LABORATORIET FOR VARMEISOLERING

DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

BEREGNING AF ENERGIFORBRUG I BYGNINGER (EFB-1)

EN METODE TIL BRUG FOR BORDREGNEMASKINER

LIC.TECHN. ANKER NIELSEN

FEBRUAR 1980

MEDDELELSE NR. 92

Forord

Energiministeriets (tidligere Handelsministeriets) projekt vedrørende udvikling af mindre varmelagre har til formål gennem teoretiske og eksperimentelle studier at vurdere og udvikle varmelagre, der er egnede til danske forhold.

Projektet udføres af Laboratoriet for Varmeisolering, Danmarks Tekniske Højskole, i samarbejde med interesserede institutter og erhvervsvirksomheder.

I projektet, der udføres i perioden 1978 - 1980, indgår følgende delprojekter:

Varmelagring i,

a). Vand
b). Stenmagasiner
c). Smeltevarmelagre
d). Bygningskonstruktioner
e). Kemiske reaktanter
f). Vandbassiner (sæsonlagring)
g). Jord

Projektet tager sigte på, at de opnåede resultater allerede på kort sigt skal kunne anvendes i praksis.

INDHOLD

Forord

side

Indledning.....1
1. Transmissionstab 1
2. Ventilationstab.....2
3. Tilskudsvarme.....3
4. Klimadata.....5
5. Solindfald gennem vinduer.....6
6. Grænseværdier for energiforbruget.....7
7. Varmeakkumuleringen.....8
8. Standardhus.....9
9. Energibesparende foranstaltninger.....14
10. Sammenligning med BA-4.....18
11. Akkumuleringens variation.....30
12. Beregning med andre år.....32
13. Beregning med syntetisk år.....38
14. Andre huse.....39
15. Akkumuleringen.....47
16. Afslutning.....52
Litteratur.....52

Bilag I Solindstråling gennem dobbeltrude.....54
- II Solfaktoren S for forskellige vinduer.....55
- III Klimadata i årene 1959 til 1973.....56
- IV Fraktiler af klimadata.....61
- V Solindfald ved forskellig horisont-afskæring.....63

Projektorganisation.....64
Liste over udkomne rapporter.....65

Der eksisterer mange metoder for beregning af bygningers energiforbrug til opvarmning. Nogle er meget komplicerede og kræver derfor anvendelse af et edb-anlæg. Andre er enkle men giver til gengæld urimelige resultater, hvis der er tale om højisolerede bygninger. Den her beskrevne metode (1) er enkel men tager hensyn til gratisvarmen og varmeakkumuleringen. Der beregnes et maksimum- og minimum energiforbrug, hvorimellem bygningens energiforbrug vil ligge. Denne metode er velegnet til bordregnemaskiner.

Metoden er udviklet ud fra Laboratoriet for Varmeisolerings EDB-program BA-4 (2), som beregner rums varmebalance på grundlag af timeværdier fra referenceåret (3). Dette program beregner også energiforbrug men er besværligt og dyrt at anvende ved beregninger under den tidlige projektering af bygningen. Her giver den forenklede metode hurtigt svar på de energimæssige konsekvenser af forskellige udformninger.

1. Transmissionstab.

Ud fra kendskab til den aktuelle bygningsudformning beregnes arealer og k-værdier for de enkelte konstruktioner. For hver måned beregnes transmissionstabet ud fra:

$$Q_T = \Sigma\ k \cdot A \cdot (T_i - T_u) \cdot n \qquad (1)$$

hvor Q_T er transmissionstabet (kWh)

k er k-værdien (W/m^2C)

A er arealet (m^2)

T_i er indetemperaturen (C)

T_u er udetemperaturen (C)

n er antal timer i måneden/1000 (h)

For indetemperaturen benyttes den ønskede temperatur f.eks. 21 ^{o} C. For udetemperaturerne er anvendt månedsmiddeltemperaturerne fra skema 1. Ved varmetab til jord benyttes jordtemperaturen i stedet for udetemperaturen.

For vinduer kan skodder benyttes til at reducere transmissionstabet. Dette beregnes ved at benytte en korrigeret k-værdi for disse vinduer:

$$k_{kor} = \frac{k \cdot (24 - \tau) + k_s \cdot \tau}{24} \qquad (2)$$

hvor k er vinduets k-værdi uden skodder (W/m^2C)

k_s er vinduets k-værdi incl. skodder (W/m^2C)

τ er timer/døgn skodden benyttes.

Denne beregning er på den sikre side, idet udetemperaturerne om natten er lavere end om dagen. Til gengæld må der ved vurderingen af skoddens brugstid tages hensyn til beboervaner samt solopgang og solnedgang. Skodderne kan f.eks. regnes benyttet i 14 timer/døgn i perioden november til februar, i 12 timer i oktober og marts og i 10 timer i september og april.

Ved beregning af vinduets k-værdi inclusive skodder må der tages hensyn til, at skodder ikke er fuldt effektive. Der kan f.eks. ske strømning af udeluft mellem vindue og skodde. Desuden er skodder normalt ikke væsentlig større end vinduets areal, så der bliver et ret stort randfelt, hvor der er tale om flerdimensional varmetransport. På grundlag af hidtidige danske erfaringer og målinger (upubliceret eksamensprojekt), bør skoddens nominelle k-værdi reduceres med 30-50%.

2. Ventilationstab.

Beregnes for hver måned ud fra:

$$Q = V \cdot (1-\eta) \cdot 0{,}34 \cdot (T_i - T_u) \cdot n$$

hvor Q_V er ventilationstabet (kWh)

V er friskluftskiftet (m^3/h)

η er virkningsgraden (-)

0,34 er luftens varmefylde (Wh/m^3C)

Ved brug af varmegenvinding er det et krav, at huset er tæt, idet forventede energibesparelser ellers ikke opnås. Virkningsgraden af varmegenvinderen er i de følgende beregninger regnet til 60% , svarende til hvad der i praksis kan opnås. Uden varmegenvinding sættes virkningsgraden til 0%.

3. Tilskudsvarme.

Tilskud fra personer samt el til lys og husholdning vil være afhængig af bygningens anvendelse og vanerne hos de personer, som opholder sig i bygningen.

Varmeafgivelsen fra personer kan sættes til

passiv/sovende person	75 W
aktiv person	125 W

Den sidste værdi er ansat under hensyntagen til, at en stillesiddende person afgiver 100 W og en let aktiv person 170 W. Herefter må antallet af personer og deres aktivitet vurderes. For et enfamiliehus med 4 beboere kan personvarmen f.eks. ansættes til 2400 kWh/år eller 6575 Wh/døgn.

Forbruget af el til lys og hosholdning afhænger af personaktiviteten. Ved fastsættelse af forbruget må der tages hensyn til, at en del af varmetilskuddet er uanvendeligt f.eks. ved madlavning. En del af varmen går til at fordampe vand og, og noget ventileres bort af lugtmæssige årsager.

For opvaske- og vaskemaskiner må der tages hensyn til, at en meget stor del af varmen benyttes til opvarmning af vand, som senere hældes bort. For et enfamiliehus kan tilskuddet sættes til 4100 kWh/år eller 11230 Wh/døgn.

Ved beregningsmetoden skal der angives et tilskud for hver måned f.eks. i form af et bestemt døgntilskud. Størrelsen af tilskuddet kan eventuelt varieres efter årstiden, da f.eks. lysforbruget er størst om vinteren.

4. Klimadata.

Tilskud fra solindfald gennem vinduer er beregnet med BA-4 på grundlag af det modificerede referenceår (3), hvor overskud i forhold til et middelår af solindfald er fjernet i december, januar, marts og april. Ved beregningen beregnes solindfaldet gennem en 1 m^2 dobbeltrude i kWh/måned for retningerne nord, syd, øst og vest. Desuden er månedsmiddeltemperaturen for udeluften beregnet fra referenceåret.

mdr.	t_u C	Vinduer Solindfald kWh/m^2 NORD	SYD	ØST	VEST
jan.	0,2	3,9	30,3	9,5	8,0
febr.	-0,4	8,0	55,4	17,8	21,2
marts	2,0	16,2	69,6	37,0	41,8
april	5,7	25,9	69,8	60,2	58,9
maj	11,4	36,8	65,2	70,0	68,5
juni	16,0	46,0	65,3	79,3	76,3
juli	16,4	43,3	66,8	71,0	74,9
aug.	16,1	32,2	62,3	57,4	56,8
sept.	13,7	21,0	62,7	40,1	39,0
okt.	9,2	11,4	46,5	21,6	22,3
nov.	5,0	5,3	30,2	9,5	9,7
dec.	-0,4	3,5	28,5	7,3	6,3
året		253,5	652,6	480,7	483,7

Skema 1. Danske klimadata.

De beregnede solindfald forudsætter frit udsyn i alle retninger (horisont 0^o), og at der forekommer en reflektion af stråling fra omgivelserne.

For anvendelse under andre klimaforhold er det nødvendigt at fremstille et tilsvarende skema.

5. Solindfald gennem vinduer.

På grundlag af vinduernes størrelse og type kan ved hjælp af værdierne for solindfaldet fra foregående afsnit beregnes den til bygningen tilførte varme:

$$Q_S = \Sigma\ A \cdot S \cdot I$$

hvor Q_S er solindfaldet (kWh)

A er vinduets glasareal (m^2)

S er solfaktoren som er 1.0 for en 2-lags rude uden afskærmning, andre tilfælde se bilag II

I er solindstrålingen (kWh/m^2)

I det foregående var det forudsat, at vinduerne vendte mod de 4 verdenshjørner, samt at der ikke var udhæng og/eller ribber. Vender vinduerne mod andre retninger, må solindfaldet beregnes i de aktuelle retninger (bilag I).

For vinduer med udhæng og/eller ribber må solindfaldet beregnes ved brug af BA-4, eller der må foretages en vurdering. F.eks. ved udhæng over 1,2 m eller lign., hvor vinduet ikke modtager meget sol, kan vinduet eventuelt regnes vendende mod nord. Ved vurderingen af reduktionen i solindfald bør der især tages hensyn til vinterforhold, hvor solindfaldet kan udnyttes bedst. Reduktionen kan f.eks. ske ved at reducere glasarealet.

I tilfælde af at der ikke er frit udsyn foran vinduet, kan bilag V udnyttes. Herpå er angivet beregnede solindfald mod de 4 verdenshjørner med forskellige horisontalskæringer i grader. Der er ved beregningerne stadigt forudsat reflektion af stråling fra omgivelserne.

6. Grænseværdier for energiforbruget.

Ved nøjagtig beregning af energiforbruget kommer bygningens varmeakkumulerende virkning til at spille en stor rolle. Men det er muligt at definere 2 grænseværdier for energiforbruget. Maksimum svarer til et hus uden varmekapacitet. Maksimum kaldes også Q_{LET}. Minimum svarer til et hus med meget stor varmekapacitet. Minimum kaldes også Q_{TUNG}.

Det minimale energiforbrug beregnes ved at regne med, at al varmetilskud fra sol, el og personer i en måned kan udnyttes 100% til dækning af transmissionstab og ventilationstab. Et hus med så stor varmekapacitet kan i praksis ikke bygges. Hvis varmetilskuddet er større end forbruget, giver dette i løbet af måneden anledning til et uanvendeligt varmeoverskud.

$$Q_{MIN} = Q_{TUNG} = Q_T + Q_V - Q_S - Q_{EL} \quad (\geq 0)$$

Det maksimale energiforbrug er væsentligt mere kompliceret at beregne. Hvis et hus ingen varmekapacitet har, vil eventuelle varmetilskud kun kunne udnyttes, hvis der samtidigt er et varmebehov. Hvor stor en udnyttelse af varmetilskuddet, der kan fås, kan kun findes ved dynamiske energiberegninger (f.eks. med BA-4). Med sådanne beregninger er det beregnet, hvor stor udnyttelse der fås af solindfaldet gennem vinduerne i et hus uden varmekapacitet. Ved regression på månedsværdier af en række eksempler er sammenhængen i formel (6) opstillet.

$$Q_{LET} = Q_{MAX} = f \cdot B \qquad (5)$$

$$f = 1 - 0.4027 \cdot \sqrt{\frac{A}{B}} + 0{,}08388 \frac{A}{B} \qquad (6)$$

hvor $A = Q_S$ totalt solindfald

$B = Q_T + Q_V$ totalt varmetab

NB: Hvis A udgør mindre end 15% af B, skal der i stedet regnes med, at A kan udnyttes 100%, d.v.s. $Q_{MAX} = B - A$.

Udover tilskud fra solindfald er der også tilskud i form af personvarme og el (beregnet efter 3). Denne tilskudsvarme vil normalt være fordelt på en anden måde over døgnet, så det ikke er rimeligt blot at indsætte $Q_S + Q_E$ i stedet for Q_S i formel (6). Ved kontorbygninger kan det dog være rimeligt, men ikke for beboelseshuse. Ved beboelseshuse vil det rimelige være at antage, at tilskudsvarmen Q_E er uafhængig af Q_S. Dvs. energiforbruget kan reduceres endnu engang efter samme formel:

$$Q_{MAX} = f \cdot B \qquad (7)$$

hvor f er formel (6) med indsatte værdier:

$A = Q_E$ tilskud fra el + personer

$B = Q_{MAX}$ fra (5)

Ved at beregne $Q_{MAX} + Q_S + Q_E - Q_T - Q_V$ kan det uanvendelige varmeoverskud beregnes. Overskuddet vil medføre en overophedning, hvis det ikke tages specielle hensyn ved udhæng, ekstra ventilation eller lignende.

7. Varmeakkumuleringen.

Ud fra det foregående afsnit er beregnet et maksimalt og et minimalt energiforbrug, hvorimellem nøjagtigere dynamiske beregninger vil befinde sig. Forskellen mellem maksimum og minimum energiforbruget kan være ret stor, så det er væsentligt også at vide, hvor bygninger med normal varmekapacitet befinder sig. Ud fra hidtidige erfaringer vedrørende beregninger på lavenergihuse kan opstilles følgende:

0%	Q_{MIN}
40 - 50%	hus med tegl indvendig
50 - 60%	hus med letbeton indvendig
60 - 80%	hus med gips- og spånplader indvendig
100%	Q_{MAX}

Disse tal gælder for årsenergiforbrug, idet der (som det senere vil fremgå) er forskelle, hvis der betragtes enkelte måneder.

8. Standardhus.

Der er valgt et hus på 140 m^2 med isolering efter BR-77 (4). Dør- og vinduesarealet er 21 m^2 svarende til 15% af bruttoetagearealet. Der er regnet med et gennemskinneligt glasareal på 21 m^2 (et for praktiske forhold for højt tal, idet træarealet typisk vil udgøre 20%). Der er ikke regnet med skodder. Ventilationen er sat til 200 m^3/h uden varmegenvinding, svarende til et luftskifte på 0.75 h^{-1}. Beregningerne er opstillet i det følgende skema:

Bygningsdel	areal m^2	k $W/m^2\,°C$	k·A W/°C	Δt °C	varmetab W
Terrandek					
indre randfelt 11.4×7.4	84.4	0.3	25.3	12	304
ydre randfelt 126-84.4	41.6	0.3	12.5	32	400
Lott 126 × 1.15	144.9	0.2	29.0	32	928
Vinduer og dører	21.0	2.9	60.9	32	1949
Ydervegg 109.4-21.0	88.4	0.3	26.5	32	848
Varmetabsramme				W	4429
Ventilation:			68 × 32 =		2176 / 6605

Transmission til jord	25.3	W/°C
Transmission til t_u	128.9	W/°C
Ventilation: 200.0 $m^3/h \times 0{,}34\ Wh/m^3°C$	68.0	W/°C

Glasareal:	NORD	SYD	ØST	VEST
	4.0 m^2	10.0 m^2	3.5 m^2	3.5 m^2

Skema 2. 140 m^2 enfamiliehus (BR-77)

Fra dette skema skal følgende oplysninger bruges til indsættelse i den forenklede metode:

transmissionstab uden skodder for	128,9 W/°C
transmissionstab med skodder for	128,9 W/°C
transmissionstab gennem gulv	25,3 W/°C
ventilationstab	68,0 W/°C
glasareal dobbelt-rude mod N	4,0 m^2
glasareal dobbelt-rude mod S	10,0 m^2
glasareal dobbelt-rude mod Ø	3,5 m^2
glasareal dobbelt-rude mod V	3,5 m^2

Desuden skal følgende værdier benyttes:

indetemperatur	21°C
jordtemperatur	8°C
energitilskud (el og personer)	6500 kWh/år

klimadata fra skema 1.

Herudfra kan energibalancen beregnes på følgende måde (eksempel januar måned):

1. Q_{TRANS} = transmission til jord + transmission til udeluft =

$$(25,3 \cdot (21 - 8) + 128,9 \cdot (21 - 0,2)) \cdot 24 \cdot 31 \cdot 10^{-3}$$

$$= (328,9 + 2681,1) \cdot 24 \cdot 31 \cdot 10^{-3}$$

= 2240 kWh formel (1)

2. $Q_{VENT} = 68,0 \cdot (21 - 0,2) \cdot 24 \cdot 31 \cdot 10^{-3}$

= 1052 kWh formel (3) med $V \cdot (1 - \eta) \cdot 0,34$ = 68,0 W/°C

3. Q_{SOL} = formel (4) med S = 1.0

4	· 3,9	N
+ 10	· 30,3	S
+ 3,5	· 9,5	Ø
+ 3,5	· 8,0	V
380	kWh	

4. $Q_{EL+\ PER} = 17,81 \cdot 31 = 552$ kWh

5. $Q_{TUNG} = Q_{TRANS} + Q_{VENT} - Q_{SOL} - Q_{EL\ +\ PER}$
   $= 2240 + 1052 - 380 - 552$
   $= 2360$ kWh

6. Q_{LET} formel (5) til (7)

a) tilskud fra sol.

$B = Q_{TRANS} + Q_{VENT} = 3292$ kWh

$A = Q_{SOL} = 380$ kWh

Da Q_{SOL} er under 15% af $Q_{TRANS} + Q_{VENT}$ gælder:

$Q_N = B - A = 3292 - 380 = 2912$ kWh

b) tilskud fra personer og elektricitet.

$B = Q_N$

$A = Q_{EL\ +\ PERS} = 552$ kWh.

Da $Q_{EL\ +\ PERS}$ udgør mere end 15% af Q_N skal korrektionen ske ud fra formel (6):

$$f = 1 - 0,4027 \sqrt{\frac{552}{2912}} + 0,08388 \cdot \frac{552}{2912}$$

$= 1 - 0,175 + 0,016$

$= 0,841$

$Q_{LET} = f \cdot B = 0,841 \cdot 2912 = 2448$ kWh

Beregningen kan også ske med et lille EDB-program eller på en TI-59, se (5). Resultatet af beregningerne for hele året er:

ENERGIREGNSKAB i kWh t_i = 21,0 °C

MÅNED	Q_{TRANS}	Q_{VENT}	Q_{SOL}	$Q_{EL+PERS}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}
JAN	2240	1052	380	552	2360	2448
FEB	2075	978	723	500	1831	2106
MAR	2067	961	1037	552	1439	1984
APR	1657	749	1218	534	653	1466
MAJ	1165	486	1284	552	0	895
JUN	701	245	1382	534	0	418
JUL	686	233	1352	552	0	401
AUG	715	248	1152	552	0	443
SEP	915	357	988	534	0	668
OKT	1376	597	664	552	757	1240
NOV	1722	783	390	534	1580	1754
DEC	2297	1083	347	552	2481	2558
ÅRET	17616	7772	10917	6500	11101	16381

Skema 3. 140 m^2 enfamiliehus (BR-77).

Af resultatet fremgår, at forskellen mellem det tunge og lette tilfælde udgør 5280 kWh eller ca. 30% af energiforbruget i det lette tilfælde. I praksis bliver der ikke så store forskelle, idet energiforbruget med forskellig varmeakkumulering kan ansættes til følgende:

a) hus med beton eller tegl indvendig
$Q = 11101 + 5280 \cdot 0{,}45 = 13477$ kWh

b) hus med letbeton indvendig
$Q = 11101 + 5280 \cdot 0{,}55 = 14005$ kWh

c) hus med gips- eller spånplader indvendig
$Q = 11101 + 5280 \cdot 0{,}7 = 14797$ kWh

Differensen mellem tilfælde a) og c) udgør 1320 kWh eller 9% af forbruget for huset med indvendige gips- eller spånplader. Disse forskelle i akkumuleringen vil blive nærmere omtalt senere.

9. Energibesparende foranstaltninger.

For standardhuset er der udført en række beregninger med den forenklede metode for at vise effekten af forskellige energibesparende foranstaltninger.

Der er regnet på følgende ændringer:

1. Bedre isolering i væg ($k = 0,23$ W/m^{2}C) og tag ($k = 0,18$ W/m^{2}C).

2. 3-lag glas i vinduerne, medfører bedre isolering ($k = 2,1$ W/m^{2}C) men mindre solindfald ($S = 0,9$).

3. Varmegenvinding på ventilationsluften 60% effektivitet, dvs. ventilationstab $68,0 \cdot (1 - 0,6) = 27,2$ W/$^{\circ}$C.

4. Større glasareal 28 m^2 fordelt på samme måde efter verdenshjørnerne. Desuden en bedre isolering i væg og tag svarende til tilfælde 1.

5. Anvendelse af natskodder, så k-værdien i brugstiden reduceres til $k = 1,01$ W/m^{2}C.

Desuden er der regnet på kombinationer af 1, 2 og 3.

Disse beregningers resultater fremgår af skema 4, der angiver de beregnede transmissionstab, ventilationstab, solindfald, gratisvarme (konstant) samt de resulterende energiforbrug for det "tunge" og det "lette" tilfælde. Den sidste kolonne angiver den procentvise forskel mellem

det tunge og lette hus. Resultaterne viser, at denne forskel bliver større, når det totale energiforbrug går ned. Dette betyder, at det resulterende energiforbrug påvirkes mere af akkumuleringen i konstruktionerne ved godt isolerede huse.

Dette fremgår også af skema 5, hvor standardhusets energiforbrug er sat til 100%. For tilfælde 1 + 2 + 3 reduceres transmission + ventilationstabet til 70%, medens Q_{LET} reduceres til 65% og Q_{TUNG} til 49%. Hvis man kun betragter $Q_{TR} + Q_{VE}$, når man vurderer energibesparelser svarende til en simpel beregning efter varmetabsreglerne, kan dette medføre forkerte konklusioner. F.eks. er $Q_{TR} + Q_{VE}$ 92% både ved benyttelse af natskodder og ved brug af 3-lag glas. Disse 2 foranstaltninger kunne derfor synes lige gode, men det er ikke tilfældet, hvis man ser på Q_{LET} og Q_{TUNG}. Her er natskodder klart fordelagtigst.

Energiforbrug i kWh

tilfælde	Q_{TRANS}	Q_{VENT}	Q_{SOL}	$Q_{EL+PERS}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}	$\frac{Q_{LET}-Q_{TUNG}}{Q_{LET}}$
standard	17616	7772	10915	6500	11101	16381	32%
1. isolering	16574	7772	10915	6500	10272	15547	34%
1+2 isol. + 3 lag glas	14653	7772	9824	6500	9215	14231	35%
1+3. isol. + genvind.	16574	3109	10915	6500	6550	11884	45%
1+2+3. isol. + 3 lag+genv.	14653	3109	9824	6500	5493	10585	48%
2. 3 lag glas	15694	7772	9824	6500	10045	15062	33%
2+3. 3 lag + genv.	15694	3109	9824	6500	6323	11382	44%
3. genvinding	17614	3109	10915	6500	7380	12686	42%
4. isol.+øget glasareal	18771	7772	14556	6500	10394	16587	37%
5. natskodder	15666	7772	10915	6500	9237	14758	37%

Skema 4. 140 m^2 enfamiliehus (BR-77). Energibesparende foranstaltninger.

tilfælde	$Q_{TR} + Q_{VE}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}
standard	100	100	100
1. isolering	96	93	95
1+2 isol. + 3 lag glas	88	83	87
1+3 isol.+genvind.	78	59	73
1+2+3 isol. + 3 lag + genv.	70	49	65
2. 3 lag glas	92	90	92
2+3 3 lag + genv.	74	57	69
3. genvinding	82	66	77
4. isol + øget glasareal	104	94	101
5. natskodder	92	83	90

Skema 5. 140 m^2 enfamiliehus. Energisparende foranstaltningers indflydelse i forhold til standard huset (100).

Beregningen med den forenklede metode giver altså en lettere mulighed for at sammenligne forskellige løsninger, hvor solindfaldet bliver forskelligt.

10. Sammenligning med BA-4.

Den forenklede metode får større betydning, når det kan vises, at den giver overensstemmelse med den langt mere komplicerede beregning med EDB-programmet BA-4. Modellen af rummet, som indgår i beregningen med BA-4, har en række forudsætninger, som kan medføre afvigelser ved beregninger efter varmetabsreglerne. Det viste sig, ved beregningen af disse eksempler, at parameteren TU må forøges. TU er transmissionen fra den indvendige vægoverflade til udeluften for væg og tag med undtagelse af vinduesarealer, som indsættes som transmissionen fra indeluft til udeluft, men inde i programmet regnes hele transmissionen fra den indvendige vægoverflade til udeluften. Ændringen i TU er afhængig af bygningens glasareal, men udgør 2 - 4%. Efter denne korrektion viste beregningerne overensstemmelse i det teoretiske tilfælde, hvor solindfaldet er 0 og varmetabet styret af inde- og udetemperaturer.

Der er foretaget 3 sæt beregninger med BA-4 for hver af de forskellige typer energibesparende foranstaltninger, som er nævnt i afsnit 9. De 3 BA-4 beregninger svarer til forskellig akkumulerende masse i huset:

1. hus med gipsplader indvendig
2. hus med gasbeton invendig
3. hus med tegl eller beton indvendig

Resultaterne fremgår af fig. 1 til fig. 10. Hver optegning viser med kraftige streger de beregnede grænseværdier Q_{LET} og Q_{TUNG} fra den forenklede metode og med

tynde streger de beregnede resultater af BA-4 beregningerne for alle tilfældene, fig. 1 til fig. 8, vil man se, at BA-4 beregningerne giver resultater mellem de beregnede grænseværdier. I fig. 9 ligger BA-4 beregningerne lidt for højt i januar og december, men forskellen i kWh/år er næsten uden betydning. I dette tilfælde viser forenklingerne i BA-4, at gratisvarme og solindfald udnyttes dårligere på grund af det større glasareal end i de øvrige tilfælde. Fig. 10 giver beregninger, hvor BA-4 ligger lavere i januar og december. Dette skyldes BA-4's beregning af skodder i natperioden, hvor temperaturerne er lavere end om dagen. Den forenklede metode antager samme middeltemperatur i og uden for skoddetiden, hvorfor den vil give lidt for store energiforbrug. Set i den store sammenhæng er forskellene dog minimale.

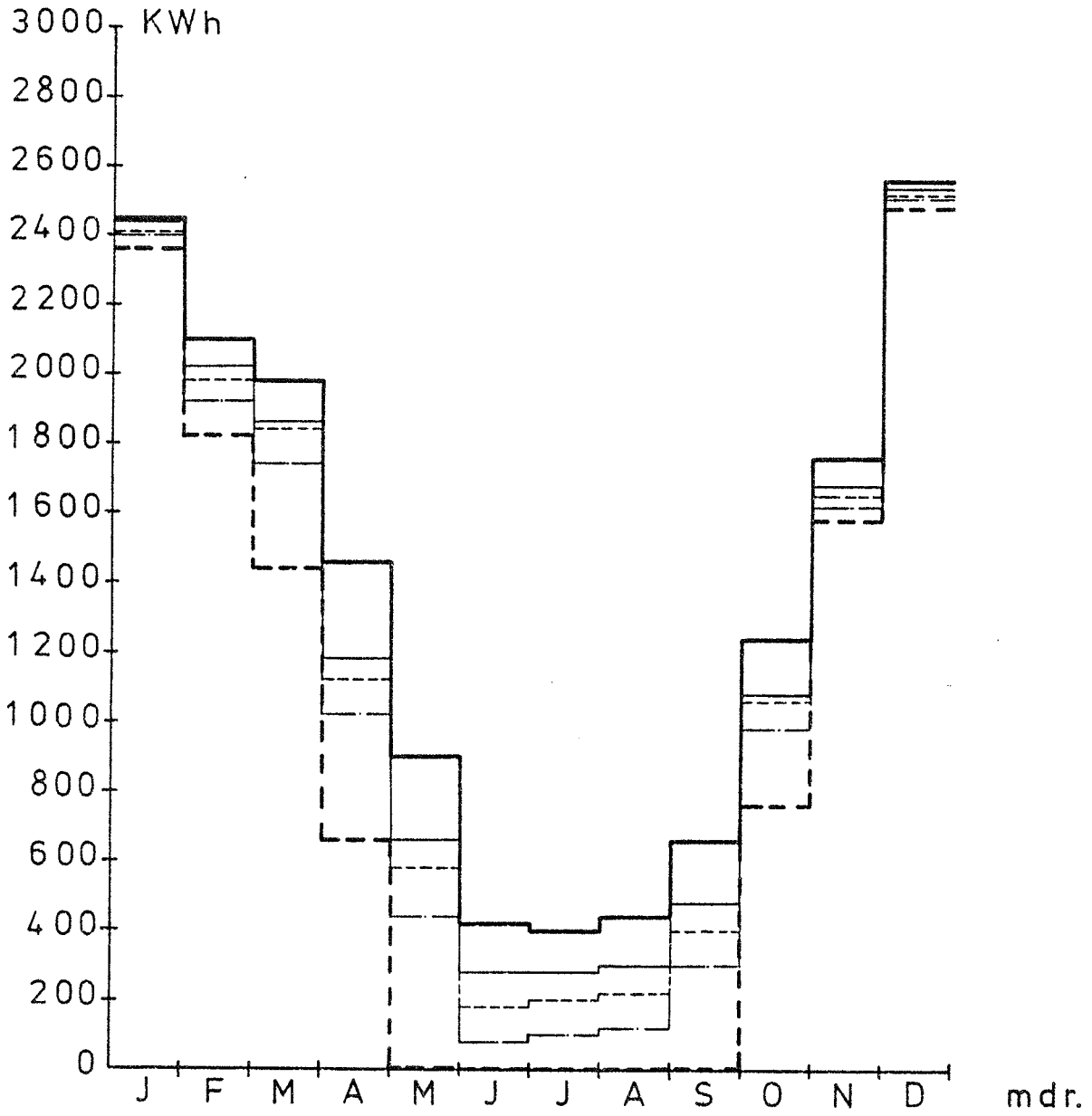


Fig. 1. 140 m^2 enfamiliehus (BR-77). Standard tilfældet. Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

——— Q_{MAX} forenklet metode (Q_{LET}).

– – – – Q_{MIN} forenklet metode (Q_{TUNG}).

——— BA-4 beregning (hus med gipsplader indvendig)

— – — – BA-4 beregning (hus med gasbeton indvendig)

—— · —— BA-4 beregning (hus med tegl eller beton indvendig).

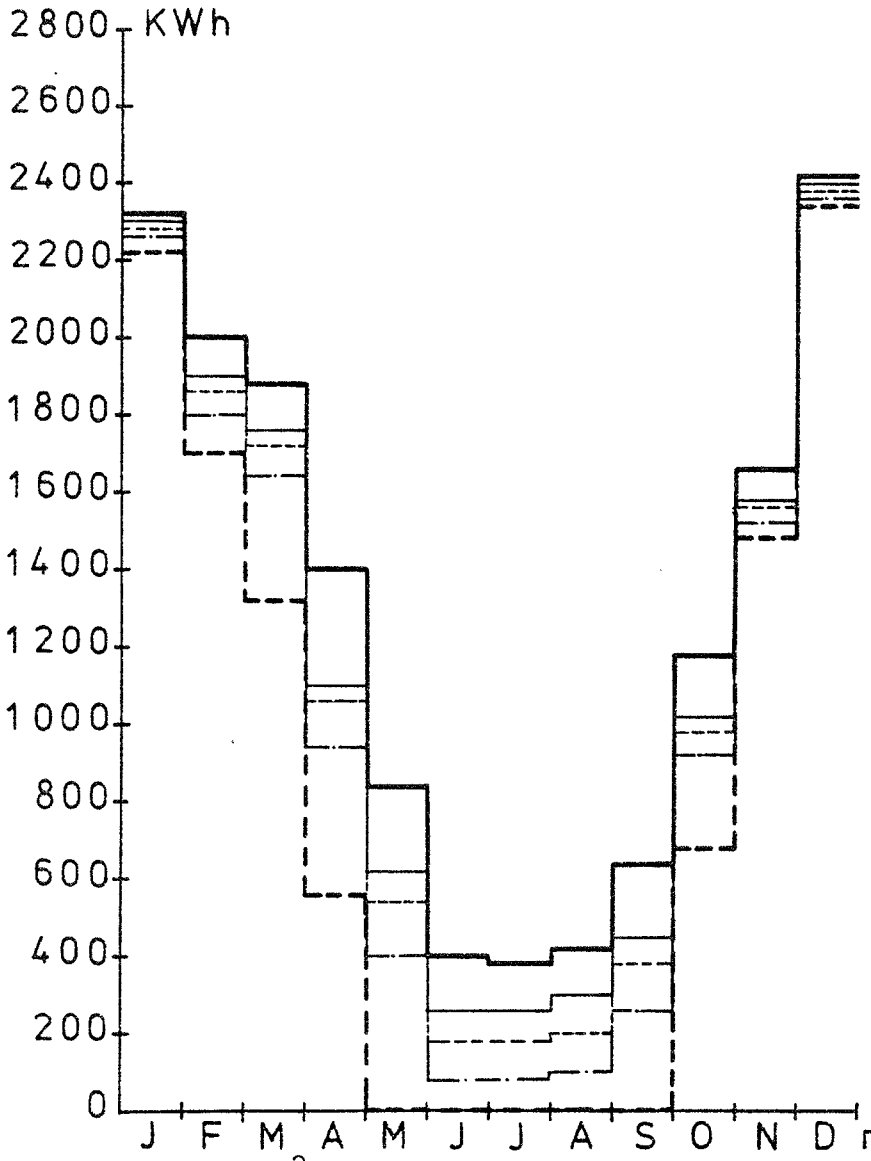


Fig. 2. 140 m^2 enfamiliehus med forbedret isolering (tilfælde 1). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

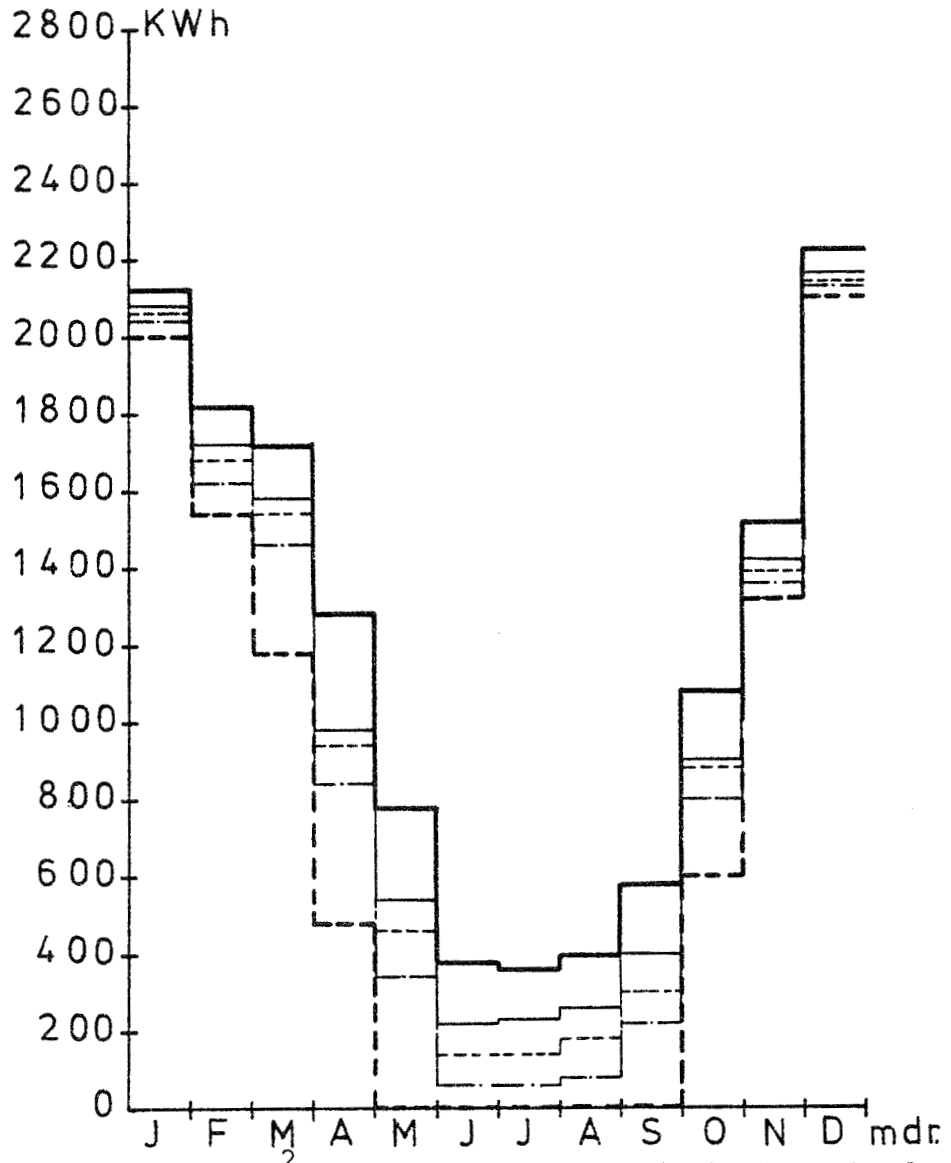


Fig. 3. 140 m^2 enfamiliehus med forbedret isolering og 3 lag glas i vinduer (tilfælde 1 + 2). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

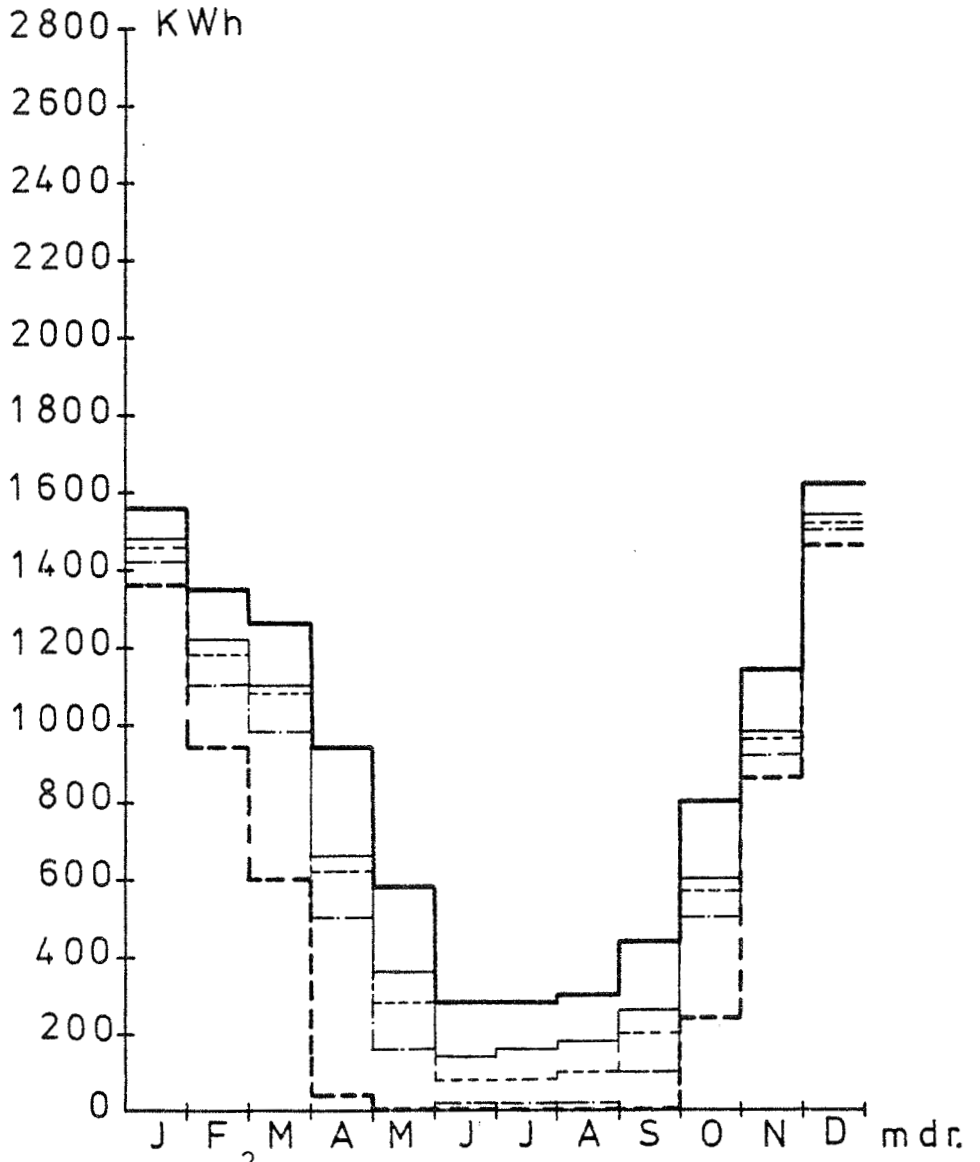


Fig. 4. 140 m^2 enfamiliehus med forbedret isolering og 3 lag glas i vinduer samt genvinding på ventilationsluft (tilfælde 1+2+3). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

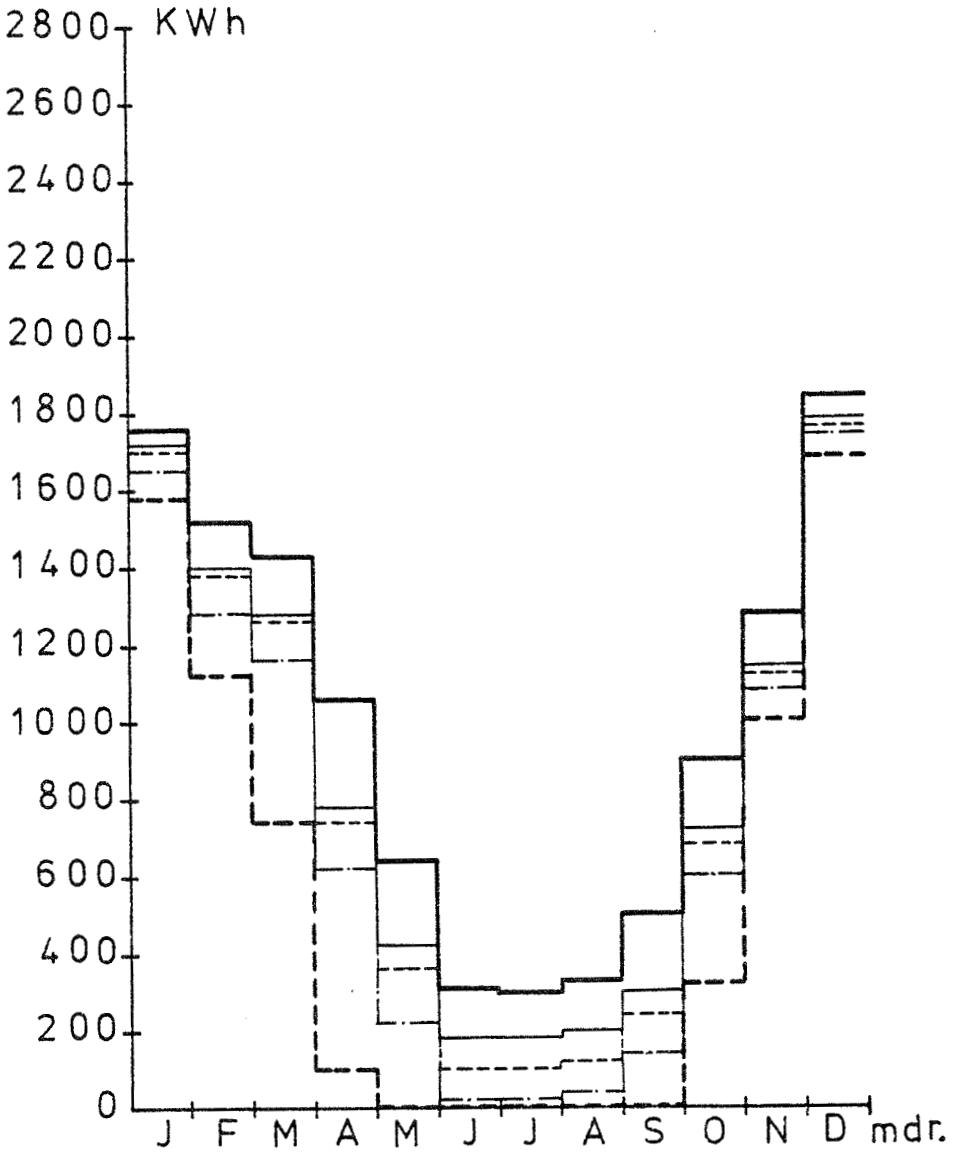


Fig. 5. 140 m^2 enfamiliehus med forbedret isolering samt genvinding på ventilationsluft (tilfælde 1+3). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

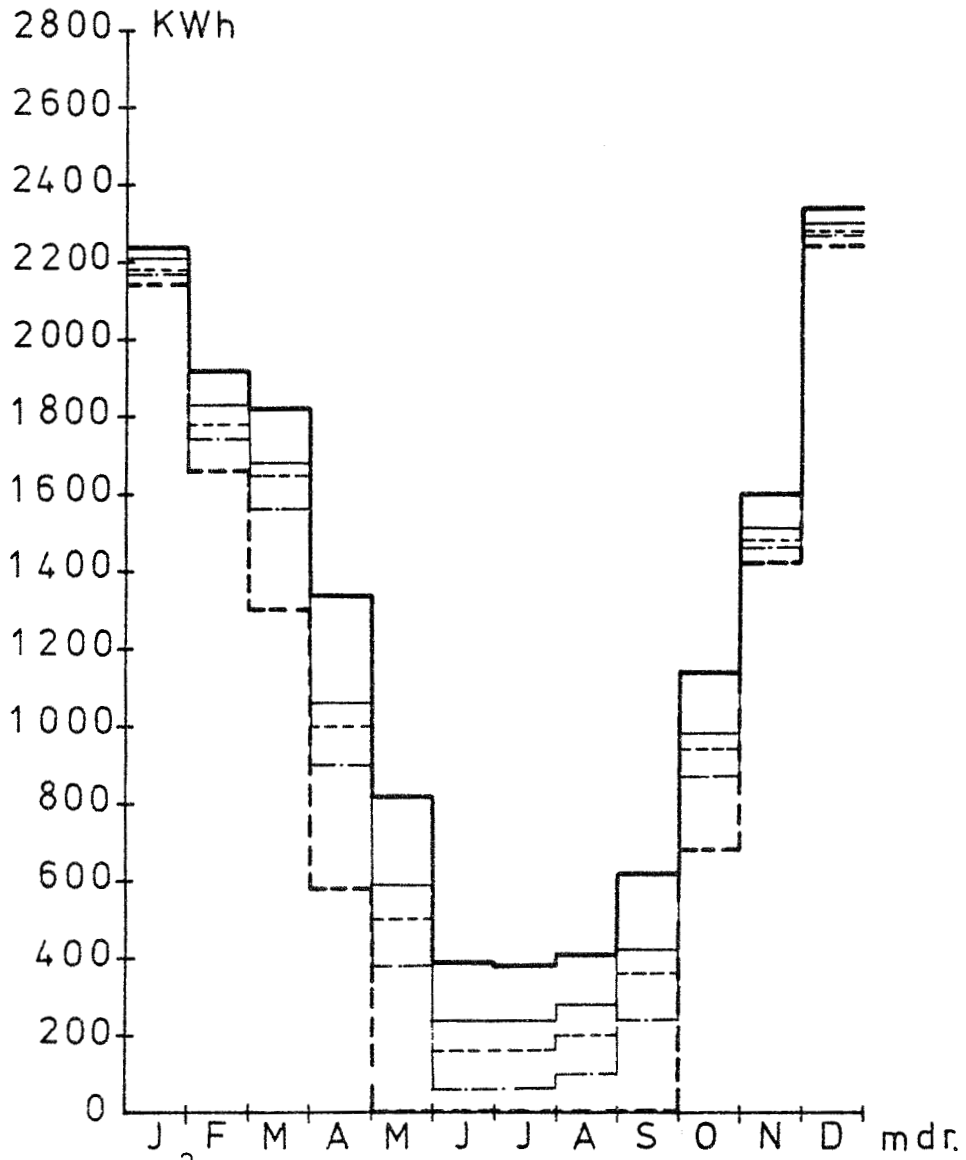


Fig. 6. 140 m^2 enfamiliehus med 3 lag glas i vinduer (tilfælde 2). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

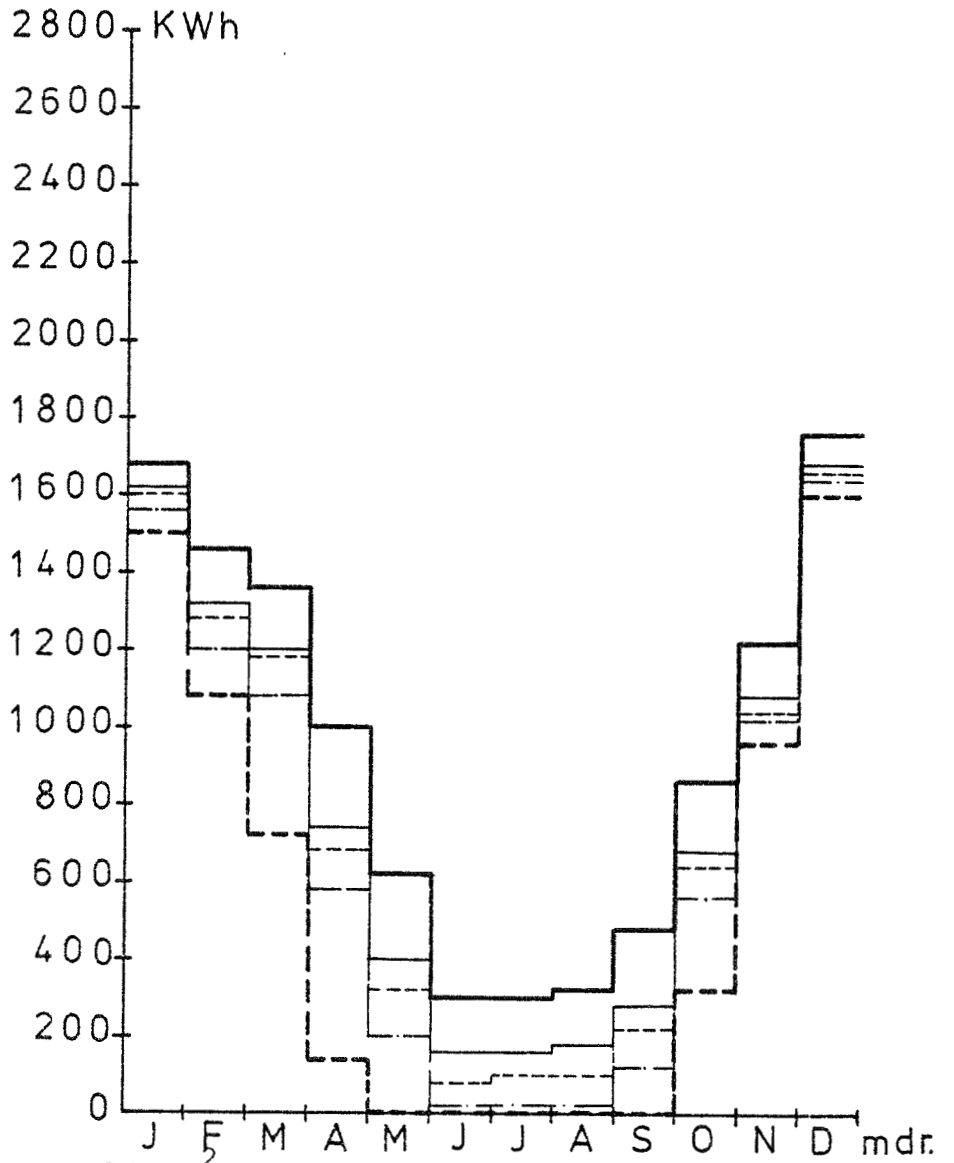


Fig. 7. 140 m^2 enfamiliehus med 3 lag glas i vinduer og genvinding på ventilationsluft (tilfælde 2+3). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

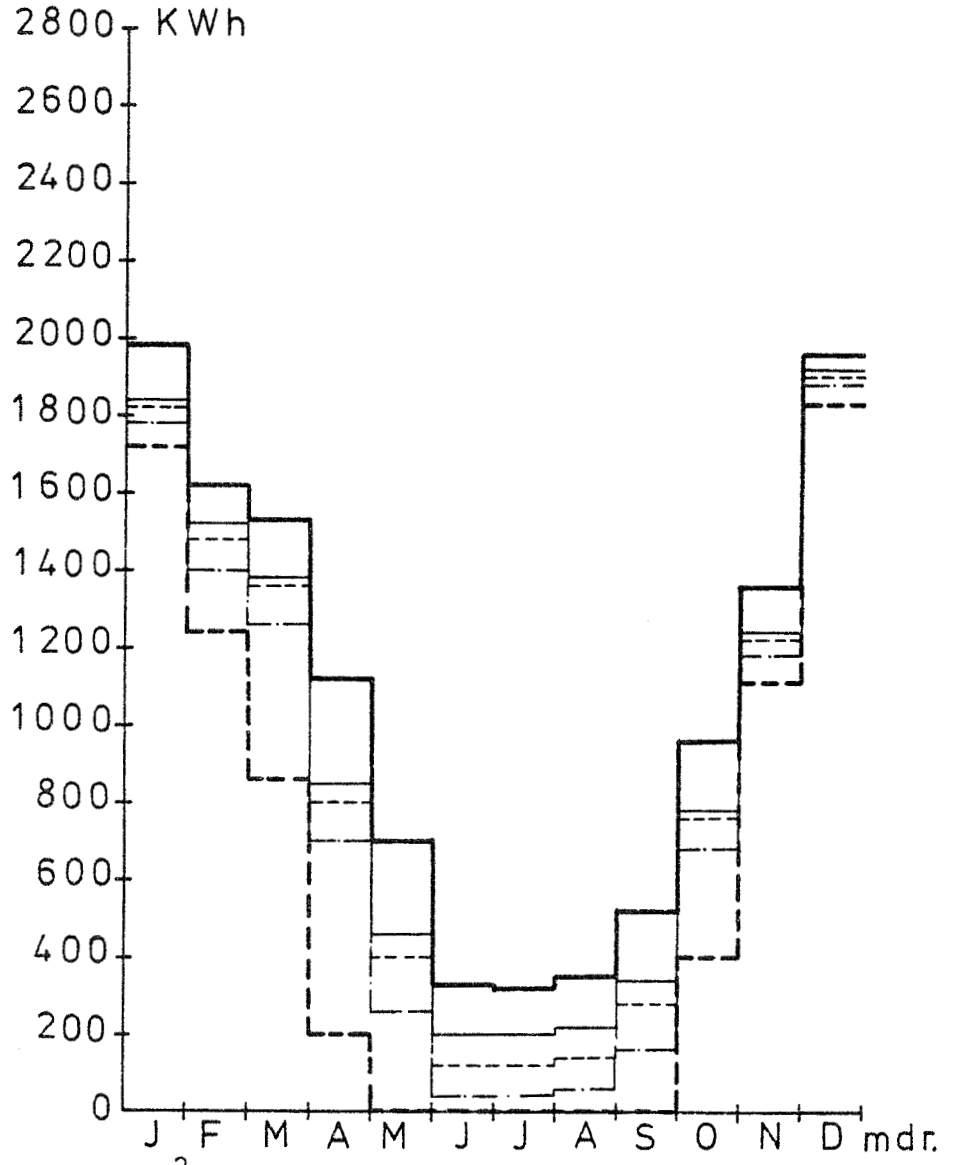


Fig. 8. 140 m^2 enfamiliehus med genvinding på ventilationsluft (tilfælde 3). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

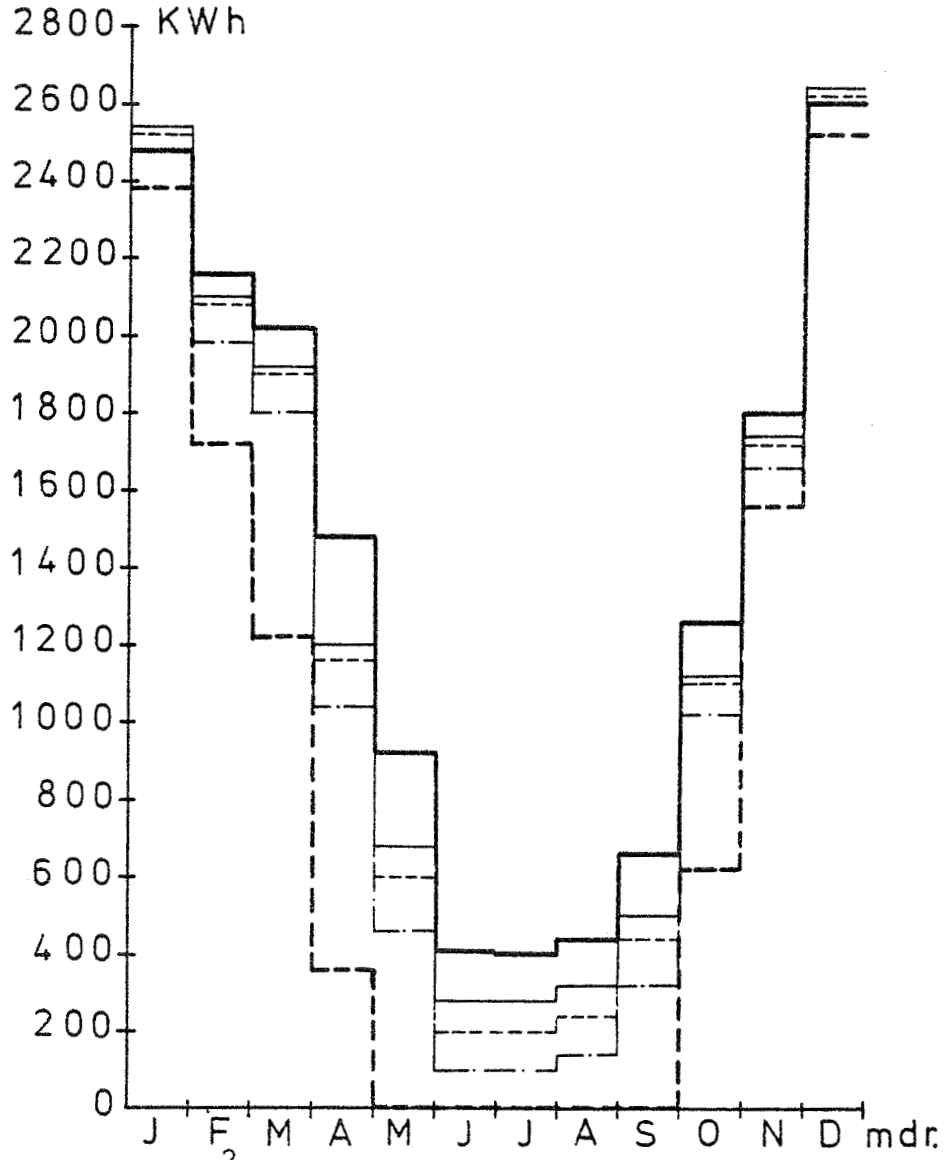


Fig. 9. 140 m^2 enfamiliehus med forbedret isolering og større vinduesareal (2-lag glas) (tilfælde 4). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

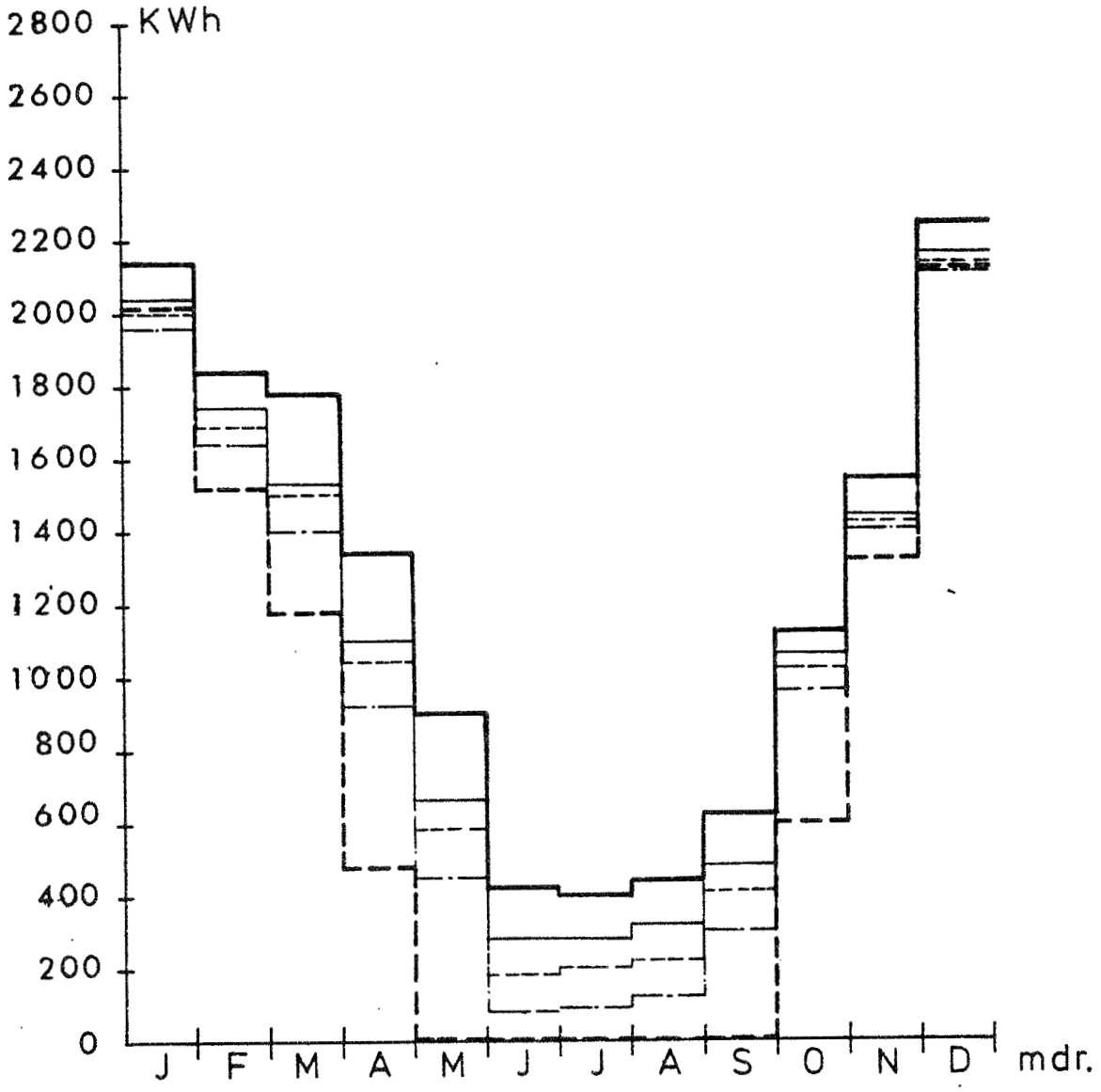


Fig. 10. Enfamiliehus med natskodder (tilfælde 5). Energiforbrug beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

11. Akkumuleringens variation.

Ved den forenklede metode beregnes til slut energiforbruget ud fra Q_{TUNG} og Q_{LET} med en akkumuleringsfaktor, som angives til:

40-50% for huse med tegl indvendig
50-60% for huse med letbeton indvendig
60-80% for huse med gipsplader indvendig.

På grundlag af BA-4 beregningerne med forskellig akkumulering og de forenklede beregninger kan akkumuleringsfaktorer beregnes for de forskellige gennemregnede tilfælde. Faktoren er beregnet ud fra årsenergiforbrug, som det fremgår af skema 6.

Resultaterne viser:

34-53% for huset med tegl indvendig
52-71% for huset med letbeton indvendig
63-80% for huset med gipsplader indvendig.

Faktoren er ikke konstant men passer nogenlunde med de tidligere angivne værdier, idet der dog er tendens til lidt større akkumulering i det tunge hus med tegl indvendig. For overslagsberegninger er de oprindelige værdier udmærkede, men ønskes en nøjagtigere bestemmelse, må der anvendes BA-4 beregninger, som formentlig alligevel er nødvendige til undersøgelse af, hvilke overtemperaturer der eventuelt vil optræde i bygningen. Iøvrigt kan skemaet medvirke til at vurdere, om akkumuleringsfaktoren afviger ved specielle energibesparende foranstaltninger.

tilfælde	gips- eller spånplader	letbeton	tegl eller beton
standard	71	59	42
1. isolering	70	58	40
1+2 isol. + 3 lag glas	66	53	36
1+3 isol. + genvind.	63	52	34
1+2+3 isol. + 3-lag + genv.	67	57	38
2. 3 lag glas	66	53	36
2+3 3 lag + genv.	63	52	34
3. genvinding	68	57	38
4. isol + øget glas	80	71	53
5. natskodder	69	57	40

Skema 6. 140 m^2 enfamiliehus. Akkumuleringsfaktorens størrelse for de forskellige energibesparende foranstaltninger.

12. Beregning med andre år.

Alle tidligere beregninger er sket med det modificerede referenceår. Dette kunne tænkes at få indflydelse på resultaterne, og derfor er der også for standardtilfældet afsnit 8 foretaget beregninger med vejrdata fra 1959 til 1973. Disse beregninger er sket dels med den forenklede metode og dels med BA-4 beregninger. Bilag III viser de benyttede månedsmiddelværdier af udetemperaturer og solindfald gennem vinduerne.

Fig. 11 viser de beregnede energiforbrug i månederne januar og marts med de aktuelle klimadata fra årene 1959 til 1973. For hvert år er der tegnet en linie mellem det beregnede minimale energiforbrug og det maksimale. Betragtes først værdierne for januar bemærkes, at energiforbruget i de 15 år har varieret mellem 2200 kWh og 3000 kWh væsentligst på grund af forskelle i udetemperaturerne. Der er desuden variationer i differencen mellem det maksimale energiforbrug og det minimale energiforbrug på 50 - 150 kWh. Disse forskelle skyldes variationerne i solindfald i de forskellige år. Store differencer betyder år med stort solindfald og små differencer år med lille solindfald. Resultaterne viser også, at der ikke er tendens til stort solindfald i år med kolde udetemperaturer.

Værdierne for marts måned viser variationer i energiforbruget på fra 900 kWh til 2400 kWh afhængig af året og akkumuleringen. Set i forhold til resultaterne fra januar er der meget større forskelle mellem det beregnede minimum og maksimum energiforbrug for de enkelte år. Dette skyldes, at solindfaldet er større i marts, så differencen bliver større. Dette betyder samtidigt, at mulighederne for at spare energi ved at anbringe en akkumulerende masse er større end i vinterperioden.

Fig. 12 viser de beregnede energiforbrug for hele år

og for vinterperioden (oktober - april). På årsbasis er variationerne fra år til år i henholdsvis Q_{TUNG} og Q_{LET} afhængig af middeludetemperaturen i det enkelte år. Tilsvarende er forskellen mellem Q_{TUNG} og Q_{LET} et mål for variationerne i solindfald fra år til år. For vinterperioden vil man se helt tilsvarende forhold, idet forskellen mellem Q_{TUNG} og Q_{LET} er væsentlig mindre på grund af, at den væsentligste del af solindfaldet forekommer om sommeren. På figuren er desuden markeret beregning med BA-4 for de 3 eksempler på akkumulerende masser, som tidligere er omtalt. Det fremgår klart, at disse værdier alle ligger mellem det beregnede maksimale og minimale energiforbrug. Men af større interesse er den relative placering mellem grænserne for energiforbruget.

I fig. 13 er forskellen mellem grænserne for energiforbruget sat til 1. For de enkelte år er akkumuleringsfaktoren beregnet for gipsplader, letbeton og tegl. Disse akkumuleringsfaktorer varierer op til 0,1 mellem det bedste og dårligste år. Yderst til højre er vist værdierne ved beregning med referenceåret, som det fremgår, svarer disse akkumuleringsfaktorer godt til middelværdien gennem de 15 år. Betragtes akkumuleringsfaktorernes maksimale værdier falder de i 1959, 1961 og 1968 alle år med større solindfald end normalt.

Variationerne i akkumuleringsfaktorerne er af en sådan størrelse, at man med rimelighed kan anvende resultaterne fra referenceåret også på andre år.

I stedet for variationerne i akkumuleringen for hele året kunne man beregne den for de enkelte måneder. Fig. 14 viser eksempler for januar og marts for et hus med tegl indvendig. Betragtes først marts måned vil man se en meget ensartet akkumuleringsfaktor næsten uafhængig af, hvilket år der er tale om. Den numeriske værdi for

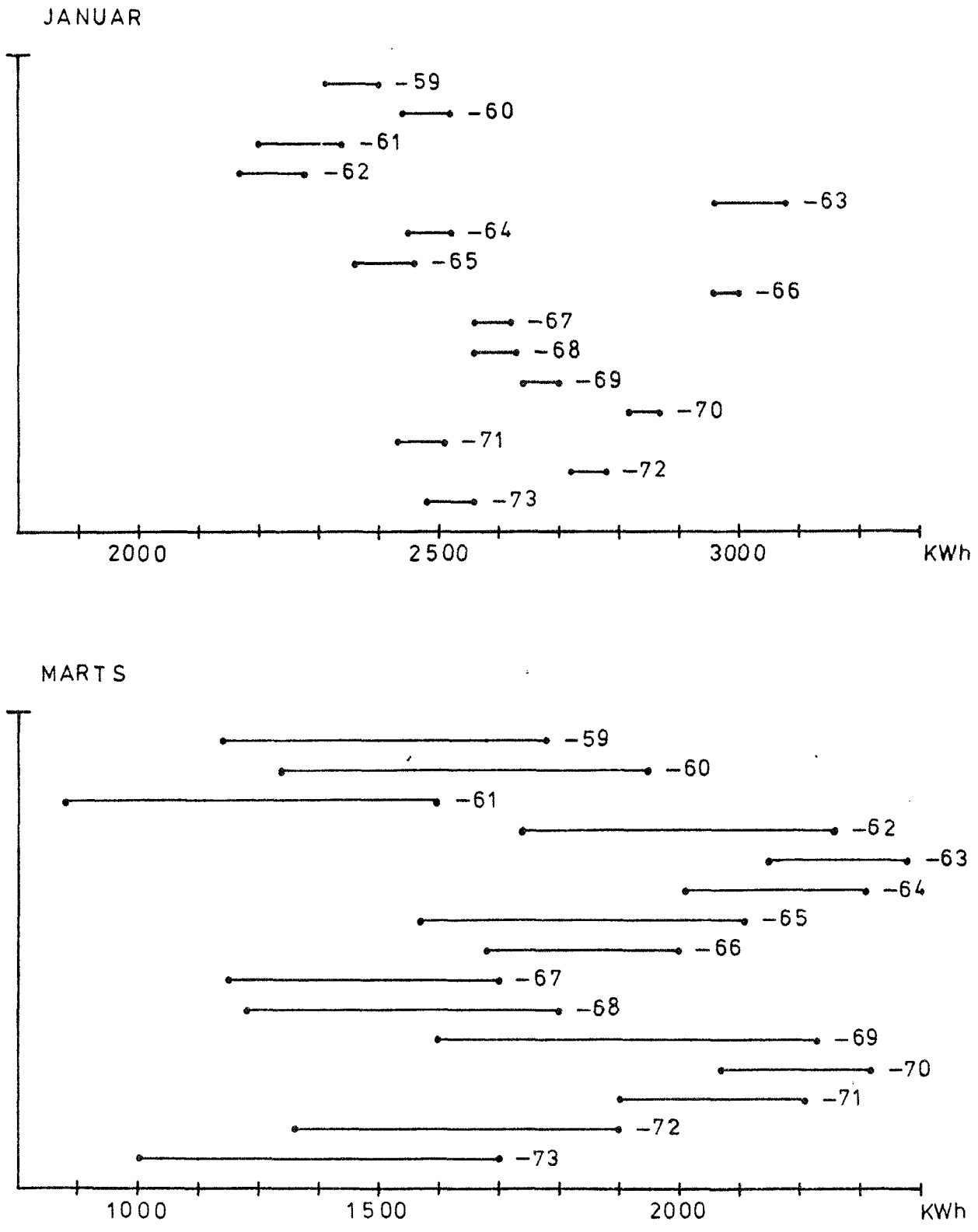


Fig. 11. 140 m^2 enfamiliehus. Energiforbrug beregnet for januar og marts i årene 1959 - 1973. Mellem Q_{TUNG} og Q_{LET} er der tegnet en linie, der svarer til resultater for varierende akkumulering.

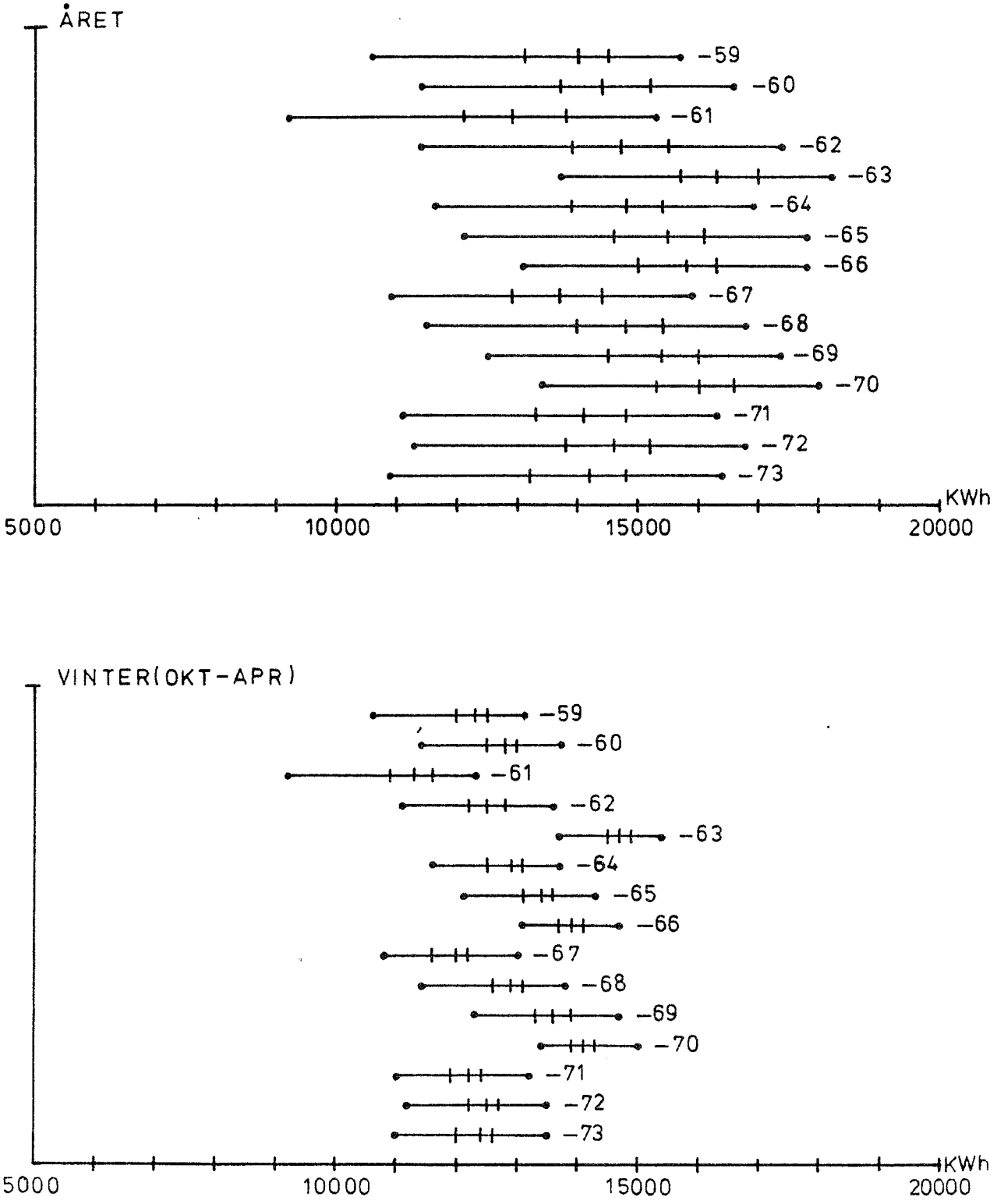


Fig. 12. 140 m^2 enfamiliehus. Energiforbruget beregnet for hele året og for vinterperioden i årene 1959 til 1973. Q_{TUNG} og Q_{LET} er markeret med sorte punkter. De 3 tværstreger på linien mellem Q_{TUNG} og Q_{LET} angiver resultaterne af BA-4 beregninger med forskellig akkumulerende masse.

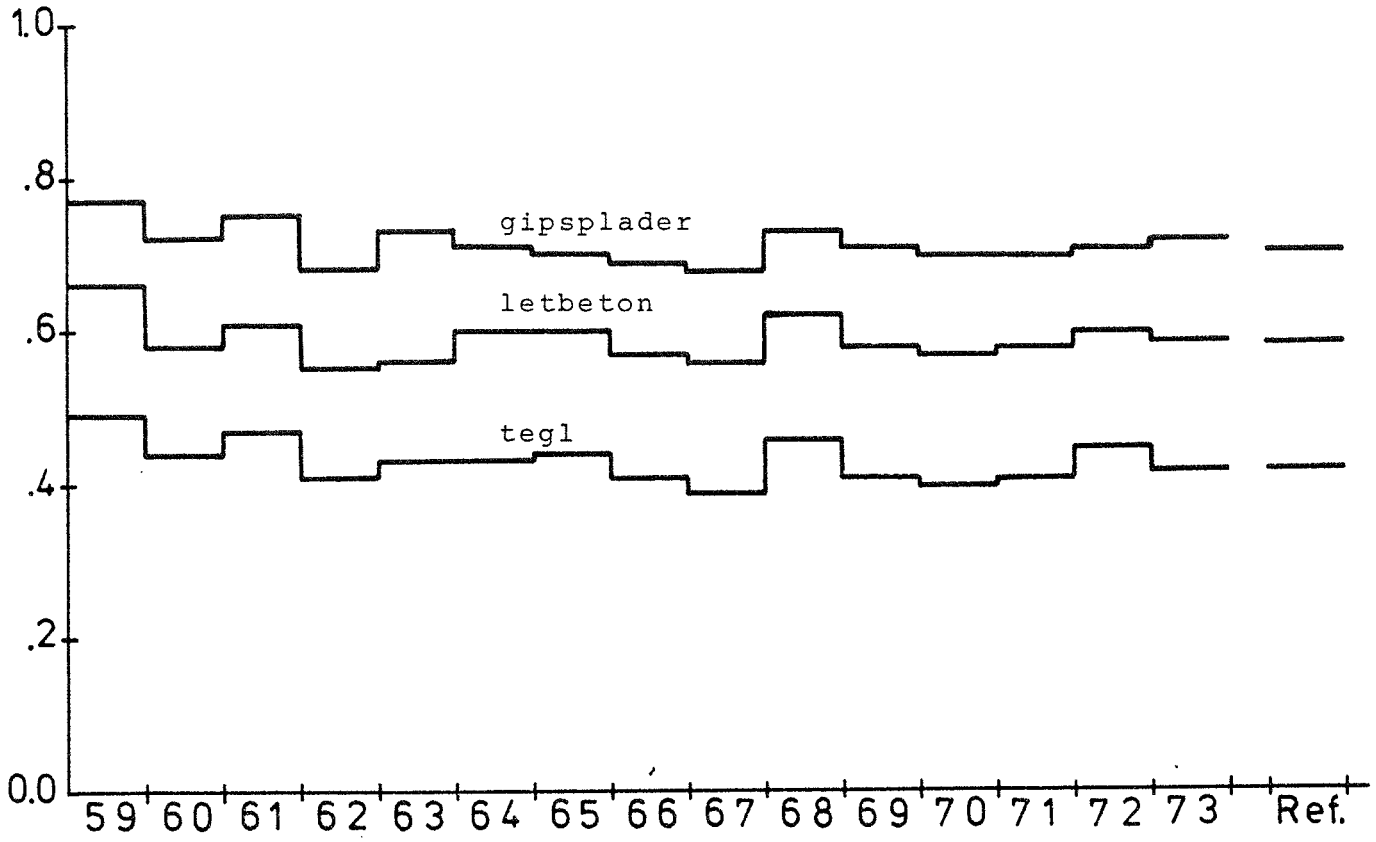


Fig. 13. 140 m^2 enfamiliehus. Beregnede akkumuleringsfaktorer for forskellige år samt referenceåret. Det benyttede akkumuleringsmateriale er anført.

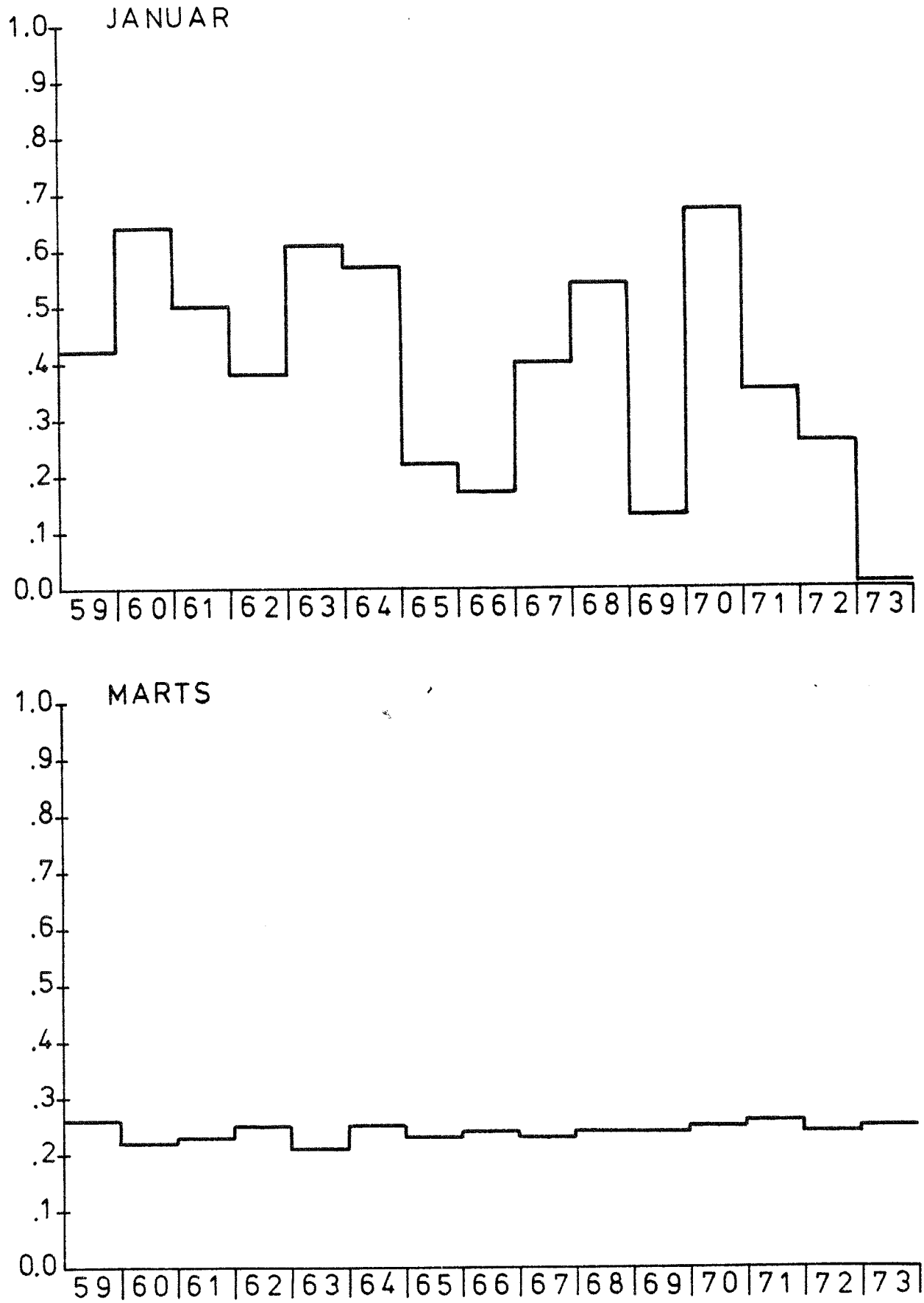


Fig. 14. 140 m^2 enfamiliehus. Beregnede akkumuleringsfaktorer for januar og marts for et hus med tegl indvendig.

marts er noget mindre end for årsværdierne i det samme tilfælde, idet der er bedre muligheder for akkumulering i forårs- og efterårsmånederne. Dette kunne der tages højde for ved i den forenklede metode at variere akkumuleringsfaktoren fra måned til måned, men det vil medføre en uønsket komplicering af metoden. Variationerne for januar viser langt større udsving fra 0 til 0,7 i de enkelte år. Dette skyldes, at solindfaldet er uensartet fordelt over måneden. Disse variationer i akkumuleringsfaktoren har dog ikke ret stor betydning set i relation til det totale årsenergiforbrug eller for januar måneds energiforbrug. Fig. 11 viser, at variationen mellem det maksimale og minimale energiforbrug er lille i januar og derfor bliver en indflydelse af varierende akkumuleringsfaktorer i de enkelte år praktisk taget uden betydning.

13. Beregning med syntetisk år.

Ud fra de 15 års vejrdata kan der opstilles en form for syntetiske år ved for udetemperaturer og solindfald at beregne fraktiler (bilag IV) svarende til forskellig sandsynlighed. Dvs. 90% svarer til den temperatur, som ikke underskrides i 10% af årene og det solindfald, som ikke underskrides i 10%af årene. De beregnede værdier for 90%-fraktilen svarer derfor til det energiforbrug, som ikke i 90% af årene vil overskrides. Fig. 15 viser beregningerne med 10, 25, 50, 75 og 90%-faktilerne for 4 måneder. Som det fremgår medfører denne beregningsmetode de største variationer i januar og de mindste i juli. Forskellen mellem Q_{LET} og Q_{TUNG} varierer også, så forskellen bliver størst ved de mindste fraktiler, svarende til at tilskuddet fra solindfaldet bliver størst i dette tilfælde.

Hvordan passer variationerne nu variationerne med det syntetiske år med resultaterne fra 15 års perioden (fig. 11). Betragtes januar giver det syntetiske år større

variationer, end der optræder i 15-års perioden. Dette må skyldes, at der ikke er så stor sandsynlighed for både lave temperaturer og små solindfald, som det syntetiske år viser. For marts måned viser resultaterne til gengæld ganske god overensstemmelse med virkelige år.

Ønskes grænseværdier for energiforbruget over en længere årrække, kan disse fraktilværdier benyttes.

14. Andre huse.

Foruden det tidligere omtalte 140 m^2 enfamiliehus er der udført beregninger for 2 andre enfamiliehuse på 100 m^2 og 180 m^2. Begge huse er isoleret svarende til BR-77 og har et vinduesareal på 15 m^2 for det lille hus og 27 m^2 for det store hus. Der regnes desuden med samme tilskud fra el og personer, som det tidligere hus.

For det lille hus er energibalancen for de samme energibesparende foranstaltninger, som tidligere omtalt, udskrevet i skema 7. I forhold til tidligere ses at forskellen mellem Q_{LET} og Q_{TUNG} bliver procentvis større, her op til 55%. Dette stemmer med erfaringerne fra 140 m^2 huset, at jo mindre energiforbrug jo større betydning har akkumuleringen for det endelige energibehov. Skema 8 viser de energibesparende foranstaltningers effekt i forhold til standardtilfældet. Som der er omtalt tidligere, bliver en vurdering alene på grund af opvarmningsbehov og ventilation ikke rigtig. Fig. 11 viser energiforbruget for de enkelte måneder året igennem beregnet dels med den forenklede metode og dels med BA-4. Dette tilfælde viser, at BA-4 beregningerne ligger meget tæt på Q_{MIN} i månederne december og januar. Beregninger med de forskellige energibesparende foranstaltninger giver i nogle tilfælde også BA-4 beregninger, som falder uden for grænserne mellem Q_{MAX} og Q_{MIN}, men det gælder kun enkelte vinter-

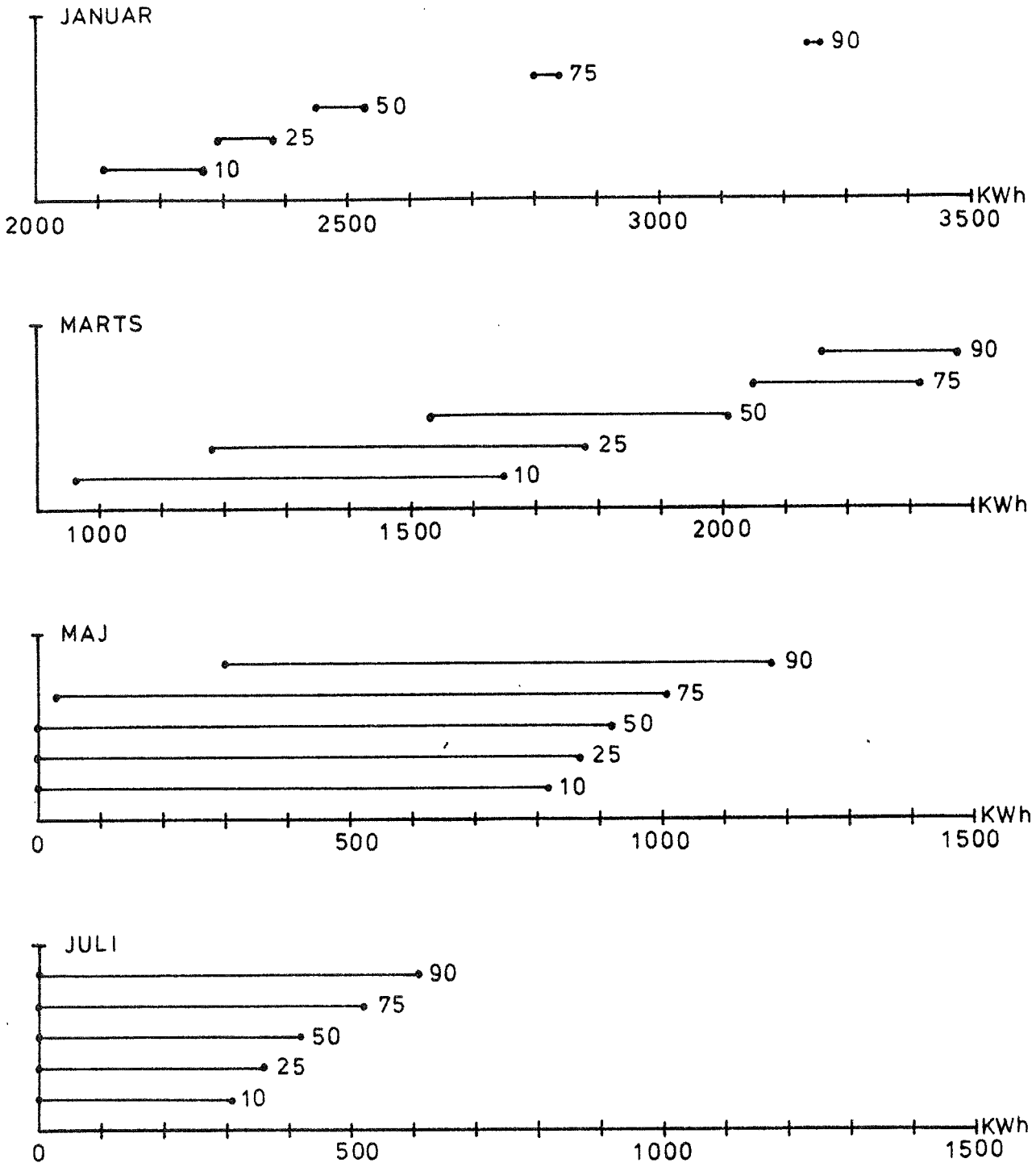


Fig. 15. 140 m^2 enfamiliehus. Beregnede Q_{LET} og Q_{TUNG} for 4 måneder med et syntetisk udeklima opstillet som fraktiler. Fraktilprocentérne er angivet på de enkelte linier.

Energiforbrug i kWh

tilfælde	Q_{TRANS}	Q_{VENT}	Q_{SOL}	$Q_{EL+PERS}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}	$\frac{Q_{LET}-Q_{TUNG}}{Q_{LET}}$
standard	12976	5441	7569	6500	7329	11598	37%
1. isolering	12120	5441	7569	6500	6645	10925	39%
1+2 isol. + 3 lag glas	10737	5441	6812	6500	5861	9989	41%
1+3 isol. + genvind.	12120	2176	7569	6500	4075	8402	51%
1+2+3 isol + lag + genv.	10737	2176	6812	6500	3339	7481	55%
2. 3 lag glas	11605	5441	6812	6500	6554	10671	39%
2+3 3 lag + genv.	11606	2176	6812	6500	3949	8140	51%
3. genvinding	12977	2176	7569	6500	4723	9057	48%
4. isol + øget glasareal	13640	5441	10092	6500	6792	11658	42%
5. natskodder	11582	5441	7569	6500	5993	10456	43%

Skema 7. 100 m^2 enfamiliehus (BR-77). Energibesparende foranstaltninger.

tilfælde	$Q_{TR} + Q_{VE}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}
standard	100	100	100
1. isolering	95	91	94
1+2 isol. + 3 lag glas	88	80	86
1+3 isol. + genvind.	78	56	72
1+2+3 isol. 3 lag + genv.	70	46	65
2. 3 lag glas	93	89	92
2+3 3 lag + genv.	75	54	70
3. genvinding	82	64	78
4. isol + øget glasareal	104	93	101
5. natskodder	92	82	90

Skema 8. 100 m^2 enfamiliehus. Energibesparende foranstaltningers indflydelse i forhold til standardhuset (100).

tilfælde	gips-eller spånplader	letbeton	tegl eller beton
standard	54	41	26
1. isolering	53	40	25
1+2 isol. + 3 lag glas	49	35	21
1+3 isol. + genvind.	47	34	21
1+2+3 isol. +3-lag + genv.	52	39	25
2. 3 lag glas	50	36	22
2+3 3 lag + genv.	48	35	22
3. genvinding	52	40	25
4. isol + øget glas	64	52	36
5. natskodder	57	45	30

Skema 9. 100 m^2 enfamiliehus. Akkumuleringsfaktorens størrelse for de forskellige energibesparende foranstaltninger.

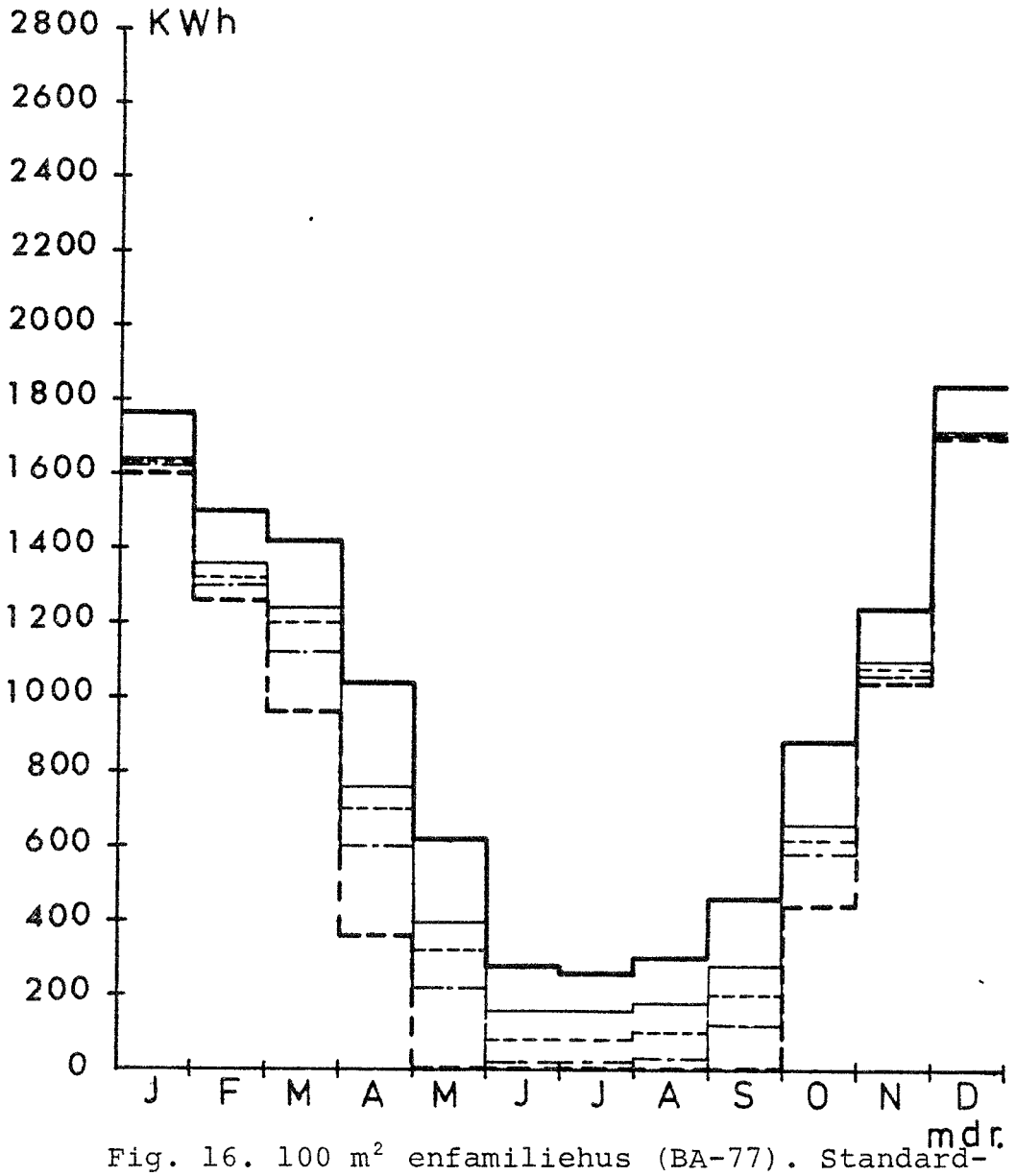


Fig. 16. 100 m^2 enfamiliehus (BA-77). Standard-tilfældet. Energiforbruget beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

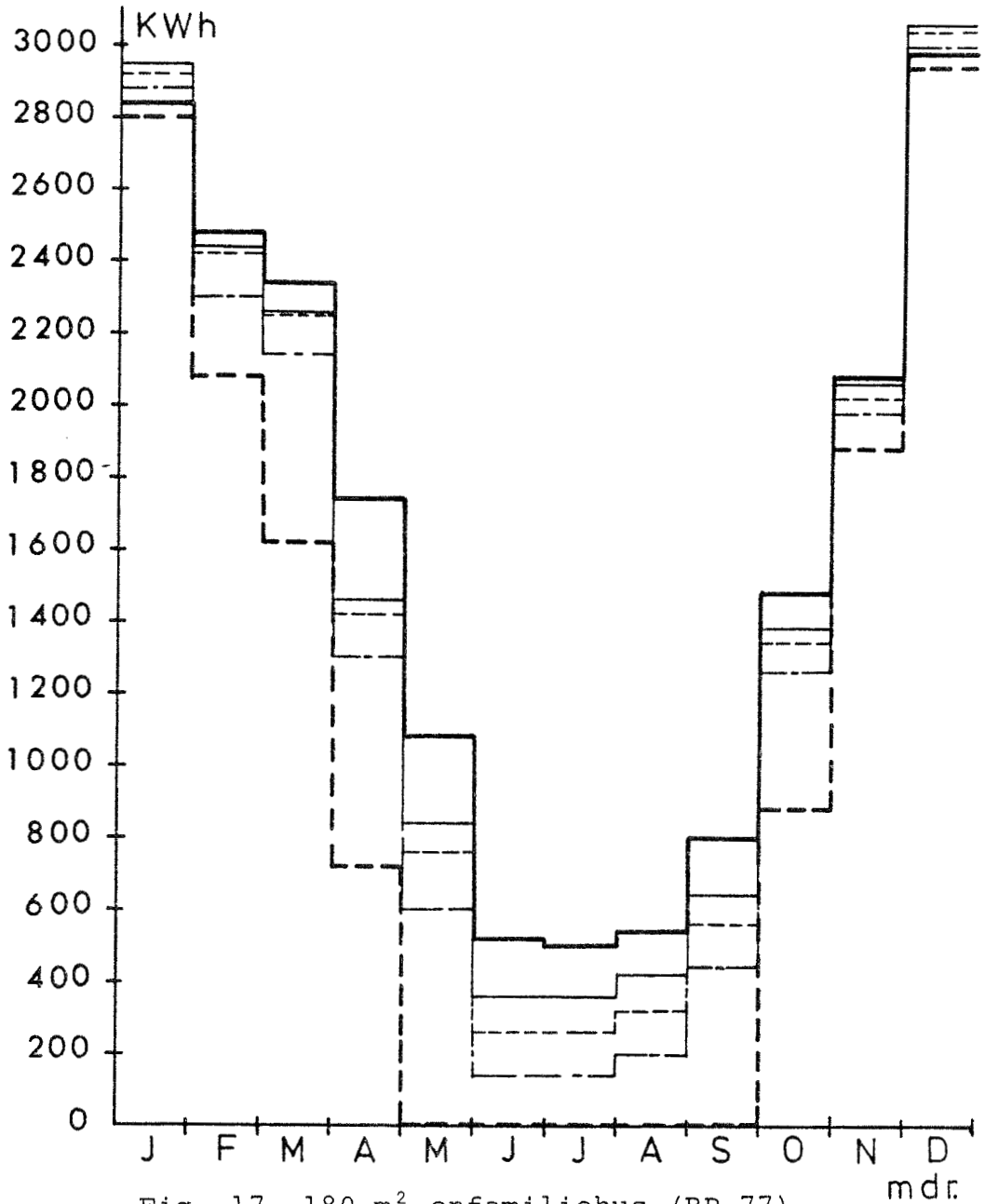


Fig. 17. 180 m^2 enfamiliehus (BR 77) Standardtilfældet. Energiforbruget beregnet efter forenklet metode (kraftige streger). Energiforbrug for 3 hustyper beregnet efter BA-4 (tynde streger).

måneder. Dette skyldes, som tidligere nævnt, forskelle i de forudsætninger, som BA-4 beregningen og den forenklede metode bygger på. Skema 9 viser de beregnede akkumuleringsfaktorer for de forskellige foranstaltninger:

21 - 36% for huset med tegl indvendig
34 - 52% for huset med letbeton indvendig
47 - 64% for huset med gipsplader indvendig

Sammenlignes disse resultater med værdierne fra 140 m^2 huset, vil man bemærke, at for huset på 100 m^2 er akkumuleringsfaktoren omkring 10% lavere. Dette skyldes den tidligere nævnte effekt, at akkumuleringen får større betydning ved mindre huse. Interesserer man sig i stedet for den relative værdi for de forskellige foranstaltninger, vil man se, at det er de samme tilfælde i begge huse, som giver de højeste og laveste akkumuleringsfaktorer. Dette betyder, at selv om der ved den forenklede beregning anvendes for store akkumuleringsfaktorer vil dette kun i ringe grad ændre den relative rækkefølge af de forskellige energibesparende foranstaltninger.

For det store hus på 180 m^2 fremgår energibalancen af skema 10. Ved sammenligning med de tidligere energiforbrug ses, at forskellen mellem Q_{LET} og Q_{TUNG} bliver af næsten samme procentvise størrelse som for huset på 140 m^2. Skema 11 viser de energibesparende foranstaltningers effekt i forhold til standardtilfældet. Fig. 12 viser energiforbruget for de enkelte måneder året igennem beregnet dels med den forenklede metode og dels med BA-4. For januar og december giver BA-4-beregningen større energiforbrug end beregnet med den forenklede metode. Dette må igen skyldes de forskellige forenklinger. Skema 12 viser de beregnede akkumuleringsfaktorer for de forskellige faktorer:

46 - 67% for huset med tegl indvendig
65 - 83% for huset med letbeton indvendig
73 - 90% for huset med gipsplader indvendig

Sammenlignes disse faktorer med værdierne for 140 m^2 bemærkes, at værdierne her bliver 10% højere. Der er altså en dårligere akkumulering i dette tilfælde. Disse forskelle i akkumuleringen giver anledning til en række specielle overvejelser.

15. Akkumuleringen.

De beregnede akkumuleringsfaktorer for de 3 huse (skema 6, 9 og 12) viser en del variation på grund af forskellene mellem husene:

areal	glasareal	luftskifte	gratisvarme
100 m^2	15 m^2	140 m^3/h	17,8 kWh/døgn
140 m^2	21 m^2	200 m^3/h	17,8 kWh/døgn
180 m^2	27 m^2	200 m^3/h	17,8 kWh/døgn

Husene er alle isoleret efter BR-77 og har samme glasprocent (15) af gulvarealet. Vinduerne er fordelt ensartet i de forskellige retninger. Dette kunne synes at medføre ensartede forhold, men der er forskel på solindfaldets størrelse (S) i forhold til summen af transmissions- og ventilationstabene (T) samt forholdet mellem gratisvarmen (G) og den samme sum (T). Den følgende beregning gælder standardtilfældet:

areal	S/T	G/T	S + G/T
100 m^2	0,41	0,35	0,76
140 m^2	0,43	0,26	0,69
180 m^2	0,48	0,21	0,69

Som det fremgår af den sidste kolonne, er tilskuddet

Energiforbrug i kWh

tilfælde	Q_{TRANS}	Q_{VENT}	Q_{SOL}	$Q_{EL+PERS}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}	$\frac{Q_{LET}-Q_{TUNG}}{Q_{LET}}$
standard	22332	7772	14432	6500	12921	19353	33%
1. isolering	21096	7772	14432	6500	11936	18373	35%
1+2 isol. + 3 lag glas	18627	7772	12989	6500	10613	16674	36%
1+3 isol. + genvind.	21096	3109	14432	6500	8213	14749	44%
1+2+3 isol + lag + genv.	18627	3109	12989	6500	6891	13068	47%
2. 3 lag glas	19862	7772	12989	6500	11599	17655	34%
2+3 3 lag + genv.	19862	3109	12989	6500	7877	14008	44%
3. genvinding	22330	3109	14432	6500	9199	15695	41%
4. isol + øget glasareal	23839	7772	19258	6500	11958	19782	40%
5. natskodder	19825	7772	14432	6500	10521	17296	39%

Skema 10. 180 m^2 enfamiliehus (BR-77). Energibesparende foranstaltninger.

tilfælde	$Q_{TR} + Q_{VE}$	Q_{TUNG}	Q_{LET}
standard	100	100	100
1. isolering	96	92	95
1+2 isol. + 3 lag glas	88	82	86
1+3 isol. + genvind.	80	64	76
1+2+3 isol. 3 lag + genv.	72	52	68
2. 3 lag glas	92	90	91
2+3 3 lag + genv.	76	61	72
3. genvinding	85	71	81
4. isol + øget glasareal	105	93	102
5. natskodder	92	81	89

Skema 11. 180 m^2 enfamiliehus. Energibesparende foranstaltningers indflydelse i forhold til standardhuset (100).

tilfælde	gips- eller spånplader	letbeton	tegl eller beton
standard	83	73	54
1. isolering	81	72	53
1+2 isol. + 3 lag glas	77	66	47
1+3 isol. + genvind.	73	65	46
1+2+3 isol. + 3-lag + genv.	78	70	51
2. 3 lag glas	78	67	48
2+3 lag + genv.	75	65	46
3. genvinding	80	71	52
4. isol. + øget glas	90	83	67
5. natskodder	85	76	58

Skema 12. 180 m^2 enfamiliehus. Akkumuleringsfaktorens størrelse for de forskellige energibesparende foranstaltninger.

fra sol + gratisvarme ved de 2 største huse af samme størrelse, medens det er 10% større for det mindste hus. Dette forhold forklarer, at de beregnede forskelle mellem Q_{LET} og Q_{TUNG} er næsten ens ved de 2 største huse, medens forskellen er lidt større ved det lille hus. Nu er det efter beregningerne både med den forenklede metode og BA-4 således, at det ikke er ligegyldigt,om varmetilskuddene kommer fra solindfald eller fra personer. Derfor får det en væsentlig betydning, hvordan S/T og G/T varierer. Ved den forenklede metode beregnes først Q_{MAX} med solindfaldet, og derefter omregnes Q_{MAX} ved at indsætte gratisvarmen med samme effekt som for solindfaldet.

Dette medfører, at den forenklede metode giver de højeste Q_{MAX}, hvis S/T og G/T er lige store. Dette er næsten tilfældet ved det mindste hus, dvs. Q_{MAX} bliver stor, og da Q_{MIN} ikke ændres, hvis forholdet S/T og G/T ændres, bliver differencen mellem Q_{LET} og Q_{TUNG} størst ved det lille hus.

For beregninger med BA-4 vil udnyttelsen af gratisvarmen være bedre end solindfaldet, fordi gratisvarmen tilføres hvert døgn, medens solindfald kun optræder nogle dage. I tilfælde af store solindfald vil udnyttelsen af gratisvarmen blive forringet. Disse forhold medfører, at BA-4 resultaterne for det lille hus med megen gratisvarme vil give stor akkumulering (lille akkumuleringsfaktor) med mindre energiforbrug. Ved de større huse bliver gratisvarmen af stadig mindre betydning, hvorfor akkumuleringen vil blive dårligere og energiforbrugene højere.

Disse forhold taget i sammenhæng betyder, at de beregnede akkumuleringsfaktorer bliver mindre jo mindre huset er. Det er dog vanskeligt at afgøre i hvor høj grad dette skyldes forudsætningerne ved de forskellige metoder, eller det rent fysisk også vil være tilfældet i praksis. Indtil dette forhold er bedre afklaret, er det bedst at

benytte de oprindeligt angivne akkumuleringsfaktorer fra afsnit 7 og eventuelt korrigere efter eksemplerne i denne rapport.

16. Afslutning.

Denne forenklede metode giver gode muligheder for vurdering af forskellige bygningers energiforbrug. Der beregnes et maksimums- og et minimumsenergiforbrug, inden for hvilket bygningens energiforbrug vil ligge afhængig af den akkumulerende masse.

Bestemmelsen af denne er et problem, som søges bestemt ud fra målinger på et forsøgsrum med letbetonvægge og betongulv.

Det andet problem - akkumuleringsfaktorens variation - søges undersøgt ved bedre beregninger på laboratoriets elektriske analogregnemaskine.

Metoden regner huset som et stort rum, men der er udviklet en ny beregning EFB2 (6), som kan tage hensyn til ruminddelinger og forskellig fordelt akkumulerende masse.

Litteratur:

(1) Nielsen, Anker: Program EFB1. Brugervejledning medd. nr. 72. Lab f. Varmeisolering

(2) Lund, Hans: Program BA-4. For Calculation of Room Temperatures and Heating and Cooling Loads. Users Guide.

(3) Andersen, B.m.fl. Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Referenceår. SBI-rapport nr. 89. Ny udgave 1977.

(4) Bygningsreglement 1977. Boligministeriet.

(5) Nielsen, Anker: Beregning af energiforbrug for bygninger. Brugervejledning for TI-59. Lab.f. Varmeisolering. Meddelelse nr. 93.

(6) Nielsen, Anker: Ruminddelte bygningers energiforbrug. EFB2. Lab.f. Varmeisolering. Intern rapport 79-8. (Ny rapport under udarbejdelse).

Solstråling gennem dobbeltrude i kWh/m^2 pr. måned og pr. år i 24 retninger.

RETNING		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	TOTAL
S	0	30.3	55.4	69.6	69.8	65.2	65.3	66.8	62.3	62.7	46.5	30.2	28.5	652.6
	15	28.7	54.5	69.8	70.8	66.3	65.8	68.4	62.9	61.4	45.3	29.3	27.2	650.5
	30	25.1	50.2	67.5	72.1	69.1	68.9	71.9	64.1	58.8	41.9	26.4	23.9	639.9
SV	45	20.3	43.7	63.0	71.8	72.0	73.2	75.5	64.6	54.9	37.3	22.3	19.2	617.7
	60	15.6	36.2	56.8	69.3	73.1	76.6	76.6	63.5	50.0	32.4	17.7	14.1	582.8
	75	11.4	28.5	49.5	64.9	71.8	77.7	77.4	60.8	44.6	27.3	13.4	0.6	536.7
V	90	8.0	21.2	41.8	58.9	68.5	76.3	74.9	56.8	39.0	22.3	9.7	6.3	483.4
	105	5.6	15.0	34.1	51.7	63.4	72.8	70.5	51.9	33.5	17.8	7.1	4.3	427.7
	120	4.3	10.8	27.0	44.1	57.1	67.5	64.5	46.6	28.4	14.4	5.7	3.6	374.3
NV	135	3.9	8.6	21.3	36.9	50.3	61.0	57.8	41.3	24.9	12.3	5.3	3.5	327.1
	150	3.9	8.1	17.8	30.9	43.8	54.1	51.1	36.7	22.4	11.5	5.3	3.5	289.1
	165	3.9	8.0	16.5	27.1	38.8	48.4	45.7	33.4	21.3	11.4	5.3	3.5	263.2
N	180	3.9	8.0	16.2	25.9	36.8	46.0	43.3	32.2	21.0	11.4	5.3	3.5	253.4
	195	3.9	8.0	16.4	27.4	38.9	48.1	44.8	33.3	21.2	11.4	5.3	3.5	262.3
	210	3.9	8.1	17.5	31.7	44.3	54.0	49.5	36.7	22.2	11.5	5.3	3.5	288.1
NØ	225	4.0	8.4	20.2	38.3	51.2	61.4	55.4	41.5	24.9	12.1	5.3	3.5	326.2
	240	4.4	9.9	24.6	45.9	58.4	68.7	61.4	47.0	29.1	14.0	5.7	3.7	372.8
	255	6.3	13.0	30.4	53.4	64.9	74.9	66.8	52.6	34.3	17.3	7.0	4.8	425.4
Ø	270	9.5	17.8	36.9	60.1	69.9	79.3	70.9	57.4	40.1	21.6	9.5	7.3	480.3
	285	13.7	23.8	44.0	65.6	73.2	81.3	73.5	61.2	46.0	26.5	12.9	11.1	532.8
	300	18.3	30.9	51.0	69.5	74.2	80.6	74.1	63.7	51.6	31.5	17.1	15.9	578.4
SØ	315	22.9	38.5	57.4	71.6	72.9	77.2	72.7	64.8	56.5	36.6	21.8	21.0	613.7
	330	27.1	46.0	62.8	71.6	69.8	72.1	69.9	64.4	60.2	41.2	26.1	25.3	636.6
	345	29.7	52.2	67.1	70.5	66.6	67.6	67.5	63.1	62.4	44.9	29.1	27.9	648.5
S	360	30.3	55.4	69.6	69.8	65.2	65.3	66.8	62.3	62.7	46.5	30.2	28.5	652.6

Tal beregnet med BA-4 på grundlag af det modificerede referenceår.

Solfaktoren S for forskellige vinduer.

S angiver forholdet mellem indfaldende solvarme med angiven vinduestype og 2-lagsvinduer uden afskærmning. Der forudsættes almindeligt vinduesglas, undtagen hvor andet er nævnt.

	S
2-lags vindue uden afskærmning	1.00
2-lags vindue med	
udvendig persienne	0.09
persienne mellem glas	0.35
indvendig persienne	0.56
3-lags vindue uden afskærmning	0.90
3-lags vindue med	
udvendig persienne	0.08
persienne mellem de 2 yderste lag	0.27
persienne mellem de 2 indre lag	0.43
indvendig persienne	0.55
4-lags vindue uden afskærmning	0.80
2-lags vindue med	
indvendigt lyst vævet gardin	0.60
indvendigt mørkt vævet gardin	0.63
indvendigt uigennemskinneligt lyst rullegardin	0.28
indvendigt uigennemskinneligt mørkt rullegardin	0.67
2-lags vindue (k = 1,6 $W/m^{2o}C$) coated	0.67
2-lags vindue (k = 1,8 $W/m^{2o}C$) coated	0.74

AR 1959		SOLINDFALD			
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.0	36.4	5.2	8.4	11.9
FEB	0.4	34.3	6.9	11.3	16.9
MAR	4.0	64.7	14.3	31.9	35.6
APR	7.3	70.3	25.1	60.4	54.3
MAJ	11.2	86.4	43.6	87.3	93.3
JUN	14.9	84.3	52.7	103.0	98.8
JUL	17.8	74.5	47.3	81.6	83.5
AUG	17.4	82.2	36.2	63.3	82.1
SEP	13.2	96.6	27.1	57.6	65.0
OKT	9.0	66.8	13.5	27.5	32.8
NOV	5.4	11.3	4.2	6.3	5.1
DEC	2.5	3.7	1.9	2.1	2.2
ARET					
*	8.6	711.5	277.9	540.8	581.4

AR 1960		SOLINDFALD			
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-1.0	38.2	4.7	9.8	10.1
FEB	-1.6	45.4	10.2	16.0	19.9
MAR	2.1	76.5	16.7	39.6	44.9
APR	5.7	73.6	26.4	64.5	60.9
MAJ	11.7	76.0	40.2	76.9	87.6
JUN	15.7	79.4	50.2	92.6	90.4
JUL	15.5	67.9	44.2	68.8	72.9
AUG	16.1	62.3	32.2	57.4	56.8
SEP	12.8	77.7	23.6	47.8	52.9
OKT	8.2	32.0	10.3	16.9	16.4
NOV	5.6	24.4	4.6	7.9	8.2
DEC	2.4	10.8	2.5	3.5	3.9
ARET					
*	7.8	664.2	265.7	501.9	524.9

AR 1961		SOLINDFALD			
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.2	44.3	4.2	12.4	10.2
FEB	3.0	31.2	6.2	11.3	13.5
MAR	5.3	67.5	18.3	37.0	39.4
APR	7.8	89.6	29.0	62.1	77.7
MAJ	10.6	68.3	39.9	67.2	75.5
JUN	16.0	65.3	46.0	79.3	76.3
JUL	15.1	58.5	42.3	57.0	69.0
AUG	14.9	65.6	33.7	64.4	57.2
SEP	14.1	73.1	21.7	45.6	46.7
OKT	11.3	65.5	12.5	28.4	28.3
NOV	4.0	35.8	4.8	9.9	10.4
DEC	-0.3	36.8	3.6	8.6	7.5
ARET					
*	8.5	701.3	262.1	483.4	511.6

ÅR 1962			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	1.6	28.7	3.9	8.4	8.5
FEB	0.9	58.3	9.0	21.4	21.3
MAR	-0.5	73.1	19.2	41.2	42.1
APR	6.6	65.6	28.3	58.4	55.9
MAJ	9.0	56.8	36.8	60.6	55.0
JUN	13.7	73.0	50.7	83.1	88.1
JUL	14.6	68.9	47.5	74.9	74.5
AUG	14.2	57.2	33.0	52.3	54.8
SEP	12.0	69.0	23.6	43.6	45.3
OKT	9.2	46.5	11.3	21.6	22.3
NOV	3.9	28.4	5.2	9.6	8.9
DEC	-1.9	48.8	4.3	9.3	10.2
ÅRET					
*	6.9	674.3	272.9	484.4	486.8

ÅR 1963			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-6.3	60.6	5.5	15.4	13.4
FEB	-5.2	37.5	9.0	14.1	16.8
MAR	-0.6	44.2	16.6	28.3	28.8
APR	5.1	54.2	21.3	41.5	41.4
MAJ	11.9	74.2	38.8	79.5	76.5
JUN	15.7	71.5	47.8	86.5	82.8
JUL	16.4	66.8	43.3	70.9	74.9
AUG	15.8	58.9	31.6	57.2	52.5
SEP	13.0	59.9	20.6	42.3	36.7
OKT	8.9	43.9	11.3	21.4	20.1
NOV	6.7	20.1	4.3	7.0	6.7
DEC	-1.3	28.6	3.1	6.0	6.5
ÅRET					
*	6.7	620.4	253.3	470.2	457.3

ÅR 1964			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.0	25.6	3.5	8.8	5.5
FEB	-0.3	55.4	8.0	17.8	21.2
MAR	-0.2	51.5	15.8	31.7	28.7
APR	7.4	67.1	27.7	52.1	55.7
MAJ	12.0	72.1	40.4	76.4	77.0
JUN	14.8	63.6	44.2	73.3	75.9
JUL	15.4	57.5	40.0	62.4	60.7
AUG	15.2	70.7	33.0	59.8	59.8
SEP	12.6	66.9	21.5	45.8	41.2
OKT	7.7	41.3	10.3	21.6	21.2
NOV	5.0	30.2	5.3	9.5	9.7
DEC	1.1	31.2	3.2	6.6	7.0
ÅRET					
*	7.5	633.2	252.8	465.7	463.6

ÅR 1965			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.9	21.0	3.7	5.6	6.8
FEB	-1.7	53.4	9.3	18.9	21.2
MAR	0.8	73.1	17.9	36.4	43.7
APR	5.9	51.4	25.2	40.7	46.3
MAJ	9.1	72.7	37.9	71.7	74.3
JUN	15.1	69.7	46.5	82.4	77.2
JUL	14.0	53.4	39.1	61.2	57.5
AUG	14.9	68.8	35.5	66.3	63.8
SEP	13.7	62.7	21.0	40.1	38.9
OKT	8.6	57.3	12.4	25.9	25.3
NOV	1.7	38.8	5.5	11.4	10.9
DEC	0.6	12.7	2.5	3.8	3.8
ÅRET					
*	7.0	634.9	256.4	464.6	469.7

ÅR 1966			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-2.9	17.9	3.9	5.8	6.0
FEB	-1.7	39.4	8.4	15.9	14.7
MAR	2.6	43.8	16.2	31.1	26.6
APR	3.4	53.9	26.1	40.6	46.4
MAJ	11.5	65.5	36.6	71.0	70.6
JUN	16.2	63.6	43.4	72.4	69.8
JUL	16.2	66.3	44.5	72.1	73.4
AUG	14.9	53.7	27.4	52.9	47.5
SEP	12.6	58.8	22.5	40.0	39.3
OKT	9.4	39.4	10.8	20.3	17.3
NOV	3.9	16.6	4.2	6.5	6.4
DEC	1.5	21.9	2.8	5.2	5.3
ÅRET					
*	7.3	540.9	246.8	434.1	423.5

ÅR 1967			SOLINDFALD		
MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-0.5	22.6	3.7	7.1	6.0
FEB	1.9	32.2	6.9	14.1	12.0
MAR	5.0	49.0	17.3	34.3	30.0
APR	5.6	61.6	26.4	51.6	54.7
MAJ	11.4	65.2	36.8	70.0	68.5
JUN	14.1	63.8	45.0	77.0	75.3
JUL	16.8	66.6	42.0	78.7	66.8
AUG	16.3	65.8	31.9	58.7	60.1
SEP	13.8	55.5	19.4	36.9	35.7
OKT	10.7	37.1	11.2	20.4	18.4
NOV	5.3	36.3	5.0	11.1	10.1
DEC	0.0	35.0	3.6	7.6	7.3
ÅRET					
*	8.4	590.8	249.1	467.6	445.0

ÅR 1968 SOLINDFALD

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-1.9	39.6	4.6	10.4	9.8
FEB	-1.0	42.8	7.9	17.4	16.3
MAR	3.8	62.3	16.3	36.8	33.8
APR	7.5	78.9	26.6	64.5	61.1
MAJ	9.4	61.4	36.8	69.0	64.6
JUN	16.0	70.4	43.9	84.8	78.9
JUL	15.2	64.9	40.3	68.0	73.7
AUG	16.6	72.0	31.0	69.6	62.7
SEP	13.8	60.3	19.9	41.3	38.1
OKT	9.0	46.6	11.4	22.7	20.6
NOV	5.1	12.2	3.7	5.4	5.3
DEC	-0.6	20.5	2.5	5.1	4.6
ÅRET					
*	7.7	631.7	245.0	495.1	469.6

ÅR 1969 SOLINDFALD

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-0.1	10.3	3.0	4.1	3.8
FEB	-2.1	35.5	7.5	12.7	14.6
MAR	-0.5	84.0	18.7	47.6	45.5
APR	5.4	70.1	25.9	58.3	56.7
MAJ	10.4	52.4	32.3	57.1	52.6
JUN	15.5	70.8	43.9	85.5	77.8
JUL	17.2	69.0	42.3	70.9	79.6
AUG	17.2	77.9	31.2	73.4	65.4
SEP	14.1	78.0	21.6	47.3	49.9
OKT	10.0	49.7	11.5	22.3	23.3
NOV	4.3	36.7	5.2	10.3	9.9
DEC	-2.4	20.2	3.2	5.3	5.5
ÅRET					
*	7.4	654.4	246.1	494.9	484.5

ÅR 1970 SOLINDFALD

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-2.7	27.0	4.0	8.3	6.9
FEB	-4.1	44.7	8.3	16.1	16.9
MAR	0.0	43.9	16.8	28.4	26.5
APR	3.5	48.0	24.9	44.0	39.1
MAJ	10.9	72.8	37.4	70.0	76.5
JUN	16.7	76.0	45.5	92.3	90.8
JUL	15.5	60.0	41.3	65.4	65.4
AUG	16.0	73.8	32.0	66.3	65.6
SEP	11.9	64.0	21.4	40.0	40.6
OKT	8.4	43.4	10.5	18.4	20.8
NOV	4.4	29.7	5.0	10.3	8.9
DEC	1.7	30.0	3.0	6.6	6.4
ÅRET					
*	6.9	613.5	249.9	466.2	464.4

ÅR 1971 SOLINDFALD 5

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-0.1	28.4	3.7	7.5	7.3
FEB	1.8	39.4	6.8	12.4	18.0
MAR	0.6	52.2	15.7	30.0	28.3
APR	5.9	65.8	25.8	52.5	55.9
MAJ	11.8	79.7	37.0	80.8	82.3
JUN	13.8	59.2	41.4	67.8	67.8
JUL	16.6	75.1	44.7	83.5	80.4
AUG	16.6	72.5	31.6	61.8	63.4
SEP	11.7	52.1	19.9	40.6	34.0
OKT	9.0	52.0	12.2	24.1	23.4
NOV	4.2	33.1	5.3	9.9	10.8
DEC	4.5	22.0	2.6	5.0	4.8
ÅRET					
*	8.0	631.5	246.6	475.8	476.4

ÅR 1972 SOLINDFALD

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-1.4	20.3	3.2	5.3	6.1
FEB	0.6	15.6	5.2	7.4	7.6
MAR	2.9	66.6	15.3	36.4	36.2
APR	6.2	59.9	25.9	54.1	50.4
MAJ	10.9	60.8	33.8	58.1	64.8
JUN	14.3	64.3	44.3	73.6	76.0
JUL	17.4	63.4	39.6	68.0	72.1
AUG	15.9	73.3	31.6	67.3	63.5
SEP	10.8	68.5	20.8	45.2	42.5
OKT	7.8	60.6	12.2	26.4	27.2
NOV	5.3	37.0	4.9	11.5	9.6
DEC	3.7	20.8	2.6	5.0	4.7
ÅRET					
*	7.8	611.1	239.4	458.4	460.6

ÅR 1973 SOLINDFALD

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.9	10.8	3.1	4.3	4.5
FEB	2.3	32.6	7.5	15.0	12.9
MAR	4.5	67.4	16.3	39.4	38.0
APR	5.0	63.9	27.6	58.3	50.7
MAJ	11.1	69.3	38.6	77.3	69.5
JUN	15.4	75.2	47.6	88.8	89.5
JUL	17.3	69.9	43.3	79.4	77.1
AUG	15.8	81.8	32.6	74.5	69.0
SEP	12.8	64.4	20.6	42.2	41.3
OKT	6.7	68.8	12.3	30.7	27.6
NOV	3.1	47.1	5.5	13.2	11.8
DEC	1.0	29.0	3.2	7.2	6.1
ÅRET					
*	8.0	680.3	258.1	530.4	498.0

FRAKTILER

10

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.9	41.9	4.9	11.4	11.0
FEB	2.1	54.4	9.2	18.4	21.2
MAR	4.7	74.8	18.5	40.4	44.3
APR	7.4	76.3	28.0	63.3	61.0
MAJ	11.8	77.8	40.3	80.1	84.9
JUN	16.1	77.7	50.4	92.5	90.6
JUL	17.3	72.2	46.0	80.5	80.0
AUG	16.8	79.8	34.6	71.5	67.3
SEP	13.9	77.9	23.6	47.5	51.4
OKT	10.3	66.1	12.4	28.0	27.9
NOV	5.5	37.9	5.4	11.5	10.8
DEC	3.0	35.9	3.6	8.1	7.4
ÅRET					
*	8.4	690.8	269.3	516.2	518.3

25

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	0.2	36.8	4.3	9.1	9.9
FEB	0.9	44.9	8.5	16.4	18.4
MAR	3.8	68.9	17.4	37.6	40.0
APR	6.6	70.1	26.9	58.9	56.1
MAJ	11.5	73.1	39.0	77.0	76.7
JUN	16.0	73.5	47.7	87.0	88.4
JUL	16.8	68.9	44.3	75.8	75.4
AUG	16.3	73.5	33.0	66.6	64.2
SEP	13.7	70.0	21.9	45.7	45.6
OKT	9.2	58.1	12.3	26.0	25.8
NOV	5.3	36.4	5.2	10.5	10.2
DEC	1.7	30.3	3.2	6.7	6.6
ÅRET					
*	8.0	666.7	259.1	495.0	489.6

50

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-0.1	26.3	3.8	7.9	6.9
FEB	-0.4	38.5	7.7	14.6	16.6
MAR	2.0	63.5	16.5	35.3	34.7
APR	5.7	64.8	26.0	53.3	54.5
MAJ	11.1	68.8	37.2	70.5	72.5
JUN	15.4	70.0	45.2	82.7	77.5
JUL	16.2	66.5	42.3	69.8	73.1
AUG	15.9	69.7	32.0	62.5	61.4
SEP	12.8	64.2	21.2	42.3	40.9
OKT	9.0	46.5	11.4	22.0	21.7
NOV	4.4	30.0	4.9	9.7	9.3
DEC	0.6	21.9	2.9	5.3	5.4
ÅRET					
*	7.7	632.4	251.4	473.0	469.6

75

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-1.9	19.7	3.4	5.6	5.9
FEB	-1.7	32.5	6.8	12.1	13.4
MAR	-0.2	47.8	15.7	30.8	28.6
APR	5.1	54.2	25.1	43.4	46.4
MAJ	10.4	61.2	36.7	65.5	64.7
JUN	14.3	63.8	43.9	73.5	75.8
JUL	15.2	59.6	40.2	64.6	66.4
AUG	14.9	61.5	31.5	57.4	56.3
SEP	12.0	59.6	20.5	40.1	37.8
OKT	8.2	40.8	10.7	20.4	19.7
NOV	3.9	19.3	4.3	6.9	6.7
DEC	-0.6	18.3	2.5	4.7	4.4
ÅRET					
*	7.0	612.9	246.5	465.5	459.8

90

MDR	TEMP	SYD	NORD	ØST	VEST
JAN	-4.3	10.5	3.0	4.2	4.1
FEB	-4.5	23.4	5.7	9.4	9.8
MAR	-0.5	43.8	14.8	28.4	26.6
APR	3.5	49.7	23.1	40.7	40.3
MAJ	9.1	54.6	33.1	57.6	53.8
JUN	13.8	61.4	42.4	70.1	68.8
JUL	14.4	55.5	39.3	59.1	59.1
AUG	14.6	55.5	29.2	52.6	50.0
SEP	11.3	53.8	19.6	38.5	34.9
OKT	7.3	34.5	10.3	17.7	16.9
NOV	2.5	11.7	3.9	5.9	5.2
DEC	-2.1	7.2	2.2	2.8	3.0
ÅRET					
*	6.8	565.8	242.2	446.2	434.3

SOLINDFALD(KWH/M2) GENNEM VINDUER MED FORSKELLIG HORISONTAFSKÆRING

	AFS.	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	ÅRET
ØST	0.0	9.7	17.9	37.0	60.2	70.0	79.3	70.9	57.4	40.2	21.7	9.5	7.4	481.3
	2.5	9.2	17.5	36.7	59.8	69.7	79.3	70.8	57.3	40.0	21.4	9.3	6.9	478.0
	5.0	8.3	17.0	36.0	59.2	69.2	79.0	70.5	57.1	39.7	21.1	8.9	6.0	471.8
	7.5	7.0	15.8	34.8	57.8	68.7	77.9	69.8	56.6	39.0	20.5	8.1	5.0	461.1
	10.0	5.8	14.8	33.5	56.3	67.1	76.0	68.6	55.6	38.3	19.3	7.3	3.8	446.5
	15.0	3.8	11.4	30.5	51.4	64.2	73.3	66.4	53.2	35.6	16.9	5.6	3.4	415.9
	20.0	3.7	8.5	26.6	46.0	60.4	70.2	63.6	50.4	32.4	14.0	5.0	3.4	384.2
	30.0	3.7	6.9	18.3	35.5	51.0	61.2	55.5	42.8	25.0	10.8	5.0	3.4	319.2
	40.0	3.7	6.9	14.1	26.1	41.3	50.8	47.7	35.5	20.4	10.8	5.0	3.4	265.6
NORD	0.0	3.9	8.0	16.2	25.9	36.9	46.1	43.3	32.2	21.0	11.3	5.3	3.5	253.6
	2.5	3.9	8.0	16.2	25.8	36.6	45.7	43.0	32.1	21.0	11.3	5.3	3.5	252.5
	5.0	3.9	8.0	16.2	25.6	36.1	45.3	42.8	32.0	21.0	11.3	5.3	3.5	250.9
	7.5	3.8	8.0	16.2	25.4	35.6	44.3	42.1	31.8	21.0	11.3	5.3	3.4	248.2
	10.0	3.8	7.9	16.1	25.3	35.0	42.7	41.2	31.6	20.9	11.3	5.2	3.3	244.3
	15.0	3.4	7.6	15.9	25.0	34.0	41.1	40.1	31.3	20.8	11.1	4.9	3.1	238.5
	20.0	3.3	6.9	15.6	24.7	33.5	39.9	39.3	31.1	20.6	10.8	4.7	3.1	233.5
	30.0	3.3	6.3	14.1	23.6	32.6	38.6	38.4	30.4	19.6	9.8	4.7	3.1	224.5
	40.0	3.3	6.3	12.3	21.4	31.2	37.4	37.2	29.3	17.9	9.7	4.7	3.1	213.7
SYD	0.0	30.4	55.4	69.6	69.8	65.2	65.3	66.8	62.3	62.7	46.5	30.3	28.9	653.2
	2.5	29.7	55.1	69.6	69.8	65.2	65.3	66.8	62.3	62.7	46.4	29.9	28.0	650.9
	5.0	28.3	54.3	69.5	69.8	65.2	65.2	66.8	62.3	62.7	46.2	29.1	26.1	645.5
	7.5	25.9	52.5	69.2	69.8	65.2	65.2	66.8	62.3	62.6	45.7	27.5	21.9	634.6
	10.0	22.3	50.3	68.8	69.8	65.1	65.1	66.7	62.3	62.4	44.6	25.0	14.1	616.5
	15.0	6.5	41.2	67.0	69.3	65.0	65.0	66.6	62.2	61.5	40.9	13.3	4.5	563.0
	20.0	4.8	22.0	62.8	68.1	64.7	64.8	66.4	61.9	59.2	33.3	6.2	4.5	518.8
	30.0	4.8	8.8	40.4	61.6	63.6	63.9	65.5	59.6	47.1	13.3	6.2	4.5	439.4
	40.0	4.8	8.8	16.7	40.2	58.3	61.6	62.4	51.8	24.7	12.7	6.2	4.5	352.8
VEST	0.0	8.0	21.2	41.8	58.9	68.5	76.3	74.9	56.8	39.0	22.4	9.7	6.5	484.1
	2.5	7.6	20.8	41.5	58.5	68.3	75.9	74.7	56.7	38.8	22.1	9.5	6.3	480.8
	5.0	7.1	19.7	40.7	57.9	67.8	75.6	74.5	56.4	38.4	21.7	9.0	5.7	474.5
	7.5	6.3	18.2	39.3	56.4	66.8	75.0	73.7	55.8	37.7	21.1	8.3	4.6	463.4
	10.0	5.4	16.5	37.6	55.6	65.8	73.4	72.6	54.8	36.8	20.1	7.4	3.7	449.7
	15.0	3.7	12.4	33.9	51.4	62.4	70.8	70.0	52.6	34.5	17.6	5.6	3.3	418.3
	20.0	3.6	8.8	28.8	46.2	58.8	66.3	66.6	49.6	31.3	14.5	5.0	3.3	382.9
	30.0	3.6	7.1	18.6	36.1	51.2	57.0	57.8	42.6	24.4	10.8	5.0	3.3	317.7
	40.0	3.6	7.1	14.3	26.3	41.1	49.5	49.0	35.8	20.3	10.8	5.0	3.3	266.1

Projektorganisation

Styregruppe

Energiministeriet har udpeget følgende styregruppe for projektet:

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

J. Lemming, civilingeniør, Energiministeriet.

V. Bruhn, ekspeditionssekretær, Energistyrelsen.

J. Fischer, civilingeniør.

E. Pedersen, lektor, lic. scient, H.C. Ørsted Instituttet.

O. Paulsen, civilingeniør, lic.techn., Teknologisk Institut.

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

M. Michelsen, lektor, Instituttet for Kemiteknik, DTH.

C.W. Kallenbach, civilingeniør, Industrirådet.

O. Rathman, civilingeniør, lic. techn., Forsøgsanlæg Risø.

Projektmedarbejdere fra

Laboratoriet for Varmeisolering, DTH:

P. Christensen, civilingeniør, lic. techn.

S. Furbo, civilingeniør.

K. K. Hansen, akademiingeniør, stud.lic.techn.

P.N. Hansen, lektor, lic.techn. (projektleder fra 17/9-79).

H. Lawaetz, adjunkt, HD, (projektleder indtil 17/9-79).

A. Nielsen, civilingeniør, lic.techn.

L. Olsen, civilingeniør, stud.lic.techn.

Liste over udkomne rapporter

Nr. 1. Litteraturundersøgelse og vurdering af kemiske varmelagre, af Peter L. Christensen, august 1979.

Nr. 2. Sæsonlagring af varme i store vandbassiner. Udført af Dipco Engineering ApS, november 1979.