

Lavenergihusprojektet under Handelsministeriet

6 Lavenergihuse i Hjortekær

Statusrapport 1

Allan Aasbjerg Nielsen

Mogens Raun Byberg

Rolf G. Djurtoft

Bjarne Saxhof

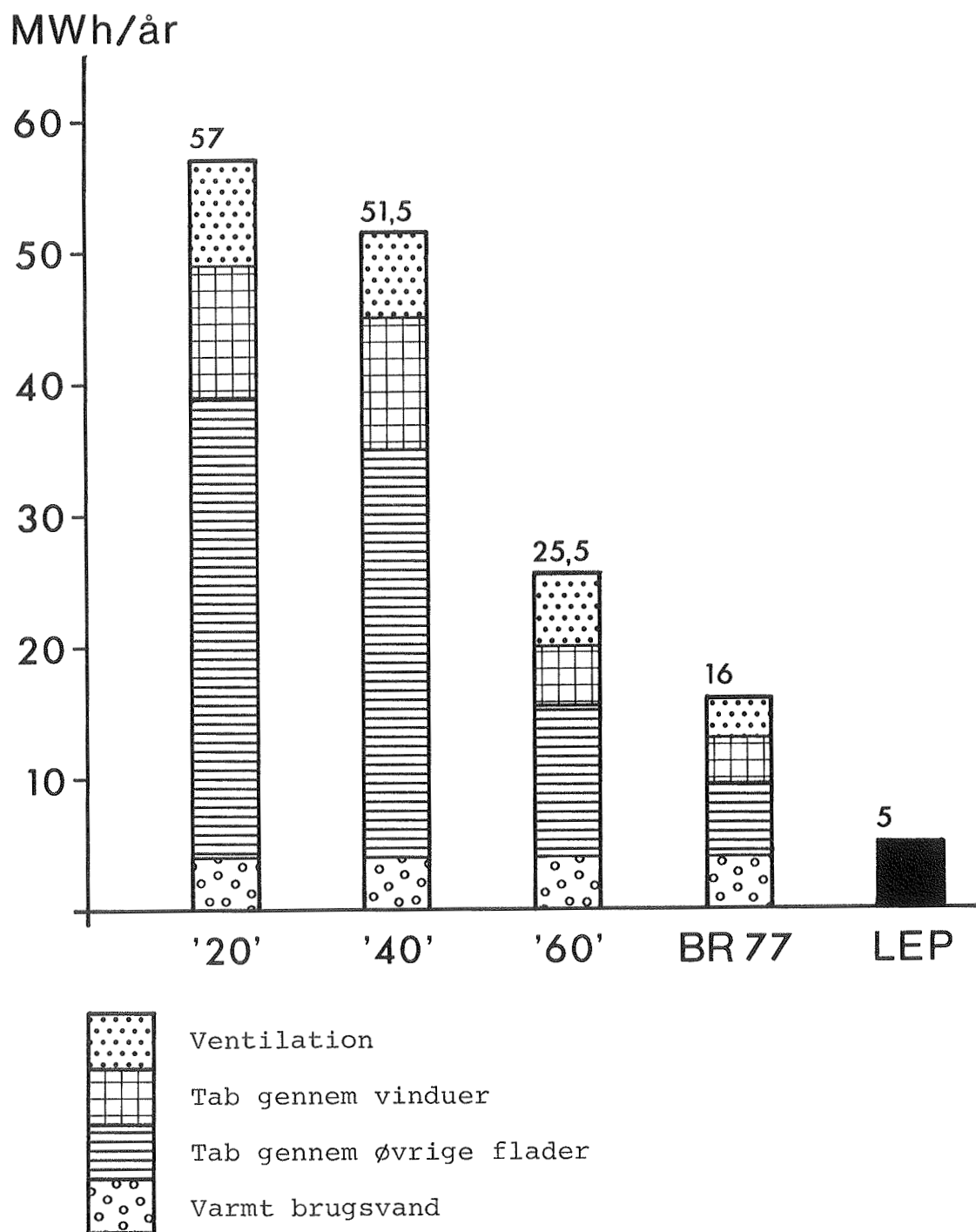


Juni 1979

Laboratoriet for Varmeisolering

Danmarks Tekniske Højskole

Meddelelse nr. 84



Beregnet årligt energiforbrug i typisk 130 m² etplanshus, bygget hhv. 1920, 1940, 1960 og efter BR 77 sammenlignet med energimålet for de seks lavenergihuse i Hjortekær (LEP).

Sammenfatning.

Fem af seks lavenergihuse har i vinteren 78/79 været simuleret beboet. Det sjette hus stod færdigt i marts 79, men det er ikke omtalt i denne rapport. Husenes energiforbrug er målt fra nov. 78 til maj 79, ligesom deres driftssituation er registreret ved dataopsamling hvert 10. minut. Rapporten beskriver hvordan den simulerede beboelse er foretaget. Måleudstyrets opbygning og sammensætning er detaljeret gennemgået.

De beregnede teoretiske energiforbrug er korrigeret for aktuelle afvigelser fra den standardiserede driftstilstand inde, samt for vinterens afvigelser fra referenceåret. De målte energiforbrug er korrigeret for eventuelle driftsstop på anlæggene.

Som det var at vente, er der i den første vinter konstateret ret betydelige forskelle mellem husenes absolutte energiforbrug; ved den endelige projektering var der heller ikke sigtet mod ensartede forbrug. Ser man derimod på hvordan det enkelte hus har opfyldt sit eget energimål, viser måleresultaterne rimelig overensstemmelse med beregningerne. Alle fem huse har haft energiforbrug under halvdelen af det, et tilsvarende hus isoleret efter BR 77 vil have. Energiforbrugets udvikling gennem de seneste årtier er vist på modstående figur.

Vi tør roligt påstå, at alle, der har været involveret i lavenergihusprojektet er blevet klogere. Rapporten viser også at vi kan blive endnu klogere. Vi vil derfor gerne benytte denne lejlighed til at takke de deltagende firmegrupper fordi de villigt har muliggjort at undersøgelserne og målingerne kan fortsætte endnu en vinter med simuleret beboelse - og i forbedrede huse - således at næste energirapport kan blive endnu bedre.

Indholdsfortegnelse

<u>Sammenfatning</u>	3
<u>Indledning</u>	5
Projektets baggrund	5
Projektets formål	6
Organisation	7
Husenes udformning	8
Projektering og opførelse af husene	9
Bemanding og økonomi	9
Beboelse	10
<u>Simuleret beboelse</u>	11
Personvarme	13
El til lys og husholdning	15
Varmt brugsvand	16
<u>Målinger</u>	18
Målte størrelser	18
Opsamling af de målte størrelser	20
Husenes dataloggere	20
Vejrstationens datalogger	21
Råbehandling af de målte størrelser	21
Impulsgivning fra tælleværker	22
Andre målinger	23
Dataopsamlingens start	24
<u>Teoretisk energiforbrug</u>	25
Korrektion af beregnede energiforbrug	26
Målt energiforbrug	27
<u>Generelle bemærkninger til energioversigten</u>	29
Hus A, energiskema	30
Hus B, energiskema	32
Hus C, energiskema	34
Hus D, energiskema	36
Hus E, energiskema	38
<u>Vurdering af resultaterne</u>	40
<u>Referencer</u>	41
<u>Bilag</u>	

Indledning.

Da denne rapport er den første egentlige rapport, Laboratoriet for Varmeisolering udsender om Lavenergihusprojektet under Handelsministeriet, skal der kort redegøres for projektets baggrund og formål.

Rapportens hovedformål er at fremlægge resultatet af den første vinters måleresultater og driftserfaringer fra fem af de seks huse med anførelse af de betingelser, hvorunder resultaterne er opnået.

Samtidig med nærværende rapport udsendes en kort beskrivelse af husene [1].

Af planlagte rapporter vil én omhandle lavenergihusenes projekterings- og byggefase med oplysning om de valgte materialer og konstruktioner.

Der kan forventes andre rapporter om mere afgrænsede områder inden for et eller flere huse.
Næste vinters energimålinger vil blive rapporteret separat.

Projektets baggrund.

Det begyndte med oliekrisen i 1973/74. Den indsats, der måtte gøres for øjeblikkeligt at nedsætte Danmarks olieforbrug, blev senere fulgt op af en mere langsigtet indsats. Da som bekendt ca. halvdelen af landets olieimport anvendes til opvarmningsformål, faldt det ganske naturligt at gøre en samlet indsats inden for boligsektoren.

Som en følge af det forlig, der blev sluttet i Folketinget i august 1977, er der inden for Handelsministeriets rammer afsat 238 mill.kr. til energiforskning og -udvikling. Beløbet vil kunne anvendes i perioden 1977 - 1982. Af de 238 mill. kroner er 37 mill.kr. afsat til projekter vedrørende energiforbruget i bygninger, og heraf er igen afsat 7,5 mill.kr. til projekter vedrørende lavenergihuse.

Nærværende projekt med et budget på 4 mill.kr. ledes af Laboratoriet for Varmeisolering (LfV) på Danmarks Tekniske Højskole (DTH), og det gennemføres i et såvel teknisk som økonomisk samarbejde med seks firmagrupper.

Projektets formål.

Projektets 1. formål er at demonstrere, at det er muligt at bygge enfamiliehuse på ca. 120 m² med et energiforbrug til rumopvarmning, ventilation og varmt brugsvand på ca. 5000 kWh/år svarende til ca. 650 l olie/år. Lægges hertil energiforbruget til lys og husholdning 4500 - 5000 kWh/år fås et samlet energiforbrug på ca. 10.000 kWh/år, hvilket med en elektricitetspris på 0,31 kr./kWh giver en årlig energiudgift (på el basis) på godt 3.000 kr.

Der er ved fastsættelsen af disse forbrug ikke regnet med nogen nedsættelse af komfortniveauet i husene.

Projektets 2. formål er efter husenes opførelse gennem en årrække at foretage detaljerede målinger af husenes energiforbrug og at muliggøre en kortlægning af de særlige driftsvilkår, der gælder for lavenergihuse. Indsamling og analyse af driftserfaringer er en vigtig del heraf.

Organisation.

Til styring af projektet har Handelsministeriet nedsat en styregruppe bestående af:

V. Korsgaard, professor, formand	Lab. for Varmeisolering
N.O. Gram, fuldmægtig	Handelsministeriet
M. Kjeldsen, chefarkitekt	Boligministeriet
P.J. Snare, eksp.sekr.	Energistyrelsen
M. Friis, afd.ing.	Dansk foren. af Fab. af Varmeisol. materialer
E. Christophersen, afd.leder	Statens Byggef. Inst.
K. Halse, direktør	Kreditforen. Danmark
A. Rubinstein, civ.ing.	Dansk VVS tekn. Forening
Ove Petersen, ing.cand.jur. senere afløst af:	
Cl. Kortzau, cand.jur.	Foren. af Typehusproducenter i Danmark
K.P. Harboe, professor	Inst. f. Husbygning, DTH

Som styregruppens sekretær fungerer civ.ing. Rolf G. Djurtoft, LfV.

Projektledelsen varetages af LfV med lektor, civ.ing. M.R. Byberg som projektleder.

Projektet gennemføres som nævnt gennem et samarbejde mellem LfV og grupper af private firmaer. Da LfV i foråret 77 indbød til et sådant samarbejde, var der en overvældende interesse for at deltage i projektet. LfV modtog ikke mindre end 34 tilbud fra firmagrupper med den fornødne tekniske og økonomiske baggrund foruden adskillige tilbud fra enkeltpersoner eller mindre grupper.

I sommeren 1977 blev der indgået samarbejdsaftale med nedennævnte firmagrupper:

Hus A	A/S Johan Christensen & Søn (Bygherre) P.E. Malmstrøm, Rådgivende Ingeniørfirma A/S
Hus B	Rockwool A/S (Bygherre) Rut Speyer, arkitekt Birch & Krogboe Rådgivende Ingeniørkontor K/S
Hus C	Høm Huse A/S (Bygherre) Vibe-Hansen & Lomborg A/S, arkitekter m.a.a. Dansk Solvarme A/S Berg Bach & Kjeld Egmose A/S, civilingeniører og entreprenører
Hus D	H+H Industri A/S (Bygherre) Bertel Udsen, arkitekt m.a.a. Rådgivende Ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S
Hus E	K.A.B. (Bygherre) Fællestegnestuen Dominia A/S
Hus F	Højgaard & Schultz A/S (Bygherre) Aalborg Portland Instituttet for Husbygning, DTH Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører A/S

Bygherrerne er tillige ejere af husene, indtil disse er solgt.

Husenes udformning.

Gennem sin projektledelse har LfV bevidst tilstræbt, at så mange tekniske løsninger som muligt er repræsenteret i husene. LfV gav derfor allerede ved indbydelsen til samarbejdet principforslag til de seks huse. En nærmere omtale af disse forslag, samt beskrivelse af husenes endelige udformning vil fremgå af en senere rapport omhandlende husenes projektering og opførelse. Her skal blot anføres, at der under projekteringen som et led i samarbejdet mellem den enkelte firmagruppe og LfV blev foretaget sådanne ændringer, at husene ikke kan forventes at have samme årlige energiforbrug.

Generelt er husenes lave energiforbrug opnået gennem et samspil mellem ekstra varmeisolering, varmegenvinding fra afkastluften, udnyttelsen af alternative energikilder (sol og jord) samt udnyttelse af gratisvarme gennem akkumulering i tunge bygningskonstruktioner. Som gratisvarme regnes varme tilført fra personer, fra el til lys og husholdning og fra solindfald gennem vinduer. Alle husene er udstyret med et anlæg for kontrolleret friskluftskifte.

Projektering og opførelse af husene.

Projekteringen blev påbegyndt sommeren 77. Sideløbende med den arkitekt- og ingeniørmæssige indsats har LfV foretaget EDB-beregninger af de energiforbrug, de forskellige forslag ville medføre. Der kom først rigtig gang i de konkrete planer, da det omkring årsskiftet 77/78 viste sig muligt at placere husene i en ny udstykning ved Hjortekørsvej i Lyngby.

De fem af de seks huse blev opført i månederne maj - sept. 78. Disse huse blev den 28. sept. 78 indviet og præsenteret for en kreds af personer med tilknytning til byggesektoren. Det sjette hus (F) blev på grund af projektændringer undervejs og tidsplanmæssige vanskeligheder med fremstillingen af de specielle facadeelementer først færdigt den 1. marts 79.

I hele byggeperioden har LfV foretaget regelmæssig fotografering af husene med særlig vægt på dokumentation af detaljer. Herved er opbygget en samling på godt 3000 stk. diapositiver.

Som tidligere nævnt vil husenes projektering og opførelse blive behandlet i en kommende rapport.

Bemanning og økonomi.

Foruden projektlederen, der på grund af sin ansættelse (og aflønning) på DTH arbejder deltids på projektet, har det været bemandet på følgende måde:

Videnskabeligt personale	fra mar	77	1 civilingeniør
	fra dec	77	2 civilingeniører
	fra dec	78	3 civilingeniører
EDB-tekn. konsulent i 1 år.			
Administrativt personale	fra jun	77	1 assistent
	fra dec	78	2 assistenter

Teknisk personale	fra mar	78	1 elektroniktekniker
	fra jun	78	1 elektroniktekniker
			&1 elektrotekniker
	fra jul	78	1 elektroniktekniker
			&1 elektrotekniker
			&1 maskinarbejder

hjælp til bygning og installering af måleudstyr: elektronikmekaniker/elektriker i 9 mandmåneder.

Studerende ved DTH har foretaget tilsyn og pasning af husene i week-end'er.

De 4.05 mill.kr. som er basis for dette projekt er anvendt på følgende hovedposter:

- | | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | indkøb af måleudstyr
(instrumenter og materialer) | ca. 1 mill.kr. |
| 2. | delvis dækning af firmaernes
ekstraudgifter til projektering og
lavenergiforanstaltninger, samme
beløb til hver gruppe | ca. 1 mill.kr. |
| 3. | lønudgifter og øvrige omkostninger
fra mar 77 til dec 79 | ca. 2 mill.kr. |
| | | <hr/> ca. 4 mill.kr. |

En stor del af måleudstyret er udviklet og bygget på LfV, så det færdigt installerede måleudstyr skønsmæssigt har kostet 1.8 mill.kr.

Firmagrupperne stiller lavenergihusene vederlagsfrit til rådighed for LfV's målinger i eet år mod til gengæld at modtage førstehåndskendskab til måleresultater og driftserfaringer.

Beboelse.

Fra projektets start var det planlagt, at husene det første år skulle have simuleret beboelse og senere sælges til reel beboelse. Den simulerede beboelse giver ensartet energitilskud fra personer og husholdning - ikke alene ensartet fra dag til dag men også fra hus til hus.

Disse betingelser er særdeles gunstige for gennemførelse af energimålinger. Samtidig kan der uden gene for beboerne udføres andre undersøgelser i husene.

En sammenligning mellem husenes energiforbrug med simuleret beboelse og senere med reel menneskelig beboelse forventes at blive en af projektets vigtigere undersøgelser.

Simuleret beboelse.

Den energimængde en familie tilfører en bolig i form af personvarme, og den energimængde der forbruges til lys og husholdning er naturligvis afhængig af familiens størrelse og beboervaner. De to energimængder er i praksis stærkt varierende fra døgn til døgn.

I lavenergihusprojektet er derfor valgt at fremdrage typiske træk og slavisk lade dem gå igen fra døgn til døgn for på rimelig måde at kunne fastlægge en simulering af beboelsen.

Der tages således ikke hensyn til ændrede forbrugsvaner sommer og vinter.

Sammen med solindfaldet gennem vinduer udgør personvarme og el til lys og husholdning gratisvarmen set i relation til husets varmebalance.

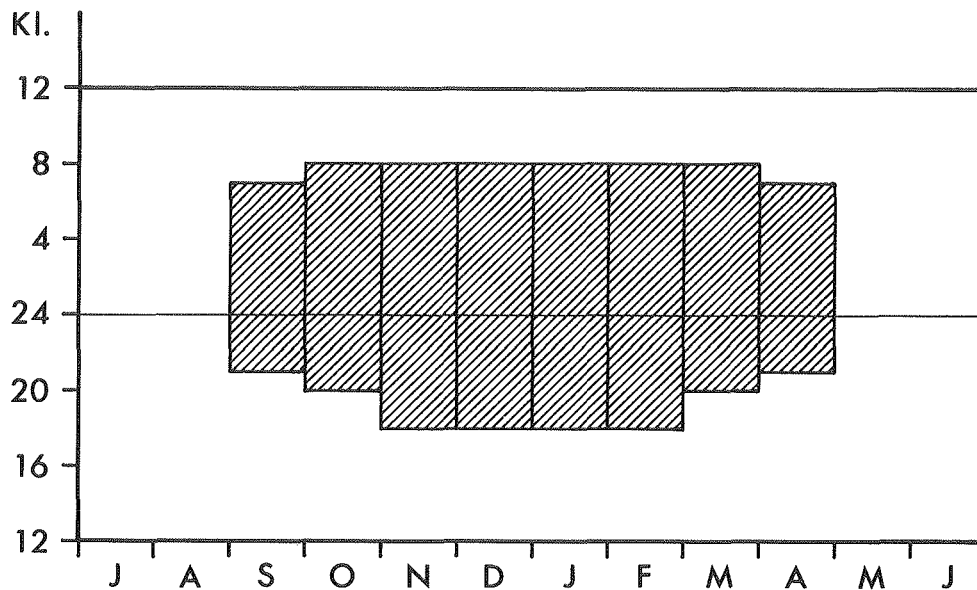
Den simulerede beboelse er udført ved hjælp af et stort antal kontakter, der tænder og slukker el-pærer. Herved går effekterne 25, 40, 60, 75 og 100 W også igen i fastsættelsen af fordelingen over døgnnet.

Den simulerede beboelse har - som der nøjere redegøres for i det følgende - omfattet:

- personvarme
- el til lys og husholdning
- tapning af varmt brugsvand
- tapning af koldt vand

Ved den daglige rundgang i husene morgen og aften er der skyllet ud i samtlige toiletter.

Der er ikke åbnet vinduer. Der er ikke gardiner i nogen af husene. Udvendige natskodder for vinduerne er betjent efter følgende plan:



Skraverede arealer svarer til lukkede udvendige natskodder.

Skodderne er betjent udvendigt fra, så åbning af vinduer og døre er undgået. De automatiske skodder i hus F har fra medio marts 79 fulgt samme plan som de manuelt betjente.

Ved fordelingen af energimængderne til personvarme og el til lys og husholdning er der forudsat omstående rumopdeling af huset.

I de tilfælde, hvor det projekterede lavenergihus har en anden rumopdeling, er den simulerede gratisvarme fordelt i overensstemmelse hermed.

Huset forudsættes at bestå af følgende rum:

køkken + alrum
 stue
 forældresoveværelse
 1. (barne) værelse
 2. (barne) værelse
 badeværelse incl. toilet
 entré + gang
 bryggers i den udstrækning, det ligger
 inden for den isolerede klimaskærm.

Personvarme.

Huset forudsættes beboet af en familie bestående af fire personer, mand og kone og 2 store skolesøgende børn. Konen er hjemmegående. Der regnes således pr. døgn med 4 sovende personer i 8 timer, 4 aktive personer i 6 timer, 1 aktiv og 3 passive personer i 2 timer og 1 aktiv person i de 7 af døgnets resterende 8 timer.

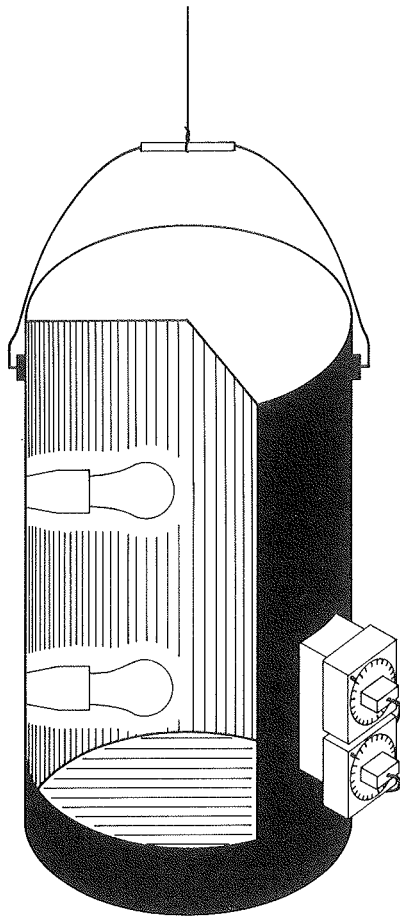
Varmeafgivelsen fra personerne sættes til

passiv/sovende person	75 W
aktiv person	125 W, hvor den sidste værdi

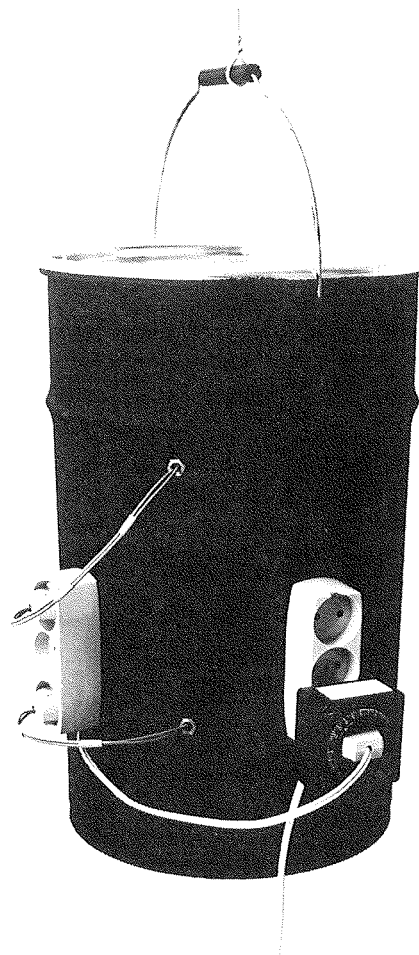
er fastsat under hensyntagen til, at en stillesiddende person afgiver 100 W og en let aktiv person 170 W.

Bilag 1 viser mønsteret for personvarmeafgivelsen i de enkelte rum, og man bemærker, at hverken entré eller bryggers får tilført personvarme. Fra kl. 10-11 køber husmoderen ind. I de fire aftentimer er børnenes aktivitet fordelt mellem stue og værelser.

Bilag 2 viser personvarmen for hele huset. 6975 Wh pr. døgn giver ca. 2500 kWh pr. år.

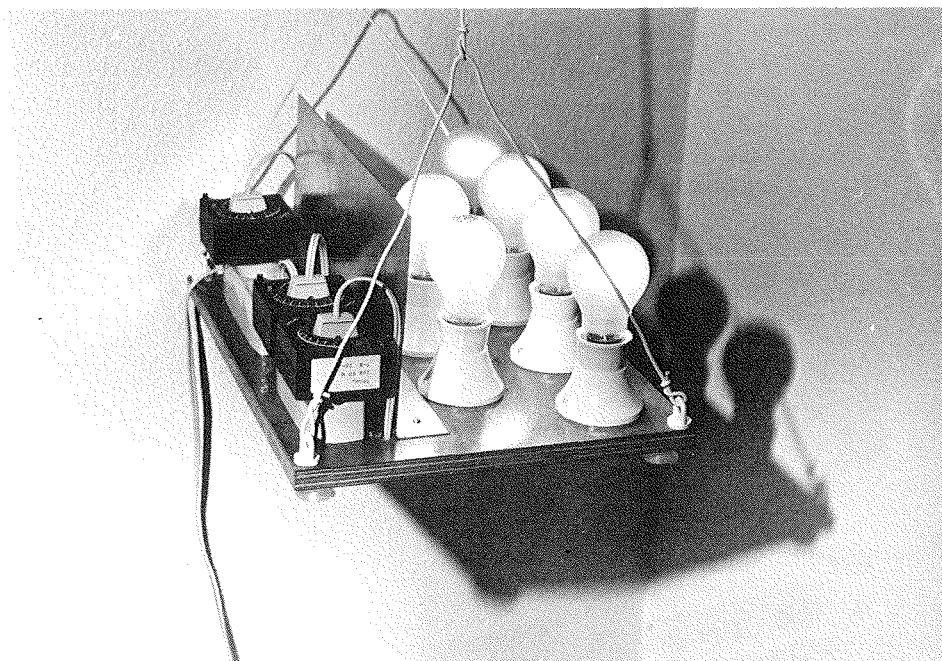


Personsimulator. Sortmalet bøtte med blank bund og låg. Tegningen viser kontakture og el-pærer.



El til lys og husholdning.

Forbruget af el til lys må naturligvis afspejle den personaktivitet, som er omtalt omstående.



Simulering af el til lys og diverse el i stue.

Bilag 3 viser, hvornår og i hvilke rum, der tændes lys. Herudover regnes der med el til husholdning, hvor køleskab og dybfryser er tilsluttet konstant døgnet igennem, medens posten diverse el i køkken + alrum dækker støvsuger, brødrister, røremaskine, strygejern, hårtørrer m.v.

De tre storforbrugere: komfur, opvaskemaskine og vaskemaskine er navnlig for de to sidstes vedkommende sat til ret beskedne forbrug. Dette hænger sammen med, at der til gratisvarme kun bør henregnes den varme, som disse maskiner afgiver til rumluften, medens langt den største del af den optagne energi ledes bort med afløbsvandet. Værdierne er fastsat til 15% af de forbrug NESAs har opgivet i en forbrugsoversigt fra efteråret 77.

Forbrugene til komfur, opvaskemaskine og vaskemaskine har som de andre elforbrug i 78/79 været simuleret ved hjælp af elektriske pærer.

Bilag 4 viser for hele huset den tilsluttede effekt gennem døgnetimer, og man bemærker den meget kraftige spids mellem kl. 17 og 18.

11225 Wh pr. døgn giver ca. 4100 kWh pr. år.



Personsimulator vist i køkken, hvor også komfursimuleringen ses.

Varmt brugsvand.

I oplægget til lavenergihusprojektet er varmtvandsforbruget fastsat til energimængden 3700 kWh/år. Dette svarer til 250 l/døgn opvarmet fra 10°C til 45°C (eller 235 l/døgn fra 8°C til 45°C). I andre projekter ser man ofte varmtvandsforbruget sat noget højere (4000-5000 kWh/år), og det er da også ganske klart, at netop varmtvandsforbruget er den størrelse, som mest afgørende kan ændre energiforbruget fra familie til familie.

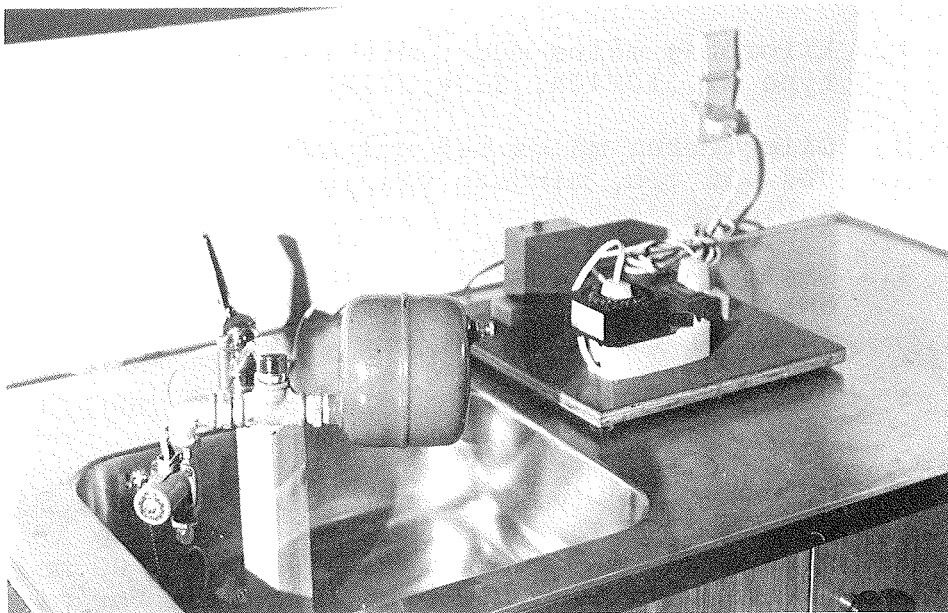
I simuleringen af vor standardfamilies varmtvandsforbrug er det forudsat, at der kan tappes 250 l/døgn af 45°C konstant fra døgn til døgn. Vandet er tappet i køkken, badeværelse og toilet efter nedenstående skema:

køkken	$7 \times 10 \text{ l/min.} \times 1,5 \text{ min.} = 7 \times 15 \text{ l} = 105 \text{ l}$
bad	$3 \times 10 \text{ l/min.} \times 4,0 \text{ min.} = 3 \times 40 \text{ l} = 120 \text{ l}$
toilet	$5 \times 10 \text{ l/min.} \times 0,5 \text{ min.} = 5 \times 5 \text{ l} = 25 \text{ l}$
	250 l

Bilag 5 viser grafisk, hvornår tapningerne finder sted, medens bilag 6 viser det tilsvarende energiforbrugs fordeling over døgnet.

Simuleringer er foretaget ved, at et kontaktur har aktiveret en magnetventil i det nødvendige tidsrum. Vandet tappes gennem et 4 mm kobberør, hvis længde afpasses efter den ønskede tæpehastighed.

Der er tappet 280 l koldt vand fordelt med $7 \times 40 \text{ l}$. I hus D, hvor der er varmegenvinding fra det grå spildevand, er varmt- og koldt vandstapningen foretaget i badeværelset på samme tid og til samme afløb.



Simulering af varmtvandsforbrug i køkken.

Målinger.

I lavenergihusene er installeret principielt ens målesystemer for at kunne tilgodese følgende formål:

- A. Bestemmelse af husets energiforbrug
- B. Opstilling af energibalance for huset
- C. Bestemmelse af delsystemers ydelse og effektivitet.

Til den automatiske dataopsamling valgte vi at benytte en eller to dataloggere pr. hus i stedet for at anvende central dataopsamling. En af de væsentligste årsager hertil er, at de enkelte målesystemer derved bliver helt uafhængige af hinanden, hvorved installationen forenkles. Da dataloggerne yderligere er identiske, og LfV har en ekstra i reserve, giver det en høj grad af sikkerhed for, at der kun bliver kortvarige driftsstop for det enkelte hus og aldrig for alle husene på een gang.

Foruden den automatiske dataopsamling er alle målere med tælleværker (dvs målere for el, olie, gas, vand samt Joulemålere) blevet aflæst hver 14. dag. Dette har vist sig at være en absolut anbefalelsesværdig foranstaltning, dels som kontrol, og dels som sikkerhed mod tab af kontinuitet ved eventuelle driftsstop i den automatiske dataopsamling.

Målte størrelser.

1. Elforbrug måles med sædvanlig kWh-måler, LK-NES type F7, 10/40A, 3×380/220V, 150 omdr/kWh
2. Olieforbrug måles med volumenmåler, BRAUN type HZ4, 50 l/h, mindste visning 0,1 liter. 1% nøjagtighed
3. Gasforbrug måles med den af Strandvejsgasværket opsatte m³-måler, DEHM & ZINKEISEN, type G6, 0,6 - 10 m³/h, tællerskridt pr. 0,0001 m³.
4. Vandforbrug måles med volumenmåler, BRUNATA type 3178, max. 3 m³/h, 13,44 omdr/liter
5. Varmemængder (væskestrøm) måles med Joulemåler KAMSTRUP-METRO type 85-31-231 bestående af ovennævnte BRUNATA vandmåler, 2 stk. Ni 100 modstandsfølere i Wheatstones bro, tælleværk for m³ og GJ med pulssignal fra vandmåler pr. 25 liter.

Måleren er af LfV modificeret således, at der afgives puls pr. 6,25 liter, for varmtvandsmålere ændret til puls pr. 0,6 liter. Tællerskridt pr. 0,01 GJ. Pulsudgang for både vand- og varmemængde

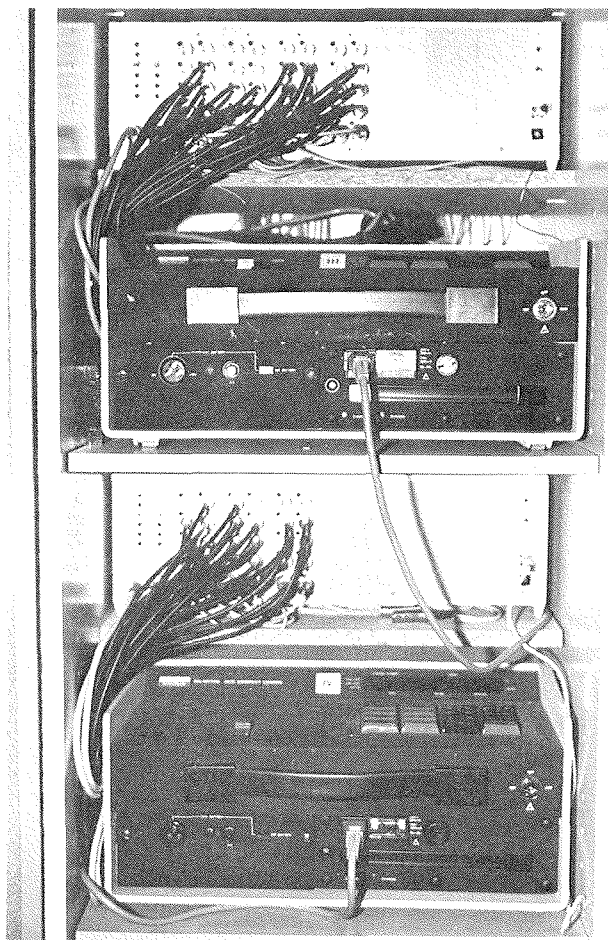
6. Luftmængder måles med fast indbyggede måleblænder fra FLÅKT DANMARK. Trykudtagene er tilsluttet FURNESS FC050-422 tryktransducere med udgangssignal 0 ± 10 Volt/ $0 - \pm 50$, $0 - \pm 100$ eller $0 - \pm 150$ Pa
7. Driftstid måles med timetællere, METRIC type H220/50p/5+1
8. Temperaturer måles almindeligvis med enkelt kobber-konstantan termoelement med en af LfV bygget termostad (ca. 40°C) som reference.
9. Temperaturdifferenser måles ligeledes med kobber-konstantan termoelement. Der anvendes en termosøjle med 5 elementer.
10. Varmestrøm gennem konstruktionsdele måles med varmemestrømsmålere, fremstillet af LfV, 80 serieforbundne termoelementer, ca. $0,057$ mV pr. W/m^2
11. Luftfugtighed måles med VAISALA elektronisk fugtføler, type HMP13 modificeret og kalibreret på LfV. 1 mV/%RF
12. Vindretning og vindhastighed måles med SCHILTKNECHT, Windmaster Mark II med vindfane og kopanemometer (type 655b-660c 1-ne). Retning $0-360^{\circ}$. Hastighed $0-20$ m/s, udgang 25 mV pr. m/s
13. Solstråling måles med solarimeter, KIPP & ZONEN type CM-5. Skærm og reflektorer påbygget af LfV. ca. $0,013$ mV pr. W/m^2

Opsamling af de målte størrelser.

Til opsamling af måledata er anvendt ni ens dataloggere i husene samt en speciel datalogger til opsamling af vejrdata.

Husenes dataloggere.

Til husene er valgt SOLARTRON, Compact Logger 3430-A med kassettebåndindspilning. Dataloggerens cifervoltmeter har opløsning 0.01 mV. Den er forsynet med 30 analoge plus 20 digitale (on/off) indgange. Til måling af temperatur, temperaturdifferens, varme-strøm, luftfugtighed og trykforskel fra luftblænder anvendes de analoge indgange direkte, medens der til tælling af pulser fra tælleværker er indskudt en af LfV særlig udviklet tællekreds (interface), der muliggør en vilkårlig neddeling af pulserne, og en midlertidig lagring inden opsamling i dataloggerens digitale indgange. Neddelingen kan vælges mellem 1 og 2048 (2^0 og 2^{11}) med spring på 1. Yderligere kan udgangen fra interface tilsluttes fra 1 til 4 digitale indgange på dataloggeren, hvorved der kan vælges mellem max 1, max 3, max 7 eller max 15 step pr. scan.



To dataloggere med tilhørende interface tælleudstyr.

Dataloggeren har i hele måleperioden scannet kanalerne hvert 10. minut, hvorved et kassettebånd kan rumme data fra ca. 3,5 døgn. Der er foretaget båndskift hvert 3. døgn.

Vejrstationens datalogger.

På vejrstationens datalogger opsamles måleværdier for:

- udelufttemperatur
- relativ luftfugtighed
- vindretning
- vindhastighed
- solstråling på vandret flade (globalstråling)
- diffus stråling på vandret flade
- solstråling på lodret østvendt flade
- solstråling på lodret sydvendt flade
- solstråling på lodret vestvendt flade

Af disse værdier kan navnlig solstrålingen variere stærkt inden for meget korte tidsintervaller. Derfor scanner dataloggeren alle kanaler hvert 10. sekund. Disse data bearbejdes af dataloggeren, således at der hvert 10. minut på papirtape lagres dels middelværdier af de fire førstnævnte observationer, dels integrerede solstrålingsdata.

Denne specialbyggede datalogger er udviklet og leveret af Lab.f. Industriel Elektronik, DTH.

Råbehandling af de målte størrelser.

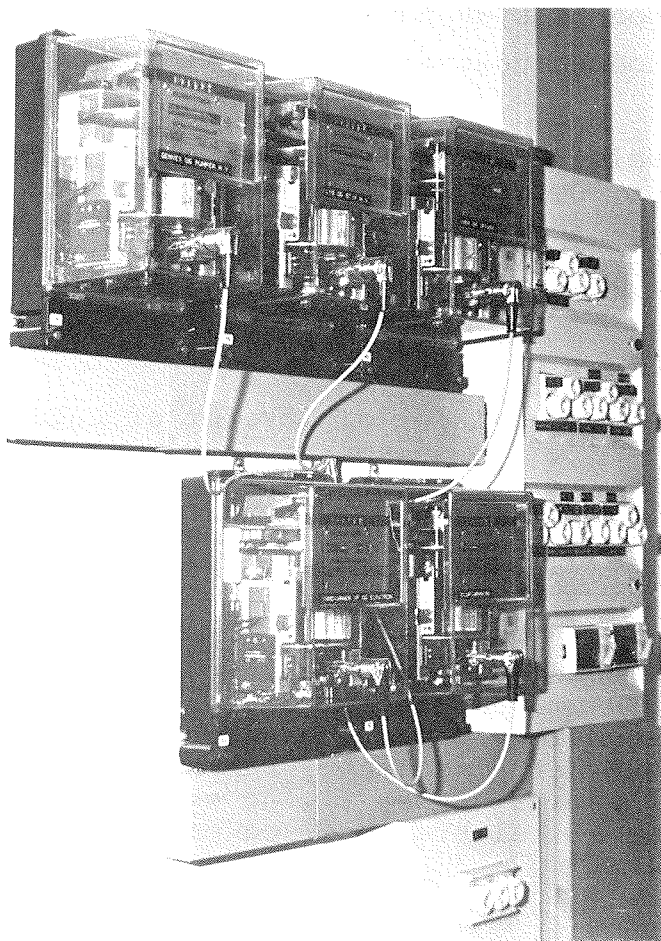
Data fra de indspillede kassettebånd og papirtapes er overført til dataanlægget på NEUCC på DTH via båndlæsere og terminaler på LfV. Umiddelbart herefter er målingerne råbehandlet og lagret i klart sprog på et fastmonteret pladelager. Råbehandlingen består i omsætning fra millivoltsignaler til de egentlige målestørrelser, samt indførelse af kalibrerings- og omsætningsfaktorer.

Umiddelbart herefter er scatterdiagrammer af alle de målte størrelser samt timemiddelværdier af disse for den aktuelle tredøgnsperiode udskrevet. En måneds målte data er herefter lagret endeligt på magnetbånd, hvorfra alle videre analyser foretages.

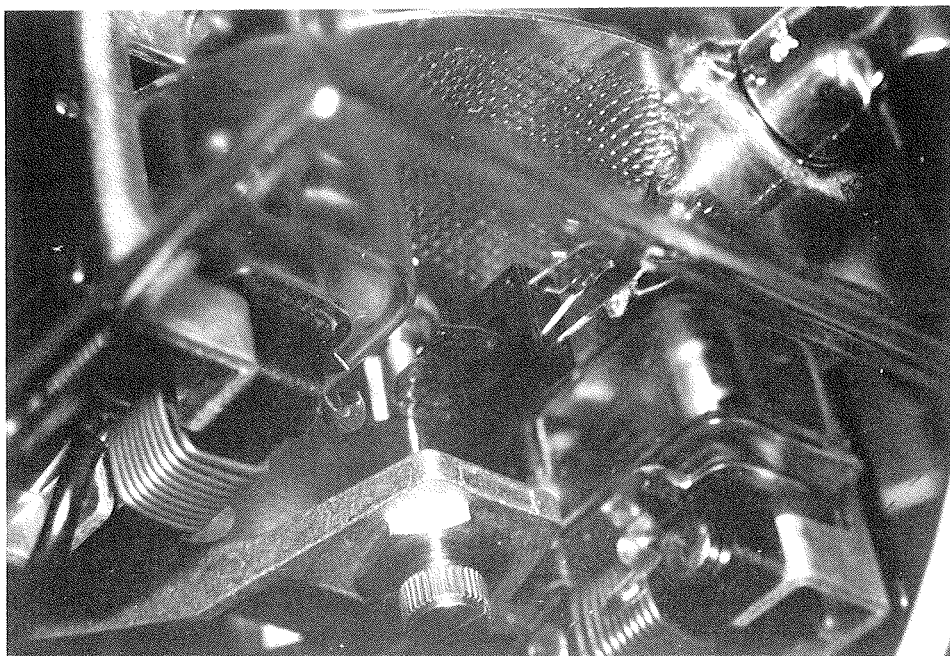
Impulsgivning fra tælleværker.

For at kunne opsamle f.eks. kWh-måleres visning er det nødvendigt at omsætte denne til impulser. Dette er gjort ved på målerens aksel at montere en fane af kobberfolie og lade denne fane passere gabet i en optokobler, hvorved afbrydelsen af en lysstråle omsættes til et signal (puls).

Hvis dataloggeren mister et scan udgår det tilsvarende antal pulser af sammentællingen. Derfor er den tidligere omtalte manuelle regelmæssige aflæsning af tælleværker en uundværlig kontrol af den automatiske registrering. Aflæsningen kan derimod ikke erstatte den automatiske registrering, hvis man - som i dette projekt - ønsker blot nogen oplysning om variationerne i forbrugsmønstret.



Elmålere monteret med optokoblere for pulsudgang.



Elmåler set skråt fra neden.
Optokobler og kobberfane ses midt i billedet.

Andre målinger.

Af målinger, der ikke indgår i den automatiske registrering kan nævnes:

- a. bestemmelse af olie- eller gasfyrs effektivitet
- b. luftskiftemålinger
- c. måling af temperatur eller temperaturvariation i bygningskonstruktioner, eller i jorden under eller umiddelbart uden for husene
- d. luftkvalitetsmålinger i husene
- e. måling af termisk komfort i husene

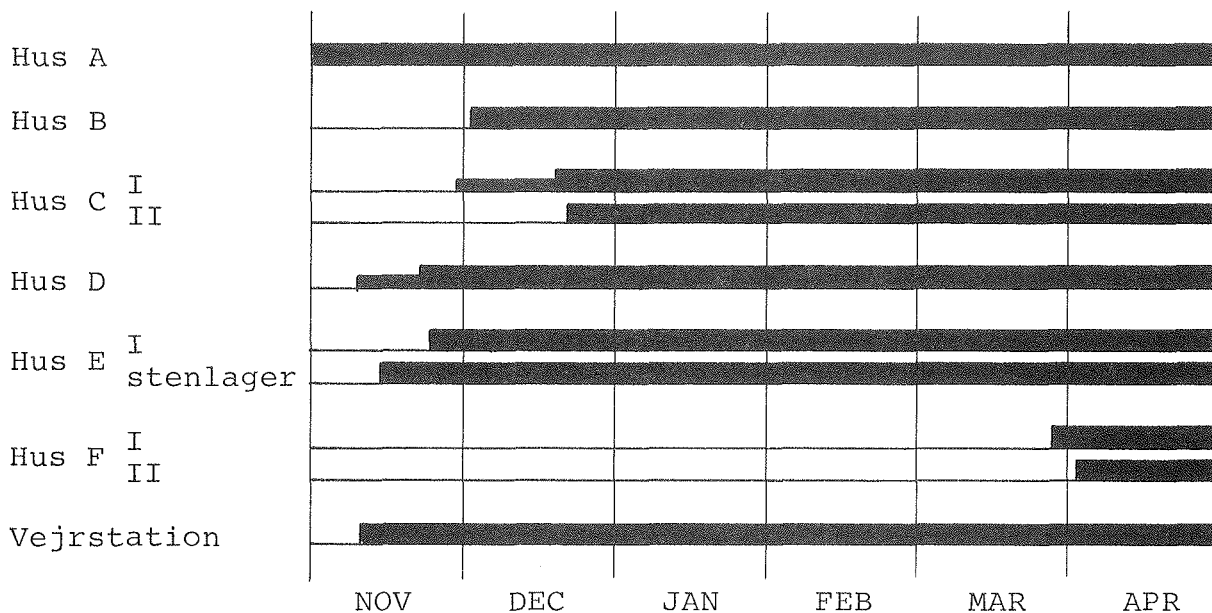
Af disse målinger er kun få gennemført eller igangsat.

- ad a. Oliefyrets effektivitet er bestemt før og efter fyringssæsonen, se under hus D. Gasfyrets effektivitet er bestemt ved fyrets indkøring.

- ad b. Der er ikke foretaget luftskiftemålinger i nogen af husene på grund af andet presserende arbejde. Målingen forventes foretaget ved begyndelsen af næste fyringssæson.
- ad c. Der er endnu ikke foretaget nogen af de nævnte temperaturmålinger.
- ad d. Luftkvalitetsmålinger gennemføres af Hygiejnisk Institut, Aarhus Universitet. Første måling er foretaget maj 79. Hygiejnisk Institut rapporterer selv disse målinger.
- ad e. Der er i foråret 79 foretaget enkelte målinger af den termiske komfort i husene. De vil blive fortsat systematisk fra fyringssæsonens begyndelse. Målingerne foretages af LfV for en særlig bevil-
ling hertil fra Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd. De vil derfor blive rapporteret særskilt.

Dataopsamlingens start.

Den automatiske dataopsamling er ikke startet til samme tid i alle husene. I nedenstående skema er vist fra hvilket tidspunkt, der foreligger brugbare data, og hvor kun enkelte af observationerne mangler. Dog kom registrering af relativ luftfugtighed først igang i begyndelsen af marts 79.



Teoretisk energiforbrug.

For at kunne vurdere energiforbruget for det enkelte lavenergi-
hus i relation til husets forventede energiforbrug er der fore-
taget nedenstående beregninger (hvor der for enkelte af husene
er afvejet fra den generelle fremgangsmåde, fremgår dette af
kommentarerne til dette hus):

Energiforbruget er beregnet ved hjælp af program BA4 [2] baseret
på husets udførte konstruktioner (k-værdier), luftskifte 200 m³
friskluft pr. time med 60% varmegenvinding fra afkastluften,
21°C i alle rum samt referenceårets data for udeklimaet. BA4
programmet beregner energiforbruget hver halve time. Forbruget
betegnes $Q\text{-HUS}_{\text{teor}}$.

Til den videre analyse er anvendt et program, [3] der arbejder
ud fra månedsmiddelværdier og således må betegnes en tilnærmet,
forenklet beregning i forhold til BA4. Yderligere giver den til-
nærmede beregning ikke det egentlige energiforbrug, men to græn-
seværdier $Q\text{-TUNG}$ og $Q\text{-LET}$, hvorimellem energiforbruget findes,
dvs

$$Q\text{-LET} > Q\text{-HUS} > Q\text{-TUNG} \quad \text{og}$$

$$Q\text{-HUS} = Q\text{-TUNG} + f \times (Q\text{-LET} - Q\text{-TUNG}),$$

hvor f er en faktor, der afhænger af husets evne til at akkumu-
lere overskudsvarme fra sol, personer og lys. Faktoren f (tung-
faktoren) udtrykker således den brøkdel af forskellen mellem de
to grænseværdier, der skal medregnes til $Q\text{-HUS}$. f beregnes for
hver måned ud fra de teoretiske beregninger med BA4 og det for-
enklede program.

$Q\text{-TUNG}$ er beregnet under forudsætning af, at husets konstruk-
tioner kan akkumulere gratisvarmen 100% måned for måned. Da
dette er uopnåeligt i praksis, vil $Q\text{-TUNG}$ altid være mindre
end husets energiforbrug. I de måneder, hvor beregningen af
 $Q\text{-TUNG}$ giver negative værdier, sættes $Q\text{-TUNG} = 0$. Dette sker
normalt i de fem sommermåneder, og det svarer til, at man enten
må fjerne overskudsvarmen f.eks. ved ventilation, eller man må
acceptere forhøjede rumtemperaturer.

$Q\text{-LET}$ er beregnet under forudsætning af, at husets konstruktion-
er ikke kan akkumulere gratisvarme, hvorved kun den del af gra-
tisvarmen, der direkte modsvares af et samtidigt forbrug til
transmission og ventilation, kan udnyttes. Også denne situation
er uopnåelig i praksis.

Tung-faktoren anvendes således til måned for måned at bestemme det teoretiske energiforbrug, $Q\text{-HUS}_{\text{teor.}}$, ved hjælp af den tilnærmede beregning.

De omtalte energiforbrug omfatter ikke energiforbruget til varmt brugsvand. Denne ydelse er som tidligere nævnt fastsat til 3700 kWh/år.

Kun de måneder, for hvilke der foreligger målinger, er behandlet i det efterfølgende.

Korrektion af beregnede energiforbrug.

Ingen af husene har haft netop de driftsbetingelser, der var forudsætning for den teoretiske beregning, først og fremmest fordi vinteren 78/79 afveg betydeligt fra standardåret, og også fordi rumtemperatur, luftskifte og gratisvarme fra personer og lys har afvejet fra det tilstræbte.

$Q\text{-HUS}_{\text{teor.}} \rightarrow Q\text{-HUS}_{\text{inde}}$

$Q\text{-HUS}_{\text{inde}}$ betegner det beregnede energiforbrug korrigeret for afvigelser inde i huset.

Korrektion for afvigelser i rumtemperaturer er foretaget ved at vægte de målte rumtemperaturer i forhold til den del af husets transmissionstab, det pågældende rum repræsenterer. Husets temperatur, $T\text{-HUS}$, bestemmes af udtrykket

$$T\text{-HUS} = a \times T\text{-STUE} + b \times T\text{-KØK} + \dots, \text{ hvor} \\ a + b + \dots = 1$$

$T\text{-HUS}$ er herefter anvendt i programmet i stedet for 21°C .

Korrektion for afvigelser i luftskiftet er foretaget ved som husets luftskifte at anvende middeltallet af de målte friskluftmængder og afkastmængder i stedet for $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Det har af tidsmæssige grunde ikke været muligt at bestemme varmegenvindingens effektivitet. Der er derfor i alle beregningerne anvendt 60% genvinding. Der foreligger tilstrækkelige måleresultater til at effektiviteten kan bestemmes på et senere tidspunkt.

Vi er helt opmærksomme på, at også det utilsigtede luftskifte skal indregnes i denne korrektion. Dette luftskifte er ikke målt endnu på grund af mangel på tid. Det må imidlertid forventes, at det er af begrænset størrelse på grund af husenes konstruktion.

Korrektion for afvigelser i gratisvarme fra personer og lys er foretaget ved at anvende de målte størrelser. Disse har været ca. 10% større end forudsat, hovedsagelig på grund af ukorrekt valg af lampestørrelse til simuleringen.

$$\underline{Q-HUS_{inde} \rightarrow Q-HUS}$$

Q-HUS betegner det beregnede energiforbrug korrigeret såvel for afvigelser inde i huset som for afvigelser i udeklimaet.

Korrektion for afvigelser i udetemperaturen er foretaget ved at anvende de målte temperaturer i stedet for referenceårets. Det bemærkes, at for dec, jan og feb ligger månedsmiddeltemperaturen 0,9, 3,1 og 3,1°C lavere end i referenceåret.

Korrektioner for afvigelser i solindfaldet er ligeledes foretaget ved at anvende de målte værdier. Her er afvigelserne fra referenceåret endnu mere markante, idet f.eks. jan gav ca. 50% af referenceårets solindfald. Se bilag 7, vedrørende udeklimaets afvigelser fra referenceåret.

Der er ikke foretaget andre klimamæssige korrektioner.

Da Q-HUS alene omfatter det beregnede energiforbrug til transmission og ventilation, skal der hertil adderes energiforbruget til varmt vand Q-VAND for den pågældende periode.

$$Q-BEREKN = Q-HUS + Q-VAND$$

Målt energiforbrug.

Energiforbruget baseret på direkte aflæsning af de installerede forbrugsmålere betegnes Q-MÅLT_{rå}, idet værdierne blot må opfattes som rå-data.

Q-MÅLT_{rå} → Q-MÅLT

Disse værdier er derefter korrigeret for driftsforstyrrelser i form af stop på anlæg og for eventuelle målerstop, hvorved manglende mellemværdier er fundet ved lineær interpolation, hvor dette har været forsvarligt.

Yderligere er energiforbruget til varmt vand korrigeret, så det svarer til 250 liter/døgn opvarmet fra 10°C til 45°C. Som det fremgår af de efterfølgende skemaer er det varme vand i de fleste tilfælde leveret ved en højere temperatur end de forudsatte 45°C. Dette hænger f.eks. for oliefyrets vedkommende sammen med, at det ikke er tilrådeligt at anvende så lav en kedeltemperatur. I andre tilfælde kunne der blot have været ændret på termostatindstillingen.

Vi er opmærksomme på, at der også kunne have været korrigeret for ovennævnte driftsforstyrrelser ved beregning af Q-HUS_{inde}, da et par af forstyrrelserne netop berører opretholdelsen af rumtemperaturen, men vi har valgt at lade dem indgå under de målte energiforbrug, da de eksisterende beregningsprogrammer ikke omfatter forbrug af varmt vand, og da de betydeligste forstyrrelser netop omfatter disse forbrug.

De indgåede driftsforstyrrelser omtales under kommentarerne til det enkelte hus.

Generelle bemærkninger til energioversigterne.

Som tidligere nævnt er energiberegningerne foretaget for 60% varmegenvinding konstant. Da netop varmegenvindingen har stor betydning for lavenergihusenes energiforbrug, må de anførte tal altså læses under hensyntagen hertil. Eksempelvis kan nævnes, at regnes der i stedet for 60% varmegenvinding med 40% kan husets samlede energiforbrug stige op til 15%.

I det hele taget er de beregnede energiforbrug fortrinsvis angivet for at tillade en vurdering af, hvorledes det teoretisk beregnede energiforbrug ændres i afhængighed af de aktuelle driftsbetingelser inde og ude.

Anvendelse af den målte middeltemperatur T_{HUS} i beregningen af $Q_{\text{HUS inde}}$ og Q_{HUS} er således ikke absolut korrekt, da T_{HUS} indeholder såvel den indstillede termostatstyrede temperatur som de overtemperaturer, der forårsages af stort tilskud af gratis-varme, medens beregningsprogrammerne forudsætter, at den indkodede temperatur er den ønskede rumtemperatur. Nævnte forhold giver dog i praksis næppe anledning til store divergenser.

Som tidligere nævnt fremkommer $Q_{\text{MÅLT}}$ ved korrektion af de rå måledata. $Q_{\text{MÅLT}}$ udtrykker således det energiforbrug, man kunne have målt, såfremt der ikke havde været driftsforstyrrelser, og såfremt der netop var forbrugt 250 liter varmt vand à 45°C pr. døgn.

Endelig skal bemærkes, at angivelsen af de beregnede og målte energiforbrug med så mange betydende cifre, som det fremgår af de efterfølgende skemaer, ingenlunde er udtryk for tilsvarende nøjagtighed, men at de alene er anvendt for ikke at skjule små variationer i den enkelte størrelse.

Det enkelte energiforbrug som absolut størrelse bør derfor snarere afrundes til et med 100 deleligt tal.

Hus A, energiskema.

energiforbrug i kWh

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	IALT
Q-HUS _{teor.}	638	1080	1026	819	734	406	4703
Q-HUS _{inde}	393	606	575	500	522	362	2958
Q-HUS	502	799	900	617	593	372	3783
Q-VAND	<u>305</u>	<u>315</u>	<u>315</u>	<u>284</u>	<u>315</u>	<u>305</u>	<u>1839</u>
Q-BEREGN	807	1114	1215	901	908	677	5622
T-HUS °C	19,8	17,5	17,6	18,5	19,9	21,4	
T-V.VAND °C	48,8	43,7	-	-	45,0	49,0	
liter/døgn	273	251	(250)	(250)	270	250	
Gratisvarme	620	623	624	563	629	612	3671
Q-MÅLT _{rå}							
genvinder+VP	103	179	174	164	187	149	956
vandvarmer-VP	197	109	0	0	173	211	690
varmefolie	132	401	648	463	218	71	1933
difference	9	0	4	38	54	35	140
Q-MÅLT							
genvinder+VP	103	179	174	164	187	149	956
vandvarmer-VP	191	224	200	175	193	200	1183
varmefolie	<u>132</u>	<u>401</u>	<u>648</u>	<u>463</u>	<u>218</u>	<u>71</u>	<u>1933</u>
	426	804	1022	802	598	420	4072

Kommentarer til energiskema, Hus A.

Der er regnet med 60% genvinding fra afkastluften.

Friskluftmængde: 145 m³/h i hele perioden.

T-HUS har på grund af termostaternes indstilling ligget lavt.

Vandvarmeren, der har luft til vand varmepumpe, har været ude af drift fra 26/11 til 6/12 og fra 22/12 til 27/2, hvor den blev erstattet af en nyere model. Vandvarmeren måtte stoppes, fordi ventilatoren ikke kunne løbe rundt. Forbruget under driftsstop er beregnet ved interpolation.

Varmepumpen (luft til luft), der er monteret i tilslutning til genvinderen på afkastluften, har i den koldeste tid flere gange været lukket på grund af rimdannelse i fordamperen, da afrimningstermostaten har stoppet varmepumpen for sent.

Differencen mellem aflæst forbrug på hovedelmåler og bimålere er 1,9% af totalforbruget.

Hus B, energiskema.

energiforbrug i kWh

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	IALT
Q-HUS _{teor.}		1047	989	793	701	364	3894
Q-HUS _{inde}		1088	848	648	697	419	3736
Q-HUS		1275	1180	821	791	434	4501
Q-VAND		<u>315</u>	<u>315</u>	<u>284</u>	<u>315</u>	<u>305</u>	<u>1534</u>
Q-BEREGN		1590	1495	1105	1106	739	6035
T-HUS °C		23,8	21,5	21,5	22,9	23,7	
T-V.VAND °C		56,3	57,8	59,3	56,4	58,7	
liter/døgn		-	253	254	246	256	
Gratisvarme		633	647	574	649	623	3126
Q-MÅLT _{rå}							
genvinder +pumper		170	167	151	168	163	819
opvarmning-VP		548	548	291	274	182	1843
vandvarmer-VP		156	166	164	186	181	853
difference		127	192	528	301	34	1182
Q-MÅLT							
genvinder + pumper		170	167	151	168	163	819
opvarmning-VP		548	548	410	274	182	1962
vandvarmer-VP		<u>103</u>	<u>110</u>	<u>104</u>	<u>124</u>	<u>116</u>	<u>557</u>
		821	825	665	566	461	3338

Kommentarer til energiskema, Hus B.

Der er regnet med 60% genvinding fra afkastluften.

Friskluftmængde: 150 m³/h i hele perioden.

T-HUS har i begyndelsen af måleperioden ligget højt på grund af fejl på nogle radiatortermostater.

Differencen mellem aflæst forbrug på hovedelmåler og bimålere er 15% af totalforbruget. Årsagen til differencen er, at forbrug til elektrisk frostsikring af rør i krybekælderen ikke har været ført over bimåler. På grund af forkert indstilling af termostaten er forbruget for stort.

Særlig stort er dette forbrug i februar på grund af driftsstop fra 14/2 til 22/2 på varmepumpen (vand til vand), der forsyner husets radiatorer. Der er korrigeret for det manglende forbrug.

I december har den automatiske vandaftapning to døgn tappet en mangedobbelt vandmængde på grund af en defekt magnetventil.

Vandvarmeren, der er forsynet med luft til vand varmepumpe, har haft effektfaktorer fra 2,6 til 2,1. Der er ikke konstateret problemer med tilrimning på varmepumpens fordamperside.

Effektfaktoren for varmepumpen til husets opvarmning kan ikke bestemmes ud fra de foreliggende måleresultater, da temperatur-differencen har været for lille til, at den anvendte Joulemåler har givet pålidelige resultater. Yderligere har Joulemåleren fra 26/2 til 23/3 været ude af drift på grund af batterisvigt.

Hus C, energiskema.

energiforbrug i kWh

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	IALT
Q-HUS _{teor.}		1360	1308	1080	1005	650	5403
Q-HUS _{inde}		1488	1507	1336	1291	739	6361
Q-HUS		1708	1881	1475	1368	741	7173
Q-VAND		<u>315</u>	<u>315</u>	<u>284</u>	<u>315</u>	<u>305</u>	<u>1534</u>
Q-BEREGN		2023	2196	1759	1683	1046	8707
T-HUS °C		21,7	22,1	23,3	23,8	23,2	
T-V.VAND °C		45,4	41,7	-	47,1	44,1	
liter/døgn		237	237	(237)	237	237	
Gratisvarme		620.	595	539	613	619	2676
Q-MÅLT _{rå}		2.del					
genvinder + pumper		106	204	188	207	204	909
opvarmning		1010	2180	1745	1276	300	6511
vandvarmer-VP		55	40	0	103	157	355
difference		10	19	14	14	12	69
Q-MÅLT		2.del					
genvinder + pumper		106	204	188	207	204	909
opvarmning		1010	2180	1745	1276	300	6511
vandvarmer-VP		<u>58</u>	<u>139</u>	<u>125</u>	<u>168</u>	<u>149</u>	<u>639</u>
		1174	2523	2058	1651	653	8059

Kommentarer til energiskema, Hus C.

Der er regnet med 60% genvinding fra afkastluften.

Friskluftmængde: 200 m³/h i hele perioden.

T-HUS har navnlig i sidste halvdel af måleperioden ligget højt.

Differencen mellem aflæst forbrug på hovedelmåler og bimålere er 0,6% af totalforbruget.

Ved beregningerne af husets energiforbrug er gulvarealet opdelt i ca. 10 m² normalt gulv og ca. 115 m² varmt gulv, hvis temperatur til Q-HUS_{teor} er gulvvarmeanlæggets fremløbstemperatur relateret til udetemperaturen, medens den for Q-HUS_{inde} og Q-HUS er sat lig med den målte fremløbstemperatur. Varmetabet gennem det varme gulv udgør med den udførte konstruktion ca. 2200 kWh af Q-HUS i den rapporterede periode.

Vandvarmeren, der er forsynet med luft til vand varmepumpe har været stoppet fra 16/1 til 13/3 på grund af rimdannelse på for-dampersiden. Før 16/1 har den flere gange manuelt måttet stoppes for afrimning. Forbrugene, der er angivet som Q-MÅLT, er fremkommet ved at anvende døgnmiddelværdierne for de reelle driftsperioder for hele måneden (feb = jan).

På grund af en kontraventils svigt er de registrerede koldt- og varmtvandforbrug i perioden efter 21/3 ca. dobbelt så store som før denne dato. Imidlertid viser husets hovedvandmåler, at totalforbruget er konstant i hele måleperioden, hvilket der herefter er regnet med.

Solvarmeanlægget har kun givet et meget lille bidrag til husets energiforsyning, hovedsagelig fordi det først i april blev konstateret, at der på grund af luftlommer kun var cirkulation gennem et af de tolv solpaneler.

Hus D, energiskema.

energiforbrug i kWh

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	IALT
Q-HUS _{teor.}	563	978	934	714	640	449	4278
Q-HUS _{inde}	492	780	707	509	459	393	3340
Q-HUS	621	996	1047	629	553	405	4251
Q-VAND	<u>305</u>	<u>315</u>	<u>315</u>	<u>284</u>	<u>315</u>	<u>305</u>	<u>1839</u>
Q- BEREKN	926	1311	1362	913	868	710	6090
T-HUS °C	21,4	20,1	19,7	19,5	19,7	20,4	
T-V.VAND °C	48,0	50,0	48,2	48,2	48,0	48,0	
liter/døgn	185	256	245	245	248	254	
Gratisvarme	618	638	638	573	629	619	3406
Q-MÅLT _{rå}	2.del						
genvinder + teknik	91	323	331	270	278	236	1529
difference	9	28	26	25	26	25	139
olieforbr. L	60	180	185	139	119	69	752
do. kWh eff.	552	1649	1694	1270	1095	631	6891
Q-MÅLT	2.del						
genvinder + teknik	91	323	331	270	278	236	1529
olie	<u>587</u>	<u>1577</u>	<u>1637</u>	<u>1213</u>	<u>1011</u>	<u>558</u>	<u>6583</u>
	678	1900	1968	1483	1289	794	8112

Kommentarer til energiskema, Hus D.

Der er regnet med 60% genvinding fra afkastluften.

Friskluftmængde: 170 m³/h i hele perioden.

T-HUS er ret lav i de koldeste måneder, hvilket hænger sammen med, at værelserne og navnlig soveværelset har været en del koldere end stue/køkken, hvor luftvarmeanlæggets termostat er anbragt.

Differencen mellem aflæst forbrug på hovedelmåler og bimålere er 2,3% af totalforbruget.

Oliefyrets effektivitet er 30/10 bestemt til 93% og 16/5 til 92%/92,5% henholdsvis før og efter rensning og justering. Ved omregning fra liter olie til kWh er benyttet følgende værdier: $10200 \text{ kcal/kg} \times 0,84 \text{ kg/L} \times 1,163 \times 10^{-3} \text{ kWh/kcal} \times 0,92 = 9,167 \text{ kWh/L}$. Oliefyret har på grund af dysestørrelsen (1,8 kg/h $\sim$ ca. 20 kW) og husets beskedne varmebehov haft mange kortvarige driftsperioder. Tabet gennem skorstenen i stilstandsperioderne er ikke bestemt.

Der har ikke i måleperioden været driftsstop hverken for varme- eller ventilationsanlægget.

Korrektion for den ret høje temperatur af det varme vand er foretaget ved direkte fradrag i energiforbruget svarende til den ekstra opvarmning.

Ved udtagning af boreprøver af ydervæggens indervange samt 100 og 150 mm skillevægge har H+H Industri A/S bestemt den i vinterens løb fordampede vandmængde fra husets indvendige gasbetonmasse til godt 2200 liter svarende til et energiforbrug til udtørring af byggefugt på ca. 1400 kWh.

Solvarmeanlægget har kun givet et meget beskedent bidrag til husets energiforsyning, hovedsagelig på grund af solfangerens lille vinkel med vandret. Den er jo også netop dimensioneret til at bidrage til varmtvandforsyningen om sommeren.

De udvendige vinduesskodder er betjent i overensstemmelse med figuren side 12 og har ud over træts udvidelse - hvilket kunne klares med en høvl - ikke givet anledning til problemer. Det bør dog anbefales, at fygesne fjernes fra havedørens bundkarmstykke, inden skodderne lukkes om aftenen, da sneen i nattens løb smelter og fryser til is uden for skoddens tætningsliste.

Hus E, energiskema.

energiforbrug i kWh

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	IALT
Q-HUS _{teor.}		915	860	654	566	353	3348
Q-HUS _{inde}		702	623	474	409	331	2539
Q-HUS		866	908	594	514	340	3222
Q-VAND		<u>315</u>	<u>315</u>	<u>284</u>	<u>315</u>	<u>305</u>	<u>1534</u>
Q-BEREKN		1181	1223	878	829	645	4756
T-HUS °C		18,9	18,6	19,1	19,5	19,8	
T-V.VAND °C		47	47	47	47	47	
liter/døgn		240	230	229	211	237	
Gratisvarme		661	664	601	667	620	3213
Q-MÅLT _{rå}							
ventilatorer		474	495	437	447	391	2244
varmeflader		926	1081	851	673	289	3820
vandvarmer		467	470	419	426	400	2182
difference		32	17	19	20	20	108
Q-MÅLT							
ventilatorer		474	495	437	447	391	2244
varmeflader		926	1081	851	673	289	3820
vandvarmer		<u>420</u>	<u>421</u>	<u>373</u>	<u>409</u>	<u>358</u>	<u>1981</u>
		1820	1997	1661	1529	1038	8045

Kommentarer til energiskema, Hus E.

Der er regnet med 60% genvinding fra afkastluften.

Friskluftmængde: 210 m³/h i hele perioden.

T-HUS ligger lavt i hele perioden, hvilket bl.a. skyldes, at varmelegemet til et enkelt værelse ikke har været tilsluttet. Huset har som helhed været jævnt opvarmet, og det er værd at notere, at stenlagerets varmekapacitet har haft en meget stor stabiliserende virkning på husets rumtemperaturer. Der har ikke været overskudsvarme af betydning at akkumulere i måleperioden på grund af ringe solindfald.

Den anførte varmtvandtemperatur er baseret på nogle få temperaturmålinger under tapning. Det er skønnet, at den har været konstant i hele perioden.

Differencen mellem aflæst forbrug på hovedelmåler og bimålere er 0,9% af totalforbruget.

Der er ikke konstateret nogen driftsstop i måleperioden.

De beregnede energiforbrug indeholder tabet fra husets kelder. Tabet fra kælderen udgør ca. 950 kWh.

Det er under udarbejdelsen af nærværende rapport konstateret:

1. at der er uafspærrelig frisklufttilgang til husets pejs.
2. at der ikke er noget egentligt skorstensspjæld. Pejstens låger slutter næsten lufttæt til karmen; dette gælder derimod ikke askeskuffen.
3. at der er foretaget udfugning ved lysningspanelernes tilslutning til vinduerne men ikke til døren. Det sidste giver $4 \times \text{ca. } 1 \text{ cm}^2$ luftpassage fra stuen pr. dør.
4. at afkast- og friskluftkanalens gennemføring i tag er meget utæt.

Disse fire forhold er tilsammen nok til at sandsynliggøre så stort et ekstra luftskifte i huset, at det kan forklare, at det målte energiforbrug er så meget større end det beregnede.

Vedrørende udvendige skodder, se kommentaren til hus D.

Vurdering af resultaterne.

De rapporterede resultater viser klart, at det er muligt at bygge lavenergihuse, hvis energiforbrug - uanset de konstaterede afvigelser fra det opstillede mål - ligger på halvdelen eller mindre end halvdelen af energiforbruget i henhold til bygningsreglementets seneste isoleringsbestemmelser.

Det står også klart, at der ved en ringe indsats, oftest i form af mere præcis indregulering af specielt varmeanlæggene, kan opnås betydelige energibesparelser i den kommende vinter. Først og fremmest skal anlæggenes driftstemperatur tvinges så langt ned som muligt, så de uundgåelige tab mindskes, men derudover skal overtemperaturer i rummene søges undgået, således at gratisvarmen udnyttes bedst muligt.

De konstaterede driftsstop er alle af den banale, men derfor ikke mindre irriterende type. Også her gælder det, at en ringe indsats kan mindske, om ikke helt forhindre driftsstop i den kommende vinter.

Også på det måletekniske område er der høstet gode og mindre gode erfaringer. Det er tilfredsstillende, at den automatiske dataindsamling er gået så gnidningsfrit, som tilfældet er. Derimod har det ved rapportens udarbejdelse vist sig, at en række undersøgelser, der ikke er udført, er absolut påtrængende. Her tænkes først og fremmest på luftskiftemålinger i husene.

Ved korrektionerne af f.eks. varmtvandsforbrugene har det vist sig, at de ønskede temperaturer ikke har været godt nok bestemt, især fordi målepunkterne på varmtvandssiden ofte af hensyn til montagen er anbragt i rørene i stedet for direkte i beholderne, hvorved der sker en betydelig afkøling af rør og vand imellem to tapninger (især om natten).

Kun nogle af de installerede Joulemålere har direkte vist sig utilstrækkelige til den stillede måleopgave, enten på grund af for små temperaturdifferencer eller på grund af for kortvarige og for sjældne forbrug. Dette vil der blive taget højde for inden næste fyringssæson.

Det er i denne tid, hvor energiforsyning og energiforbrug er spørgsmål, der trænger sig ubønhørligt på, tilfredsstillende at kunne konstatere, at Lavenergihusene i Hjortekær har bevist, at de er lavenergihuse, og at der efter den første vinters "indkøring" er lagt op til et endnu bedre energieresultat for det kommende år.

Referencer:

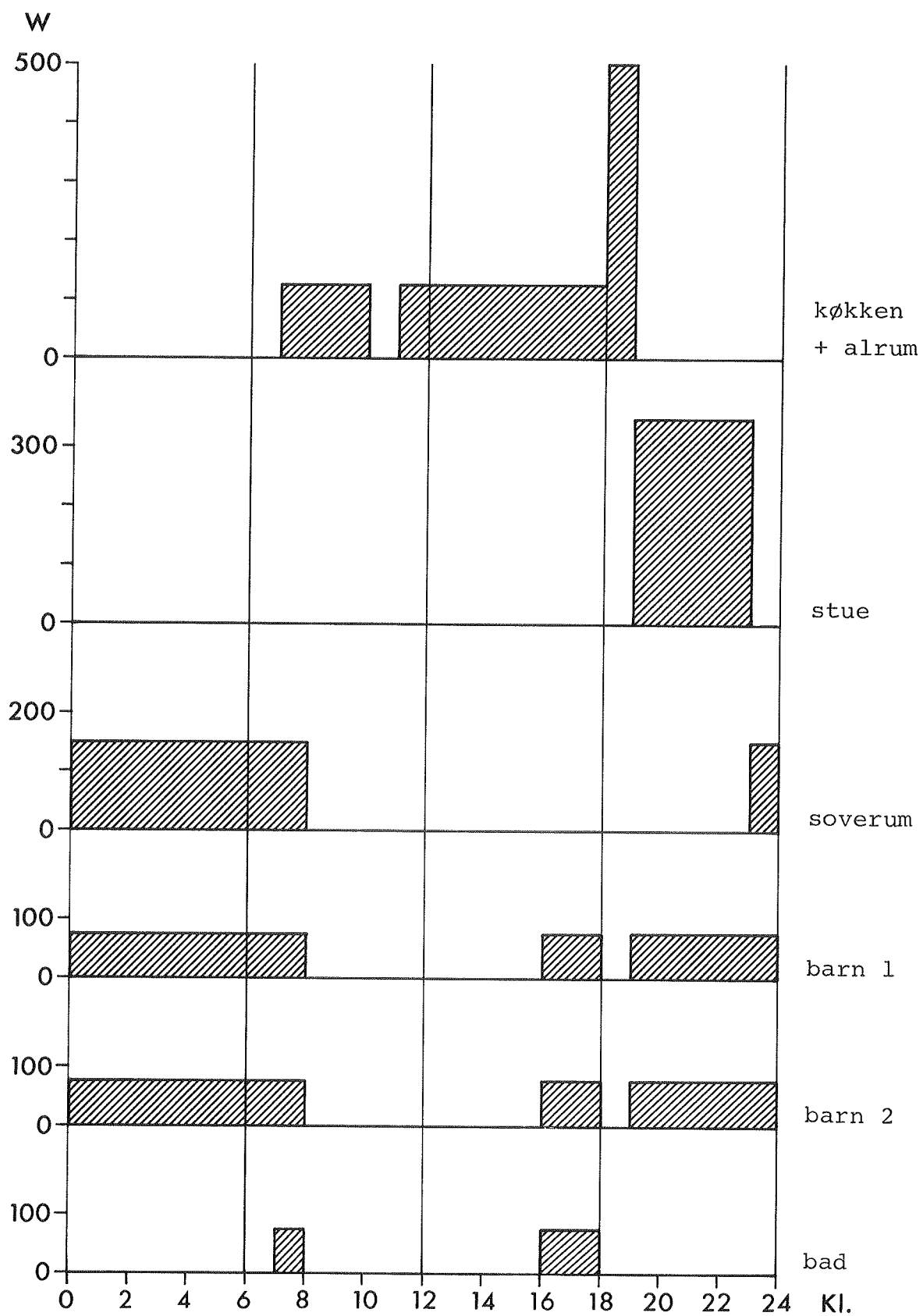
- [1] Byberg, M.R., Djurtoft, Rolf G., Saxhof, Bjarne:
6 Lavenergihuse i Hjortekær:
Kort beskrivelse af husene.
Lab. for Varmeisolering, medd. nr. 83,
Maj 1979.

- [2] Lund, Hans: Program BA4 for Calculations of Room
Temperatures and Heating and Cooling
Loads.
Lab. for Varmeisolering, medd. nr. 44,
1976.

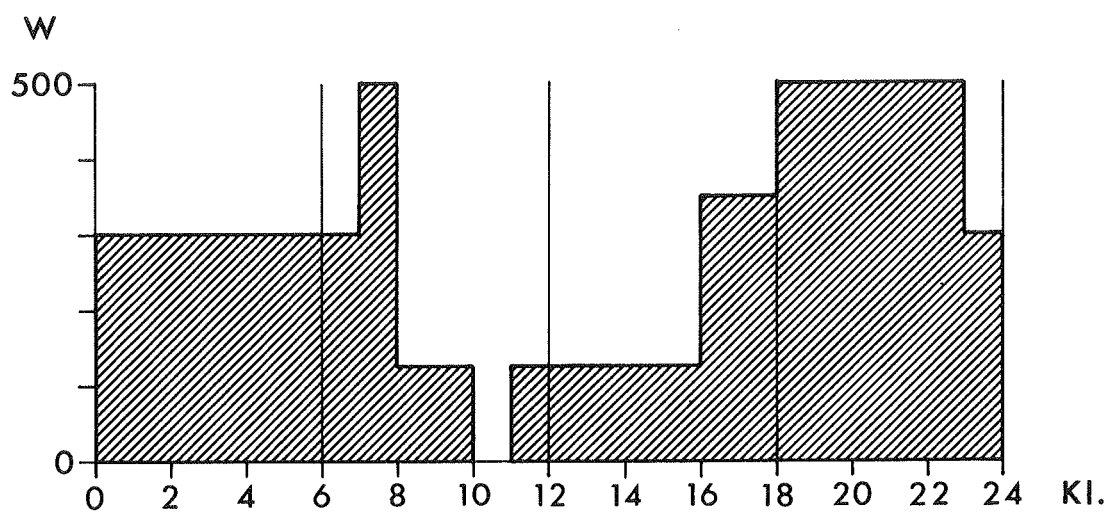
- [3] Nielsen, Anker:
Program EFB1, Brugervejledning.
Lab. for Varmeisolering, medd. nr. 72,
1978.

Bilag 1.

Personvarme.



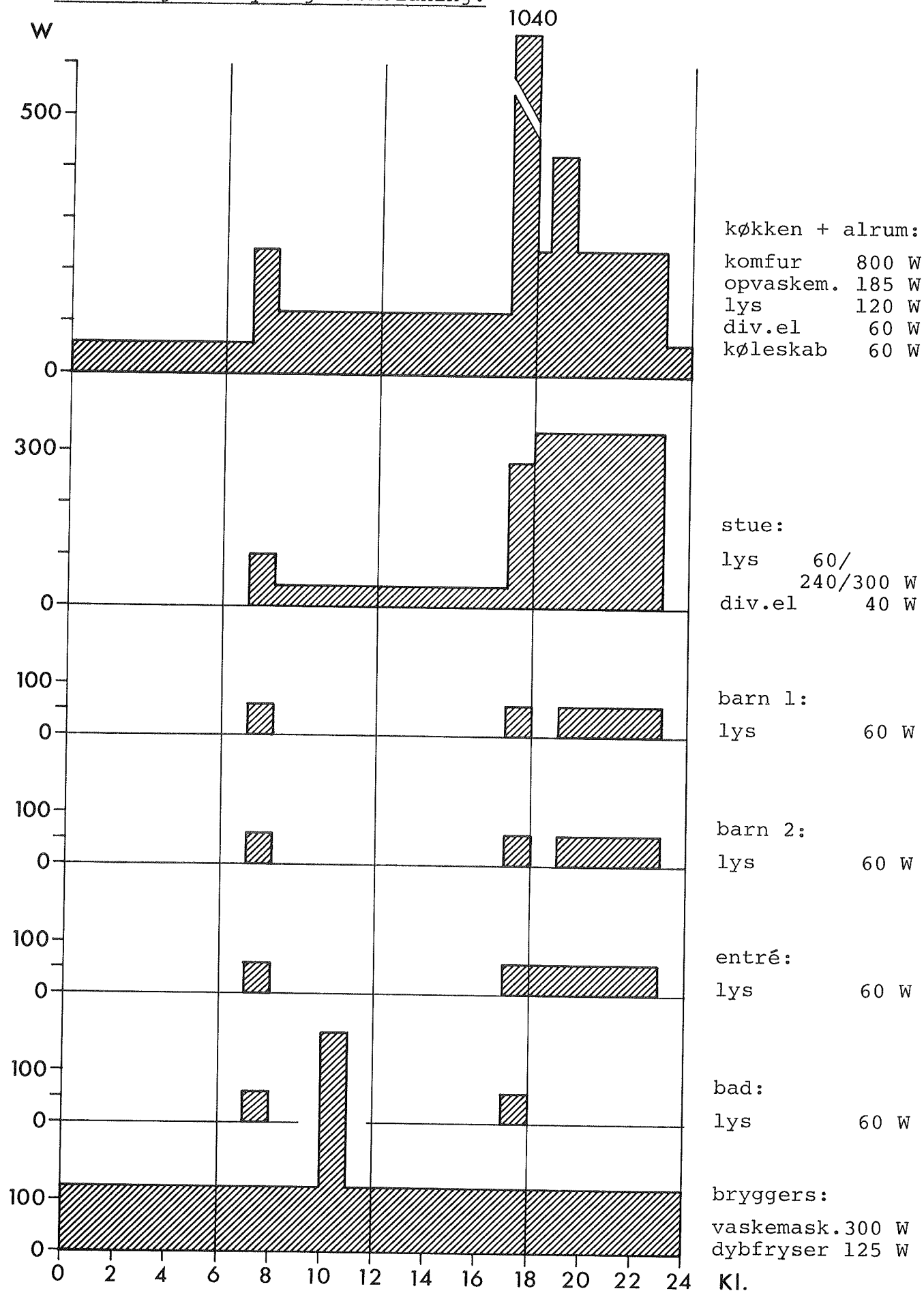
Personvarme, hele huset.



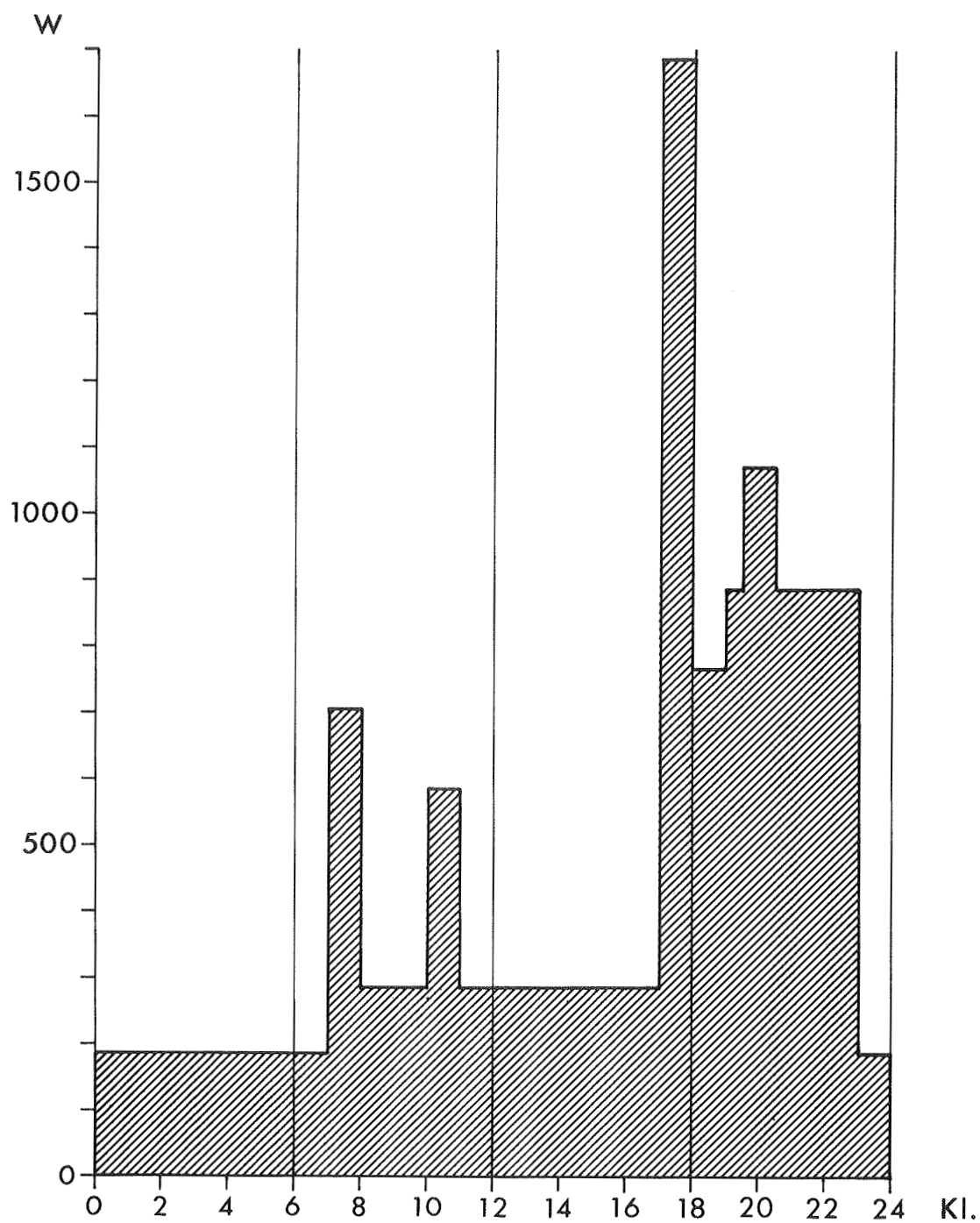
$6975 \text{ W/døgn} \times 365 \text{ døgn} \sim 2,5 \text{ MWh/år}$

Bilag 3.

Elforbrug til lys og husholdning.



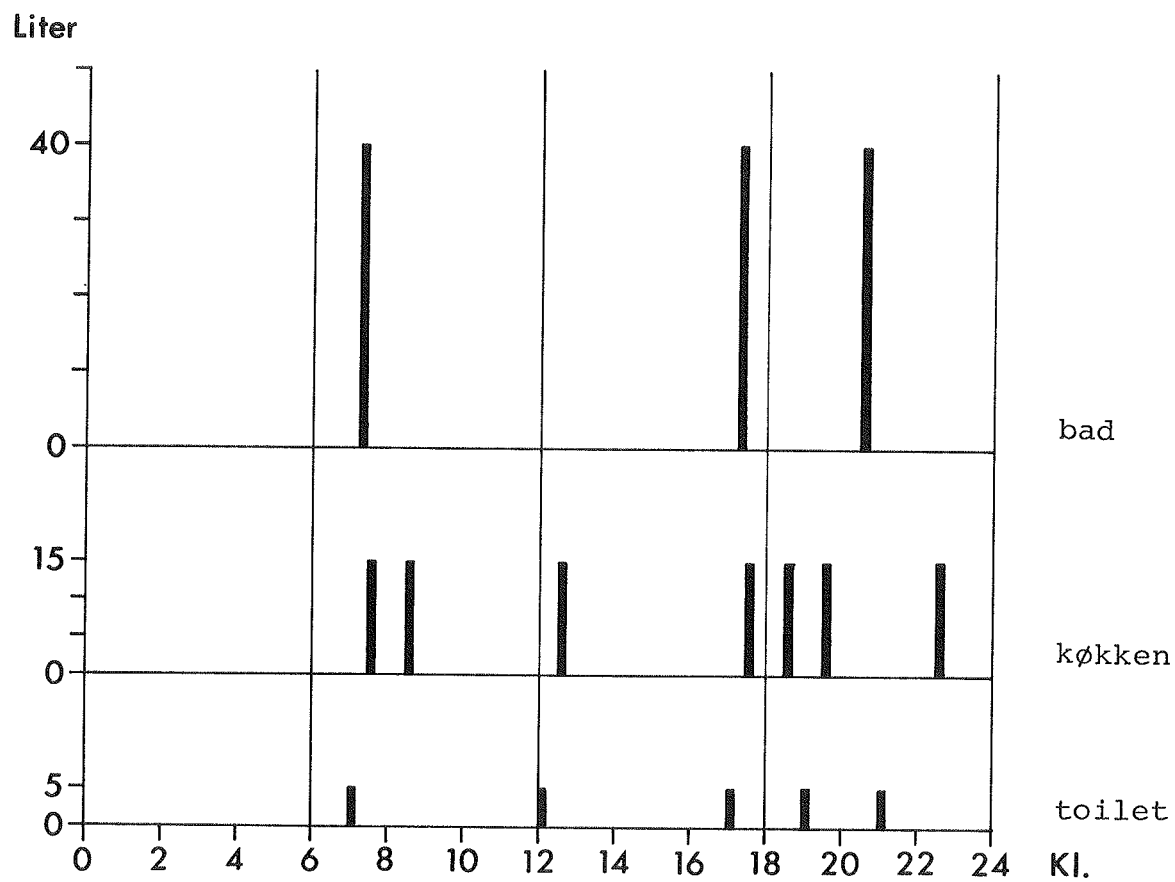
El-forbrug til lys og husholdning, hele huset.



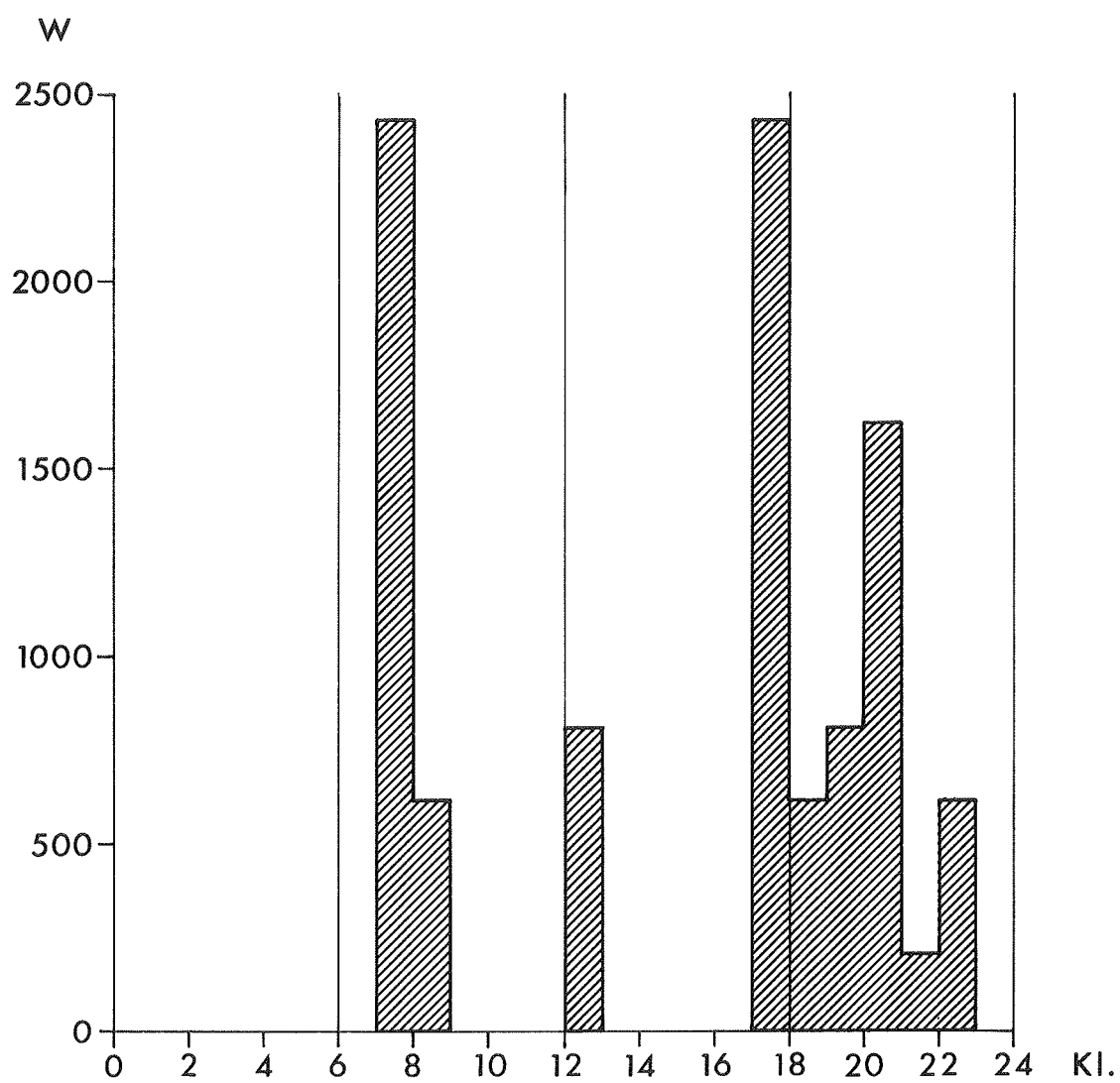
$11225 \text{ W/døgn} \times 365 \text{ døgn} \sim 4,1 \text{ MWh/år}$

Bilag 5.

Tapning af varmt brugsvand.



Varmt brugsvand, energiforbrug.



Bilag 7.

Udeklimaet i vinteren 78/79 sammenlignet med Referenceåret.

	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR
Udetemperatur °C						
78/79	5,8	-1,3	-2,9	-3,5	1,2	5,7
Ref.år	5,0	-0,4	0,2	-0,4	2,0	5,7
Solindfald gennem 1 m ² dobbeltrude, kWh/m ² pr. måned						
orient. mod NORD						
78/79	-	-	-	-	-	-
Ref.år	5,3	3,5	3,9	8,0	16,2	25,9
orient. mod SYD						
78/79	13,4	13,4	16,2	62,5	61,1	78,3
Ref.år	30,2	28,5	30,3	55,4	69,6	69,8
orient. mod ØST						
78/79	2,8	2,8	7,5	28,9	40,4	56,7
Ref.år	9,5	7,3	9,5	17,8	37,0	60,2
orient. mod VEST						
78/79	1,5	3,1	7,2	31,8	32,5	50,5
Ref.år	9,7	6,3	8,0	21,2	41,8	58,9
orient. VANDRET						
78/79	7,0	6,0	8,1	36,2	57,6	98,0
Ref.år	19,2	14,7	19,0	36,5	83,1	122,3
diffus på VANDRET						
78/79	2,9	2,7	3,8	16,2	38,5	43,1
Ref.år	-	-	-	-	-	-