vand fra madlavning som hældes i vasken (afløbet) og ikke dermed ikke fuldtud tilføres til boligen.

Årsberegning 0)

Gratisvarmebidrag:	Standardforhold. Ideelle forhold.
Rumtermostat: (Radiatortermostat)	5,6 kWh/døgn (4 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 3450 kWh/år
Ventilation:	20°C
Infiltration:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 80 %
Udluftning:	0,1 h ⁻¹
	3 h ⁻¹ ved 23°C og derover

Årsberegning 1)

Gratisvarmebidrag:	Faktiske personantal i boligen, ellers som 0)
Rumtermostat: (Radiatortermostat)	3,5 kWh/døgn (2,5 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 2700 kWh/år
Ventilation:	20°C
Infiltration:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 80 %
Udluftning:	0,1 h ⁻¹
	3 h ⁻¹ ved 23°C og derover

Årsberegning 2)

Gratisvarmebidrag:	Faktisk personantal, rumtemperatur og ventilationsforhold
Rumvarmometerstat: (Radiatortermostat)	3,5 kWh/døgn (2,5 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 2700 kWh/år
Ventilation:	22,2°C, gennemsnit af måling fra januar og februar 1998
Infiltration:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 80 % i marts, april og maj. Herefter 0 % genvinding da ventilationsanlægget har været slukket resten af perioden, givetvis pga. støjproblemer
Udluftning:	0,1 h ⁻¹ i marts, april og maj, herefter 0,2 h ⁻¹ . Begge infiltrationer er et skøn og burde ideelt set være 0,5 h ⁻¹ inklusiv ventilationen.
	3 h ⁻¹ ved 2 K over setpunktet for rumvarmometerstat, dvs. ved 24,2°C og derover.

Årsberegning 3)

Gratisvarmebidrag:	Faktisk personantal, rumtemperatur, ventilationsforhold samt elforbrug
Rumvarmometerstat: (Radiatortermostat)	3,5 kWh/døgn (2,5 personer) & 5,5 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 3300 kWh/år.
	22,2°C, gennemsnit af måling fra januar og februar 1998.

- Ventilation: $0,5 \text{ h}^{-1}$, genvinding 80 % i marts, april og maj. Herefter 0 % genvinding da ventilationsanlægget har været slukket resten af perioden, pga. støjproblemer og defekt regulator.
- Infiltration: $0,1 \text{ h}^{-1}$ i marts, april og maj, herefter $0,2 \text{ h}^{-1}$. Begge infiltrationer er et skøn og burde ideelt set være $0,5 \text{ h}^{-1}$ inklusiv ventilationen.
- Udluftning: 3 h^{-1} ved 2 K over setpunktet for rumvarmetermmostat, dvs. ved $24,2^\circ\text{C}$ og derover.

I tabel 6.1 er årsberegningerne fra tsbi3 og EMGP3 simuleringerne samt måleresultaterne angivet.

Bolig nr. 34	Fjernvarme til rumvarme	Fjernvarme til varmt brugsvand	Elforbrug	Totalt energiforbrug
Årsberegning	kWh	kWh	kWh	kWh
0)	2700	420	1850	4970
1)	3100	420	1850	5370
2)	3750	420	1850	6020
3)	3450	420	2700	6570
Måling	2688	501	2704	5893

Tabel 6.1. Målte og beregnede årsforbrug vha. tsbi3, EMGP3 for bolig nr. 34. Årsforbrug for varme, varmt brugsvand og elektricitet.

Fjernvarmeforbruget til opvarmning af det varme brugsvand er beregnet vha. EMGP3 til ca. 420 kWh/år eller 4,7 kWh/m²/år.

Af tabel 6.1 ses, ved at sammenligne beregning 0) og 1) dvs. reduceres antallet af personer i boligen fra 4 til 2,5, at forbruget af fjernvarme til rumvarme stiger, pga. at gratisvarmen til boligen bliver mindre.

Af tabel 6.1 ses, udfra beregning 1) og 2), dvs. ved at gå fra ideel rumtemperatur og ventilationsforhold til de faktiske, at rumvarmeforbruget stiger med 650 kWh eller ca. 20 % ved at øge indetemperaturen med 2,2 K og kun at have ventilation i 3 måneder. Det totale energiforbrug stiger kun med ca. 10 % da vand- og elforbrug er ens i de to tilfælde.

I den sidste beregning 3) indgår det faktiske elforbrug i beregningen og det ses, at rumvarmeforbruget falder da elforbruget er steget fra 1850 kWh i 2) til 2700 kWh. Det samlede samlede forbrug er steget med 250 kWh eller ca. 4 % i forhold til 2).

Sammenholdes beregning 1) med 3), hvilket vil sige en sammenligning mellem ideelle forhold med det aktuelle beboerantal i forhold til de aktuelle forhold ses, at energiforbruget er steget med ca. 530 kWh eller ca. 10 %.

Målingerne viser i forhold til beregning 3) et noget lavere rumvarmeforbrug 750 kWh, men et større elforbrug og fjernvarmeforbrug til varmt vand. Samlet er boligens energiforbrug 650 kWh eller ca. 10 % mindre end beregnet. Dette stemmer godt overens med at vejrdataene til tsbi3 beregningerne skulle give et lidt større beregnet energiforbrug end målingerne.

Pga. det mindre luftskifte $0,2 \text{ h}^{-1}$, er energiforbruget blevet på et moderat niveau.

Afvigelsen mellem beregning og måling skyldes dels, at det skønnet gratisvarmebidrag fra personer og el i beregninger er noget usikker samt at infiltrationen måske er forskellig fra de $0,2 \text{ h}^{-1}$ som forudsat, når ventilationsanlægget er ude af drift. Desuden skyldes noget af afvigelsen, at det er lidt forskellige vejrdata som er anvendt i de to tilfælde. Afvigelsen er inden for det acceptable der kan opnås mellem disse målinger og beregninger.

5.2 Bolig nr. 56, type A. Rækkehus med nord/sydvendte facader.

Der er beregnet temperaturer og energiforbrug for et rækkehus type A, et hus med nord/sydvendte facader. Hustype A har et gulvareal på 48 m^2 , og et totalt opvarmet etageareal på 85 m^2 . Det totale vinduesareal er $24,5 \text{ m}^2$, heraf $18,8 \text{ m}^2$ mod syd.

Arealer og U-værdier er beregnet efter DS418, og der er ikke taget hensyn til evt. kuldebroer og 2- og 3-dimensionale varmestrømme. Følgende U-værdier er brugt ($\text{W/K}\cdot\text{m}^2$):

Nabovægge (øst/vest):	0,27	
Tag:	0,15	
Gulv:	0,17	
Tungt dæk:	0,85	
Vinduer	1-lag:	glas: 6,0 (solarmettransmittans 0,83)
		karm: 2,3
	Climatop:	glas: 0,7 (solarmettransmittans 0,51)
		karm: 1,6
Ydervægge:	0,17	

Der er regnet på et midterrækkehus. Der er anvendt følgende forudsætninger:

Gratisvarmebidaget til boligen fra én person med et overfladeareal på $1,8 \text{ m}^2$ er skønnet til at være $1,4 \text{ kWh/døgn}$, som er fremkommet på følgende måde: halvdelen af døgnets timer tilbringes i hjemmet, hvoraf de 6 timer foregår sovende med et aktivitetsniveau svarende til 46 W/m^2 eller ca. 85 W . De resterende 6 timer foregår ved et "middelaktivitetsniveau" på ca. 150 W ($1/5(58 + 70 + 70 + 93 + 116)\text{W/m}^2$) (Danvak side 21 figur 11) /7/.

I de første 3 beregninger er det forudsat, at gratisvarmebidaget fra lys og husholdning er ca. 1400 kWh eller $3,8 \text{ kWh/døgn}$ samt at bidraget udgør 75 % af det samlede elforbrug. Det vil sige, at det samlede elforbrug er forudsat til at være ca. 1750 kWh/år .

Årsberegning 0)	Standardforhold. Ideelle forhold
Gratisvarmebidrag:	5,6 kWh/døgn (4 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 3400 kWh/år
Rumtermostat:	20°C
(Radiatortermostat)	
Ventilation:	$0,5 \text{ h}^{-1}$, genvinding 80 %
Udluftning:	3 h^{-1} ved 23°C og derover
Infiltration:	$0,1 \text{ h}^{-1}$

Årsberegning 1)	Faktisk personantal i boligen ellers som 0).
Gratisvarmebidrag:	2,8 kWh/døgn (2 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 2400 kWh/år
Rumtermostat:	20°C
(Radiatortermostat)	
Ventilation:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 80 %
Udluftning:	3 h ⁻¹ ved 23°C og derover
Infiltration:	0,1 h ⁻¹
Årsberegning 2)	Faktisk personantal, rumtemperatur og ventilationsforhold.
Gratisvarmebidrag:	2,8 kWh/døgn (2 personer) & 3,8 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 2400 kWh/år
Rumtermostat:	23,8°C, gennemsnit af måling fra januar og februar 1998
(Radiatortermostat)	
Ventilation:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 0%. Indblæsningsventilatoren har ikke været i drift da beboerne har været generet af kold indblæsningsluft.
Udluftning:	3 h ⁻¹ ved 2 K over setpunkt for rumtermostat, dvs. ved 25,8°C og derover
Infiltration:	0,0 h ⁻¹ , da der kun er udsugning fra boligen.
Årsberegning 3)	Faktisk personantal, rumtemperatur, ventilationsforhold samt elforbrug.
Gratisvarmebidrag:	2,8 kWh/døgn (2 personer) & 6,6 kWh/døgn (lys og husholdning), hvilket svarer totalt til ca. 3400 kWh/år
Rumtermostat:	23,8°C, gennemsnit af måling fra januar og februar 1998
(Radiatortermostat)	
Ventilation:	0,5 h ⁻¹ , genvinding 0%. Indblæsningsventilatoren har ikke været i drift da beboerne har været generet af kold indblæsningsluft.
Udluftning:	3 h ⁻¹ ved 2 K over setpunkt for rumtermostat, dvs. ved 25,8°C og derover
Infiltration:	0,0 h ⁻¹ , da der kun er udsugning fra boligen.

I det følgende er angivet beregningsresultaterne fra tsbi3 programmet.

I tabel 6.2 er årsberegningerne fra tsbi3 og EMGP3 simuleringerne samt måleresultaterne angivet.

Bolig nr. 56	Fjernvarme til rumvarme	Fjernvarme til varmt brugsvand	Elforbrug	Totalt energiforbrug
Årsberegning	kWh	kWh	KWh	kWh
0)	1500	420	1850	3770
1)	1950	420	1850	4220
2)	5150	420	1850	7420
3)	4600	420	3200	8220
Måling	5117+1017*	1411	3218	10763

Tabel 6.2. Tsbi3 og EMGP3 årsberegning samt måleresultater for bolig nr. 56. Årsforbrug af varme, varmt brugsvand og elektricitet. *Varmtab i installationsrum.

Fjernvarmeforbruget til opvarmning af det varme brugsvand er i EMPG3 beregnet til ca. 420 kWh/år eller ca. 5,0 kWh/m²/år.

Udfra tabel 6.2 ses, at rumvarmeforbruget stiger med 450 kWh eller ca. 25 % ved at halvere beboerantallet.

Af tabel 6.2 ses, udfra simulering 1) og 2) at rumvarmeforbruget stiger med over 3000 kWh ved at øge indetemperaturen med 3,8 K og ikke have genvinding på ventilationsanlægget.

Ved at tage den faktiske rumtemperatur, de faktiske ventilationsforhold og elforbrug med i beregning 3) fås en forøgelse i det totale energiforbrug på 4000 kWh eller ca. en fordobling af forbruget i forhold til de ideelle forhold i beregning 1).

Sammenlignes måling og beregning 3) så viser målingerne et forbrug som er ca. 2500 kWh større end beregningerne. Målingerne viser et forbrug på 5117 kWh til gulvvarmen samt et forbrug på 1017 kWh til varmetab fra rør m.m i varmeinstallationsrummet under trappen. Det målte energiforbrug til brugsvand er ca. 1000 kWh større end i beregningerne. Dette skyldes, at solvarmeanlægget ikke har leveret energi til beholderen i de sidste ca. 10-11 måneder af måleperioden, givetvis pga. en lukket ventil eller en tilstopning. Havde solvarmeanlægget fungeret og var der isoleret eller gjort andet for at forhindre varmetab fra rør m.m. i installationsrummet, ville forbruget givetvis være 1500 – 2000 kWh lavere. Tages der desuden hensyn til det større elforbrug, der dels skyldes det mobile airconditionsanlæg samt solariet, som har været installeret, så ville de målte og beregnede totale energiforbrug ligge noget nærmere hinanden.

Afvigelsen mellem beregning og måling skyldes desuden dels, at det skønnet gratisvarmebidrag fra personer og el i beregninger og er noget usikker, samt at det er andre vejrdata, som er anvendt i de to tilfælde.,

Havde varmegenvindingsanlægget været i drift var energiforbruget givetvis blevet mindre.

Samlet kan det konkluderes at brugerforholdene og ikke mindst funktionen af de energitekniske installationer har stor indflydelse på energiforbrugene.

6. BEBOER-ERFARINGER

I løbet af måleperioden har det af og til været nødvendigt at udbedre fejl og mangler på måleudstyret samt foretage kontrol af samme. Det har derfor været en del rejser til Vonsild. I forbindelse med dette arbejde samt ved telefonsamtaler er der blevet indsamlet erfaringer, kommentarer samt kritik fra beboerne i de to boliger. I løbet af måleperioden og i den efterfølgende periode er der kommet nye lejere i de to boliger.

6.1 Bolig nr. 34

Følgende kommentarer og kritikpunkter er kommet frem ved samtale med beboerne i nr. 34:

- Udsugningen fra emhætten er ikke kraftig nok.
- Trækgener omkring spisebord i stueetagen. Værst ved vestende af bord. Trækgenerne skyldes indblæsning af udeluft som sker syd for bordet i det dobbelthøje rum.
- For varmt på 1. sal om sommeren. Indblæsningen på 1. sal fungerer udmærket, når der skal varmes op.
- Der er koldt ved terrassedør og ved yderdør. (Der er givetvis blevet isoleret under dørene efter denne samtale med beboerne).
- Ventilationsstøj ved visse vindretninger. Man kan ikke sove ved de værste tilfælde.
- Udsugning og indblæsning slukkes kl. 22.00 og startes igen kl. 7.00. Dette er uhensigtsmæssigt da man ikke kan få udsugning fra emhætte og båd efter kl. 22.00.
- Rengøringen er besværlig ved loft i det dobbelthøje rum.
- Lampested er placeret uhensigtsmæssig på 1.sal ved trappen.
- Det er svært at vænne sig til, at der ikke er afbrydere ved stikkontakter.
- Det er udmærket at der er jord på alle stikkontakter.
- Vinduespudsning er besværlig især ved det dobbelthøje rum (ude og inde) samt ved det store sydvindue på 1. sal (ude).
- De lange gardiner er det ikke mulig at vaske i ejendommens vaskemaskine da den er for lille.
- Ulempe at der kun er én termostat til regulering af gulvarmen i de 4 forskellige rum i stueplanet.
- Der er varmt om sommeren i soveværelset på 1.sal fordi det har et vestvendt vindue samt at der generelt bliver varmt på 1.salen.

6.2 Bolig nr. 56

Følgende kommentarer og kritikpunkter er kommet frem ved samtale med beboerne i nr. 56:

- Der bliver meget varmt, når solen skinner; også om vinteren.
- Solfangerpumpen støjer lidt.
- Det er en lille ulempe at der ikke er et gardin i soveværelset på 1. sal ud til det dobbelthøje rum.
- Lidt støj fra ventilationsindblæsningen.
- Vil gerne have lidt mere sug på emhætten.
- Radiatorene har ikke været åbnet i et år fra den 1/3-96 til den 1/3-97. (Der har været varmt nok alligevel).

- Gulvvarmen er varmere i gang end i stuen. (Konstatering)
- Når indblæsningsventilationen er tændt så er der trækgener i stuen især ved stuebordet, som er placeret ud for indblæsningen.
- Det tager forholdsvis lang tid at finde ud af, hvilket niveau termostaten til gulvvarmen skal indstilles på, når man ikke har nogen forstand på varmeteknik. Gulvvarmen er meget langsomt reagerende i forhold til traditionelle radiatorer. Problemet har f.eks. været følgende selvom gulvvarmen er termostatreguleret: Om aftenen bliver det lidt koldt derfor skrues der op for gulvvarmen, men der sker ikke rigtigt noget derfor skrues der mere op. Næste dag bliver det meget varmt i boligen for nu er gulvet blevet opvarmet, så skrues der ned for gulvvarmen med det resultat, at den følgende dag er det for koldt. Så skrues der op igen og så fremdeles. Det ville være raret med lidt instruktion om indregulering af gulvvarmen når man flytter ind.
- Ifølge beboeren i nr. 56, så er der en del beboere i bebyggelsen som er flyttet pga. at det bliver alt for varmt i boligerne om sommeren.
- Det er svært at få gennemtræk i boligerne som ligger øst-vest da de ligger ”forkert” i forhold til den fremherskende vindretning fra vest.

7 KONKLUSION

7.1 Bolig nr. 34, type C, 89,4 m²

Målingerne viser, at det samlede energiforbrug på et år er 5900 kWh eller 66 kWh/m², fordelt på fjernvarme med 3200 kWh og på el med 2700 kWh.

Energiforbruget er ca. 20 % højere end forudsat i den første beregning i tsbi3. Dette skyldes hovedsageligt:

1. at beboerantallet er 2,5 og ikke 4 som først forudsat. Det skønnet gratisvarmebidrag fra beboerne er desuden noget usikkert.
1. at rumtemperaturen har været ca. 2,2 K højere end de 20°C som er forudsat i beregningerne.
1. at ventilationsanlægget har været ude af drift i 9 måneder i måleperioden.
1. at energiforbruget til el er ca. 550 kWh højere end forudsat i beregningerne. Det er desuden svært at skønne hvor stor en del af elforbruget, der kan regnes som gratisvarme.

En beregning med de aktuelle værdier såsom beboerantal på 2,5, rumtemperatur på 22,2 °C, ventilationstider samt elforbrug viser, at det målte samlede energiforbrug ligger ca. 670 kWh eller 10 % lavere end beregningerne. Dette skyldes, at gratisvarmebidragene er svære at skønne samt at det er forskellige vejrdata, som er benyttet i målinger (aktuelle vejrdata) og beregninger (TRY data).

I 9 måneder ud af måleperioden på et år har ventilationsanlægget været ude af drift. Dette skyldes, at der har været problemer med støj fra anlægget samt en defekt regulator til de centrale ventilatorer.

I sommerperioden bliver der meget varmt i boligen især på første sal. Dette er til megen gene for beboerne. Målinger viser, at rumtemperaturen har været over 25°C i gennemsnit for august måned 1997.

I fyringssæsonen fungerer gulvvarmen tilfredsstillende, men det ville være bedre, hvis gulvvarmen var sektioneret, således at hvert rum i stueplanet kunne reguleres separat.

Opvarmningen på 1. sal som består af opvarmet ventilationsluft fungerer tilfredsstillende. Der er kun brugt 74 kWh til opvarmningen på 1. sal.

Målingerne viser at det samlede energiforbrug på 66 kWh/m² ligger lidt lavere end de 70-80 kWh/m² som var målet. Ved ideelle forhold, dvs. 4 personer i boligen opvarmet til 20°C med ventilation på 0,5 h⁻¹, genvinding på 80 % samt elbesparende amaturer, viser beregningerne, at man kan komme ned på ca. 4970 kWh eller 55 kWh/m² i det samlede energiforbrug.

De målte energiforbrug er meget afhængige af brugeradfærd samt af gratisvarmebidragene fra personer og el.

7.2 Bolig nr. 56, type A, 87,2 m²

Målingerne viser at det samlede energiforbrug på et år er 10750 kWh eller 125 kWh/ m², fordelt på fjernvarme med 7550 kWh og på el med 3200 kWh.

Energiforbruget er ca. 285 % højere end forudsat i beregningen. Dette skyldes følgende:

1. at boligen kun har haft 2 beboere og dermed er gratisvarmebidraget noget mindre.
2. at setpunktet for rumtemperaturen har ligget mellem 23,6 og 24,0°C, hvilket er noget højere end de 20°C som er anvendt i beregningen.
3. at ventilationsindblæsningen har været ude af drift i hele måleperioden, dvs. at der ikke har været varmegenvinding af ventilationsluften.
4. at solvarmeanlægget kun har leveret 90 kWh til varmtvandsbeholderen, hvor det var forudsat at det skulle leve ca. 1000 kWh
5. at det målte elforbrug er ca. 350 kWh større end forudsat i beregningerne, hvilket givetvis skyldes driften af det transportable airconditionanlæg og af et solarie.
6. at det i beregningerne er svært at skønne gratisvarmebidragene fra personer og el.

En beregning med de aktuelle beboerantal 2,5, rumtemperatur på 23,8°C og de aktuelle ventilations- og elforbrug, viser at det målte energiforbrug er ca. 2500 kWh eller 30 % højere end beregningerne. Fratrækkes de ca. 1000 kWh som solvarmeanlægget skulle have leveret og den ekstra energi til el som der er brugt til køling og solarie (måske ca. 600 kWh, kan ikke medregnes som gratisvarmebidrag), så stemmer målinger og beregninger rimeligt overens.

I hele måleperioden på et år har indblæsningen fra ventilationsanlægget været sat ud af drift. Dette skyldes at beboerne har været generet af kold luft fra indblæsningen i stuen. Varmegenvindingen har derfor ikke virket.

I sommerperioden bliver der meget varmt i boligen, især 1.sal bliver næsten ubebolig. Dette er til stor gene for beboerne. Beboerne har derfor anskaffet sig et airconditionsanlæg. Om vinteren bliver det også meget varmt, når det er solskinsvejr.

Det har for beboerne været vanskeligt at få indstillet termostaten til gulvvarmen, da gulvvarmen er meget langsom reagerende (træg) i forhold til almindelige radiatorer.

Radiatorerne på 1. sal har i året før målingerne ikke været åbne. Dvs. at det kunne tyde på at der ikke er behov for rumvarmeinstallationer på 1. sal.

Målingerne viser at det samlede energiforbrug på 123 kWh/m² ligger noget over de 70-80 kWh/m², som var målet. Ved ideelle forhold, dvs. 4 personer i boligen opvarmet til 20°C med ventilation på 0,5 h⁻¹, genvinding på 80 %, elbesparende amatører, samt at solfangearnlægget fungerer tilfredsstillende, viser beregningerne, at man kan komme ned på ca. 3770 kWh eller 45 kWh/m² i det samlede energiforbrug.

Sammenfatning

Energiforbrugene i boligerne er en del afhængig af antallet af beboere og deres brugeradfærd. Brugeradfærdens er til dels betinget af energitekniske løsninger, som ikke har virket (ventilation,

solfangeranlæg) eller, som har været svære at styre (rumvarme, solindfald, ventilation).

Forudsættes korrekte energitekniske løsninger samt ideel brugeradfærd, viser målinger og beregninger rimelig overensstemmelse. Dvs. at man kan opnå et forbrug ved standardforhold (rumtemperatur 20°C og varmegenvinding på 80 %) på 70-80 kWh/m² boligareal.

Der har generelt været problemer med forskellige regulerings-, styrings- og føleranordninger i bebyggelsen.

Der bliver meget varmt i boligerne især om sommeren. Dette er til stor gene for beboerne. Overophedningen af boligerne om sommeren, må nok siges at være det største komfortproblem generelt for bebyggelsen. Solafskærmning eller anden foranstaltning til at hindre overtemperaturer i boligerne ville være ønskeligt og må siges at være påkrævet ved ligende byggerier i fremtiden.

På baggrund af problemerne med reguleringen af gulvvarmen i de aktuelle boliger er der behov for at udvikle reguleringssystemer og udformninger af gulvvarmesystemer, som kan forbedre komforten i f.eks. højisolert byggeri med stor udnyttelse af passiv solvarme.

Det er meget begrænsede energimængder rumvarmen på 1. sal skal leverer i det 2 boliger.

8. REFERENCER

- /1/ SOLRÆKKEHUSE. 33 nye og anderledes boliger i Vonsild Syd i Kolding (brochure).
Bygherre: Den Almennytige Andelsboligforening GRØNNEVANG
Udlejning: KAB – Bygge- og Boligadministration, Vester Voldgade 17, 1552 Kbh. V.
- /2/ SOLAR ENERGY HOUSES. STRATEGIES, TECHNOLOGIES, EXAMPLES
1997 IEA (International Energy Agency)
- /3/ Kort beskrivelse til Kolding-sagen
MPH/LM, Cenergia, d 19-5-94
- /4/ Schlumberger Technologies. Instrument Division
Installation guide, Operating manual
- /5/ Beregning af varmetab fra beholdere (Excel regneark)
SolEnergiCenter Danmark, Teknologisk Institut
Kristian Kærsgaard
- /6/ Bygningsreglementet fra 1995
- /7/ DANVAK
Varme- og klimateknik. Grundbog
Redaktion: H. E. Hansen, P. Kjerulf-Jensen, Ole B. Stampe
ISBN 87-982652-1-0
- /8/ Undersøgelse af små solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning.
Ydelsesmålinger og beregninger
IBE-Rapport R-I 1996. Louise Jivan Shah
- /9/ tsbi3. Edb-program til termisk simulering af bygninger og installationer.
SBI. Statens Byggeforskningsinstitut
- /10/ Vejrdatal for VVS og energi. Dansk referenceår TRY.
SBI-rapport 135. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm 1982.
- /11/ DESIGN REFERENCE YEAR, DRY
Meddeelse nr. 281
Laboratoriet for Varmeisolering. Oktober 1995
- /12/ SIMULATION OF THERMAL SYSTEMS
A modular program with an interactive preprocessor (EMGP3)
Willy L. Dutré

9. LITTERATURLISTE

Afprøvning af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning for Solarnor AS
Institut for bygninger og Energi. Sagsrapport SR-9725
Lin Qin, Simon Furbo

Afprøvning af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning for Solarhart Scandinavia ApS
Institut for bygninger og Energi. Sagsrapport SR-9726
Elsa Andersen

Afprøvning af solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning for Batec A/S
Institut for bygninger og Energi. Sagsrapport SR-9913
Lin Qin, Simon Furbo

Beregning af bygningers varmetab
5. udgave december 1986
Dansk Standard, DS 418

ENERGINYT. FORSYNING, FORBRUG, FORSKNING, EKSPORT
Nyhedsblad fra Energistyrelsen
1991. Nr. 4 / 2. årgang

IEA TASK 13 ADVANCED SOLAR LOW ENERGY BUILDINGS
PROCEEDINGS from the IEA TASK 13 session at the EuroSun '96 Conference 16. – 19.
September 1996, Freiburg, Germany

Måledataprogram udviklet af Jørgen Schultz
Institut for Bygninger og Energi (IBE)
Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

New Parametric Studies, IEA TASK "Advanced Solar Low-Energy Buildings"
Kirsten Engelund Thomsen, Bjarne Saxhof
Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Universitet. Januar 1995

Solrækkehuse i Vonsild. December 1997
Ole Balslev-Olesen. Cenergia Energy Consultants.

Tegninger KAB – Solrækkehuse i Vonsild.
Boje Lundgaard & Lene Tranberg ApS
Storetore Kannikestræde 6, 1169 Kbh. K.

Varmeanlæg januar 1995 og Ventilationsbeskrivelse december 1994.
Cenergia ApS.
Sct. Jakobsvej 4, 2750 Ballerup

APPENDIX

tsbi3 modeller og årsberegninger for bolig nr. 34 type C og bolig nr. 56 type A.

Bolig nr. 34, type C

Model

t s b i 3 <C13> -- Copyright (C) 1991-95 Statens Byggeforskningsinstitut

3090. Laboratoriet for Varmeisolering, DTU

Bygningsmodel: HUSC1, 14 sep 1999 16:26

Identifikation

Hus C Kolding februar 1996
med infiltration

Fiktiv zone	Udeluft	Jord	Analog1	Analog2
-------------	---------	------	---------	---------

Som zone.....	CPH	****	Zone1	Zone2
---------------	-----	------	-------	-------

Temp/fugt var.....				
Regulerung.....		T-1		
aktiv.....		ALTID		

Fiktiv zone	Analog3	Analog4	Analog5
-------------	---------	---------	---------

Som zone.....	Zone3	Zone4	Zone5
---------------	-------	-------	-------

Zone	Zone1	Zone2	Zone3	Zone4
------	-------	-------	-------	-------

Nettoareal (m ²).....	11.7	12.2	24.1	35.2
Bruttoareal (m ²).....	14.4	15.1	28.1	39.7
Nettohøjde (m).....	2.4	2.4	2.4	2.8
Nettovolumen (m ³)....	28.0	29.2	57.8	99.1
Luftandel (-).....	1.00	1.00	1.00	1.00
Antal.....	1	1	1	1
Sol tabt (%).....	0.05	0.05	0.05	0.05
Sol til luft (%)....	0.30	0.30	0.30	0.30
Sol transm. (%).....	0.80	0.80	0.80	0.80
Gulv/vægge/loft.....	4/2/1	4/2/1	4/2/1	4/2/1

*Hud (W/K).....	4.05	2.56	7.06	20.87
*Hvin (W/K).....	0.35	1.34	4.63	7.42
*Hd>r (W/K).....	2.16	0.00	0.00	0.00
*Hv'g (W/K).....	1.54	1.21	2.43	8.08
*Hgulv (W/K).....	0.00	0.00	0.00	0.00
*Htag (W/K).....	0.00	0.00	0.00	5.38
*Hjord (W/K).....	1.99	2.07	4.10	0.00
*Hvent (W/K).....	4.70	4.89	9.70	16.62
*Hkold (W/K).....	0.00	0.00	0.00	0.00

*HtagTill'g (W/K)...	0.00	0.00	0.00	0.81
*Dim.varmetab (W) ...	303.81	263.22	585.37	1225.60
Flade.....	V'g-v	V'g-zone1-2	V'g-zone1-3	D'k-zone2-4
Flade.....	V'g-s	V'g-o	V'g-zone2-3	D'k-zone3-4
Flade.....	V'g-zone1-2	V'g-s	V'g-v	D'k-zone3-fikt
Flade.....	V'g-zone1-3	V'g-zone2-3	V'g-n	Vindue-s
Flade.....	D'k-zone1-5	D'k-zone2-4	V'g-o	V'g-s
Flade.....	Gulv	D'k-zone2-5	Gulv	V'g-o
Flade.....		gulv	D'k-zone3-4	V'g-v
Flade.....			D'k-zone3-fikt	V'g-n
Flade.....				V'g-zone4-5
Flade.....				Tag
Personlast.....	person1	person1	person1	person1
Regulering.....	person1	person2	person3	person4
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
Udstyr.....	el-reg1	el-reg2	el-reg3	el-reg4
Regulering.....	el-reg1	el-reg2	el-reg3	el-reg4
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
Infiltration.....	Inf-1	Inf-1	Inf-1	Inf-1
Regulering.....	Fuldlast	Fuldlast	Fuldlast	Fuldlast
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
Udluftning.....	Udl-1	Udl-1	Udl-1	Udl-1
Regulering.....	R-udl-1	R-udl-1	R-udl-1	R-udl-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
Opvarmning.....	Opv-1	Opv-1	Opv-1	Opv-3
Regulering.....	R-hk-1	R-hk-1	R-hk-1	R-hk-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
Ventilation.....	Vnt-1	Vnt-2	Vnt-3	Vnt-4
Regulering.....	RTreg-1	RTreg-1	RTreg-1	RTreg-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID	ALTID
-----	-----	-----	-----	-----
Zone	Zone5			
Nettoareal (m2)....	13.5			
Bruttoareal (m2)....	16.8			
Nettobøjde (m).....	3.1			
Nettvolumen (m3)....	41.7			
Luftandel (-).....	1.00			
Antal.....	1			
Sol tabt (%).....	0.05			
Sol til luft (%)....	0.30			
Sol transm. (%).....	0.80			
Gulv/v'gge/loft.....	4/2/1			
-----	-----	-----	-----	-----
*Hud (W/K).....	7.42			
*Hvin (W/K).....	1.84			
*Hd>r (W/K).....	0.00			
*Hv'g (W/K).....	3.52			
*Hgulv (W/K).....	0.00			
*Htag (W/K).....	2.06			
*Hjord (W/K).....	0.00			
*Hvent (W/K).....	6.99			
*Hkold (W/K).....	0.00			
*HtagTill'g (W/K)...	0.31			
*Dim.varmetab (W) ...	471.06			

Flade.....	D'k-zone1-5
Flade.....	D'k-zone2-5
Flade.....	V'g-zone4-5
Flade.....	V'g-s
Flade.....	V'g-v
Flade.....	V'g-s-analog
Flade.....	Tag

Personlast.....	person1
Regulering.....	person5
aktiv.....	ALTID

Udstyr.....	el-reg5
Regulering.....	el-reg5
aktiv.....	ALTID

Infiltration.....	Inf-1
Regulering.....	Fuldlast
aktiv.....	ALTID

Udluftning.....	Udl-1
Regulering.....	R-udl-1
aktiv.....	ALTID

Opvarmning.....	Opv-2
Regulering.....	R-hk-1
aktiv.....	ALTID

Ventilation.....	Vnt-5
Regulering.....	RTreg-1
aktiv.....	ALTID

Bygning	HUSC1

Bygn. rotation (deg)	0.0
Flerfaktor (-).....	0.500
Nationale konst.....	Danmark

Nettoareal (m ²).....	96.5
Bruttoareal (m ²)....	114.1
Nettovolumen (m ³)...	255.9

*Hud (W/K)	41.95
*Hvin (W/K)	15.57
*Hd>r (W/K)	2.16
*Hv'g (W/K)	16.78
*Hgulv (W/K)	0.00
*Htag (W/K)	7.44
*Hjord (W/K)	8.16
*Hvent (W/K)	42.90
*Hkold (W/K)	0.00
*HtagTill'g (W/K) ...	1.12
*Dim.varmetab (W)...	2849.06

Årsberegning 0) Standardforhold. Ideelle forhold

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)
 Vejrdato: TRY København (Gbr 56.0 Stedt -9.7)
 Solalgoritmer: Petersen
 Niveau: Optimeret
 •r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSC0-10, 1990. periode: ubegrænset.

'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'+'Zone4'+'Zone5'

•r (dage) kWh	1990 (365)
qOpv	2684.113
qK>1	0.000
qInf	-1004.694
qUdl	-1830.258
qSol	3664.316
qPer	2063.816
qUdst	1397.525
qLys	0.000
qTrans	-4796.692
qMix	0.000
qVent	-2178.140
Sum	-0.015
VntEff	90.102
VarGenv	2864.647
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

Årsberegning 1)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)
Vejrdata: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)
Solalgoritmer: Petersen
Niveau: Optimeret
•r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSC1-10, 1990. periode: ubegr'nsset.
'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'+'Zone4'+'Zone5'

•r (dage) kWh	1990 (365)
qOpv	3080.892
qK>1	0.000
qInf	-995.483
qUdl	-1560.628
qSol	3664.316
qPer	1289.112
qUdst	1397.525
qLys	0.000
qTrans	-4745.795
qMix	0.000
qVent	-2129.942
Sum	-0.004
VntEff	90.102
VarGenv	2866.490
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

Årsberegning 2)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)
Vejrdata: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)

Solalgoritmer: Petersen

Niveau: Optimeret

•r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSC2-10, 1990. periode: ubegr'nsset.

'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'+'Zone4'+'Zone5'

•r (dage) kWh 1990 (365)

qOpv	3737.128
qK>1	0.000
qInf	-1963.031
qUdl	-1874.477
qSol	3664.316
qPer	1289.112
qUdst	1397.525
qLys	0.000
qTrans	-5525.089
qMix	0.000
qVent	-725.485
Sum	-0.002
VntEff	22.464
VarGenv	766.320
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

Arsberegning 3)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)

Vejrdato: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)

Solalgoritmer: Petersen

Niveau: Optimeret

•r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSC3-12, 1990. periode: ubegr'nsset.

'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'+'Zone4'+'Zone5'

•r (dage) kWh 1990 (365)

qOpv	3430.002
qK>1	0.000
qInf	-1970.639
qUdl	-2152.934
qSol	3664.316
qPer	1289.112
qUdst	2025.515
qLys	0.000
qTrans	-5552.772
qMix	0.000
qVent	-732.610
Sum	-0.011
VntEff	22.464
VarGenv	765.171
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

Bolig nr.56, type A

Model

t s b i 3 <C13> -- Copyright (C) 1991-95 Statens Byggeforskningsinstitut

3090. Laboratoriet for Varmeisolering, DTU

Bygningsmodel: HUSA0-10, 31 maj 2000 20:34

Identifikation

Hus A Kolding februar 1996
med infiltration

Fiktiv zone	Udeluft	Jord	Analog1	Analog2
Som zone.....	CPH	****	Zone1	Zone2
Temp/fugt var.....				
Regulerig.....		T-1		
aktiv.....		ALTID		

Fiktiv zone	Analog3
Som zone.....	Zone3

Zone	Zone1	Zone2	Zone3
Nettoareal (m ²).....	9.4	43.0	33.6
Bruttoareal (m ²)....	10.6	47.8	37.2
Nettoh>jde (m).....	3.2	2.5	2.8
Nettovolumen (m ³)...	29.7	105.4	93.9
Luftandel (-).....	1.00	1.00	1.00
Antal.....	1	1	1
Sol tabt (%).....	0.05	0.05	0.05
Sol til luft (%)....	0.30	0.30	0.30
Sol transm. (%).....	0.80	0.80	0.80
Gulv/v'gge/loft.....	4/2/1	4/2/1	4/2/1
*Hud (W/K).....	10.29	15.19	12.92
*Hvin (W/K).....	8.76	9.29	3.74
*Hd>r (W/K).....	0.00	2.16	0.00
*Hv'g (W/K).....	0.00	3.74	4.10
*Hgulv (W/K).....	0.00	0.00	0.00
*Htag (W/K).....	1.53	0.00	5.08
*Hjord (W/K).....	0.00	7.31	0.00
*Hvent (W/K).....	4.99	17.67	15.74
*Hkold (W/K).....	0.00	0.00	0.00
*HtagTill'g (W/K)...	0.23	0.00	0.76
*Dim.varmetab (W)...	496.14	1139.05	941.44
Flade.....	flade-s	flade-v flade > z3 m z	
Flade.....	flade > z3 m z	flade-n flade s z3 m z	
Flade.....	flade s z3 m z	flade-o d'k z2 m z3	
Flade.....	d'k z1 m z2	flade-s flade-v	

Flade.....	flade >	d'k z2 m z3	flade-n
Flade.....	tag	gulv	flade-o
Flade.....		d'k z1 m z2	flade-s
Flade.....			tag
Personlast.....	person1	person1	person1
Regulering.....	person1	person2	person3
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID
Udstyr.....	el-reg1	el-reg2	el-reg3
Regulering.....	el-reg1	el-reg2	el-reg3
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID
Infiltration.....	Inf-1	Inf-1	Inf-1
Regulering.....	Fuldlast	Fuldlast	Fuldlast
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID
Udluftning.....	Udl-1	Udl-1	Udl-1
Regulering.....	R-udl-1	R-udl-1	R-udl-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID
Opvarmning.....	Opv-2	Opv-1	Opv-1
Regulering.....	R-hk-1	R-hk-1	R-hk-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID
Ventilation.....	Vnt-1	Vnt-2	Vnt-3
Regulering.....	RTreg-1	RTreg-1	RTreg-1
aktiv.....	ALTID	ALTID	ALTID

Bygning	HUSA0-10
Bygn. rotation (deg)	0.0
Flerfaktor (-).....	0.500
Nationale konst.....	Danmark
Nettoareal (m2).....	86.1
Bruttoareal (m2)....	95.6
Nettovolumen (m3)....	228.9
*Hud (W/K).....	38.39
*Hvin (W/K).....	21.79
*Hd>r (W/K).....	2.16
*Hv'g (W/K).....	7.84
*Hgulv (W/K).....	0.00
*Hitag (W/K).....	6.61
*Hjord (W/K).....	7.31
*Hivent (W/K).....	38.39
*Hkold (W/K).....	0.00
*HtagTill'g (W/K)...	0.99
*Dim.varmetab (W)...	2576.63

Årsberegning 0) Standardforhold. Ideelle forhold

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)

Vejrdata: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)

Solalgoritmer: Petersen

Niveau: Optimeret

•r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSA0-10, 1990. periode: ubegr'nsset.

'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'

•r (dage)	kWh	1990 (365)
qOpv		1509.773
qK>1		0.000
qInf		-937.779
qUdl		-3556.764
qSol		6439.450
qPer		2046.820
qUdst		1400.272
qLys		0.000
qTrans		-4759.120
qMix		0.000
qVent		-2142.635
Sum		0.018
VntEff		80.091
VarGenv		2535.102
K>1Genv		0.000
VarmeF1		0.000
K>leF1		0.000
Befugt		0.000

Årsberegning 1)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)
 Vejrdato: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)
 Solalgoritmer: Petersen
 Niveau: Optimeret
 •r: 1990. Sommertid uge: INGEN.

HUSA1-12, 1990. periode: ubegr'nsset.
 'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'

•r (dage)	kWh	1990 (365)
qOpv		1935.526
qK>1		0.000
qInf		-927.981
qUdl		-3086.627
qSol		6439.450
qPer		1026.488
qUdst		1398.455
qLys		0.000
qTrans		-4696.721
qMix		0.000
qVent		-2088.580
Sum		0.012
VntEff		80.091
VarGenv		2539.874
K>1Genv		0.000
VarmeF1		0.000
K>leF1		0.000
Befugt		0.000

Årsberegning 2)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)
 Vejrdato: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)
 Solalgoritmer: Petersen
 Niveau: Optimeret

•r: 1990.Sommertid uge: INGEN.

HUSA2-12, 1990. periode: ubegr'nset.
'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'

•r (dage) kWh	1990 (365)
qOpv	5148.925
qK>1	0.000
qInf	-5632.368
qUdl	-2535.649
qSol	6439.450
qPer	1026.488
qUdst	1400.272
qLys	0.000
qTrans	-5847.106
qMix	0.000
qVent	0.000
Sum	0.012
VntEff	3.072
VarGenv	0.000
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

Årsberegning 3)

Tidsstep: 1800.0 sec (2 steps/time)

Vejrdata: TRY K>benhavn (Gbr 56.0 Stedt -9.7)

Solalgoritmer: Petersen

Niveau: Optimeret

•r: 1990.Sommertid uge: INGEN.

HUSA3-12, 1990. periode: ubegr'nset.
'Zone1'+'Zone2'+'Zone3'

•r (dage) kWh	1990 (365)
qOpv	4580.661
qK>1	0.000
qInf	-5663.006
qUdl	-2919.104
qSol	6439.450
qPer	1026.488
qUdst	2412.510
qLys	0.000
qTrans	-5876.963
qMix	0.000
qVent	0.000
Sum	0.036
VntEff	3.072
VarGenv	0.000
K>1Genv	0.000
VarmeFl	0.000
K>leFl	0.000
Befugt	0.000

