



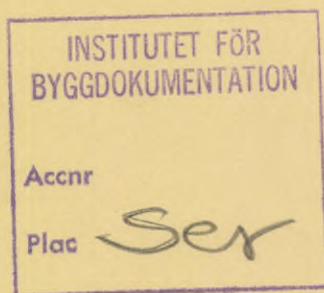
Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



## En jämförelse mellan en lätt byggnad med aktiv värmelagring och en tung byggnad

**Per Isakson**  
**Jonny Kellner**



*R*  
*AM*

R105:1984

EN JÄMFÖRELSE MELLAN EN LÄTT BYGGNAD MED  
AKTIV VÄRMELAGRING OCH EN TUNG BYGGNAD

Per Isakson  
Jonny Kellner

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
811513-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till VBB AB, Stockholm

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat

R105:1984

ISBN 91-540-4175-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

## INNEHÅLL

FÖRORD . . . . .	4
1. SAMMANFATTNING . . . . .	5
2. BAKGRUND . . . . .	6
3. BERÄKNINGAR . . . . .	9
3.1 Simuleringsprogrammet BRIS . . . . .	10
3.2 Beräkningarnas omfattning . . . . .	11
3.3 Byggnadsbeskrivande indata . . . . .	13
3.4 Övriga indata . . . . .	18
4. BERÄKNINGSRESULTAT . . . . .	20
5. REALISERING OCH EKONOMI . . . . .	27
6. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER . . . . .	29
BILAGA 1. Kompletta månadsvärden från simuleringsberäkningar . . . . .	32

## FÖRORD

Denna studie har till stor del finansierats genom anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning till VBB AB i Stockholm.

Författarna har studerat möjligheterna att utnyttja överskottsvärme i en byggnad från interna värmelaster och passiv solvärme. Överskottsvärmen, som i de flesta fall ej kan nyttiggöras momentant, skall korttidslagras i värmelager med antingen saltsmältor eller vatten som lagringsmedium.

Byggnader med stor termisk massa (tunga hus) har jämförts med byggnader med mycket liten termisk massa.

Studiens mål är att undersöka om lager kan kompensera avsaknaden av termisk massa i lätta hus och på detta sätt leda till kontrollerbara istället för spontana värmeutbyten som i byggnader med stor termisk massa.

Arbetet utgör en fortsättning av ett tidigare forskningsprojekt Solveigprojektet R21:1981.

Arbetet har genomförts av en projektgrupp bestående av:

Per Isakson	Kunlgl Tekniska Högskolan
Johnny Kellner	VBB AB (projektledare)
Claes Lenman	Hugo Theorells Ingeniörsbyrå AB

Lars Engström VBB AB har bidragit med ett värdefullt redigeringsarbete.

Stockholm i mars 1984

## SAMMANFATTNING

Studiens syfte är att belysa förutsättningarna för att ersätta mer betald energi med gratisvärme i byggnader med liten termisk massa genom att införa ett värmelager i uppvärmningssystemet. Följande frågeställningar är aktuella

- Vilken betydelse har mängden internt avgiven värme för den potentiella energibesparingen?
- Vilken betydelse har solinläckningen genom fönstren för den potentiella energibesparingen?
- Kan lönsamhet uppnås för installationen av ett värmelager?
- Kan en lätt byggnad med ett installerat värmelager få lägre uppvärmningsbehov än en tung byggnad?

## Beräkningar

Simuleringsberäkningar med datorprogrammet BRIS har genomförts för en lätt och en tung byggnad med två nivåer på den interna värmeavgivningen. Båda byggnaderna var mycket välisolerade och hade minimalt ventilationsflöde med värmeväxling. Fönstren var koncentrerade mot söderfasaden.

Värmeoch kylbehov beräknades för olika styrstrategier. Månadsvärden från simuleringsberäkningarna analyserades med hjälp av ett generellt kalkylprogram.

## Resultat

Värmebalansen för båda byggnaderna omfattar förluster genom transmission och ventilation om ca 80 respektive 20 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) samt vädring av överskottsvärme om ca 20 kWh/(m<sup>2</sup>\*år). Mellan 80 och 110 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) täcks av gratisvärme och återstoden 40 till 10 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) tillförs genom uppvärmningssystemet.

Med de antagna förutsättningarna kan inte mer än ca 10 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) sparas genom att installera ett värmelager i kombination med en värmepump. I bostadsfallet är besparingen obefintlig.

Den internt avgivna värmen har mycket större betydelse för besparingen än solinläckningen, vilket är speciellt uttalat här på grund av den korta uppvärmningsäsong som dessa välisolerade byggnader har.

Kostnaden för den inbesparade energin blir med våra beräkningsförutsättningar över 1 kr/kWh.

Stor termisk massa i byggnadsstommen ger med våra beräkningsförutsättningar lika stor värmebesparing som ett installerat lager.



## BAKGRUND

Syftet med denna studie har varit att undersöka hur mycket värme en byggnad med stor egen värmekapacitet och hög internlast kan lagra jämfört med en lätt byggnad med motsvarande höga internlast.

Byggnaderna, som är dimensionerade enligt de nya s k ELAK-normerna, har ett mycket lågt uppvärmningsbehov, vilket medför att internlasternas andel av uppvärmningen blir stor. Tillsammans med s k passiva solvärmestillskott genom fönster kommer internlasterna att leda till att övertemperaturer uppträder under dagtid redan under senvintern.

Projektgruppen har undersökt hur stor del av överskottsvärmen från apparater, belysning, människor och passiv solvärme som går att lagra. Korttidslagringen kan antingen ske med hjälp av byggnadens egen termiska massa (spontana värmeutbyten) eller genom ett kontrollerbart korttidslager, t ex en saltsmälta, där värmeutbyten kan ske kontrollerbart. Med andra ord har frågeställningen varit: Kan artificiella lager i lätta byggnader ersätta den termiska massan i en tung byggnad?

För att med rimliga arbetsinsatser beräkna och stödja valet av olika lösningar i förstudien, har ett kraftfullt datorprogram utnyttjats. Inom detta projekt har simuleringarna utförts med programmet BRIS.

Den typ av byggnad som varit föremål för studier är representativ för mindre byggnader av paviljongtyp som t ex skolor, daghem, lekskolor, mindre kontor och industrier med en måttfull tappvarmvattenförbrukning, men där internlasterna kan förväntas vara höga.

I en tidigare studie inom det s k Solveigprojektet, har saltsmältor av typ kalciumkloridhexahydrats förmåga att lagra aktiv solvärme undersökts.

### Tunga byggnader

Tunga byggnader med en stor värmekapacitet har förmåga att i sig själva binda och magasinera värme.

Av de byggnadsmaterial som normalt kan ingå i en byggnad har betong en speciellt god värmeackumulerande förmåga. För att höja temperaturen i 1 m<sup>3</sup> betong 1°C krävs ca 0,54 kWh värmeenergi.

En förutsättning för lagring är att materialets temperatur tillåts växla. Om temperaturen inte förändras är byggnadens värmekapacitet utan betydelse. Värme



kapaciteten bestäms av de ingående materialens specifika egenskaper, den s k värmekapacitiviteten, i byggtkniska sammanhang ofta uttryckt i Wh/°C kg och av mängden material t ex per m<sup>2</sup> byggnadsdel.

Vid bedömning av den effektiva värmekapaciteten torde man bara kunna ta hänsyn till den del av massan som ligger innanför värmeisoleringen. I vanliga tegel- och betongkonstruktioner hinner temperatursvängningar verka på ca 10 cm djup under ett dygn. Ett tungt hus kan antas ha en värmekapacitet motsvarande 120 Wh/°C och m<sup>2</sup> lägenhetsarea.

Massans förmåga att ta emot värme försämras avsevärt om den täcks av något isolerande material. Om ett betongbjälklag t ex beläggs med en tjock heltäckningsmatta med ett värmemotstånd på ca 0,2 m<sup>2</sup>°C/W, reduceras lagringskapaciteten från ca 56 Wh/m<sup>2</sup>°C till 17 Wh/m<sup>2</sup>°C under antagandet att 10 cm av betongmassan deltar i en dygnsvarierande process.

Vid datorberäkningarna med BRIS har förutsatts att alla byggnadsdelar exponeras fritt.

Vid datorberäkningarna har också betongens värmekapacitet utnyttjats maximalt genom att temperaturen tillåts växla kraftigt, se vidare avsnitt 3.

Specifik värmekapacitet för ett antal ämnen:

Material	Värmelagrande förmåga	
	kWh/°C ton	kWh/°C m <sup>3</sup>
Stål	0,14	1,07
Lättmetall	0,26	0,69
Betong	0,25	0,58
Natursten	0,19-0,22	0,44-0,58
Glas	0,21	0,54
Tegel (1,7)	0,26	0,42
Gips	0,31	0,37*
Barrträ	0,58-0,81	0,28-0,42
Gasbetong (0,5)	0,25	0,12
Luft (vid +10°C)	0,28	0,004
Vatten	1,17	1,17

\* En 13 mm tjock gipsskiva lagrar ca 0,005 kWh/°C m<sup>2</sup>

## Lätta

Nedgången för tunga material inom byggandet i Sverige har varit påtaglig sedan i mitten av 60-talet. Motsvarande uppgång har skett för de lätta materialen. Förändringen sammanhänger med att byggnadsindustrin numer allt oftare använder lätta utfackningsväggar med stomme av trä eller plåt som klimatskärm. Motiven är både tekniska och ekonomiska. Materialen är lätta att prefabricera, lätta att transportera samt smidiga

att montera. Regleringstekniskt är en lätt byggnad att föredra när man vill utnyttja snabbverkande lågtemperatursystem. Totalt sett har dock ändå byggnadernas termiska massa ökat sedan 60-talet.

Genom lågtemperatursystem i lätta byggnader kan följande fördelar nås:

- o Snabbverkande och därmed lättreglerande system. Husets temperatur kan regleras snabbt trots en mycket låg distributionstemperatur, vilket ger möjligheter till energisparande temperatursänkningar både natt- och dagtid.
- o Tillskottsvärme från belysning, apparater, personer och solinstrålning kan genom t ex returluften snabbt fördelas till andra rum (gäller vid luftburna system). Ju energisnålare vi bygger våra hus desto större betydelse får andelen s k "gratisenergi".
- o Genom lågtemperatursystemen kan nya former för värmeproduktion utnyttjas, såsom värmepumpar, solenergi m m.

Projektets syfte är att undersöka om särskilda massor av t ex salhydrater kan ersätta motsvarande termisk massa, vilket skulle kunna förena det tunga och det lätta husets fördelar.

Valda indata

Simuleringsberäkningar har utförts för två energisnåla enplans paviljongbyggnader i Stockholmsklimat. Skillnaden mellan de två är att den ena har en tung golvkonstruktion i form av ett helt frilagt betonggolv med underliggande isolering medan den andra har ett lätt golvbjälklag ovanpå en torpargrund. Klimatskärmarna i övrigt är lika. Väggar och takbjälklag, som är lätta konstruktioner med mineralull mellan träreglar, har k-värden enligt de nya ELAK-värdena. Den totala fönsterarean är vald enligt SBN-80, och andelen fönster är störst mot söder.

För de båda byggnaderna har simuleringar gjorts för ett bostadsfall med liten intern värmeavgivning och för ett kontorsfall med större intern värmeavgivning.

### 3. BERÄKNINGAR

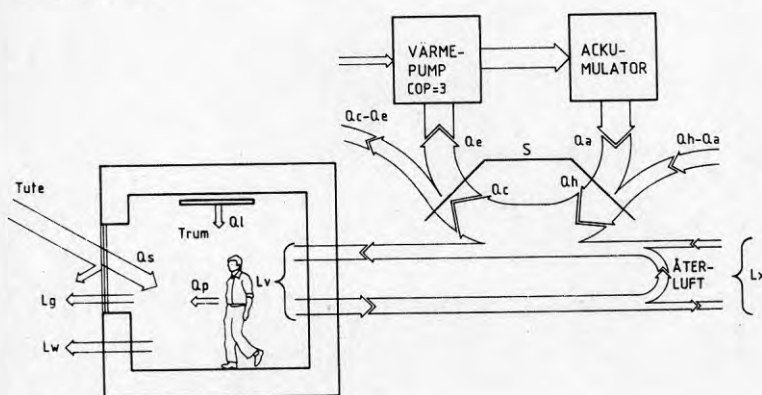
Beräkningarnas syfte är att ge underlag för att bedöma den potentiella nyttan av att införa ett värmelager i värme- och ventilationssystemet i byggnader med liten termisk massa. Vi har i första hand försökt belysa hur mycket överskottsvärme, som tillfälligt uppstår under perioder när det totalt sett finns ett uppvärmningsbehov? Denna värme, som ger övertemperaturer, vädras normalt bort, men skulle kunna lagras och användas för uppvärmning.

Däremot var det inte avsikten att ge underlag för dimensionering av ett sådant system.

Beräkningarna har utförts i två steg.

- Värme- och kylbehov har beräknats för ett antal typfall med simuleringsprogrammet BRIS, som kortfattat beskrivs i avsnitt 3.1. Resultatutskriften innehåller värden för samtliga månader och timvärden för några speciella dagar.
- Beräkningsresultatet från BRIS har därefter bearbetats och skrivits ut med ett generellt kalkylprogram. (Se figur 3.1)

Simuleringsberäkningar omfattande en eldningsssäsong har utförts för totalt tolv fall, i vilka den termiska massan, den interna värmeavgivningen samt styrningen av kylning och uppvärmning varierats på ett systematiskt sätt. Modellen för byggnadsskalet är med undantag av grund- och golvkonstruktionerna gemensam för samtliga fall. Byggnadsmodellen beskrivs i avsnitt 3.2. Driftfallen och övriga modellbeskrivande indata i beskrivs i avsnitt 3.3.



Figur 3.1 Värmeflödesdiagram. Beräkningarna med BRIS omfattar rummets värmeflöden samt värmeflödena som tillförs,  $Q_h$ , resp. bortförs,  $Q_c$ , från tilluften. Värmeflödena kring värmepump och värmelager har beräknats med utgångspunkt från månadsvärden ur beräkningsresultatet från BRIS.

För denna studie hade det varit önskvärt att, tillsammans med simuleringen av byggnadens termiska funktion, simulera också funktionen hos olika varianter av värme- och ventilationssystem. Med standard versionen av BRIS är det inte möjligt att simulera funktionen hos det installerade systemet. För att möjliggöra detta fördras så omfattande ingrepp i programmet att dessa inte var möjliga att utföra inom detta projekt.

Något annat program, som simulerar både byggnadens och värmesystemets termiska funktion, var inte tillgängligt för projektet.

### 3.1 Simuleringsprogrammet BRIS

Datorprogrammet BRIS version 3.04 (BRIS 1982) är i första hand avsett för noggrann beräkning av inomhus klimat samt värme- och kylbehov i rum. Det används främst i samband med projektering av kontorshus och då speciellt för att dimensionera värme- och kylanläggningar.

BRIS bygger på grundläggande fysikaliska samband.

Begreppet 'rum' är centralt i byggnadsbeskrivningen. Ett 'rum' i beskrivningen kan alternativt representera ett rum, flera rum med snarlika egenskaper och utsatta för ungefär samma påverkan utifrån eller ett antal närliggande rum, för vilka värmeflödena mellan rummen kan försummas.

I den aktuella BRIS-versionen måste rummet ha formen av ett rätblock. Den byggnaden, vars termiska funktion skall simuleras, byggs sedan upp av ett antal angränsande rum.

Värmeflödena genom väggar och bjälklag antas vara en dimensionella. Fouriers värmeledningsekvation löses numeriskt med en differensapproximation.

Värmeutbytet genom långvågig strålning mellan ytor inomhus beräknas med Stefan-Boltzmanns strålningslag.

Solinstrålningen genom fönster antages spridas diffust från fönstrets inneryta och absorberas av rumsytorna i enlighet med i indata givna reflektionsfaktorer. Mängden 'inläckt' solvärme beräknas såsom inläckningen genom ett tvåglasfönster multiplicerad med i indata givna avskärmningsfaktorer. Fönstrens mått avser glasdelen, och hänsyn tas ej till karm och båge. Timvärden för solinstrålningen läses från en väderdatafil.

Intern värmeavgivning från belysning är en funktion av i indata givna schemor. Av den totala belysningseffekten omvandlas i standardfallet, vilket vi har använt, 20% till ljus, 25% till långvågig strålning och 55% till värme, som överförs konvektivt till långgrumsluften.

Värmeavgivning från personer är en funktion av inomhus-temperaturen och ett i indata givet närvaroschema.

Uppvärmning sker dels genom att tilluften värms, dels genom direktverkande radiatorer.

Ventilationssystemet innehåller funktioner för till- och frånluft samt för återluftsinblandning och värmeväxling. Flöde, tillufttemperatur samt förvärmning och kylning av tilluften kan styras.

### 3.2 Beräkningarnas omfattning

I totalt tolv olika körningar över en eldningssäsong har ett antal väsentliga faktorer varierats på ett systematiskt sätt. Tabell 3.1 ger en sammanfattning av kombinationerna.

Tabell 3.1 Beräkningsfall

	Uppvärmning och kylning		Endast uppvärmning	
	Ej nattsänk	Nattsänkning	Ej nattsänk	Nattsänkning
Bostad lätt	1A	-	1E	-
tung	1B	-	1F	-
Kontor lätt	1C	2A	1G	2C
tung	1D	2B	1H	2D

I figur 3.1 visas de viktigaste energiflöden, som behandlats i beräkningarna. Där visas också systemgränsen mellan simuleringsberäkningarna med BRIS respektive den efterbehandling som utförts på månadsvärdena. För värmepumpen och ackumulatören har endast månadsvärden behandlats.

Tabell 3.2 Förteckning över beräknade storheter

Beteckn.	BRIS-beteckn.	Kommentar
Tute	MEDELUTETEMP	Temperatur utomhus
Trum	RUMSLUFT	Temperatur i rummet
Qt	TOTAL	$Q_l + Q_h + Q_c$ 'Köpt energi'
Qh	LUFTB.VÄRM	Värme till tilluften (inkl fläktarb)
Qc	LUFTB.KYLN	Värme från tilluften (räknas positiv då tilluften kyls)

forts. nästa sida



forts. från föregående sida

Beteckn.	BRIS-beteckn.	Kommentar
Qs	SOL	Solinstrålning genom fönster
Qp	PERSON	Bidrag från personvärme
Ql	BEL	Effekt från belysningen, som värmer rummet
Lg	FÖNST	Transmissionsförluster genom fönster
Lw	VÄGG	Transmissionsförluster genom väggar
Lv	VENT	Luftflöde*cp*(tillufttemperatur-Trum)
Ec		Elektricitet till värmepumpen
Ne		Qe / Qh
Ld		Värme som vädras bort
Lx		Vent.förluster. Luftflöde*cp*(Tute-Trum)
Qa		Värme som lagras.
Qe		Värme som upptas av förångaren
Qfree		'gratisvärme' som tillförs rummet Qfree = Qs + Qp + Ql
Qpaid		Betald värme som tillförs tilluften Qpaid = Qh i system utan lager Qpaid = Qh - Qa + Ec i system med lager

Innebörden hos flertalet av de beräknade storheterna storheter torde vara uppenbar från tabell 3.2 och figur 3.1. Nedan behandlas några storheter, vars definitioner är lite speciella.

Återvinningsbar värme, Qe,

Ett nödvändigt villkor för att värme skall kunna återvinnas är att överskottsvärme är tillgänglig under perioder med uppvärmningsbehov. Ju längre period som betraktas, desto större värmelagringskapacitet fordras. En övre gräns för hur mycket värme som under en månad kan återvinnas genom att överföra överskottsvärme med en värmepump till ett lager ges av det lägsta månadsvärdet av

- tillgänglig överskottsvärme (dvs Qc) och
- den värmemängd värmepumpen tar upp vid förångaren då pumpen svarar för hela uppvärmningsbehovet

Återvinningsbar värme,  $Q_e$ , har sålunda beräknats ur månadsvärdena för energierna för uppvärmning,  $Q_h$ , och kylning  $Q_c$  av tilluften enligt

$$Q_e = Q_c \quad \text{då } Q_h > 3/2 * Q_c \quad \text{och}$$

$$Q_e = 2/3 * Q_h \quad \text{då } Q_h < 3/2 * Q_c$$

Värmepumpens värmefaktor har antagits vara  $COP = 3$ .

Ventilationsförluster  $L_v$  och  $L_x$

Under rubriken 'VENT' i BRIS-utskriften redovisas skillnaden mellan den värmemängd som tillförs rummet med tilluften och den värmemängd som bortförs med frånluften. Denna skillnad,  $L_v$ , ges av

$$L_v = \text{tilluftflöde} * C_p * (\text{tillufttemperatur} - \text{Trum})$$

Ventilationsförlusten,  $L_x$ , ges av

$$L_x = \text{tilluftflöde} * C_p * (\text{Tute} - \text{Trum})$$

Sambandet mellan  $L_x$  och  $L_v$  ges av

$$L_x = L_v + Q_c - Q_h$$

där  $Q_h$  = värme som tillförs tilluften och

$Q_c$  = värme som kyls bort från tilluften

Då tilluften inte behandlas ( $Q_h=Q_c=0$ ) gäller  $L_x = L_v$ .

### 3.3 Byggnadsbeskrivande indata

Beräkningarna har utförts för en lätt och en tung paviljongbyggnad, som skiljer sig från varandra enbart med avseende på golvkonstruktionerna. Den tunga byggnaden har ett helt frilagt betonggolv med underliggande isolering medan den lätta byggnaden har ett lätt golvbjälklag. Golvbjälklagen vatter mot ett kryputrymme med konstant temperatur. Båda byggnaderna har lätta väggar och takbjälklag vars k-värden motsvarar de nya ELAK-värdena.

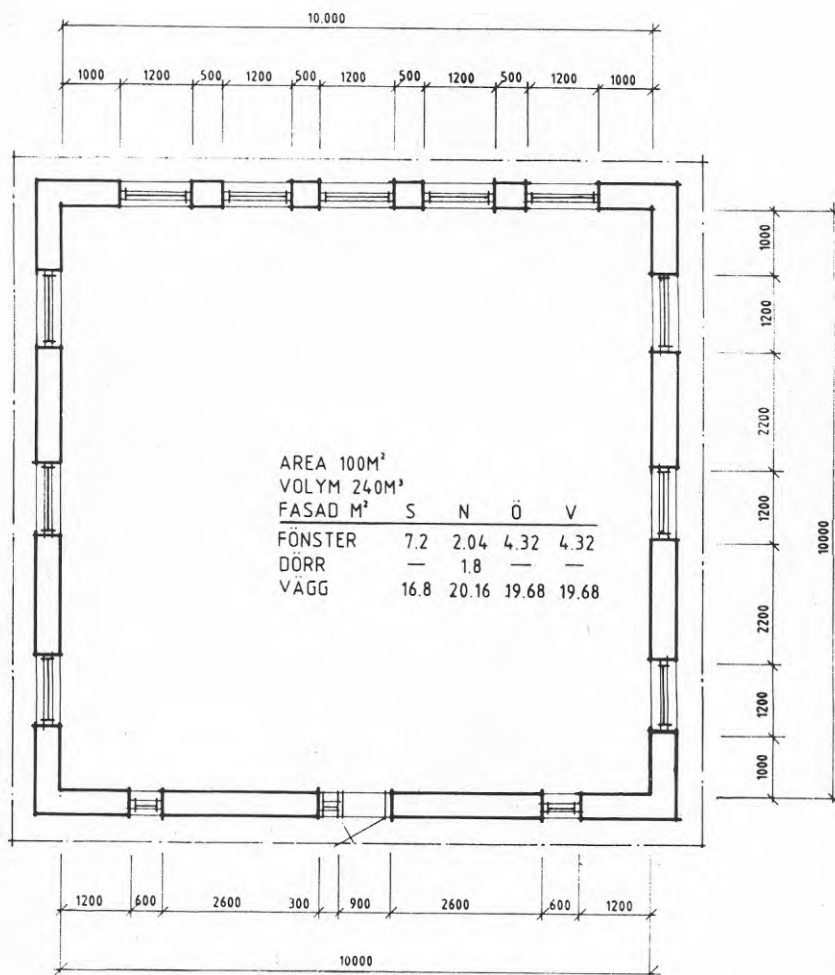


## Byggnadens storlek

Innermått: 10 x 10 m  
 Invändig takhöjd: 2.4 m

Fasader. Fördelning på byggnadsdelar (m<sup>2</sup>).

Byggnadsdel	Väderstreck			
	S	N	E	V
Fönster	7.20	4.02	4.32	4.32
Dörr		1.80		
Vägg	16.8	20.16	19.68	19.68



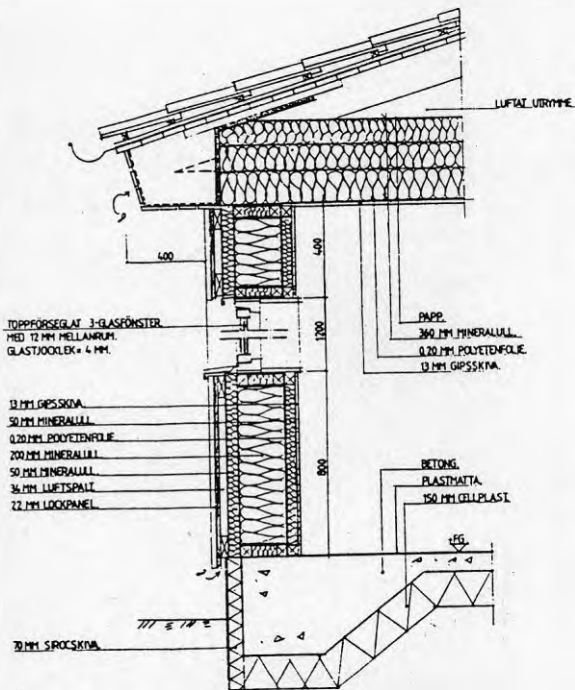
Figur 3.2 Plan av byggnaden.

## Ytterväggar

Ytterväggens k-värde är,  $k = 1/(6.08 + .25) = 0.16 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$

Väggkonstruktion sedd utifrån

Material	Dim mm	Kond. W/(m*K)	Mots. K/W	Täth. kg/m <sup>3</sup>	cp J/(kg*K)
träpanel	22	0.14	0.16	500	2300
luftspalt	36		0.15		
asfaltboard	13	0.08	0.16	600	1350
mineralull 14% regler	300	0.04	5.56	50	750
träregel	300	0.14		500	2300
gipsskiva	13	0.22	0.06	900	840



Figur 3.3 Detaljsektion.

## Yttertak

I beräkningsmodellen har antagits att yttertaket är plant.

Takets k-värde är,  $k = 1/(7.98 + 0.25) = 0.13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Takkonstruktion sedd utifrån

Material	Dim mm	Kond. W/(m <sup>2</sup> K)	Mots. K/W	Täth. kg/m <sup>3</sup>	cp J/(kg*K)
träpanel	16	0.14	0.11	500	2300
luftspalt	20		0.15		
mineralull 7% regler	360	0.04	7.66	50	750
träregel	360	0.14		500	2300
gipsskiva	13	0.22	0.06	900	840

## Golv och grund

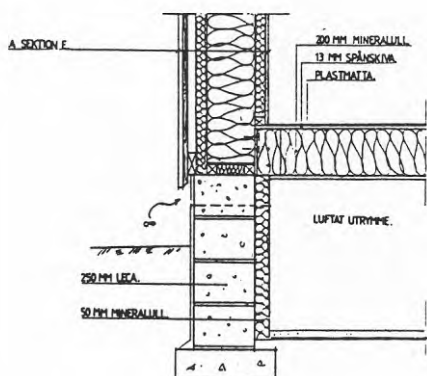
Den lätta golvkonstruktionens k-värde är,  
 $k = 1/(5.34 + 0.30) = .18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Lätt golvkonstruktion sedd inifrån

Material	Dim mm	Kond. W/(m <sup>2</sup> K)	Mots. K/W	Täth. kg/m <sup>3</sup>	cp J/(kg*K)
plastmatta	3	0.16	0.02	1100	0.28 a
asfaltboard b	13	0.08	0.16	600	1350
mineralull	200	0.04	5.00	50	750
träpanel b	22	0.14	0.16	500	2300

a) misstag

b) skiktens placeringar är förväxlade



Figur 3.4 Detalj av bottenbjälklag och grund.

Den tunga golvkonsstruktionen k-värde är,  
 $k = 1/(3.87 + 0.30) = 0.24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Tung golvkonstruktion sedd inifrån

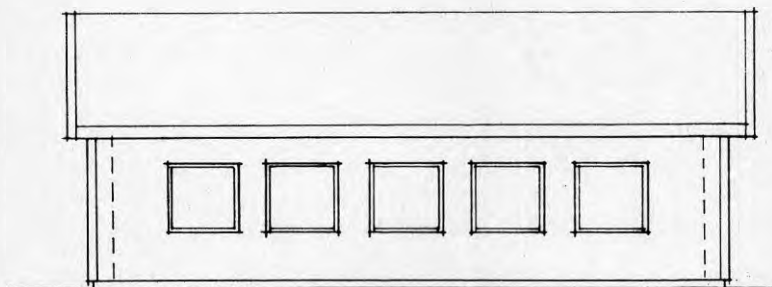
Material	Dim mm	Kond. W/(m <sup>2</sup> K)	Mots. K/W	Täth. kg/m <sup>3</sup>	cp J/(kg <sup>2</sup> K)
plastmatta	3	0.16	0.02	1100	0.28 a
betong	150	1.5	0.10	2300	880
mineralull	150	0.04	3.75	20	1400

a) misstag

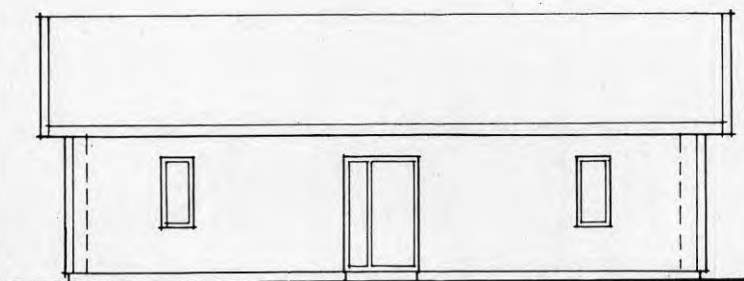
Fönster

3-glasfönster med k-värde,  $k = 2.1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

Eftersom fönstren saknar speciellt solskydd är avskärmningsfaktorerna relativt tvåglasfönster,  $F1 = .91$  och  $F2 = .80$



Figur 3.5 Fasad mot söder.



Figur 3.6 Fasad mot norr.

### 3.4 Övriga indata

Uppvärmning och kylning.

Uppvärmning och kylning sker helt genom tilluften. Inga restriktioner har lagts på tillufttemperaturen. Värme- och kyleffekten är båda begränsade till maximalt 5000 W.

Intern värmeavgivning.

Den interna värmeavgivningen, som är angiven i tabell 3.3, motsvarar i bostadsfallet en kontinuerlig medeleffekt av ca 6 W/m<sup>2</sup> och i kontorsfallet en effekt av ca 25 W/m<sup>2</sup> under arbetstid och 3 W/m<sup>2</sup> under icke arbetstid.

Ventilation.

Tilluftflödet till rummet, som är angivet i tabell 3.3, motsvarar 0.5 oms/h utom för kontor under icke arbetstid då det motsvarar 0.2 oms/h.

Återlufts-inblandningen är konstant 60%, med vilket modelleras en värmeväxlare med 60% verkningsgrad, som alltid är inkopplad.

Läckluftflödet är satt till noll.

Tabell 3.3 Schemor för intern värmeavgivning och ventilations flöde. Hänsyn har inte tagits till veckoslut och helger.

Beräkningsfall			kl	00	06	07	18	23	24
Bostad	Personvärme mm	W		540	540	300	540	540	
	Belysning	W		0	260	0	260	0	
	Tilluftflöde	kg/h		144	144	144	144	144	
Kontor	Personvärme mm	W		300	300	540	300	300	
	Belysning	W		0	0	1960	0	0	
	Tilluftflöde	kg/h		60	60	144	60	60	

Styrningen.

Styrningen sker med avseende på inomhustemperaturen, i enlighet med tabell 3.4 I beräkningsfallen 'Kontornattsänkning-kylning' kyls rummet ned aktivt under natten för att minska värmeförlusterna.

Tabell 3.4 Schemor för styrning av rumstemperaturen. Hänsyn har inte tagits till veckoslut och helger.

Beräkningsfall				Arbetstid		Icke arbetstid	
				07 - 18		18 - 07	
				min	max	min	max
Bostad	Ej natts.	kylning	1A 1B	20	24	20	24
		ej kylning	1E 1F	20	-	20	-
Kontor	Natts.	kylning	2A 2B	20	21	15	16 a)
		ej kylning	2C 2D	20	-	15	- b)
	Ej natts.	kylning	1C 1D	20	24	20	24
		ej kylning	1G 1H	20	-	20	-

a) Under icke-arbetstid har kylning beräknats även då utetemperaturen,  $T_{ute} > 16 \text{ degC}$ , vilket inte var avsikten. Detta ökar 'kylbehovet' något men det påverkar inte uppskattningen av besparingspotentialen.

b) I beräkningsfallen, 2C & 2D, är arbetstiden kl 08-17.

#### Väderdata

Väderdata från Stockholm 1971 har används efter korrigering av strålningsdata. Byggnaden har antagits ha fri horisont.

SMHI's mätserier av timvärden för solinstrålning mot en horisontell yta för Stockholm 1971 innehåller speciellt för vintermånaderna många osannolikt höga värden för den direkta instrålningen. Vid omräkning till instrålning mot fasader förstoras detta fel kraftigt och ger därmed upphov till missvisande resultat. Som indata till BRIS har vi därför använt mätvärden från Stockholm 1971 för utomhustemperaturen tillsammans med en serie av korrigerade instrålningsdata. I denna serie har alla osannolikt stora värden ersatts av uppskattade värden (Isakson, Kellner 1981).

Året 1971 är valt därför att, globalinstrålningen och antalet gradtimmar ligger inom en standardavvikelse från medelvärdena för perioden 1957 - 1975 (Taesler & Isfält, 1980).

Ordningen hos väderdata är omkastad såtillvida att vi räknar på en 'eldningssäsong' bestående av sept-dec 1971 + jan-maj 1971.

Temperaturen under golvkonstruktionen har i bägge fallen ansatts till ett konstant värde,  $T = 8 \text{ degC}$ .

En fri horisont och markreflktionen,  $r = 0.2$ , har ansatts.

## 4. BERÄKNINGSRESULTAT

Säsongsvärden från simuleringsberäkningarna med BRIS är redovisade i tabellerna 4.3 a,b. I bilaga 1. finns motsvarande månadsvärden.

Solinläckningen genom fönstren är speciellt stor under månaderna september, april och maj samtidigt som värmebehovet då är litet. Detta ger upphov till höga övertemperaturer i beräkningsfallen utan kylning och till mycket låga tillufttemperaturer i fallen med kylning. För att läsaren i någon mån ska kunna bedöma effekterna av detta presenteras flera tabeller både för perioden september till maj och perioden oktober till mars.

Värmebalansen för beräkningsfallen 1A och 1B, bostad med lätt respektive tung golvkonstruktion, visas i tabell 4.1. Förlusterna exklusive vädring är drygt 100 kW/(m<sup>2</sup>\*år) varav uppvärmning med betald energi endast svarar för en tredjedel. I dessa beräkningsfall ersätter merparten av gratisvärmens betald värme oavsett byggnadens värmekapacitet. All internt avgiven värme, Q<sub>p</sub> och Q<sub>l</sub>, utnyttjas i båda fallen och av solinläckningen utnyttjas 40 respektive 45 kW/(m<sup>2</sup>\*år) av totalt 54 kW/(m<sup>2</sup>\*år) i den lätta resp. tunga konstruktionen.

Skillnaden i transmissionsförluster genom väggar, tak och golv mellan den lätta och den tunga byggnaden förklaras nästan helt av skillnaden i golvkonstruktionernas k-värden, som är 0.18 W/(m<sup>2</sup>\*K) respektive 0.24 W/(m<sup>2</sup>\*K). En uppskattning av den k-värdesberoende skillnaden i transmissionsförluster för perioden september - maj ger nämligen 6 kW/(m<sup>2</sup>\*år). Inget försök har gjorts att korrigera beräkningsresultatet för denna skillnad i k-värde, ty den något högre värmeförlusten för den tunga byggnaden kompenseras till del av att mer internt avgiven värme och solvärme tillgodogörs.

Tabell 4.1 Värmebalans för perioden september - maj

Tillskott (kW/(m <sup>2</sup> *år))		Beräkningsfall	
		1A	1B
Solinläckning genom fönster	Q <sub>g</sub>	54	54
Personer mm	Q <sub>p</sub>	27	27
Belysning	Q <sub>l</sub>	4	4
Uppvärmning	Q <sub>h</sub>	34	33
	Summa	119	118
-----			
Förluster (kW/(m <sup>2</sup> *år))			
Fönster	L <sub>g</sub>	45	45
Väggar, tak och golv	L <sub>w</sub>	38	44
Ventilation	L <sub>x</sub>	19	19
Vädring	Q <sub>c</sub>	17	10
	Summa	119	118



Värmebalansen för beräkningsfallen 1C och 1D, kontor med lätt respektive tung golvkonstruktion, visas i tabell 4.2. Transmissionförlusterna är här något större än i bostadsfallet pga av den något högre inomhus-temperaturen, medan ventilationsförlusterna är mindre pga reducerad ventilation under icke-arbets-tid. I dessa beräkningsfall kompenserar den internt avgivna värmen merparten av värmeförlusterna och bortsett från vintern skapar solinläckningen endast överskottsvärme, som måste vädras bort. Uppvärmning med betald energi är här 17 respektive 9 W/(m<sup>2</sup>\*år) för den lätta respektive tunga konstruktionen, vilket visar att den när det finns överskottsvärme bidrar till att minska uppvärmningsbehovet.

Tabell 4.2 Värmebalans för perioden september - maj

Tillskott (kW/(m <sup>2</sup> *år))		Beräkningsfall	
		1C	1D
Solinläckning genom fönster	Q <sub>g</sub>	54	54
Personer mm	Q <sub>p</sub>	23	23
Belysning	Q <sub>l</sub>	59	59
Uppvärmning	Q <sub>h</sub>	17	9
	Summa	153	145

Förluster (kW/(m <sup>2</sup> *år))		Beräkningsfall	
		1C	1D
Fönster	L <sub>g</sub>	48	49
Väggar, tak och golv	L <sub>w</sub>	42	49
Ventilation	L <sub>x</sub>	14	14
Vädring	Q <sub>c</sub>	49	33
	Summa	153	145

BRIS-resultatet ger inget direkt svar på frågan om hur mycket energi som kan sparas genom att överföra överskottsvärme till ett lager och använda denna värme under perioder med uppvärmningsbehov. I tabellerna 4.4 a, b redovisas resultatet av en approximativ beräkning, som utförs med manadsvärden från BRIS-beräkningarna som indata (se vidare kapitel 3.). Resultatet bör betraktas som en övre gräns för den energimängd, som kan sparas med tekniken i fråga och med de aktuella förutsättningarna i form av gratisvärme och energi behov. I tabellerna visas betald värme för uppvärmning med och utan värmeåtervinning tillsammans med skillnaden, som alltså är besparingspotentialen.

Det finns inte några nämnvärda värmemängder att återvinna i en byggnad med liten intern värmeavgivning (bostad). I detta fall ger inte heller byggnadens termiska massa någon nämnvärd energibesparing.

Tabell 4.3a

Sammanställning av värmemängder, som erhållits direkt från BRIS utdata, för perioderna 1971.09--12 och 1971.01--05 för alla driftsfall.

Fall	Trum degC	Qtot kWh	Qh kWh	Qc kWh	Qs kWh	Qp kWh	Ql kWh	Lg kWh	Lw kWh	Lv kWh
1A	21.2	5499	3373	1700	5373	2660	426	-4476	-3780	-206
1B	21.2	4682	3264	991	5373	2652	426	-4459	-4387	395
1C	22.2	12567	1734	4947	5373	2347	5886	-4828	-4198	-4579
1D	22.4	10123	902	3335	5373	2329	5886	-4859	-4918	-3808
1E	23.4	3678	3270		5373	2372	426	-4985	-4352	1160
1F	22.4	3688	3262		5373	2483	426	-4686	-4797	1252
1G	28.2	7059	1173		5373	1466	5886	-6274	-5765	-684
1H	26.7	6703	817		5373	1709	5886	-5838	-6229	-899
2A	18.1	14087	1175	7028	5373	2839	5886	-3890	-3239	-6965
2B	17.8	12545	480	6179	5375	2901	5886	-3809	-3578	-6776
2C	27.2	6315	429		5373	1590	5886	-6043	-5444	-1366
2D	25.8	6114	228		5373	1809	5886	-5648	-5982	-1437

Tabell 4.3b

Sammanställning av värmemängder, som erhållits direkt från BRIS utdata, för perioderna 1971.10--12 och 1971.01--03 för alla driftsfall.

Fall	Trum degC	Qtot kWh	Qh kWh	Qc kWh	Qs kWh	Qp kWh	Ql kWh	Lg kWh	Lw kWh	Lv kWh
1A	20.5	3647	3139	224	2188	1839	284	-3147	-2698	1532
1B	20.2	3418	3124	9	2188	1857	284	-3097	-2979	1748
1C	21.7	7246	1556	1767	2188	1598	3924	-3430	-3039	-1237
1D	21.7	5484	841	719	2188	1600	3924	-3415	-3392	-903
1E	20.8	3346	3080		2188	1811	284	-3200	-2757	1672
1F	20.3	3406	3122		2188	1855	284	-3050	-2979	1753
1G	24.5	5021	1097		2188	1329	3924	-3863	-3495	-80
1H	23.1	4681	757		2188	1467	3924	-3622	-3613	-342
2A	17.9	7908	1049	2936	2188	1906	3924	-2838	-2426	-2753
2B	17.8	6501	407	2169	2189	1937	3924	-2798	-2642	-2612
2C	23.0	4293	369		2188	1451	3924	-3637	-3181	-748
2D	21.9	4091	168		2188	1566	3924	-3433	-3365	-880

I en byggnad med större intern värmebelastning (kontor) är energiförbrukningen för uppvärmning lägre och det är möjligt att minska den ytterligare genom att återvinna och lagra överskottsvärme. I fall 1C, en lätt konstruktion, som brukas som kontor, är det möjligt att spara uppemot 10 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) och därmed halvera mängden betald energi för uppvärmning. Samma resultat eller bättre kan uppnås genom att använda en tung byggnadskonstruktion.

Tabell 4.4a  $Q_h - (Q_h - Q_a + E_c) = \text{sparad (kWh/(m}^2 \cdot \text{säsong))}$  Sep-Maj  
Med utgångspunkt från simuleringsresultat för fall med både uppvärmning och kylning jämförs i tabellen mängden betald energi för uppvärmning för ett fall utan återvinning med ett fall med återvinning. I fallet utan återvinning fordras en betald energimängd,  $Q_h$ , för uppvärmningen. Kylningen kan ske genom vädring. I fallet med återvinning överförs så mycket överskottsvärme till lagret, som kan användas för uppvärmning och resten vädras bort. Då fordras en betald energimängd,  $Q_h - Q_a + E_c$ , för uppvärmning. (Jmfr figur 3.1)

		Ej nattsänk	Fall	Nattsänkning	Fall
Bostad	lätt	33.7 - 30.1 = 3.6	(1A)	-	
	tung	32.6 - 31.6 = 1.0	(1B)	-	
Kontor	lätt	17.3 - 7.0 = 10.3	(1C)	11.8 - 3.9 = 7.9	(2A)
	tung	9.0 - 6.0 = 3.0	(1D)	4.8 - 1.6 = 3.2	(2B)

Tabell 4.4b Denna tabell är motsvarar tabell 4.4a, men endast perioden okt-mar ingår.

		Ej nattsänk	Fall	Nattsänkning	Fall
Bostad	lätt	31.4 - 29.4 = 2.0	(1A)	-	
	tung	31.2 - 31.2 = 0.0	(1B)	-	
Kontor	lätt	15.6 - 6.4 = 9.0	(1C)	10.5 - 3.5 = 7.0	(2A)
	tung	8.4 - 5.8 = 2.6	(1D)	4.1 - 1.4 = 2.7	(2B)

Uppskattning av besparingspotentialen som gjordes ovan bygger på det förenklade antagandet att överskottsvärme under en månad utnyttjas för uppvärmning under samma månad i den utsträckning det finns ett uppvärmningsbehov. Detta innebär en överskattning av potentialen om uppvärmningsbehovet inträffar i början av månaden medan överskottet av värme uppträder i slutet på månaden, vilket i viss mån är fallet på senvintern och våren. Denna överskattning kompenseras i någon mån av att ett överskott från slutet av en månad kan användas i början av följande månad. Uppskattning bygger vidare på att värmelagrets och värmepumpens kapaciteter är tillräckligt stora.

Beräkningsresultatet ger inget direkt besked om hur stora dessa kapaciteter skulle behöva vara för att hela eller en viss del av potentialen skall kunna tas tillvara. En grov uppskattning på grundval av de extrema dagsvärdena, som visas i tabellerna 4.5, 4.6a&b, tillsammans med månadsmedelvärdena, som visas i bilaga 1, antyder att för den lätta byggnaden, som utnyttjas som kontor, kan följande storleksorningar gälla:

Återvinning	ca 8 kWh/(m <sup>2</sup> *år)
Lagringskapacitet	ca 0.4 kWh/m <sup>2</sup>
Kompressoreffekt	ca 10 W/m <sup>2</sup>

Tabell 4.5 Fall 2A. Dygnsvärden för värme- och kylbehov samt dygnets högsta timmedelvärdet på kyleffekten för några kalla och soliga dagar.

Datum	Trum degC	Tute degC	Qh kWh	Qc kWh	Pcmax* kW	Anm.
Jan 6	17.7	-15.3	19.05	6.66	1.67	Soligt
Feb 25	17.8	-11.3	10.23	19.26	3.37	Soligt
Mar 4	17.8	-12.9	14.24	27.35	4.14	Soligt
Mar 26	18.0	3.1	3.17	22.51	3.33	Molnigt
Apr 4	17.9	- 0.5	3.43	10.70	1.27	Mulet
Apr 20	18.7	9.6	1.46	53.83	5.00	Soligt
Maj 5	19.5	16.0	0.66	72.20	5.00	Soligt
Maj 14	18.4	10.9	0.66	59.62	5.00	Soligt

\*) Pcmax = Högsta timmedelvärde för kyleffekten under dygnet

Studerar man månadsvärdena för transmissionsförlusterna i bilaga 1. finner man förvånansvärt höga värden för vårmånaderna. Månadsmedelvärdet av de specifika förlusterna

$$kA\text{-värdet} = \text{förlusterna} / (\text{Trum} - \text{Tute})$$

är i några fall 30% högre i maj än i december. Detta beror på systematiska skillnader mellan rumsluftens och väggytornas temperaturer. Eventuellt är effekten accentuerad av det låga ventilationsflöde, som vi använt i beräkningarna.

Södergren et.al (1982) har genomfört en studie med BRIS-programmet med syfte att undersöka om värmekapaciteten i en byggnad har någon betydelse för dess årsvärmebehov. De använde en version av programmet, som då var ny, men de anger ingen versionsbeteckning.

Tabell 4.6a Sammanställning av beräknade nyckeltal för perioderna 1971.09--12 och 1971.01--05 för alla driftsfall.

Fall	Temperaturer			Uppvärmning		Ne %	Betald	Gratis	Värmeförlust		Värme
	Trum degC	Tute degC	Diff degC	Qh-Qa kWh/m2	Qa kWh/m2		Energi Qpaid kWh/m2	värme Qfree kWh/m2	Lx kWh/m2	Lg+Lw kWh/m2	dump Ld kWh/m2
1A	21.2	3.4	17.8	28.35	5.38	11	30.1	84.6	-18.8	-82.6	-13.4
1B	21.2	3.4	17.8	31.10	1.54	3	31.6	84.5	-18.8	-88.5	-8.9
1C	22.2	3.4	18.8	1.81	15.53	60	7.0	136.1	-13.7	-90.3	-39.1
1D	22.4	3.4	19.0	4.48	4.54	34	6.0	135.9	-13.7	-97.8	-30.3
1E	23.4	3.4	20.0	32.70	.00		32.7	81.7	-21.1	-93.4	.0
1F	22.4	3.4	19.0	32.62	.00		32.6	82.8	-20.1	-94.8	.0
1G	28.2	3.4	24.9	11.73	.00		11.7	127.2	-18.6	-120.4	.0
1H	26.7	3.4	23.3	8.17	.00		8.2	129.7	-17.2	-120.7	.0
2A	18.1	3.4	14.7	-.01	11.75	67	3.9	141.0	-11.1	-71.3	-62.4
2B	17.8	3.4	14.4	-.00	4.81	67	1.6	141.6	-10.8	-73.9	-58.6
2C	27.2	3.4	23.8	4.29	.00		4.3	128.5	-17.9	-114.9	.0
2D	25.8	3.4	22.5	2.28	.00		2.3	130.7	-16.7	-116.3	.0

Tabell 4.6b 1971.10--12 och 1971.01--03

Fall	Temperaturer			Uppvärmning		Ne %	Betald	Gratis	Värmeförlust		Värme
	Trum degC	Tute degC	Diff degC	Qh-Qa kWh/m2	Qa kWh/m2		Energi Qpaid kWh/m2	värme Qfree kWh/m2	Lx kWh/m2	Lg+Lw kWh/m2	dump Ld kWh/m2
1A	20.5	.8	19.7	28.35	3.04	6	29.4	43.1	-13.8	-58.4	-.2
1B	20.2	.8	19.5	31.10	.14		31.2	43.3	-13.7	-60.8	.0
1C	21.7	.8	21.0	1.81	13.74	59	6.4	77.1	-10.3	-64.7	-8.5
1D	21.7	.8	21.0	4.48	3.93	31	5.8	77.1	-10.2	-68.1	-4.6
1E	20.8	.8	20.0	30.80	.00		30.8	42.8	-14.1	-59.6	.0
1F	20.3	.8	19.5	31.22	.00		31.2	43.3	-13.7	-60.3	.0
1G	24.5	.8	23.7	10.97	.00		11.0	74.4	-11.8	-73.6	.0
1H	23.1	.8	22.3	7.57	.00		7.6	75.8	-11.0	-72.3	.0
2A	17.9	.8	17.1	-.01	10.49	67	3.5	80.2	-8.7	-52.6	-22.4
2B	17.8	.8	17.0	-.00	4.08	67	1.4	80.5	-8.5	-54.4	-19.0
2C	23.0	.8	22.2	3.69	.00		3.7	75.6	-11.2	-68.2	.0
2D	21.9	.8	21.1	1.68	.00		1.7	76.8	-10.5	-68.0	.0



Deras beräkningsfall liknar, mycket de fall, som redovisats här. Byggnadskalen är i det närmaste identiska och samma klimatdata har använts. De har systematiskt räknat igenom ett antal fall med olika storlek på den interna värmeavgivningen för en lätt och en extremt tung byggnad. En väsentlig skillnad är dock att internvärme i deras beräkningsfall endast tillförs byggnaden mellan kl 08-16 under arbetsdagar enligt en kalender, vilket ger en total tid med intern värmeavgivning som endast är drygt hälften respektive en fjärdedel av motsvarande tid i vårt kontors- respektive bostadsfall. De redovisar inte något fall med jämnare tillförsel av internvärme.

I stort sett överensstämmer resultaten, men i våra beräkningsresultat nyttiggörs större andel av den internt avgivna värmen, vilket är väntat på grund av att den internt avgivna värmen är jämnare fördelad i tiden.

#### Beräkningar och verklighet

Mängden betald energi för uppvärmning är skillnaden mellan två stora tal. Hela 60% till 80% av värmeförlusterna täcks av internvärme och solinläckning. Om detta konststycke skall fungera i verkligheten fordras att överskottsvärme verkligen lagras i byggnadskonstruktionen och inte vädras bort, vilket kräver att värmeutbytet med väggar och bjälklag inte hindras och att inomhustemperaturen samtidigt får flyta inom ett relativt stort intervall.

I dessa beräkningsfall är sannolikt bruttoförlusterna av värme genom transmission och ventilation låga i jämförelse med vad som normalt uppnås i verkligheten.

## 5. REALISERING OCH EKONOMI

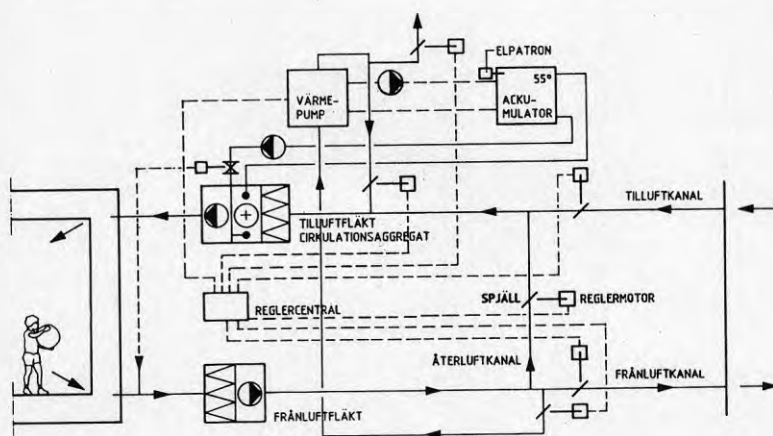
I byggnader där verksamheten under arbetstid ger ett överskott av värme finns det alltså en möjlighet att spara energi genom att lagra överskottsvärme och sedan använda den under perioder när det finns ett uppvärmningsbehov.

I kapitel 4 uppskattades storleken av denna besparingspotential till något tiotal kWh/(m<sup>2</sup>\*år) för ett kontorshus.

I en tung byggnad kan en stor del av denna potential tillvaratas genom att sörja för god termisk kontakt mellan rumsluften och byggnadsstommen och samtidigt låta inomhustemperaturen flyta inom ett intervall av några grader.

Denna möjlighet finns inte i en termiskt lätt byggnad, men motsvarande besparing kan uppnås genom att införa ett lager i värme- och ventilationssystemet. I figur 5.1 antyds ett sätt att realisera ett sådant system och i detta avsnitt bedöms lönsamheten för att inkludera en värmelagringsfunktion i ett system med till- och frånluft.

Det är uppenbart att energibesparingen, som kan uppnås genom att överföra värme från perioder med överskott till perioder med underskott, inte ensamt kan motivera kostnaden för hela systemet med värmepump, värmelager och styrning. Men det är också uppenbart att i ett sådant system kan värmepumpen med fördel utnyttjas dels för att återvinna värme ur frånluften (kanske även uteluften) och dels för kylning sommartid.



Figur 5.1 Utformning av ett luftvärmesystem med värmepump och värmelager.



Vi ansätter därför som beräkningsförutsättningar för kostnadskalkylen för värmelagringsfunktionen

att kostnaden för värmepumpen inte belastar kalkylen

att hela kostnaden för ett smältvärmelager, som idag är ca 300 SEK/kWh (ALFA LAVAL 1984), belastar kalkylen

att merkostnaden för styrningen och övrigt (relativt ett FT-system) belastar kalkylen. För ett mindre system är denna kostnad idag 25 kkr (Nilsson 1984).

Dessa kostnaderna för lager, styrning och övrigt kan halveras om en viss marknad uppstår, som möjliggör produktutveckling och tillverkning av anpassade komponenter (Nilsson 1984).

Tabell 5.1 Kostnadskalkyl

	realränta	Enstaka anläggning			Efter produktutveckling		
		2%	4%	6%	2%	4%	6%
Sparad energi MWh/år		2	2	2	2	2	2
Investering							
värmelager kkr		30	30	30	15	15	15
styrning mm kkr		25	25	25	12	12	12
Totalt kkr		55	55	55	27	27	27
Spec. Inv kr/(kWh/år)		27	27	27	14	14	14
Avskivningstid år		15	15	15	15	15	15
Underhåll %		1	1	1	1	1	1
Energikostnad kr/kWh		2.4	2.7	3.1	1.2	1.3	1.5

Dessa resultat är preliminära och en stor försiktighet måste iaktas när slutsatser dras på grundval av dem.

## 6. SLUTSATSER OCH REKOMENDATIONER

Beträffande den värmebesparande effekten, som kan uppnås genom att införa ett värmelager i värme- och ventilationssystemet i välisolerade byggnader med liten termisk massa visar denna studie

att en icke oväsentlig värmebesparing kan uppnås i byggnader där verksamheten ger en stor intern värmeavgivning, 25 W/m<sup>2</sup>, under dagtid.

att kostnaden är mycket hög - 1 till 3 kr/kWh - för den tekniska lösning vi betraktat.

att samma besparingseffekt kan uppnås genom att utnyttja den termiska massan i en tung byggnads-konstruktion.

att praktiskt taget ingen värmebesparingen kan uppnås i bostäder och andra byggnader med liten intern värmeavgivning. Under den period då solinläckningen genom fönstren ger nämnvärda överskott är uppvärmningsbehovet alltför litet för att värmelagring skall vara intressant.

att antagandena angående den interna värmeavgivningens fördelning i tiden har stor betydelse.

Några andra slutsatser vi dragit av denna studie är

att funktionen hos det installerade systemet måste ingå i simuleringsberäkningen, ty eljest blir bedömningen av erforderliga kapaciteter alltför osäker.

att BRIS version 3.04 inte är ett lämpligt verktyg för att studera möjligheterna att spara energi med hjälp av installerade system. (Begränsningarna kan naturligtvis i princip kringgås genom att göra temporära utvidgningar av programmet.)

att de matematiska modellerna i BRIS-programmet inte är tillräcklig dokumenterade för att utomstående användare skall kunna förstå programmets funktion och analysera resultatet med framgång.

att misstag och missförstånd lätt uppstår när arbetet med körningen av programmet och utvärdering av resultatet delas på flera händer.

att det innebär ett mycket stort arbete att analysera simuleringsresultat på grundval av radskrivarutskriften. Mycket skulle kunna vinnas på att automatiskt överföra rikligt med data från simuleringsprogrammet till ett generellt kalkylprogram och med dess hjälp utföra analysen.

Resultatet från denna studie är alltför osäkert och alltför hårt knutet till våra specifika antaganden för att det skall kunna ligga till grund för att avfärda möjligheten att spara energi i termiskt lätta byggnader med hjälp av lagring av temporära värmeöverskott.

Vi rekommenderar därför att en ny studie genomförs.

Denna skall utföras med ett simuleringsprogram som inkluderar funktionen hos värmepump och lager i beräkningarna.

Indata beträffande storlek och fördelning i tiden för internt avgiven värme och uppvärmningsbehov skall antingen grundas på en studie av ett antal representativa objekt eller måste ett större variationsområde täckas i beräkningarna.

## LITTERATUR

Bring A, Isfält E, odaterad, BRIS Energiversionen - Användarbeskrivning, (Kungl. Tekniska Högskolan, Inst för Uppvärmning och Ventilation). A4-serien nr 30, Stockholm

BRIS - Datorprogram för beräkning av rumsklimat, effekt- och energibehov. Programbeskrivning. 1982, (Theorells rådgivande ingenjörer), Stockholm

Isakson P, Kellner J, m.fl, 1981, Solveig-projektet. Korttidslagring i solvärmda byggnader - förstudie av magnitit-, vatten- och salhydrater. (Statens Råd för Byggnadsforskning), Rapport R21:1981, Stockholm

Isfält E, odaterad, Energibehovsberäkningar med BRIS-programmet ett exempel, (Kungl. Tekniska Högskolan, Inst för Uppvärmning och Ventilation). A4-serien nr 30, Stockholm

Larsson T, 1983, Jämförelse mellan uppmätt och beräknat rumstemperaturförlopp, (Statens Råd för Byggnadsforskning), Rapport R68:1983, Stockholm

Nilsson R, 1984, (Arlanda VVS-konstruktioner), Märsta, /muntligt meddelande/.

Södergren D, Andersson L-O, Bring A, Isfält E, 1982, Värmekapacitet i byggnadsstommar. Stommens tillgänglighet för energilagring. Ett enkelt exempel för jämförelse av en lätt och en tung byggnad. (Statens Råd för Byggnadsforskning), Stockholm /Opublicerad stencil/

BILAGA 1.  
Kompleta månadsvärden från  
simuleringsberäkningarna.

Solveig 1a. Bostad: lätt konstruktion,  $20 < T_i < 24$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	22.7	438	39	352	827	270	47	-364	-329	-451
Oct	21.5	315	147	119	581	299	48	-408	-378	-142
Nov	20.4	588	520	22	328	305	47	-510	-442	272
Dec	20.1	676	627		187	319	48	-504	-449	399
Jan	20.1	784	734	2	195	319	48	-559	-482	479
Feb	20.3	636	580	13	310	286	44	-531	-441	332
Mar	20.6	649	532	68	587	312	48	-635	-505	192
Apr	21.9	489	158	284	969	284	47	-541	-419	-340
May	23.4	926	37	840	1389	267	48	-424	-334	-947
Tot	21.2	5499	3373	1700	5373	2660	426	-4476	-3780	-206
0-Mar	20.5	3647	3139	224	2188	1839	284	-3147	-2698	1532

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
1971	degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Sep	22.7	10.7	12.0	-.00	.39	67	.26	11.44	-1.38	-6.93	-3.26
Oct	21.5	7.3	14.2	-.00	1.47	67	.98	9.28	-1.70	-7.87	-.21
Nov	20.4	1.0	19.4	4.87	.33	4	5.09	6.80	-2.25	-9.52	.00
Dec	20.1	1.0	19.1	6.27	.00		6.27	5.54	-2.29	-9.53	.00
Jan	20.1	-1.0	21.1	7.31	.03		7.33	5.62	-2.53	-10.41	.00
Feb	20.3	-1.4	21.7	5.60	.19	2	5.73	6.40	-2.35	-9.72	.00
Mar	20.6	-2.1	22.7	4.30	1.03	13	4.98	9.47	-2.72	-11.40	.00
Apr	21.9	3.5	18.4	-.00	1.58	67	1.05	13.00	-2.14	-9.60	-1.79
May	23.4	11.4	12.0	-.00	.37	67	.25	17.04	-1.44	-7.58	-8.16
Tot	21.2	3.4	17.84	28.35	5.38	11	31.94	84.59	-18.79	-82.56	-13.42
0-Mar	20.5	.8	19.70	28.35	3.04	6	30.38	43.11	-13.84	-58.44	-.21

Solveig 1b. Bostad; tung konstruktion,  $20 < T_i < 24$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Q1	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	23.4	291	29	216	827	258	47	-381	-418	-333
Oct	21.2	139	82	9	581	302	48	-399	-439	-94
Nov	20.1	561	513		328	308	47	-502	-472	292
Dec	20.0	717	669		187	320	48	-499	-497	441
Jan	20.0	817	769		195	320	48	-554	-526	517
Feb	20.0	636	592		310	289	44	-523	-480	360
Mar	20.2	547	499		587	318	48	-621	-564	232
Apr	22.2	209	81	81	969	278	47	-546	-531	-217
May	23.8	763	30	685	1389	259	48	-435	-459	-803
Tot	21.2	4682	3264	991	5373	2652	426	-4459	-4387	395
0-Mar	20.2	3418	3124	9	2188	1857	284	-3097	-2979	1748

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
1971	degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Sep	23.4	10.7	12.7	-.00	.29	67	.19	11.32	-1.46	-7.99	-1.96
Oct	21.2	7.3	13.9	.68	.14	11	.77	9.31	-1.67	-8.38	.00
Nov	20.1	1.0	19.1	5.13	.00		5.13	6.83	-2.22	-9.74	.00
Dec	20.0	1.0	19.0	6.69	.00		6.69	5.55	-2.28	-9.96	.00
Jan	20.0	-1.0	21.0	7.69	.00		7.69	5.63	-2.52	-10.80	.00
Feb	20.0	-1.4	21.4	5.92	.00		5.92	6.43	-2.32	-10.03	.00
Mar	20.2	-2.1	22.3	4.99	.00		4.99	9.53	-2.67	-11.85	.00
Apr	22.2	3.5	18.7	-.00	.81	67	.54	12.94	-2.17	-10.77	-.27
May	23.8	11.4	12.4	-.00	.30	67	.20	16.96	-1.48	-8.94	-6.65
Tot	21.2	3.4	17.83	31.10	1.54	3	32.13	84.50	-18.78	-88.46	-8.88
0-Mar	20.2	.8	19.45	31.10	.14		31.19	43.28	-13.67	-60.76	.00



Solveig 1c. Kontor; lätt konstruktion,  $20 < T_i < 24$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Q1	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	22.9	1605	34	924	827	248	647	-385	-353	-985
Oct	22.3	1389	99	622	581	264	668	-446	-421	-647
Nov	21.7	1174	258	269	328	263	647	-559	-500	-179
Dec	21.6	1100	275	157	187	275	668	-559	-515	-55
Jan	21.5	1129	333	128	195	276	668	-610	-546	18
Feb	21.6	1094	287	203	310	248	604	-575	-496	-90
Mar	21.8	1361	303	389	587	272	668	-681	-561	-284
Apr	22.4	1583	116	820	969	254	647	-569	-448	-854
May	23.6	2132	28	1436	1389	247	668	-444	-358	-1503
Tot	22.2	12567	1734	4947	5373	2347	5886	-4828	-4198	-4579
0-Mar	21.7	7246	1556	1767	2188	1598	3924	-3430	-3039	-1237

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
1971	degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Sep	22.9	10.7	12.2	-.00	.34	67	.23	17.22	-.95	-7.38	-9.01
Oct	22.3	7.3	15.0	-.00	.99	67	.66	15.13	-1.25	-8.67	-5.55
Nov	21.7	1.0	20.7	-.00	2.59	67	1.72	12.38	-1.69	-10.59	-.97
Dec	21.6	1.0	20.6	.40	2.35	57	1.97	11.30	-1.73	-10.74	.00
Jan	21.5	-1.0	22.5	1.42	1.91	38	2.69	11.39	-1.88	-11.56	.00
Feb	21.6	-1.4	23.0	-.00	2.87	67	1.91	11.62	-1.73	-10.71	-.12
Mar	21.8	-2.1	23.9	-.00	3.04	67	2.02	15.27	-1.98	-12.42	-1.87
Apr	22.4	3.5	18.9	-.00	1.16	67	.78	18.70	-1.50	-10.17	-7.42
May	23.6	11.4	12.2	-.00	.28	67	.19	23.04	-.95	-8.02	-14.17
Tot	22.2	3.4	18.78	1.81	15.53	60	12.17	136.06	-13.66	-90.26	-39.12
0-Mar	21.7	.8	20.95	1.81	13.74	59	10.98	77.10	-10.26	-64.69	-8.51

Solveig 1d. Kontor; tung konstruktion,  $20 < T_i < 24$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Q1	Lg	Lw	Lv
	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Q1	Lg	Lw	Lv
Sep	23.7	1420	20	753	827	239	647	-404	-476	-833
Oct	23.0	1099	21	410	581	255	668	-462	-524	-519
Nov	21.8	872	125	100	328	263	647	-557	-537	143
Dec	21.4	853	168	17	187	278	668	-550	-563	-20
Jan	21.1	923	240	15	195	282	668	-598	-587	40
Feb	21.4	813	161	49	310	251	604	-569	-535	-60
Mar	21.8	923	126	128	587	271	668	-679	-646	-201
Apr	23.2	1233	20	566	969	245	647	-588	-572	-700
May	23.9	1986	21	1297	1389	245	668	-452	-478	-1372
Tot	22.4	10123	902	3335	5373	2329	5886	-4859	-4918	-3808
0-Mar	21.7	5484	841	719	2188	1600	3924	-3415	-3392	-903

	Temperatures			Heating			Paid	Free	Heat losses		Heat
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne	heat	heat	Vent	Transm	dump
1971	degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Sep	23.7	10.7	13.0	-0.00	.20	67	.13	17.13	-1.00	-8.80	-7.40
Oct	23.0	7.3	15.7	-0.00	.21	67	.14	15.04	-1.29	-9.86	-3.97
Nov	21.8	1.0	20.8	-0.00	1.25	67	.83	12.38	-1.68	-10.94	-.16
Dec	21.4	1.0	20.4	1.43	.25	10	1.60	11.33	-1.72	-11.13	.00
Jan	21.1	-1.0	22.1	2.17	.23	6	2.32	11.45	-1.84	-11.85	.00
Feb	21.4	-1.4	22.8	.88	.73	30	1.37	11.65	-1.72	-11.04	.00
Mar	21.8	-2.1	23.9	-0.00	1.26	67	.84	15.26	-1.99	-13.25	-.44
Apr	23.2	3.5	19.7	-0.00	.20	67	.14	18.61	-1.54	-11.60	-5.52
May	23.9	11.4	12.5	-0.00	.21	67	.14	23.02	-.95	-9.30	-12.84
Tot	22.4	3.4	18.99	4.48	4.54	34	7.50	135.88	-13.74	-97.77	-30.33
0-Mar	21.7	.8	20.95	4.48	3.93	31	7.10	77.12	-10.25	-68.07	-4.57

Solveig 1e. Bostad: lätt konstruktion,  $20 < T_i$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	27.1	82	35		827	206	47	-477	-449	-155
Oct	22.7	174	126		581	281	48	-440	-413	-59
Nov	20.6	559	513		328	302	47	-515	-447	285
Dec	20.1	658	627		187	319	48	-504	-449	399
Jan	20.1	781	733		195	319	48	-559	-483	480
Feb	20.4	618	575		310	285	44	-533	-444	339
Mar	21.1	555	507		587	305	48	-649	-521	229
Apr	24.9	168	121		969	240	47	-620	-509	-128
May	33.3	82	34		1389	115	48	-688	-637	-229
Tot	23.4	3678	3270		5373	2372	426	-4985	-4352	1160
0-Mar	20.8	3346	3080		2188	1811	284	-3200	-2757	1672

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
1971	degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Sep	27.1	10.7	16.4	.35	.00	.35	10.80	-1.90	-9.26	.00	
Oct	22.7	7.3	15.4	1.26	.00	1.26	9.10	-1.84	-8.53	.00	
Nov	20.6	1.0	19.6	5.13	.00	5.13	6.77	-2.28	-9.62	.00	
Dec	20.1	1.0	19.1	6.27	.00	6.27	5.54	-2.29	-9.53	.00	
Jan	20.1	-1.0	21.1	7.33	.00	7.33	5.62	-2.53	-10.42	.00	
Feb	20.4	-1.4	21.8	5.75	.00	5.75	6.39	-2.36	-9.77	.00	
Mar	21.1	-2.1	23.2	5.07	.00	5.07	9.40	-2.78	-11.70	.00	
Apr	24.9	3.5	21.4	1.21	.00	1.21	12.56	-2.49	-11.29	.00	
May	33.3	11.4	21.9	.34	.00	.34	15.52	-2.63	-13.25	.00	
Tot	23.4	3.4	19.99	32.70	.00	32.70	81.71	-21.09	-93.37	.00	
0-Mar	20.8	.8	20.03	30.80	.00	30.80	42.83	-14.07	-59.57	.00	

Solveig 1f. Bostad; tung konstruktion,  $20 < T_i$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	26.0	76	29		827	219	47	-445	-500	-148
Oct	21.3	128	79		581	300	48	-402	-439	-89
Nov	20.1	561	514		328	308	47	-502	-473	292
Dec	20.0	717	669		187	320	48	-449	-497	441
Jan	20.0	817	769		195	320	48	-554	-526	517
Feb	20.0	636	592		310	289	44	-523	-480	360
Mar	20.2	547	499		587	318	48	-621	-564	232
Apr	23.0	128	81		969	265	47	-567	-568	-146
May	31.2	78	30		1389	144	48	-624	-750	-207
Tot	22.4	3688	3262		5373	2483	426	-4686	-4797	1252
0-Mar	20.3	3406	3122		2188	1855	284	-3050	-2979	1753

1971	Temperatures			Heating		Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack			Vent	Transm	
	degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Sep	26.0	10.7	15.3	.29	.00	.29	10.93	-1.77	-9.45	.00
Oct	21.3	7.3	14.0	.79	.00	.79	9.29	-1.68	-8.41	.00
Nov	20.1	1.0	19.1	5.14	.00	5.14	6.83	-2.22	-9.74	.00
Dec	20.0	1.0	19.0	6.69	.00	6.69	5.55	-2.28	-9.46	.00
Jan	20.0	-1.0	21.0	7.69	.00	7.69	5.63	-2.52	-10.80	.00
Feb	20.0	-1.4	21.4	5.92	.00	5.92	6.43	-2.32	-10.03	.00
Mar	20.2	-2.1	22.3	4.99	.00	4.99	9.53	-2.67	-11.85	.00
Apr	23.0	3.5	19.5	.81	.00	.81	12.81	-2.27	-11.35	.00
May	31.2	11.4	19.8	.30	.00	.30	15.81	-2.37	-13.74	.00
Tot	22.4	3.4	19.04	32.62	.00	32.62	82.81	-20.10	-94.83	.00
0-Mar	20.3	.8	19.47	31.22	.00	31.22	43.26	-13.69	-60.29	.00

Solveig 1g. Kontor; lätt konstruktion,  $20 < T_i$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	34.5	667	20		827	66	647	-683	-681	-177
Oct	29.1	694	26		581	152	668	-629	-611	-162
Nov	24.2	824	177		328	223	647	-623	-560	-14
Dec	22.7	883	215		187	255	668	-589	-550	30
Jan	22.4	950	282		195	261	668	-634	-574	86
Feb	23.3	816	213		310	221	604	-618	-541	24
Mar	25.0	853	185		587	217	668	-770	-659	-44
Apr	31.7	682	35		969	107	647	-812	-714	-197
May	41.2	689	21		1389	-36	668	-916	-875	-230
Tot	28.2	7059	1173		5373	1466	5886	-6274	-5765	-684
0-Mar	24.5	5021	1097		2188	1329	3924	-3863	-3495	-80

	Temperatures			Heating		Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack			Ne	Vent	
1971	degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	% kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Sep	34.5	10.7	23.8	.20	.00	.20	15.40	-1.97	-13.64	.00
Oct	29.1	7.3	21.8	.26	.00	.26	14.01	-1.88	-12.40	.00
Nov	24.2	1.0	23.2	1.77	.00	1.77	11.98	-1.91	-11.83	.00
Dec	22.7	1.0	21.7	2.15	.00	2.15	11.10	-1.85	-11.39	.00
Jan	22.4	-1.0	23.4	2.82	.00	2.82	11.24	-1.96	-12.08	.00
Feb	23.3	-1.4	24.7	2.13	.00	2.13	11.35	-1.89	-11.59	.00
Mar	25.0	-2.1	27.1	1.85	.00	1.85	14.72	-2.29	-14.29	.00
Apr	31.7	3.5	28.2	.35	.00	.35	17.23	-2.32	-15.26	.00
May	41.2	11.4	29.8	.21	.00	.21	20.21	-2.51	-17.91	.00
Tot	28.2	3.4	24.86	11.73	.00	11.73	127.25	-18.57	-120.39	.00
0-Mar	24.5	.8	23.65	10.97	.00	10.97	74.41	-11.77	-73.58	.00



Solveig 1h. Kontor; tung konstruktion,  $20 < T_i$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	32.7	667	20		827	97	647	-625	-788	-158
Oct	28.1	689	21		581	171	668	-594	-671	-155
Nov	23.0	744	97		328	243	647	-590	-545	-82
Dec	21.5	829	161		187	276	668	-552	-567	-12
Jan	21.2	901	233		195	281	668	-600	-591	48
Feb	21.8	746	142		310	244	604	-579	-545	-34
Mar	22.9	771	103		587	252	668	-707	-694	-107
Apr	29.7	667	20		969	141	647	-749	-816	-192
May	39.0	689	21		1389	4	668	-842	-1012	-207
Tot	26.7	6703	817		5373	1709	5886	-5838	-6229	-899
0-Mar	23.1	4681	757		2188	1467	3924	-3622	-3613	-342

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
1971	degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Sep	32.7	10.7	22.0	.20	.00		.20	15.71	-1.78	-14.13	.00
Oct	28.1	7.3	20.8	.21	.00		.21	14.20	-1.76	-12.65	.00
Nov	23.0	1.0	22.0	.97	.00		.97	12.18	-1.79	-11.35	.00
Dec	21.5	1.0	20.5	1.61	.00		1.61	11.31	-1.73	-11.19	.00
Jan	21.2	-1.0	22.2	2.33	.00		2.33	11.44	-1.85	-11.91	.00
Feb	21.8	-1.4	23.2	1.42	.00		1.42	11.58	-1.76	-11.24	.00
Mar	22.9	-2.1	25.0	1.03	.00		1.03	15.07	-2.10	-14.01	.00
Apr	29.7	3.5	26.2	.20	.00		.20	17.57	-2.12	-15.65	.00
May	39.0	11.4	27.6	.21	.00		.21	20.61	-2.28	-18.54	.00
Tot	26.7	3.4	23.28	8.17	.00		8.17	129.68	-17.16	-120.67	.00
0-Mar	23.1	.8	22.28	7.57	.00		7.57	75.79	-10.99	-72.35	.00



Solveig 2a. Kontor; lätt konstr.,  $20 < T_i < 21$ , resp  $15 < T_i < 16$ , vvx 60%.

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	18.4	1922	35	1240	827	309	647	-272	-241	-1269
Oct	18.2	1622	70	883	581	321	668	-339	-323	-908
Nov	17.9	1274	170	457	328	314	647	-461	-399	-428
Dec	17.9	1181	174	339	187	326	668	-461	-409	-311
Jan	17.8	1197	228	301	195	326	668	-513	-441	-235
Feb	17.8	1169	196	369	310	294	604	-486	-400	-323
Mar	17.9	1465	210	588	587	325	668	-578	-454	-548
Apr	18.2	1781	66	1068	969	311	647	-461	-343	-1122
May	18.7	2477	24	1784	1389	313	668	-319	-229	-1821
Tot	18.1	14087	1175	7028	5373	2839	5886	-3890	-3239	-6965
0-Mar	17.9	7908	1049	2936	2188	1906	3924	-2838	-2426	-2753

1971	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
	degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	
Sep	18.4	10.7	7.7	-.00	.35	67	.24	17.83	-.64	-5.13	-12.16
Oct	18.2	7.3	10.9	-.00	.70	67	.47	15.70	-.95	-6.62	-8.36
Nov	17.9	1.0	16.9	-.00	1.70	67	1.14	12.89	-1.42	-8.60	-3.43
Dec	17.9	1.0	16.9	-.00	1.74	67	1.16	11.81	-1.47	-8.70	-2.22
Jan	17.8	-1.0	18.8	-.00	2.28	67	1.52	11.89	-1.62	-9.54	-1.49
Feb	17.8	-1.4	19.2	-.00	1.96	67	1.31	12.08	-1.50	-8.86	-2.38
Mar	17.9	-2.1	20.0	-.00	2.10	67	1.40	15.80	-1.70	-10.32	-4.48
Apr	18.2	3.5	14.7	-.00	.66	67	.44	19.27	-1.21	-8.04	-10.23
May	18.7	11.4	7.3	-.00	.24	67	.16	23.70	-.61	-5.48	-17.68
Tot	18.1	3.4	14.71	-.01	11.75	67	7.83	140.98	-11.12	-71.29	-62.44
0-Mar	17.9	.8	17.12	-.01	10.49	67	6.99	80.18	-8.66	-52.64	-22.37

Solveig 2b. Kontor; tung konstr.,  $20 < T_i < 21$ , resp  $15 < T_i < 16$ , vvx 60%

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	17.9	1910	23	1240	827	318	647	-261	-255	-1276
Oct	17.9	1533	36	829	581	329	668	-329	-366	-883
Nov	17.8	1044	62	336	328	319	647	-455	-426	-413
Dec	17.8	948	68	211	187	330	668	-455	-444	-287
Jan	17.7	926	102	156	196	331	668	-507	-473	-215
Feb	17.7	900	69	227	310	298	604	-481	-427	-305
Mar	17.8	1151	71	412	587	330	668	-571	-506	-509
Apr	17.9	1667	28	992	969	318	647	-453	-401	-1080
May	17.9	2467	21	1778	1390	328	668	-297	-280	-1808
Tot	17.8	12545	480	6179	5375	2901	5886	-3809	-3578	-6776
0-Mar	17.8	6501	407	2169	2189	1937	3924	-2798	-2642	-2612

	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
	1971 degC	degC	degC	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	%	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Sep	17.9	10.7	7.2	-.00	.23	67	.15	17.92	-.59	-5.16	-12.25
Oct	17.9	7.3	10.6	-.00	.36	67	.24	15.78	-.90	-6.95	-8.05
Nov	17.8	1.0	16.8	-.00	.62	67	.41	12.94	-1.39	-8.81	-2.94
Dec	17.8	1.0	16.8	-.00	.68	67	.46	11.85	-1.44	-8.99	-1.65
Jan	17.7	-1.0	18.7	-.00	1.02	67	.68	11.95	-1.60	-9.80	-.88
Feb	17.7	-1.4	19.1	-.00	.69	67	.46	12.12	-1.48	-9.08	-1.81
Mar	17.8	-2.1	19.9	-.00	.71	67	.47	15.85	-1.68	-10.77	-3.64
Apr	17.9	3.5	14.4	-.00	.28	67	.19	19.34	-1.17	-8.54	-9.73
May	17.9	11.4	6.5	-.00	.21	67	.14	23.86	-.52	-5.77	-17.63
Tot	17.8	3.4	14.44	-.00	4.81	67	3.20	141.62	-10.77	-73.87	-58.58
0-Mar	17.8	.8	16.98	-.00	4.08	67	2.72	80.50	-8.50	-54.40	-18.98

Solveig 2c. Kontor; lätt konstr., 20 < Ti, resp 15 < Ti, vvx 60%

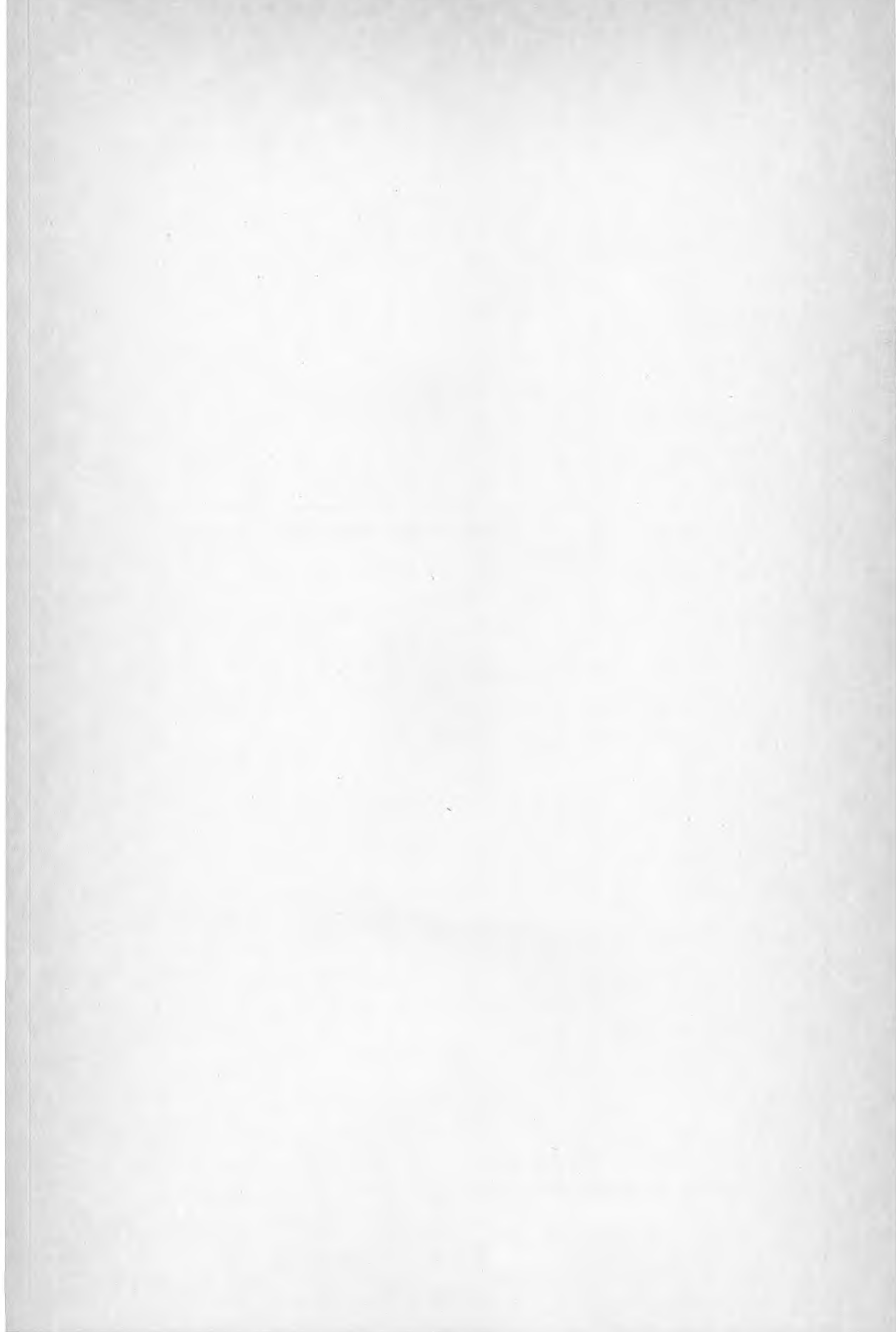
	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	34.5	667	20		827	66	647	-683	-681	-177
Oct	29.1	689	21		581	152	668	-628	-608	-167
Nov	22.7	703	56		328	243	647	-587	-507	-125
Dec	20.9	725	56		187	281	668	-541	-481	-115
Jan	20.2	771	102		195	291	668	-577	-498	-79
Feb	21.4	673	69		310	245	604	-574	-476	-108
Mar	23.5	733	65		587	239	668	-730	-611	-154
Apr	31.5	667	20		969	109	647	-807	-707	-211
May	41.2	689	21		1389	-36	668	-916	-875	-230
Tot	27.2	6315	429		5373	1590	5886	-6043	-5444	-1366
0-Mar	23.0	4293	369		2188	1451	3924	-3637	-3181	-748

1971	Temperatures			Heating			Paid heat	Free heat	Heat losses		Heat dump
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne			Vent	Transm	
	degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	
Sep	34.5	10.7	23.8	.20	.00		.20	15.40	-1.97	-13.64	.00
Oct	29.1	7.3	21.8	.21	.00		.21	14.01	-1.88	-12.36	.00
Nov	22.7	1.0	21.7	.56	.00		.56	12.18	-1.81	-10.94	.00
Dec	20.9	1.0	19.9	.56	.00		.56	11.36	-1.71	-10.22	.00
Jan	20.2	-1.0	21.2	1.02	.00		1.02	11.54	-1.81	-10.75	.00
Feb	21.4	-1.4	22.8	.69	.00		.69	11.59	-1.77	-10.50	.00
Mar	23.5	-2.1	25.6	.64	.00		.64	14.94	-2.19	-13.41	.00
Apr	31.5	3.5	28.0	.20	.00		.20	17.25	-2.31	-15.14	.00
May	41.2	11.4	29.8	.21	.00		.21	20.21	-2.51	-17.91	.00
Tot	27.2	3.4	23.84	4.29	.00		4.29	128.49	-17.95	-114.87	.00
0-Mar	23.0	.8	22.17	3.69	.00		3.69	75.63	-11.17	-68.18	.00

Solveig 2d. Kontor; tung konstr.,  $20 < T_i$ , resp  $15 < T_i$ , vvx 60%

	Troom	Qtot	Qh	Qc	Qs	Qp	Ql	Lg	Lw	Lv
1971	degC	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Sep	32.7	667	20		827	97	647	-625	-788	-158
Oct	28.1	689	21		581	171	668	-594	-671	-155
Nov	22.2	669	22		328	254	647	-570	-506	-152
Dec	19.8	691	22		187	299	668	-510	-507	-138
Jan	18.9	714	46		195	313	668	-538	-516	-123
Feb	20.4	627	23		310	262	604	-544	-486	-144
Mar	21.8	702	34		587	267	668	-677	-679	-168
Apr	29.7	667	20		969	142	647	-748	-817	-192
May	39.0	689	21		1389	4	668	-842	-1012	-207
Tot	25.8	6114	228		5373	1809	5886	-5648	-5982	-1437
0-Mar	21.9	4091	168		2188	1566	3924	-3433	-3365	-880

1971	Temperatures			Heating			Paid	Free	Heat losses		Heat
	Troom	Tamb	Diff	Dir	Ack	Ne	heat	heat	Vent	Transm	dump
degC	degC	degC	kWh/m2	kWh/m2	%	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Sep	32.7	10.7	22.0	.20	.00	.20	15.71	-1.78	-14.13	.00	
Oct	28.1	7.3	20.8	.21	.00	.21	14.20	-1.76	-12.65	.00	
Nov	22.2	1.0	21.2	.22	.00	.22	12.29	-1.74	-10.76	.00	
Dec	19.8	1.0	18.8	.22	.00	.22	11.54	-1.60	-10.17	.00	
Jan	18.9	-1.0	19.9	.46	.00	.46	11.76	-1.69	-10.54	.00	
Feb	20.4	-1.4	21.8	.23	.00	.23	11.76	-1.67	-10.30	.00	
Mar	21.8	-2.1	23.9	.34	.00	.34	15.22	-2.02	-13.56	.00	
Apr	29.7	3.5	26.2	.20	.00	.20	17.58	-2.12	-15.65	.00	
May	39.0	11.4	27.6	.21	.00	.21	20.61	-2.28	-18.54	.00	
Tot	25.8	3.4	22.47	2.28	.00	2.28	130.68	-16.65	-116.30	.00	
0-Mar	21.9	.8	21.07	1.68	.00	1.68	76.78	-10.48	-67.98	.00	











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
811513-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till VBB AB, Stockholm.**

**R105: 1984**

**ISBN 91-540-4175-9**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704105**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, 7853  
103 89 Stockholm**

**Cirka pris: 30 kr exkl moms**