



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

R28:1984

Värmeisoleringsökonomi III

Jan Sjölund

R
ANT

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

Byggeforskningsrådet

R28:1984

VARMEISOLERINGSEKONOMI III

Jan Sjölund

Denna rapport hänförsig till forskningsanslag 810776-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnson
Ingenjörbyrå AB, Stockholm.

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

R28:1984

ISBN 91-540-4087-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

		sid.
	INLEDNING	1
	NORMDELEN	5
1	Värmeisolering	5
1.1	Inomhusklimat	5
1.2	Fukt och tjäle	5
1.3	Ekonomi	6
1.4	Godtagbara dimensioneringsförutsättningar	9
1.5	Godtagbara lösningar	9
2	Köldbryggor	15
2.1	Beräkning av köldbryggor	15
3	Statliga lån	19
	KOMMENTARER	20
1	Värmeisolering	20
1.1	Inomhusklimat	20
1.2	Fukt och tjäle	20
1.3	Ekonomi	21
1.3.1	Alternativ	23
1.4	Godtagbara förutsättningar	25
1.4.1	c-värdet	25
1.4.2	Q-värdet	27
1.5	Godtagbara lösningar	28
2	Köldbryggor	31
3	Statliga lån	32
3.1	Övriga lån	32
3.2	Övriga statliga lån	40

INLEDNING

Denna utredning är avsedd som en skiss över hur problemet att värmeisolera byggnader skulle kunna behandlas i våra normer och lånebestämmelser för att varje satsning på värmeisolering skall bli nära optimalt utnyttjad utan att man skall behöva räkna mer än problemet förtjänar.

Värmeisolering är ju inte något försummat kapitel i varken dimensioneringsnormer eller lånebestämmelser och man kan väl inte heller påstå att de dimensioneringskriterier som serveras är särskilt komplicerade.

Men de normer och bestämmelser vi i dag rättar oss efter är dåligt anpassade till att värmeisolering i dag nästan helt och hållet är en ekonomisk fråga och dessutom är viktiga delar i klimatskalet negligerande.

Av detta följer att vi inte alls i den utsträckning vi borde, placerar värmeisolering där den ger bäst utbyte, och att en stor del av de beräkningar vi genomför i värmeisoleringssammanhang inte leder till några nyttiga resultat.

I denna utredning, som bör ses som en skiss för en ny norm, är dessa brister avhjälpda genom principen att behörig myndighet presenterar sina krav på värmeisoleringsnivå genom att tala om vad man skall anse det vara värt idag att genom att isolera eller vidta någon annan besparingsåtgärd så att säga i förskott köpa en kWh årligen varje år under en byggnads livstid.

Genom att låta en sådan förskottsbetalning, som i denna utredning kallas c-värde, bli styrande när det gäller dimensionering av värmeisolering nås följande fördelar.

- o Den energisatsning som görs i varje byggnad skulle bli optimalt använd så långt vi kan och förstår. En "miss" från beslutande myndigheter skulle visserligen innebära att varje satsning blev lite för stor eller lite för liten, men hela tiden skulle man kunna hävda att inte en mineralullstuss skulle kunna flyttas från ett ställe till ett annat inom en byggnad utan att resultatet försämrades.

- o Mycket få beräkningar skulle också behövas för att nå detta resultat därför att varje byggdel som en gång konstaterats vara godtagbar naturligtvis är godtagbar i alla fall där de yttre förhållandena för byggdelen i fråga är ungefär likartade.

- o Statlig finansiering skulle förenklas därför att styrregeln ifråga alltid leder till satsningar som är ekonomiskt sunda enligt de krav som ligger bakom koefficienten c enligt ovan. Bidrag som ju är motiverade endast för dåliga åtgärder skulle försvinna och detsamma gäller möjligheterna att av staten tillskansa sig mer pengar än en åtgärd kostar.

- o Den tekniska utvecklingen skulle främjas i det att varje teknisk förbättring får sin chans efter förtjänst. Vi skulle också befrias från en massa onödigt tyckande och slippa de motbjudande "optimeringar" med normer och lånebestämmelser men mot sunt förnuft och naturlagar som projektörer tvingas genomföra idag.

Anledningen till att dessa fördelar kan plockas fram är att värmeisolering intar en viss särställning bland de energibalanspåverkande åtgärder som står till buds i byggnader. Den kan nämligen i stort sett dimensioneras oberoende av de övriga åtgärder och det enda frågetecknet man har i de dimensioneringssamband som gäller, är just detta c-värde.

Den största fördelen med c-värdet torde ändå kanske vara att det kan fungera som en måttstock för övriga åtgärder som påverkar en byggnads energibalans eftersom klimatskalet i stort sett snart blir genomräknat.

De flesta av dessa andra åtgärder är betydligt mera komplicerade än värmeisolering. I många fall finner man således flera frågetecken när det gäller både ekonomi och funktion. Vidare är de i hög grad beroende av varandra och byggnadens täthet, värmeisolering och värmekapacitet. Dessutom är ofta andra kriterier än de rent ekonomiska utslagsgivande.

Men man bör ändå göra så gott man kan. Det består i att man efter bästa förstånd tilldelar ett siffervärde till alla storheter man behöver för att på ett vedertaget sätt kunna räkna ut vad åtgärden går för ur teknisk och ekonomisk synpunkt. En av dessa storheter skall vara det c-värde som byggnadens klimatskal dimensionerats för, korrigerad med hänsyn till skillnader i livslängd och behov av skötsel och underhåll.

Det är givetvis så att en VVS-kWh kommer att kosta nästan precis lika mycket som en bygg-kWh även i fortsättningen.

När huset är genomräknat kan det vara givande att undersöka om man inte med hjälp av ändrat materialval eller en liten korrigering av c-värdet åt ena eller andra hållet kan undvika något kostnadssprång på bygg- eller VVS-sidan.

Det hus man får fram på detta sätt är det bästa man kan få inom ramen för de lösningar man provat. Det är av utvärderingssynpunkt bättre än ett precis likadant hus man lyckats hitta med hjälp av eller trots dagens bestämmelser i den meningen att det befriats från ett frågetecken, nämligen c-värdet.

Detta ökar väsentligt möjligheterna att med tiden få reda på hur pass riktiga antaganden man gjort.

Idag fungerar varje byggnad ur utvärderingssynpunkt som en ekvation med minst två obekanta, viket är mycket olyckligt när det finns så många kunskapsluckor att fylla igen.

Genom att dimensionera en byggnads klimatskal på det sätt som anges i denna utredning erhålles således dels bästa möjliga utbyte av satsningen på detta klimatskal och dels riktiga tekniska och ekonomiska förutsättningar för dimensionering av resten av energiutrustningen.

Det bör dock påpekas att den normskiss som härmed presenteras inte med säkerhet uppfyller SBN 1980, varför idag en viss dubbelkontroll måste ske i synnerhet då relativt lågvärdiga isoler-material är aktuella.

Men eftersom en reservationslös tillämpning av de principer som presenteras i denna utredning både leder till ett bättre utnyttjande av våra resurser och en enklare hantering av energiproblemet finns här en intressant möjlighet att utnyttja det "fribrev" som presenterats från regeringshåll i maj 1982.

"NORMDELEN"

1 Värmeisolering

Byggnader skall förses med värmeisolering av följande skäl:

- 1.1 Det skall vara praktiskt möjligt att åstadkomma ett godtagbart inomhusklimat.
- 1.2 Byggnaden skall ej skadas i oacceptabel grad av kondenserad fukt, frost eller tjäle.
- 1.3 Energi skall sparas på villkor som är fördelaktiga både för den enskilda byggnaden och samhället.

1.1 Inomhusklimat

Varje m^2 i det omslutande skalet för byggnad som är avsedd att stadigvarande uppvärmas till minst $+10\text{ }^\circ\text{C}$ skall utom i fönster och dörrar ha en värmegenomgångskoefficient på högst $1,0\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ beräknat med hänsyn till eventuella köldbryggor.

Fönster och ytterdörrar skall på glasade ytor ha k-värdet högst $3,0\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ och på ogenomsiktliga delar högst $1,5\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$.

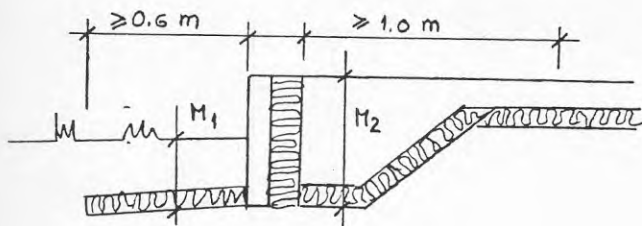
Mellan lokaler där inomhustemperaturen under längre tid kan förväntas skilja $t\text{ }^\circ\text{C}$ skall värmemotståndet i väggar och tak vara minst $0,05 \cdot t\text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$.

1.2 Fukt och tjäle

Värmeisolering anordnas så att fukt inte någonstans i eller på en byggnadskonstruktion kan kondenseras i sådan mängd att byggnadskonstruktionen tar skada.

I anslutning till tjälfarlig mark värmeisoleras på sådant sätt att byggnaden ej skadas av en tjällyftning.

Vid platta på mark - grundläggning i byggnader som ständigt är uppvärmda till minst 18 °C kan detta villkor anses vara uppfyllt då.



$$M_2 - M_1 < 3 \text{ m}^2\text{C/W}$$

Fig. 1.2.1

1.3 Ekonomi

Termisk isolering som ingår i en byggnads klimatskal skall i alla ingående byggnadsdelar ges sådan tjocklek att det marginella förhållandet mellan byggkostnad och sparad energi per år överallt är konstant = c kr/kWh/år.

c -värdet kan beräknas med hjälp av sambandet

$$c = \frac{E_0 (1 - c^{-T(r-f)})}{r - f} \cdot \frac{kr}{kWh} \quad 1.3.1$$

där

E_0 = effektivvärdet av dagens energipris (kr/kWh)

r = kalkylränta = $r_0 - i$ ($\frac{\%}{100}$)

i = förväntad årlig penningvärdesförsämring ($\frac{\%}{100}$)

r_0 = den förräntning som krävs ($\frac{\%}{100}$)

f = förväntad årlig ökning av energipriser utöver i ($\frac{\%}{100}$)

T = avskrivningstid (år)

För $r - f = 0$ blir

$$c = E_0 \cdot T \quad 1.3.1.1$$

Dimensioneringen sker enligt samband 1.3.3 och 1.3.4

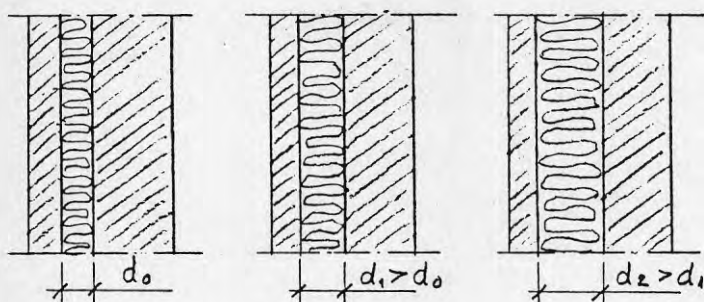


Fig. 1.3.2

Isolertjockleken d_1 väljes då

$$\frac{B_1 - B_0}{k_0 Q_0 - k_1 Q_1} \leq c \quad 1.3.3$$

$$\frac{B_2 - B_1}{k_1 Q_1 - k_2 Q_2} \geq c \quad 1.3.4$$

där B_0 , B_1 och B_2 är byggkostnaderna för konstruktionen enligt fig. 1.3.2 varvid d_0 , d_1 resp. d_2 är närmast efter varandra följande praktiska värden på isoleringstjockleken i aktuell konstruktion. Alla kostnadskonsekvenser av den ändrade isoleringstjockleken från d_0 till d_1 resp. från d_1 till d_2 skall ingå i B_1 och B_2 .

k_0 , k_1 och k_2 är k -värden ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$) beräknade med hänsyn till ingående köldbryggor.

Om villkoret 1.3.3 ej kan uppfyllas då d_0 är minimitjocklek i aktuell konstruktion, får d_0 väljas under förutsättning att 1.1 uppfylles. Om villkoret 1.3.4 ej kan uppfyllas då d_2 är ett praktiskt övre gränsvärde på isoleringstjockleken i aktuell konstruktion får d_2 väljas.

Det kan vid en viss konstruktion finnas flera isoleringstjocklekar som uppfyller villkoren 1.3.3 och 1.3.4. Vilken som helst av dessa tjocklekar får väljas.

$$Q = \frac{t (\vartheta_{\min} - \vartheta_{\text{mut}})}{1000} \quad 1.3.5$$

där t = den tid i timmar per år då byggnaden åtminstone till en del uppvärms av speciell uppvärmningsanordning direkt eller efter upplagring i stommen.

ϑ_{\min} resp. ϑ_{mut} är medelvärdet av inomhus- resp. utomhustemperaturen under denna tid ($^{\circ}\text{C}$).

I byggnader som i måttlig omfattning uppvärms av belysning, processvärme eller annan gratisenergi kan Q betraktas som en konstant men annars bör man beakta de variationer i t och därmed ϑ som orsakas av förändrad isolering.

I konstruktioner där isoleringen har konstant värmeledning och byggkostnaden varierar linjärt med isoleringstjockleken kan erforderligt totalt k -värde för konstruktionen i fråga beräknas direkt enligt sambandet

$$k = \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad 1.3.6$$

där k = konstruktionens totala k -värde ($\text{W/m}^2\text{ } ^{\circ}\text{C}$)

P = marginalkostnaden för isoleringsskiktet med hänsyn till allt vad det innehåller och påverkar (kr/m^3).

λ = värmeledningsförmågan i isoleringsskiktet med hänsyn till de köldbryggor som eventuellt förekommer ($\text{W/m } ^{\circ}\text{C}$).

P -värdet och λ -värdet avser alltid det isoleringsskikt vars tjocklek man är beredd att variera för att nå lämpligt k -värde. Vid flera isoleringsskikt i en konstruktion är det i regel mest fördelaktigt att välja det skikt där produkten $P \cdot \lambda$ är minst.

1.4 Godtagbara dimensioneringsförutsättningar

För byggnader avsedda att stadigvarande uppvärmas till minst 18 °C godtas $c = c_1 = 5$ kr/kWh/år för byggnadsdelar som i full utsträckning på förutsatt vis kan antas påverka byggnadens energibalans i minst 60 år. För byggnadsdelar eller andra anordningar med kortare livslängd räknas med $c_1 = 5 \cdot \alpha$ kr/kWh/år enl. tab. 1.4.1.

Förväntad livslängd	α
> 60 år	1,0
40 år	0,8
20 år	0,5
10 år	0,3

Tabell 1.4.1

För bostadshus och andra byggnader som i ringa omfattning uppvärms av belysning eller processenergi godtas Q-värden enligt fig. 1.4.2.

1.5 Godtagbara lösningar

För byggnader som stadigvarande uppvärms till minst 18 °C godtas att lösningar enligt tabellerna 1.5.1 och 1.5.2 väljes med hänsyn till byggnadens läge i landet.

Med utgångspunkt från produkten $c \cdot Q$ enligt ovan dras härvid en vertikal linje från skalan i tabellens överkant.

Var och en av de rutor denna linje skär representerar en godtagbar optimal byggnadslösning.

I varje sådan ruta finns två siffror, av vilka den övre anger måttet på isolering enligt fig. 1.5.3 och 1.5.4 och den undre tillkommande k-värde i $W/m^2 \cdot ^\circ C$. Genom att multiplicera differensen mellan k-värdena i två närliggande rutor i en rad med det värde på $c \cdot Q$ som gäller för skiljelinjen mellan rutorna får man reda på den kostnadsskillnad ΔB kr/ m^2 som anses gälla mellan de båda al-ternativ som rutorna representerar.

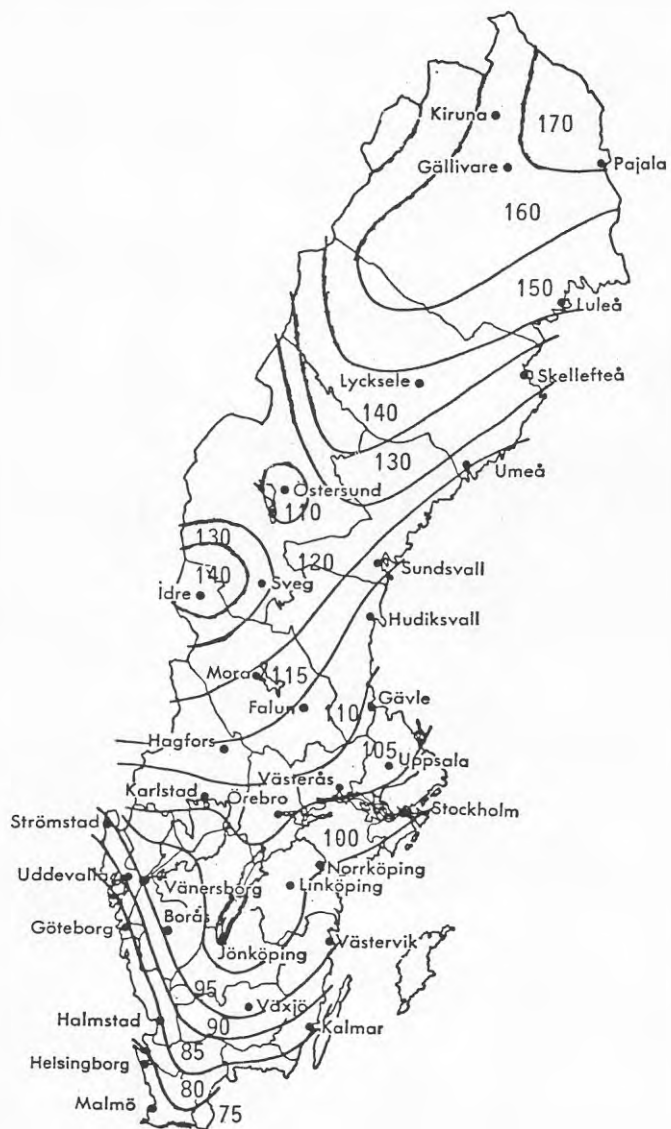


FIG. 1.4.2

Värmeförbrukningstal Q för beräkning av transmissionsfaktorn uttryckt i tusental graddimmar per år.

		Qc									
		0	100	200	300	400	500	600	700	800	
KONSTR. NR.											
1		70 0,44	120 0,28	195 0,18				240 0,15	290 0,13		
2				200 0,65	250 0,54	300 0,46					
3		KONSTR. GER VÄRDEN LÅNGT UTOM DIAGRAMMETS GRÄNS.									
4		45 0,36	120 0,24	170 0,18				220 0,15			
5 _a		45 0,41			120 0,24			220 0,18			
5 _b						45 0,38				120 0,20	
6						45 0,31				120 0,21	
7						170 0,22				195 0,19	
8						170 0,22				195 0,19	
9 _a		45 0,34			120 0,24						
9 _b						45 0,28				120 0,19	
10		45 0,62			120 0,32				170 0,24		
11		80 0,47	120 0,31		180 0,22		220 0,18		240 0,17		
12	FÖNSTER	2-GLAS 2,80					3-GLAS 1,80				

Tabell 1.5.1

		Qc								
KONSTR. NR.		0	100	200	300	400	500	600	700	800
13	50 0,62	100 0,26	200 0,20			300 0,14				
14	50 0,66	100 0,26	200 0,20			300 0,14				
15			200 0,51	250 0,42						
16				50 0,31	100 0,22	120 0,20				
Tabelle 1.5.2										

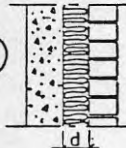
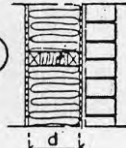
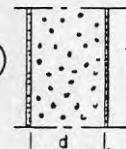
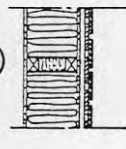
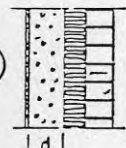
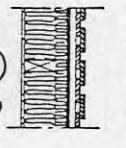
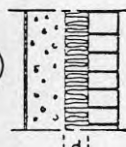
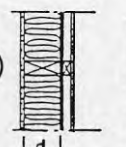
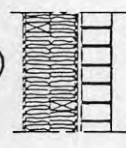
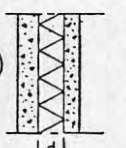
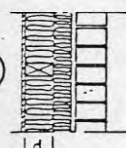
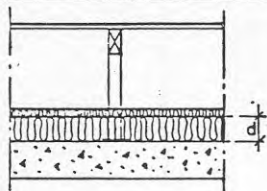
VÄGGTYPER	
 <p>1</p> <p>150 BETONG MINULL RW1331 ELLIKV. (d VARIERAR) 120 FASADTEGEL</p>	 <p>7</p> <p>13 GIPSSKIVA * REGELSTOMME c 600 MED ISOLERREGEL RW 1331 ELLIKV. (d VAR.) 9 GIPSSKIVA 120 FASADTEGEL ***</p>
 <p>2</p> <p>PUTS LÄTTBETONG M 500 (d VARIERAR) PUTS</p>	 <p>8</p> <p>13 GIPSSKIVA * STOMME LIKA TYP 7 9 GIPSSKIVA SPIKLÄKT c 600 22 ST LOCKPANEL</p>
 <p>3</p> <p>PUTS LÄTTBETONG M 500 (d VARIERAR) 95 MINULL RW 1367 ELLIKV. 120 FASADTEGEL</p>	 <p>9</p> <p>13 GIPSSKIVA * ST. REGELSTOMME c 600 LIGG. REGLAR c 600 BÅDA SKIKTEN VARIERAS 13 ASFA BOARD LÄKT o PANEL LIKA TYP 8</p>
 <p>4</p> <p>PUTS 200 LÄTTBETONG M 500 MINULL RW 1367 ELLIKV. (d VARIERAR) 120 FASADTEGEL</p>	 <p>10</p> <p>13 GIPSSKIVA * REGELSTOMME c 600 GF 3024 ELLIKV. (d VAR.) 13 ASFA BOARD ST. LÄKT LIGG. PANEL</p>
 <p>5</p> <p>13 GIPSSKIVA * DUBBLA REGELSTOMMAR c 600 MED MU RW 1331 ETT SKIKT VARIERAS 9 GIPSSKIVA 120 FASADTEGEL ***</p>	 <p>11</p> <p>PREF. BETONGSANDWICH MED CELLPLASTISOL. S 20 (d VARIERAR) 80+70 BETONG</p>
 <p>6</p> <p>13 GIPSSKIVA * REGELSTOMME c 600 MED GU GF 3024 ELLIKV. (d VARIERAR) 70 GF 1375 ELLIKV. ** 120 FASADTEGEL ***</p>	
<p>* DIFF-SPÄRR INGÅR ** VÄNINGSHÖGA SKIVOR *** FINGERSPALT 15-20</p>	

Fig. 1.5.3

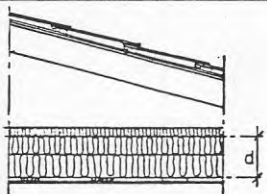
TAKTYPER

⑬



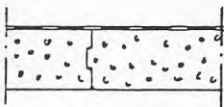
UPPSTOLPAT TAK MED PAPPTÄCKNING PÅ
160. BETONGBJÄLKLÄG
ISOLERING: 50 RW 1539 EL.LIKV.
d RW 1209 EL.LIKV.

⑭



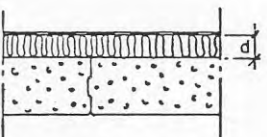
TEGEL, LÄKT, U-LAGPAPP OCH RÅSPONT PÅ
FACKVERKSTAKSTOL
ISOLERING: 50 RW 1539 EL.LIKV.
d RW 1209 EL.LIKV.
ARM. PE-FOLIE, GLESANEL OCH INNERTAK

⑮



TVÅLAGSTÄCKNING MED PAPP TY 444
200-300 LÄTTBETONG TAKELEMENT

⑯



TRELÄGSTÄCKNING MED PAPP TY 432
d MINERALULL RW 135 EL.LIKV.
200 LÄTTBETONG TAKELEMENT

Fig. 1.5.4

2. Köldbryggor

Inverkan av köldbryggor skall beräknas på ett tekniskt och ekonomiskt riktigt sätt vid bestämning av byggnadskonstruktionens värmemotstånd.

Detta kan i enskilda byggnadsdelar ske genom att λ -värden enligt tabellerna 1.5.1 och 1.5.2 tillämpas.

I socklar och anslutningar mellan olika byggnadsdelar godtas att sambandet mellan varm stomme och fasad brytes med värmeisolering vars värmemotstånd är minst $2 \text{ m}^2\text{C/W}$ så långt det är praktiskt möjligt med hänsyn till andra funktionskrav, under förutsättning att gränsvärdena enligt 1.1 är uppfyllda.

För beräkning av köldbryggors inverkan på en konstruktions värmeisolering godtas metod enligt 2.1.

2.1 Beräkning av köldbryggor

Metoden går ut på att ett fiktivt λ -värde beräknas för kombinationen isolermaterial - köldbrygga.

Härvid studeras ett karakteristiskt utsnitt av konstruktionen, dvs. en beräkningsmodell enligt fig. 2.1.1 där ingående data utgöres av medelvärden för den verkliga konstruktionen.

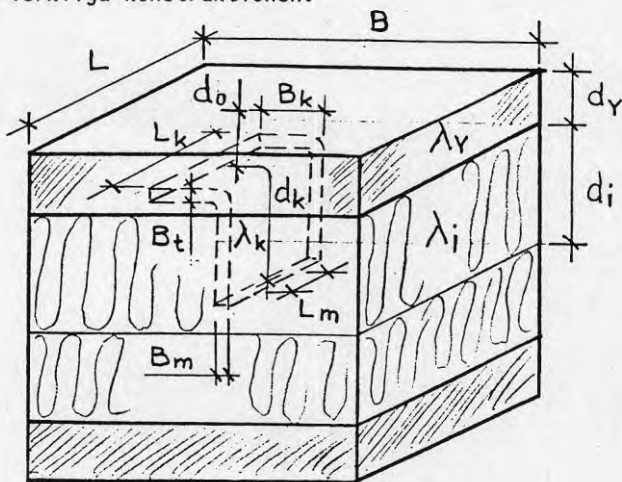


Fig. 2.1.1

Vid beräkningen delas konstruktionen upp i två delar med ett snitt genom isolerskiktet i dess plan, varefter varje del behandlas för sig. Uppdelningen göres lämpligen i mitten av isolerskiktet eller i någon konstruktionsgräns, t.ex. där korsande regler möts eller där isolermaterial ändras.

Följande beräkningar genomföres:

$$M_1 = \frac{d_i}{\lambda_i \cdot B \cdot L} \quad 2.1.2$$

där d_i = isolerskiktets tjocklek (m)

λ_i = isolerskiktets värmeledningsförmåga ($W/m^{\circ}C$)

B = beräkningsmodellens bredd (m)

L = beräkningsmodellens längd (m)

$$M_2 = \frac{d_y}{\lambda_y \cdot B \cdot L} \quad 2.1.3$$

där d_y = ytterskiktets tjocklek, dock max 0,5 ($B + B_k$) (m)

λ_y = ytterskiktets värmeisoleringsförmåga ($W/m^{\circ}C$)

$$M_3 = \frac{d_k}{(\lambda_k - \lambda_i) \sqrt{B_m \cdot L_m \cdot B_t \cdot L_t}} \quad 2.1.4$$

där d_k = köldbryggans längd i värmeströmmens riktning, d.v.s. avståndet längs köldbryggan från tyngdpunkten av kontaktytan mellan ytterskikt och köldbrygga till kontaktytan mellan köldbryggorna i delningssnittet. (m)

$B_t \cdot L_t$ = köldbryggans tvärsnittsytta vinkelrät mot dess värmeström (m^2) varvid L_t är det minsta av måtten

L_k och

$$L_m + d_k \cdot \sqrt{\frac{\lambda_k}{\lambda_i}}$$

$B_m \cdot L_m$ = kontaktytan mellan köldbryggedelarna i delningssnittet.

Om $L_k > 0,9L$

$$M_4 = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_y \cdot L_k} \ln \left(\frac{2\pi \cdot B_0 \cdot d_0}{B_k^2} + 1 \right) \quad 2.1.5$$

där L_k = utsträckningen i L-led för kontaktytan mellan köldbrygga och ytskikt. (m)

B_k = utsträckningen i B-led för kontaktytan mellan köldbrygga och ytterskikt (m). Väljs så att produkten $B_k \cdot L_k$ svarar mot verklig storlek på denna kontaktyta.

B_0 = det minsta av måtten B och $B_k + 2d_y \sqrt{\frac{B_k \cdot \lambda_k}{d_i \cdot \lambda_i}}$

d_0 = det minsta av måtten $0,5(B + B_k)$ och täcksiktet utanför tyngdpunkten på kontaktytan mellan köldbrygga och ytterskikt.

Om $L_k < 0,5L$

$$M_4 = \frac{B_0 \cdot L_0 - B_k \cdot L_k}{\lambda_y \sqrt{2\pi \cdot B_0 \cdot L_0 \cdot B_k \cdot L_k}} \quad 2.1.6$$

där L_0 = det minsta av måtten L och $L_k + 2d_y \sqrt{\frac{B_k \cdot \lambda_k}{d_i \cdot \lambda_i}}$

B_k och L_k skall väljas så att $B_k \cdot L_k$ motsvarar mot verklig kontaktyta mellan köldbrygga och ytterskikt.

För $0,5L < L_k < 0,9L$ kan M_4 beräknas genom rätlinjig interpolation.

I beräkningsmodellen förutsätts att köldbryggan är något så när symmetriskt belägen inom ytan $B \cdot L$. Vid stora excentriciteter på köldbryggans läge kan modellen uppdelas i fyra kvadranter, varefter varje kvadrant tilldelas en köldbryggedel i proportion till sin area, varefter det fiktiva λ_f -värdet beräknas för varje kvadrant för sig.

Under förutsättning att $\frac{M_4}{M_2} > 3$ eller $\frac{M_4}{M_2} > 1 + \frac{M_2}{2M_1}$ kan nu det fiktiva λ -värdet λ_{f1} för kombinationen värmeisolering och köldbrygga beräknas inom aktuell "konstruktionshalva" enligt sambanden

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{M_1 + M_2 \left(1 + \frac{M_2}{M_2 + M_3 + M_4}\right)} + \frac{1}{M_3 + M_4 \left(1 + \frac{M_4}{M_1 + M_2 + M_4}\right)}$$

2.1.7

$$\lambda_{f1} = \frac{d_1}{B \cdot L (M - M_2)}$$

2.1.8

Sedan λ_{f1} beräknats på motsvarande sätt för återstående del av konstruktionen erhålles nedanstående beräkningsmodell som kan behandlas på gängse sätt.

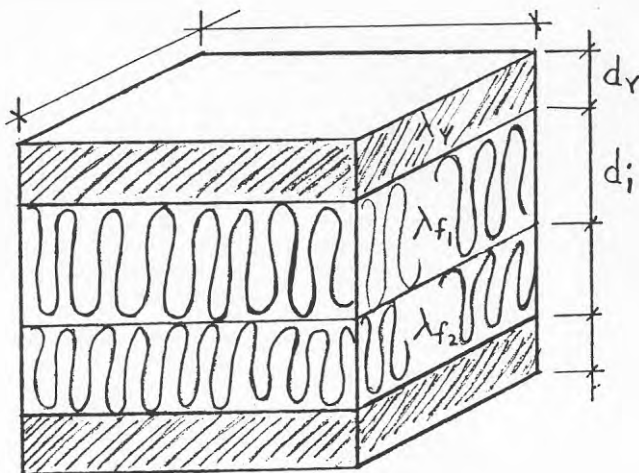


Fig. 2.1.9

3 STATLIGA LÅN

För värmeisolering av bostadshus lämnas statliga lån = L kr

$$L = A_p \cdot Q + A \cdot Q \cdot c_1 (k_v - k_1) \cdot \text{kr} \quad 3.1$$

där A_p = primär bruksarea (m²)

A = ytan av aktuell byggnadsdel (m²)

k_v = det k-värde som valts för byggnadsdelen i fråga (W/m² °C). För samtliga byggnadsdelar skall k_v -värdet bestämmas med utgångspunkt från samma värde på $c = c_v$.

k_1 = Det k-värde som för aktuell byggnadsdel kan beräknas med utgångspunkt från c_1 enligt 1.3.3 och 1.3.4 eller avläsas i tabellerna 1.5.1 och 1.5.2.

k_v och k_1 skall inom varje värdepar beräknas med samma metod och med samma utgångsvärde på kostnader och materialegenskaper.

Vid dimensionering enligt tabellerna 1.5.1 och 1.5.2 gäller att $Q \cdot c_1 (k_v - k_1)$ är summan av de ΔB som i aktuell rad finns mellan den vertikala $c \cdot Q$ linje som representerar c_1 och den som representerar valt c -värde, varvid minustecken gäller om c_1 är störst.

Lånedelen L återbetalas enligt de villkor som lagts in i värdet c_1 vid byggnadstillfället.

KOMMENTARER

1 Värmeisolering

Alla motiv för att värmeisolera en byggnad torde kunna hänföras till något av de tre huvudskäl som angivits.

1.1 Inomhusklimat

De gränsvärden som anges har valts utan närmare utredning av följande skäl:

k-värden nära $1,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ förekommer i väggar och vindsbjälklag t.ex. i många av våra äldre tegelbyggnader. Det synes i regel inte föreligga några svårigheter att hålla ett acceptabelt inomhusklimat i dessa byggnader. Det förefaller därför inte vara nödvändigt att föreskriva bättre värmeisolering av inomhusklimatskal.

Även i SBN 80 accepteras k-värden i storleksordningen $1,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ när det gäller isolering av bjälklagskanter. I praktiken torde dessa k-värden ofta även idag överskridas t.ex. i balkonganslutningar varför en generell gräns på $1,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ alltså t.o.m. borde innebära en viss skärpning i någon punkt av vad som gäller idag.

För fönster och dörrar har valts gränsvärden enligt SBN 80.

Det kan naturligtvis visa sig vara motiverat att skärpa kravet på maximivärdet för att man inte skall nöja sig med den bästa varianten av en konstruktion som är dålig ur energisynpunkt. Men detta torde ha liten praktisk betydelse eftersom de ekonomiska villkoren enligt 1.3 nästan alltid kan förväntas vara dimensionerade i synnerhet i fråga om lättare konstruktioner där man kan befara att gränsen $1,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$ är alltför hög ur inomhusklimatsynpunkt.

1.2 Fukt och tjäle

Någon närmare utredning av detta avsnitt ryms ej inom projektet men det har medtagits för fullständighetens skull.

Detta har skett genom att de två väsentligaste funktionskraven presenterats.

Vidare har medtagits en tumregel för dimensionering av isolering av socklar vid golv på mark.

Regeln har stöd genom några jämförande databeräkningar som visat att nollgradienten fått ett minst lika gynnsamt läge som vid en strikt tillämpning av SBN. Det kan dock ej anses vara fastställt att den alltid ger betryggande säkerhet mot tjälskjutning.

Men den visar dock att det inte finns någon motsättning mellan god värmeisolering längs en byggnads ränder och säkerhet mot tjällyftning och att samspelet mellan dessa krav kan regleras med ett enkelt samband.

1.3 Ekonomi

Det är väsentligt att ställa kravet om att alla energipåverkande byggnadsdelar inom en byggnad skall dimensioneras efter en och samma energiprisutveckling. Detta krav bör ges högre status än de mått på godtagbara förutsättningar och lösningar som följer. Det skall alltid vara tillåtet att i tveksamma fall gå tillbaka till detta grundläggande krav, dvs. sambanden 1.3.3 och 1.3.4 skall vara överordnade.

Innebörden i denna princip är att man så att säga tvingar folk att inse sitt eget bästa och det brukar ju inte vara populärt. Men när man som i detta fall enbart utgår från allmänt vedertagna fysikaliska och ekonomiska samband samt i brist på sådana, från den enskildes egna uppfattningar och värderingar, är det svårt att finna några tungt vägande invändningar.

Det finns dock ingen fysikalisk eller ekonomisk lag som i alla lägen strikt bevisar att man vid en viss tidpunkt kommer att ha samma kostnad för alla kilowattimmar som lämnar en byggnad.

Det skulle exempelvis vid en noggrann analys kunna visa sig att transmissionsförlusterna med någon övervikt kom från fjärr-

värmeradiatorn medan energin från eluppvärmd tilluft var över-representerad i ventilationsförlusterna och att samtidigt pris-skillnaden mellan de båda energislagen var stor.

Men inom överskådlig framtid är det klokt att helt avstå från den svåråtkomliga och mycket marginella nytta man skulle kunna nå genom att beakta eventuella små skillnader i kilowattim-kostnaden och i stället tillvarata den stora dimensioneringsfördel som ligger i att anse att alla kilowattimmar som förbrukas vid en viss tidpunkt är precis lika mycket värda (vilket de för övrigt oftast också kommer att vara).

Man erhåller nämligen automatiskt ett praktiskt taget optimalt utnyttjande av sin totala satsning på energisparande åtgärder genom att konsekvent respektera detta förhållande.

Eftersom det nu är byggnormens uppgift att beskriva samhällets krav på hur mycket som skall satsas på energibesparande eller energiproducerande åtgärder i byggnader borde därför behörig myndighet direkt tala om vad man skall anse det vara värt idag att spara en kWh varje år under en byggnads eller en apparats livslängd.

Därmed skulle i princip våra myndigheter med en enda siffra, nämligen c-värdet, klara den dubbla uppgiften att beskriva lämplig satsningsnivå för alla typer av energisparande åtgärder och säkerställa ett optimalt utnyttjande av satsningen.

I och med detta skulle man också kunna sätta punkt men för att göra siffran mera lättillgänglig är det lämpligt att i ett första steg servera godtagbara beräkningsförutsättningar och i ett andra steg beskriva konsekvenserna med hjälp av mått på godtagbar isolering i ett antal vanligt förekommande byggnadsdelar.

Men därmed har myndigheterna nått en gräns de inte bör överskrida åtminstone inte tills vidare. Man kan nämligen hävda att fram till denna gräns klarar myndigheterna dimensioneringen väl så bra som någon annan eftersom det i princip endast handlar om generellt giltiga förutsättningar. För enklare byggnader kommer detta myndighetsunderlag också att vara helt tillräckligt.

Men där en ytterligare insats krävs efter denna gräns är säkert projektören i regel den som kan göra mest nytta i kraft av bättre kunskap om de speciella förutsättningar som gäller för aktuellt projekt.

Men det bör vara en gräns som båda parter skall ha rätt att passera.

Projektören måste exempelvis inom vissa gränser fritt få välja c-värde mot omaket att dimensionera byggnadens alla delar efter detta c-värde. Om inte denna frihet fanns skulle en viktig inspirationskälla för lokala satsningar på energiproduktion försvinna. Där statliga lån är aktuella får han dock finna sig i att förlora något om hans energiprognos är sämre än statens om nu inte utvecklingspengar kan utverkas från något håll.

Med tiden kan det också vara lämpligt att från myndighetshåll exempelvis komplettera byggdelslistan 1.5 med någon väl beprövad kombination av olika typer av energipåverkande åtgärder för att kunna erfarenheter skall bli så lättillgängliga som möjligt. Detta kan vara ett lämpligt sätt att införa olika VVS-åtgärder i byggdelslistan.

1.3.1 Alternativ

Mot detta sätt att styra energibesparande åtgärder kan nu ställas dagens styrmedel av typen "tomma ramar" som t.ex. föreskriver maximalt tillåten energiförbrukning eller maximalt tillåtet medelk-värde. Sådana föreskrifter ger inget stöd för bra lösningar utan bara begränsningar som framgår av nedanstående resonemang.

Antag att man på något sätt funnit en lösningskombination som uppfyller den tomma ramens villkor. Denna lösning kan så gott som alltid förbättras i ett första steg genom att varje dellösning dimensioneras efter en och samma energiprisutveckling och i ett andra steg genom att man gör om samma sak för en rimligare energiprisutveckling.

Det kommer då att visa sig att ramens villkor med försvarbart ekonomiskt utfall kan uppfyllas endast av ett begränsat antal åtgärds kombinationer.

Vissa lösningar kommer att slås ut enbart på grund av att ramen inte passar och inte på grund av att lösningen är dålig ur energiekonomisk synpunkt. Å andra sidan kan man ju alltid exempelvis klara ett krav om maximiförbrukning genom att packa huset så fullt med apparater att den sist sparade kilowattimmen blir mycket dyr.

Man kommer nog så småningom att hitta de vettigaste lösningarna som passar de tomma ramarna men varför låta folk agera som försökskaniner alldeles i onödan. Vore det inte bättre att genast försöka tala om vari dessa vettiga lösningar består.

Det är bara det att då skulle man för det mesta finna att det egentligen är ganska meningslöst att både Andersson och Pettersson skall sikta på 10.000 kWh/år eftersom det inte kostar mer att bygga så att Andersson gör av med 11.000 kWh i ett enkelt skal samtidigt som Pettersson klarar sig på 8.000 kWh genom att i ett likadant skal plocka in en lämplig apparat. Boendekostnaden kommer att bli ungefär densamma för båda om man följer de principer som skisserats upp i denna utredning.

Vid dimensionering enligt ramprincipen riskerar man att många bra alternativ som hamnar utanför ramarna kommer att falla i glömska enbart på grund av att det en gång ansågs mera angeläget att Andersson och Pettersson hade lika stora energiräkningar än att deras årskostnader var så små som möjligt.

Att välja energibesparande åtgärder kan liknas med att välja skor. Skoköp brukar inledas med att man plockar fram ett antal par med passande skonummer. På samma sätt bör man i energisammanhang börja med att plocka fram ett antal åtgärder med samma c-nummer, dvs de skall vara dimensionerade för samma c-värde enligt ovan. Både när det gäller skor och energi bör valet sedan ske med utgångspunkt från kostnad och kvalitet på föreliggande alternativ och med hänsyn till att man behöver ett visst sortiment för att klara olika klimatiska påfrestningar. Däremot kan det knappast vara någon mening i att köpa skor för att prompt fylla en skogarderob vars storlek är förutbestämd oberoende av skonumret. Lika meningslöst förefaller att vara att förse en byggnad med energibesparande utrustning för att helt fylla en "tom ram" enligt ovan.

1.4 Godtagbara dimensioneringsförutsättningar

1.4.1 c-värdet

I normskissen presenteras endast ett värde på c. Det kan ses som en sorts kompromiss mellan den medelnivå som kan härledas ur SBN 80 och vad som beräknas med hjälp av 1.3.1 ur de senaste årens energiprisutveckling.

Det finns dock många andra faktorer att ta hänsyn till för att man skall kunna bestämma ett lämpligt c-värde, dvs vad man skall anse det vara värt idag att spara eller producera 1 kWh varje år under en byggnads eller apparats livstid.

Det är ett spörsmål som borde ägnas en noggrann studie eftersom c-värdet kan ses som det enda frågetecknet vi egentligen har när det gäller att hålla våra hus tillräckligt varma utan att bli alltför panka.

I denna utredning ingår dock ej att bestämma ett c-värde som kan rekommenderas för alla utan endast att visa hur ett sådant c-värde skulle kunna användas för att styra och effektivisera våra satsningar på värmeisolering och andra åtgärder som påverkar en byggnads inomhusklimat.

Själva siffervärdet på c- måste vara en fråga för myndigheter och politiker. Det bör påpekas att det är väsentligt att alla samhällsekonomiska aspekter man finner så att säga packas in i den grundläggande dimensioneringsförutsättning som c-värdet innebär. Alla försök att ta hänsyn till sådana aspekter på detaljnivå i projekteringen av energipåverkande åtgärder kommer att medföra ett sämre ekonomiskt utfall och mera pappersexercis.

Detta med c-värden är egentligen ingenting nytt eftersom det finns massor av sådana redan idag. Varje föreskrift som berör åtgärder som påverkar en byggnads energisituation innebär ju att man tagit ställning till frågan vad en sparad eller producerad kWh skall anses vara värd. Det går alltså alltid i princip att räkna ut ett c-värde ur varje kombination av föreskrift och lösning.

Det visar sig då att det idag blir mycket stor spridning mellan dessa c-värden. Detta innebär att pengar slösas bort alldeles i onödan eftersom en satsning på energipåverkande åtgärder inte kan bli riktigt effektiv om den inte till alla sina delar anpassats till ett och samma c-värde.

Detta är det första huvudmotivet till detta normalalternativ.

Det finns också anledning att misstänka att många av de c-värden man kan räkna ut enligt ovan blivit vad de blivit för att huvudsakligen andra omständigheter fått bli utslagsgivande eftersom det onekligen är svårt att sia om framtiden.

Nu förhåller det sig dock så att man i detta sammanhang alltid tar ställning till ett c-värde även om man struntar i det.

Men det måste väl rimligen vara på det sättet att man får ett bättre svar på en aldrig så svår fråga genom att försöka svara på själva frågan än genom att acceptera svaret på en annan som är lättare men mer eller mindre ovidkommande.

Det är alltså min övertygelse att våra myndigheter skulle åstadkomma en bättre styrning på våra energisatsningar genom att i princip servera en genomtänkt grundläggande dimensioneringsföretsättning än genom att sprida ut en hel massa slumpvärden genom olika detaljföreskrifter.

Detta är det andra huvudmotivet till detta normalalternativ.

Det kan dock finnas skäl för att ange mer än ett c-värde. Om kostnadsutvecklingen för olika uppvärmningsalternativ exempelvis bedöms bli väsentligt olika beaktas lämpligen detta med differensierande c-värden.

Det är naturligtvis också möjligt att anpassa c-värden efter olika ideologier och politiska värderingar, som därigenom skulle få en tydlighet man inte är van vid.

Eftersom varken någon med uppgift att styra eller någon som behöver bli styrd rimligen kan ha något emot att en satsning på något så okontroversiellt som att hålla ett hus varmt bli använd på bästa möjliga sätt, är det svårt att egentligen se något alternativ.

1.4.2 Q-värdet

Det ligger också utanför denna utredning att noggrant bestämma värdet av gradtimaltal som skall användas vid dimensionering av värmeisolering.

Eftersom det viktiga inte i första hand är att för alla delarna av en byggnads värmeisolering tillämpa det exakta värdet på Q utan samma värde, kan dock de uppskattningar som anges i fig.

1.4.2 duga för praktiska ändamål.

Nu är Q-värdet på en viss ort heller inte konstant utan beroende av en byggnads isoleringsnivå och värmekapacitet samt mängden gratisenergi, eftersom detta påverkar uppvärmningssäsongens längd. Detta beroende torde vara av väl så stor betydelse som själva storleken på Q när det gäller att agera riktigt i det intressanta samspelet mellan bygg- och VVS-åtgärder.

För närvarande föreligger så vitt bekant inga generella sifferuppgifter på hur detta beroende ser ut, men efter en tids tillämpning av de dimensioneringsprinciper denna utredning innehåller torde det vara möjligt att ställa upp och presentera enkla samband som gör detta beroende i allt väsentligt tillgängligt på ett mycket enkelt sätt.

Av definitionen på Q enligt 1.3.5 framgår direkt att 0-energihus inte kan vara någon särskilt intressant målsättning för våra energisträvanden. Om mängden betald energi som strömmar genom en vägg är mycket liten måste man ju med god förtjänst kunna ta bort en del av isoleringen och då avlägsnar man ju sig från ett 0-energimål genom en förnuftig åtgärd.

Av detta följer också att det inte kan vara riktigt att sikta på samma k-värden i bostadshus som i kontor. Bostadshuset behöver

kanske värmas upp åtta månader om året medan man i kontorshuset kan klara sig med två, även vid nästan dubbla k-värdet på väggar och tak. Då borde man också rimligen nöja sig med nästan dubbla k-värden i kontoret. Genom att anpassa klimatskalet bättre till mängden gratisenergi skulle stora besparingar kunna göras.

När det gäller energiproduktion är det så gott som alltid nödvändigt att direkt ytterligare reducera Q-värdet med hänsyn till uppvärmning från belysning, personer, sol och dylikt.

1.5 Godtagbara lösningar

Detta är ett centralt avsnitt i normförslaget eftersom det är det enda vardagsprojektören behöver titta på när det gäller värmeisolering.

Genom att direkt ur tabellen ta de alternativ som passar samman med byggnads läge i landet erhålls helt utan beräkningar en totallösning som ligger mycket nära den optimala.

Att detta måste vara positivt för byggherrar och projektörer är uppenbart.

Tabellen skulle också ge våra byggnadsnämnder tid att ägna sig åt betydelsefullare saker än att kontrollera meningslösa k-värdes additioner.

På våra brädgårdar skulle man vidare klara sig med lite mindre sortiment vilket borde kunna minska kostnaderna något.

Tabellen kan i princip göras hur detaljerad och omfattande som helst när det gäller byggdelar och även upprättas för andra temperaturförhållanden inomhus.

Det bör påpekas att tabellen enbart behandlar värmeisoleringsaspekten i de olika konstruktionerna. Alla andra funktionskrav och kostnader ligger utanför, men bedömningen av dessa underlättas naturligtvis av att i princip endast en variant av varje konstruktion behöver undersökas.

Om man med sin c . Q linje hamnar mitt på skiljelinjen mellan två rutor spelar det egentligen ingen roll vilket av alternativen man väljer. Den högra är ΔB kr dyrare men i gengäld förbrukas genom den lösning den representerar så mycket mindre energi att totala årskostnaden blir densamma så långt förhoppningsvis några av de klokaste ekonomer vi har inom landet eller Du själv kan bedöma.

Men det är ingen lätt sak att lämna pålitliga siffror på byggkostnader även om det bara är fråga om differenser i isoleringstjocklek. Rimligen borde detta ändå ske med större precision i en officiell tabell än med hjälp av de överslag och uppskattningar som normalt tillämpas idag.

Den första gången är allra svårast, delvis därför att marknaden inte anpassat sig till dimensioneringsreglernas villkor, som ju gynnar låg kostnad och god isoleringeffekt betydligt mera än de kriterier som allmänt tillämpas idag.

Härtill kommer lokala variationer i priser och lösningar, vilket medför att relativt stora skillnader mellan verklig och angiven kostnad kan uppstå. Detta får man beakta genom att tillämpa sambandet 1.3.3 och 1.3.4 i stället för tabellerna 1.5.1 och 1.5.2.

Det finns emellertid ingen anledning att vara alltför petig, vilket belyses av nedanstående sammanställning av beräkningsresultatet för 1 m^2 vägg med $\lambda = 0,05 \text{ W/m}^2\text{C}$,
 $Q = 100000 \text{ }^\circ\text{C h}$ och $c = 4 \text{ kr/kWh/år}$.

Rätlinjig kontinuerlig variation av byggkostnaden och försumbara övergångstillstånd förutsättes.

	A	B	C	D	E
Verkligt a-pris (kr/m ³)	500	500	500	400	400
Uppgivet a-pris (kr/m ³)	500	600	400	400	500
Isolertjocklek (m)	0,20	0,1826	0,2236	0,2236	0,20
k-värde W/m ² °C	0,25	0,2739	0,2236	0,2236	0,25
Byggkostnad kr/m ²	100	91,30	111,80	89,44	80
Nuvärde energikostn. kr/m ²	100	109,54	89,44	89,44	100
Totalkostnad kr/m²	200	200,84	201,24	178,88	180

Tabell 1.5.5

Av tabellen 1.5.5 kan man dra den slutsatsen att det är till fördel om både myndighet och enskild eftersträvar korrekta kostnader men att det inte betyder så mycket med en liten miss bara man konsekvent dimensionerar efter den metod som föreslås här. Vid försäljning skulle dock säljaren kunna tillskansa sig en oskälig vinst efter att ha angett för höga a-priser på isolermaterialet. Men detta kan lätt avhjälpas om det bestäms att en byggnads energistatus skall redovisas vid försäljningstillfället.

Man skulle då få veta att den aktuella kvadratmetern i byggnaden B är värd 9,54 kr mindre än motsvarande i byggnad A. Det blir då inte särskilt lockande att pressa byggkostnaden med 8,70 kr genom att uppge för högt a-pris på isoleringen.

I tabell 1.5.1 har byggnadskonstruktionen 3 har medtagits för att visa det olämpliga i att försöka förbättra en konstruktions k-värde genom att öka det minst effektiva isoleringsskiktet. Överhoppade standardvärden för isoleringstjocklekar innebär att de befunnits ointressanta att satsa på ur ekonomisk synpunkt. I dagens konstruktionspraxis är dessa värden tyvärr vanligt förekommande.

Med tiden torde det också bli möjligt att på något sätt plocka med vissa VVS-åtgärder i tabell i samma typ som 1.5.1 men idag är detta knappast möjligt eftersom lönsamheten för dessa i hög grad beror på samspelet med hela byggnaden i övrigt och åtminstone inte ännu kan sammanfattas så enkelt som för isoleringsfrågor.

Men det är däremot till odiskutabel fördel att även VVS-åtgärder dimensioneras efter samma c-värde som tillhörande byggdelar, dock först sedan detta korrigerats med hänsyn till skillnader i livslängd och underhållskostnader. Principen att det bästa ekonomiska utfallet erhålles då alla åtgärder anpassas till samma energikostnadsutveckling gäller oberoende av åtgärdstyp.

För närvarande kan en tabell av aktuell typ inte utan vidare användas som enda hjälpmedel vid dimensionering av värmeisolering i en byggnads klimatskal, eftersom man ännu måste kontrollera att ett visst medel-k-värde innehålles om man anser sig bunden till allt som står i SBN 80.

Men sedan man förvissat sig om att detta k-värdeskrav klaras är man i varje fall oförhindrad att se till att klimatskalet till alla sina delar är dimensionerat efter samma c-värde.

För detta ändamål är en tabell av aktuell typ värdefull även i dag eftersom man mycket enkelt finner vilka omfördelningar som skall ske för att klimatskalet skall bli så optimalt som möjligt. Man behöver bara se till att valda lösningar i möjligaste mån ligger rakt under varandra i tabellen.

2 Köldbryggor

De områden i en byggnads klimatskal där man så att säga kan köpa energi i förskott på de mest fördelaktiga villkoren och dessutom förbättra förutsättningarna för inomhusklimatet mest effektivt är där köldbryggor förekommer.

Att detta förhållande är så lite uppmärksammat torde till stor del bero på att det är eller åtminstone har varit komplicerat att räkna ut vad köldbryggor betyder.

Men egentligen är det inte i första hand en fråga om att kunna räkna rätt med många decimaler. Genom att utforma infästningsanordningar för kalla byggnadsdelar efter principen att ett ordentligt isoleringsskikt skall placeras in överallt där man inte måste ha något annat, har man kommit ett gott stycke på väg.

Om man dessutom satsar på höghållfasta infästningsdon som man befriar från belastningsväxlingar på grund av varierande temperatur och krympning, har man troligen åstadkommit en lösning som är bra ur energisynpunkt.

Men beräkningar kan ändå vara av intresse därför att varje beräkningsresultat kan direkt eller som jämförelse användas flera gånger.

Riktigaste resultatet kan påräknas om beräkningarna genomförs med dator genom finit elementindelning av en beräkningsmodell som stämmer väl överens med aktuellt fall värmeströmmingsmässigt. Det finns också handräkningsmetoder för speciella fall t.ex. infästning av plåt.

I de flesta fall kan man emellertid använda den metod som presenteras i avsnitt 2. Visserligen synes enstaka resultat som erhålles med hjälp av metoden ifråga kunna avvika från korrekt värde med upp mot 20 % men inverkan av förändrad isoleringstjocklek erhålles normalt med mer än tillräcklig noggrannhet för de allra flesta praktiska ändamål.

Men metoden är inte fulländad utan kan nog göras mera noggrann utan att bli krångligare. Jämförelser med datorberäkningar torde kunna ge tips i den riktningen.

3 STATLIGA LÅN

3.1 Energilån

Eftersom denna utredning går ut på att påvisa fördelarna med att samtidigt beakta olika materialkostnader och tekniska egenskaper på ett matematiskt riktigt sätt när det gäller att värmeisolera

byggnader, faller det sig naturligt att presentera passande villkor för statliga lån i omedelbar anslutning till dimensioneringsreglerna.

Det finns säkert mycket i dagens lånebestämmelser som både kan och bör överföras till en sådan ny version men det är ändå så att den skiss som visas här i princip klarar vilket hus som helst.

Sambandet 3.1 kan kanske verka lite avskräckande men det är inte alls så krångligt som det ser ut.

Det allra vanligaste skulle säkert bli att den byggande inte har någon bestämd egen uppfattning om den framtida energiprisutvecklingen, vilket innebär att k -värdet genomgående blir k_1 , varvid den andra termen försvinner.

Energilånets storlek bestäms då bara av produkten av gradtusen-timtalet Q och primär bruksarea A_p eller något annat kanske mer nyanserat mått på byggnadens nytta.

Det näst vanligaste alternativet torde bli att man har en egen uppfattning om energiprisutvecklingen som man är beredd att ta konsekvenserna av men att beprövade bygglösningar duger. Då har man att avläsa konsekvenserna i tabell 1.5.1 lämpligen i en utvidgad version och genomföra ett antal multiplikationer.

Den som vill testa något helt nytt måste räkna igenom några varianter med hjälp av sambanden 1.3.3, 1.3.4 och 3.1. Hittar han härvid något som ser bättre ut än vad som finns i tabell 1.5.1 eller 1.5.2 har han nog gjort både sig själv och byggtekniken en tjänst.

Det bör erkännas att det egentligen finns med en koefficient i sambandet 3.1. Termen $A_p \times Q$ skall nämligen multipliceras med en storhet som har sorten $(\frac{1000 \text{ kr}}{C^0 \cdot h \cdot m^2})$. Siffervärdet på denna har här valts till 1, vilket ger en "naturlig" storlek på energilånedelen i det att man får låna för ungefär hela isoleringseffekten multiplicerat med c -värdet.

Storleken på denna koefficient kan dock förändras väsentligt utan att styrförmågan i sambandet 3.1 försämras nämnvärt.

Lånesambandet 3.1 innebär att staten lånar ut pengar till alla energibesparande åtgärder i förtjänta byggnader efter deras värde som energibesparande enhet vid den energikostnadsprognos som c -värdet motsvarar.

Att koefficienten c_1 ingår i lånesambandet har till följd att samhället alltid får tillbaka sina pengar på sina villkor.

Att värdet k_v ingår medför att den som har en egen uppfattning om energiprisutvecklingen må pröva den, varvid han kommer att vinna något om han har mera rätt än staten, annars förlorar han.

Man kan urskilja två huvudprinciper när det gäller återbetalning av ett energilån av skisserad typ.

Man kan för det första som föreslås i normalalternativet stå fast vid de villkor som gällde då lånet gavs. Detta leder till förlust eller vinst på grund av skillnad mellan verklighet och prognos tillfaller låntagaren.

Man kan också anpassa återbetalningsvillkoren till energiprisets variationer så att en del av förlusten eller vinsten tillfaller samhället.

Vilket man väljer kan ses som en smakfråga. Det viktiga är att den delbara kakan blir större än nu.

Hur skall man nu finansiera andra typer av åtgärder som påverkar en byggnads energisituation? Svaret måste vara - på precis samma sätt, dvs en kilowattimme skall anses vara lika mycket värd vare sig den naturligt förknippas med en byggnadsdel eller en VVS-apparat.

Att sedan bilden av de tekniska och ekonomiska konsekvenserna oftast inte är lika enkel för VVS-åtgärder och täthetsfrågor som för värmeisolering, får inte utgöra något hinder för denna princip.

Någon uppfattning om hur saker och ting fungerar och vad de kostar måste man väl ändå ha och den enda typ av energipåverkande åtgärder som utan nackdel kan lämnas utanför är sådana som innehåller väsentliga punkter man varken vet eller tror något om.

Bara det att ha tagit ställning till de storheter som har betydelse för det ekonomiska utfallet och satt dem på pränt kommer att vara värt mycket vid nästa beslutstillfälle även om inga speciella uppföljningsåtgärder vidtagits.

Så här bör man alltså göra vid dimensionering av åtgärder som påverkar en byggnads energisituation för att få bästa möjliga utbyte av sin satsning.

Man bestämmer sig först vad det idag skall anses vara värt att i förskott köpa en kWh för varje år framåt under en byggnads eller en apparats livstid = c-värde. För detta beslut borde alltså rekommendationer eller direktiv lämnas av någon myndighet som utrett frågan bl.a. med hänsyn till samhällets övriga behov.

Därefter dimensioneras varje åtgärd enligt detta beslut, dvs man väljer genomgående den tjocklek eller storlek som ger fördelaktigaste värde på summan av investering och nuvärde av reparationer, underhåll och energikostnad, dvs

$$B + ND + c \cdot Q \cdot E_f / \eta_f = \text{Min} \quad \text{eller} \quad 3.1.2$$

$$c \cdot Q \cdot E_p \cdot \eta_p - B - ND = \text{Max} \quad 3.1.3$$

där

- B = Byggkostnad (kr)
- ND = Nuvärde av reparationer och underhåll (kr)
- E_f resp. E_p = Förlorad eller producerad Energimängd kWh/år
- η_f resp. η_p = verkningsgrader.

Det kan bli fråga om ganska besvärliga räkneoperationer i den meningen att vissa åtgärder kan vara beroende av varandra. Siffervärdena på vissa parametrar kan vidare vara behäftade med stora osäkerhetsmoment, även om man så att säga befriat sig från det mest betydelsefulla i och med att man bestämt sig för att betrakta c-värdet som en känd konstant.

Men det är viktigt att inte falla för frestelsen att hoppa över beräkningarna helt för att något led verkar tveksamt. Där inga pålitliga siffror står att finna så gissa men var konsekvent och glöm inte sunt förnuft och enkla naturlagar.

Resultatet blir förmodligen inte helt korrekt men genom att fullfölja beräkningen beaktas i alla fall vad man vet och genom att vara konsekvent i vad man tror dämpas följderna av kunskapsluckor i hög grad.

Om det är fråga om en enda åtgärd av experimentkaraktär kan man visserligen nå lika bra resultat genom att på känn välja en slutprodukt som genom att räkna sig fram, men så fort det är fråga om flera åtgärder av vilket slag som helst har den rena intuitionen ingen chans mot ovanstående beräkningsmodell.

Det kan rekommenderas att man börjar energidimensioneringen med klimatskalet eller bättre med flera alternativa klimatskal. Detta kan ske utan att man stöter på några obekanta områden och i stort sett oberoende av övriga åtgärder.

I vart och ett av dessa alternativa klimatskal sättes därefter in sådana apparater som oundgängligen behövs för att klara ställda krav på inomhusklimatet.

Därefter torde det vara lämpligt att undersöka om det finns några ekonomiska vinster att hämta i förändringar av kompletterande eller konkurrerande system genom att variera dessa två och två, medan de övriga är låsta. Det ekonomiska utfallet av sådana förändringar skall konsekvent bedömas med utgångspunkt från det c-värde som klimatskalen dimensioneras för. Man bör vara speciellt uppmärksam på de språngvisa kostnader som uppstår genom att en installationsdel helt kan tas bort eller måste tillkomma.

I ett tredje steg undersöks om det kan vara till fördel att komplettera med apparater som egentligen inte behövs för att klara klimatkraven. Det ekonomiska utfallet av sådana installationer bedöms även med utgångspunkt från samma c-värde, varvid man inte får glömma att ta hänsyn till hur övriga system påverkas.

Efter denna procedur har man funnit marknadens bästa hus så när som på ..

att man nog inte haft möjlighet att testa de allra bästa möjligheterna i alla punkter. Så kommer det alltid att vara men med ökad kännedom om vilka kombinationer som brukar vinna kan man förvänta sig att konsekvenserna av denna miss kommer att minska allt mer.

att kalkylerna innehåller en del dåligt underbyggda värden. Men i och med att dessa värden kommer att efterfrågas alltmer kommer kunskapen om dem att ökas.

att beräkningarna bygger på en energikostnadsprognos som kan visa sig vara ganska felaktig.

Men eftersom det totala ekonomiska utfallet av energisatsningar i byggsammanhang kan karaktäriseras av sambandet

$$u = \sqrt{\frac{\text{Verklighet}}{\text{prognos}}} + \sqrt{\frac{\text{prognos}}{\text{Verklighet}}} \quad 3.1.4$$

finner man att även en ganska felaktig prognos är mycket bättre än ingen prognos alls.

Vid en hundra procentig miss blir sålunda det totala utfallet bara 6 % sämre än vid en fullträff och detta är mycket mindre av vad vi kan missa genom att inte styra våra energisatsningar eller styra dem på annat sätt.

I en byggnad där inte en typ av isolering dominerar starkt är det exempelvis fördelaktigare att genom detta normalalternativ rätta sig efter en energikostnadsprognos som är dubbelt för hög eller hälften för låg än att strikt följa SBN:s principer anpassade efter en helt korrekt energikostnadsutveckling.

Men det finns ingenting som talar för att man skulle råka gissa mer rätt om man håller fast vid SBN - snarare tvärt om.

Speciellt när det gäller energibesparande åtgärder i befintlig bebyggelse kan det ligga nära till hands att optimera åtgärder efter principen att kvoten mellan satsat kapital och sparad energikostnad skall vara så liten som möjligt.

Detta är inte någon bra princip. Den är väl inte lika uppenbart misslyckad som att köpa skor för att få så högt skonummer som möjligt per satsad krona, men någonting ditåt. I varje fall har principen ingen chans jämfört med c-värdesmetoden, då flera åtgärder finns med i bilden vilket illustreras av nedanstående ex.

Antag att två kvadratmeter vägg med k-värdet $1,0 \text{ W/m}^2\text{C}$ skall tilläggsisoleras. Den ena av dessa m^2 förbättras med en åtgärd som kan karaktäriseras av sambandet

$$B_1 = 225 + 625 d_1 \text{ kr/m}^2$$

$$m_1 = 1,0 + 25 d_1 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

För den andra gäller

$$B_2 = 625 + 625 d_2 \text{ kr/m}^2$$

$$m_2 = 1,0 + 25 d_2 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

där B = Byggekostnad (kr)

d = isolertjocklek (m)

m = väggens värmemotstånd efter åtgärdens genomförande ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

Om man nu vill optimera var och en av dessa åtgärder så att kvoten mellan satsat kapital och sparad energi skall vara så liten som möjligt erhålles

$$d_1 = \sqrt{\frac{A \cdot \lambda}{P \cdot k_0}} = \sqrt{\frac{225 \cdot 0,04}{625 \cdot 1,0}}$$

$$= 0,12 \text{ m}$$

och $d_2 = 0,20 \text{ m}$

Av detta följer att man för 1.050 kr sparar Q ($0,7143 + 0,8333$)
 $= 1.548 Q \text{ kWh/år}$.

Om man i stället tillämpar c-värdesmetoden, som innebär att man väljer samma marginalenergikostnad för båda åtgärderna, erhålles $d_1 = d_2 = 0,16 \text{ m}$, vilket medför att man för 1.050 kr sparar $1.600 Q \text{ kWh/år}$.

Detta motsvarar ett c-värde på $6,25 \text{ kr/kWh/år}$, då $Q = 100 \cdot 10^3$ gradtimmar/år, vilket talar för att man borde gå ned med isoleringstjockleken. Ett mera realistiskt värde kan vara $c = 4 \text{ kr/kWh/år}$.

$$d_1 = d_2 = \sqrt{\frac{100 \cdot 0,04 \cdot 4}{625} - 1,0 \cdot 0,04} = 0,12 \text{ m}$$

Detta kan synas vara ett steg i fel riktning eftersom vi nu får $0,150 \text{ kWh/år}$ för varje satsad krona mot $0,152 \text{ kWh/år}$ vid isoleringstjockleken $0,16 \text{ m}$. Men så är det inte så länge $c = 4 \text{ kr/kWh/år}$ ger gott utrymme för andra energibesparande åtgärder i samhället.

Det kan förefalla vara ett magert utbyte av energibesparings-satsning att bara få $0,15 \text{ kWh}$ årligen för varje satsad krona. Men eftersom tilläggsisolering endast bör genomföras när ett reparationsbehov av fasaden föreligger är energibesparingen dock inte den enda nytta man vunnit. Det totala ekonomiska utfallet kan vara svårt att utvärdera men oavsett detta bör den värmeisoleringsstekniska delen av åtgärden i fråga behandlas som övriga energibesparande åtgärder, dvs med c-värdesmetoden.

3.2 Övriga statliga lån

Men nu skall en byggnad klara många andra funktionskrav än att vara en anordning genom vilken man kan hålla ett behagligt inomhusklimat inom en viss volym och på fördelaktiga villkor i förskott köper energi för lång tid framåt.

Det är också möjligt att utforma lånevillkor så att medel som ställs till förfogande för att klara av dessa andra krav, blir mer effektivt utnyttjade.

Möjligheterna är dock begränsade eftersom dessa andra krav till stor del är av annan karaktär än värmeisoleringskravet i den meningen att det ofta är fråga om gränsvärden som är tämligen väl motiverade ur fysikalisk eller fysiologisk synpunkt. En vanlig situation är att ett underskridande av detta gränsvärde allmänt bedöms medföra en väsentlig försämring av byggnaden medan ett överskridande otvivelaktigt gör byggnaden mera värdefull. Det finns däremot knappast något fall där ett underskridande är helt oacceptabelt samtidigt som ett överskridande är helt värdelöst. Ändå behandlas de flesta normkrav ur lånesynpunkt så som de vore beskaffade på detta sätt.

Man kan också uppdelat de krav som ställs på byggnader i sådana som man allmänt anser skall vara uppfyllda i alla byggnader av aktuell typ och i sådana som kan ifrågasättas emellanåt, även om de ofta kan vara befogade. Idag gäller i stort sett regeln krav som krav.

Dessa brister på nyanser har lett till många mindre lyckade beslut i byggsammanhang, mycket beroende på att det gällt att pressa in allt nödvändigt under ett pressat och alltför horisontellt kostnadstak.

Genom att mjuka upp kravgränserna och avstå från att kalla allt nyttigt för nödvändigt samt att uppmuntra ett bättre tillvaratagande av olika byggnadskonstruktioners möjligheter, borde situationen kunna förbättras väsentligt.

Detta skulle kunna ske efter följande riktlinjer.

Ett mått på byggnadens nytta beräknas efter en schablon. Den skall innehålla endast sådana poster som allmänt anses vara till nytta i alla hus av aktuell typ. Schablonen skall också innehålla uppgifter om värdet av överkvaliteter och underkvaliteter ur samhällsekonomisk synpunkt. Om det exempelvis kan anses vara värt 1 kr/m² att kunna utnyttja en byggnad för flera ändamål genom att bjälklagens bärförmåga ökas, borde en sådan ökning genomföras där denna nytta kan åstadkommas för 50 öre medan man bör avstå där det behövs 5 kr för motsvarande effekt.

Ett bottenlån proportionellt mot storleken på denna nytta ställs därefter till förfogande på fördelaktiga villkor av staten. Storleken av detta lån bör inte vara så stor att det rimligen skall vara möjligt att täcka hela kostnaderna för ett hus som uppfyller kraven. Återbetalningsvillkoren kan i gengäld vara något fördelaktigare än vid nuvarande statliga lån.

Ovanpå detta bottenlån lägges sedan ett sekundärlån enligt de principer som skisserats under punkt 3.

För denna lånedel passar av allt att döma en återbetalningsränta som är klart lägre än marknadsräntan men klart högre än räntan för bottenlånedelen.

Till dessa lån lägges sedan ett tertiärlån upp till verklig byggkostnad. Betalningsvillkoren för detta bör vara så pass ofördelaktiga att det blir intressant att hålla nere byggkostnaderna men ej så dåliga att man alltid helt avstår från att göra något lite extra av byggnaden ifråga. Vid tillräckligt hårda villkor bleknar även motivet att från myndighetshåll bevaka den totala byggkostnaden och samhället kan därmed koncentrera sina behov av ekonomisk styrning till bottenlånedelen. Detta kan göras enkelt och smidigt eftersom det är fråga om att definiera ett mål utan att i detalj lägga sig vilka medel som användes.

Genom denna lånekonstruktion torde man rimligen kunna få både bättre och billigare hus eftersom den uppmuntrar ett effektivare utnyttjande av valda byggnadsmaterials möjligheter och medger en närmare anpassning till lokala förutsättningar.

I det sammanhanget intar värmeisolering en särställning i den meningen att den kan dimensioneras efter principen största möjliga nytta per investerad krona utan att man kommer i konflikt med något annat funktionskrav eller behöver beträda något obekant fält.

Övriga åtgärder som berör en byggnads energibalans kan vara betydligt svårare att hantera men genom att respektera principen att priset på våra framtida kilowattimmar rimligen kommer att förbli oberoende av respektive kilowattimmes vägval ut till kråkorna har vi kommit en bra bit på väg.

När det gäller dimensionering av energibesparande åtgärder i byggnader är denna självklarhet nästan lika värdefull som hela sanningen om det framtida energipriset, så varför inte sätta igång och använda den.

```

  xx      x
x  x  x  xxx
      x x x  x
      x x x
      x x x
xxxxxxx
xxxxxxxxx
xxxxxxxxx
xxxxxxxxx
xxxxxxx
xxxxxxx
xxxxxxx
xxxxx
xxx
x

```

LAGOM STOR. RÄTTVÄND MOROT.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810776-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Arne Johnson Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

R28: 1984

ISBN 91-540-4087-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704028

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms