



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.



Rapport

R52:1975

Energibesparing i hus

**Planering och drift av byggnader
under nya förutsättningar**

Jürgen Magdalinski

Göran Wale

Kristian Wale

Byggforskningen

Energibesparing i hus

Planering och drift av byggnader under nya förutsättningar

G Magdalinski, G Wale och K Wale

Energibesparing kan ske på många sätt inom området belysning och uppvärmning av byggnader. De åtgärder som ligger närmast till hands är ökning av värmeisoleringen och sänkning av innetemperaturerna. I de flesta byggnader kan dock dagens energiförbrukning minskas avsevärt med enklare och billigare metoder som ej heller medför sämre inneklimat. För bostadshus har ett stort arbete nedlagts för kartläggning av energiförbrukningen inom byggnaderna enligt Bygghorsknings Rapport R 10:1974. I kontorshus med stora ventilationsanläggningar finns särskilt stora möjligheter att med enkla medel spara energi. Denna utredning anvisar lämpliga besparingsåtgärder för kontorshus både byggnadstekniskt, installationstekniskt och driftmässigt. Energiförbrukningen (el + värme) kan vid nybyggnad därigenom minskas från i dag sannolikt normala 40–120 kWh/m³ år till 20–50 kWh/m³ år.

Bakgrund

Grundidén till denna utredning väcktes hösten 1973 före oljekrisen. Tanken var att jämföra energiförbrukningen i ett nyuppfört kontorshus med den beräknade förbrukningen som skulle erhållas i ett liknande hus projekterat mot bakgrunden att energipriset var tre gånger högre. Genom att på detta sätt anta ett drastiskt förhöjt prisläge förväntades ett tydligt kalkylutslag för tänkbara besparingsåtgärder. Det senaste årets prisutveckling för energin har kommit som en överraskning och understryker kraven på hushållning med energiresurserna. I Sverige faller 50 % av det totala årsenergiebehovet på byggnader och besparingar inom denna sektor får därför stor inverkan på importbehovet av energi.

Metod

Som utgångspunkt har använts ett nybyggt, traditionellt projekterat kontorshus. Energibalansen i detta hus har genom mätningar och beräkningar kartlagts så att fördelningen på olika typer av energitillskott och energiförluster kunnat bedömas. Då denna fördelning är känd kan inverkan av tänkbara besparingsåtgärder beräknas och de ekonomiska konsekvenserna bedömas. Svar sökes på frågorna:

• Hur borde detta hus ha utförts om energipriset varit tre gånger högre?

- Vilka ändringar i befintliga hus motiveras av det högre energipriset?
- Hur borde driften planeras?

Besparingsåtgärder kan genomföras på fyra olika nivåer:

1. Optimering av driften med oförändrade tekniska förutsättningar
2. Införande av energibesparande system som kan åstadkommas med nu etablerad teknik
3. Besparing genom ny ännu ej marknadsförd teknik, t ex nyttiggörande av solinstrålning genom hela glasfasader (drivbänkeffekten) varvid värmen sedan lagras exempelvis i byggnadsstommen för användning under natt- och helgtid. Experimentbyggnader hörande till denna kategori finns redan och andra är under projektering.
4. Lagring av solenergi från sommar till vinter med reversibla kemiska processer. Om detta kan realiseras ekonomiskt skulle kontorsbyggnader inte behöva värmestillskott. Endast energi för belysning, kontorsmaskiner och installationer skulle erfordras.

Denna rapport behandlar i huvudsak endast besparingsåtgärder hänförliga till nivå 1 och 2.

Förutsättningar

Befintlig byggnad, kv Kolven nr 3, är belägen i Stockholm och har följande data:

Byggnadsvolym	24 430 m ³
Våningsyta	7 935 m ²
Uthyrningsbar yta	6 115 m ²
Garage	51 pl
Fasader mot det fria	2 324 m ²
Därav fönster inkl karmar	500 m ²
Glasyta netto	320 m ²
Takyta	1 625 m ²

Kontorslokalerna utgörs till största delen av cellkontor. Fasader och yttertak är utförda i normal standard med k-värden enligt Svensk Byggnorm. Fönstren är utförda som ljudisolerande 2-glas-

Bygghorsknings Sammanfattningar

R52: 1975

Nyckelord:

kontorshus, nybyggnad, befintlig byggnad, energibesparingsmetoder, energiplanering

Rapporten hänför sig till forskningsanslag 730597-1 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Byggplanering, Ragnar Wale o Co., Stockholm

UDK 697.003
725.23

SfB (59), (69)

Sammanfattning av:

Magdalinski, G, Wale, G, och Wale, K, 1975. *Energibesparingar i hus. Planering och drift av byggnader under nya förutsättningar.* (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R52:1975, 96 s., ill. 20 kr + moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: Installation

TAB. 1 Tekniska förändringar som i ett förhöjt energiprisläge bör övervägas vid nybyggnad av en byggnad liknande kv Kolven nr 3.

	BESPARING				TILLÄGG- INVESTE- RING
	Värme	El	Värme + el		
	kWh/år	kWh/år	Hög- pris ¹⁾ kr/år	Normal- pris ¹⁾ kr/år	
Minskning av ofrivillig ventilation (drag)	50 000 ²⁾		6 000 ²⁾	3 000	Varierar
Isolering av fönster under nätter och helger	106 000		11 000	4 700	50 000–80 000
Alternativt treglasfönster	32 000		3 300	1 400	25 000
Förbättring av värmeisolering i tak	35 000		4 200	2 100	31 000
Belysning och solskyddsutformn.	—	68 000	14 400	4 300	—
Ventilation					
a) minsta tillåtna ute-luftandel minskas till 20 %	18 000		2 200	1 100	—
b) ventilationen uppdelas på flera zoner, reglersystemet effektiviseras så att temperaturen efter blandning kan höjas och genomsnittlig återluftblandning ökas	57 000		6 800	3 400	10 000–60 000
Avstängbar ventilation i kärnutrymmen minskar genomsnittlig luftmängd med 6 000 m ³ /h	40 000		4 800 +1 900	2 400 +900	
Avstängning av toalettfläktar under nätter och helger	153 000	6 000	18 300 +1 600	9 200 +700	1 000
Värmelagring genom avstängning under nätter och helger	50 000		6 000	3 000	2 000

- 1) Högpris: värme 12 öre/kWh, el 27/12 öre/kWh. Normalpris: värme 6 öre/kWh, el 12/6 öre/kWh
2) Att denna besparing är så låg beror på att byggnaden redan är tät

TAB 2 Energibalans för befintlig byggnad och för två olika besparingsalternativ.
Alt 1: nattisolerade fönster + alla övriga åtgärder
Alt 2: treglasfönster + övriga åtgärder exkl nattavstängning av värme

	NYBYGGNAD		BEFINTLIG BYGGNAD
	Alt 1 kWh/år	Alt 2 kWh/år	kWh/år
Energiförluster			
Transmission	343 000	411 000	480 000
Ofrivillig ventilation	52 000	62 000	123 000
Ventilation	174 000	204 000	456 000
Garageventilation, soprum och konferensrum under icke kontorstid	31 000	31 000	16 000
Varmvatten	10 000	10 000	10 000
Summa förluster	610 000	718 000	1 085 000
Tillförd energi			
El minskar p g a lägre belysningseffekt och kortare drifttid för belysning och ventilation	230 000	230 000	315 000 ¹⁾
Solinstrålning	60 000	50 000	50 000
Personvärme	31 000	30 000	31 000
Värme	289 000	408 000	693 000 ²⁾
Summa tillförd energi	610 000	718 000	1 089 000
Specifik förbrukning av el + värme per m ³ byggnadsvolym	21	26	41

- 1) Verklig förbrukning 1972/73
2) Verklig förbrukning 1972/73 omräknad till normalår

fönster med dubbla tätningsfalsar. Ventilationssystemet har mekanisk till- och frånluft med balanserad luftmängd 45 000 m³/h och drifttid vardagar kl 08.00–17.00. Energiåtervinning erhålles genom inblandning av upp till 65 % frånluft i tilluften som sedan filteras och befuktas. Kylanläggning saknas. Uppvärmning sker med termostatreglerade radiatorer.

Förutsatt förhöjt energipris:
Elenergi under dagtid 27 öre/kWh
under nattid 12 öre/kWh
Värmeenergi i fjärrvärme . 12 öre/kWh
Endast besparingsåtgärder som kun-
nat vidtagas utan försämring av nuva-
rande inomhusklimat har beaktats. An-
tagen rumstemperatur +23 °C med in-
dividuell reglermöjlighet ± 1,5 °C. Be-
fuktning till ca 30–35 % RF.

Resultat

För kv Kolven nr 3 som redan har återluftsystem och begränsade drifttider för ventilationen blir besparingarna enligt TAB. 1 och 2.

I byggnader som saknar värmeåtervinning och har långa drifttider för ventilationen kan mycket stora besparingar göras. Nedan redovisas den totala årsförbrukningen av el + värme i kWh/m³ byggnadsvolym i en byggnad som saknar värmeåtervinning och har långa drifttider, men i övrigt är lik kv Kolven nr 3.

Ventilationens drift-förhållanden	Specifik förbrukning kWh/m ³ . år
Drift dygnet runt	130
Drift vardagar 07.00–20.00	62
Drift vardagar 08.00–17.00	50
Kv Kolven nr 3 med återluftsystem, drift varda- gar 08.00–17.00. Verklig förbrukning 1973/74	34

Slutsatser

Det finns stora möjligheter att spara energi i kontorshus. De viktigaste besparingsåtgärderna är:

- Minimering av drifttider för ventilationsanläggningar
- Värmeåtervinning i ventilationssystem
- Inreglering av installationssystem
- Kontroll av innetemperatur
- Tätning av dragiga byggnader

Övriga åtgärder enligt TAB. 1 kan ge ytterligare besparingar om erforderliga investeringar accepteras. Många av dessa åtgärder kan vidtagas även i befintliga hus.

Saving of energy in buildings

Planning and running of buildings
in changed conditions

G Magdalinski, G Wale and K Wale

Within the fields of lighting and heating, energy can be saved in many ways in buildings. The measures which appear most obvious are increases in thermal insulation and reductions in indoor temperatures. However, in most buildings, present consumption of energy can be cut appreciably by simpler and cheaper methods which do not, at the same time, result in a deterioration of the internal climate. A large amount of work has been done to chart energy consumption in residential buildings — see National Swedish Building Research Report No R10:1974. Office buildings with large ventilation plants have a particularly great potential for saving energy by simple means. This investigation indicates appropriate savings measures for office buildings from the points of view of construction, installations and operation. In this way, consumption of energy (electricity + heating) in new buildings can be cut from the figure of 40–120 kWh/m³ annually, which is probably normal at present, to 20–50 kWh/m³ annually.

Background

The original idea of this investigation arose in the autumn of 1973, i.e. before the oil crisis. The idea was to compare energy consumption in a newly built office building with the estimated likely consumption in a similar building, designed on the assumption that energy prices had trebled. It was expected that by assuming in this way that a drastic change had taken place in price levels, the estimate would clearly indicate the results of possible savings measures. The rise in energy prices which has taken place in the past year has come as a surprise, and emphasises the need for economic utilisation of energy resources. In Sweden, 50 % of the total annual energy needs is accounted for by buildings, and savings in this sector therefore exert a considerable influence on the amount of energy which must be imported.

Method

A newly built traditional office building has been used as the starting point. The energy balance in this building has been charted by means of measurements and calculations, so that the breakdown into different types of energy gains and losses could be assessed.

Once this breakdown is known, the influence of possible savings measures can be estimated and their economic consequences assessed. The questions posed were:

- In what way should this building have been designed if energy prices had been three times as much?
- What alterations in existing buildings are warranted by the higher energy price?
- How should running of the building be planned?

Measures to effect savings can be taken at four different levels:

1. Optimisation of the running of the building, technical conditions being otherwise unchanged.
2. Introduction of energy saving systems which can be provided by techniques in established use at present.
3. Savings by means of techniques not yet on the market, e.g. utilisation of solar radiation by means of facades consisting entirely of glass (greenhouse effect), the heat being stored in e.g. the building concrete slabs and used at night and at week-ends. Experimental buildings in this category have already been constructed, and others are being designed.
4. Storage of solar energy from summer to winter by means of reversible chemical processes. If this could be done economically, then office buildings would not require energy for heating purposes. Only electrical energy for lighting, office machinery and installations would be needed. In the main, this report deals only with savings measures at levels 1 and 2.

Conditions

The existing building, No 3 in the town block 'Kolven', is situated in Stockholm and has the following data:

Building volume	24 430 m ³
Floor space	7 935 m ²
Rentable area	6 115 m ²
Garage spaces	51 No
Facades to the open air	2 324 m ²
Of this, windows incl. frames	500 m ²
Net glass area	320 m ²
Roof area	1 625 m ²

For the most part, the office accommodation consists of individual offices.

Swedish Building Research Summaries

R52: 1975

Key words:

office building, new building, existing building, energy saving method, energy planning

The report refers to research grant 730597-1 from the Swedish Council for Building Research to AB Byggplanering, Ragnar Wale o Co., Stockholm.

UDC 697.003
725.23

SfB (59), (69)

Summary of:

Magdalinski, G, Wale, G, och Wale, K, 1975. *Energibesparingar i hus. Planering och drift av byggnader under nya förutsättningar.*

Saving of energy in buildings. Planning and running of buildings in changed conditions. (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R52:1975, 96 p., ill. 20 Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403
S-111 84 Stockholm
Sweden

TAB. 1 Technical alterations which should be considered in a high energy price situation when a building similar to No 3 'Kolven' is being designed.

	SAVINGS				EXTRA INVESTMENT Skr.
	Heat	El. power	Heat+el. power		
	kWh/yr	kWh/yr	High price ¹⁾ Skr/yr	Normal price ¹⁾ Skr/yr	
Reduction of unintentional ventilation (draughts)	50 000		6 000 ²⁾	3 000	Varies
Insulation of windows overnight and at weekends	106 000		11 000	4 700	50 000—80 000
Alternative three-pane window	32 000		3 300	1 400	25 000
Improvement of thermal insulation in roof space	35 000		4 200	2 100	31 000
Lighting and sunshade design	—	68 000	14 400	4 300	—
Ventilation					
a) least permitted fresh air proportion cut to 20 %	18 000		2 200	1 100	—
b) ventilation divided into a number of zones, regulation system made more efficient so that the temperature after mixing can be raised, and the average used air admixture raised	57 000		6 800	3 400	10 000—60 000
Facility to turn off ventilation in core area rooms cuts average air flow by 6 000 m ³ /h	40 000		4 800 +1 900	2 400 +900	
Toilet fans turned off overnight and at week-ends	153 000	6 000	18 300 +1 600	9 200 +700	1 000
Storage of heat by turning off system overnight and at week-ends	50 000		6 000	3 000	2 000

- 1) High price: heat Skr. 0.12/kWh, electricity Skr. 0.27/0.12/kWh. Normal price: heat Skr. 0.06/kWh, electricity Skr. 0.12/0.06/kWh
 2) The reason why this saving is low is because this building is already airtight.

Facades and roof are constructed to normal standard, with the U-value according to the Swedish Building Code. The windows are constructed as double-paned sound insulating windows with double sealing strips. The ventilation system has mechanical inlet and outlet air with a balanced air flow of 45,000 m³/hour, and weekday hours of operation between 0800 and 1700. Energy is recovered by admixture of up to 65 % of used air in the inlet air which is then filtered and humidified. There is no cooling plant. Heating is accomplished by means of thermostatically controlled radiators.

Assumed increased energy prices:
 El. energy during the day Skr. 0.27/kWh
 during night Skr. 0.12/kWh
 Heating energy from district heating plant 0.12/kWh
 Only savings measures which can be taken without adversely affecting the present internal climate have been considered. The assumed room temperature is +23 °C with an individual regulation facility of ± 1.5 °C. Humidification is to approx. 30–35 % RH.

Results

In the case of No 3 'Kolven' which already has an air recirculation system and limited periods of operation, the savings are as shown in TAB. 1 and 2.

In buildings which have no recovery of heat and long periods of operation, very large savings are possible. The figures below refer to the total annual consumption of electric power + heat in kWh/m³ of building volume in a building with no heat recovery and long periods of operation, but otherwise the same as No 3 'Kolven'.

Operating conditions of ventilation	Specific consumption, kWh/m ³ , year
Operation round the clock	130
Weekday operation, 0700–2000	62
Weekday operation, 0800–1700	50
No 3 'Kolven' with air recirculation system, weekday operation 0800–1700. Actual consumption 1973/74.	34

Conclusions

There is a great potential for the saving of energy in office buildings. The most important savings measures are

- Minimisation of periods of operation for the ventilation system
- Recovery of heat in the ventilation system
- Adjustment of the ventilation system
- Control of indoor temperature
- Draughtproofing of buildings.

Other measures shown in TAB. 1 will provide further savings if the necessary investment can be accepted. Many of these measures can be taken also in existing buildings.

TAB. 2 Energy balance for existing building, for two savings alternatives.

Alt. 1. windows insulated at night + all other measures

Alt. 2. three-pane windows + other measures, excl. turning off heat at night

	NEW BUILDING		EXISTING BUILDING
	Alt. 1 kWh/yr	Alt. 2 kWh/yr	kWh/yr
<i>Energy losses</i>			
Transmission	343 000	411 000	480 000
Unintentional ventilation	52 000	62 000	123 000
Ventilation	174 000	204 000	456 000
Garage ventilation, refuse collection room and conference rooms outside office hours	31 000	31 000	16 000
Hot water	10 000	10 000	10 000
Total losses	610 000	718 000	1 085 000
<i>Energy supplies</i>			
Reduction in electrical energy due to lower required electric power for unreduced illumination and shorter operating periods for lighting and ventilation	230 000	230 000	315 000 ¹⁾
Solar radiation	60 000	50 000	50 000
Heat from occupants	31 000	30 000	31 000
Heating	289 000	408 000	693 000 ²⁾
Total supplies	610 000	718 000	1 089 000
Specific consumption of electric power + heat per m ³ of building volume	21	26	41

- 1) Actual consumption in 1972/73
 2) Actual consumption in 1972/73 converted to a normal year

Rapport R52:1975

ENERGIBESPARING I HUS

Planering och drift av byggnader
under nya förutsättningar

Jürgen Magdalinski, Göran Wale och Kristian Wale

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730597-1
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Byggplanering,
Ragnar Wale & Co, Stockholm

ISBN 91-540-2485-4
Statens råd för byggnadsforskning

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	5
1 INLEDNING	7
1.1 Problemet	7
1.2 Målsättning	7
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	8
2.1 Befintlig byggnad	8
2.2 Ekonomiska förutsättningar	10
2.2.1 Energitaxor	10
2.2.2 Övriga ekonomiska förutsättningar	11
2.3 Människans klimatkrav	11
2.3.1 Temperatur, luftfuktighet, luftrörelser, belysning	11
3 ALLMÄNNA FAKTORER SOM STYR ENERGIFÖRBRUKNINGEN	15
3.1 Planeringsskedet	15
3.2 Det tekniska utförandet	16
3.3 Driften	16
4 BYGGNADENS ENERGIBALANS	17
4.1 Den befintliga byggnadens energiförbrukning enligt mätningar och beräkningar	17
4.2 Rummets beräknade effektbalans under kontorstid och natt- och helgtid	23
5 PLANERING AV NYBYGGNAD	26
5.1 Översikt över möjligheter till energibesparing i nybyggnad	26
5.2 Projektering, upphandling och kontroll	27
5.2.1 Projekteringsförutsättningar	27
5.2.2 Att beakta vid upphandlingen	27
5.2.3 Kontroll	28
5.3 Byggnaden	28
5.3.1 Minskning av ofrivillig ventilation (drag)	28
5.3.2 Isolering av fönster	31
5.3.3 Förbättring av värmeisolering i väggar	33
5.3.4 Förbättring av värmeisolering i tak	40
5.3.5 Solskyddsutformning	41
5.3.6 Frånluftfönster	42
5.4 Installationer	43
5.4.1 Belysning	43
5.4.2 Ventilation	47
5.4.3 Styrning av radiatorer	58
5.4.4 Värmepump	58
5.4.5 Andra återvinningssystem	60
5.4.6 Värmelagring genom avstängning under nätter, veckoslut och helger	60
5.4.7 Befuktning	67

		4
5.5	Lagring av överskottsenergi från kontorstid till natt- och helgtid	70
5.6	Sammanfattning av lämpliga besparingsåtgärder vid nybyggnad	74
6	FÖRÄNDRING AV BEFINTLIGA BYGGNADER	78
6.1	Översikt över möjligheter till energibesparing	78
6.2	Byggnaden	78
6.2.1	Tätning av byggnadens omslutning	78
6.2.2	Fönsterisolering under nätter och helger	79
6.2.3	Tilläggsisolering av väggar	79
6.2.4	Tilläggsisolering av tak	80
6.3	Installationer	81
6.3.1	Belysning	81
6.3.2	Ventilation	81
6.3.3	Styrning av radiatorer	84
6.3.4	Värmepump	84
6.3.5	Värmelagring genom avstängning under nätter, veckoslut och långhelger	85
6.4	Sammanfattning av lämpliga besparingsåtgärder vid ändring av befintlig byggnad	86
7	DRIFT AV BYGGNAD	89
7.1	Drift- och underhållinstruktioner	89
7.2	Förebyggande underhåll	92
7.3	Skötselpersonal	92
7.4	Driftstatistik	94
	REFERENSER	95

BETECKNINGAR

P	effekt	W (kcal/h)
W	energi	kJ eller kWh (kcal)
t	temperatur	°C
Δt	temperaturdifferens	°C
λ	värmeledningsförmåga	W/mK (kcal/mh°C)
c	värme kapacitet	J/kg K
C	värme kapacitet	J/kg
k	värme genomgångskoefficient	W/m ² K (kcal/m ² h°C)
K	kostnad	kr
Q	gradtimmar per år	
p	annuitet	

I några fall där formler har hämtats ur litteratur med andra beteckningar har dessa förklarats på resp ställe.

OMVANDLINGSFAKTORER

$$1 \text{ kJ} = 0,24 \text{ kcal} = 0,28 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,86 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{För värmning av } 1 \text{ m}^3 \text{ luft åtgår } 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ kWh/K}$$

1 INLEDNING

1.1 Problemet

De idag kända energitillgångarna på jorden är begränsade och kraven på sparsamhet har i hög grad accentuerats genom oljekrisen. I Sverige används ca 50 % av den totala energiförbrukningen till uppvärmning av byggnader. Erforderlig energimängd för husuppvärmning är beroende av många påverkbara faktorer och besparingsåtgärder inom denna sektor kan därför förväntas ge stora effekter. Byggprocessen är dock mycket invecklad och innehåller många för branschen speciella särdrag. Energiförbrukningen i en byggnad påverkas primärt av ett begränsat antal tekniska faktorer men problemet ligger i styrningen av de ekonomiska avvägningar som krävs för att uppnå energisnåla byggnader. Dessa avvägningar påverkas av ägandeförhållanden, finansieringsfrågor, upphandlingsformer, upplåtelseformer, konkurrensförhållanden samt lagar och normer.

På grund av branschens komplicerade natur och de stora värden som representeras av byggnaderna är beslutsfattarna ofta konservativa och följer vedertagen praxis hellre än att pröva nya lösningar. En drastisk förändring av t ex energipriset kommer därför endast långsamt att kunna förändra byggnadspraxis och påverka den tekniska utformningen av nybyggnader. Stora besparingar kan dock uppnås genom en effektivisering av driften inom befintliga byggnader.

1.2 Målsättning

Denna rapport avser belysa hur ett drastiskt förändrat kostnads- läge för energin kan förväntas påverka planering och drift av byggnader. Redovisningen har lagts upp som en jämförelse mellan ett befintligt nybyggt kontorshus och ett hus planerat mot bakgrunden av ett energipris tre gånger högre än hösten 1973.

Svar sökes på frågorna:

- o Hur borde detta hus ha utförts om energipriset varit tre gånger högre?
- o Vilka ändringar i befintliga hus motiveras av det högre energipriset?
- o Hur borde driften planeras?

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Befintlig byggnad

Kv Kolven nr 3 är beläget nära S:t Eriksplan i Stockholm.

Byggnaden är ett kontorshus i 5 plan inkl källaren.

Den uppfördes i sitt nuvarande skick under första halvåret 1972. Stommen i de två understa våningarna och grunden har behållits från den ursprungliga år 1929 uppförda byggnaden. De övre delarna av byggnaden samt stomkomplettering och installationer i de nedre har alltså tillkommit år 1972.

Tabell 2.1

Data för befintlig byggnad kv Kolven nr 3.

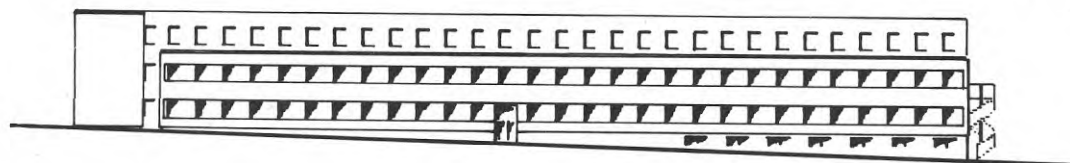
Byggnadsvolym	24.430 m ³
Våningsyta	7.935 m ²
Uthyrningsbar yta	6.115 m ²
Garage	51 platser
Fasader mot det fria	2.324 m ²
Därav fönster inkl karmar	500 m ²
Glasyta	320 m ²
Takyta	1.625 m ²

Kontorsutrymmena utgöres till största delen av cellkontor. Byggnaden inrymmer totalt ca 220 arbetsplatser.

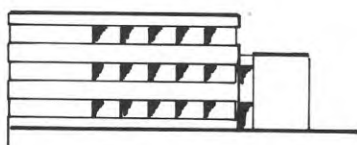
Stommen i den äldre delen består av tunna betongplattor på sekundär- och primärbalkar samt pelare av stål kringgjutna med betong. I den påbyggda nyare delen är stommen med hänsyn till befintlig pålgrund och befintliga pelare utförd med så låg vikt som möjligt. Den består av prefabricerade betongplattor av typ Ttk på primärbalkar och pelare av stål, brandisolerade på annat sätt än genom kringgjutning. Yttertaket utgöres av bärande, trapetskorrugerad plåt på sekundär- och primärbalkar av stål, ångspärr, värmeisolering 70 mm mineralull klistrad mot ångspärren, täckt med 3-lagstäckning av papp, som skyddas av 40 mm singel.

Fasaderna består i den nya delen av en prefabricerad 70 mm regelstomme + 30 mm täckande mineralullsskiva + halvstens tegel i horisontella band. Mellan fönstren är teglet utbytt mot korrugerad plåt. Fasaden i plan 2 har ungefär lika k-värde som den nya väggen. Fasaden i plan 1 (källaren) har högt k-värde.

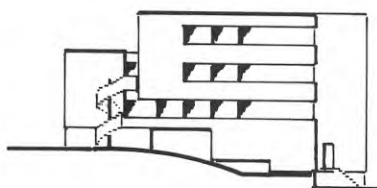
Fönstren är vid fabrik konstruktivt ihopbyggda med väggen. De är utformade som ljudisolerande fönster glasade med 2 st 3 mm glasrutor på 80 mm avstånd. Mellan karm och båge sker tätning med dubbla tätningslister bestående av hudöverdraget skumgummi. Mellan bågarna tätas med list av ventilerande skumplast.



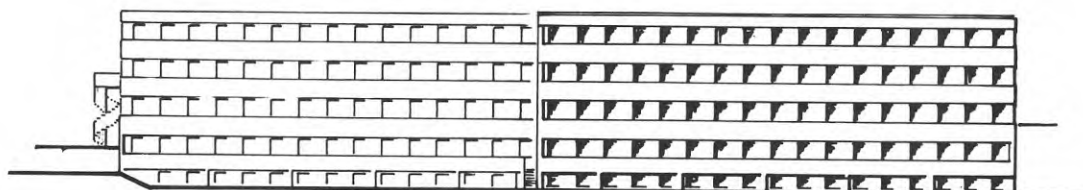
Fasad mot norr



Fasad mot öster



Fasad mot väster



Fasad mot söder

Skala

0 10 15 20 30 40 50 meter

FIG 2.1 Fasader

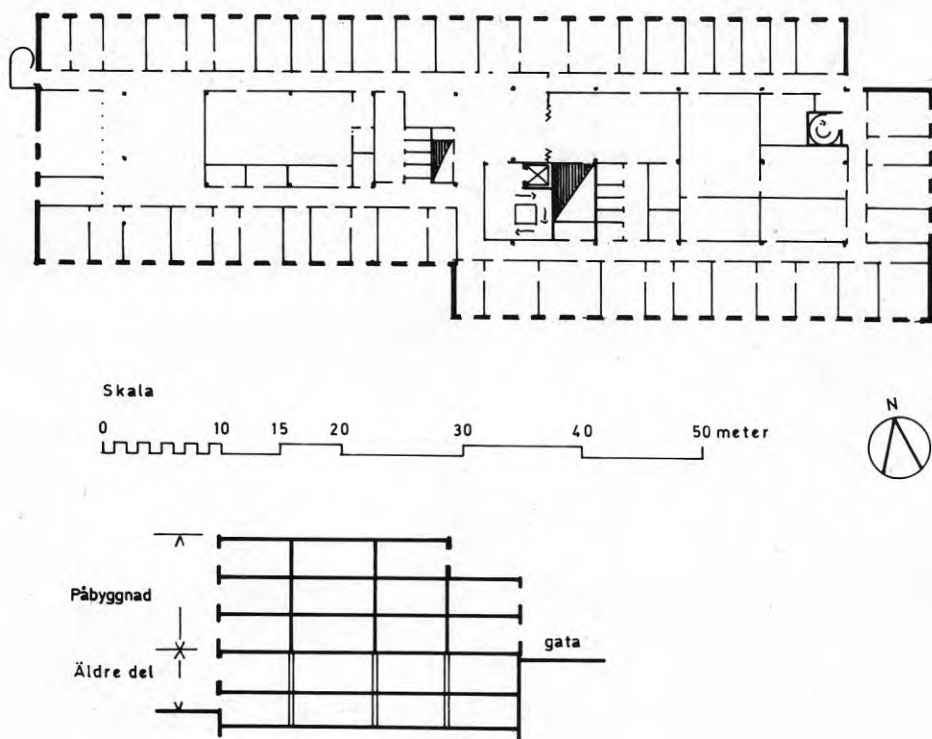


FIG 2.2 Plan 4 och sektion

För att hindra befuktad luft att tränga ut i väggen är såväl de fabrikstillverkade delarna som de på platsen utförda fogarna omsorgsfullt tätade på insidan.

Solskydd består av persienner mellan glasen och på vissa våningar invändiga fördragsgardiner.

Bärande väggar förekommer praktiskt taget inte alls med undantag för grundmurar.

De icke bärande mellanväggarna är utförda av gipsskivor på trä- eller stålregelstomme med ljudisolerande mineralull mellan reglarna.

Golvbeläggningen i kontorsutrymmena utgöres av heltäckande mattor.

Undertaken består huvudsakligen av släta, oisolerade aluminiumkassetter.

k-värden:

Fasadväggar i plan 2-5	0,465 W/m ² K (0,40 kcal/m ² h ⁰ C)	(med hänsyn till träreglar)
	0,35 W/m ² K (0,30 kcal/m ² h ⁰ C)	(utan hänsyn till träreglar)
Fasadväggar i plan 1	1,01 W/m ² K (0,87 kcal/m ² h ⁰ C)	
Tak	0,48 W/m ² K (0,41 kcal/m ² h ⁰ C)	

Fönsterglasytans fördelning på väderstreck:

Norr	114 m ²
Öster och väster	34 m ²
Söder	171 m ²

Kontorstid: klockan 08.00 till 17.00 d v s 45 h/vecka vilket motsvarar omkring 25 % av året om semester inräknas i kontorstiden.

Belysningsinstallationen beskrivs under punkt 5.4.1.

Uppvärmning sker med vattenradiatorer försedda med termostatventiler. Värmen köpes från en närbelägen värmecentral och uppmättes med värmemätare.

Ventilationssystemet har mekanisk till- och frånluft med balanserade luftmängder. Tilluften filtreras, förvärms och befuktas centralt och distribueras till byggnadens olika delar med hjälp av ett enda huvudaggregat. Varje plan är uppdelat i 5 olika zoner med separata termostatstyrda eftervärmare.

Tilluften inblåses i framkant av rummen vid tak med 80 m³/ph vid norrfasaden och 90-100 m³/ph vid sydfasaden. Dessa luftmängder kan vid varmt väder ökas med 50 %. Total tilluftmängd vid normaldrift är 45.000 m³/h. Av detta flöde fördelas ca 20.000 m³/h till utrymmen i byggnadens kärna och resten till fasadzonerna. Ur frånluften avgår 4.000 m³/h som frånluft från toaletter och 5.000 m³/h från garage. Av resterande frånluft återföres en del som återluft till tilluften. Inblandad återluftmängd beror på rådande utetemperatur. Största återluftmängd är 65 % och utnyttjas vid temperaturer under -3°C.

Kylanläggning finns ej installerad i huset.

2.2 Ekonomiska förutsättningar

2.2.1 Energitaxor

En grundförutsättning för denna utredning är att energipriset skall antas ha stigit så mycket att förhållandet mellan energipris och övriga priser har tredubblats. För enkelhets skull räknas med att energipriset är tre gånger högre än hösten 1973 medan övriga priser står kvar oförändrade.

Representanter för Stockholms Energiverk har rådfrågats beträffande kommande energitaxors konstruktion. Man anser att en dag- och natttaxa kommer att användas. För närvarande är energipriset enligt taxan under dagtid 3 gånger så högt som under nattid. I framtiden kan förväntas att nattpriset blir något högre i förhållande till dagpriset än nu.

Som förutsättning för utredningen har valts:

Elpris

Under dagtid	27 öre/kWh
Under nattid	12 öre/kWh

Härtill kommer en fast årsavgift som är beroende av huvudsäkringens storlek.

Värmepris

Från fjärrvärmenät	12 öre/kWh
--------------------	------------

Den fasta avgiften för fjärrvärmeleveransen antages oföränderlig vid varierande anslutningseffekt.

I verkligheten levereras värme till kv Kolven nr 3 från en närbelägen privat värmecentral men det har ansetts lämpligare att antaga en fjärrvärmeleverans.

Energipriserna förutsättes inkludera energiskatt.

2.2.2 Övriga ekonomiska förutsättningar

Vid bedömning av totala ekonomin för en viss besparingsåtgärd har inbesparade årliga energikostnader kapitaliserats till nuvärde och jämförts med beräknad investeringskostnad. Räntan har satts till 8 %. I många fall torde fastighetsägare kräva långt högre avkastning för denna typ av tilläggsinvestering. Vilka besparingsalternativ som då bortfaller får bedömas från fall till fall. Avskrivningstiden har bedömts med hänsyn till arten av anläggningsdel. Antagna avskrivningstider har angivits i varje särskilt fall.

Priser på investeringar i byggnadsdelar och installationer inkluderar alla omkostnader samt mervärdesskatt.

2.3 Människans klimatkrav

2.3.1 Temperatur, luftfuktighet, luft- rörelser, belysning

Människan är en komplicerad varelse som för att fungera väl är beroende av, förutom föda, ljus och syre, en jämn kroppstemperatur. Då både omgivningens temperatur och den i kroppen alstrade värmemängden kan variera kraftigt erfordras ett regler-system för kontroll av temperaturutbytet med omgivningen. Människokroppen utnyttjar i sin strävan att hålla jämn kroppstemperatur variablerna:

- o klädedräkten
- o muskelarbete (frossbrytningar, åkarbrasor)
- o förändring av hudtemperaturen med hjälp av varierande blodflöde i ytliga blodkärl
- o evaporativ kylning genom förångning av svett

De klimatfaktorer som påverkar värmeutbytet mellan människokroppen och omgivningen är följande:

- o torra lufttemperaturen
- o omgivande ytors strålningstemperatur
- o lufthastigheten
- o luftfuktigheten

Den torra lufttemperaturen och strålningstemperaturen från omgivande ytor kan sammanräknas till en fiktiv "operativ" temperatur. Denna beräknas som ett vägt medelvärde mellan lufttemperaturen och omgivande ytors strålningstemperatur och är ett mått på den subjektivt upplevda temperaturförnimmelsen.

Lufthastigheten påverkar den konvektiva värmeöverföringen från huden approximativt enligt formeln:

$$C = f_c \cdot v (t_h - t_t) \quad /8/$$

C = värmeöverföringen W/m^2

f_c = empirisk konstant ca 0,8 - 1,3

v = lufthastigheten i cm/s

t_h = hudens temperatur ca $33^\circ C$

t_t = omgivningens lufttemperatur $^\circ C$

Erfarenhetsmässigt anses att luftens hastighet i vistelsezonen bör ligga mellan 5 och 15 cm/s . En beräkning enligt formeln ovan ger att $v = 5$ cm/s vid $21^\circ C$ motsvarar $v = 14$ cm/s vid $26^\circ C$. Luftfuktighetens inverkan på värmetransporten ökar med stigande temperatur. Så länge kroppens värmeavgivning sker den "torra vägen" kan ångtryckets inverkan på värmetransporten försummas. Vid kontorsarbete i temperaturer över ca $25^\circ C$ då den evaporativa reglermekanismen i kroppen övertar den huvudsakliga kylfunktionen blir inverkan av luftfuktigheten större.

Största välbefinnande uppnås då värmeavgivningen från kroppen sker jämnt fördelat och inom det temperaturområde som varken medför frossbrytningar eller svettning. Olika människor uppvisar emellertid stora olikheter ifråga om värmealstring, kroppsytta, isoleringsförmåga, önskad hudtemperatur och önskad klädedräkt. Dessutom varierar kroppens värmealstring starkt med graden av fysiskt arbete. Redan ansträngningen att resa sig och hämta en bok ur bokhyllan eller att förflytta sig till en närbelägen arbetsplats innebär att kroppens värmealstring ökar betydligt.

Förutom av temperaturen och luftväxlingen påverkas människans prestationsförmåga vid kontorsarbete av ljusförhållandena. Ljuset skall vara tillräckligt starkt och komma från en riktning som ej medför störande skuggor eller reflexer. Vid arbetsplatsen bör belysningsstyrkan vara 500 lux. Omgivningen bör ha lägre belysningsstyrka i förhållandet 5:3:1 (enligt vissa källor 10:3:1). En belysningsanläggning som ger denna nyanserade belysning blir både driftekonomisk och trivsamt.

Att finna ett inomhusklimat som passar varje människa är ej möjligt. I storrumskontor där många människor har samma klimat finns alltid några som tycker det är för kallt och andra som tycker det är för varmt eller för torrt. Vid optimala förhållanden kan man uppnå att ca 60-70 % av personerna är nöjda. /8/

Rekommenderade klimatdata för kontorsarbete enligt tyska och amerikanska källor framgår av FIG 2.3.

De höga temperaturer som rekommenderas enligt ASHRAE 1972 grundar sig på amerikansk praxis i fråga om lufthastigheter och klädvanor. I Sverige var den optimala temperaturen enligt mätningar och intervjuer under 1966 och 1967 /8/ ca 21° C med ett önskvärt reglerområde $\pm 1,5^{\circ}$ C.

Under de senaste åren har innetemperaturerna även i Sverige förskjutits uppåt och normalvärdet synes idag ligga vid 23° C.

För att uppnå optimalt inneklimat med minsta möjliga energiförbrukning bör följande synpunkter beaktas:

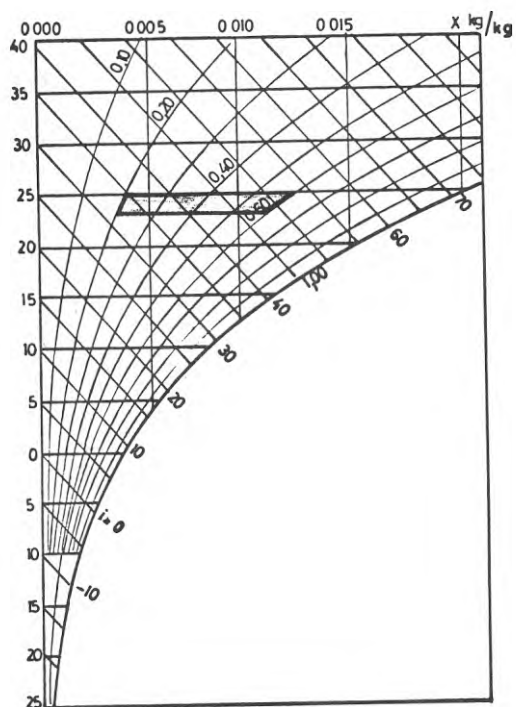
- o Fönster, fasader och solavskärmningar utformas så att ojämna temperaturer undviks. Både kallras, drag och solinstrålning ställer krav på klimatanläggningen som kostar energi.
- o Ventilationsanläggningen utförs så att känsliga personer ej blir utsatta för drag. För att tillfredsställa alla olika önskemål på luftväxling kan variabla flöden vara önskvärda.
- o Husets värmekapacitet utnyttjas så långt som möjligt för temperaturreglering.
- o Reglersystemen utformas så att "reglerenergin" blir lägsta möjliga. Samtidig kylning och värmning bör undvikas.
- o Luftbefuktning används så sparsamt som möjligt. /18/

Mot denna bakgrund fastlägges önskvärt inneklimat enligt följande:

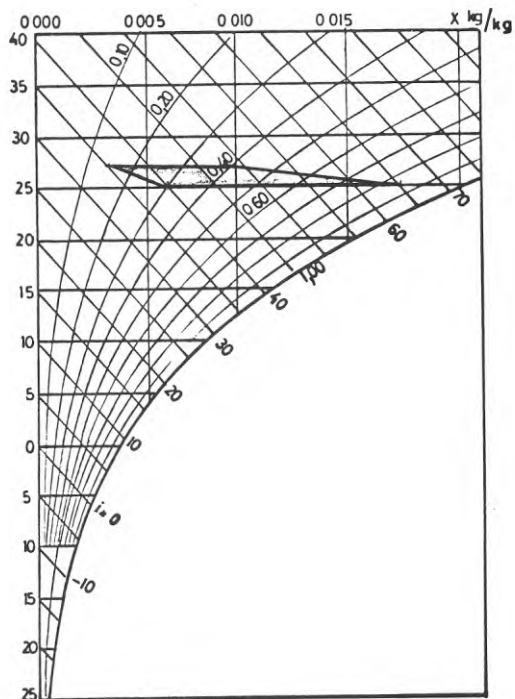
Operativ temperatur	+23° C med individuell reglermöjlighet $\pm 1,5^{\circ}$ C
Luftrörelser	ca 5-10 cm/s
Luftfuktighet	vintertid 30-35 % RF

Sommartid bör temperaturer och fuktigheter enligt ASHRAE 72 kunna accepteras.

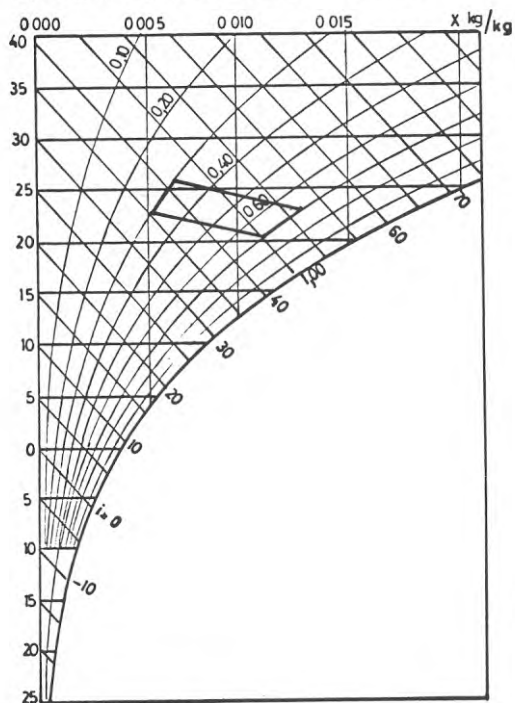
Enligt /22/ kan tio överskridanden av +27° C accepteras per år.



ASHRAE 55 - 66
Handbook of fundamentals år 1967



ASHRAE 1972



DIN 1946

FIG 2.3 Rekommenderade klimatdata för kontorsarbete enligt amerikanska och tyska rekommendationer

3 ALLMÄNNA FAKTORER SOM STYR ENERGI- FÖRBRUKNINGEN

Den verkliga energiförbrukningen i en byggnad är ett resultat av en lång händelsekedja som kan indelas i tre huvudskeden:

- o Planeringskedet
- o Det tekniska utförandet
- o Driften

3.1 Planeringskedet

I planeringskedet fastläggs byggnadens grundförutsättningar. Man beslutar om geografiskt läge, lokalutformningar, lokalernas användningssätt, fasader och fönsterstorlekar, belysningsnivåer och krav på inomhusklimat.

Denna beslutsprocess grundar sig på lagar, normer, ekonomiska samband, byggnadspraxis osv och utvärderingen av lämpliga lösningar sker genom ett lagarbete mellan olika specialister. I detta samarbete eftersträvar varje beslutsfattare lösningar som är optimala ur hans speciella synvinkel. För att uppnå ett optimalt slutresultat krävs en samordning mellan de olika facken med syfte att jämka ihop alla olika, ofta motstridiga, önskemål. Nedan anges några exempel på förhållanden som idag motverkar projektering av energisnåla byggnader.

- o En tilläggsinvestering för att uppnå energibesparing måste som regel finansieras med ett extra tillskott av eget kapital för vilket avkastningskravet är högre än för övrig finansiering. I valet mellan en tilläggsinvestering eller förhöjd driftkostnad väljes ofta det senare, dels p g a höga avkastningskrav och dels genom att driftkostnaderna är direkt avdragsgilla.
- o I tätorter där tomtkostnaderna är höga finns normalt ett direkt samband mellan tomtpriser eller tomträttsavgälden och våningsytan på den byggnad som enligt stadsplanen får uppföras. Avkastningen från fastigheten bestäms dock huvudsakligen av den nyttiga lägenhetsytan. För att uppnå högsta avkastning på investerat kapital måste därmed lägenhetsytan göras så stor som möjligt i förhållande till våningsytan. Ytterväggarna som inräknas i våningsytan men ej i lägenhetsytan göres därmed så tunna som möjligt med minimiisolering enligt Svensk Byggnorm.
- o Vid normala hyresförhållanden brukar uppvärmningskostnaden betalas direkt av hyresgästen. Investeringar för byggherren som syftar till att sänka bränslekostnaden blir därmed ointressanta. Om å andra sidan lokalerna upplåtes med fri värme uteblir intresset hos lokalnyttjaren att spara på värmen.

- o Samspelet mellan olika egenskaper som påverkar energiförbrukningen hos en byggnad är mycket komplicerat. Dagens projektör har ej haft anledning att lära sig hela detta område eftersom sparande av energi tidigare inte varit av primärt intresse. För närvarande läggs mycken möda ned på forskning för att utvärdera möjligheterna att genom ett integrerat samspel mellan byggnad och installationer minska erforderlig energitillförsel. Alltför stora fönster i kontor medför ett kylbehov i lokalerna och därmed ökade krav på ventilationsanläggningen. Samma gäller en belysningsanläggning med större installerad effekt än nödvändigt. En ventilationsanläggning med stora möjligheter att bortföra överskottsvärme måste arbeta med stora luftmängder och låga inblåsningstemperaturer. Riskerna för drag ökar och kraven på reglernoggrannhet blir mycket stora. Sådana anläggningar drar energi både för kylning, för reglering och i viss mån för ökning av temperaturen vintertid p g a klagomål på drag.

3.2 Det tekniska utförandet

Under utförandeskedet kan den framtida energiförbrukningen hos en byggnad påverkas dels genom kvaliteten på det klimatskyddande skalet dels genom kvaliteten på de klimatstyrande installationerna.

För att uppnå god täthet och värmeisolering i fasaden och taket krävs ett noggrant arbetsutförande och en god kontroll. Se vidare punkt 5.2.3.

Sannolikt ännu viktigare för byggnadens energiförbrukning är inregleringen av värme- och ventilationssystemen. Det har varit vanligt att slutbesiktningarna beträffande installationerna mer haft karaktären av leveransbesiktningar och att sålunda funktioner och injusteringar ej närmare har kontrollerats. Därigenom har även bristfälligt inreglerade installationer övertagits av beställaren och genom svårigheterna att kontrollera resulterande driftskostnader kan ett slöseri pågå i många år utan att upptäckas. Det är sålunda mycket viktigt att i samband med övertagandet av installationerna alla funktioner och driftfall provkörs och att luftmängder och temperaturer mäts och kontrolleras. Entreprenaderna skall ej godkännas förrän driften verkligen fungerar. Se /19/.

3.3 Driften

Av största betydelse för energiförbrukningen är driften av fastigheten och dess installationer. Detta behandlas närmare under punkt 7.

4 BYGGNADENS ENERGIBALANS

4.1 Den befintliga byggnadens energiförbrukning enligt mätningar och beräkningar

Årsförbrukningen av elenergi och värme för tiden oktober 1972 till oktober 1973 och oktober 1973 till oktober 1974 visas nedan där också specifik förbrukning av värme + el per m³ byggnadsvolym framgår.

		1972/73	1973/74
Elförbrukning	kWh/år	315.000	256.000
Värme	kWh/år	<u>607.000</u>	<u>553.000</u>
Totalt	kWh/år	922.000	809.000
Specifikförbrukning av el + värme	kWh/m ³ år	37,7	33,0
	eller kWh/m ³ normalår	41	33,7

Säkra jämförelsevärden är hittills ganska svåråtkomliga. Ur ett material från av Byggnadsstyrelsen förvaltnade fjärrvärmeanslutna fastigheter erhålles:

för år 1972/73	59-95 kWh/m ³ normalår
för år 1973/74	39-81 kWh/m ³ normalår

Energi prognosutredningens betänkande oktober 1974 anger 100 kWh/m³ normalår genomsnittsförbrukning för kategorin "övriga lokaler".

Jämförelsematerialet antyder att kv Kolven nr 3 har en låg energiförbrukning.

En beräkning av byggnadens energibalans göres nedan. Följande energiförluster kan särskiljas:

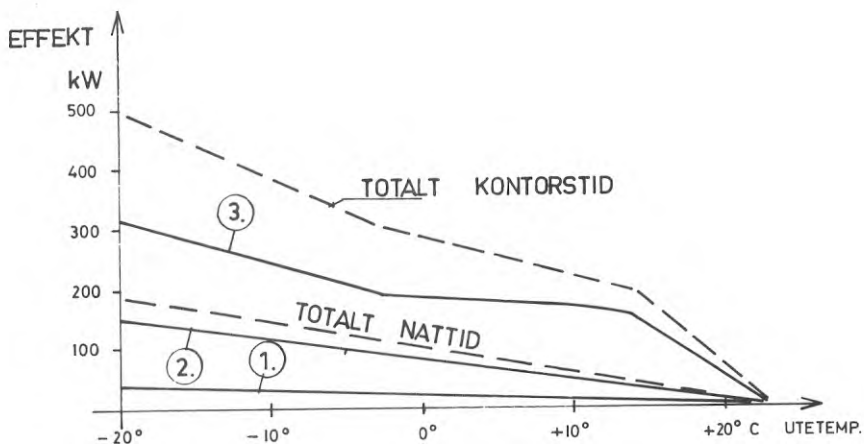
- o Transmission
 - genom väggar och tak
 - genom fönster
- o Ofrivillig ventilation (drag)
- o Ventilation
- o Varmvattenutsläpp

Dessa förluster skall balanseras av tillförd energi:

- o Elenergi från belysning etc
- o Värmeenergi
- o Solinstrålning genom fönster
- o Personvärme

TAB 4.1 Beräkning av transmissionsförluster i kv Kolven nr 3

Tak	$1.675 \text{ m}^2 \cdot 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,415 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	=	805 W/K
Väggar plan 2-5	$1.564 \text{ m}^2 \cdot 0,465 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,40 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	=	737 W/K
Vägg i källare ovan mark	$260 \text{ m}^2 \cdot 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,87 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	=	262 W/K
Väggar mot mark ekvivalent k-värde = $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,55 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	$649 \text{ m}^2 \cdot 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,55 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	=	420 W/K
Golv på mark mot söder och väster	$(74+12) \text{ lm} \cdot 1,16 \text{ W/lmK}$ ($1,0 \text{ kcal/lmh}^\circ\text{C}$)	=	100 W/K
Vägg mot grannhus		=	-
Köldbrygga vid bjälklagsansl. utn.	$600 \text{ lm} \cdot 0,1 \text{ W/lmK}$ ($0,86 \text{ kcal/lmh}^\circ\text{C}$)	=	<u>60 W/K</u>
			2.360 W/K
Fönster inkl karmar	$500 \text{ m}^2 \cdot 2,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($2,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)	=	<u>1.160 W/K</u>
			3.520 W/K



1. Effektförluster av ofrivillig ventilation
2. Effektförluster av transmission
3. Effektförluster av ventilation

FIG 4.1 Byggnadens effektförluster vid varierande utetemperatur

Effektförlusterna beräknas.

Transmissionsförlusterna beräknas i tabell 4.1. Total transmissionsförlust för hela byggnaden blir 3,5 kW/K.

Ofrivillig ventilation har antagits vara ungefär $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ fasad, h. Underlag för denna siffra i form av mätningar finns ej, utan den har uppskattats. Om total ofrivillig ventilation avrundat antages vara $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$ blir effektförlusten:

$$2.500 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{ kW/K}$$

Effektförlusterna av ventilation utan återluftinblandning blir:

$$45.000 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} = 16,2 \text{ kW/K}$$

Ventilation utan återluft förekommer endast vid högre utetemperaturer då också befuktningen är avstängd.

När utetemperaturen blir lägre än omkring $+10^\circ$ till $+14^\circ\text{C}$ ökar återluftinblandningen successivt och befuktningen igångsättes. Vid lägre utetemperatur än -3°C är återluftinblandningen maximal (65 %). Då blir effektförlusterna omkring 7,5 kW/K inkl befuktning till ca 30 % RF.

Varmvattenförbrukningen i kontorshus är liten och har uppskattats till 10.000 kWh/år vilket utslaget över kontorstiden blir ca 5 kW.

En sammanställning av effektförlusterna visas i FIG 4.1.

Energiförlusterna per år skall beräknas.

För beräkning av energiförlusterna av transmission och ofrivillig ventilation används lämpligen gradtimtalet för hela året. De gradtimtal som brukar anges i handböcker är avsedda för att beräkna ren värmeförbrukning i bostäder och det totala gradtimtalet har därför reducerats med hänsyn till tillförd värme från personer, solinstrålning och elförbrukning i hushållet. För beräkning av totala energiförluster kan dessa värden inte användas.

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

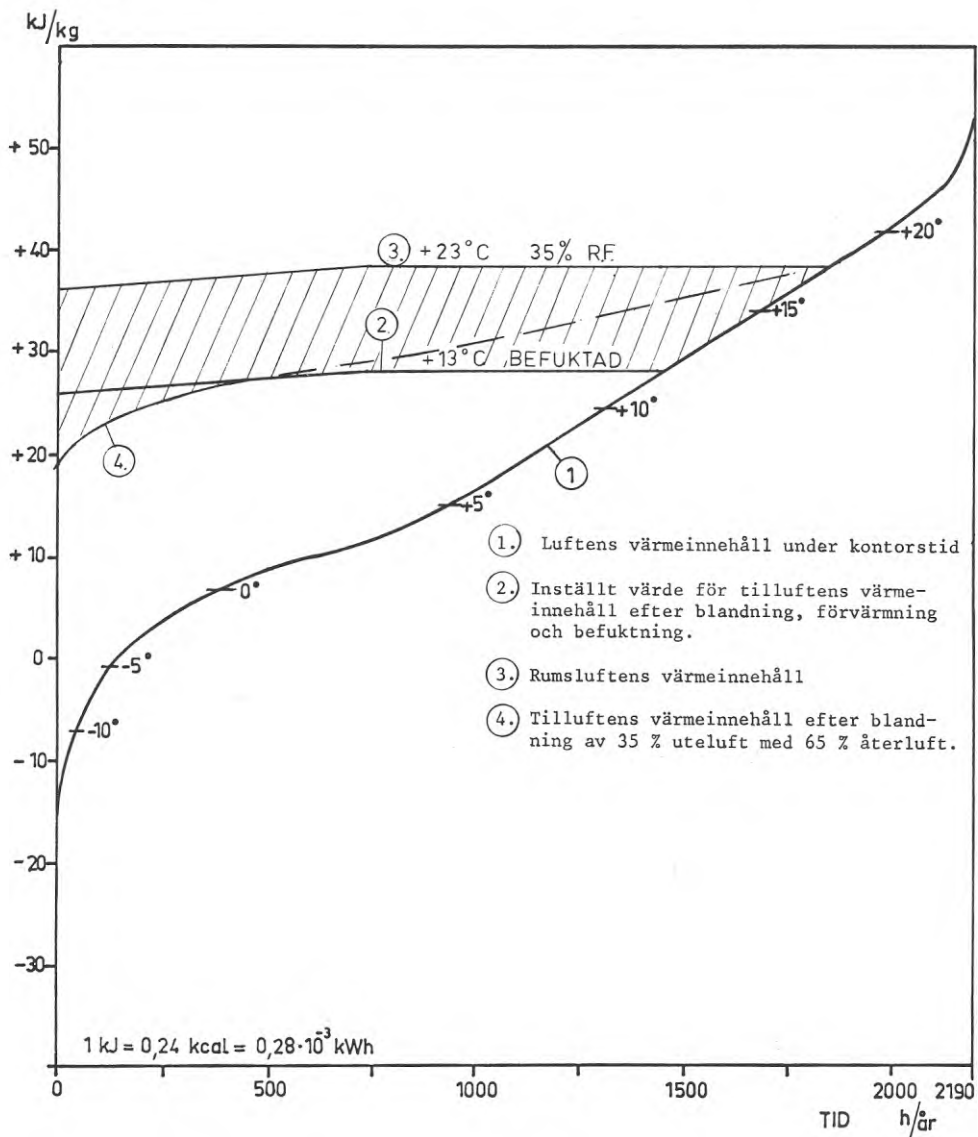


FIG 4.2 Energiförluster av ventilation i befintlig byggnad. Återluftssystem med max 65 % återluftinblandning.

Varaktighetskurvan för utetemperaturen under normalår i Stockholm ger för uppvärmning till $+23^{\circ}\text{C}$ det teoretiska gradtimtalet 143.900. / 4 / sid 80. Med hänsyn till att övertemperaturer, som förekommer inomhus även när utetemperaturen är lägre än $+23^{\circ}\text{C}$, ger magasineringseffekter kan praktiskt räknas med 137.000 gradtimmar.

Ventilationen är normalt i drift endast under dagtid kl 08.00 till 17.00. Med hänsyn till att temperaturen är högre under dagen än dygnsgenomsnittet har en särskild varaktighetskurva konstruerats enligt FIG 4.2

Ventilationens energiförbrukning fås ur figuren som ytan mellan linje 3 och linje 4-2.

Då fås årsenergiförlusterna vid rumstemperaturen $+23^{\circ}\text{C}$:

Transmission

3,5 kW/K . 137.000 gradtimmar 480.000

Ofrivillig ventilation

0,9 kW/K . 137.000 gradtimmar 123.000

Ventilation under kontorstid med min.
35 % uteluftandel

$45.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,3 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 18.500 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot 0,28 \cdot 10^3$ 303.000

Toalettfjäktar under icke kontorstid

$4.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 106.000 \text{ gradtimmar} \cdot 0,36 \cdot 10^{-3}$ 153.000 ¹⁾

Garageventilation under icke kontorstid

$5.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 550 \text{ h} (20^{\circ} - 6^{\circ}) \cdot 0,36 \cdot 10^{-3}$ 16.000

Varmvatten

10.000

Summa förluster

1.085.000 kWh/år

1) Toalettfjäktar har senare ändrats så att de är avstängda under icke kontorstid

- 153.000

Summa förluster med toalettfjäktar avstängda under icke kontorstid

932.000 kWh/år

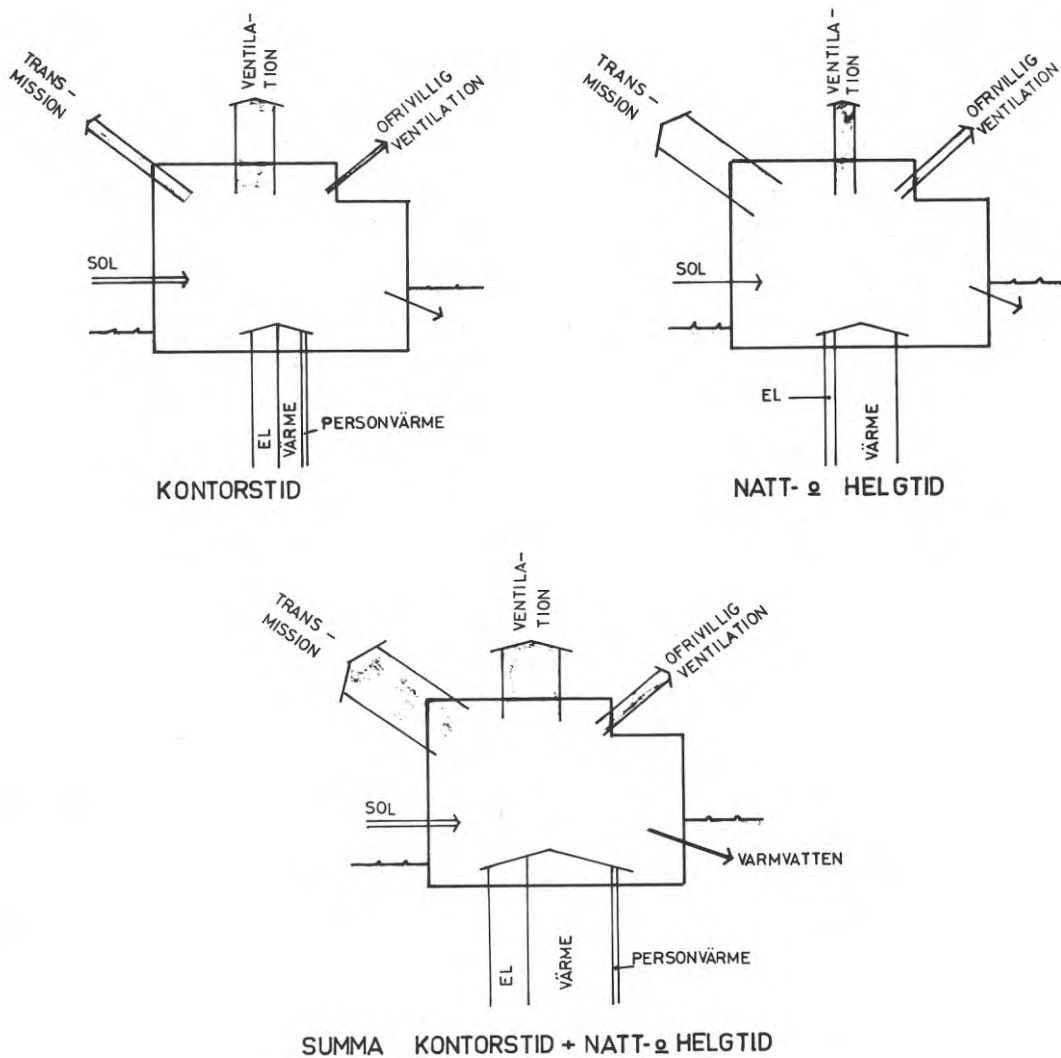


FIG 4.3 Tillförd energi och förluster per år i kv Kolven nr 3. Pilarnas bredd motsvarar energimängderna

De beräknade totala förlusterna skall jämföras med tillförd energi från el, värme, solinstrålning genom fönster och personvärme:

	okt 1972-okt 1973	okt 1973-okt 1974
Värmeförbrukning enl mätning	607.000	553.000
Elförbrukning enl mätning	<u>315.000</u>	<u>256.000</u>
	922.000	809.000
Solinstrålning ¹⁾ genom fönster med genomsnittligt 50 % reduktion av persienner	50.000	50.000
Personvärme	<u>32.000</u>	<u>32.000</u>
	1.004.000	891.000
Omräkning till normalårets medeltemperatur	<u>+ 86.000³⁾</u>	<u>+ 15.000³⁾</u>
	1.090.000	906.000 ²⁾

1) Solinstrålning genom oskyddade 2-glasfönster:

Söderfasad	171 m ² · 455 kWh/m ²	77.500 kWh/år
Väster- och österfasad	34 m ² · 320 kWh/m ²	10.900 kWh/år
Norr	114 m ² · 102 kWh/m ²	<u>11.600 kWh/år</u>
		100.000 kWh/år

- 2) Rumstemperaturen kan i genomsnitt ha varit något lägre än +23°C med hänsyn till "energikrisen".
- 3) P g a ventilationssystemets konstruktion ökar inte förlusterna proportionellt mot gradtimtalet.

Tillförd energi och förluster åskådliggöras i FIG 4.3.

Kv Kolven nr 3 är utrustad med återluftventilation. Om totala luftflödet bestått av uteluft hade energiåtgången ökat med 365.000 kWh/år.

4.2 Rummets beräknade effektbalans under kontorstid och natt- och helgtid

Effektbalansen i det enskilda kontorsrummet är av intresse för att fastställa lämplig tillufttemperatur efter inblandning av återluft. Ju högre denna temperatur kan hållas desto större kan återluftinblandningen vara. Eftersom återluften innehåller "gratisvärme" i motsats till övriga värmekällor - radiatorer, eftervärmare, belysning - bör dessa inskränkas så långt som möjligt.

I den befintliga byggnaden är uteluftandelen minst 35 %. I nedanstående beräkningar har den antagits begränsad till byggnormens minimivärde för hygienventilation - omkring 15 m³/h, p - d v s ca 20 % uteluftandel. Figurerna nedan visar effektbalansen utan tillskott från värmesystemet.

Ett tvåmansrum studeras.

golvyta	17.5 m ²
fasadyta	12 m ²
därrav fönsterglasyta	2.30 m ²
belysning	440 W
personvärme	200 W
ventilation	160 m ³ /h
effektförbrukning genom transmission och ofrivillig ventilation	
9,70 · 0,465 + 2,30 · 2,9 + 12 · · 1,0 · 0,36	15 W/K

Överskotts-
effekt

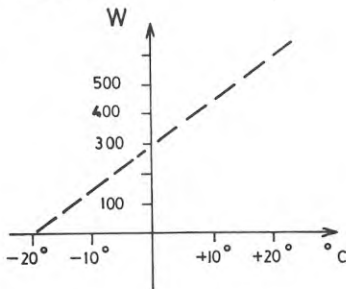


FIG 4.4 Tvåpersonersrum helt utan ventilation. Tänd belysning och personvärme (440 + 200 W). Överskottseffekt under kontorstid.

Överskotts-
effekt

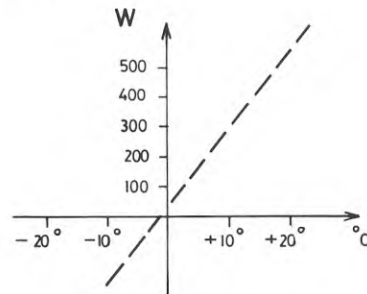


FIG 4.5 Tvåpersonersrum med 30 m³/h uteluftandel i ventilationen. Tänd belysning och personvärme (440 W + 200 W). Överskottseffekt under kontorstid.

FIG 4.4 Visar den överskottseffekt som utan ventilation skulle uppstå under kontorstid i ett tvåmansrum med tänd belysning vid varierande utelufttemperatur. I FIG 4.5 visas överskottseffekten om rummet ventileras, varvid 30 m³/h uteluft ingår i ventilationsluften. Vid högre utelufttemperatur än -1°C uppstår värmeöverskott trots att ingen solstrålning förekommer. Om lagring av värme inte kan ske måste överskottseffekten kylas bort genom att uteluftandelen ökas. I andra kontorslokaler med högre eleffekt från belysning och maskiner och större rumsdjup kan temperaturgränsen ligga betydligt lägre.

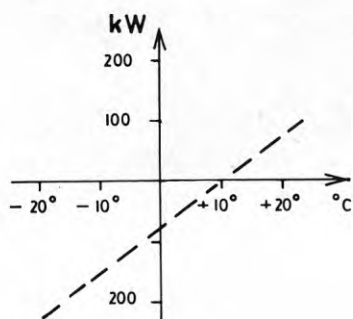


FIG 4.6 Överskottseffekt för hela byggnaden med 20 % utluftandel i ventilationen. Tänd belysning och personvärme (100 kW). Överskottseffekt under kontorstid.

FIG 4.6 visar som jämförelse överskottseffekten för hela byggnaden under kontorstid. Eleffekten har erhållits ur mätningar i det befintliga huset.

Värmeöverskottet blir här lägre än för det enskilda kontorsrummet vilket huvudsakligen beror på ventilationen av kärnutrymmen som har kort användningstid och därmed i genomsnitt små effekttillskott från belysning och personer.

En uppdelning på särskilda aggregat för olika zoner i byggnaden skulle möjliggöra genomsnittligt större återluftinblandning i de zoner som har värmeunderskott.

5 PLANERING AV NYBYGGNAD

5.1 Översikt över möjligheter till energibesparing i nybyggnad

När energibesparing diskuteras är det ofta de tekniska möjligheterna till konstruktionsändringar av byggnadsdelar som blir föremål för intresse. Det finns emellertid avsevärda möjligheter att åstadkomma besparingar genom åtgärder av administrativ typ i samband med nybyggnad och genom en omsorgsfull planering av driften i den färdiga byggnaden. Driftfrågorna belyses i punkt 7 nedan och de övriga frågorna under punkt 5.2 - 5.6.

I den allmänna debatten och även vid diskussioner bland byggare är en allmän uppfattning att en ökning av väggisoleringens tjocklek skulle ge väsentlig energibesparing. Detta har också skickligt utnyttjats av isoleringsindustrin. Men förtjockning av moderna väggar är sällan en lysande affär eftersom antingen användbart utrymme minskar eller husets storlek ökar med åtföljande kostnadsökning.

Besparingar bör istället i första hand sökas i en förbättring av husets omslutning utan minskning av användbart utrymme. Detta kan ske framförallt genom:

- o Minskning av den ofrivilliga ventilationen (drag)
- o Minskning av det praktiska värmegenomgångstalet genom noggrannare arbetsutförande.
- o Förbättring av fönstrets energibalans.
- o Eventuell förbättring av värmeisoleringens λ -värde.

Utöver byggnadens klimatskal är ventilationen en dominerande faktor i energibalansen. Effektbehovet för en idag normal ventilationsanläggning utan energiåtervinning är ca 4 gånger förlusterna p g a transmission och ofrivillig ventilation. I en riktigt skött anläggning begränsas dock drifttiden för ventilationsanläggningen så att effektiv drifttid endast blir 25 % av total tid. (Nätter, helger och långhelger hålls avstängt, drift förutsättes dock under semestern). Energiförlusterna av ventilationen blir därför inte lika dominerande som effektförlusterna antyder.

Stora energibesparingar kan dock uppnås genom någon form av värmeåtervinning i ventilationssystemet.

Enklaste typen av värmeåtervinning är att utnyttja återluft. Jämfört med ett system utan återluft kan upp till 3 x effektbehovet för transmission sparas. För att maximalt kunna utnyttja återluftssystemet bör byggnaden utformas så att lokala värmeöverskott som medför krav på låga inblåsningstemperaturer undviks. Därmed kan erforderlig reglereffekt minimeras. Se 5.4.2.

Alla möjligheter att minska belysningens effekt och drifttid bör tillvaratagas med hänsyn till det höga dagkraftpriset. Det bör noteras att belysningsvärmen i ett återluftsystem under större delen av året kan ersättas med ökad återluftinblandning och sålunda ej kan tillgodogöras för uppvärmningen. Vid sådana tillfällen inbesparas hela dagkraftpriset vid släckning av belysningen. Detta framgår närmare av punkt 5.4.2 nedan.

De ovannämnda besparingsmöjligheterna är alla möjliga att genomföra med dagens teknik (återluftsystem finns redan installerat i huset.) En ytterligare besparingsmöjlighet ligger i överförande av dagens överskottsenergi till natt och helgtid. Många problem i samband med denna teknik är dock ännu icke lösta. Detta redovisas närmare under punkt 5.5 nedan.

5.2 Projektering, upphandling och kontroll

5.2.1 Projekteringsförutsättningar

Projekteringsarbetet för en nybyggnad utföres efter de riktlinjer som anges av beställaren. Den styrning som erfordras för planering av energisåla byggnader måste därför inarbetas i beställarens förutsättningar så att hela projekteringslaget arbetar med samma målsättning. Som beslutsunderlag för den övergripande planeringen skall beställaren informeras om de konsekvenser som ur driftkostnadssynpunkt följer av föreslagna lösningar. En allmän väg förhoppning om att driftkostnaderna i den färdiga byggnaden måtte bli låga räcker ej.

Det måste bli lika naturligt att inför varje nybygge göra upp en driftbudget som det är att göra upp en budget för anskaffningskostnaden. Någon i projekteringslaget måste utses att ansvara för energibudgeten och under projekterings gång kontrollera att målsättningen uppfylls.

En viktig del av det beslutsunderlag som styr utformningen av våra byggnader är myndigheternas skatter och taxor. Det är önskvärt att särskilt energitaxornas konstruktion fastställs för avsevärd tid framåt. Den oklarhet beträffande framtida taxor som idag föreligger skapar osäkerhet vid avvägningen mellan driftkostnader och investeringskostnader.

I valet mellan tekniska alternativ bör eftersträvas enkla, flexibla lösningar som är lätta att kontrollera under utförandet.

5.2.2 Att beakta vid upphandlingen

Förfrågningshandlingar och entreprenadkontrakt bör utformas så att entreprenören har klara besked om beställarens noggrannhetskrav för att erhålla en god driftekonomi. Speciellt vid totalentreprenader föreligger annars en uppenbar risk att entreprenören väljer lösningar som medför låg anläggningskostnad och hög driftkostnad.

Redan i entreprenadkontraktet bör även noteras att byggnaden efter färdigställandet kommer att kontrolleras med hjälp av värmekamera och att entreprenören är ansvarig för de onormala värmeförluster som därvid kan konstateras. I dag är det alltför vanligt att en nybyggnad godkänns utan att den svåråtkomliga isoleringen kunnat kontrolleras. Motiven för entreprenören att utföra ett gott arbete med isoleringen blir därför svaga och byggfusk på denna punkt är ej ovanligt. Entreprenörerna skall göras medvetna om att de måste öka sin interna kontroll av dolda arbeten.

5.2.3 Kontroll

Den sedvanliga byggnadskontrollen bör intensifieras särskilt beträffande tätnings- och isoleringsarbeten.

Kontrollarbetet kan lämpligen utföras enligt en checklista i takt med byggnadsarbetena. Täta stickprovskontroller bör utföras.

Så snart en byggnadsdel slutits och uppvärmningen kommit igång bör vid lämplig väderlek kontroll med värmekamera insättas. Ju tidigare eventuella systematiska fel kan upptäckas desto mindre kostnader krävs för justeringsarbeten.

Kontrollorganisationen bör även utformas så att en erfarenhetsåterföring till projektörerna erhålles. Kvalitetsskillnaden mellan olika detaljutföranden är i många fall omöjlig att förutse vid ritbordet.

5.3 Byggnaden

Som beräkningsmodell har använts kv Kolven nr 3.

5.3.1 Minskning av ofrivillig ventilation (drag)

Skillnaden i lufttätet mellan olika byggnader är sannolikt mycket stor. Svårigheter att med objektiva mätmetoder kontrollera den färdiga produkten innebär att sämre lösningar eller utföranden undgår upptäckt och därför upprepas.

För den befintliga byggnaden, kv Kolven nr 3, har antagits en ofrivillig ventilation av ca $1 \text{ m}^3/\text{h}$, m^2 fasad.

Denna siffra är grundad på en subjektiv gissning på basis av de fåtaliga uppgifter från undersökningar om luftläckage som finns tillgängliga. Detta värde har medvetet satts lågt då huset har ljudisolerande fönster med dubbla tätningslister och har fogats invändigt med hänsyn till befuktad ventilationsluft.

Om väggar mot mark och taket förutsättes vara helt täta blir den totala ofrivilliga ventilationen genom övriga ytor omkring $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$. Utslaget på byggnadens hela volym innebär detta endast 0,12 luftomsättningar/h.

Den låga omsättningssiffran hänger delvis samman med att ytterväggsytan är liten i förhållande till byggnadsvolymen p g a att byggnaden är låg och bred. Om läckageluftmängden istället slås ut över randzonens volym d v s en volym som begränsas av fasad- och korridorväggarna får man 0,25 omsättningar per h.

Vid jämförelser med de siffror som ibland nämns för villor måste man observera att här även vindsbjälklaget måste räknas med i den läckande omslutningsytan.

För dimensionering av värmeisolering gäller tesen att välisolerade hus ej lönar sig att tilläggsisolera medan dåligt isolerade hus kan ge mycket god vinst. Motsvarande regel gäller i samband med tätning av hus. Analogt med förhållandena vid värmeisolering beror detta på att vinsten av en tätning är proportionell mot den absoluta minskningen i antalet omsättningar medan kostnaden för åtgärderna snarare torde vara proportionell mot den procentuella förändringen av luftomsättningen. En förbättring från 0,4 till 0,3 omsättningar/h ger alltså samma vinst som en förbättring från 0,1 - 0 omsättningar/h medan kostnaderna för åtgärderna torde vara betydligt högre i det senare fallet.

Av ovanstående framgår det önskvärda i att kunna kontrollera en byggnads täthet, i slutskedet av uppförandet, efter något år när t ex träpartier torkat ihop, eventuellt i samband med garantibesiktningen, samt självfallet i hela beståndet av befintliga hus.

De metoder som för närvarande finns för att mäta luftomsättningar i byggnader innebär att radioaktiva isotoper eller kemiska ämnen t ex lustgas införes i rumsluften varefter avklingningen av koncentrationen mäts. Dessa metoder har dock hittills tillämpats endast på enstaka rum, men har inte prövats på hela byggnader av typen kontorshus med ett stort antal rum. En mätning rum för rum i ett kontorshus skulle bli alldeles för dyrbar. En metod för att till någorlunda låg kostnad mäta luftomsättningen i en hel byggnad skulle möjliggöra att efterhand uppbygga en databank från vilken kan hämtas sådana värden som kan förväntas med en viss typ av konstruktion. För en byggnad med dåliga mätvärden återstår då att fastställa var läckorna finns. I de fall man inte av erfarenhet vet var läckagen är att söka kan värmekameran vara till god hjälp.

För att beräkna energiförlusten av ofrivillig ventilation måste man dela upp beräkningen så att natt- och helgtid beräknas för sig och kontorstid för sig. Detta sammanhänger med att huset är utrustat med återluftsystem, vilket innebär att under tider när återluftinblandningen är mindre än den maximalt tillåtna kan värmeförlusterna p g a ofrivillig ventilation kompenseras genom att återluftinblandningen i ventilationssystemet ökas. Detta förklaras närmare under punkt 5.4.2 nedan.

Energiförlusterna p g a ofrivillig ventilation fås enligt följande:

Natt- och helgtid

Ofrivillig ventilation	2.500 m ³ /h	
Gradtimmor för natt- och helgtid då överskott ej råder	106.000	
Energiförlust:		
	$2.500 \times 0,36 \times 10^{-3} \times 0,95 \times 106.000 =$	91.000 kWh/år

Kontorstid

Ofrivillig ventilation	2.500 m ³ /h	
Gradtimmor den tid då ofrivillig ventilationsluft måste värmas p g a att återluftinblandningen ej kan ökas		
	$500 \times 23^{\circ}\text{C} - (-4^{\circ}\text{C}) =$	13.500
Energiförlust:		
	$2.500 \times 0,36 \times 10^{-3} \times 13.500 =$	<u>12.000 kWh/år</u>
	Totalt per år	103.000 kWh/år

Detta ger ca 12.000:- kr/år.

Om således en fasad, som läcker mera än vad som antagits för kv Kolven nr 3, kan tätas så att läckaget minskar med $1 \text{ m}^3/\text{h}$, m^2 fasad erhålles:

Besparing 103.000 kWh/år =	12.000 kr/år
Ökat underhåll	0 kr/år
Avskrivningstid	30 år
Högsta tillåtna investering	135.000 kr

Vidare kan en positiv sekundär effekt uppkomma. När läckaget medför koncentrerade kallluftströmmar, som ger drag på arbetsplatserna, kompenseras detta av personen ifråga med höjning av rumstemperaturen, där möjlighet till individuell reglering finns. Om ett tätare hus ger möjlighet till t ex 1^o lägre rumstemperatur med lika komfort, ger detta en tillkommande besparing av omkring 4.000:- per år om ventilationssystemet arbetar med återluft och 7.500:- per år om återluft saknas. Ovanstående siffror gäller alla värmning till viss temperatur. Om luften därutöver skall befuktas till en bestämd relativ fuktighet tillkommer ytterligare energitillskott.

En rimlig förbättring av fasaden kan sålunda i ett högt energiprisläge amortera en investering av 60-90:-/m² fasadyta.

För minskning av ofrivillig ventilation skall inte endast fasaderna tätas. Byggnadens lufttrycksförhållanden bör även uppmärksammas. Trapp- och hisschakt som står i otät förbindelse med huset i övrigt kan genom skorstensverkan förorsaka stora tryckskillnader mellan ute och inne.

5.3.2 Isolering av fönster

Treglasfönstret aktualiseras åter vid stigande energipriser. Den ökade fönsterputsningskostnaden kan elimineras genom användning av isolerglas.

Storleken av energivinsten är mera svårberäknad än man i allmänhet föreställer sig p g a energitransporterna genom strålning. I / 1/ har årsenergiförlusten för ett rum med varierande fönsteryta och alternativt tvåglas- eller treglasfönster beräknats för Stockholmsklimat.

Med 320 m^2 fönsterglasyta fås för kv Kolven nr 3:

Besparing 32.000 kWh/år	3.800 kr/år
Ökat underhåll	500 kr/år
Avskrivningstid	30 år
Högsta tillåtna investering	37.000 kr

Tilläggskostnaden för 3-glasfönster är ca 25.000:- och detta utförande är alltså lönsamt. Här har ingen hänsyn tagits till treglasfönstrets något lägre ljusgenomsläpp. Huruvida detta medför ökad el-ljusförbrukning av betydelse är ej känt.

Ett annat sätt att minska fönstrens värmeförluster är att nattetid stänga isolerade fönsterluckor. Sådana luckor skulle kunna fästas på insidan av fönstret och stängas av personalen vid arbetstidens slut. Om sådana luckor kunde utnyttjas blir energivinsten enligt följande:

En invändig lucka med 70 mm isolering sänker fönstrets k-värde (genomsnitt inkl karmar) från $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($2,0 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) till $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$). Om luckan täcker hela fönstret inkl karmar minskar ofrivillig ventilation genom att otätheter kring fönstren reduceras mer eller mindre beroende på luckans tätning. Denna tätning måste ändå utföras för att hindra kondens på innerrutan. Luftgenomsläppligheten bör ej vara sämre än två gånger fönstrets. FIG 5.1.

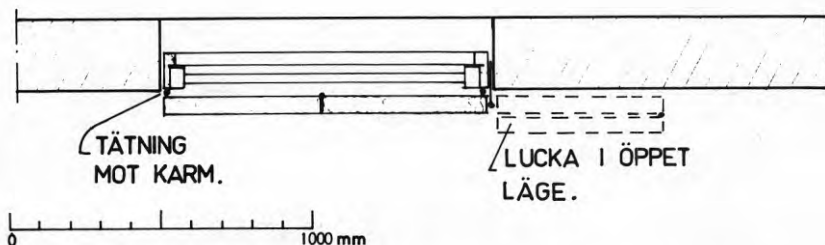


FIG 5.1. Principskiss till invändig fönsterlucka tillverkad tillsammans med fönstret som en enhet

Minskning av transmissionsförlusterna genom 500 m² fönster inkl karmar blir:

$$W = (2,3 - 0,45) \times 500 \times 106.000 \times 10^{-3} = 98.000 \text{ kWh/år}$$

där siffran 106.000 avser antalet gradtimmar/år under icke kontorstid den del av året då värmeunderskott föreligger.

Genom att luckorna hålls stängda även under dagtid på helgerna minskas dock möjligheterna att utnyttja solvärmen. Fönster utan luckor skulle under den tid av året då värmeunderskott råder släppa in solvärme som kan tillgodogöras huset.

Med hjälp av /26/ har storleken av den utestängda solvärmen överslagsmässigt beräknats till 10.000 kWh under helgtid månaderna september-maj. Delvis nedfällda persienner har antagits minska instrålningen till hälften.

Energiförlusten av ofrivillig ventilation under ickekontorstid är 91.000 kWh/år. Om denna minskar med 20 % sparas ytterligare 18.000 kWh/år.

Total besparing med fönsterluckor:

$$98.000 - 10.000 + 18.000 = 106.000 \text{ kWh/år}$$

Besparing 106.000 kWh/år 13.000 kr/år

Ökat underhåll 2.000 kr/år

Avskrivningstid 30 år

Högsta tillåtna investering 124.000 kr

Denna beräkning baseras på att alla luckor verkligen är stängda under icke arbetstid. Sannolikt kan detta i praktiken ej uppnås men samtidigt kommer vissa luckor att vara stängda även under arbetstid på grund av personalens frånvaro.

Anskaffningskostnaden för sådana luckor bedöms ligga lägre än den kapitaliserade driftkostnadsvinsten kr 440:-/st om luckorna och fönstret tillverkas som en enhet, men luckor av den typ som skisserats i FIG 5.1 är väl klumpiga för att locka till utbredd användning. Ansträngningar bör istället inriktas på att finna lättmanövrerade estetiska, billiga anordningar för rörlig fönsterisolering. Två av författarna bedömer ej de antydda luckorna som realistiska idag med hänsyn till de praktiska problem de skulle medföra. Den tredje författaren anser att man - därest inga bättre lösningar finns att tillgå - skulle kunna använda luckor av denna typ. Om fönsterisolering kombineras med nattavstängning av värmen enligt 5.4.7 nedan, uppkommer erforderlig motivation för stängning av fönsterisoleringen under natten eftersom rummet annars är kallare på morgonen.

Ett billigt transparent isoleringsmaterial skulle öka fönsterluckornas besparingseffekt med i storleksordningen 2.000:-/år² och försvara en investeringsökning av 22.000:- eller 44:- kr/m² karmyttermått. De isoflexskivor som är kända från 40-talets krigsvintrar finns åter i marknaden, men är för dyra för detta ändamål.

Utvändiga fönsterluckor har inte diskuterats då dessa kan väntas bli dyrare i anskaffning och underhåll och besvärligare att manövrera än invändiga. En fördel är dock att slippa den störning i rummet som de invändiga utgör. Ur byggnadsfysikalisk synpunkt kommer de på rätt sida om befintligt fönster. Utvändiga luckor skulle vidare kunna förses med en central, eventuellt automatisk manöveranordning. Det förefaller dock föga troligt att energivinsten skulle kunna bära anskaffnings- och underhållskostnader för så komplicerade anordningar. En föga logisk skillnad mellan invändiga och utvändiga luckor blir då att de förra förväntas manövreras gratis av kontorspersonalen medan de senare vid central manövrering måste handhas av en avlönad fastighetsskötare.

5.3.3 Förbättring av värmeisolering i väggar

Om fasadväggar skall förtjockas i förhållande till ett tilltänkt basutförande kan detta ske utåt eller inåt. I diskussioner om ekonomiskt k-värde har vanligen angivits att en förtjockning inåt innebär en stor hyresförlust medan en förtjockning utåt inte belastas av någon nämnvärd utrymmeskostnad. Om bruttohyran används för värdering av ytan får hyresförlusten en dominerande inverkan på k-värdesdimensioneringen. Nedan görs ett försök till en mera nyanserad bedömning av så små ändringar av byggnaders mått att trapphus, installationer etc i praktiken ej omdimensioneras.

Kostnaderna för en ökning av väggisoleringen sammansätts dels av den direkta byggnadskostnaden K_1 för förtjockning av väggen, dels indirekta kostnader i form av hyresbortfall, ökad tomträttsavgäld eller motsvarande, d v s utrymmeskostnad K_u .

Ett sätt att bestämma utrymmeskostnaden är att jämföra kostnaderna för alt A och alt B enligt FIG 5.2. Detta innebär att man beräknar kostnaden för 50 mm utflyttning av en viss oförändrad vägg.

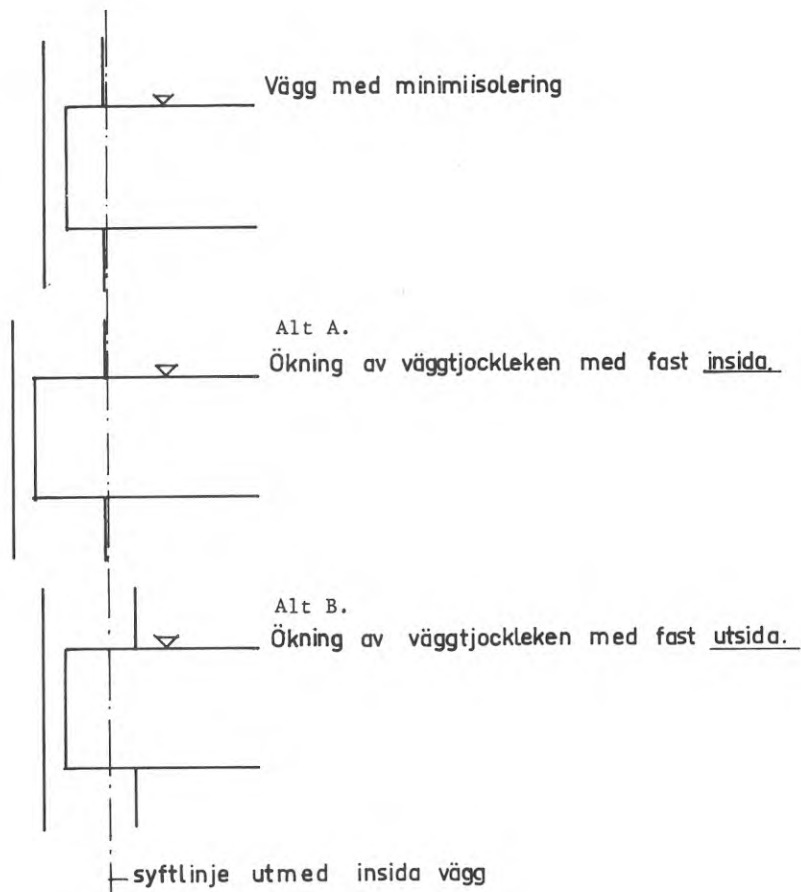


FIG 5.2. Illustration för beräkning av utrymmeskostnaden vid en ökning av fasadväggars tjocklek

Tillkommande bjälklagsyta inkl golvbeläggning och undertak	0,05 . 248:-	12:40 kr/lm fasad
Ökning av armeringsarean		
$\frac{6,55^2}{6,5^2} - 1$	. 6,5 . 8,0 . 2:50	2:-
Tillkommande innerväggsyta		
$\frac{1}{3,5}$	. 2,8 . 0,05 . 130:-	5:20
Tillkommande yttertaksyta		
$\frac{1}{5}$	. 0,05 . 225:-	2:25
Tillkommande grundschakt		
$\frac{1}{5}$	. 3,0 . 0,05 . 12:-	0:40
Tillkommande rör- och ledningsdragningar		1:-
Längre fasadvägg		
2 . 4 . 0,05 . 3,1 . $\frac{1}{180}$	. 200:-	1:40
Tillkommande tomtyta eller kapitaliserad tomträttsavgäld 375:- kr/m ² våningsyta . 0,05		<u>18:80</u>

43:45 kr/lm fasad
avrundat 43:- kr/lm fasad
vilket avrundat ger utrymmeskostnaden 860:- kr/m² våningsyta inkl
tomtkostnad.

Om annuitet + underhåll och drift för den marginella ytan sättes till 10 % av anskaffningskostnaden blir årskostnaden 86:- kr/m². Eftersom fastighetsägare och hyresgäst vanligen diskuterar en medelhyra per m² som är mycket högre än detta värde förefaller för-tjockning utåt alltid som det lönsamma. Om istället totalhyran betraktades som en fast summa för del i gemensamma anläggningsdelar såsom trapphus, hissar, installationer plus en m²-hyra skulle den senare alltså i detta fall behöva vara av storleksordningen 86:- kr/m². Om den marginella ytan värderas till 86:- kr/m² årshyra kan vägg-förtjockningen valfritt göras utåt eller inåt.

Befintlig vägg består av 70 mm mineralullsisolerad regelstomme (4,65 lm regler/m² väggyta) + 3,2 mm internit + 30 mm mineralullsskiva + 1/2-stens tegel.

En ökning av den yttre 30 mm skivans tjocklek skulle fördyra de rostfria upplagskonsolerna för de horisontella tegelbanden. Ökningen måste därför istället ske i den inre regelväggen.

Fönsterprocenten inkl karmar räknat på rumshöjden blir:

$$\frac{1,10 \cdot 1,56}{2,28 \cdot 2,80} = 27 \% \text{ och väggdelen sålunda } 73 \%$$

Byggnadskostnad för isoleringsökning inåt enligt alt B:

Isolering 0,05 . 2,8 . 0,73 . 0,77 . 80:-	6:30 kr/lm
Reglar 0,05 . 0,05 . 4,65 . 2,80 . 0,73 . 1.000:-	23:80
Ökning av plåtgarneringar kring fönster och på murkrön 0,05 . 5,00 . $\frac{1}{2,28}$. 50:-	5:50
Avgår golvläggning och undertak	- 6:40
Avgående innerväggsyta	- 5:20
Avgående rör- och ledningsdragningar	- 1:-
Avgår för kortare fasadvägg	- 0:40
	<u>22:60 kr/lm fasad</u>
	avrundat 22:- kr/lm fasad
Härtill kommer kapitaliserad hyresförlust enligt tidigare	<u>43:- kr/lm fasad</u>

Totalkostnad K= 65:- kr/lm fasad

eller $\frac{65}{0,05 \cdot 0,73 \cdot 2,8} = 630 \text{ kr/m}^3 \text{ väggvolym}$

Ekonomiskt k-värde blir

$$k_e = \sqrt{\frac{\lambda \cdot p \cdot K}{Q \cdot \frac{a}{1.000}}}$$

där λ = värmeledningsförmåga W/mK

p = annuitet = 0,082

Q = gradtimmar per år

a = energikostnaden 0,12 kr/kWh

K = kostnaden för ökad vägg tjocklek kr/m^3

Om $\lambda_{\text{isolering}} = 0,041 \text{ W/mK}$ (0,035 kcal/mh⁰C)

$\lambda_{\text{trä}} = 0,139 \text{ W/mK}$ (0,012 kcal/mh⁰C)

och andelen trä för den isolerade ytan är $4,65 \cdot 0,05 = 23 \%$

blir $\lambda_{\text{medel}} = 0,23 \cdot 0,139 + 0,77 \cdot 0,041 = 0,0635 \text{ W/mK}$
(0,055 kcal/mh⁰C)

Om rumstemperaturen förutsättes vara +23⁰ C blir det teoretiska gradtimtalet ca 140.000. Med hänsyn till att värmeöverskott ofta råder under kontorstid räknas med Q = 120.000.

$$k_e = \sqrt{\frac{0,0635 \cdot 0,082 \cdot 630}{120.000 \cdot \frac{0,12}{1.000}}} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (0,41 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})$$

Om den tilltänkta väggen består av en isolerad regelkonstruktion +30 mm mineralullsskiva + 1/2-stens tegel skall regelkonstruktionen ha tjockleken 56 mm för att väggen skall få k-värdet 0,48 W/m²K (0,41 kcal/m²h^oC).

Väggen i det befintliga huset har k-värdet 0,44 W/m²K (0,38 kcal/m²h^oC).

Denna vägg har alltså bättre isolering än den ekonomiska väggen enligt ovan. Vid dagens energipriser kan den sålunda synas överdimensionerad. Väggen har emellertid utformats med hänsyn till praktiska synpunkter:

Regelkonstruktionen ges den tjocklek som hållfasthet och styvhet kräver och fylls givetvis med isoleringsmaterial.

Mineralullsskivan i spalten mellan regelstommen och teglet utgör kantisolering för bjälklagen och täcker skarvar och andra eventuella köldbryggor i regelstommen.

Den yttre isoleringsskivan utgöres av en styv mineralull som är 2,5 gånger dyrare än den isolering som skyddas med skivor i en regelvägg. En ökning av den yttre skivans tjocklek påverkar även utformningen av de rostfria upplagskonsolerna för de horisontella tegelbanden.

Vid en byggnad med hel skalmur som vilar på grundmuren kan ibland den yttre skivans tjocklek varieras utan tilläggskostnader för bjälklag, armering och reglar. Trots det högre priset för den yttre skivan kan det då löna sig bättre att öka denna. En ekonomisk dimensionering av denna isoleringsskiva ger:

Tillkommande schakt	0:40 kr/lm
Längre fasadvägg 70 % av 1:40	1:-
Tillkommande tomtyta	18:80
0,05 isolering (Rockwool 335) å 202:- kr/m ³ · 2,8 · 0,73	21:50
Blindkarm ökar	4:30
Plåtgarneringar	5:50
Förtjockning av grundmur	1:90
Längre tegelkramlor	0:30
	<hr/>
	53:70 kr/lm

$$\frac{53:70}{0,73 \cdot 2,8 \cdot 0,05} = 530:- \text{ kr/m}^3$$

$$\lambda_{\text{isolering}} = 0,041 \text{ W/mK} \quad (0,035 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C})$$

Ekonomiskt k-värde:

$$k_e = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (0,30 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C})$$

Detta k-värde uppnås om den yttre isoleringsskivan ökas till 54 mm. Om den inre regelväggen av hållfasthetsskäl är 95 mm tjock blir ekonomisk tjocklek för den yttre skivan 38 mm.

Ovanstående beräkningar av ekonomisk isolering är beroende av antagen tillkommande kostnad för tomtmark vid en ökning av husets yttermått. Denna kostnad är en realitet för innerstadsfastigheter med tomträtter eller för tomter med begränsade exploateringskostnader. För fastigheter på tomter utan sådana begränsningar kan tomtkostnaden för en marginell ökning av husmåttet försummas helt.

En 95 mm regelstomme med en hel skalmur som vilar på grundmuren skulle i detta fall få ett ekonomiskt k-värde av $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,24 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) vilket motsvarar en yttre isolering av 67 mm.

Villkoret för att den yttre skivan skall vara effektiv är att den monteras tryckt mot regelväggen så att ingen luftspalt uppstår. Detta är svårt att åstadkomma. Idealet vore troligen en påsprutad, vindtät, diffusionsgenomsläpplig yttre isolering.

Som tidigare angivits bör förbättring av väggar företrädesvis ske utan förtjockning. Ett utbyte av isoleringen i den befintliga väggen mot en isoleringskvalitet med $\lambda = 0,0255 \text{ W/mK}$ ($0,022 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$) skulle förbättra k-värdet från $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,38 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) till $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,29 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)

Besparing 19.000 kWh/år	2.300 kr/år
-------------------------	-------------

Avskrivningstid	50 år
-----------------	-------

Högsta tillåtna investering	28.000 kr
-----------------------------	-----------

eller $210:- \text{ kr/m}^3$ isolering. Om isoleringen limmas mellan två skivor så att montering kan ske utan reglar sparas i stället $4.800:- \text{ kr/år}$ vilket tillåter en investering av ca $60.000:-$ eller $38:- \text{ kr/m}^2$ isolerad väggyta.

Ett material med åtminstone laboratorievärden enligt ovan är polyuretancellplast som nu börjar komma i marknaden. Uretancellplastens porer är fyllda med en gas med lägre värmeledningsförmåga än luft. Omedelbart efter framställning är $\lambda = 0,017 \text{ W/mK}$ ($0,015 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$) för att vid åldring, enligt fabrikanten efter lång tid, stiga till $0,023 \text{ W/mK}$ ($0,020 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$). Värdena gäller vid $+10^\circ \text{ C}$ och med öppna ytor. Försämringen av isoleringsförmågan med tiden beror på att luft diffunderar in i cellerna. Man försöker förhindra detta genom att täcka ytorna. Materialet levereras limmat till gips-skivor, spånskivor eller endast inlimmat mellan två skikt kartong.

En tillverkare lanserar element av en spånskiva och en asfaboardskiva med inskummad uretancellplast emellan. Dessa element blir tillräckligt styva för normal rumshöjd utan hjälp av regler.

För att den goda isolerförmågan hos denna produkt skall kunna utnyttjas måste arbetet på byggplatsen få en helt annan noggrannhetsnivå än hittills. Material är tills vidare godkänt för ett praktiskt λ -värde av 0,035 W/mK (0,030 kcal/mh⁰C) således obetydligt bättre än mineralull. Normens λ -värde måste garantera ett tillräckligt k-värde under senare delen av byggnadens livslängd. Vid beräkning av en årlig energibesparings nuvärde får de första årens λ -värde störst betydelse och ett något bättre värde än normens torde därför kunna användas vid sådana beräkningar. Uretancellplastens främsta nackdel utöver ett högt pris är den kraftiga rökutvecklingen vid brand. Materialet bör därför placeras så i konstruktionen att brandrök inte går in i byggnaden innan den är utrymd. Några godkännanden i brandhänseende föreligger ej för närvarande (september 1974).

Sammanfattning

Den studerade väggtypen består av

- o Regelstomme från bjälklag till bjälklag isolerad med mineralull
- o 3,2 mm internit
- o Mineralullsskiva i luftspalt
- o 1/2-stens fasadtegel

Denna väggtyp kan varieras både beträffande regelverkets tjocklek och tjockleken på mineralullen mellan regelväggen och tegelskalet. Vid olika förutsättningar erhålles följande ekonomiska isoleringstjocklekar:

	Ekonomisk isolering vid det höga energi- priset
Vid högt markvärde och horisontella tegelband som kräver bärningar. Yttre skivans tjocklek kan ej ökas	Regelstomme ¹⁾ 70 mm Yttre mineralullsskiva 30 mm
Vid högt markvärde med helt tegelskal på grundmur Yttre skivans tjocklek kan ökas	Regelstomme 70 mm Yttre mineralullsskiva ¹⁾ 54 mm
	alt Regelstomme 95 mm Yttre mineralullsskiva ¹⁾ 38 mm
Vid lågt markvärde med helt tegelskal på grundmur	Regelstomme 70 mm Yttre mineralullsskiva ¹⁾ 80 mm
	alt Regelstomme 95 mm Yttre mineralullsskiva ¹⁾ 67 mm

1) Denna väggdel har vid beräkningen antagits variera

Vid höga markvärden bör väggen utföras så tunn som är konstruktivt möjligt även vid det antagna höga energipriset. Inom en av konstruktiva skäl given tjocklek bör dock isoleringen vara bästa möjliga.

5.3.4 Förbättring av värmeisolering i tak

Taket i kv Kolven nr 3 är isolerat med 70 mm mineralull + papp och singel. Om ingen hänsyn till stadsplanens taklisthöjd behöver tagas, ger en ökning av isolertjockleken med 50 mm följande anskaffningskostnader:

Isolering inkl spill, arbete och påslag (isoleringskvalitet: Rockwool nr 341)	18:-
Höjning av murkrön (0,12 m murkrön per m ² tak) 0,12 · 0,05 · 150:-	0:90
Höjning av övriga takupbyggnader	<u>0:60</u>
	19:50 kr/m ² tak
	= 390:- kr/m ³

Enligt samma formel som i 5.3.3 fås:

$$k_{\text{ekonomisk}} = \sqrt{\frac{0,041 \cdot 0,082 \cdot 390:-}{120.000 \cdot \frac{0,12}{1.000}}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (0,26 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C})$$

Om konstruktionen utöver isoleringen har värmemotståndet 0,35 m² K/W (0,40 m²h^oC/kcal) blir ekonomisk isoleringstjocklek 120 mm. Denna förbättring ger:

Besparing 35.000 kWh/år	4.200 kr/år
Avskrivningstid	50 år
Högsta tillåtna investering	51.000 kr

Beräknad merinvestering kr 31.000:-.

En jämförelse med ett uppstolpat trätak på ett betongbjälklag kan ha intresse. Här användes en billigare isolering (Rockwool nr 331 eller 321 eller likvärt)

En ökning av isoleringen med 50 mm ger följande kostnader:

Isolering inkl spill, arbete + påslag (Rockwool nr 331 el likv) 0,05 · 80:-	4:- kr/m ²
Höjning av murkrön och takupbyggnader	1:50
Höjning av stolpar 0,4 st/m ² tak	<u>-:10</u>
$\frac{5:60}{0,05} = 112:- \text{ kr/m}^2$	5:60 kr/m ²

$$k_e = \sqrt{\frac{0,041 \cdot 0,082 \cdot 112}{105.000 \cdot \frac{0,12}{1.000}}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (0,15 kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C)}$$

Gradtimalet Q har valts lägre då temperaturerna är gynnsammare under yttertaket än i det fria. Om isoleringen täcks av en 30 mm isoleringsmatta blir ekonomisk tjocklek 190 mm + 30 mm. Det har varit vanligt att här välja isolering av B-kvalitet, men undersökningar i småhus med värmekamera har visat att detta ger påtaglig genomblåsning, varför A-kvalitet bör väljas även här.

5.3.5 Solskyddsutformning

De besparingar som kan göras i samband med kylning behandlas ej här eftersom kv Kolven nr 3 saknar kylanläggning.

En riktig utformning av solskyddsutrustningen kan medföra avsevärda energibesparingar både i form av minskad belysning och ökat tillgodogörande av solvärmen. Den i dag vanligaste typen av solskydd, nämligen persienner mellan fönsterglasen, kan ställas så att de förhållandevis effektivt utestänger värmestrålning och förhindrar bländning. Det är dock mycket vanligt i dagens kontor att persiennerna av slentrian är ställda för att utestänga eventuell solstrålning och att belysningen är tänd för att ge en konstant arbetsbelysning. Med andra typer av solavskärmningar bör dagsljuset i cellkontor kunna utnyttjas avsevärt effektivare.

Faktorer som påverkar möjligheterna att utnyttja solvärme under perioder med värmeunderskott men utestänga solvärmen och minska erforderlig kylenergi under perioder med värmeöverskott:

- o Solskydd och belysning bör kunna manövreras från arbetsplatsen utan förflyttning (varierande molnighet).
- o Solskyddet bör utformas så att variationerna i dagsljusets ljusstyrka utjämnas och så att bländning ej uppkommer.
- o Vintertid bör avskärmningen placeras inne i rummet så att värmestrålningen kan tillgodogöras till nyttigt värme.
- o Sommartid bör avskärmningen placeras så att värmestrålningen avleds utan att komma in i byggnaden.

Enligt punkt 5.4.1 kan belysningsarmaturerna utrustas med en dragströmställare som kan nås från arbetsplatsen. Solavskärmningen vintertid bör placeras innanför fönstret och utformas som en diffuserande fördragsgardin som manövreras med dragsnören. Lämplig färg och täthet för en sådan gardin har ej utretts. För solavskärmning sommartid ger utvändiga persienner bäst resultat men av kostnadsskal väljs mellanglaspersiennner.

Olika aspekter på solskyddsutformningar framgår av /16, 22/.

5.3.6 Frånluftfönster

Frånluftfönstret har tillkommit i syfte att eliminera kallraset från fönstret. Det består i princip av en extra ruta innanför ett 2-glasfönster med en frånluftstrumma ansluten till mellanrummet mellan de två innersta rutorna och en spalt nedtill för luftinsläpp mellan dessa två rutor. Fönstret är beskrivet i /23, 24, 25/.

När frånluften stryker utmed innerrutans utsida uppvärms denna med effekten att dels kallras och köldstrålning mot personer i rummet upphör, dels värmetransporten ifrån rummet ut genom inre fönstret minskar påtagligt. Den förra effekten innebär att radiatorer vid fönsterbröstningar kan slopas och att möbleringen kan flyttas närmare fasaden. Vid tillräcklig luftgenomströmning kommer fönstret att fungera som om k -värdet hade förbättrats till omkring $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($0,43 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$). Motsvarande energibesparing uppkommer dock endast i en byggnad där ventilations-systemet saknar energiåtervinning eftersom då hela frånluftmängden släpps ut i det fria och den avkylning av frånluften som sker i frånluftfönstret sålunda icke har någon betydelse för ekonomin. När ventilationen är utrustad med återluftsystem däremot blir vinsten obetydlig.

Enligt punkt 5.4.2 nedan bör kontorshus utrustas med energiåtervinning genom återluft. Energibesparingen med frånluftfönstret blir då för liten för att uppväga investeringskostnaden.

Möjligen kan de förbättrade strålningsförhållandena från fönstret få den effekten att rumslufttemperaturen kan sänkas med bibehållen operativ temperatur d v s med bibehållen komfort, vilket skulle resultera i en energibesparing.

Sin verkligt stora betydelse ur energibesparingssynpunkt kan emellertid frånluftfönstret få genom att frånluften under passagen genom fönstret får upptaga solenergi, som sedan avges till byggnadsstommen och lagras där för användning under natt- och helgtid. Dessa frågor berörs närmare under punkt 5.5.

Kostnaden för en frånluftfönsteranläggning kan inte generellt anges utan måste beräknas från fall till fall med hänsyn till merkostnaden för framdragning av frånlufttrummor till fasad. En tillverkare har lanserat den s k "ljusbalken" som innehåller frånluftsmaturer och är förberedd för anslutning av frånluftfönster.

5.4 Installationer

5.4.1 Belysning

Befintlig byggnad är utrustad med traditionella lysrörsarmaturer och bländskydd av prismaplast. Armaturplaceringen har i viss utsträckning anpassats till kontorsrummens form och till tänkt möblering. Se FIG 5.3. Installerad belysnings-effekt i kontorsrummen är $25,5 \text{ W/m}^2$ inkl reaktorför-luster. I kontorskorridorer är installerad effekt 10 W/m^2 .

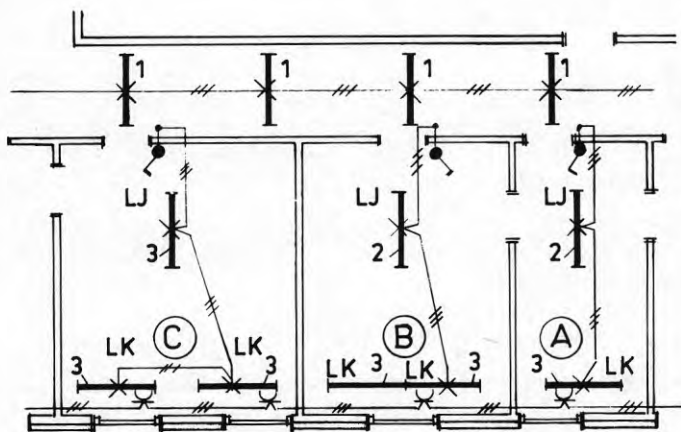


FIG 5.3 Befintlig belysningsanläggning 3 x 40 W vid fasad 3 resp 2 x 40 W i inre delen av rummen

Belysningsanläggningen kan utformas så att energiförbrukningen blir lägre än i det befintliga huset med minst lika god belysningsstandard. Enligt /6/ kan följande önskvärda faktorer och egenskaper hos belysningen uppställas:

Belysningsstyrka: arbetsytan 500 lux, närmaste omgivning 300 lux, yttre synfältet 100 lux.

De armaturer som primärt belyser arbetsplatserna skall vara utrustade med reflektorer och ge ett riktat ljus.

Armaturerna skall monteras 2,3 m över golv och vara flyttbara så att de kan följa möbleringen.

Armaturerna vid arbetsplatserna skall vara försedda med dragströmställare så att de lätt kan tändas och släckas i takt med dagsljusets variation.

Ljuskällan skall utgöras av 40 W varmvita lysrör för att ge behaglig ljusfärg och gott ljusutbyte.

Personer med speciella arbetsuppgifter eller med nedsatt syn utrustas med platsbelysning.

Belysningsanläggningen förutsättes bli regelbundet skött och rengjord.

En anläggning som uppfyller kraven enligt ovan visas i FIG 5.4. Installerade effekter inklusive förluster blir:

I <u>en</u> persoonsrum	ca 10 m ²	18,8 W/m ²
I <u>en</u> persoonsrum	ca 15 m ²	13,2 W/m ²
I <u>två</u> persoonsrum	ca 17,5 m ²	16,6 W/m ²

I kontorskorridorer monteras armaturer med 1 x 30 W c/c 3,0 m, vilket ger en belysning av 120 lux och en installerad effekt av 8,4 W/m².

Denna anläggning förutsätter armaturer med god verkningsgrad. Över arbetsplatsen används armaturer med aluminiumreflektorer som ger en asymmetrisk ljusfördelning och med bländskydd utformat som tvärlameller av plåt. I den inre delen av rummet kan en enklare armatur med symmetrisk ljusfördelning användas.

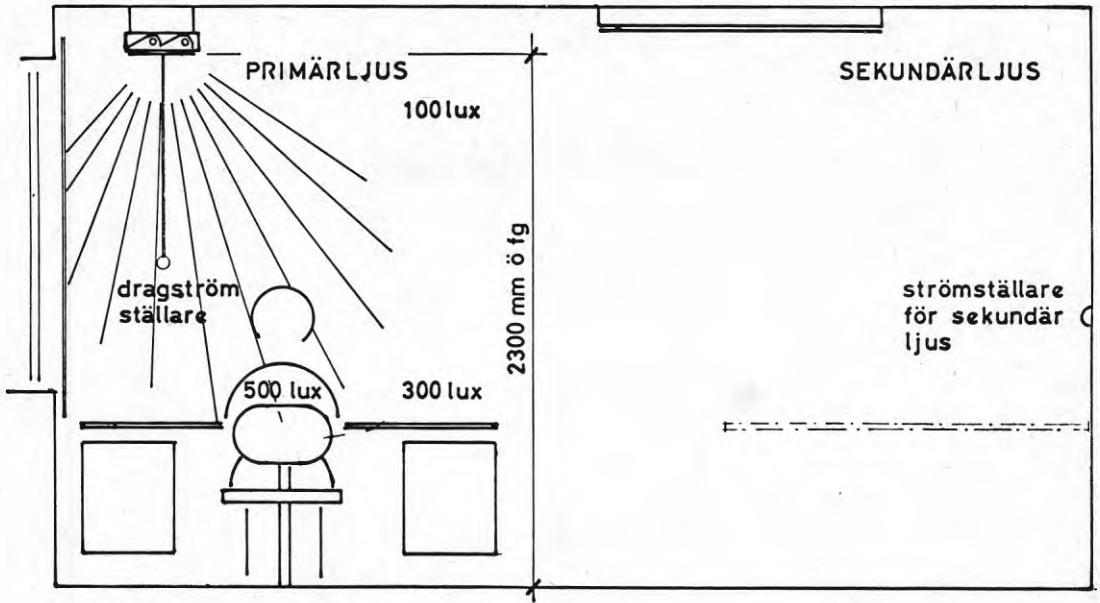
Vid val av belysningsanläggning tages hänsyn till den minskning av ljusflödet som uppkommer dels av ljuskällans nedgång, dels av smutsbeläggning på ljuskällan, i armaturer och på rummets väggar. Ett vanligt antaget värde är en minskning av armaturfabrikantens angivna ljusflödesdata med 20 %.

En regelbunden skötsel och rengöring av belysningsanläggningen är därför väsentlig för att driftsekonomi och önskvärda belysningsförhållanden skall kunna upprätthållas.

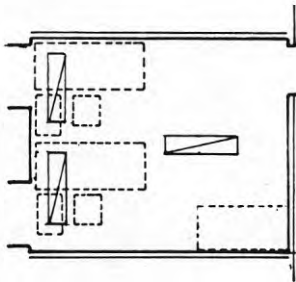
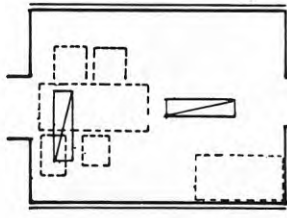
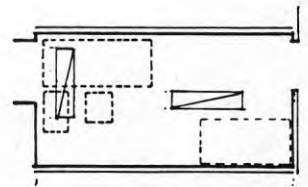
I moderna kontorshus med filtrerad tilluft sker minskningen av ljusflödet på grund av nedsmutsning hos armaturer och rumsytor relativt långsamt. Då det är svårt att objektivt bedöma ljuskvaliteten med det mänskliga ögat utan hjälp av mätinstrument är man ofta inte medveten om den försämring i ljusflödet som successivt inträder utan vänjer sig vid det minskade ljuset och inrättar sitt arbetssätt efter detta. En rengöring av armaturerna efter flera års drifttid medför ofta klagomål på bländning och alltför starkt ljus.

Rengöring bör ske minst vartannat år och fullständigt byte av lysrör minst vart fjärde år. I anläggningar med långa drifttider krävs tätare tillsynsperioder. En rengöringsomgång kan uppskattas kosta ca 10:- kr/armatur eller totalt ca 8.000:- kr.

Valet av belysningssystem och skötseln av utförd anläggning påverkar i hög grad energiförbrukningen i en kontorsbyggnad. Utöver den direkta elenergin för armaturerna medför eventuell överskottsvärme ökade krav på de installationssystem som skall hålla jämn temperatur i lokalerna. Även utformningen av solavskärningsanordningarna påverkar användningen av den elektriska belysningen och därmed energiåtgången. Se punkt 5.3.5.



a) Sektion genom arbetsrum

b) 2-personsrum
17,5 m²c) 1-personsrum
15 m²d) 1-personsrum
10 m²

Armaturer vid arbetsplatser

2 x 40W asymmetriska Al-reflektorer
Lamellbländskydd
Dragströmställare

Armaturer i inre delen av rummet

2 x 40W symmetriska Al-reflektorer
Lamellbländskydd
Ev kan enklare armaturer användas här

FIG 5.4 Energisnål belysnings anläggning

Lysrörens verkningsgrad är högst när temperaturen i rörens omgivning är ca 25° C. I normala armaturer är denna temperatur betydligt högre. Vid en omgivningstemperatur av 50° C har ljusutbytet sjunkit med ca 15 %. För att uppnå rätt drifttemperatur på rören kan armaturerna kopplas till frånluftssystemet så att rumsluften passerar genom armaturerna och kyler lysrören.

Den luft som passerar armaturerna värms till högre temperatur än rumstemperaturen och förmår vid samma luftmängd transportera bort mer överskottsvärme än vid ett traditionellt frånluftssystem.

I klimatsystem som arbetar med lagring av energi från dagtid till nattetid ev med värmepumpar kan denna värme till stor del återvinnas.

Fördelarna med frånluftarmaturer är:

- Minskad värmeöverföring till lokalen.
- Ökat ljusflöde vid viss installerad effekt.
- Ökad bibehållningsfaktor p g a mindre nedsmutsning i armaturer.
- Förhöjd frånlufttemperatur underlättar vissa former av värmeåtervinning.

Nackdelar med frånluftarmaturer är:

- Minskad flexibilitet vid armaturplaceringen.
- Högre kostnader för ventilationssystemet speciellt vid många armaturer med liten installerad effekt.

I det valda belysningsystemet, som bygger på armaturer med 2 x 40 W rör och med flexibel placering, bedömer vi ej frånluftarmaturerna som ekonomiskt lämpliga.

Den föreslagna minskningen av installerad belysningseffekt jämte den bekvämare manövreringen av strömbrytarna väntas minska årlig el-energiförbrukning med 68.000 kWh.

I en byggnad utan återluft måste vid värmeunderskott den inbesparade el-energimängden ersättas med värmeenergi. Besparingen inskränker sig då kostnadsmässigt till prisskillnaden mellan elenergi och värmeenergi.

Om återluftssystem finns kan andelen uteluft minskas när installerad eleffekt har minskats utan att övertemperatur uppkommer. Då blir förlusterna av ventilation mindre. Endast under den tid av året då minsta tillåtna uteluftmängd redan används måste den inbesparade elenergin ersättas av tillskottsvärme.

Vinsten av den inbesparade elenergin framgår av punkt 5.6 nedan.

5.4.2 Ventilation

Återluft - Ventilation med återluft innebär att en del av frånluften via en tvärförbindelse överförs till tilluftstrumman och där blandas med uteluft. Blandningsproportionen är beroende av utelufttemperaturen och önskad tillufttemperaturer. Av alla energibesparingsåtgärder som togs upp i denna undersökning ger införande av återluft den ojämförligt största besparingen samtidigt som anskaffningskostnaden i många fall är blygsam. I princip erfordras en tvärgående förbindelse mellan frånluft och tilluft med ett extra spjäll samt reglerutrustning som styr återluftinblandningen, dessutom viss brandskyddsautomatik. Avgörande tilläggskostnader kan dock uppkomma om förläggandet av frånluft- och tilluftschakt nära varandra innebär planlösningssvårigheter och dragning av en längre tvärgående trumma innebär stora kostnader.

Kv Kolven nr 3 är redan från början försett med återluftsystem. För att belysa ekonomin hos detta skall den uppnådda besparingen av detta system redovisas.

I FIG 5.5 visas ett principschema över ventilationsystemet i kv Kolven nr 3. Siffrorna i figurerna anger ungefärliga flöden vid maximal återluftinblandning. Anläggningen har endast ett huvudaggregat som filtrerar, förvärmer och befuktar luften till +13°C och lämplig relativ fuktighet. På varje våningsplan finns 4-5 eftervärmare som ger lämplig temperatur för olika zoner. Frånluft från kontorslokalerna ventilerar garaget. Frånluft från toaletter och garage återanvänds inte.

Huvudfläktarna är i drift under arbetsdagar kl 08.00-17.00. Garageevakueringen är i kontinuerlig drift under samma tid och startas under nattid samt under helgdagar av en impuls från garageporten och körs via en timer i 10 min. Ersättningsluft till garaget togs nattid direkt utifrån via ett spjäll i yttervägg. Toalettfläktarna har ändrats från kontinuerlig drift till samma drifttider som huvudfläktarna.

FIG 5.6 visar den besparing som ett återluftsystem ger i förhållande till ett system utan återluft för kv Kolven nr 3. Kurva 1 är en varaktighetskurva för uteluftens värmeinhåll i Stockholm under dagtid perioden 1949-1969. Den har erhållits genom modifiering av varaktighetskurvan för hela dygnet enligt /4/. Värmeinhållet mätes i kJ/kg luft. För helt torr luft är värmeinhållet i kJ/kg lika med temperaturen i °C. I sammanhang av intresse för byggnadsventilation innehåller luften dock alltid vissa mängder vattenånga. När värmeinhållet i vattenångan läggs till lufttemperaturerna fås de värden för uteluftens värmeinhåll som kurva 1 visar. Torr luft av 25°C temperatur har sålunda ett värmeinhåll av 25 kJ/kg medan 25°C luft med 50 % relativ fuktighet har ett värmeinhåll av 50 kJ/kg.

Kurva 3 i figuren visar rumsluftens värmeinhåll vid +23°C. Luftfuktigheten hålls vid högre utomhustemperaturer vid 35 % för att vid låga utetemperaturer falla mot 30 % RF.

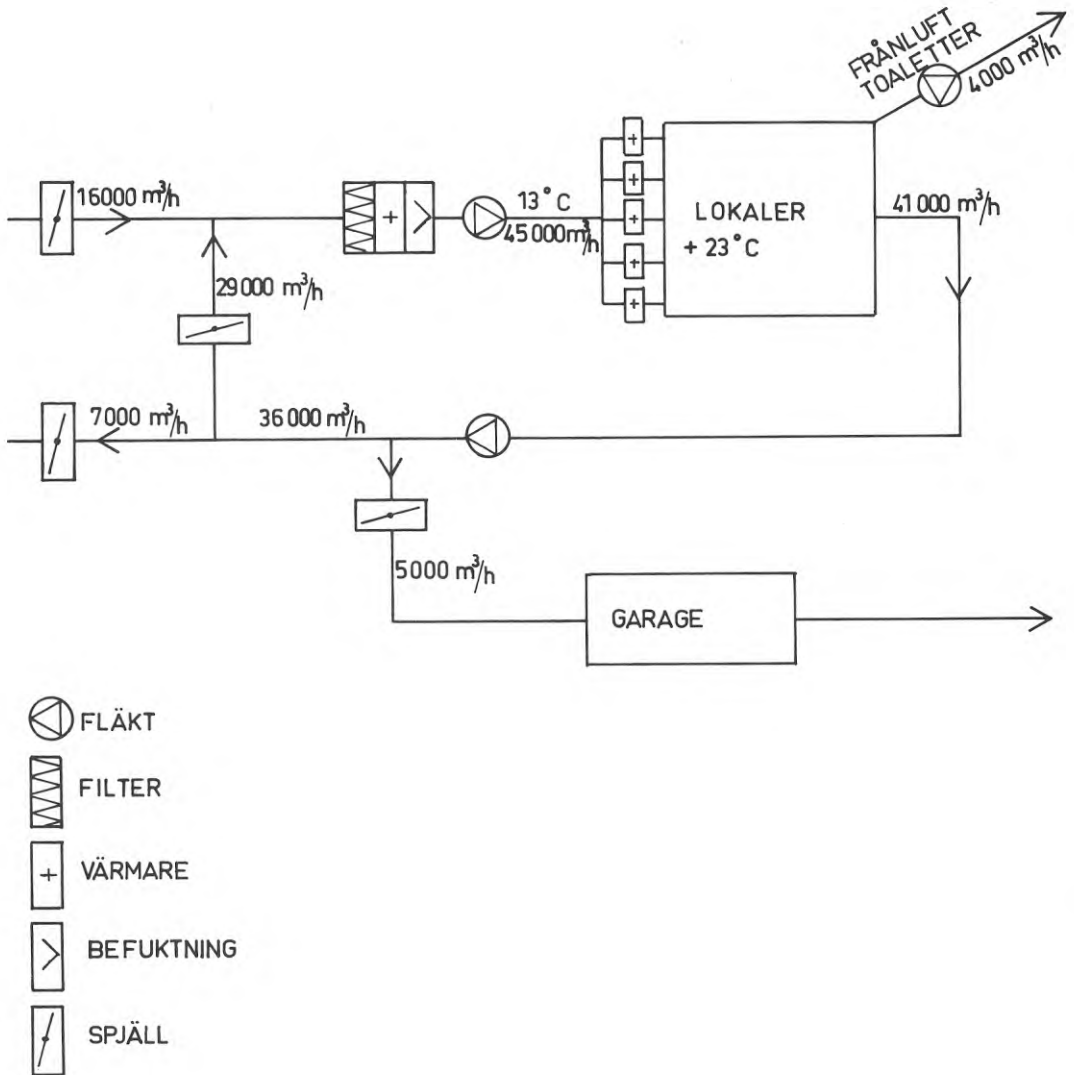


FIG 5.5 Principschema för befintlig ventilationsanläggning

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

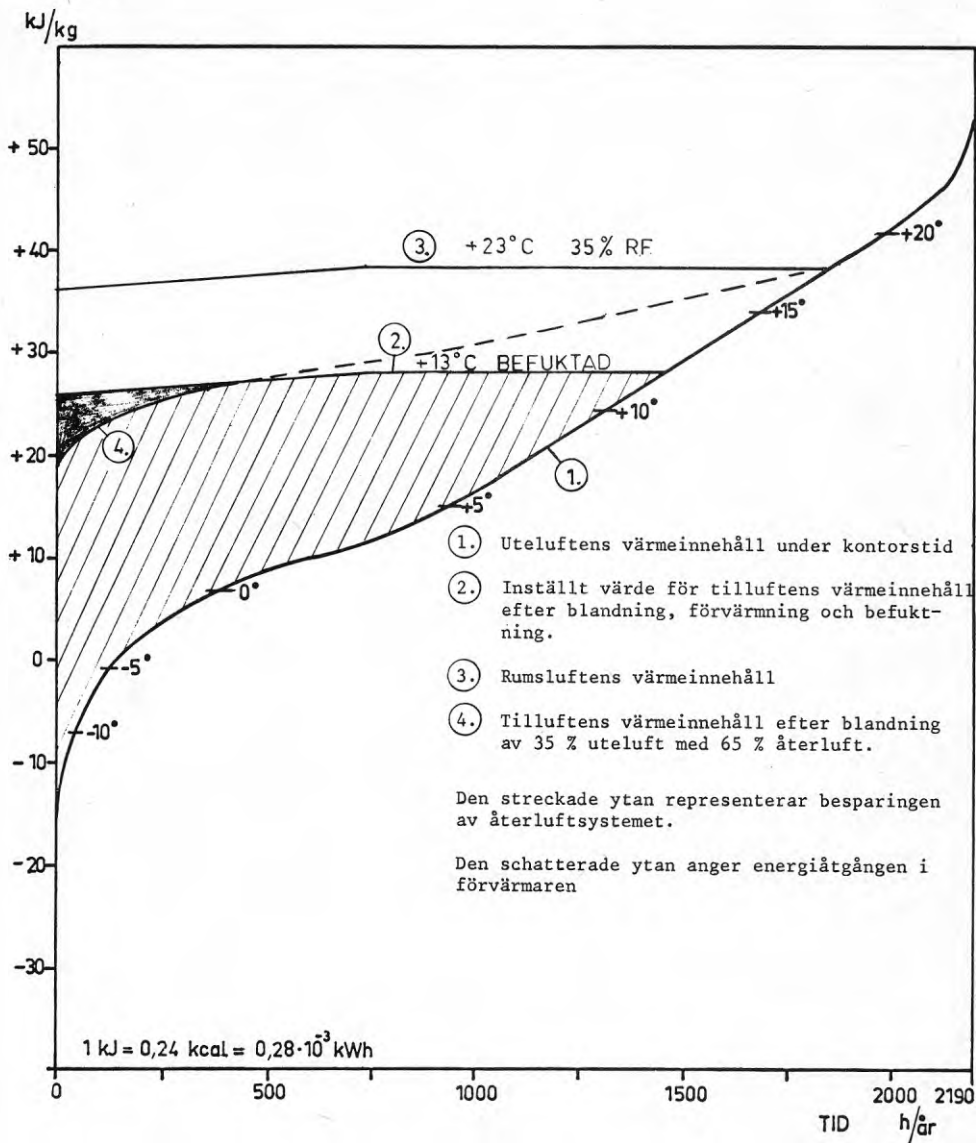


FIG 5.6 Energibesparing genom återluftventilation i kv Kolven nr 3.
Max återluftinblandning 65 %:

Kurva 2 visar luftens värmeinhåll efter blandning, förvärmning och befuktning till $+13^{\circ}\text{C}$ och den fukt mängd som vid $+23^{\circ}\text{C}$ ger önskad relativ fuktighet i lokalerna.

Kurva 4 visar blandningens värmeinhåll när vid full återluft 65 % frånluft med värmeinhåll enligt kurva 3 blandas med 35 % uteluft med värmeinhåll enligt kurva 1.

Energibesparingen per kg total luftmängd kan mätas i figuren och representeras av den yta som begränsas av kurvorna 1, 2 och 4. Den schatterade ytan mellan kurva 4 och 2 representerar den värmemängd som åtgår i förvärmaren. Ytan mellan kurva 2 och kurva 3 representerar den värmemängd som tillföres luften genom eftervärmare, belysning, personvärme, radiatorer och ev solvärme.

Besparing	365.000 kWh/år	43.800 kr/år
Ökat underhåll		500 kr/år
Avskrivningstid		20 år
Högsta tillåtna investering		433.000 kr

Ovanstående beskrivning gäller befintliga anläggningen i kv Kolven nr 3. Nedan redovisas några möjligheter att åstadkomma ytterligare energivinster.

Återluftinblandningen har i det befintliga huset begränsats till 65 %. Varje arbetsplats förses med en bruttoluftmängd av $80\text{--}100\text{ m}^3/\text{tim}$ vilket sålunda motsvarar $28\text{--}35\text{ m}^3$ friskluft/tim.

Lägsta tillåtna friskluftsmängd som föreskrives i Svensk Byggnorm, SBN 67, bedöms lämplig. Vid beräkning av totala friskluftmängden får därvid hänsyn tagas till beräknad medelbeläggingsgrad i byggnaden. Om ett ventilationsaggregat försörjer både arbetsrum och biutrymmen t ex arkiv, förråd, konferensrum, kafferum, blir den totala luftmängden stor i förhållande till antalet människor som är verksamma i lokalerna. Medelbeläggingsgraden kan därför sättas så lågt som 0,7 och minsta tillåtna friskluftmängd blir då enligt SBN 67 $15\text{ m}^3/\text{person h}$.

Återluftinblandningen blir då omkring 80 % och uteluftandelen sålunda 20 %. I FIG 5.7 visas den energibesparing som görs genom en övergång från 35 % uteluft till 20 % uteluft. Det streckade området representerar besparingen. Som framgår av figuren kan i detta fall full återluftinblandning endast utnyttjas under några dagar per år. Besparingen blir 18.000 kWh/år eller 2.200:- per år. Någon tilläggsinvestering erfordras inte.

Om vi ånyo betraktar FIG 5.5 där siffrorna för luftflöden avser förhållandena vid 35 % uteluftandel finner vi att en övergång till 20 % uteluftandel minskar uteluftmängden $16.000\text{ m}^3/\text{h}$ till ca $9.000\text{ m}^3/\text{h}$. Hela frånluftmängden kommer att lämna byggnaden

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

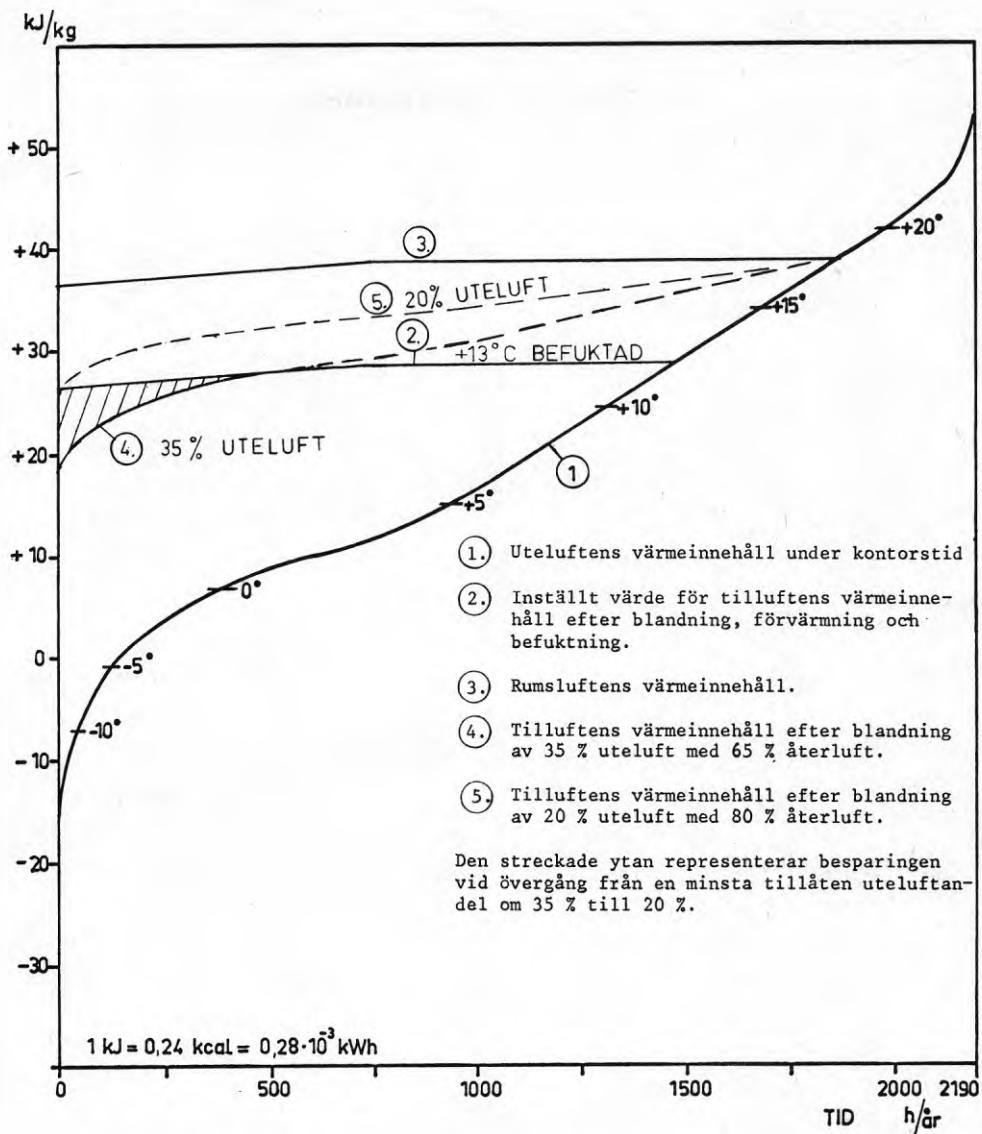


FIG 5.7 Energibesparing vid övergång från max 65 % återluft till max 80 % återluft.

via toaletter och garage. All intagen uteluft kommer sålunda att "nyttiggöras".

Effektbehovet vid dimensionerande utetemperatur minskar med 115 kW. Vid anslutning till ett fjärrvärmenät där nätets vattentemperatur minskar vid högre utelufttemperaturer måste hänsyn tagas till att erforderlig effekt för frånluftsystemet inte minskas i samma takt varför en högre utetemperatur kan bli dimensionerande för val av anslutningseffekt.

Att drifttiden för full återluftinblandning (80 %) blir så kort sammanhänger med att temperaturen efter befuktaren hålls låg, vilket i sin tur beror på att byggnaden endast har ett aggregat, som skall försörja samtliga fasader med luft. Slutregleringen av lufttemperaturen till de olika zonerna sker med eftervärmare på varje våningsplan. Övriga energikällor för höjning av temperaturen från linje 2 till linje 3 i FIG 5.7 är belysning eller sol, personvärme, eftervärmare och radiatorer. Om sålunda belysningen kan minskas, eller eftervärmare kan slopas genom att huset förses med flera huvudaggregat eller energiuttaget från radiatorerna minskas och därmed lägre individuell reglermöjlighet accepteras, skulle kurva 2 kunna höjas.

FIG 5.8 visar i varaktighetsdiagrammet besparingen i en höjning av tillufttemperaturen från $+13^{\circ}$ till $+15^{\circ}$ C. Energibesparingen blir 51.000 kWh/år och om den åstadkomms genom minskning av effektuttaget från eftervärmare eller radiatorer blir vinsten 6.100:- kr/år. Om besparingen i stället har åstadkomms genom att installerad belysningseffekt minskas med i genomsnitt 5 W/m^2 i hela huset, vilket tillåter just en tillufttemperaturhöjning av 2° , blir vinsten 27 öre/kWh under belysningens drifttid. Om belysningens drifttid är lika lång som energibesparingens varaktighet enligt FIG 5.8 skulle vinsten bli $0,27 \cdot 51.000 = 13.800$:- kr/år. Belysningens drifttid är emellertid något kortare och vinsten blir under den resterande tiden 12 öre/kWh i stället för 27 öre/kWh.

Som ovan angivits gäller detta vid en minskning av den installe-
rade belysningseffekten. När i stället en minskning av uttagen belysningseffekt åstadkomms genom en individuell släckning av armaturer är det inte lika lätt att åstadkomma en besparing genom kompensande ökning av återluftinblandningen eftersom detta skulle ge för hög temperatur i de rum där belysningen fortfarande är tänd.

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

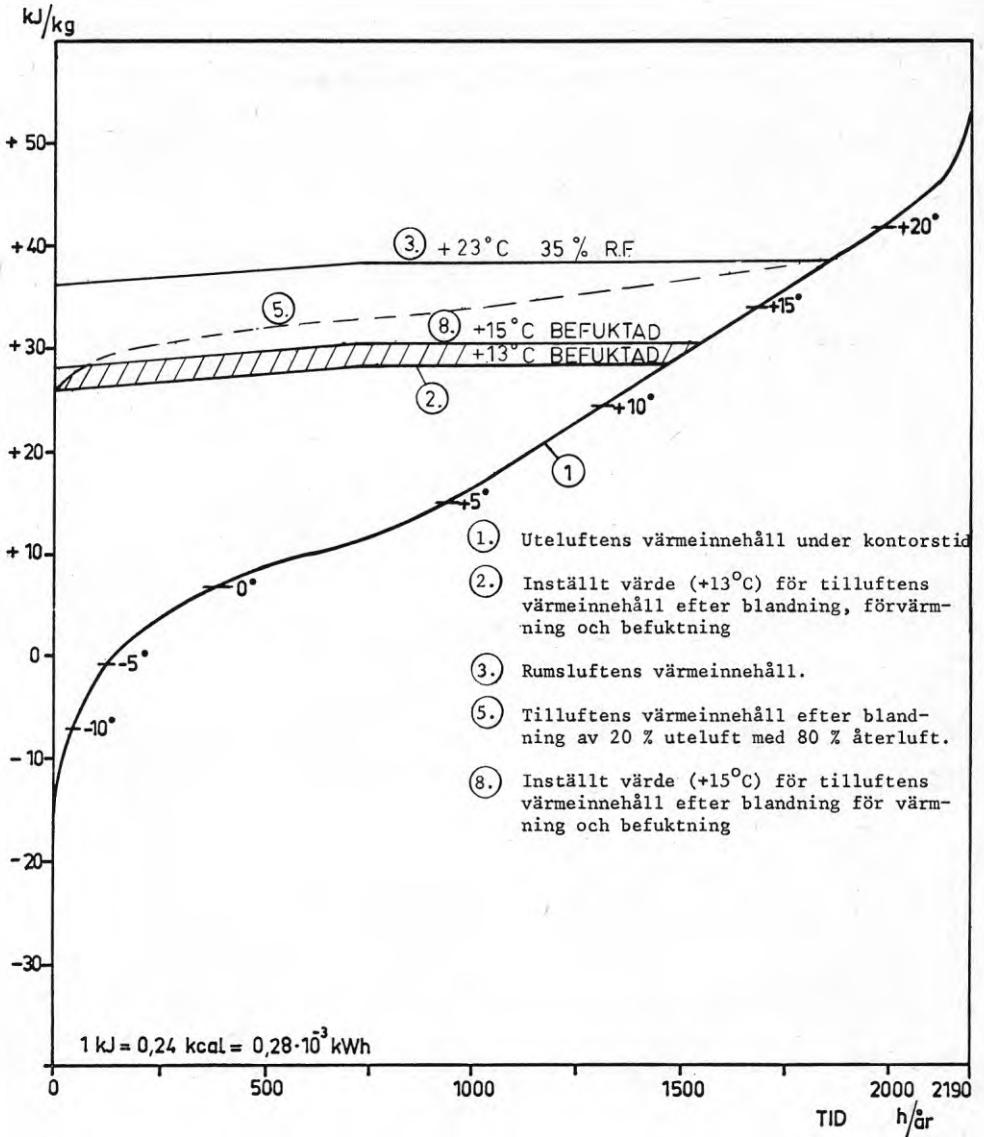


FIG 5.8 Energibesparing om i ett återluftssystem tillufttemperaturen efter befuktaren kan höjas 2°C genom ökad återluftinblandning.

En annan möjlighet att förbättra ekonomin av återluftinblandningen skall beröras. Som tidigare redovisats har den blandade och befuktade tilluften omedelbart efter befuktaren temperaturen $+13^{\circ}\text{C}$ i det befintliga huset. Detta är nödvändigt eftersom luften skall passa till alla zoner i huset och vara sval nog för att kompensera solstrålning. Vid mulet väder skulle vid lägre utelufttemperaturer än $+10^{\circ}$ något högre temperaturer efter befuktaren kunnat accepteras. Dessa temperaturer kan åstadkommas gratis under större delen av året genom ökad återluftinblandning och därigenom kan värmeenergi sparas i radiatorer och i eventuella eftervärmare.

I FIG 5.9 markerar kurvan 6 det tilluftvärmeinnehåll som skulle erfordras i ett tvåmansrum med tänd belysning (290 W), avstängda radiatorer och utan solinstrålning. För att vid tilluftdonet i rummet få detta värmeinnehåll måste tilluften omedelbart efter befuktaren ha en några grader lägre temperatur som kompenserar för den temperaturhöjning, som sker under vägen fram till rummet på grund av fläkteffekt, värmeinläckning i trummorna samt radiatorteffekt. Om marginalen sätts till 4°C visar kurva 7 i figuren lämpligt tilluftvärmeinnehåll omedelbart efter befuktaren. Kurva 5 som igenkänns från tidigare figurer visar blandningens värmeinnehåll efter befuktaren vid 20 % uteluftandel. Ytan mellan kurvorna 5, 7 och 2 representerar den besparing som teoretiskt kan göras.

Om besparingen räknas på hela ventilationsluftmängden ger den 57.000 kWh/år eller 6.800:-/år. För att åstadkomma denna besparing krävs en investering i reglerutrustning.

De ovan angivna siffrorna för storlek av besparingen är givetvis ganska osäkra men visar att en besparing kan åstadkommas genom att begränsa de värmekällor som finns i byggnaden, så att återluftinblandningen i stället kan utnyttjas bättre.

Man kan här lägga märke till att om några personer önskar hålla t ex $+21^{\circ}\text{C}$ i ett hus där man överlag håller $+23^{\circ}\text{C}$ innebär detta att blandningstemperaturen efter befuktaren måste hållas 2° lägre, vilket i sin tur i större delen av huset medför värmeåtgång i radiatorer eller eftervärmare. En ökad energiåtgång blir alltså följden. Ur ekonomisk synpunkt bör sålunda blandningstemperaturerna injusteras till så höga värden som möjligt. En gräns uppåt sättes dock av att vid allt för hög tillufttemperatur radiatorerna kommer att stängas av termostaten, varvid risk för kallras uppkommer vid lägre utetemperaturer.

Variabel luftmängd. - Med variabel luftmängd menar man vanligen ett system där tillufttemperaturen hålls konstant och regleringen av rumstemperaturen sker genom att luftmängden ökas eller minskas. Dessa system fordrar att hela den zon som hör till ett visst aggregat har antingen värmebehov eller kylbehov. Om man såsom ovan förutsatt redan har minsta tillåtna uteluftmängd per person enligt SBN 67 måste procentandel uteluft ökas för att totalluftmängden skall kunna minskas och därmed torde energiekonomin i en sådan anordning försvinna. Eftersom variabel luftmängd kräver speciella till-

luftdon för att inte förorsaka drag blir kostnaderna ganska höga i smårumskontor med dess många tilluftdon. Enligt / 17/ blir inte system med variabel luftmängd ekonomiska i cellkontor.

Man kan givetvis i detta sammanhang fråga sig hur stor den luftmängd måste vara, som recirkuleras i huset då ju uteluftmängden om man följer Svensk Byggnorm endast behöver vara 15-20 m³/ph.

Vilken funktion har den resterande cirkulerande luftmängden? Den har flera funktioner:

- o Även om den kalla uteluften skulle kunna blåsas direkt in i rummet och där blandas med rumsluft så att drag inte uppkommer, så kan den ändå inte föras genom byggnaden fram till den enskilda rummen utan byggnadsfysikaliska problem, kondens o dyl.
- o Luftomsättningen 15-20 m³/ph, räcker inte för rökare.
- o En viss hastighet hos rumsluften måste åstadkommas för att människokroppen genom konvektion skall kunna göra sig av med sin överskottsvärme.

Sannolikt skulle dock luftväxlingarna under delar av året för många personer kunna vara mindre än de 80-100 m³/ph som gäller för det befintliga huset kv Kolven nr 3. Om man skulle behålla uteluftmängden 15 m³/ph och minska totalluftmängden till 40 m³/ph skulle ingen besparing i uppvärmning av ventilationsluft göras utan endast en besparing i fläkt(effekt) energi. Emellertid står uteluftmängden i ett visst förhållande till totalluftmängden och om man följer anvisningarna SBN 67 måste uteluftmängden 15 m³/ph ökas till 16,5 m³/ph varvid ett visst värmebehov tillkommer som torde neutralisera en del av vinsten i fläktenergin.

Avstängbar ventilation. - När ventilation diskuteras talar man vanligen endast om kontorsytorna. I kv Kolven har emellertid de huvudsakligen till byggnadens kärna förlagda utrymmena av typen konferensrum, arkiv m m omkring 40 % av den totala luftmängden. En del av dessa utrymmen är sparsamt använda och skulle kunna ha sin ventilation avstängd under en stor del av kontorstiden. För kv Kolven har bedömts att luftmängden i dessa utrymmen skulle kunna minskas med i genomsnitt 6.000 m³/h, vilket skulle ge en besparing av 6.700:- per år. Den investering som krävs för att åstadkomma denna besparing utgörs av fläktar med variabelt varvtal jämte tillkommande reglerutrustning. Genom den totala avstängningen av ventilationen i ett rum behövs inte de speciella tilluftsdon som fordras vid variabel luftmängd för att drag inte skall uppstå. Även om man vid avstängning skulle önska behålla en liten grundventilation behöver sådana speciella don inte installeras eftersom rummen vid avstängd ventilation är obebodda.

Lockande vore givetvis att införa en liknande avstängningsmöjlighet i kontorsrum. Eftersom i kontorshus en stor del av arbetsplatserna är obesatta av olika skäl skulle en sådan anordning spara betydande ventilationsluftmängder. Bildligt talat skulle detta kunna innebära att man när man t ex lämnar sitt rum för att gå till konferensrummet "tar med sig ventilationen", när man stänger av den i sitt eget rum och startar den i konferensrummet. De anordningar som krävs för avstängning av ventilationen vid varje enskild arbetsplats torde emellertid icke vara tillräckligt billiga för att kunna accepteras. Vidare krävs givetvis även i detta fall fläktar med variabelt varvtal.

Det är lämpligt att ventilationen i konferensrum kan igångsättas från rummet under kvällar och helger. Om de fläktar som hör till denna zon ändå är utrustade med varvtalsreglering kan ventilation av t ex ett enda konferensrum ske utan att zonens hela flöde behöver cirkulera med åtföljande utkyllning av byggnaden.

Toalettfläktar. - Det är vanligt att toalettfläktar går kontinuerligt under nätter och helger. Dessa drar i kv Kolven nr 3 $4.000 \text{ m}^3/\text{h}$, vilket i förhållande till hela husets $45.000 \text{ m}^3/\text{h}$ kan förefalla betydelselöst. På grund av dels icke-kontorstidens längd dels avsaknaden av återluft för toalettventilationen blir dock värmeförlusterna mycket stora. Då inga "gratis energikällor" såsom sol och belysning förekommer, måste nattetid toalettventilationsluften värmas upp till rumstemperatur.

Om antalet gradtimmar per år vid uppvärmning till 23° utan befuktning enligt /4/ är ca 140.000 fås:

$$4.000 \cdot 1,3 \cdot 0,75 \cdot 140.000 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 153.000 \text{ kWh/år} = 18.300:- \text{ kr/år.}$$

Även för kv Kolven nr 3 var toalettfläktarna projekterade för drift dygnet runt, men sedermera har ett tidur anskaffats och fläktarna är numera avstängda under nätter och helger. Endast från soprum behövs kontinuerlig avsugning.

Värmeväxlare frånluft - tilluft. - Ur praktisk synpunkt kan skiljas mellan två typer av värmeväxlare. Roterande värmeväxlare av typ Munthers fordrar att frånluft- och tilluftstrummorna passerar samma plats. I system med mellankrets, där en vätska transporterar återvunnen energi från frånluftstrumman till tilluftstrumman kan de **ligga** åtskilda. Den förra typen blir inte aktuell i kontorshus eftersom ett återluftsystem blir billigare där villkoret för trummornas placering är uppfyllt. Där detta villkor inte är uppfyllt blir emellertid värmeväxlare med mellankrets aktuell och vid de energipriser som har förutsatts även ekonomisk. Eftersom kv Kolven nr 3 redan har återluft har här inte gjorts något detaljerad ekonomisk kalkyl över värmeväxlare med mellankrets.

Man kan givetvis fråga sig om inte de värmemängder, som trots allt lämnar huset som frånluft i ett återluftsystem, bör återvinnas i en värmeväxlare. Avsnittet om återluft ovan visar emellertid att dessa värmemängder icke kan utnyttjas under kontorstid eftersom då energiöverskott skulle uppkomma. Tillvaratagande av dessa energiöverskott blir aktuellt först när lagring av överskottsenergi från kontorstid till natt- och helgtid kan ske. Mera härom se punkt 5.5 nedan.

5.4.3 Styrning av radiatorer

I kv Kolven nr 3 är radiatorerna utrustade med termostatventiler. Teoretiskt har dessa den energibesparande effekten att de stänger av radiatorerna när värmeöverskott p g a solstrålning, belysning och personvärme förekommer.

Praktiskt uppträder dock bieffekter. När ett rum känns för kallt ställs termostaten upp mera än vad som skulle vara motiverat och när rummet sedan blir för varmt ventileras övertemperaturen bort genom fönstervädning. Då den kalla vädringsluften träffar termostaten kallar denna på ytterligare värme.

Erfarenheter från elvärmda flerfamiljshus med termostatreglerade radiatorer visar oväntat hög värmeförbrukning / 5 /.

Enligt / 13 / bör termostaternas inställningsnivåer begränsas så att dessa inte går att ställa in på en högre temperatur än vad som kan accepteras med hänsyn till önskan att spara energi. Vidare leder en sänkning av framledningstemperaturen under nätter och helger enligt / 13/ till ojämn värmefördelning så att temperaturen i delar av byggnaden närmast pannrummet blir oförändrad men sjunker i utrymmen som ligger längre bort från pannrummet. För att undvika den senare nackdelen måste termostatventilerna förinställas så att en lämplig maximalt tillåten genomströmningsöppning erhålles. Funktionen blir då även vid temperaturavsänkning lika bra som med konventionella ventiler.

Väsentligt är att termostatventilen inte är utsatt för drag från fönstret. Den kommer i annat fall att oupphörligt kalla på värme och reagerar inte för temperaturhöjningar i rummet.

Av vad som ovan sagts framgår att det vore helt meningslöst att försöka teoretiskt beräkna vilken energibesparing som erhålls med hjälp av termostater. Endast jämförande mätningar i ett tillräckligt stort antal befintliga hus kan ge besked i frågan.

5.4.4 Värmepump

Värmepumpen är ingen ny företeelse. Den är känd sedan länge. I en litteraturförteckning från åren 1930-1952 finns inte mindre än 35 hänvisningar till artiklar om värmepumpar.

I princip kan man säga att värmepumpen fungerar som en omvänd kylmaskin.

Normalt kan värme endast strömma från en kropp med hög temperatur till en annan kropp med lägre temperatur. Men med hjälp av en värmepump kan man exempelvis ta värme ur nollgradig luft som sedan lämnar värmepumpen med lägre temperatur. Den uttagna värmen används till att värma en annan luftmängd från 0° till rumstemperatur. Detta innebär således att man tar värme ur en värmekälla som står gratis till förfogande och så att säga höjer värmeenergin nivå till den önskade. Värmekällor kan vara uteluft, ett vattendrag eller marken.

För den ovannämnda nivåhöjningen av värmeenergin åtgår el-energi. Åtgången av elenergi är större ju större nivåhöjning man önskar göra. Detta innebär för en värmepump som skall användas till husuppvärmning att elenergiåtgången är störst under vintern, när den uteluft som värmen skall tas ur är kall. Med andra ord blir alltså verkningsgraden för värmepumpen sämst när den som bäst behövs. I praktiskt bruk kan värmepumpen därför ofta inte klara de högsta effekter, som krävs på vintern, utan måste kompletteras med någon annan värmekälla. Om däremot värmen kan tas ur varm återluft från ett kontorshus blir verkningsgraden mycket bra.

För ett kontorshus vore det sålunda lockande att under kontorstid med en värmepump ta värmen ur frånluften och, eftersom då oftast inget energibehov föreligger, lagra värmen i en ackumulatör för användning under nätter och helger. Värmepumpen ger då en så hög temperatur i ackumulatören att denna kan få rimlig storlek.

Sådana projekt är också under utarbetande i Frankrike / 7 /. Eftersom värmepumpen drives med elektricitet är emellertid ekonomin hos ett sådant system starkt beroende av dagkraftens pris. Om dagkraftpriset är 27 öre/kWh får man, även med en så god värmefaktor som 4, ett nettovärmepris på nära 7 öre/kWh. Lägg härtill kapitalkostnader och underhållskostnader för värmepumpen och ackumulatören med reglerutrustning så blir ekonomin tveksam.

Små enkla värmepumpsaggregat för kombinerad värming och kylning förekommer sedan lång tid tillbaka i amerikanska villor. Dessa anläggningar är enkelt uppbyggda utan höga krav på driftekonomi.

Det faktum att värmepumpen kan fungera i en villa skulle lätt kunna leda till slutsatsen att värmepumpar skulle kunna installeras och fungera bekymmersfritt även i kontorshus. Man kan emellertid inte utan vidare jämföra dessa små enkla värmepumpar i amerikanska villor med mera komplicerad utrustning, som måste väljas i ett kontorshus för att verkligen få ut den energiekonomi som är ett villkor för att investeringen skall vara ekonomisk. Av debatten i fackpressen framgår också att påtagligt delade meningar råder i fråga om värmepumpens energiekonomi, underhållskostnader etc i förhållande till andra alternativ. /3, 9, 10, 12, 27/.

I byggnader som har ett kylbehov och där således ändå en kylmaskin måste installeras kan värmepumpen redan vid dagens energipriser bli ekonomisk. Det kan där finnas anledning att studera alternativet värmepump. I kontorshus utan kylbehov, där värmefunktionen skall bära hela kostnaden för kapital och underhåll, blir resulterande kostnad för den erhållna värmeenergin en helt annan.

Stora värmepumpinstallationer för kontorshus är ännu ej färdigutvecklade. Sammanfattningsvis kan dock sägas att det finns all anledning att bevaka värmepumpens vidare utveckling under de närmaste åren och de driftresultat som kan framläggas för olika typer av byggnader.

5.4.5 Andra återvinningssystem

Värmeåtervinning ur avloppsvattnet bedöms i kontorshus ej lönsamt på grund av den låga varmvattenförbrukningen.

5.4.6 Värmelagring genom avstängning under nätter, veckoslut och helger

Under andra världskriget diskuterades på den rådande bränslebristen vilka besparingar som skulle kunna göras genom intermitterent eldning. En undersökning som då gjordes / 21 / väcker inga förhoppningar då den resulterade i en förväntad värmeenergibesparing på endast 2 % i flerfamiljshus av tegel och då **dessutom** denna lilla värmebesparing förväntades bli eliminerad av försämrad verkningsgrad i pannorna.

Att besparingen är så liten beror på att en byggnads utkylning går mycket långsamt och att därför temperaturen inte hinner sjunka särskilt många grader under en natt.

Energibesparingen utgöres av minskade transmissions- och ventilationsförluster genom den minskade temperaturskillnaden mellan inne och ute. Besparingen kan grovt räknat sägas vara proportionell mot både avstängningstiden och temperaturfallet. I en kontorsbyggnad blir avstängningstiden avsevärt längre än i ett bostadshus och samtidigt ökar totala temperaturfallet. Förloppet antyds i FIG 5.10.

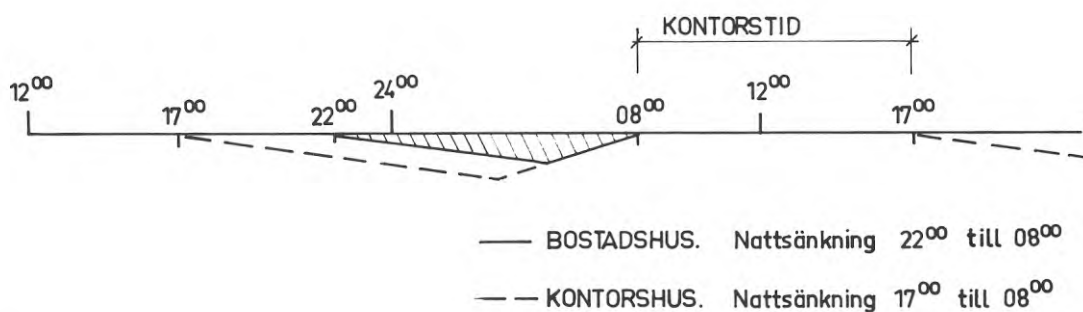


FIG 5.10 Temperaturvariation vid intermitterent värmning av bostadshus respektive kontorshus. Den streckade ytan motsvarar den energivinst som görs genom minskad transmission. Av figuren framgår att minskningen blir mycket större för kontorshus på grund av den längre avstängningstiden och det större temperaturfallet.

Den största vinsten med nattavstängning i kontorshus ligger emellertid i möjligheterna att under stora delar av året utnyttja värmeöverskott under dagen till uppvärmning under natten. Detta förutsätter att byggnadsstommens temperatur tillåts variera under dygnet. Om rumslufttemperaturen under dagen tillåts stiga något upptar stommen värme från personer, belysning eller solinstrålning. Den magasinerade värmen avges under natten och temperaturen i lokalerna sjunker ganska litet.

För att kompensera låga morgontemperaturer på rumsytorna kan man tänka sig att med ventilationssystemet värma rumsluften till något höjd temperatur så att den operativa temperaturen (medeltalet mellan rumslufttemperatur och ytornas medeltemperatur) blir acceptabel.

För kv Kolven nr 3 gjordes utanför programmet för detta forskningsuppdrag en liten praktisk undersökning, som visserligen inte uppfyller vetenskapliga krav, men ändå kan ge en antydning om möjligheter till energibesparing på ovan angivet sätt.

Under tiden 1974-04-26 till 1974-05-13 avstängdes ventilerna till värmestammarna arbetsdagar omkring kl 17.00 och öppnades åter vid tiden mellan 06.45-07.45 nästa morgon. Även från fredag kl 17.00 till måndag morgon hölls värmen avstängd.

Ventilationen startades på morgnarna samtidigt som värmen. En temperaturskrivare placerad på golvet i ett norrum på plan 1 tr registrerade rumslufttemperaturen under perioden. Dessutom utfördes okulärläsningar av en max- och min-termometer på våning 2 tr.

Rumslufttemperaturen föll enligt skrivaren ungefär $1,5^{\circ}\text{C}$ varje natt efter vardag och $2,5$ resp 3°C under de bägge helgerna. Medeltemperaturen för rumsluften var något lägre än normalt, ca $+21^{\circ}$ till $+21,5^{\circ}\text{C}$ mot normalt $+22^{\circ}$ till $+23^{\circ}\text{C}$.

Utomhustemperaturen varierade under perioden enligt följande:

Dygnsmedeltemperaturen från $+3,7^{\circ}\text{C}$ till $+10,8^{\circ}\text{C}$
(medeltal $+7,7^{\circ}\text{C}$)

Lägsta nattemperatur från $-0,6^{\circ}\text{C}$ till $+4,0^{\circ}\text{C}$

För att undvika inverkan av 1 maj-helgen har i nedanstående tabell angivits energiförbrukningen endast under veckan 1974-05-03 till 1974-05-10. Energitillskott från personer har inte medtagits, då detta kan förutsättas vara lika i samtliga fall. Solinstrålningen har uppskattats ur uppgifter från SMHI över solskenstid under de aktuella perioderna. "Ekvivalent energiförbrukning" avser den förbrukning som skulle ha erhållits om temperaturredifferensen under alla mätperioderna varit $15,3^{\circ}\text{C}$. Energibehovet ändras ej proportionellt mot temperaturredifferensen eftersom återluftsystemet är så konstruerat att effektbehovet för

ventilation varierar relativt litet när utelufttemperaturen ligger mellan ungefär -3°C och $+14^{\circ}\text{C}$.

TAB.5.1 Energiåtgång vid nattavstängd värme jämfört med normaldrift.

Period	Energiåtgång El+värme+sol- instrålning kWh/vecka	Rumsluft- temperatur $^{\circ}\text{C}$	Utetempe- ratur medel $^{\circ}\text{C}$	Δt $^{\circ}\text{C}$	Ekvivalent energiåtgång vid $\Delta t=15,3^{\circ}$ kWh/vecka
Nattavstängning 1974-05-03 till 05-10	13.800	21°	$+5,7^{\circ}$	$15,3^{\circ}$	13.880
Normaldrift 1974-04-03 till 04-10	16.380	23°	$+8,6^{\circ}$	$14,4^{\circ}$	17.050 ¹⁾
Nörmaldrift 1973-10-10 till 74-05-29 ²⁾	21.000	$22,5^{\circ}$	$+2,2^{\circ}$	$20,3^{\circ}$	16.800

1) Beräkning av ekvivalent energiåtgång:

$16.380 + (15,3-14,4) \cdot 4,5 \text{ kW/K} \cdot 168 \text{ h} = 17.050 \text{ kWh}$ där $4,5 \text{ kW/K}$ är förlust av transmission och ofrivillig ventilation. Övriga värden har beräknats på motsvarande sätt.

2) Exkl provtiden

Som framgår av tabellen var energiåtgången omkring 3.000 kWh/vecka mindre vid natt och helgavstängning än jämförelseperiodernas energiåtgång omräknad till temperaturdifferensen $15,3^{\circ}\text{C}$.

Många felkällor finns. Rumslufttemperaturen under jämförelseperioderna är inte i detalj känd. Speciellt under "energi-krisen" sänktes rumslufttemperaturen i sparsamhetssyfte. Någon hänsyn till fasadväggars minskade transmission vid solbestrålning har ej tagits.

En felkälla består i att byggnadsstommens temperaturvariation inte är i detalj känd. Eftersom mätperioden börjar på kvällen den 3 maj, när sålunda värmen varit avstängd under natten till denna dag, borde stommens temperatur inte ha varit högre vid mätperiodens början än vid dess slut. Rumslufttemperaturen var lika vid bägge tillfällena. Om stommens temperatur hade varit $0,5^{\circ}\text{C}$ lägre vid mätperiodens slut än vid dess början hade ur stommen tagits energimängden:

$$3,2 \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot 0,21 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5^{\circ} = 380 \text{ kWh.}$$

Betrakta den högra kolumnen i tabellen. Eftersom ekvivalent temperaturdifferens är lika under mätveckan som för jämförelseveckorna blir transmissionsförlusterna lika. Ofrivillig venti-

lation kan variera. För att balans skall råda bör dock den genom ventilation bortförda energimängden ha varit mindre under mätveckan än normalt.

Någon speciell reglering av ventilationen har inte utförts, utan återluftsystemet har varit inställt på konstant blandningstemperatur. Detta har medfört att eftersom återluftens temperatur är lägre blir uteluftandelen i tilluften lägre än under normala perioder med samma Δt . Differensen i energiåtgång p g a den lägre uteluftmängden har magasineras i stommen. Med andra ord har man istället för att ventilera bort värmeöverskott under kontorstid kunnat överföra detta till stommen.

Samma effekt hade vid bibehållen rumstemperatur kunnat erhållas om blandningstemperaturen hållits högre. I FIG 5.8 visas ett exempel på besparing av förhöjd blandningstemperatur. En höjning av blandningstemperaturen 2°C minskar uteluftmängden med $6.000 \text{ m}^3/\text{h}$ och därmed energiförlusten för ventilation med 1.800 kWh/vecka .

Att någon fullständig förklaring till förbrukningsdifferenserna på omkring 3.000 kWh/vecka inte erhålles av denna överslagsberäkning är inte ägnat att förvåna med hänsyn till det enkla mätförfarandet. Temperaturvariationerna har sålunda endast mätts i ett norrum medan t ex energitillskott från solstrålning i huvudsak tillförs rum mot övriga väderstreck. Persienner kan med ändrad inställning ha släppt in större del av solstrålningen än annars.

För att bedöma rimligheten i de energimängder som enligt tabellen antydes ha utväxlats av byggnadsstommen kan ytterligare en överslagsberäkning göras.

För att en bekväm beräkning skall kunna utföras för hand antages rumslufttemperaturen variera enligt en sinuskurva med amplituden $\pm 0,75^{\circ}\text{C}$. Vidare förutsattes energiöverföring till stommen i huvudsak ske konvektivt från luften, ej genom strålning, vilket är en grov approximation men med hänsyn till övrig osäkerhet i förutsättningarna kan denna accepteras för norrum.

Bjälklagen i den befintliga byggnaden består i den äldre delen av tunna bärande betongplattor på kringgjuten stålstomme och i den nyare delen av prefabricerade betongkassetter på naken stålstomme. I bägge fallen tillkommer överbetong. Beräkningen utföres för en plattjocklek av 130 mm . Därefter kan värmeutbytet per kg stomme beräknas och därur hela energiutbytet med hänsyn till tillkommande betongmängder utöver plattornas massa.

Med värmeövergångstalet $7 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$) och temperaturledningstalet $2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$ blir enligt Gröber sid 86 / 11 / för en oändligt tjock vägg amplituden för betongytans temperaturvariation $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$. FIG 5.11.

Om denna yttemperaturvariation approximativt antages gälla även för den ändligt tjocka bjälklagsplattans bågiga sidor blir enligt Gröber sid 96-97 värmemängden som under en halv period lämnar plattan 36 Wh/m^2 (31 kcal/m^2). Detta ger $0,12 \text{ Wh/kg}$ bjälklag.

Värmemagasinering byggandsdelar kan beräknas till $3,2 \cdot 10^6 \text{ kg}$ totalt för byggnaden.

Då fås totalt magasinerad värmemängd under en halv period

$$3,2 \cdot 10^6 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3} = 385 \text{ kWh/natt}$$

Detta gäller natt efter en vardag.

Förhållandena under veckohelgerna då värmertilskott endast utgöres av solinstrålning är svårare att bedöma. Enbart för 5 nätter per vecka fås dock med ovanstående värde omkring 2.000 kWh vilket visar att byggnadsstommen kan magasinera värmemängder av den storleksordning som de tidigare redovisade mätningarna antyder.

I FIG 5.11 visas sinusvariation av rumslufttemperatur, bjälklagsytans temperatur och den operativa temperaturen, som är medelvärdet mellan de förra och som bäst visar den grad av välbefinnande som människan känner.

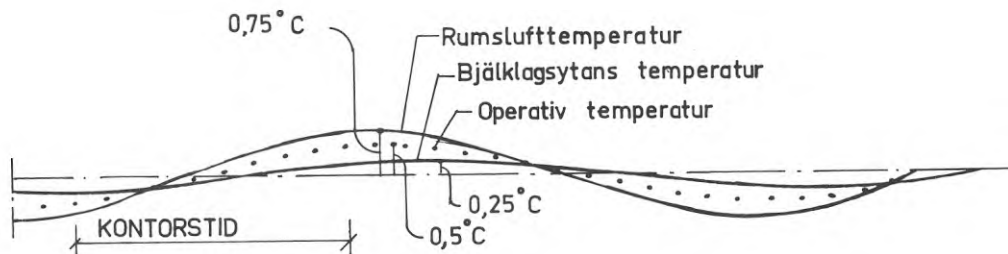


FIG 5.11 Rumsluftens antagna och bjälklagsytans beräknade temperaturvariation i Kolven nr 3 under nattavstängning av värmen. Operativ temperatur är medelvärdet mellan luftens och ytans temperatur. I det verkliga fallet stiger temperaturen snabbare under dagen och faller långsammare under natten.

Som framgår av figuren varierar operativa temperaturen $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Vidare är att märka att i verkligheten rumsluftens temperaturstegring under förmiddagen är betydligt snabbare än en sinuskurva visar. Om bättre komfort önskas kan lufttemperaturen höjas

något under de första timmarna på morgonen utan att någon större del av vinsten med nattavstängningen går förlorad. Kanske kan avstängning ske något tidigare på eftermiddagen t ex kl 15.00 eller vid variabel tidpunkt.

Nedan skall beräknas temperaturfallet per natt vid lägre utetemperaturer än de som rådde under mätperioden.

Temperaturfallet i en byggnad vars uppvärmning avstängs under z timmar kan tecknas:

$$\Delta t = \Delta t_0 \left(1 - e^{-\frac{z}{R}} \right)$$

där R är byggnadens tidskonstant, h

$$R = \frac{C}{K}$$

där C är byggnadens ekvivalenta värmekapacitet, dvs den del av totala värmekapaciteten som medverkar som värmemagasin. K värmeförluster genom transmission, ofrivillig ventilation och ventilation.

Δt det sökta temperaturfallet

Δt_0 det temperaturfall som skulle uppstå efter oändlig tid.

R kan lösas ur mätvärden under avstängningsperioden.

Under den aktuella tiden var nattemperaturerna omkring $+4^{\circ}\text{C}$ och temperaturdifferensen $21 - 4 = 17^{\circ}\text{C}$. Avsvälningstiden kan sättas till 10 h med hänsyn till att vissa energitillskott - belysning vid städning, kvällssol - håller temperaturen några timmar efter arbetstidens slut.

Δt var i genomsnitt $1,5^{\circ}\text{C}$.

$$1,5 = 17 \left(1 - e^{-\frac{10}{R}} \right) \text{ Härur fås } R = 105 \text{ h}$$

Detta värde på R kan kontrolleras med hjälp av uttrycket

$$R = \frac{C}{K}$$

Om byggnadens massa är $3,2 \cdot 10^6$ kg

värmekapacitiveteten $c = 0,880$ kJ/kg K (betong)

$$\text{blir } C = 3,2 \cdot 10^6 \cdot 0,880 \cdot \frac{1}{3.600} \cdot \Delta t_s = 780 \Delta t_s \text{ kWh/K}$$

där Δt_s = stommens medeltemperaturfall.

$K = 4,4$ kW/K av transmissionsförluster och ofrivillig ventilation

Då fås:

$$105 = \frac{780 \cdot \Delta t_s}{4,4}$$

Härur fås $\Delta t_s = 0,60^\circ\text{C}$. Tidigare erhöills variationen $2 \cdot 0,25^\circ = 0,50^\circ\text{C}$, således en acceptabel överensstämmelse.

Nu kan temperaturfallet vid andra utetemperaturer beräknas ur uttrycket

$$\Delta t = \Delta t_o \left(1 - e^{-\frac{z}{105}} \right)$$

Temperaturfallet under 11 timmar vid utetemperaturer -10°C och $+23^\circ\text{C}$ rumstemperatur beräknas

$$\Delta t_o = 23^\circ - (-10^\circ) = 33^\circ$$

$$\Delta t = 33 \left(1 - e^{-\frac{11}{105}} \right) = 3,3^\circ\text{C}$$

dvs temperaturen faller från $+23^\circ\text{C}$ till $+19,7^\circ\text{C}$.

Den lägsta nivå som önskas nattetid och framförallt under helger inställes lämpligen på en central termostat.

Att bedöma under hur stor del av året överföringen av dagöver-skottenergi till nätter och helger kan ske är vanskligt.

20 veckor à 2.500 kWh/vecka = 50.000 kWh/år = 6.000:-/år
borde vara en möjlig besparing om dagmedeltemperaturen skall ligga på önskad nivå $+23^\circ\text{C}$. Värdet kan dock vid en noggrann beräkning visa sig vara mycket större framförallt i byggnader med större effektöverskott under dagtid.

Kv Kolven nr 3 har en ganska lätt stomme. Om bjälklagstjockleken ökar stiger den magasinerade energimängden och uppnår maximum för en bjälklagstjocklek av 300-350 mm för att sedan falla mot ett värde som förblir konstant vid ytterligare ökad tjocklek. Vardera sidan av bjälklaget absorberar då lika mycket värme som en halvoändlig kropp skulle göra, vilket också är att vänta. Det märkliga är att vid bjälklagstjockleken 300-350 mm vardera sidan absorberar upp till 20 % mer än den halvoändliga kroppen. Gröber / 11 /.

Det bör än en gång framhållas att ovan angivna resultat är mycket preliminära med hänsyn till osäkerhet i mätdata etc. Att en energibesparing kan erhållas om en temperaturvariation under dagen accepteras är dock klarlagt. Storleken av denna besparing är oklar och bör undersökas.

5.4.7 Befuktning

Meningarna är delade om huruvida befuktning är nödvändig eller ej / 8, 18 /.

Om ventilationsanläggningen saknar återluftsystem (eller värmeåtervinning med entalpiväxlare) innebär slopande av luftbefuktning en mycket stor besparing. Se FIG 5.12. Den streckade ytan i figuren representerar årlig besparing som skulle bli 8.300 kJ/kg luft. För 45.000 m³/h fås under kontorstid:

$$8.300 \cdot 45.000 \cdot 1.3 \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} = 134.000 \text{ kWh/år.}$$

I en ventilationsanläggning med återluftsystem blir vinsten av befuktningens avskaffande mindre. Denna vinst kan beräknas som skillnaden i värmebehov vid förvärmningsbatteriet med och utan befuktning.

FIG 5.13 visar energiåtgången i förvärmningsbatteriet utan befuktning (streckad yta).

I FIG 5.9 visar motsvarande yta energiåtgången i förvärmningsbatteriet vid befuktad luft.

Skillnaden mellan dessa energimängder utgör besparingen om befuktningen slopas. Figurerna förutsätter att inblandningen av återluft kan regleras med hänsyn till utelufttemperaturens variation. Kurva 7 anger behovet av värmeinhåll i tilluften efter blandning. Kurvan har konstruerats under förutsättningen att belysningen i kontorsrummen är tänd och vidare att temperaturhöjningen efter blandningen blir 4°C av fläkteffekt, ev eftervärmare, värmeinläckning i trummor och av radiatorer. Kurva 5 visar värmeinhållet i tilluften efter blandning av 20 % uteluft med 80 % återluft.

Årlig besparing blir 1.000 kJ/kg luft. Detta ger under kontorstid:
 $1.000 \cdot 45.000 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ kWh} = 16.000 \text{ kWh/år.}$

Man kunde kanske vänta att besparingen här skulle bli minst 20 % av besparingen enligt FIG 5.12 eftersom minst 20 % uteluft skall befuktas. Att så inte är fallet förklaras av att full återluftinblandning endast kan drivas under en del av året. Under resterande del kan gratis värme för befuktning anskaffas genom att återluftinblandningen ökas.

5.5 Lagring av överskottsenergi från kontorstid till natt- och helgtid

Kontorslokalerna får under stora delar av året överskottsenergi från belysning eller solinstrålning som brukar ventileras bort för att förhindra höga rumstemperaturer. Om delar av denna överskottsenergi kunde överföras till nätter och eventuellt veckohelger kunde betydande besparingar göras i energiåtgången för uppvärmning.

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

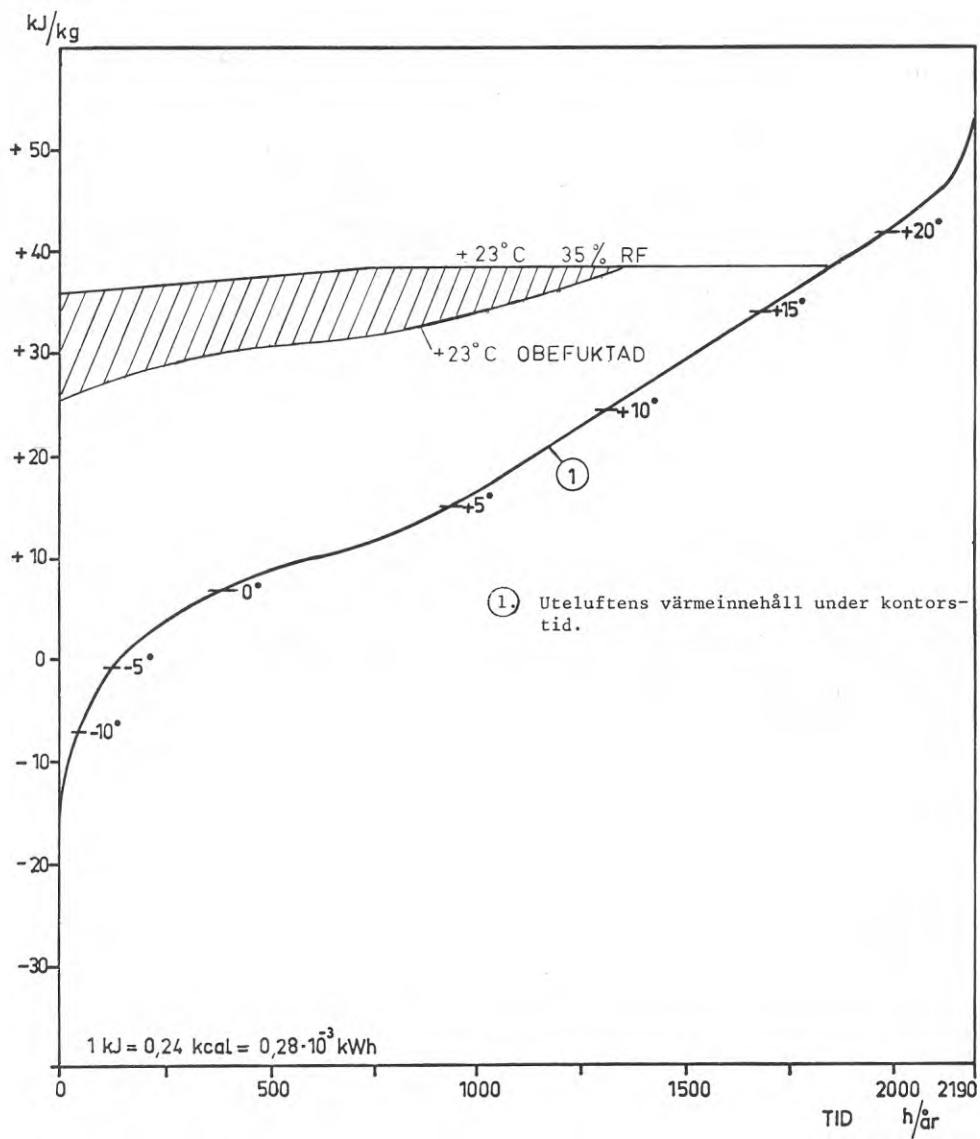


FIG 5.12 Besparing i ett system utan återluft när befuktningen slopas.

LUFTENS VÄRME-
INNEHÅLL

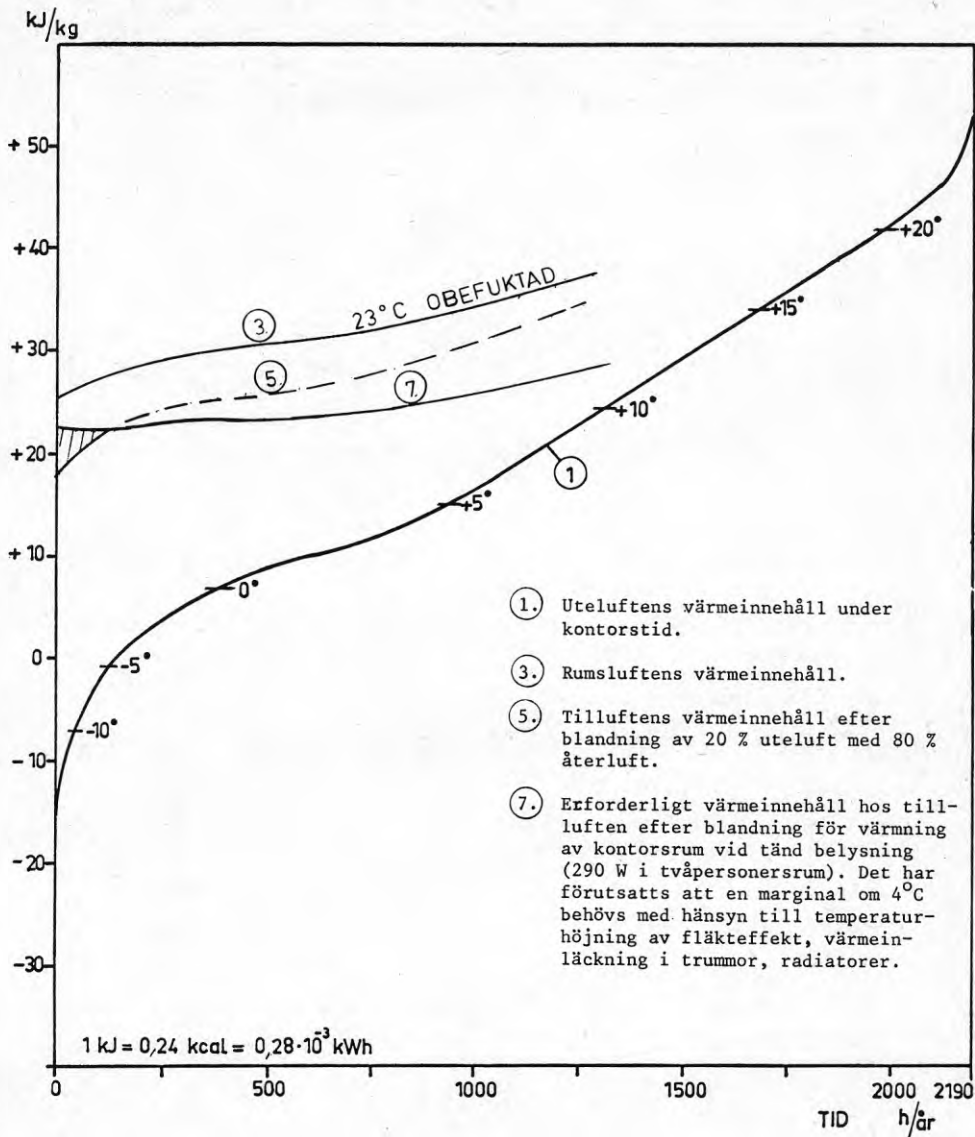


FIG 5.13 Värmeåtgång i ett system med återluft utan befuktning. Max 80 % återluft. Energiåtgången i förvärmaren representeras av ytan mellan kurva 4 och kurva 7. Denna yta skall jämföras med motsvarande yta i FIG 5.9

Vi betraktar ett tvåpersonersrum med två fönster ($2 \times 1,15 \text{ m}^2$) glasyta eller $2 \cdot 1,7 \text{ m}^2$ karmyttermått), 12 m^2 fasadyta och $17,5 \text{ m}^2$ golvyta. Vidare förutsättes att belysningen är reducerad till 290 W ($16,5 \text{ W/m}^2$) enligt 5.4.1 ovan och att ventilationen endast körs som hygienventilation med $15 \text{ m}^3/\text{p h}$ uteluft ingående i tilluften.

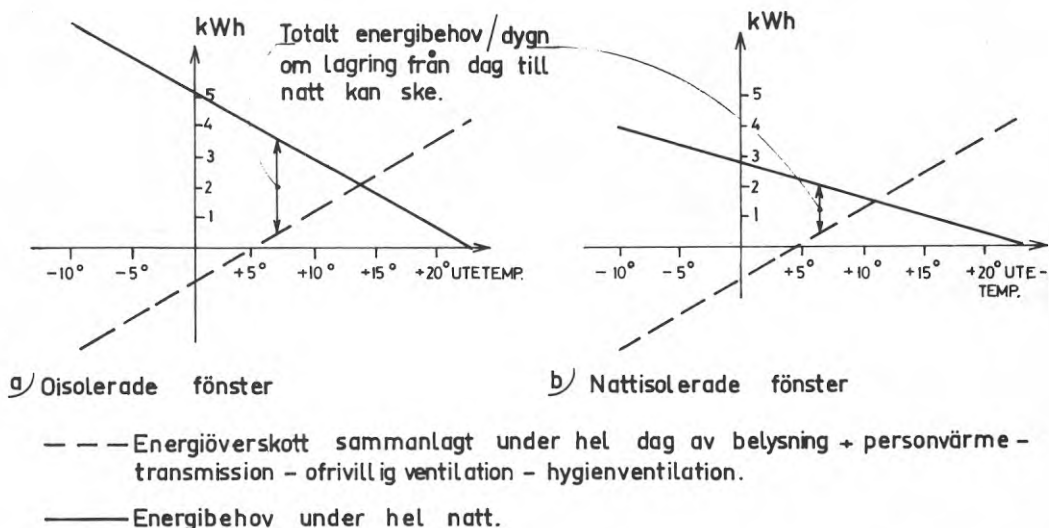


FIG 5.14 Tvåpersonersrum. Energiöverskott under hel dag utan sol vid varierande utetemperatur. Enerigibehov under hel natt.

I FIG 5.14 visas energiöverskottet av belysning + personvärme (utan sol) under en hel dag (9 h) vid varierande utetemperatur under förutsättning att i tilluften ingår $15 \text{ m}^3/\text{p h}$ uteluft. I figuren har även inritats totala energibehovet under en hel natt (15 h), dels för oisolerade fönster, dels för isolerade. Trots den moderata belysningsstyrkan, ca $16,5 \text{ W/m}^2$ uppstår ett energiöverskott under dagen, när utetemperaturen överstiger $+5^\circ\text{C}$. Belysning och personvärme täcker vid $+5^\circ\text{C}$ utetemperatur såväl transmissions- och ofrivilliga ventilationsförluster som förlusterna från hygienventilationen.

När utetemperaturen är över $+14^\circ$ resp $+12^\circ\text{C}$ kan dagöverskottet helt täcka nattens värmebehov om all överskottsenergi kunde lagras. Här har ingen hänsyn tagits till att även under mulna dagar himmelsstrålning lämnar ett energitillskott.

Dagsmedeltemperaturen överstiger i genomsnitt $+5^\circ\text{C}$ för månaderna april t o m oktober. Lagring och överföring av belysningsvärme blir för fasadrum sålunda aktuellt endast under

vår och höst och kan kanske ske enligt den princip som antydes i 5.4.7 ovan. Med hänsyn till städbelysning och övrig elförbrukning under nätter uppstår i verkligheten överskott redan vid lägre utetemperaturer.

Värmetillskottet från belysning förefaller kanske lågt med hänsyn till erfarenheter av övertemperaturer p g a belysningsvärme. Det bör då observeras att belysningen här förutsatts reducerad så långt som rimligen är möjligt med bibehållen ljusstyrka ($16,5 \text{ W/m}^2$). Många moderna kontor har större effektillskott från nödvändiga maskiner och nödvändig eller onödig belysning. Dubbelt så stora värden som de antagna är vanliga och tre gånger så stora förekommer. Vidare kan den till varje m^2 fasad hörande golvytan i t ex ett kontorslandskap vara flera gånger så stor som för kv Kolven nr 3. I sådana fall kan dagöverskottet vara så stort att energibehovet under nätter kan täckas även vid låga utetemperaturer.

När solinstrålning förekommer blir, under huvuddelen av året, energiöverskottet större än för enbart belysning.

Förutsättningen för att detta överskott skall komma till nytta är att solvärmen kan tas om hand för magasinering innan den värmer rummet till övertemperatur.

I tabell 5.2 visas solinstrålningen genom oskyddade 2-glasfönster under klara dagar sammanlagt för hela byggnaden. Den sista kolumnen visar summan av solinstrålning, elförbrukning och personvärme under klara dagar.

TABELL 5.2

Solinstrålning under en hel klar dag genom oskyddade 2-glasfönster. Summa av instrålningen för de fyra fasaderna i kv Kolven nr 3.

	Vid 0° horisont- avskärmning	Vid 10° horisont- avskärmning	Dygnssumman av sol- instrålning vid 10° horisontavskärmning, samt elförbrukning ¹ och personvärme för hela huset kWh/dygn
	kWh/dygn	kWh/dygn	
September	907	889	1.750
Oktober	825	740	1.600
November	517	304	1.260
December	311	24	985
Januari	407	35	995
Februari	717	587	1.450
Mars	925	877	1.680
April	974	951	1.750
Maj	953	913	1.670

- 1) Uppskattning baserad på verklig elförbrukning (600-800 kWh total elförbrukning för fastighet och hyresgäster). "Energikrisen" medförde att värdena var låga.

Värdena i sista kolumnen har markerats med heldragen linje i FIG 5.15. Som jämförelse visas energibehovet under ett vardagsdygn vid varierande utetemperaturer i FIG 5.16. Varaktighetskurvan för detta energibehov finns i FIG 5.17.

Utnyttjandet av solvärmens kan ökas om t ex större delen av söderfasaden glasas (drivbänkseffekten) och den genom glaset inträngande värmen tas om hand för lagring. Den streckprickade linjen i FIG 5.15 visar dygnssumman av solinstrålning, belysning och personvärme om sydfasaden i kv Kolven nr 3 till omkring 80 % skulle bestå av oskyddat 2-glasfönster. Värdena är teoretiska eftersom inte all solinstrålning kan tas om hand, men ger en uppfattning om de energimängder som skulle kunna användas för uppvärmning om tillvaratagandet av solinstrålningen kunde lösas på ett billigt sätt. Det kan här vara på sin plats att upprepa vad som tidigare sagts om de ekonomiska sambanden:

Trots den förutsatta kraftiga höjningen av energipriserna är energin fortfarande billig i förhållande till övriga byggnadskostnader. Tekniska system som syftar till energibesparing måste därför vara billiga i anläggning och underhåll om de skall bli frivilligt valda av ekonomiska skäl.

De i detta kapitel behandlade möjligheterna att spara energi genom utnyttjande av solenergi ligger utanför begreppet "etablerad teknik" som är en gräns inom vilken detta arbete skall hållas. Sedan de enklare besparingsmöjligheterna som behandlats i denna rapport har utnyttjats är emellertid tekniken att använda solvärme nästa stora steg. Här skall därför endast med några få ord beröras de möjligheter som idag prövas på detta område.

På flera håll i Sverige och i utlandet pågår forskning som syftar till praktiska lösningar av "solfångare". Den intresserade uppmanas studera / 14 / och / 15 /.

I en byggnad där energi kan lagras blir alla besparingsmöjligheter av intresse. Det kan där t ex bli lönsamt att komplettera med en värmeväxlare av typ Munters för att återvinna värme ur frånluften även i ett återluftsystem med låg uteluftandel. Även förbättring av värmeisolering kan här komma i ett annat läge om den kan minska behovet av värmelagringskapacitet. Återluftssystemet kan under större delen av kontorstiden köras med maximal återluftinblandning eftersom energiöverskottet inte skall vädras bort.

Slutligen i ett ännu längre perspektiv ligger möjligheten att på kemisk väg långtidslagra energi genom reversibla reaktioner. Om en ekonomiskt användbar lösning på detta problem kan åstadkommas kan solvärme lagras från sommar till vinter. Då är byggnadens uppvärmningsproblem löst. Endast el-energi för belysning, kontorsmaskiner och fastighetens eldrivna installationer behövs.

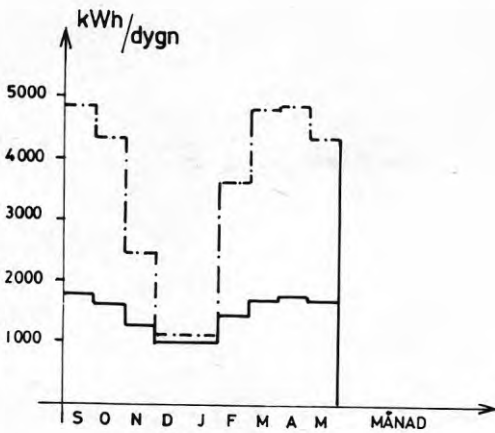


FIG 5.15 Dygnssummer för hela huset av solinstrålning genom fönster under klara dagar vid 10° horisontavskärmning plus elförbrukning och personvärme. Oskyddade 2-glasfönster förutsattes. - Den streckprickade linjen visar motsvarande dygnssummer om söderfasaden utfördes som "solfasad" med 80 % glasyta. Det har förutsatts att all instrålad energi kunde nyttiggöras genom lagring.

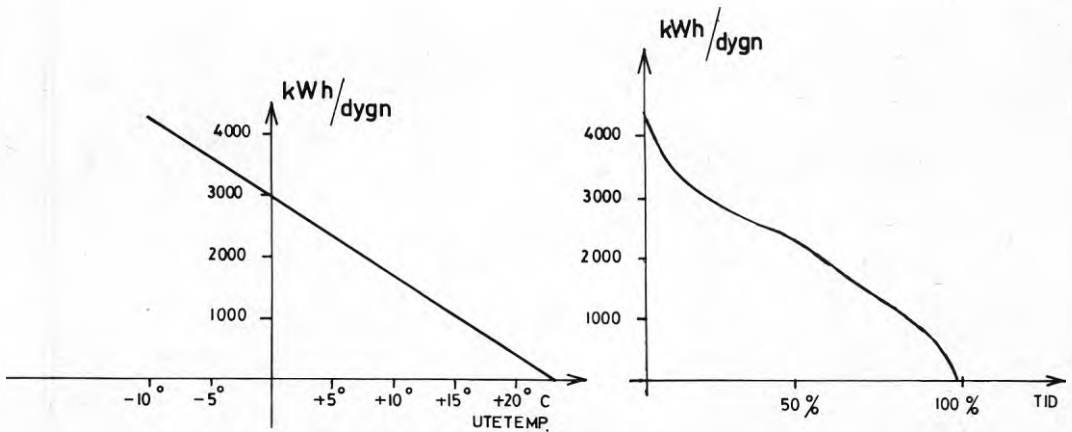


FIG 5.16. Energiförluster av transmission och ofrivillig ventilation för hela huset under ett helt dygn plus hygienventilation under kontorstid (20 % uteluft och total luftmängd $35.000 \text{ m}^3/\text{h}$) I övrigt har förutsatts data som gäller för det befintliga huset utan förbättringar.

FIG 5.17. Varaktighetskurva för energi-behovet under hela vardagsdygn. Samma förutsättningar som för FIG 5.16 gäller.

5.6 Sammanfattning av lämpliga besparings-
åtgärder vid nybyggnad

Nedan sammanfattas de energibesparingsmöjligheter som behandlats ovan och har befunnits ekonomiskt lämpliga vid nybyggnad av kv Kolven nr 3 i ett förhöjt energiprisläge. För jämförelse har även angivits vinsten i ett mera normalt energiprisläge. Tillkommande underhåll har avdragits från bruttovinsten.

	B E S P A R I N G ¹⁾				TILLÄGGS- INVESTERING kr
	Värme kWh/år	El kWh/år	Värme + el		
			Hög- pris ⁴⁾ kr/år	Normal- pris ⁴⁾ kr/år	
Minskning av <u>ofrivillig ventila- tion</u> (drag)	50.000		6.000	3.000	Varierar från fall till fall
Isolering av <u>fönster</u> under nätter och helger	106.000		11.000	4.700	50.000-80.000:-
Alternativt treglasfönster	32.000		3.300	1.400	25.000:-
Förbättring av <u>värmeisolering i tak</u>	35.000		4.200	2.100	31.000:-
<u>Belysning</u> och solskyddsutformn.	-	68.000	14.400 ²⁾	4.300	-
<u>Återluft</u> . Införande av återluft- system sparar 365.000 kWh/år. Kv Kolven nr 3 är redan försett med återluftsystem för min 35 % uteluftandel. Detta system kan förbättras genom att					
a) minsta tillåtna <u>uteluftandel</u> minskas till 20 %	18.000		2.200	1.100	-
b) ventilationen uppdelas på flera zoner, <u>reglersystemet</u> effektiviseras så att tem- peraturen efter blandning kan höjas och genomsnittlig återluftinblandning ökas. Se 5.4.2	57.000		6.800	3.400	} 58.000:-
<u>Avstängbar ventilation</u> i kärnut- rymmen minskar genomsnittlig luftmängd med 6.000 m ³ /h	40.000	10.000 ³⁾	4.800 +1.900	2.400 + 900	
<u>Avstängning av toalettfläktar</u> under nätter och helger (att övrig ventilation är avstängd under nätter och helger betrak- tas som självklart)	153.000	6.000	18.300 +1.600	9.200 + 700	1.000:-
<u>Styrning av radiatorer</u> . Befint- ligt system behålles					
<u>Värmelagring genom avstäng- ning</u> under nätter och helger (eventuellt)	50.000		6.000	3.000	2.000:-

1) Besparingarna kan icke adderas.

2) Den minskade tillförseln av belysningsvärme kompenseras delvis av minskad ute-
luftmängd i ventilationen. När minsta tillåtna uteluftmängd uppnåtts måste bort-
fallet av belysningsvärme kompenseras av ersättningsvärme. Besparingen minskas
därför något. Minskning av fast årsavgift har inräknats.

- 3) Endast en del härav tillkommer som vinst.
- 4) Högpris: värme 12 öre/kWh, el 27/12 öre/kWh
Normalpris: värme 6 öre/kWh, el 12/6 öre/kWh

Investeringskostnaden för bättre reglering av ventilationen innefattar uppdelning av ventilationssystemet i flera zoner. Eftersom detta torde vara det vanligaste utförandet i kontorsbyggnader bortfaller normalt en stor del av den angivna kostnaden och investeringen kan då minska till ca 10.000:-.

Besparingen genom minskning av ofrivillig ventilation kan synas låg. Detta beror på att byggnaden redan nu har god täthet. I otäta byggnader kan här göras besparingar av en helt annan storleksordning. Även besparingen på grund av nattavstängning av värme kan bli större t ex i byggnader med stora energiöverskott av belysning och kontorsmaskiner.

De besparingar som redovisas ovan kan inte direkt adderas. I TAB 5.3 visas byggnadens sammanlagrade energibalans med genomförda besparingsåtgärder.

TAB. 5.3

Nybyggnad. Energibalans före och efter besparingsåtgärder

	N Y B Y G G N A D				BEFINTLIG BYGGNAD
	Utan nattavstängning av värme		Med nattavstängning av värme		
	Nattisolerade fönster kWh/år	Treglasfönster kWh/år	Nattisolerade fönster kWh/år	Treglasfönster kWh/år	
<u>Energiförluster</u>					
Transmission ³⁾					
Icke kontorstid	244.000	318.000	244.000	318.000	372.000
Kontorstid	99.000	93.000	99.000	93.000	108.000
Ofrivillig ventilation minskad till hälften och reducerad av nattisolerade fönster	52.000	62.000	52.000	62.000	123.000
Icke kontorstid: 0,9 kW/K · 106.000 · $\frac{1}{2}$ - 20 %					
Kontorstid: 0,9 kW/K · 31.000 · $\frac{1}{2}$					
Ventilation					
Kontorstid	204.000	204.000	174.000	174.000	303.000
Toalettfläktar under icke kontorstid	-	-	-	-	153.000
Garageventilation under icke kontorstid 6.000 m ³ /h · 1,5 h/dygn · · 360 dygn (20° - 6°) · 0,36 · 10 ⁻³	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Soprum under icke kontorstid	5.000	5.000	5.000	5.000	-
Konferensrum etc under icke kontorstid	10.000	10.000	10.000	10.000	-
Varmvatten	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Summa förluster	640.000	718.000	610.000	688.000	1.085.000
<u>Tillförd energi</u>					
El minskar p g a lägre belysnings- effekt och kortare drifttid för belysning och ventilation	230.000	230.000	230.000	230.000	315.000 ¹⁾
Solinstrålning	40.000	50.000	60.000	70.000	50.000
Personvärme	30.000	30.000	31.000	31.000	31.000
Värme	340.000	408.000	289.000	357.000	693.000 ²⁾
Summa tillförd energi	640.000	718.000	610.000	688.000	1.089.000
Specifik förbrukning av el + värme per m ³ byggnadsvolym	23	26	21	24	41

1) Verklig förbrukning 1972/73

2) Verklig förbrukning 1972/73 omräknad till normalår

3) Total transmission. Inverkan av olika fönsterutföranden:

Nattisolerade fönster

Icke kontorstid: 2,3 kW/K · 106.000 = 244.000

Kontorstid: 3,2 kW/K · 31.000 = 99.000

Treglasfönster

Icke kontorstid: 3,0 kW/K · 106.000 = 318.000

Kontorstid: 3,0 kW/K · 31.000 = 93.000

I den sista kolumnen visas energiåtgången i befintlig byggnad. Under rubrik "Tillförd energi" har för befintlig byggnad införts verklig värmeförbrukning för 1972/73 omräknad till normalår. Den goda överensstämmelsen mellan förluster och tillförd energi för befintlig byggnad är en tillfällighet. Siffermaterialet har inte alls denna noggrannhet.

I de fyra första kolumnerna har elförbrukningen beräknats med hänsyn till besparingar genom framför allt effektivisering av belysningen. Därefter har tillförd värme angivits med ett värde som gör summa tillförd energi lika som förlusterna.

Vid beräkning av förluster av ventilation enligt TAB 5.3 har hänsyn tagits till minskad belysningseffekt, vilket som tidigare nämnts tillåter en minskning av uteluftandelen under större delen av året.

Med energiförluster av ventilation i TAB 5.3 avses den energimängd som ventilationen bortför från byggnaden. I FIG 5.9 erhålles denna värmemängd som ytan mellan kurva 5 - 7 och kurva 3 = 13.400 kJ/kg. Kurva 7 förutsätter 4°C undertemperatur efter blandning och befuktning. På grund av att den ofrivilliga ventilationen antagits minskad måste emellertid tillufttemperaturen sänkas i medeltal 0,6° för att inte övertemperatur skall uppstå. Med hänsyn till andra effekter som kan tvinga ner tillufttemperaturen i vissa lokaler räknas med att kurva 7 sänks totalt 1°C under 1.200 timmar. Detta medför att värmebehovet ökar 1.200 kJ/kg.

Detta ger $13.400 + 1.200 = 14.600$ kJ/kg

Med hänsyn till sammanlagring i kärnan har totala ventilationsmängden minskat med 6.000 m³/h till 39.000 m³/h.

Resultterande värmebehov

$$39.000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 14.600 \text{ kJ/kg} \cdot 0,36 \cdot 10^{-3} = 204.000 \text{ kWh/år.}$$

Vissa av tabellernas värden är endast uppskattade och därför osäkra så t ex minskning av ofrivillig ventilation och avstängning av värme under icke-kontorstid.

6 FÖRÄNDRING AV BEFINTLIGA BYGGNADER

6.1 Översikt över möjligheter till energibesparing

Möjligheterna till energibesparing i en befintlig byggnad är helt beroende av byggnadens ursprungliga skick och den nivå på vilken skötsel och drift ligger. Man får således börja med att kartlägga förhållandena.

En undersökning av ett stort antal småhus har visat att energiförbrukningen företer mycket stora individuella olikheter även i de fall där husen är lika byggda. Det finns anledning att anta att även kontorshus uppvisar lika stora skillnader beroende på den omsorg som läggs ned på t ex skötsel av installationerna.

Driftfrågorna behandlas under punkt 7 nedan. Här behandlas tekniska förändringar av en befintlig byggnad, vilka kan leda till energibesparingar.

6.2 Byggnaden

6.2.1 Tätning av byggnadens omslutning

Som redan påpekats under punkt 5.31 ovan är det angeläget att enkla metoder framkommer som gör det möjligt att i en mätning bestämma tätheten hos ett helt hus. I brist på metoder att bestämma tätheten hos hela byggnader på ett enkelt sätt återstår att använda värmekamera för att kartlägga husets kondition i detta avseende.

Det finns numera ett flertal firmor som åtar sig genomgång av fastigheter med värmekamera. Resultatet levereras i form av en sammanställning som dels lokaliserar läckorna dels föreslår åtgärder. En sådan genomgång av kv Kolven nr 3 med värmekamera har bedömts kosta omkring 3.500-4.000:- kronor.

Man bör även söka skaffa sig en uppfattning om huruvida trapphusschakt och hisschakt genom skorstensverkan ger stora undertryck i byggnaden samt kontrollera att ventilationen är balanserad. Kallluft dras annars in genom entréerna och läckaget genom omslutningsväggarna ökar. / 2 /.

Storleken av de besparingar som kan göras genom tätning av en byggnad är helt beroende av byggnadens ursprungliga skick. I en dragig byggnad är tätning sannolikt, näst införande av återluftsystem i ventilationen, den största besparingsmöjligheten.

Storleken av möjlig besparing under antagande av en viss bestämd förbättring av tätningen framgår av punkt 5.3.1 ovan.

Kostnaden för ingreppet måste bedömas från fall till fall. Enkla åtgärder t ex tätning mellan båge och karm med tätningslister eller mellan karm och smyg med fogmassa kan i många fall ge en betydande förbättring. Om större insatser behövs, bör dessa alltid samordnas med andra renoveringar som krävs i byggnaden.

Åtgärder i annat syfte än energibesparing kan ofta gratis ge en extra tätning åt byggnaden. En putsning eller omputsning av en gammal tegelfasad tätar denna och ger fasaden en bättre isolering. Vidare minskas eventuellt drag, vilket i sin tur medför att inomhustemperaturen bör kunna sänkas något med lika komfort.

I detta sammanhang kan nämnas det genom reklamen bekanta kvarteret Ryttmästaren i Malmö där en fasadrenovering av utseendeskäl skulle göras. Man valde då att samtidigt tilläggsisolera med en mineralullsskiva. Värmeförbrukningen kontrollerades där efter under några år. Besparingen blev betydligt större än vad som kunde beräknas ur tilläggsisoleringen. Detta kan bero på att tilläggsisoleringen dels tätat fasaden, dels att väggen torkat ur och vidare att rumtemperaturen kunnat hållas något lägre efter fasadrenoveringen.

6.2.2 Fönsterisolering under nätter och helger

Fönsterluckor av den typ som nämndes i punkt 5.3.2 ovan är svårare att applicera i befintliga byggnader än i nybyggnader. Dels sitter ofta armaturer eller inredning i vägen för en svängande lucka, dels blir luckan dyrare i tillverkning och montage i en befintlig byggnad. I nybyggnadsfallet förutsattes luckor tillverkade i samband med fönster.

Det är angeläget att en bättre konstruktion framkommer för fönsterisolering med hänsyn till den stora besparing som kan göras på detta sätt. För att få konstruktionen använd bör manövreringen inte vara svårare än för en rullgardin eller en persienn.

Vissa besparingar kan uppnås genom att persiennlameller ställs i vertikalt läge under natt- och helgtid. De minskar då strålningsförlusterna genom fönstret. Motsvarande effekt kan uppnås med fördragsgardiner om de inte leder ut radiatorvärme mot fönstret.

Besparing av fällda persienner i stängt läge:

K-värdet bedöms minska med $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sammanlagd glasyta för persiennförsedda fasader är 205 m^2 .

$$\Delta W = 0,75 \cdot 205 \cdot 106.000 \cdot 10^{-3} = 16.000 \text{ kWh/år}$$

$$\text{Utestängd solvärme under helgdagar} \quad \underline{- 8.000 \text{ kWh/år}}$$

$$8.000 \text{ kWh/år}$$

6.2.3 Tilläggsisolering av väggar

Tilläggsisolering av väggar kan endast bli aktuell i speciella fall.

Om en vägg skall förses med en ny fasadyta av t ex skivmaterial och därvid ett hålrum mellan de för skivorna avsedda reglarna uppkommer, skall detta hålrum givetvis fyllas med isolering. Detta är alltid lönsamt. En sådan åtgärd kan såsom ovan påpekats dessutom ge andra fördelar i form av tätning av en dragig fasad.

Om den ursprungliga fasadväggen är t ex en 1 1/2-stens tegelvägg med dåligt k-värde kan även en mindre förtjockning av ovan nämnd isolering vara ekonomisk. Detta beror delvis på förhållandet att man vid tilläggsisolering av en befintlig fasad räknar med att gratis få utnyttja utrymme utanför tomtgränsen på gatumark. Motsvarande favör kan inte påräknas vid nybyggnad.

För äldre stenväggar har även föreslagits att man i samband med omtapetsering skulle förse väggen med en invändig tilläggsisolering. Detta kan ge lönsamhet om hyresgästen accepterar ytförlusten utan hyresminskning, vilket han eventuellt kan göra med hänsyn till den kompensation han får genom ökad komfort p g a väggens högre yttemperatur. Ofta kompliceras utförandet av inredningar och installationer i anslutning till fasaderna. Det bör i detta sammanhang uppmärksammas att den invändiga tilläggsisoleringen ger murverket en lägre medeltemperatur och lägre värmegenomgång med risk för skador på den utvändiga putsen i utsatta lägen.

Kv Kolven nr 3 har redan tillräckligt god isolering och någon tilläggsisolering blir därför ej lönsam.

6.2.4 Tilläggsisolering av tak

Tilläggsisolering av tak på samma sätt som vid nybyggnad kan icke komma ifråga, annat än i samband med en omläggning av takpappen eller vid isolerade vindsbjälklag. I sådant fall blir ekonomisk isoleringstjocklek densamma som vid nybyggnad och även årsvinsten lika.

För befintliga plana tak finns numera en annan metod för tilläggsisolering. I kv Kolven nr 3 skulle arbetet utföras enligt nedan:

Befintligt singellager avlägsnas. På den frilagda takpappen klistras cellplastskivor av typ Roofmate varefter singellagret åter påföres. För att inte behöva öka murkrönshöjden lämnar man lämpligen en remsa oisolerad vid yttertakkanterna. Detta gäller även vid takbrunnar. Den angivna cellplastskivan tål väta och behöver inte täckas med takpapp.

60 mm tilläggsisolering förbättrar takets k-värde från $0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ($0,41 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$) till $0,28 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ($0,24 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$).

Besparing	34.000 kWh/år = 4.000:- kr/år
Avskrivningstid	25 år
Högsta tillåtna investering	44.000:- kr
	eller 31:- kr/m ²

Kostnaden för arbetet har beräknats till 29:- kr/m² och det skulle således nätt och jämt bli lönsamt.

6.3 Installationer

6.3.1 Belysning

Belysningsanläggningarna i befintliga byggnader arbetar ofta med en låg verkningsgrad. Detta beror på den nedgång i belysningsstyrkan som uppstår av:

- o ljuskällans nedgång
- o nedsmutsning av ljuskällan, bländskydd och reflekterande armaturytor
- o nedsmutsning av rumsytor
- o olämplig färgsättning av väggar, golv och tak

I samband med en genomgripande rengöring med byte av lysrör kan ofta den installerade effekten minskas genom nedmontering av vissa lysrör utan att belysningens kvalitet försämras.

I anläggningar som bygger på en hög allmänbelysning kan avsevärda besparingar göras genom en platsanpassning av belysningsstyrkan. Ett sådant system förutsätter dock att armaturerna är flyttbara så att de kan placeras rätt i förhållande till arbetsplatserna. Endast en liten avvikelse från den optimala placeringen kan innebära avsevärda bländningsproblem.

I anläggningar som ej medger platsanpassning av de takmonterade armaturerna kan en lysrörsbestyckad skrivbordsarmatur göra god nytta. I dag finns mycket få sådana armaturer och de är ännu ej färdigutvecklade men lysrör bör väljas före en glödljusarmatur p g a det avsevärt större ljusutbytet.

6.3.2 Ventilation

Innan besparingsmöjligheterna i kv Kolven nr 3 behandlas skall här beröras de mycket stora besparingar som kan åstadkommas i kontorshus med onödigt långa drifttider för ventilationen. Kontorshus med dygnet-runt drift förekommer och sådana med drifttiden förlängd ett par timmar per dag är vanliga. TAB 6.1 visar approximativt förbrukningen av el + värme vid olika driftfall.

TAB 6.1 Energibalans i en byggnad lik kv Kolven nr 3 vid olika långa drifttider för ventilationen. Siffrorna avser kWh/år

	Byggnad lik kv Kolven nr 3 men utan återluftsystem och med längre drifttid för ventilationen			Kv Kolven nr 3 Verklig energibalans 1973/74
	Utan återluft drift dygnet runt	Utan återluft drift 07.00-20.00	Utan återluft drift 08.00-17.00	Med återluft drift 08.00-17.00
FÖRLUSTER				
Transmission	480.000	480.000	480.000	480.000
Ofrivillig ventilation	123.000	123.000	123.000	123.000
Ventilation	2.672.000	975.000	684.000	319.000
Varmvatten	10.000	10.000	10.000	10.000
	3.285.000	1.588.000	1.297.000	932.000
TILLFÖRD ENERGI				
Solinstrålning genom fönster	50.000	50.000	50.000	50.000
Personvärme	32.000	32.000	32.000	32.000
El	470.000	300.000	256.000	256.000
Värme	2.733.000	1.206.000	959.000	568.000
	3.285.000	1.588.000	1.297.000	906.000
Specifik förbrukning av el + värme kWh/år, m ³ byggnadsvolym	130	62	50	34

Den högra kolumnen visar förhållandena i kv Kolven nr 3 år 1973/74. Specifik förbrukning av el + värme är 34 kWh/år, m³ byggnadsvolym.

Om den i energiprognosutredningens betänkande (oktober 1974) angivna specifika energiförbrukningen 100 kWh/m³ byggnadsvolym, normalår för befintliga byggnader av kategori "övriga lokaler" är representativ, torde möjligheter till stora besparingar finnas. Man måste dock beakta att i denna genomsnittssiffra ingår lokaler med mera ogynnsamma förutsättningar än kv Kolven nr 3. I vissa lokaler krävs av hygieniska skäl **mycket** större luftväxling än i kv Kolven nr 3, kanske dygnet-runt drift, samtidigt som återluft ej tillåtes. I andra lokaler erfordras stor eleffekt för kontorsmaskiner. En smal och hög byggnad får större fasadyta mot det fria, vilket kan öka förbrukningen med 5 - 8 kWh/m³, år. Å andra sidan finns även lokaler där t ex ventilationen p g a okunnighet eller slarv körs

dygnet runt. Om kv Kolven nr 3 skulle ha ventilationen igång dygnet runt utan återluft skulle energiåtgången öka från 34 kWh/m³ byggnadsvolym, normalår till omkring 130 kWh/m³, år. Se TAB 6.1. En besparing av exempelvis 50 kWh/m³, år ger för en byggnad av Kolvens storlek 147.000:- kr/år i vinst i det höga energiprisläget.

När drifttiderna för ventilationen nedbringats finns som framgår av TAB 6.1 ytterligare en stor besparingsmöjlighet i kontorsbyggnader som saknar återluftsystem. Såsom redan klargjorts under nybyggnadskapitlet finns genom införande av återluftsystemet möjlighet att bespara 365.000 kWh/år. Erforderliga åtgärder härför begränsar sig till en tvärgående trumma med avstängningsspjäll mellan tilluft och frånluft samt reglerutrustning. Kostnaderna varierar och torde kunna belöpa till 10.000:- och uppåt, beroende på framför allt hur lång och besvärlig den tvärgående trumdragningen blir. Eftersom energivinsten vid 20 års avskrivningstid och 1 % underhållskostnad kan amortera en investering av 400.000:- kan emellertid betydande olägenheter accepteras för att åstadkomma den tvärgående trumman.

Där byggnaden av geometriska skäl ej passar för införande av återluftsystem väljes istället värmeåtervinningsaggregat med mellankrets. Med denna typ av återvinningsaggregat kan luftfuktighetens energiinnehåll ej återvinnas och energibesparingen blir därför lägre än vid återluft. Då dessutom investeringen för kv Kolven skulle bli större behandlas denna lösning ej här.

När, såsom i kv Kolven nr 3, återluftsystem redan finns installerat bör detta så långt möjligt förbättras.

Ökning av återluftandelen kan ske relativt lätt. Om återluftandelen ökas till 80 %, d v s ca 20 % uteluft, blir besparingen i förhållande till befintligt system med 35 % uteluft densamma som i nybyggnadsfallet, d v s 18.000 kWh/år.

Om värmebelastningen i kontoren kan minskas genom att installerad belysningseffekt minskas (armaturbyte) kan tilluftens temperatur efter återluftinblandningen hållas på en något högre nivå. Detta kan även ske om möjligheten att individuellt reglera rumstemperaturen nedåt minskas. En höjning av tillufttemperaturen efter blandning innebär att den genomsnittliga återluftinblandningen kan hållas högre. Då erfordras mindre energitillskott från eftervärmare och radiatorer.

Om höjningen av temperaturen är 2° blir besparingen omkring 50.000 kWh/år. Såsom angivits under punkt 5.4.2 för nybyggnadsfallet gäller detta vid en minskning av den installerade belysningseffekten. Där istället en minskning av uttagen belysningseffekt åstadkommit genom en individuell släckning av armaturer är det inte lika lätt att åstadkomma en besparing genom kompenserande ökning av återluftinblandningen eftersom detta skulle ge för hög temperatur i de rum där belysningen fortfarande är tänd.

En sådan höjning av tillufttemperaturen som här ovan beskrivits kan endast förekomma under de tider då byggnaden inte är utsatt för solinstrålning. Den är därför lättare att åstadkomma i en byggnad där de olika fasaderna försörjes med tilluft från olika aggregat. I kv Kolven finns endast ett centralt aggregat som försörjer samtliga fasader och zonvis reglering sker med eftervärmare. Huruvida en ombyggnad från ett aggregat till flera är tekniskt möjlig sammanhänger bl a med trumsystemets utförande. Även i gynnsamma fall torde emellertid en sådan ombyggnad bli dyrare än vad som motsvaras av möjligheten till besparingar.

En annan besparingsmöjlighet ligger i att utelufttemperaturen får reglera tillufttemperaturen efter blandning. Trots att endast ett aggregat försörjer byggnadens samtliga fasader med ventilationsluft och solinstrålning mot en fasad därför tvingar ned tillufttemperaturen för hela byggnaden torde vissa besparingar kunna göras under solfattiga vintermånader. Besparingen är dock svår att beräkna.

Avstängbar ventilation i kärnutrymmena kräver dels särskilt aggregat till denna zon, dels fläkt med variabelt varvtal. I kv Kolven nr 3 skulle detta kräva en ombyggnad som inte är ekonomisk. I byggnader däremot, som redan har zonindelning som passar för detta ändamål, kan ett utbyte till varvtalsreglerad fläkt komma ifråga.

Avstängning av toalettfläktar under nätter och helger ger stora besparingar. I kv Kolven nr 3 har denna åtgärd i efterhand genomförts i det befintliga huset. Ventilationstrummorna från toaletterna bör därvid ha en sådan dragning att ett visst självdrag uppkommer i dem så att åtminstone inte baksug kan förekomma. Besparingen blir liksom i nybyggnadsfallet ca 150.000 kWh/år. Normalt kan denna funktion uppnås enkelt genom inkoppling av ett tidur för drift av fläktarna.

6.3.3 Styrning av radiatorer

Här gäller liksom i nybyggnadsfallet beskrivet under punkt 5.4.3 ovan att radiatortermostaters funktion kräver att radiatorerna är noggrannt inreglerade med strypventiler och att termostaterna inte utsätts för drag från fönstret samt att icke betydande fönstervädning förekommer under den kalla årstiden. Vidare bör termostaterna vara spärrade så att en ur besparingssynpunkt rimlig övre temperaturgräns erhålles. Under dessa förutsättningar kan installation av termostater innebära en besparing.

Storleken av denna besparing bör inte bedömas efter teoretiska beräkningar utan såsom redan angivits i punkt 5.4.3 efter mätningar i ett stort antal byggnader.

6.3.4 Värmepump

Beträffande värmepumpen gäller vad som redan sagts i fråga om nybyggnader.

6.3.5 Värmelagring genom avstängning under
nätter, veckoslut och långhelger

Denna besparingsmöjlighet har utförligt beskrivits under punkt 5.4.7 ovan. Erforderliga byggnadsåtgärder inskränker sig till reglerutrustning och kan därför normalt utföras även i befintliga byggnader.

Storleksordningen för besparingen har tidigare uppskattats till ca 50.000 kWh/år och blir givetvis lika i det befintliga huset. Som tidigare poängterats utgör denna siffra en osäker uppskattning. Det vore av intresse att besparingens storlek blir experimentellt och teoretiskt undersökt.

6.4 Sammanfattning av lämpliga besparings-
åtgärder vid ändring av befintlig byggnad

Nedan sammanfattas energibesparingsåtgärder som i ett förhöjt energiprisläge kan vara ekonomiskt lämpliga att utföra i den befintliga byggnaden kv Kolven nr 3. För jämförelse har även angivits vinsten i ett mera normalt energiprisläge.

	B E S P A R I N G ¹⁾				TILLÄGGS- INVESTERING kr
	Värme kWh/år	El kWh/år	Värme + el		
			Hög- pris ³⁾ kr/år	Normal- pris ³⁾ kr/år	
Byggnaden					
Minskning av <u>ofrivillig ventilation</u> (drag)	25.000		3.000:-	1.500:-	Varierar från fall till fall
Förbättring av <u>värmeisolering i tak</u> . (eventuellt)	34.000		4.000:-	2.000:-	40.000:-
<u>Solskyddsmanövrering</u> Stängning av persienner nattetid	8.000		1.000:-	500:-	
Installationer					
<u>Belysning</u> . Bättre skötsel. Ökad användning av dagsljus		30.000 ²⁾	5.400:-	1.500:-	-
<u>Ventilation</u>					
a) minsta tillåtna uteluftandel minskas till 20 %	18.000		2.200:-	1.100:-	-
b) reglersystemet effektiviseras så att temperaturen efter blandning kan höjas och genomsnittlig återluftinblandning ökas	20.000		2.400:-	1.200:-	4.000:-
Avstängning av toalettfläktar under icke kontorstid	153.000	6.000	18.300:- + 800:-	9.200:-	1.000:-
<u>Värmelagring</u> genom avstängning under nätter, veckoslut och långhelger (eventuellt)	50.000		6.000:-	3.000:-	2.000:-

1) Besparingarna kan icke adderas.

2) Den minskade tillförseln av belysningsvärme kompenseras delvis av minskad uteluftmängd i ventilationen. När minsta tillåtna uteluftmängd uppnåtts måste bortfallet av belysningsvärme kompenseras av ersättningsvärme. Besparingen minskar därav något. Någon minskning av fast årsavgift har ej medräknats.

3) Högpris: värme 12 öre/kWh, el 27/12 öre/kWh
Normalpris: värme 6 öre/kWh, el 12/6 öre/kWh

Storleken av besparingen kan beräknas endast för vissa av de angivna åtgärderna

förbättring av värmeisolering i tak
 stängning av persienner
 minskning av tillåten uteluftandel
 avstängning av toalettfläktar under icke-kontorstid.

För övriga fall måste besparingarna uppskattas.

Det bör observeras att ofrivillig ventilation sannolikt är mycket större i flertalet kontorshus - troligen även ventilationsförlusterna. Då finns betydligt bättre möjligheter att genom effektivare skötsel av byggnaden och dess installationer minska energiförbrukningen i ett befintligt hus. Energiprognosutredningens betänkande (okt 1974) anger specifika energiförbrukningen 100 kWh/år, m³ byggnadsvolym för kategorin "övriga lokaler". Den specifika förbrukningen i kv Kolven nr 3 var under 1973/74 34 kWh/m³. Denna stora skillnad antyder att det i många byggnader av typ "övriga lokaler" finns stora besparingsmöjligheter utöver de som visas i tabellen. Se 6.3.2

TAB 6.2 visar energibalans före och efter besparingsåtgärder i kv Kolven nr 3.

I byggnader som kv Kolven nr 3, där förluster, som kan anses höra till kategorin slöseri, redan har skurits bort, blir de ekonomiskt lönsamma besparingarna inte så imponerande. Man måste konstatera att besparingen enligt TAB 6.2 - 223.000 kWh värme och 36.000 kWh el per år - trots det höga energipriset inte ger mer än 36.000:-kr/år i vinst d v s storleksordningen ett par procent av byggnadens övriga årskostnader. Energin är fortfarande billig. Besparingsåtgärder som företas av ekonomiska skäl kan därför inte bära stora tilläggsinvesteringar. Om besparingar därutöver är angelägna av samhällsekonomiska skäl kan utrymmet bli större och ytterligare åtgärder tillkomma. Detta ligger dock utanför ramen för denna utredning.

TAB 6.2 OMBYGGNAD. Energibalans före och efter besparingsåtgärder

	O M B Y G G N A D		BEFINTLIG BYGGNAD kWh/år
	Utan nattav- stängning av värme kWh/år	Med nattav- stängning av värme kWh/år	
<u>Energiförluster</u>			
Transmission ⁵⁾	422.000	422.000	480.000
Ofrivillig ventilation	100.000	100.000	123.000
Ventilation kontorstid	250.000 ³⁾	220.000	303.000
toalettfläktar under icke kontorstid	-	-	153.000
garageventilation under icke kontorstid	16.000	16.000	16.000
soprum under icke kontorstid	5.000	5.000	-
Varmvatten	10.000	10.000	10.000
	803.000	773.000	1.085.000
<u>Tillförd energi</u>			
El minskar p g a lägre belys- ningseffekt och kortare drift- tid för belysning och ventila- tion	279.000 ⁴⁾	279.000	315.000 ¹⁾
Solinstrålning	42.000 ⁶⁾	62.000	50.000
Personvärme	30.000	31.000	31.000
Värme	452.000	401.000	693.000 ²⁾
	803.000	773.000	1.089.000
Specifik förbrukning av el + värme per m ³ byggnadsvolym	30	28	41

1) Verklig förbrukning 1972/73

2) Verklig förbrukning 1972/73 omräknad till normalår

3) Här har räknats med att minskningen av belysningsel medger att uteluftmängden minskar så att 15.000 kWh/år värme kan inbesparas

4) Den verkliga elförbrukningen för 1973/74 var 256.000 kWh/år. Detta beror på att besparingseffekterna från "energikrisen" ännu inverkar. Eftersom denna undersökning syftar till att söka energibesparingar som inte minskar komfort-data - belysningsstyrkan - har här räknats med en lägre besparing.

5) Transmission 3,2 kW/K · 137.000 = 438.000 kWh/år

Avgår för fällda persienner under icke kontorstid - 16.000 kWh/år

422.000 kWh/år

6) Normal solinstrålning

50.000 kWh/år

Avgår fällda persienner helgdagar

- 8.000 kWh/år

42.000 kWh/år

7 DRIFT AV BYGGNAD

7.1 Drift- och underhållsinstruktioner

En modern kontorsbyggnad innehåller komplicerade installationssystem som måste övervakas noga för att fungera på avsett vis. En fastighetsskötare av den gamla stammen som lär sig "sin fastighet" genom praktiska drifterfarenheter kan normalt ej överblicka alla funktionssamband och stora risker för felmanövrer uppstår. Genom olämplig skötsel kan energiförbrukningen hos en byggnad öka avsevärt utan att detta med enkla medel kan påvisas.

Utförda mätningar visar att verklig energiförbrukning ofta ligger 20 - 30 % över den teoretiskt erforderliga

De vanligaste skälen till överförbrukning är:

- o dåligt inreglerade värme- och ventilationssystem
- o felaktiga drifttider på fläktar
- o onödigt höga innetemperaturer

För en fastighetsskötare **ligger** det nära till hands att vid ett klagomål på för låg temperatur i något rum höja temperaturen på värmesystemet så att hela huset får högre värme. Rätt åtgärd hade kanske varit att täta fönstret eller lufta radiatoren i det aktuella rummet. / 19, 20 /

En förutsättning för att moderna, tekniskt komplicerade fastigheter skall kunna drivas på ett optimalt sätt är att fastighetsskötaren förses med skrivna instruktioner som klargör hur alla installationer skall skötas. Detta krav har uppkommit under de senaste åren då kontorsfastigheternas installationssystem blivit alltmer mekaniserade och automatiserade.

Det projekteringsarbete som nedlägges före uppförandet av en byggnad är normalt helt inriktat på att beskriva byggnaden med dess installationer på ett sådant sätt att upphandling och byggande förenklas. De handlingar i form av ritningar och beskrivningar som därvid framtages är ej lämpade som skötselanvisningar och dessutom skiljer sig ofta verkligt utförd anläggning från de ursprungliga handlingarna. Att läsa och förstå en installationsritning och en AMA-beskrivning är något som projektören och entreprenören lärt sig men normala fastighetsskötare klarar det ej.

De relationsritningar och skötselinstruktioner som enligt AMA-beskrivningarna brukar krävas av installationsentreprenörerna grundar sig på bygghandlingarna och blir därför sällan eller aldrig utnyttjade för byggnadens drift.

En riktig driftinstruktion måste vara så enkel och överskådlig att den blir förstörd av fastighetsskötaren och måste därför vara sammanställd speciellt för detta syfte. Detta innebär dock en kostnad som många fastighetsförvaltare undviker. Kostnaden kan nedbringas om underlaget

framtages i samband med projekteringen och endast korrigeringar med hänsyn till verkligt utförd anläggning utföres efter avslutat bygge.

Även för framtida reparations- och ombyggnadsarbeten är det väsentligt att bygghandlingarna justeras efter verkligt utförande och sedan arkiveras i form av transparenta kopior hos förvaltaren. Vid ombyggnader bör sedan dessa arkivkopior justeras eller förses med anvisningar på sådant sätt att handlingens överensstämmelse med verkligheten klargöres.

Exempel: En ritning som är 10 år gammal och försedd med stämpeln "arbetsritning" kan vara mycket riskabel att använda som anbudsunderlag eller projekteringsunderlag för en ombyggnad. Om emellertid ritningen justerats sedan huset färdigställt och försetts med stämpeln "relationsritning" med revideringsdatum är sannolikheten avsevärt större att den överensstämmer med verkligheten och kan användas som underlag.

Att på detta sätt konservera bygghandlingarna behöver ej medföra stora kostnader. Om verkligt utförande skiljer sig från det på en arbetsritning visade men det bedöms medföra ett avsevärt ritarbete att justera detta kan en anteckning i marginalen med anvisning om vilka delar av ritningen som ej gäller, vara av stort värde i framtiden.

För att möjliggöra en riktig skötsel av en komplicerad byggnad krävs:

- o lämpad personal
- o handlingar som beskriver husets uppbyggnad
- o handlingar som beskriver hur olika enheter skall köras och underhållas
- o märkning och skyltning i anläggningen

Lämplig utformning av Drifts- och skötselinstruktioner behandlas i / 29 /

Sammanställning av innehållet i en drifts- och skötselinstruktion:

- o innehållsförteckning
- o orientering om byggnaden, adresser till förvaltningsorganisation, entreprenörer, reservdelshållare, beskrivning av åtgärder vid brand, orienteringsritningar
- o beskrivning av använt system för märkning och skyltning i anläggning
- o anläggningsvis beskrivning av installationerna
 - översiktsritningar, flödesscheman
 - styrfunktioner med börvärden
 - apparatförteckning
 - komponentkopplingschema

- o drifrutiner uppdelade för respektive aggregat med drifttider, börvärden, in-och utgående temperaturer osv
- o underhållsrutiner med underhållskort för organisation av det regelbundna förebyggande underhållet
- o felsökning
- o skötselbroschyrer över i anläggningen förekommande komponenter
- o uppföljning och erfarenhetsåterföring genom dagbok eller objektskort

7.2 Förebyggande underhåll

I driftinstruktionen ingår enligt ovan "underhållskort" och "skötselbroschyrer". Med hjälp av dessa kan underhållsarbetet på många sätt effektiviseras jämfört med ett underhåll som huvudsakligen syftar till att återställa uppkomna fel.

Underhållskorten sammanställer de underhållsåtgärder som skall utföras i anläggningen dagligen, varje vecka, varje månad osv. Skötselbroschyrerna klargör i detalj vilka arbetsmoment som vid tillsynen skall utföras på respektive aggregat.

Med hjälp av detta underlag kan underhållsarbetet planläggas väl och genom signering av underhållskorten fås en viss garanti för att åtgärderna verkligen blir utförda. Med ett sådant aktivt förebyggande underhåll erhålles färre och kortare driftavbrott, färre jourutryckningar och lägre reparationskostnader. Genom regelbundna filterbyten, rengöringar av batterier osv påverkas även byggnadens energiförbrukning.

7.3 Skötselpersonal

Arbetsuppgifterna i samband med skötseln av kontorsfastigheter varierar inom vida gränser. Bland uppgifterna kan nämnas t ex städning av soprum, komplicerade tekniska reparationer, beräkning av ekonomisk tidpunkt för filterbyte, kontakter med hyresgäster i samband med klagomål på drag, kyla, värme, torr luft osv.

Fastighetsskötareavtalet reglerar löne- och anställningsförhållanden för fastighetsskötare med de arbetsuppgifter som är vanliga i äldre, tekniskt mindre komplicerade fastigheter. Den typ av personal som omfattas av fastighetsskötareavtalet kan sålunda endast klara begränsade uppgifter i en modern kontorsbyggnad.

För att uppnå rätt kvalifikationsnivå på personalen till lägsta möjliga kostnad bör fastighetsskötseln differentieras på olika kategorier. Drift- och skötselinstruktionerna ger möjligheter till planering och uppföljning av det förebyggande underhållsarbetet och minskar behovet av detaljerad lokalkännedom. Detta möjliggör en separering mellan arbeten som kan uträttas efter ett schema med anvisningar och reparationsarbeten som fordrar självständig handlingsförmåga. Därigenom kan personal med lämpliga kvalifikationer sysselsättas effektivt och möjligheterna till kontroll av utfört arbete ökar. Lämplig organisation för en större förvaltningsavdelning skisseras i FIG 7.1.

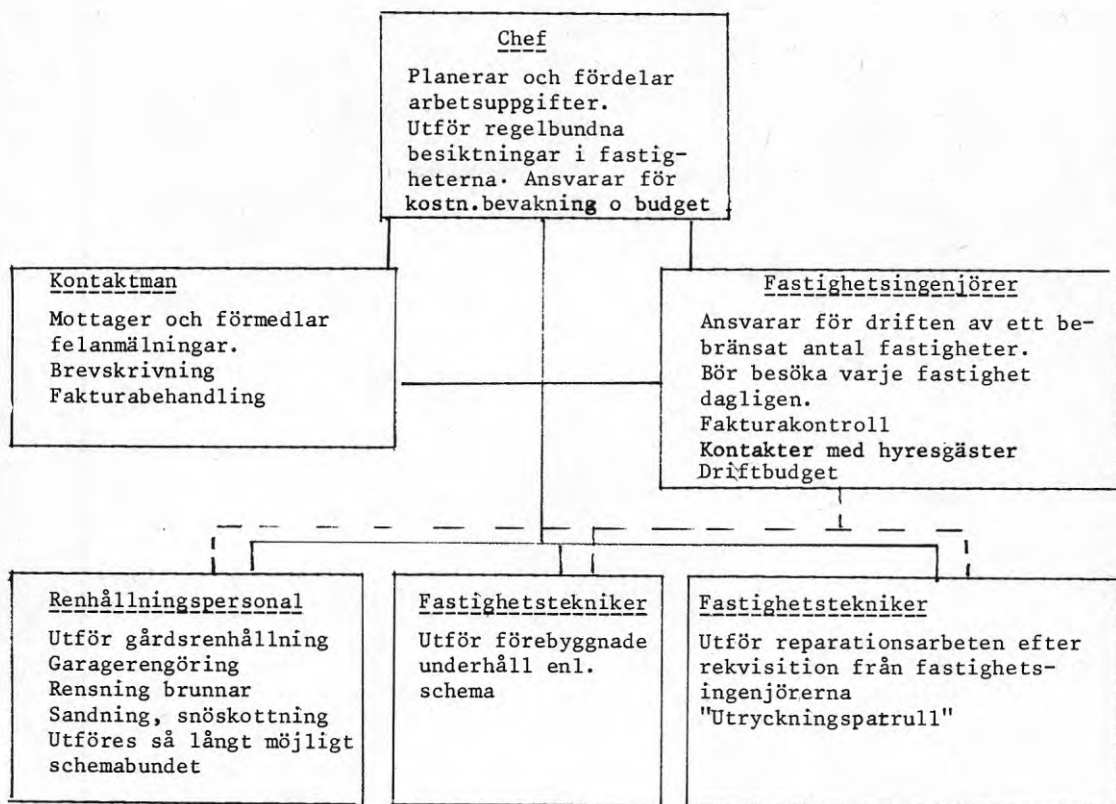


FIG 7.1 Förslag till förvaltningsorganisation

7.4 Driftstatistik

En användbar metod att fortlöpande kontrollera fastighets-skötseln ligger i kostnadsjämförelser med andra fastigheter.. P g a de stora fysiska skillnader som finns mellan olika fastigheter ger dock direkta jämförelser mycket osäkra värden och kan endast användas för överslagsmässiga bedömningar.

Genom teoretiska beräkningar på grundval av k-värden, fönsterareor, väderstreck, installationssystem, drifttider osv kan förväntade driftkostnader beräknas för varje fastighet.

I ett förvaltningssystem som omfattar många fastigheter kan sedan jämförelser göras på flera olika sätt och ge synpunkter både på fastigheternas utformning och deras drift.

- o jämförelse mellan olika fastigheters teoretiska driftdata kan ge anvisningar om i vilka fastigheter energibesparande ombyggnadsarbeten bör vidtagas.
- o genom att ställa uppmätta förbrukningssiffror i relation till teoretiskt beräknade data kan ekvivalenta förbrukningssiffror beräknas. Dessa kan direkt jämföras mellan ett stort antal fastigheter och en statistik kan ge uppgift om respektive förvaltnings effektivitet.

En fastighet som enligt dessa jämförelser har onormalt höga driftkostnader bör undersökas speciellt och kostnaderna för undersökningen och eventuella åtgärder kan med stor sannolikhet på kort tid intjänas.

Inom AB Byggplanering pågår utveckling av ett sådant system för jämförelser av ekvivalenta driftkostnader som ett hjälpmedel till effektivare drift av byggnader.

REFERENSER

- /1/ Adamsson, Bo, Energitransport genom fönster. VVS nr 1, 1974. Stockholm
- /2/ Andersson, Lars-Olof, Begränsning av fuktskador i yttervägg genom reglering av lufttrycksdifferensen mellan väggens in- och utsida. (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport R 28:1973, 47 s, Stockholm
- /3/ Andersson, S, Värmepumpen i praktisk drift. VVS nr 8, 1973, Stockholm
- /4/ Bigelius, A & Taesler R, 1973, Projektering av luftbehandlingsanläggningar - Metoder för val och tillämpning av klimatdata. (Statens institut för byggnadsforskning). Rapport R 69:1973, 108 s. Stockholm
- /5/ Byggnadsenergigruppen, 1974, Energianvändning i byggnader. Mätningar och studier i flerfamiljshus. (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport R 10:1974, 110 s. Stockholm
- /6/ Carlsson, Lars & Persson, Judit, Underlag för bedömning och val av ljusarmaturer (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport R 12:1974, 60 s, Stockholm
- /7/ Frankrike sparar energi och bygger kärnkraft, Tidskr Ny Teknik nr 25, 1974, Stockholm
- /8/ Franzén, B, 1969, Kontorsrummet 2 - En klimatstudie i nio kontorshus. Sammanfattning (Statens institut för byggnadsforskning) Rapport 21:1969, Stockholm
- /9/ Glas, L-O, När energin blir dyrare kommer värmepumpen. Tekn Tidskr 1973:3, Stockholm
- /10/ Grudeborn, Lars Ove, Värmepumpen - slösar med ventilationsluftflödena. Elinstallatören nr 2, 1974, Stockholm
- /11/ Gröber, H, Erk, S & Grigull, V, Wärmeübertragung, p 77-98, Berlin 1955.
- /12/ Hedly, S, Värmepumpen energisnål? - Ja kanske den "optimala"! Elinstallatören nr 2, 1974, Stockholm
- /13/ Hämler, J, Lite sol över energisparandet. Tekn Tidskr 1974:14 Stockholm
- /14/ Höglund, I, Solenergi för byggnader. VVS 9, 1974, Stockholm
- /15/ Isfält, E & Södergren, D, Sparhus för solenergi. Värme- och ventilationssystem med värmelagring av solenergi i byggnadsstommen. VVS nr 4, 1974, Stockholm
- /16/ Isfält, E, Optiska och termiska egenskaper hos fönster och solskydd. Disk. Stockholm, Kungl Tekniska Högskolan, 1974
- /17/ Lilja, G, System med variabelt luftflöde - VAV. VVS nr 1, 1974, Stockholm

- /18/ Löfstedt, B, 1973, Luftfuktighetens betydelse minimal för komfortupplevelsen. Modern byggt teknik Team nr 3. 1973, Stockholm
- /19/ Mandorff, S, 1970, Jämn värmefördelning, god bränsleekonomi. (Statens institut för byggnadsforskning). Småskrift 19, 28 s, Stockholm
- /20/ Olsson, Sigvard, 1974, Spara bränsle och behåll standarden. Kommunal tidskrift nr 6, 1974, Stockholm
- /21/ Rydberg, J, Bränslebesparing genom intermittent uppvärmning av byggnader. VVS nr 9, 1942, Stockholm
- /22/ Solavskärmning, KBS-rapport nr 111, Kungl Byggnadsstyrelsen, Stockholm, 1974
- /23/ Södergren, D & Boström, T, Solvärmeinläckning genom frånluftsfönster. VVS nr 1, 1969, Stockholm
- /24/ Södergren, D & Boström, T, Frånluftsfönster. Termiska egenskaper under vinterhalvåret. VVS nr 10, 1969, Stockholm
- /25/ Södergren, D, Frånluftsfönster. Ventilation och temperaturstyrning i fasadrum med frånluftsfönster och värmare i tilluft. VVS nr 4, 1970, Stockholm
- /26/ Taesler, R, 1972, Klimatdata för Sverige (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm
- /27/ Värmepumpens framgång i Sverige kräver fortsatt produktutveckling. Debattreferat. VVS nr 2, 1974, Stockholm
- /28/ Axén, B & Pettersson, B, Fältundersökningar av byggnaders isolering med värmekamera (Statens Råd för byggnadsforskning) Projekt nummer C 780: 1 - 2. Ännu ej publicerad rapport. Stockholm
- /29/ VVS-gruppen, 1970, Instruktioner för drift och underhåll av installationer. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R 30:1970

ÖVRIG LITTERATUR

Tidskriften VVS, årgångarna 1971 - 1973

Bättre bruk av energin inom byggområdet. En litteratursammanställning (Institutet för byggdokumentation). Rapport 1974:3 Stockholm 1974

R52: 1975

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730597-1 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Byggplanering,
Ragnar Wale & Co, Stockholm.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: Installation**

Pris: 20 kronor + moms