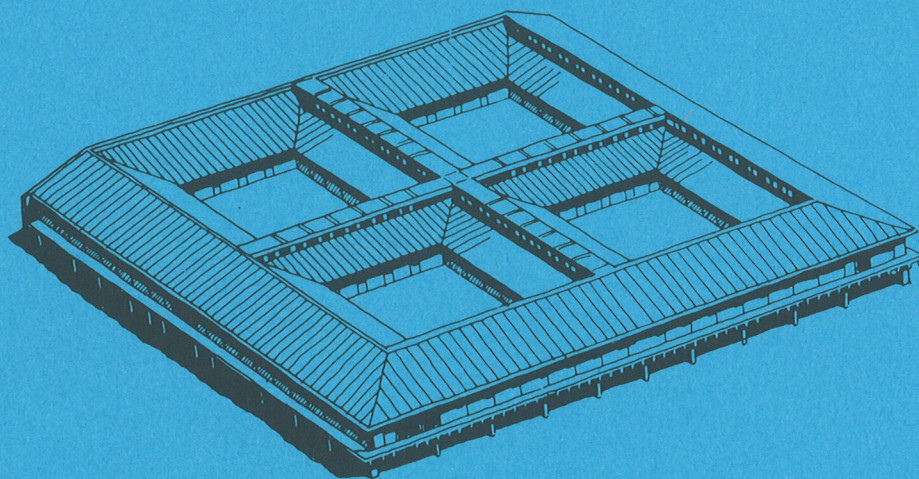


Energi- og komfortmålinger i Rockwool International A/S lavenergikontorhus



MOGENS R. BYBERG & KIRSTEN ENGELUND POULSEN

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole
Marts 1983

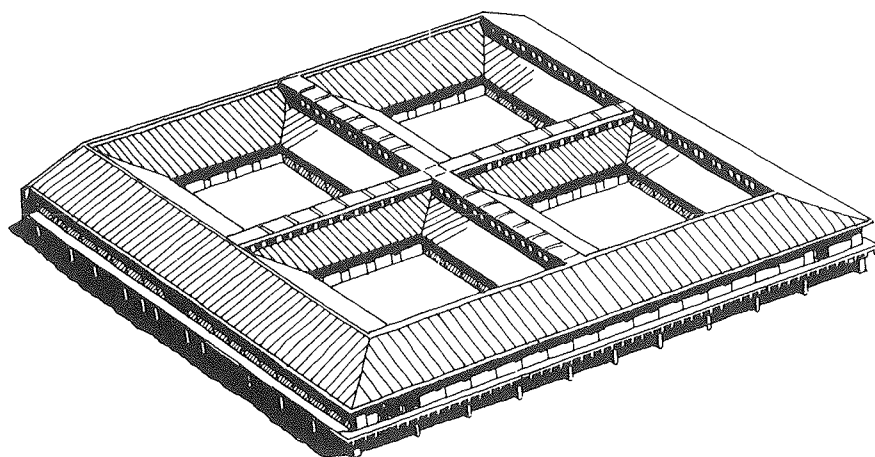


Meddelelse nr.

131

Energi- og komfortmålinger i Rockwool International A/S lavenergikontorhus

OKTOBER 1981 TIL SEPTEMBER 1982



MOGENS R. BYBERG & KIRSTEN ENGELUND POULSEN

Laboratoriet for Varmeisolering
Danmarks Tekniske Højskole
Marts 1983

Indholdsfortegnelse

Side

1. Indledning	1
2. Bygningens konstruktion	2
3. Sektionens energiforbrug, temperaturer og relative fugtigheder	7
4. Komfortmålinger	18
5. Luftskiftemålinger	22
6. Forskningscentrets energiforbrug	24
7. Konklusion	25
8. Referencer	27
9. Summary	28

Bilag 1: Spørgeskema om fysiske indeklimagener på arbejds-
stedet.

Bilag 2: Helårsplot med timemiddelværdier af 4 variable:
solindfald, globetemperatur i hhv. et syd- og
nordvendt kontor samt udetemperatur på sydsiden.

Bilag 3: Helårsplot med timemiddelværdier af 6 variable:
globetemperatur og relativ luftfugtighed i hhv.
et syd- og et nordvendt kontor samt udetemperatur
og fugtighed på nordsiden af huset.

1. Indledning

I Hedehusene vest for København har Rockwool International A/S opført et lavenergikontorhus. Huset anvendes som forsknings- og udviklingscenter. Energi- og komfortmålinger i bygningen blev påbegyndt af Laboratoriet for Varmeisolering (LfV) medio september 1981 og afsluttet 1. oktober 1982. Undersøgelserne omfatter alene en brandsektion i den sydvestlige del af bygningen - sektionen består af fem kontormoduler med sydvendt facade og fem nordvendte moduler mod grønnegård.

Byggeriets forsøgsmæssige karakter består i, at der er satset ekstraordinært meget på at reducere energiforbruget i byggeriet dels v.h.a. store isoleringstykkelser dels v.h.a. utraditionelt opbyggede væg- og tagkonstruktioner. Yderligere er der i hvert rum mulighed for at tænde for egen el-ovn og igangsætte eget ventilationsanlæg.

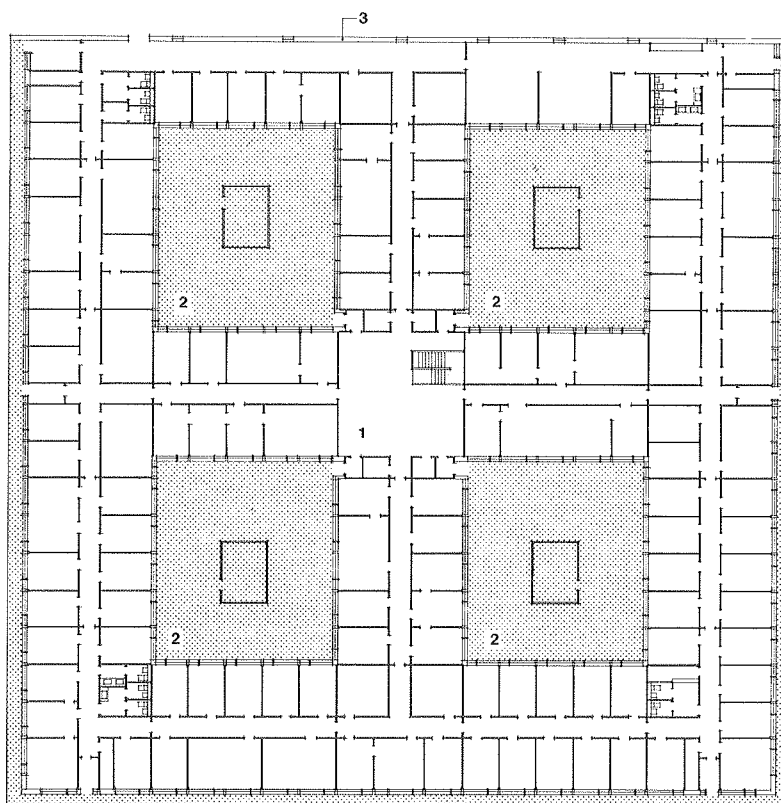
Undersøgelsens formål er at:

- foretage langtidsregistrering af sektionens energiforbrug, temperaturer og relative luftfugtighed
- foretage periodevise målinger af komforttilstanden med Comfy-testapparatet
- opstille energibalancer for delperioder med kendte driftsbetingelser (week-end'er).

I forbindelse med målingerne er der udarbejdet tre statusrapporter, hvortil der henvises vedrørende detaljer. Det er dog tilstræbt, at nærværende meddelelse (slutrapporten) skal kunne læses selvstændigt.

2. Bygningens konstruktion

Bygningen er opført i ét plan og har som vist på nedenstående plan 4 atriumgårde. Omkring disse er kontorerne placeret med en kontorstørrelse på ca. 3 x 4 meter. Under bygningen er der parkeringspladser, og indgangen til bygningen sker centralt herfra. Parkeringsområdet får ovenlys fra "huller" i de 4 indvendige, beplantede atriumgårde.



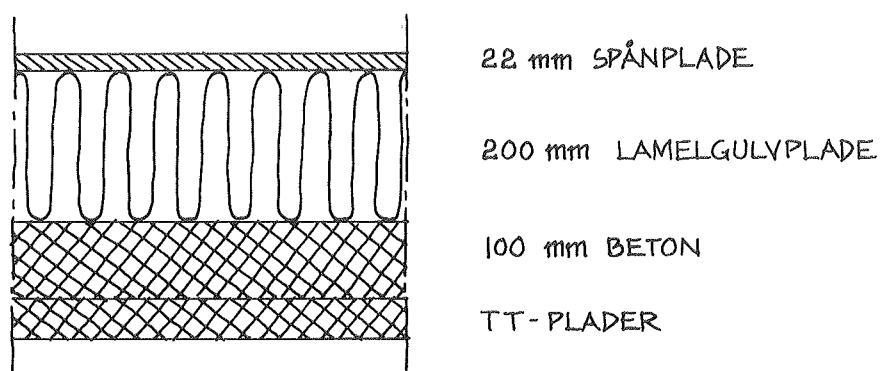
Figur 1. Plan af kontoretage. På planen ses placeringen af indgangen (1) og atriumgårdene (2). Væggen mod nord (3) er midlertidig af hensyn til den videre udbygning af centret.

Som det kan ses, kommer man op i centerhallen, hvorfra der via 4 gange er kort afstand til kontorer og mødelokaler.

Selve hovedkonstruktionen i bygningen består af en tung underdel, som bærer en let overbygning. Underdelen består af et betondæk båret af præfabrikerede tt-plader betonbjælker og -søjler. Overbygningen består af lette,

præfabrikerede elementer, som bæres af et rammesystem af limtræsøjler og -dragere - hovedsageligt i dimensionen 115 x 115 mm.

Et af formålene med centret har været i praksis at få afprøvet utraditionelle konstruktioner med store tykkelser af Rockwool-produkter. Især skal tag- og gulvkonstruktionen fremhæves.



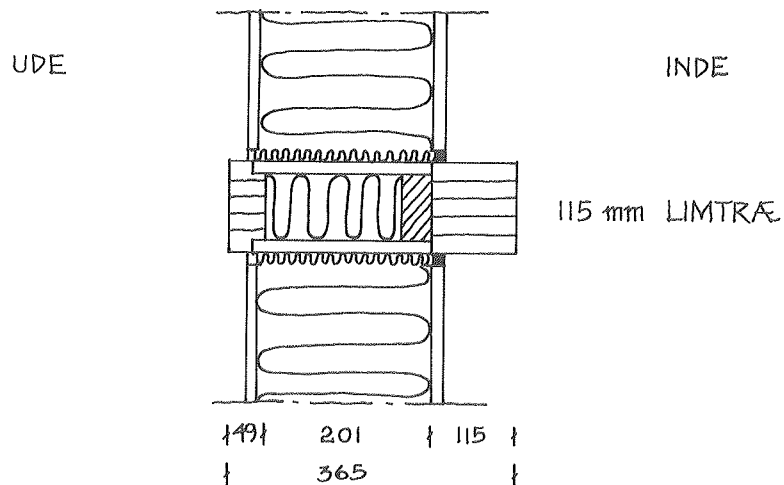
Figur 2. Lodret snit i gulvkonstruktion.

På grund af parkeringskælders åbne udformning skal kontorerne gulve isoleres til samme standard som væggene. Figuren viser, hvorledes 200 mm lamelgulvplader bærer det svømmende gulv bestående af en 22 mm spånplade med limede fjer og not samlinger, som i tæppebelagt stand udgør det færdige gulv.

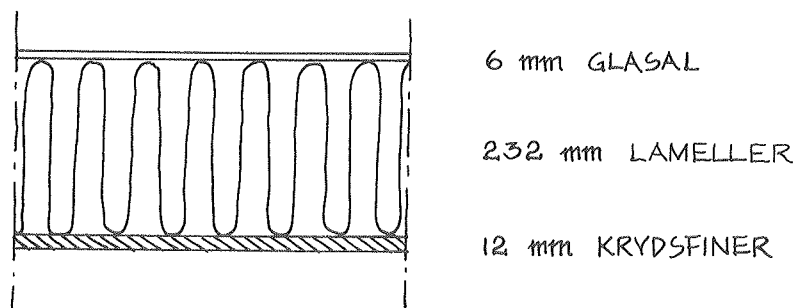
Beregnet k-værdi for gulvet: $0,17 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Ydervæggene er udført som lette udfyldningsvægge, idet søjlerne via påforinger er trukket frem i facaden.

Brystninger er udført af 250 mm lamelelementer, som hviler på betondækket og fastholdes af limtræsøjlerne. Mineralulden er pladebatts, hvor fiberretningen er vinkelret på beklædningspladerne. Lamelelementerne er sandwichelementer uden varmeledende forbindelse mellem for- og bagplade. Udvendig beklædes med glasal - indvendig med krydsfinér.



Figur 3. Vandret snit i facadesøjle og brystning.
(Mål i mm).



Figur 4. Vandret snit i lamelelement (brystning).

Alle samlinger er tætnet med fugemasse mellem de indvendige beklædninger, og udadtil stoppet med mineraluld uden udvendig afdækning.

Beregnet k-værdi for facade excl. vinduer: $0,17 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Skille væggene er flytbare Rockwool TNF-elementer - en sandwich konstruktion bestående af to stålplader med mineraluld imellem. De både isolerer, lyddæmper og hæmmer brande.

Vinduerne er faste med 2-lags isoleringsruder i træramme. Der er udvendige persienner og ved siden af vinduerne oplukkelige isolerede ventilationslemme, der samtidig tjener som brandåbninger. Vinduesarealet (excl. ventilationslem) er i sydsiden 2,5 m² per modul, svarende til 19% af gulvarealet. Beregnet k-værdi for vinduesareal incl. ventilationslem: 2,4 W/m²C.

Figur 5. Lodret snit i tagkonstruktion.

5

plastfolie mellem de to nederste lag mineraluld som sikkerhed mod nedsivende regnvand.

Loftet er dækket med Rockfon akustikplader - herover er et hulrum, tætnet i siderne med Rocklit.

Beregnet k-værdi for tagkonstruktionen: $0,13 \text{ W/m}^2\text{C}$.

Yderligere detaljer om bygningens konstruktion er beskrevet i [2].

For at sikre et godt indeklima i denne lette bygning, er der i hvert rum mulighed for:

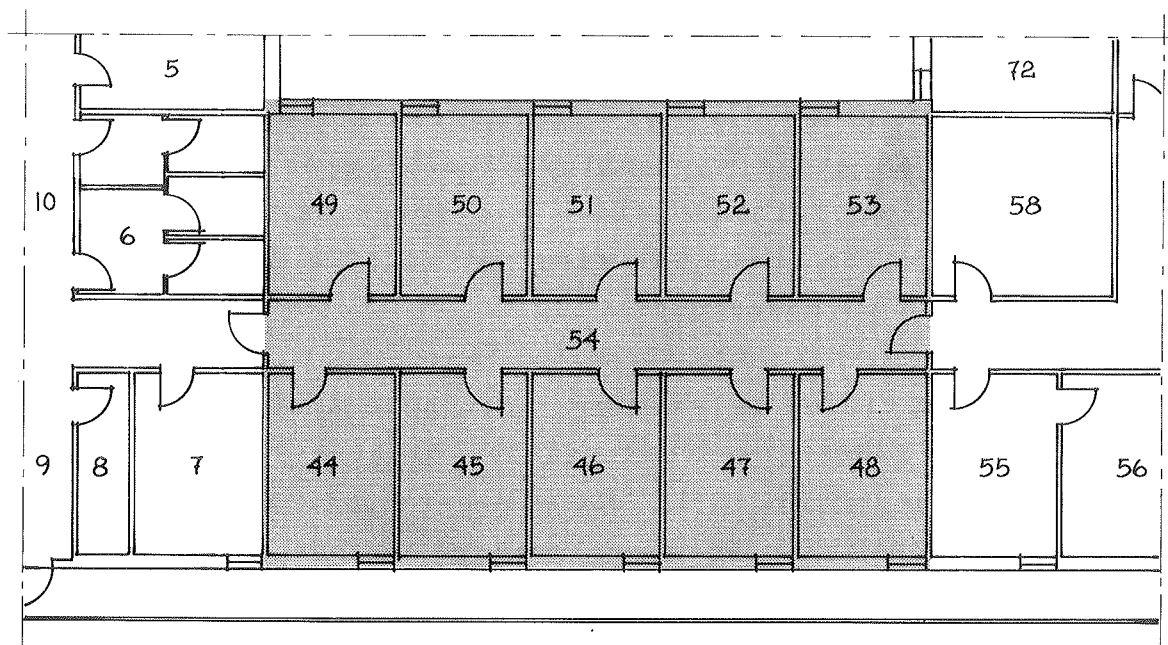
- at benytte udvendig persienne
- at åbne ventilationslem
- at åbne/lukke spjæld og igangsætte eget ventilationsanlæg
- at tænde for egen el-ovn.

Der findes 2 spjæld i hvert kontor - et i loftet og et i ydervæggen. Der er dermed mulighed for ventilation på 3 niveauer. For det første kan spjældene åbnes, dernæst kan ventilatoren startes og endelig kan lemmen åbnes. Ventilatorens kapacitet er målt til ca. $80 \text{ m}^3/\text{h}$.

Varmeovnen yder maksimalt 700 W og lysarmaturet i loftet er på 200 W. Varmeovnen kan ikke være tilsluttet samtidig med ventilationen.

3. Sektionens energiforbrug, temperaturer og relative fugtigheder

Undersøgelsen omfatter alene en brandsektion i den sydvestlige del af bygningen - anlægsafdelingen. Sektionen omfatter fem kontormoduler med sydvendt facade (44-48) og fem nordvendte moduler mod atriumgård (49-53).



Figur 6. Plan af brandsektion.

I ugens 5 arbejdsdage gøres intet indgreb i den sædvanlige anvendelse af sektionen. Registreringen tjener alene til en kortlægning af energiforbrug, opnåede temperaturer og anvendelse af ventilatorer i daglig brug. Der registreres følgende størrelser:

Globetemperaturen i hvert af de 10 kontorer

Globetemperaturen i gangen (måles 2 steder)

Udetemperaturen - nord- og sydside og i parkeringskælderen

Solstrålingen på sydvendt lodret flade

Relative fugtigheder i hhv. et sydvendt og et nordvendt kontor og udvendig på nordsiden (atriumgården).

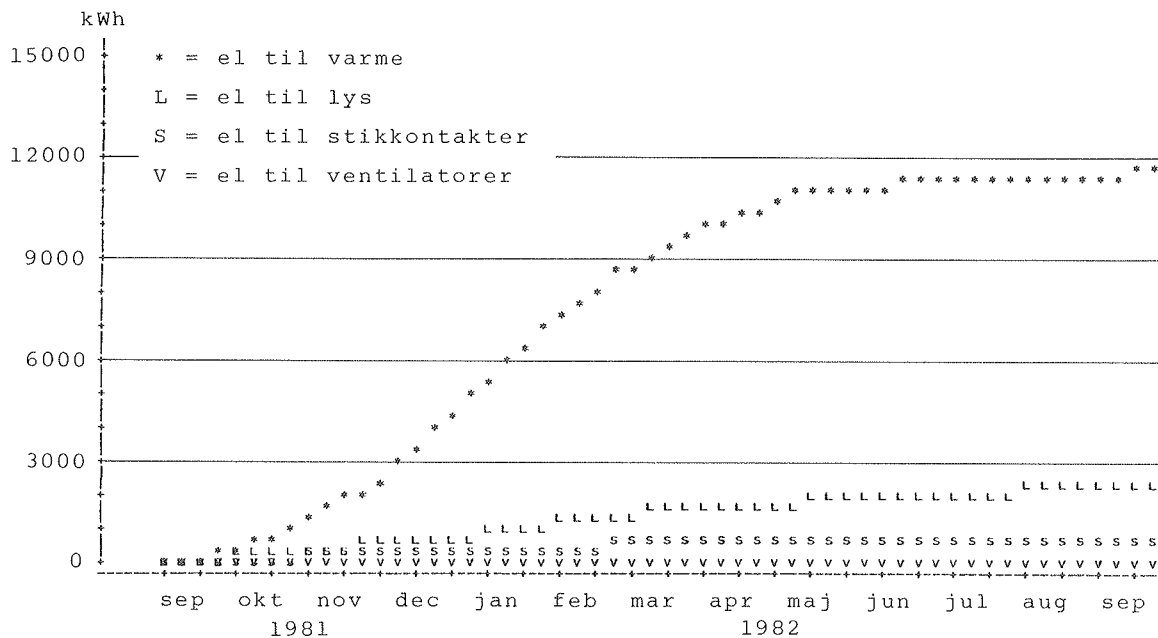
Da hvert kontor har eget ventilationsanlæg registreres alle udsugningsventilatorernes drift d.v.s. 10 stk.

Den løbende dataregistrering opsamles v.h.a. en datalogger på kassettebånd, idet loggeren foretager scan hvert 10. minut. Placeringen af dataloggeren er i rum 8 - se plan af brandsektion.

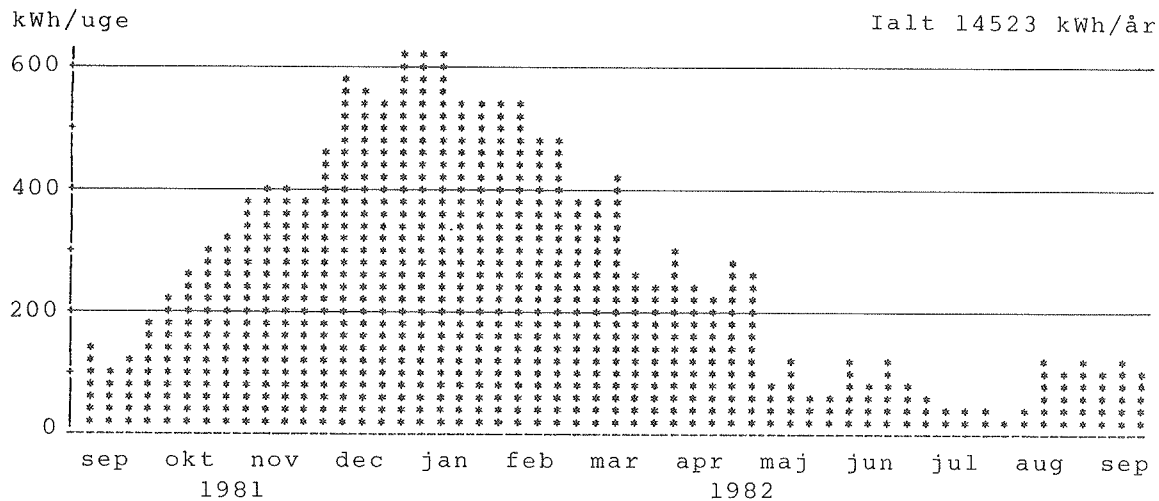
Der er installeret kWh-målere for separat måling af sektionens el-forbrug til 1) varme, 2) lys, 3) stikkontakter og 4) ventilatorer. Disse fire el-forbrug registreres løbende på dataloggeren og aflæses yderligere manuelt én gang om ugen (fredag). På de følgende sider ses optegnet disse el-forbrug i kWh uge for uge. Til sidst er de fire forbrug samlet i et histogram på månedsbasis.

Bilag 2 viser timemiddelværdier - for hele året - af solindfaldet på en lodret, sydvendt flade, globetemperaturen i et nordvendt kontor (nr. 51), globetemperaturen i et sydvendt kontor (nr. 46) og udetemperaturen på brandsektionens sydside.

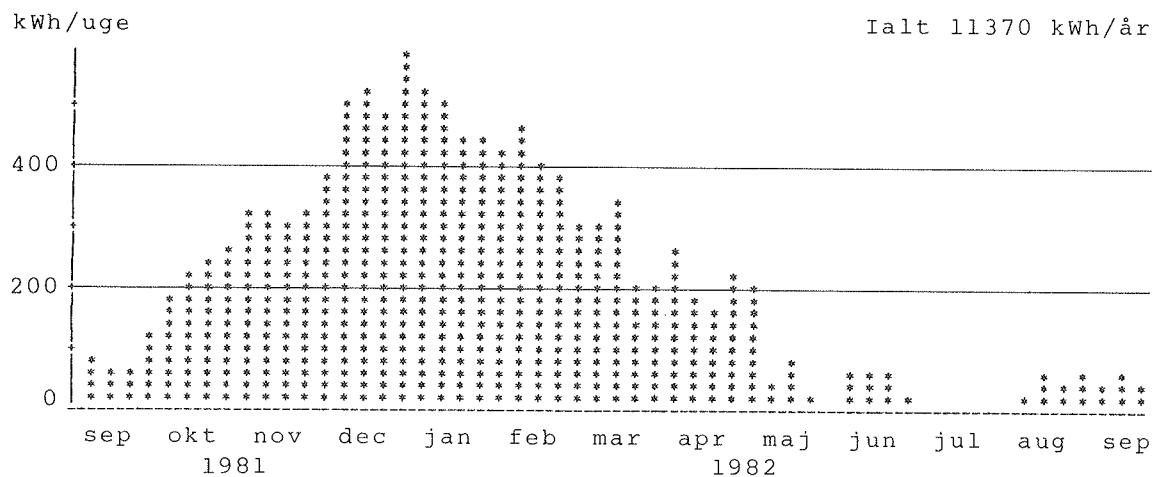
Bilag 3 viser tilsvarende timemiddelværdier - for hele året - af globetemperaturen i et sydvendt kontor (nr. 46), den relative luftfugtighed i et sydvendt kontor (nr. 46), globetemperaturen i et nordvendt kontor (nr. 51), den relative luftfugtighed i et nordvendt kontor (nr. 51), udetemperaturen på nordsiden og udeluftens relative fugtighed.



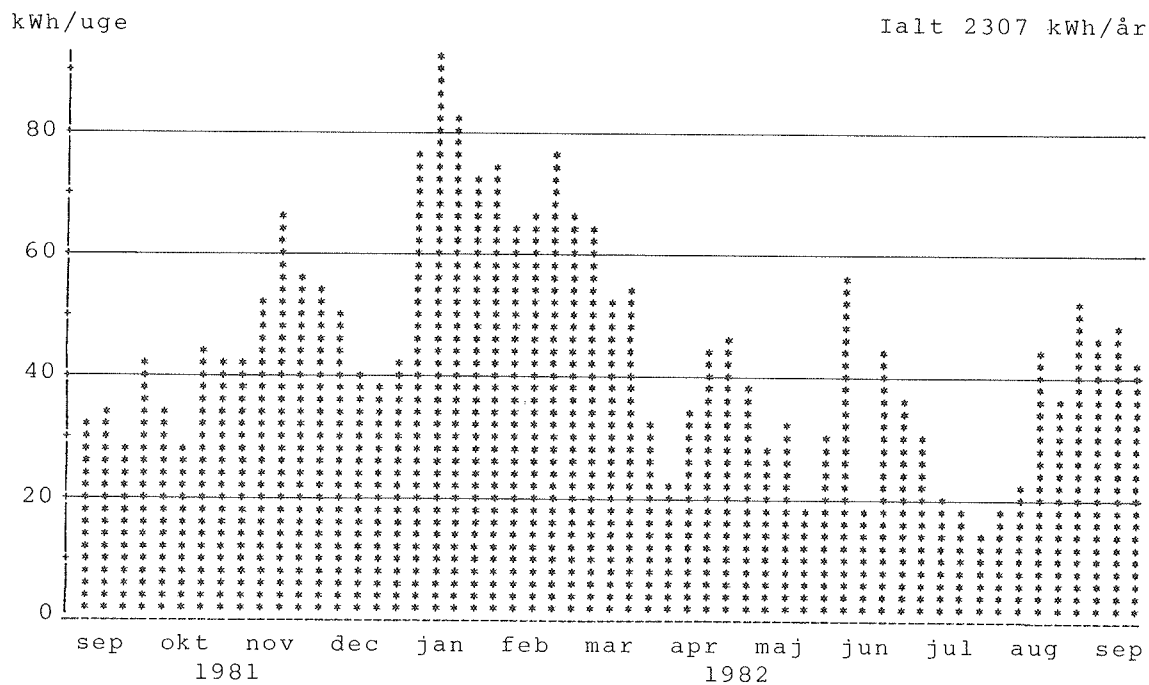
Figur 7. Sumkurve af måler aflæsninger. 1. aflæsningsdato er 11/9-81.



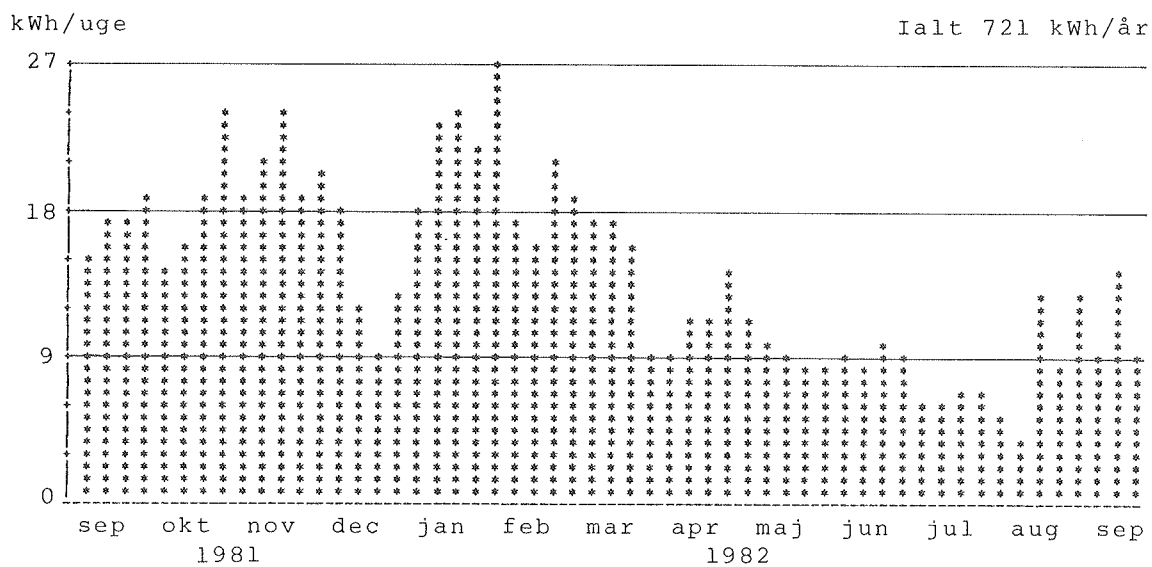
Figur 8. Forbrug til stikkontakter + lys + ventilation + varme.



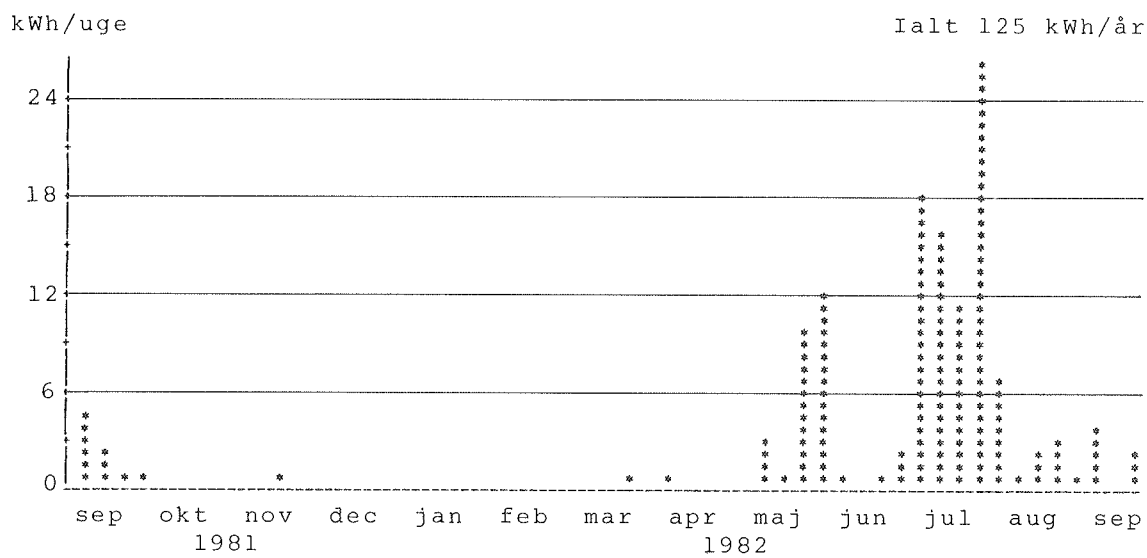
Figur 9. Forbrug til varme.



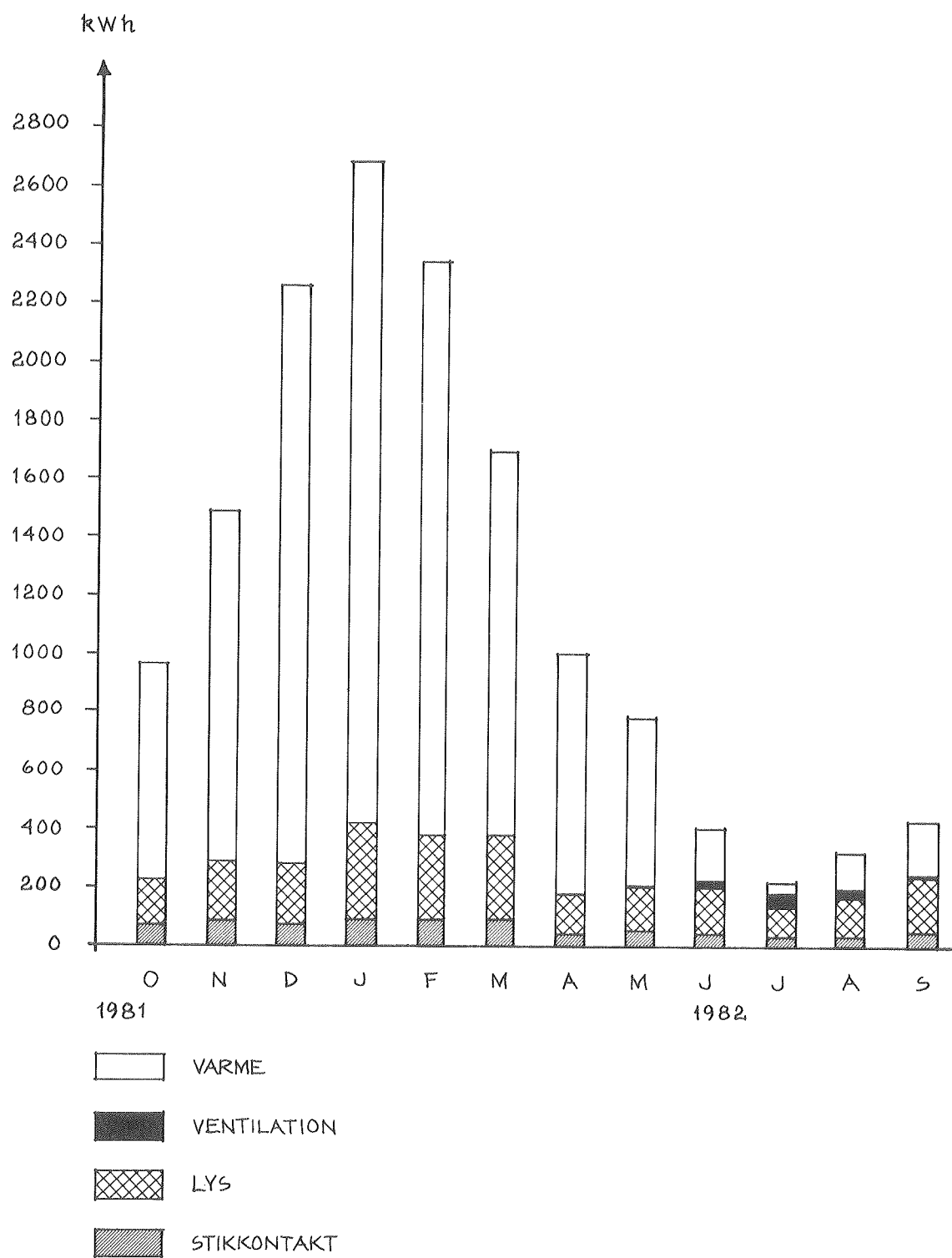
Figur 10. Forbrug til lys.



Figur 11. Forbrug til stikkontakter.



Figur 12. Forbrug til ventilatorer.



Figur 13. Målte elforbrug i brandsektionen på månedsbasis.

Det målte samlede el-forbrug i brandsektionen for perioden 2/10-81 - 1/10-82 er 14523 kWh.

2/10-81 - 1/10-82	stikk.	lys	vent.	varme	Ialt
i kWh	721	2307	125	11370	14523
i kWh/m ²	4,8	15,4	0,8	75,8	96,8
i %	5,0	15,9	0,8	78,3	100,0

Tabel 1. Den målte fordeling af el-forbruget for perioden 2/10-81 - 1/10-82.

Baseret på bygningens beregnede arealer og k-værdier og det målte naturlige luftskifte (infiltration $n = 0,05 \text{ h}^{-1}$, se afsnit 5) kan varmetabet til transmission og infiltration beregnes til 159,5 W/°C eller 77,5 hhv. 66,1 kWh/m² pr. fyringssæson (efter 3036 skyggegraddøgn hhv. 2588 solgraddøgn). Transmissions- og infiltrationstab udregnes på basis af de målte temperaturer og de beregnede $k \times A$ -værdier, efter Varmetabsreglerne DS 418, og beregningerne findes i Statusrapport I.

For at kunne sammenligne disse beregnede værdier med de målte gives i nedenstående tabel de målte kilowatt-timeforbrug for fyringssæsonen, som går fra 4/10-81 til 14/5-82.

4/10-81 - 14/5-82	stikk.	lys	vent.	varme	Ialt
i kWh	549	1667	4	10704	12924
i kWh/m ²	3,7	11,1	0,0	71,4	86,2
i %	4,3	12,9	0,0	82,8	100,0

Tabel 2. Den målte fordeling af el-forbruget for fyringssæsonen 81/82.

Det målte energiforbrug på 86,2 kWh/m² er således større end det beregnede energiforbrug på 77,5 kWh/m². Forskellen 8,7 kWh/m² skyldes bl.a., at man ikke kender energiforbruget til ventilationen gennem spjæld og lemme i arbejdstiden. Forskellen svarer til, at det naturlige luftskifte ændres fra 0,05 til 0,15 gange i timen. For en enkelt uge er luftskiftet bestemt til 0,1 gange i timen (døgnmiddel) - se afsnit 5.

I tabel 3 er brandsektionens målte forbrug sammenstillet med de beregnede forbrug og med varmetabsrammen i henhold til BR-77. Det ses at det målte forbrug udgør 67% af varmetabsrammen.

RI's bygning	Luftsk.(n) h ⁻¹	Transmission kWh/m ² år	Ventilation kWh/m ² år	Ialt kWh/m ² år
Målt forbrug n målt i én uge	0,1	-	-	86,2
Beregnet forbrug	0,05	73,1	4,4	77,5
Beregnet forbrug BR-77 15% vinduer	0,5	84,7	43,7	128,4
150 m ² adm.bygn.				
SBI-rapport 106 3000 graddøgn	0,5	-	-	130,0
k-værdier som RI	0,05	67,1	3,7	70,8

Tabel 3. Brandsektionens energiforbrug til transmission og ventilation i fyringssæsonen 81/82 (gavle regnet varmetætte).

Til yderligere sammenligning er i samme tabel vist forbruget for en normal kontorbygning (fra SBI-rapport 106) og endelig er dette forbrug omregnet til brandsektionens luftskifte og k-værdier.

I week-end'er (fra fredag kl. 18.00 til mandag kl. 6.00, d.v.s. 60 timer) holdes kontrollerede driftstilstande, idet:

- a) branddøre lukkes
- b) persienner rulles helt op
- c) ventilatorer, lys og stikkontakter slukkes
- d) lemme og spjæld lukkes
- e) varme tilsluttes (termostatreguleret, dog uden ændring af indstillingen)
- f) natsenkning af temperatur sættes ud af drift.

For week-end perioderne kan herefter opstilles energibalancer, idet der ikke hersker usikkerhed m.h.t. bidrag fra personer og solindfald og ventilation, hvilket er tilfældet under daglig brug.

Transmissions- og infiltrationstab kan udregnes på basis af de målte temperaturer, de beregnede $k \times A$ -værdier og den målte infiltration, og dette tab kan sammenlignes med det målte el-forbrug plus det beregnede tilskud fra solindfaldet.

Energibalancerne har givet følgende resultater i fyringssæsonen, hvor beregnet forbrug er transmissionstab + infiltrationstab - solindfald, og det målte forbrug er summen af el-måleraflæsningen af hhv. varme, lys og stikkontakter. Det skal bemærkes, at i visse week-end'er mangler energibalancen, idet registreringsudstyret har svigtet.

For månederne marts til september vil tagudhængets skygge have indflydelse på solindfaldet. Det er derfor blevet beregnet, hvor meget af vinduerne, der ligger i skygge time

for time, og solindfaldet er korrigeret herfor. Det ses, at i vinterperioden er der god overensstemmelse mellem beregnet og målt forbrug. Derimod er der så store forskelle om sommeren, at resultaterne er udeladt. For week-end'en 31. juli/1. aug. er det beregnede forbrug:

Trans. + Vent. - sol = beregnet forbrug

50 - 46 = 4 kWh

Det beregnede forbrug er således bestemt med meget stor usikkerhed.

Week-end	Beregnet forbrug kWh	Målt forbrug kWh	Bereg.-Målt
			<u>Målt</u> %
17/18 oktober	107,3	104,4	2,8
24/25 -	107,4	106,0	1,3
31/1 -	127,9	132,1	-3,2
7/8 november	145,1	142,1	2,1
14/15 -	140,9	143,2	-1,7
21/22 -	126,5	130,5	-3,1
28/29 -	-	-	-
5/6 december	148,9	131,4	13,3
12/13 -	202,0	184,7	9,4
19/20 -	222,7	213,1	4,5
26/27 -	-	-	-
2/3 januar	-	-	-
9/10 -	246,8	252,8	-2,4
16/17 -	216,7	207,2	4,6
23/24 -	187,7	170,3	10,2
30/31 -	156,7	165,1	-5,1
6/7 februar	-	-	-
13/14 -	192,4	188,5	2,1
20/21 -	156,2	141,3	10,5
27/28 -	190,3	196,5	-3,2
6/7 marts	125,7	135,5	-7,2
13/4 -	136,2	135,1	0,8
20/21 -	170,3	166,3	2,4
27/28 -	-	-	-
3/4 april	77,8	93,9	-17,1
10/11 -	100,9	115,9	-12,9
17/18 -	59,9	107,9	-44,5
24/25 -	-	-	-
1/2 maj	79,4	89,0	-10,8
8/9 -	118,9	128,3	-7,3

Figur 14. Energibalancer for fyringssæsonen 81/82.

4. Komfortmålinger

Der er udført komfortmålinger med Comfy-test apparatet, der integrerer effekten af de fysiske faktorer på samme måde som det menneskelige legeme. Apparatet er baseret på den af P.O. Fanger [3] opstillede komfortligning, hvis parametre er følgende: lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, luft-hastighed, fugtighed, beklædning og aktivitetsniveau.

Hver enkelt af disse faktorer indflydelse på legemets varmeafgivelse har længe været kendt, men det er først i 1967 med Fangers termiske komfortligning, at der fremkom et udtryk, som på en gang tager hensyn til alle seks faktorer.

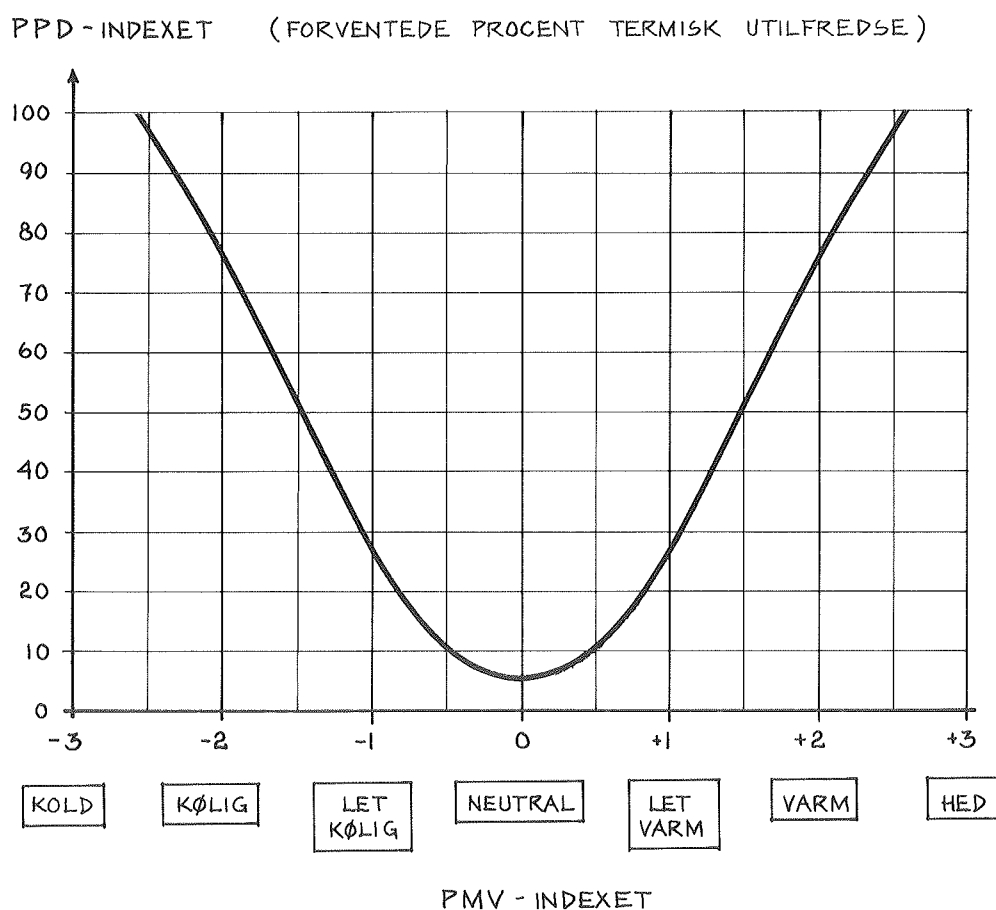
Fangers komfortligning har imidlertid to egenskaber, som gør den mindre egnet til praktisk brug:

- 1) Den er besværlig at anvende uden brug af EDB.
- 2) Den giver ingen oplysning om, hvor langt en person er fra termisk komfort, hvis hans og omgivelsernes termiske data ikke tilfredsstiller ligningen.

Fanger har derfor opstillet et termisk komfortindex, som i et enkelt tal angiver den forventede grad af termisk komfort. PMV-indexet (Predicted Mean Vote) angiver den forventede middel votering for en stor gruppe personers termiske opfattelse ifølge nedenstående 7-punktsskala:

- +3 hed
- +2 varm
- +1 let varm
- 0 neutral
- 1 let kølig
- 2 kølig
- 3 kold

I den hensigt at opnå et mere direkte anskueligt udtryk for graden af termisk diskomfort har Fanger opstillet et andet termisk index kaldet PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). PPD-indexet bygger på undersøgelser foretaget med ca. 1300 amerikanske og danske forsøgspersoner. Der er foretaget en sammenligning mellem den beregnede PMV-værdi ved hvert forsøg og den procentdel af forsøgspersonerne, som ved samme forsøg har været decideret termisk utilfredse. Denne sammenligning førte til sammenhængen mellem PMV- og PPD-indexerne, som vises på nedenstående figur.



Figur 15. Sammenhængen mellem PMV- og PPD-indexerne, (efter Th. Lund Madsen "Måling af termisk komfort" [4]).

Yderligere beskrivelse af målemetoden findes i [5], hvor det nævnes, at man inden for ISO har besluttet at anvende PMV-PPD indexet til at vurdere den samlede indflydelse af de seks omtalte parametre.

Som det kan ses på figuren, kan ikke alle i en større gruppe selv med samme aktivitetsniveau og beklædning gøres termisk tilfredse. Man kan altid forvente mindst 5% utilfredse, som dog termisk set kunne blive tilfredse ved en passende ændring af f.eks. påklædningen, men faktorer som mode og vane bestemmer for mange mennesker, hvor meget eller hvor lidt tøj de tager på. Man skal derfor være temmelig heldig for i praksis at komme ned på de 5% utilfredse i f.eks. et stort kontorlokale.

Comfy-test apparatet måler direkte PMV- og PPD-indexerne v.h.a. et følerlegeme og et måleinstrument. De parametre, som indstilles inden målingen er aktivitetsniveauet, beklædningen og vanddamptrykket. Aktivitetsniveauet sættes til 70 W/m^2 , som svarer til en stillesiddende person ved et skrivebord. Beklædningen måles i clo, og 1,0 clo svarer til, at man har et jakkesæt på med vest, d.v.s. kontorpersonales beklædning om vinteren svinger mellem 0,8 og 1,0 clo. Luftens partielle vanddamptryk sættes til 10 mbar.

Som det fremgår af tabel 4 giver kombinationen af de vel-isolerede bygningskonstruktioner og de individuelle reguleringsmuligheder som forventet en god komforttilstand, idet det objektive måleinstrument angiver under 10% utilfredse personer (beklædning 1,0 clo).

Måling	PPD-index			PPD-index		
	Nordkontor			Sydkontor		
dato (1982)	temp.	1,0 clo	0,8 clo	temp.	1,0 clo	0,8 clo
	°C			°C		
5/1	19,0	6-8	15-20	19,0	10	30
4/3	21,0	5	8-10	21,0	5	8-10
6/4	22,5	9	7	22,5	7	5
17/6	21,0	5	8	20,0	7	10-11
31/8	22,5	6-7	5	23,5	7-8	6
20/10	20,5	5-6	10-11	20,5	5-7	13-15

Tabel 4. Resultater fra målinger med Comfy-test apparatet.

Yderligere er personerne i brandsektionen blevet anmodet om at vurdere komforttilstanden ved besvarelse af et spørgeskema udfærdiget af SBI (se bilag 1). Af 10 besvarelser har halvdelen ingen gener af det fysiske klima. De resterende fem har sjældent gener og synes enten at 1) der kan være koldt - navnlig om vinteren og særligt efter en week-end eller 2) at der er træk. En enkelt klager over, at luften er for tør, hvis man ikke har lemmen åben.

Det er ikke muligt ud fra disse få besvarelser at pege på nogle generelle mangler eller fejl, dette kræver, at undersøgelsen udvides til at omfatte hele centret.

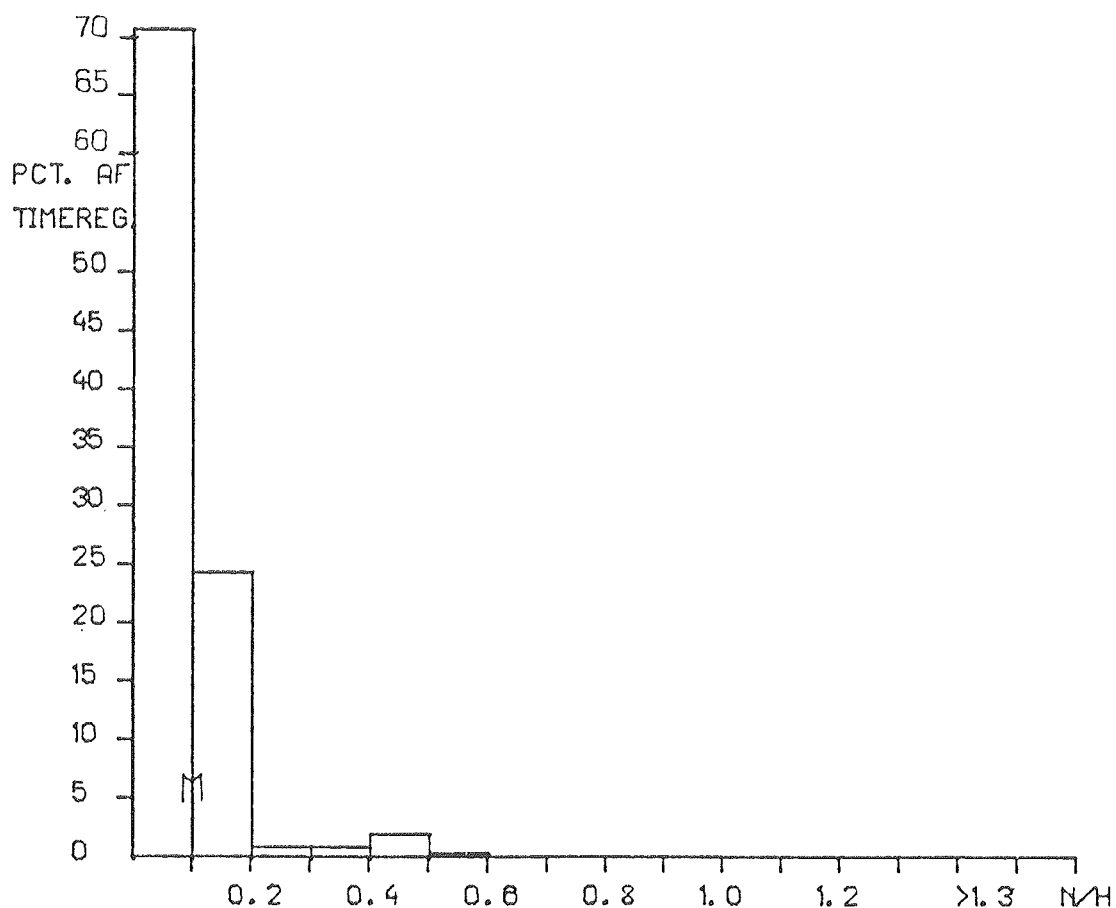
5. Luftskefttemålinger

Lfv har bestemt det naturlige luftskefte (infiltrationen) ved sporgasmetoden den 31. oktober 1981. En afpasset mængde krypton 85 blev fordelt i sektionen og dens nabosektioner v.h.a. ventilatorer. Koncentrationen blev målt med en Geiger Müller-tæller og koncentrationsændringen blev målt over flere timer og registreredes i afhængighed af tiden v.h.a. en skriver. Luftskeftet blev herefter beregnet til 0,05 gange i timen.

Der er desuden foretaget måling af luftskeftet over en uge den 18.-26. februar 1982 af Teknologisk Institut (TI). Målesystemet er udviklet på TI og er et microcomputer-kontrolleret system for registrering af luftskefte v.h.a. sporgas (lattergas) efter konstant-koncentration metoden. Dørene til brandcellen var lukkede under målingen, og koncentrationen af sporgas i gangen på hver side af brandcellen blev holdt på samme niveau som i brandcellen. Det er derfor i begge tilfælde luftskeftet med udeluften, der er målt.

Luftskeftet til det fri udregnes på basis af den mængde sporgas, det er nødvendigt at dosere for at opretholde en konstant koncentration. Systemet kører med automatisk opsamling af data på "floppydisk". Måleudstyret er opbygget med en central enhed, hvor doserings-, måle-, styrings-, og registreringsenhed er placeret. Fra den centrale enhed trækkes der to slanger ud til hvert af målerummene (max. 10), hvor den ene slange benyttes til dosering af gas, den anden til opsamling af rumluft til den centrale koncentrationsregistrering. Der doseres til rummene hvert 30te sekund og med 10 rum tilsluttet bliver sporgaskoncentrationen i rummet bestemt ca. hvert 6. minut.

Idet der er målt over en hel uge fås en viden dels om infiltrationstab, når der måles i week-enden og dels om luftskeftet i brugstilstanden d.v.s. når brugerne åbner og lukker lemmene og spjældene o.s.v.



ROCKWOOL LAVENERGIKONTORHUS : FEB 82
D. 18 KL. 14 TIL D. 26 KL. 9

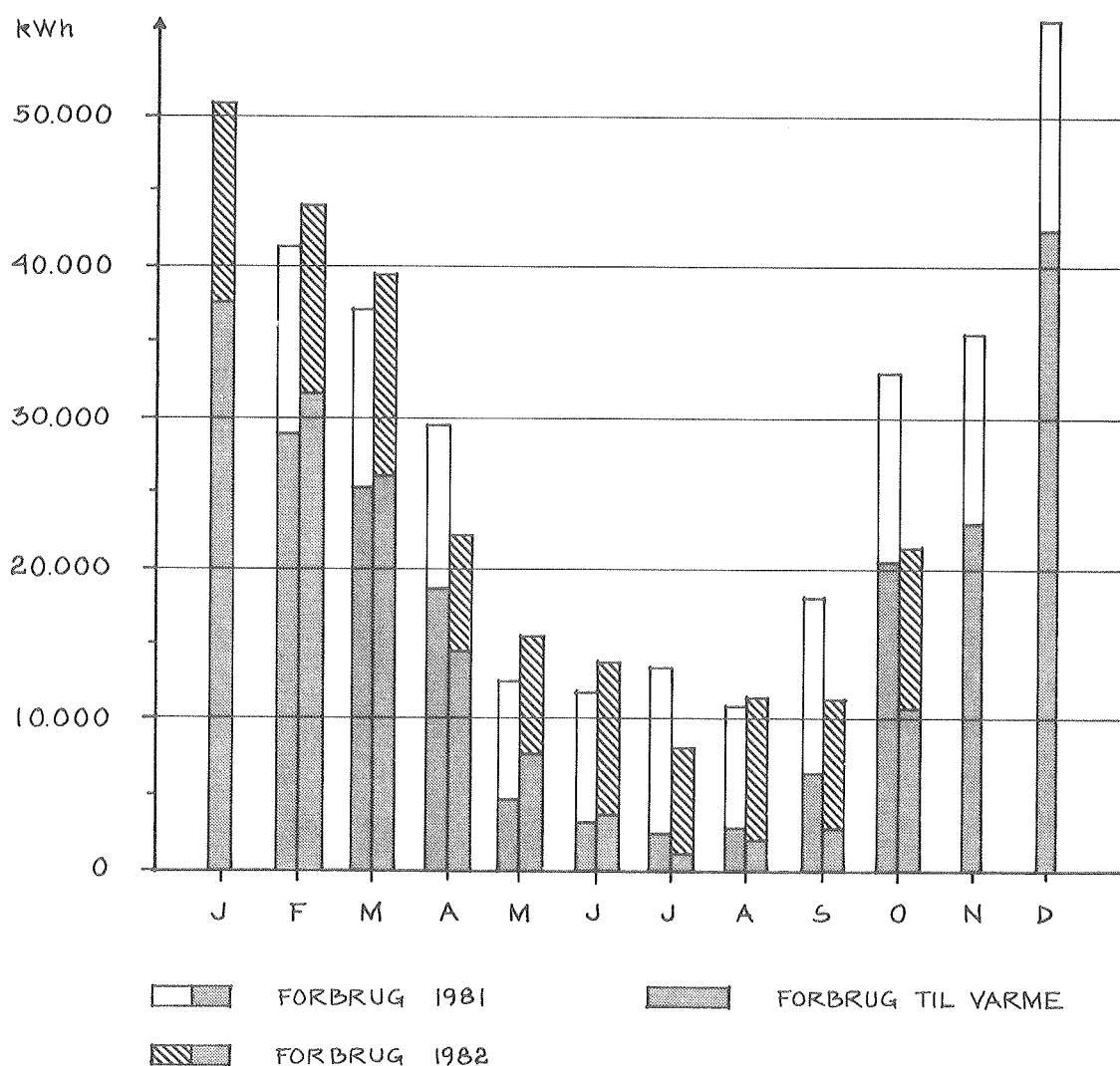
Figur 16. Luftskiftehistogram - fra TI's rapport [7].

x-akse angiver antal luftskifter pr. time. y-akse angiver procent af måleperioden, hvor luftskiftet (midlet over en time) ligger indenfor intervallet på x-aksen. Middelluftskiftet for måleperioden er markeret ved en lodret streg med et "M" over. Under histogrammet er registreringsperioden angivet.

Det ses, at i godt 70% af måleperioden ligger luftskiftet indenfor intervallet 0 til $0,1 \text{ h}^{-1}$. Det skal bemærkes, at for lørdag den 20. og søndag den 21. ses af TI's rapport, at middelluftskiftet er ca. $0,05 \text{ h}^{-1}$ (lig med infiltrations-tabet), som er det samme luftskifte, der blev målt 31. oktober 81 af LfV.

6. Forskningscentrets energiforbrug

Siden februar 1981 har RI foretaget månedlige aflæsninger af el-forbrug for hele centret til el-radiatorer og forbrug til ventilation, lys, stikkontakter, kopimaskiner, kantine, varmt vand m.v. Hele centrets el-forbrug er 350.000 kWh/år fordelt med 220.000 kWh til radiatorvarme alene og 130.000 kWh til ventilatorer, lys, stikkontakter, kopimaskiner m.v. Dette svarer til et totalt forbrug på 120 kWh/m² år, hvoraf de 75 kWh går til varme og de resterende 45 kWh til ventilation, lys o.s.v. For brandsektionen er forbruget til varme 75,8 kWh/m² år, hvilket er i god overensstemmelse med resultatet for hele centret.



Figur 17. Målt el-forbrug i forskningscentret (feb. 81 - okt. 82 incl.)

7. Konklusion

Registreringen af sektionens el-forbrug i et år har vist, at det samlede forbrug til stikkontakter, lys, ventilation og varme er 97 kWh/m². Forbruget fordeler sig med 5,0% til stikkontakter, 15,9% til lys, 0,8% til ventilation og 78,3% til varme.

Bygningen er meget tæt - infiltrationen er målt til 0,05 h⁻¹. Den indvendige relative fugtighed ligger mellem 20 og 35% om vinteren og 30 til 50% om sommeren.

Komforttilstanden er undersøgt v.h.a. Comfy-testapparatet, hvor det fremgår af tallene, at der kan forventes under 10% utilfredse - når beklædningen er 1,0 clo - både i nord- og sydkontorer, hvilket er særdeles tilfredsstillende.

Det har desuden vist sig muligt med forholdsvis enkelt udstyr at opstille energibalancer i vinterperioden, som giver god overensstemmelse mellem beregnet og målt forbrug - selv over korte måleperioder. I sommerperioden er overensstemmelsen derimod helt uacceptabel.

Brandsektionens målte energiforbrug til transmission og ventilation i fyringssæsonen 81/82 er ca. 67% af varmetabsrammen. Energiforbrugsreduktionen gennem anvendelse af de store mineraluldstykker er modarbejdet af bygningens udformning med store transmissionsarealer i forhold til gulvarealet.

Desuden har månedsmiddeltemperaturerne i kontorerne fra oktober 81 til september 82 - på nær i december måned - været over 20 °C (gennemsnitlig 21,65 °C), og da det har vist sig, at man trods høje rumtemperaturer stadig har et el-forbrug til varme om sommeren, kunne det derfor overvejes at slukke for varmen om sommeren. Dette ville give en lille energibesparelse på bekostning af den enkeltes frihed til selv at bestemme temperaturen.

En analyse af det daglige temperaturforløb har f.eks. for 9.-10. februar med udetemperaturer ca. 0 °C vist, at rumtemperaturen falder ca. 0,5 °C/h fra natsenkningens start og tilsvarende stiger ca. 0,8 °C/h under rumopvarmningen. Heraf kan måske udledes, at natsenkningen kan startes ca. 4 timer før arbejdstids ophør uden at temperaturen bliver lavere end de ønskede 21 °C.

Undersøgelsen har vist, at den mekaniske ventilation kun har været anvendt om sommeren. Fra maj til september 82 har driftstiden været gennemsnitlig 3,1 timer/døgn, det er således et spørgsmål om den mekaniske ventilation kunne have været udeladt, hvis ventilationslemmene havde haft en sådan udformning, at de kunne have været åbne om natten uden risiko for indbrud.

8. Referencer

- [1]: Kirsten Engelund Poulsen, Mogens R. Byberg, "Energi- og komfortmålinger i Rockwool International A/S lavenergi-kontorhus",
Statusrapport I , jan. 1982, rapport nr. 82-23, LfV
Statusrapport II , apr. 1982, rapport nr. 82-25, LfV
Statusrapport III, sep. 1982, rapport nr. 82-57, LfV
- [2]: Klaus Hansen, "Rockwool forsknings- og udviklingscenter", artikel i Byggeindustrien 6/7, 1981.
- [3]: P.O. Fanger, "Thermal comfort", 1970.
- [4]: Th. Lund Madsen, "Måling af termisk komfort", Særtryk af VVS 7, 1973.
- [5]: Bjarne W. Olesen, "Hvordan skal der måles for at bedømme det termiske indeklima", artikel i VVS 6/7, 1981.
- [6]: Jørgen S.R. Nielsen m.fl., "Energibesparende foranstaltninger i store bygninger", SBI-rapport 106, 1977.
- [7]: P.F. Collet m.fl.: "Måling af luftskifte over en uge i Rockwool International A/S's lavenergikontorhus". TI-rapport, 1982.

9. Summary

Energy- and comfort measurements carried out in Rockwool International A/S Research and Development Centre, established in 1980, are described in this report. The measurements have been carried out by the Thermal Insulation Laboratory in the period September 1981 to October 1982. The character of the building is experimental as great insulation thickness and also untraditionally built constructions have been used. An electric radiator and a ventilation plant have, furthermore, been installed in each office, individually controlled.

The current consumption is registered on individual meters for outlet sockets, for light, for ventilation and for heating respectively. The total consumption for one year is 97 kWh/m². The consumption is distributed by 5% for outlet sockets, by 15,9% for lighting, by 0,8% for ventilation and by 78,3% for heating.

The comfort measurements have been carried out by a Comfy-test Meter and in this way an expression for the degree of thermal discomfort has been obtained. The result of the measurements shows that below 10% unsatisfied persons can be expected when the clothing is 1.0 clo which corresponds to an ordinary indoor clothing.

The energy balance can be set up during the winter period by comparatively simple equipment and this gives a satisfactory agreement between calculated and measured consumption - even if the measuring period is short. The agreement is, however, quite unacceptable during the summer period.

Skema om fysiske indeklimagener på arbejdsstedet

Udfyldt af: _____ arbejder i: _____
initialer lokalebetegnelse

Har du gener af det fysiske klima? nej ☐
ja ☐

Hvis ja, er generne der ofte ☐
sjældent ☐
andet ☐

Skriv evt. hvornår _____

Er du generet af varme ☐
(sæt kryds hvis ja) kulde ☐
skift. temp. ☐
træk ☐
luftkvalitet ☐
(dampe, lugte)
luftens fugtighed ☐
statisk el. (får stødd) ☐
lys ☐
lyd/støj ☐
andet ☐
hvilket ? _____

Bemærkninger: _____

Hvilke symptomer er der, dvs. Hvordan mærkes generne

Lider du af astma ☐
høfeber ☐

