



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.



## Värmeisoleringsekonomi II

Jan Sjölund

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 81-0341

Plac

*ser*

*R  
AD.*

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation  
Hälsingegatan 49  
113 31 Stockholm, Sweden  
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggforskningsrådet

*ser*

R18:1981

VÄRMEISOLERINGSEKONOMI II

Jan Sjölund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791736-8 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnsson Ingen-  
jörbyrå AB, Stockholm.

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

R18:1981

ISBN 91-540-3443-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

## INNEHALL

1.	SAMMANFATTNING	4
2.	INLEDNING	7
3.	REGLER FÖR DIMENSIONERING AV ISOLERINGSTJOCKLEK	9
4.	REGLER FÖR STATLIGA LAN	11
4.1	Bestämning av storlek och åter- betalningsvillkor för statliga lån	11
4.2	Den enskildes valfrihet	16
4.3	Automatiska kontrollmekanismer	18
4.4	Energilånets storlek	21
4.5	Praktiska konsekvenser	23
4.6	Sekundära effekter av förbättrad värmeisolering	25
5.	DAGENS LÄGE	29
6.	TYPHUS	30
6.1	Uppbyggnad	30
6.2	Dimensioneringsförutsättningar	31
6.3	Beräkningsresultat	32
6.4	Beräkning av kostnader, värme- förluster och nuvarande låne- korrektioner vid olika handlings- linjer	38
6.5	Kommentarer till beräkningsresultat	40
6.6	Inverkan av olika energikostnads- utvecklingar	42
6.7	Kommentarer	46
6.8	Värme kapacitet, täthet m.m.	48
7.	TILLAGGISOLERING	50
8.	SEKTIONSKOSTNADER FÖR BYGGDELAR	52

## 1. SAMMANFATTNING

De flesta anordningar vi idag åstadkommer för att göra oss mindre beroende av olja belastas av problem som gäller stora initialkostnader, funktionssäkerhet, livslängd, driftskostnader och miljöpåverkan.

Det finns dock ett område för energibesparande åtgärder som är helt befriat från dessa problem men ändå inte alls utnyttjat i den grad det förtjänar.

Detta område är värmeisolering av byggnader i nyproduktion som idag styrs av våra byggnormer SBN 75 och våra lånebestämmelser BOFS 1980:8 tyvärr mot ett ineffektivt och otillräckligt utnyttjande.

I denna utredning visas att man genom att dimensionera värmeisoleringen efter ett samband som innebär: "Isolera till dess att en ökning av byggkostnaden med c kr ger en energibesparing av 1 kWh", kan sparas betydande belopp samtidigt som behandlingen av värmeisoleringsproblematiken förenklas för alla inblandade parter.

För en byggnad som kan anses representera ett sorts medelvärde av vad som byggs i Sverige idag kan man sålunda spara 28 % energi utan ökade byggkostnader jämfört med strikt tillämpning av SBN 75.

Om man utnyttjar våra lånebestämmelser till det yttersta vad gäller uppmuntran av värmeisolering blir situationen något bättre men fortfarande återstår 16,5 % energi att spara med oförändrad byggkostnad jämfört med ovanstående princip.

Det visar sig också att man i ovanstående fall avbrutit isoleringen redan när varje kWh kostat 2,87 resp. 2,17 kr vilket måste anses vara alldeles för tidigt i dagsläget. Därför har konsekvenserna av ett c-värde på 5,50 kr/kWh undersökts varvid det framkommit att 47 % av energiförlusterna genom klimatskalet sparats i förhållande till en strikt SBN tolkning mot att byggkostnaden för detsamma ökat med ca 8 %.

Den förändring för hanteringen av värmeisoleringsfrågan som härmed föreslås kan med fördel ses i två steg. Det första av dessa består i att man övergår till ovanstående dimensioneringsregel och därvid t.ex. söker det c-värde som ger oförändrade byggkostnader. Effekten av detta blir för varje byggnad en garanterad minskning av energiförlusterna jämfört med något annat sätt att dimensionera. I regel blir dock inte energibesparingen så stor som 28 % eftersom man normalt på känn isolerar bättre än SBN:s minimikrav. Vid detta steg finns inget motiv för lånemyndigheterna att träda in och vinsten skulle därmed helt tillfalla den som bygger.

Det är emellertid av stort intresse att gå vidare eftersom dagens energipris antyder ett c-värde i storleksordningen 5-6 kr/kWh. Men detta medför att byggnadskostnaden ökar. För detta ändamål bör statlig myndighet för varje förtjänt byggnad ställa följande energilån till förfogande.



$$L + \Sigma A (\overline{P \cdot Q \cdot \lambda \cdot c} - k \cdot Q \cdot c) \text{ kr} \quad (3)$$

där  $L$  = byggnadens bruksarea multiplicerad med lämplig koefficient (kr)

$A$  = aktuell byggnadsdels area ( $\text{m}^2$ )

$P$  = isoleringsmaterialets verkliga kostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3$ )

$Q$  = gradtimantal i tusental ( $10^{-3} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ )

$\lambda$  = isoleringsmaterialets värmeisoleringsförmåga ( $\text{W}/\text{m}^0\text{C}$ )

$c$  = dimensioneringskoefficient ( $\text{kr}/\text{kWh}$ )

$k$  = byggnadsdelens  $k$ -värde ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

I normala fall blir parentesen = 0.

Vid lämplig anpassning mellan lånets återbetalning och energipris-utvecklingen nås härmed följande läge.

Husägaren, hyresgästen eller vem det nu blir minskar sin redan minskade oljeräkning med ett visst belopp och betalar därmed sitt energilån.

Samhället skaffar sig genom att investera  $n \times c$  kr en "energi-besparingsapparat" som utan några som helst följdkostnader eller andra olägenheter under 60-100 år varje år kommer att lämna en avkastning som motsvarar aktuellt pris för  $n$  kWh.

Bedömningen av  $c$ -värdet bör ske med hänsyn till kostnader, livslängd, miljöpåverkan och osäkerhetsmoment för alternativa åtgärder för att spara eller producera energi.

Dessutom bör beaktas att ovanstående enkla regler är helt generella och kommer att eliminera den onödiga sifferexercis som idag förekommer i värmeisoleringssammanhang. Det summatecken och det rottecken som förekommer i ovanstående uttryck är avsedda enbart för att automatiskt ge plats och kostnadstäckning för nya förbättrade konstruktioner.

I övriga fall kommer handläggningen att bestå i att alla inblandade parter direkt avläser erforderliga slutresultat från en liten katalog på ett par A4 sidor.

Mer behövs inte för att man i byggnader under nyproduktion skall kunna minska mängden onödigt bortslösad värmeledningsenergi från upp till 30 % till under 2 %.

Även för tilläggsisoleringsåtgärder finns motsvarande låneregler. Sälunda täcks byggnadskostnaden för varje ekonomiskt sund tilläggsisoleringsåtgärd av beloppet

$$\sqrt{P \cdot Q \cdot \lambda \cdot c} \left( \frac{k_0}{k_1} - 1 \right) \text{ kr}/\text{m}^2 \quad (14)$$

där  $k_0$  är k-värdet för aktuell byggnadsdel före tilläggsisoleringen och  $k_1$  är k-värdet efteråt varvid förutsätts att detta valts optimalt d.v.s.

$$k_1 = \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} \quad (\text{W/m}^2\text{C})$$

Att åtgärden är ekonomiskt sund innebär här att byggkostnaden kan återbetalas genom ett årligt belopp som motsvarar värdet av minskad energiförbrukning efter de villkor som staten lagt i konstanten  $c$ . Belopp enligt samband (14) borde därför kunna ställas till förfogande av statlig myndighet för att återbetalas enligt samma villkor som sambandet (3).

Förbättrad värmeisolering av våra nya byggnader torde i sak vara en av de säkraste och minst kontroversiella energibesparande metoder vi har att tillgå och det finns ingen anledning varför vi inte skulle utnyttja den i full utsträckning. Vår totala energisituation är väl inte helt löst därmed men det skulle vara ett rejält steg i alldeles rätt riktning.



## 2. INLEDNING

Idag dimensioneras värmeisoleringar i våra byggnader efter en lista med k-värden som presenteras i våra byggnormer SBN 1975.

Detta presentationssätt passar en situation där ett gott inomhusklimat är huvudproblemet vilket var fallet när de ursprungliga listorna en gång konstruerades.

Men idag är värmeisolering av byggnader så gott som uteslutande ett ekonomiskt problem, d.v.s. vi bör av ekonomiska skäl isolera betydligt mera än vad som egentligen krävs för att vi skall kunna åstadkomma ett gott inomhusklimat. Det är då nödvändigt att ställa värmeisoleringskrav genom samband där isoleringsmaterialens kostnader och isoleringseffekt beaktas annars riskerar man att satsningen på värmeisoleringen får en långt sämre effekt än den borde få.

Denna risk ökas ytterligare av att många av de mest kritiska delarna av ett klimatskal t.ex. bjälklagskanter och sockellösningar ej på ett rimligt enkelt sätt blir åtkomliga med en k-värdeslista vilket lett till att de negligerats i normsammanhang.

Eftersom våra bestämmelser för statliga lån är knutna till SBN 1975 är även möjligheterna att minska denna risk med hjälp av ekonomisk styrning starkt begränsade och dessutom dåligt utnyttjade.

Den omfattande sifferexercis som idag förekommer i isolerings-sammanhang handlar således i regel om något helt annat än att försöka spara så mycket energi som möjligt för den summa man satsar.

Det är snarast fråga om fåfänga försök att få den gamla lösningen - k-värdeslistan, att passa ihop med det nya problemet - de höga energipriserna.

Detta är olyckligt, dels därför att vi inte sparar den energimängd vi borde för de kostnader som läggs ned på isolering och dels därför att de direkta lösningarna till detta nya problem är mycket enklare att hantera för alla inblandade parter.

Lösningen till dagens värmeisoleringsdimensioneringsproblem består helt enkelt i att man bestämmer sig för vad man skall anse en sparad kilowattimme under 60-100 år vara värd vilket direkt leder till att varje satsad krona på värmeisolering blir optimalt utnyttjad. Ett sådant beslut leder också till att lönsamheten för varje annan energibesparande åtgärd kan rangordnas med god noggrannhet.

Det måste också vara angeläget att statliga lån ställs till förfogande på sådana villkor att det aldrig kan bli ekonomiskt fördelaktigt att göra en energiekonomisk försämring av en byggnads klimatskal. Det visar sig också att detta kan åstadkommas med stöd av ovanstående dimensionerings samband genom att låntagaren i princip byter ut en del av sin oljeräkning mot en lika stor faktura för återbetalning av ett lån till staten som med tiden får god förräntning på pengarna i fråga.

Till saken hör också att ovanstående samband är helt generella och enklare att använda för varje inblandad part än vad som tillämpas idag.

I denna utredning presenteras och motiveras det dimensionerings-samband och det lånesamband för statliga lån som borde styra våra satsningar på värmeisolering. Vidare beräknas det ekonomiska utfallet av dessa samband jämfört med dagens läge tillämpat på en byggnad som skulle kunna utgöra ett sorts medelvärde av vad som byggs i landet idag.

### 3. REGLER FÖR DIMENSIONERING AV ISOLERINGSTJOCKLEK

I denna utredning bedöms det vara eftersträfvansvärt att summan av byggkostnad och kostnad för den framtida energiförlusten för en värmeisolerande byggnadsdel blir så liten som möjligt.

Byggkostnaden för olika byggnadsdelar varierar inom vida gränser beroende bl.a. på funktionskrav samt val av material och metoder.

I detta sammanhang är det praktiskt att särskilja kravet på värmeisolerering från övriga krav. Det visar sig då att man för flertalet byggnadskonstruktioner med god approximation kan uttrycka byggkostnaden med följande samband.

$$BK = A + d \cdot P \text{ (kr/m}^2\text{)} \quad (1)$$

där BK = byggkostnaden (kr/m<sup>2</sup>)

d = tjockleken på det skikt man är beredd att variera för att förändra konstruktionens värmeisolerering (m)

P = kostnaden för detta skikt med hänsyn till allt vad det innehåller och påverkar (kr/m<sup>3</sup>). Om exempelvis en konstruktion totalt blir 5 kr/m<sup>2</sup> dyrare av att d ökas med 1 cm blir P = 500 kr/m<sup>3</sup>.

A = kostnaden för väggen i övrigt (kr/m<sup>2</sup>).

Det visar sig i regel också att den aktuella konstruktionens värmemotstånd med god noggrannhet kan uttryckas med sambandet

$$m = m_0 + d \cdot \frac{1}{\lambda} \text{ (m}^2\text{°C/W)} \quad (2)$$

där m<sub>0</sub> = värmemotståndet för konstruktion exkl. skiktet d (m<sup>2</sup>°C/W).

λ = värmeisoleringsförmågan för skiktet d med hänsyn till de köldbryggor som eventuellt förekommer (W/m<sup>0</sup>C).

I praktiken är det endast vissa mått på d som är intressanta. Vid en del av dessa d-värden inträffar dessutom speciella språng i BK och m beroende på konstruktiva komplikationer.

Vid ett enstaka praktikfall är det väsentligt att ta hänsyn till detta men om man såsom här är fallet vill studera en byggnad som skall kunna ses som ett sorts medelvärde av vad som byggs i landet i dag är det mera meningsfullt att förutsätta att BK och m varierar kontinuerligt inom ett stort intervall.

Det blir då nämligen möjligt att med stor skärpa avläsa konsekvenserna av olika sätt att dimensionera värmeisolereringen.

Man får därigenom också indikationer på var det är mest angeläget att ompröva dagens praxis att isolera.

Med de förutsättningar som sålunda gäller enligt (1) och (2) erhålles följande optimalvärden för värmemotstånd ( $m$ ), nuvärde ( $N$ ) resp. isoleringstjocklek ( $d$ ).

$$m_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{Q \cdot c}{P \cdot \lambda}} \quad (m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}) \quad (3)$$

$$N_{\text{opt}} = BK + c \cdot \frac{Q}{m_{\text{opt}}} \quad (\text{kr/m}^2) \quad (4)$$

$$d_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda \cdot c}{P}} - m_0 \cdot \lambda \quad (\text{m}) \quad (5)$$

där  $Q$  = gradtimantal

$$c = \frac{E_0 (1 - e^{-(r-f)T})}{r - f} \quad (\frac{\text{kr}}{\text{Wh}}) \quad (6)$$

$E_0$  = effektivvärdet av dagens energipris (kr/Wh)

$r$  = 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)

$N$  = byggkostnad plus nuvärdet av kostnader för energiförlusterna genom aktuell byggnadsdel.

För  $r-f = 0$  blir

$$c = E_0 \cdot T \quad (7)$$

En byggnad där varje energibesparande åtgärd dimensioneras enligt ovan kommer att ge absolut lägsta summan av kostnad för energiförluster och byggkostnad då  $c$  och  $P$  är rätt antagna. Antas ett värde på  $c = c_a$  som visar sig vara felaktigt blir summakostnaden något större men fortfarande gäller att den satsning som gjorts på värmeisolering är fördelad på bästa möjliga sätt.

Man har med andra ord missat vad gäller den totala satsningens storlek beroende på en oriktig prognos om framtiden men fördelningen på olika byggnadsdelar är ändå alltid sådan att varje förflyttning av isolering från ett ställe till ett annat skulle försämrast kostnadsbilden.

#### 4. REGLER FÖR STATLIGT LAN

##### 4.1 Bestämning av storlek och återbetalningsvillkor för statliga lån

Det grundläggande motivet för att låna pengar till värmeisolering av lämplig omfattning är i dag egentligen detsamma som vid all annan låneverksamhet.

Den som vill låna anser sig få en viss nytta under lång tid framåt av att satsa en viss summa. Den som lånar ut tror också på nyttan och ställer summan till förfogande för att betalas tillbaka efter vissa villkor, alldeles som vanligt.

Men man finner också många speciella omständigheter i situationen i varje fall då staten är långivare vilket förutsättes här.

Om man börjar med den låntagande förhåller det sig så att han normalt i dag inte vet riktigt hur han skall satsa kapitalet ifråga. Genom sambandet ③ får han dock all den hjälp han kan behöva för att fördela en given insats på olika åtgärder.

I regel vet han inte heller hur mycket han totalt bör satsa. Detta är egentligen ganska märkligt eftersom värmeisolering av hus är en verksamhet som man ägnat sig åt i tusentals år av allt att döma utan att ens på senaste tid nämnvärt bry sig om vilken avkastning den kan ge.

Till all lycka har dock både låntagare och långivare ett stort gemensamt intresse i denna fråga. De är ju egentligen samma part när det kommer till kritan.

Man bör sålunda kunna vara helt eniga om att så länge byggkostnaden för nästa isoleringssteg täcks av värdet av den minskade energiförlusten bör man isolera vidare.

Därmed framtonar ett intressant återbetalningsvillkor för ett energilån. Låntagaren betalar helt enkelt tillbaka varje lånad krona för värmeisolering genom att årligen tillstålla staten värdet av den energi han sparar på den sista kronan han använt för detta ändamål.

Eftersom närliggande kronor i isolerkostnaden vid riktigt dimensionerad isolering har nästan samma effekt kan låntagaren inte heller tillskansa sig någon oförtjänt fördel genom ett snedsprång i isoleringshänseende och för staten blir det inte heller särskilt angeläget med en noggrann kontroll av en exakt efterlevnad.

Därmed befriar också staten den enskilde från uppgiften att bedöma energiprisutvecklingen och tar själv den risk eller chans som ligger i en sådan bedömning.

Det är kanske motbjudande för en statlig myndighet att arbeta med något som man skulle kunna kalla gissning men i detta fall har man inget val. Om man skalar bort alla gissningar från det praktiska påbudet "Du skall isolera din vägg så att k-värdet blir  $0,3 \text{ W/m}^{20\text{C}}$ "



skall det visa sig att det inte blir något kvar och vad värre är, de bortskalade gissningarna är i många fall orimliga och inkonsekventa.

Det är rimligt att staten tar den lilla och nödvändiga risk som ligger i en energikostnadsprognos i detta fall även av det skälet att man har rätten att bestämma  $c$ -värdet i (3) och därmed avkastning och isoleringsnivå.

Ett litet  $c$ -värde betyder att man slutar att isolera ännu medan ganska mycket energi slipper ut vilket i och för sig skulle ge god avkastning på nedlagt kapital.

Men det skulle också leda till stor energiförbrukning vilket ju inte är önskvärt ur någons synpunkt.

Det visar sig också att den största totala nyttan och den smidigaste anpassningen erhålles genom att gå in med ett realistiskt värde på energiprisutvecklingen vilket sannolikt leder till en betydande ökning av värmeisoleringar jämfört med idag.

Det finns också två andra storheter som reglerar  $c$ -värdets storlek. Den första av dem är avskrivningstidens längd  $T$ .

För isolering är den faktiska livslängden mycket lång. Värmeisolering kan ju ses som en energiproduktionsapparat som kommer att fungera oklanderligt under 60 - 100 år. Detta förhållande bör utnyttjas för att ge god avkastning trots att låntagaren inledningsvis får fördelaktiga villkor.

Till sist bestäms  $c$ -värdet även av räntevärdena  $r_0$  och  $(f + i)$  där  $r_0$  är den avkastning man kräver från statens sida och  $f + i$  skall svara mot energiprisets ökning, om man behåller vill hålla på principen att marginalkostnaden för lån skall täckas av värdet av inbesparad olja.

Ett mindre pretentiöst sätt att framställa  $f + i$  är som en årlig ökning av en initieellt liten återbetalning av ett lån för att isolera hus.

Vad  $(f + i)$  betyder belyses av nedanstående exempel.

I den första tabellen visas konsekvenserna av att låna ut 1000 kr mot  $r_0 = 10\%$  ränta som skall återbetalas med en sparad energimängd vars pris antas öka med  $f + i = 7\%$  årligen.

I den andra tabellen antas energipriset bli konstant, dvs  $f + i = 0\%$ .



Tabell 1  $c = 0,001728$  kr/Wh

Ar	Lånekostnad = värde av inbesparad energi	Nuvärde
1	119,89	114,04
2	128,58	110,68
3	137,91	107,26
4	147,91	104,23
5	158,63	101,15
6	170,14	98,17
7	182,46	95,26
8	195,71	92,45
9	209,90	89,72
10	225,12	87,06
$\Sigma$	1.676,25	1.000,02

Tabell 2  $c = 0,001264$  kr/Wh

Ar	Lånekostnad = värde av inbesparad energi	Nuvärde
1	158,23	150,51
2	158,23	136,19
3	158,23	123,23
4	158,23	111,50
5	158,23	100,89
6	158,23	91,23
7	158,23	82,60
8	158,23	74,74
9	158,23	67,63
10	158,23	61,19
$\Sigma$	1.582,30	999,77

Förutsättningen i båda fallen är att lånet är beviljat för marginella förändringar av nära optimala lösningar.

Eftersom en så kort avskrivningstid som 10 år förutsatts är c-värdena i ovanstående exempel ej särdeles realistiska för praktiskt bruk.

Den närmast till hands liggande låneregeln skulle härmed vara att man för varje byggnadsdel får låna

$$\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \text{ kr/m}^2$$

vilket är kostnaden för den totala isoleringen beräknad efter å-priset på variabelt isoleringsskikt. Man skulle alltså alltid få kostnaden för isoleringen täckt av ett fördelaktigt statligt lån, vilket man också på ett smidigt sätt kan betala tillbaka genom inbesparad energi.

Men denna regel skulle leda till följande väsentliga olägenheter:

1. Desto dyrare och sämre isolering man använder desto större andel av det statliga lånet skulle täckas av en fördelaktig energidel.
2. För varje byggnadsdel måste genomföras en beräkning för att få reda på berättigat lånebelopp.
3. Regler för begränsningar av satsningen på isolering måste införas eftersom de ekonomiska konsekvenserna för byggaren ej påverkas i tillräcklig grad av en ändring i isoleringsnivån.

För att eliminera dessa olägenheter måste tillföras en korrektionsterm så att man erhåller följande uttryck

$$\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} - k_1 \cdot Q \cdot c$$

Den tillkommande termen svarar mot nuvärdet av energiförlusterna genom konstruktionsdelen i fråga.

I normalfallet blir de båda termerna lika stora. Därmed försvinner också hela lånet vilket kan förefalla vara en antiklimax.

Men det är i själva verket en mycket positiv omständighet. I och med att uttrycket blir 0 försvinner också den direkta bindningen till klimatskalets storlek och kostnad.

Detta leder till att man knyter ett fördelaktigt låns storlek till en mera positiv faktor t.ex. primär bruksarea eller annan nytta hos byggnaden.

Det skulle då bli intressant att räkna fram medelvärdet av  $\Sigma (P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c)$  dividerat med tillhörande primär bruksarea för en viss kategori byggnader.

Isoleringslånets storlek skulle därefter helt enkelt beräknas som produkten av denna faktor och aktuell bruksarea.

Den som bygger ett medelhus skulle inte märka av ovanstående beräkningssteg utan finner att han får kostnaden för sin isolering täckt av det fördelaktiga isoleringslånet och att inbesparad energi täcker lånets återbetalning.

Den som bygger ett hus som är bättre än medelvärdet i energiavseende kommer att märka att det blir en del över sedan han betalat av sitt isoleringslån.

Den som exempelvis i materialval eller planlösning betett sig oskickligt i energihänseende skall finna att minskningen av hans oljenota inte räcker för att betala av isoleringslånet.

Detta kommer att leda till en större medvetenhet om energiproblemet i vårt byggande, naturligtvis under förutsättning att energilånet åtminstone under viss tid får fördelaktigare betalningsvillkor än exempelvis övriga statliga lån.

Sammanfattningsvis föreslås alltså följande.

För att täcka kostnaderna för värmeisolering av byggnader lämnas ett statligt lån av följande storlek

$$L + \Sigma A (\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} - k_1 \cdot Q \cdot c) \text{ kr} \quad (8)$$

där  $A$  = aktuell byggnadsdels area, längd eller antal  
( $m^2$ , m eller st).

$k_1$  = det k-värde som väljes för konstruktionen i fråga.

$L$  = primär bruksarea x  $M$  (kr).

Där  $M$  lämpligen väljes som ett ungefärligt medelvärde av kvoten mellan kostnad för isolering och primär bruksarea för aktuell hustyp.

Med hjälp av detta  $M$ -värde når man det läget att kostnaden för isoleringsåtgärderna i medeltal täcks av värdet för inbesparad energi med av statlig myndighet bestämd marginal.

Detta innebär att låntagaren betalar tillbaka sitt energilån med vad han sparar genom minskad energiförbrukning.

D.v.s. den som valt isoleringsmaterial och planlösning klokt ur energisynpunkt skall till och med finna att han får en del pengar över medan den som betett sig mindre skickligt åt i detta avseende till en del riskerar att få täcka en del av lånekostnaderna med andra medel.

Energilånets storlek är dock inte den väsentligaste faktorn i sammanhanget, d.v.s.  $M$  kan ges andra värden än vad som föreslås ovan utan att ovanstående dimensioneringsregler förlorar alltför mycket i värde. Det skulle dock vara olyckligt om energilånet blev så litet att den valfrihet som presenteras i kommande avsnitt begränsades inom området för idag känd och beprövad teknik.

Det väsentligaste är att man inom ett och samma projekt använder sig av samma  $c$ -värde både i sambandet (3) och att man avhåller sig från att införa några främmande korrektionsfaktorer inom dessa samband.

Det är också viktigt att man väljes  $c$ -värdet så att prognos och verklighet stämmer så väl överens som möjligt inom den närmaste tiden. Om man därefter i första hand skall rätta sig efter verklighet eller prognos när det gäller återbetalningens storlek det är en annan historia.

Om man respekterar dessa restriktioner erhålles följande fördelar med den låneregel som presenterats.

1. Den är en direkt konsekvens av formel (3) och uppmuntrar optimal värmeisolering till föreskriven nivå.
2. De två sista termerna blir tillsammans 0 när man valt en optimallösning. Därmed försvinner all sifferexercis kring byggnadsdelar som en gång konstaterats vara riktigt dimensionerade ur värmeisoleringssynpunkt.
3. Nya byggnadstekniska lösningar blir automatiskt riktigt belönade eller bestraffade på ett rättvist men odramatiskt sätt.
4. Sambandet är så beskaffat att möjligheten att tillskansa sig ekonomiska fördelar genom att lämna oriktiga uppgifter i princip automatiskt elimineras.

#### 4.2 Den enskildes valfrihet

Det måste ligga i samhällets intresse att våra byggnader blir isolerade på bästa möjliga sätt.

De förbättringar som kan göras i förhållande till nuläget kan tänkas ske i två steg.

Det första av dessa består i att man övergår från nuvarande dimensioneringsregler där vissa bestämda k-värden eftersträvas till sambandet (3) där c för varje byggnad väljes så att byggkostnaden blir oförändrad.

Detta leder till att energiförlusten i samtliga byggnader minskas utan byggnadskostnadsökning vilket ingen rimligen kan ha något emot.

Man har härigenom övergått till rätt metod och vunnit en idiskutabel fördel i varje enskilt fall.

Nästa förbättringssteg består i att en statlig myndighet i princip bestämmer ett gemensamt c-värde för samtliga byggnader vilket är till fördel för kollektivet.

Denna fördel beror dels på att i detta sammanhang kollektivet av rent matematiska skäl vinner på att alla tycker lika och dels på att man rimligen bör kunna bestämma ett bättre c-värde genom att gå direkt på den uppgiften i stället för att försöka beräkna den baklänges ur en tveksam praxis.

Men för det enskilda fallet är förbättringssteg två enligt ovan ej alltid till fördel eftersom det mycket väl kan vara så att någon enskild av en slump eller skicklighet lyckas bättre med sin prognos än den statliga myndighetens expertteam.

Detta missförhållande blir emellertid eliminerat så långt det är möjligt av att lånesambandet (8) egentligen betyder följande:

"Vi har nu bestämt oss för att värmeisolering skall dimensioneras efter värdet  $c$ , men du kan naturligtvis ha rätt i att  $c_1$  kommer att visa sig vara riktigare. Vi vill inte luras så du får låna pengar av oss efter sådana villkor att summan av dina oljeräkningar och dina återbetalningar av lånet blir nära konstant oberoende av vilket rimligt  $c$ -värde du väljer. Om vi har mera rätt än du förlorar du lite på att välja  $c_1$ , men har du mera rätt än vi vinner du något på din envishet".

Detta framgår av följande:

Skillnaden i byggkostnad vid ändring av  $c$  till  $c_1$  blir

$$\begin{aligned} & \sqrt{P \cdot \lambda \cdot c \cdot Q} - \sqrt{P \cdot \lambda \cdot c_1 \cdot Q} \\ &= \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q} (\sqrt{c} - \sqrt{c_1}) \end{aligned}$$

Skillnaden i nuvärde av energiförlusterna blir

$$\left( \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} - \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c_1}} \right) \cdot Q \cdot c_v$$

där  $c$  är det  $c$ -värde som svarar mot den verkliga energiprisut-

$$\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q} (\sqrt{c} - \sqrt{c_1} + \frac{c_v}{\sqrt{c}} - \frac{c_v}{\sqrt{c_1}}) = \Delta k$$

Sätt  $c = c_v \cdot \alpha^2$  och  $c_1 = c_v \cdot \beta^2$

Härvid erhålles

$$\Delta k = \sqrt{P \cdot \lambda \cdot c_v \cdot Q} \left( \alpha + \frac{1}{\alpha} \right) - \left( \beta + \frac{1}{\beta} \right)$$

D.v.s. om  $c$  är riktigare än  $c_1$  förlorar man på att välja  $c_1$ , annars tvärtom eftersom  $\Delta k =$  negativ då  $|1-\alpha| < |1-\beta|$ .

I och med att  $c$ -värden som avviker från det officiella tillåts missar man chansen att finna ett absolut optimum för landet. Men det är ändå troligt att bara den som har goda skäl för en avvikan-de mening väljer ett eget  $c$ -värde och därmed är det mera sannolikt att han kan förbättra medelresultatet än att han försämrar det. Denna valfrihet ger också en värdefull direkt indikation om allmänhetens uppfattning i frågan.



#### 4.3 Automatiska kontrollmekanismer

Det är också mycket besvärligt att tillskansa sig ekonomiska fördelar genom att uppge felaktiga förutsättningar i sambanden (3) och (8).

Detta framgår av nedanstående resonemang.

Först beräknas  $m$ -värdet enligt (3).

$$m_1 = \sqrt{\frac{Q \cdot c_1}{P_1 \cdot \lambda}}$$

där  $P_1$  = uppgiven men ej nödvändigtvis rätt kostnad för isolerskiktet ( $\text{kr/m}^3$ ).

$$c_1 = \frac{E (1 - e^{-(r-f_1)T})}{r - f_1} \quad (\text{kr/Wh})$$

där  $f_1$  = av aktuell byggherre antagen årlig förändring av energipriset ( $\%/100$ ).

Tjockleken  $d$  (m) av isolerskiktet erhålles enligt sambandet

$$\frac{d}{\lambda} + m_0 = m_1$$

där  $m_0$  är värmemotståndet hos konstruktionen utanför aktuellt isolerskikt ( $\text{W/m}^{20}\text{C}$ ).

$$d = \sqrt{\frac{Q \cdot c_1 \cdot \lambda}{P_1}} - m_0 \cdot \lambda \quad (\text{m})$$

Byggkostnaden (BK) för konstruktionen blir härmed

$$\text{BK} = A + \frac{P_v}{P_1} \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \cdot \sqrt{\frac{c_1}{c_a}} - P_v \cdot m_0 \cdot \lambda \quad (\text{kr/m}^2)$$

där  $A$  = kostnad för övrig konstruktion ( $\text{kr/m}^2$ )

$P_v$  = den verkliga kostnaden för isolerskiktet ( $\text{kr/m}^3$ )

För denna konstruktion får man enligt (8) mot  $r$  % låna

$$L + \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} - \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \cdot \sqrt{\frac{c_a}{c_1}}$$

För att täcka byggkostnaderna fullständigt måste man alltså mot marknadsränta  $m$  låna

$$\sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \cdot \left( \frac{P_v}{P_1} \cdot \sqrt{\frac{c_1}{c_a}} - 1 + \sqrt{\frac{c_a}{c_1}} \right) + G - L - P_v \cdot m_0 \cdot \lambda \quad (\text{kr/m}^2)$$



Byggnadens totala värde ur försäljningssynpunkt påverkas av en mängd olika faktorer. En mycket väsentlig sådan är värdet av byggnadens transmissionsförluster, d.v.s.  $\Sigma k_n \cdot Q \cdot A_n \cdot c_a$ . Denna faktor är i dag oftast dold men skulle med (3) och (8) som dimensioneringsregler automatiskt bli framräknad för varje byggnad.

Det skulle då bli lika angeläget och naturligt att karakterisera en byggnad med detta enda tal som med ytangivelser och liknande.

Det ligger då även mycket nära till hands att korrigera försäljningspriset  $F$  med hänsyn till detta.

Aktuell byggnadsdels roll i försäljningssammanhang kan därmed karakteriseras av sambandet

$$F = H - k_1 \cdot Q \cdot c_a = H - \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \cdot \sqrt{\frac{c_a}{c_1}} \quad (\text{kr/m}^2)$$

Där  $H$  = det värde man vid försäljningstillfället kan antas åsätta byggnadsdelen ifråga utan att ta hänsyn till dess värmeisolerings-egenskaper.

Först studeras nu konsekvenserna av att sälja direkt och genast återbetala eller till köparen överlämna sina lån.

Utfallet av försäljningen påverkas då av sambandet

$$\begin{aligned} & - \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \left[ \underbrace{\left(1 - \sqrt{\frac{c_a}{c_1}}\right)}_{\text{statl. lån}} + \underbrace{\left(\frac{P_v}{P_1} \sqrt{\frac{c_1}{c_a}} - 1 + \sqrt{\frac{c_a}{c_1}}\right)}_{\text{banklån}} + \underbrace{\sqrt{\frac{c_a}{c_1}}}_{\text{försäljn. korrektion}} \right] \\ & = - \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \left[ \frac{P_v}{P_1} \sqrt{\frac{c_1}{c_a}} + \sqrt{\frac{c_a}{c_1}} \right] = \\ & = - \sqrt{P_v \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_a} \left[ \sqrt{\frac{P_v \cdot c_1}{P_1 \cdot c_a}} + \sqrt{\frac{P_1 \cdot c_a}{P_v \cdot c_1}} \right] \end{aligned}$$

Minimum av parentesen = 2 erhålles då  $\frac{P_v}{P_1} = \frac{c_a}{c_1}$ . Detta gäller då man gått in med helt riktiga värden på  $c$  och  $P$ . Minimivärdet erhålles också om  $P$  och  $c$  under- eller överskattas i samma grad. Men eftersom den praktiska konsekvensen av en sådan manipulation är noll finns ingen anledning att beivra den.

Kostnadskonsekvenserna på sikt för den aktuella byggnadsdelen kan sammanfattas som summan av byggkostnad för isoleringsskiktet och nuvärdet av energiförlusterna.

Byggekostnaden blir

$$BK = \text{konst} + \frac{P_v}{P_1} \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_1}$$

Nuvärdet av energiförlusterna blir

$$N_E = \int_0^T Q \cdot E \cdot e^{f_v \cdot t} \cdot \sqrt{\frac{P_1 \cdot \lambda}{Q \cdot c_1}} \cdot e^{-rt} dt$$

där  $f_v$  = verklig energiprisökning per år

$$N_E = \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_1} \cdot \frac{c_v}{c_1}$$

där  $c_v = \frac{E (1 - e^{(r-f_v)T})}{r - f_v}$

$$\begin{aligned} BK + N_E &= \sqrt{P_1 \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_1} \left( \frac{P_v}{P_1} + \frac{c_v}{c_1} \right) \\ &= \sqrt{P_v \cdot \lambda \cdot Q \cdot c_v} \left( \sqrt{\frac{P_v \cdot c_1}{P_1 \cdot c_v}} + \sqrt{\frac{P_1 \cdot c_v}{P_v \cdot c_1}} \right) \end{aligned}$$

Uttrycket är detsamma som erhöles tidigare med skillnaden att  $c_a$  utbyts mot  $c_v$  d.v.s. officiell energiprisutveckling ersätts av verklig. Tidigare genomfört resonemang om minimivärden gäller också i princip.

Därmed kan man konstatera att det inte ligger i någons intresse att manipulera med de storheter som ingår i (3) och (8) för att tillskansa sig viss ekonomisk fördel.

Tvärtom, alla vinner på att ingångsvärdena är så riktiga som möjligt. Den samhällsapparat som i dag sysslar med kontroll av en mängd ganska meningslösa siffror i detta sammanhang skulle alltså med fördel i stället kunna inrikta sig på att söka riktigare ingångsdata vilket förefaller vara av en mera inspirerande uppgift.

#### Förbättring av konstruktioner uppmuntras

En konstruktion förbättras i energihänseende på samma sätt om  $P$  eller  $\lambda$  minskas. Låt oss anta att  $P$  minskas från  $P$  till  $P(1 - \Delta)$ . Detta påverkar ej energilånets storlek men leder till att  $m$ -värdet ökas från

$$\sqrt{\frac{Q \cdot c}{P \cdot \lambda}} \text{ till } \sqrt{\frac{Q \cdot c}{P(1 - \Delta) \cdot \lambda}}$$

$$\text{d.v.s. } \Delta k = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}}$$

vilket medför att nuvärdet av energiförlusten minskar med

$$c \cdot \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} \cdot Q = \frac{\Delta}{2} \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c}$$

Isoleringstjockleken ökas med

$$\frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda \cdot c}{P}}$$

men byggkostnaden minskar med

$$\begin{aligned} P \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda \cdot c}{P}} - P (1 - \Delta) \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda \cdot c}{P}} (1 + \frac{\Delta}{2}) \\ = \frac{\Delta}{2} \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \end{aligned}$$

Total ekonomisk vinst av att P minskar till  $P (1 - \Delta)$  blir således

$$\Delta \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c}$$

Denna vinst kommer byggnaden till godo utan att lånenmyndigheter behöver blanda sig i.

Man bör lägga märke till att denna vinst i princip blir dubbelt så stor som den man får ut i dagsläget eftersom man i dag ej inriktar sig på att anpassa k-värdet efter isoleringskostnad och effektivitet.

Vinsten begränsar sig då till

$$\begin{aligned} \approx \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} - \sqrt{P (1 - \Delta) \lambda \cdot Q \cdot c} \\ = \frac{\Delta}{2} \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \end{aligned}$$

alltså hälften av ovanstående.

#### 4.4 Energilånets storlek

Den största nyttan med att dimensionera värmeisolering enligt de principer som nu presenterats består i att man hittar en optimal lösning på problemet. Hur stor vinsten blir av detta beror naturligtvis på hur pass nära optimalvärdet man befunnit sig tidigare. För att få fram något sorts mått på detta avstånd undersöks i kommande avsnitt var den som är extremt normlydig respektive byggkostnadsekonomisk hamnar i förhållande till den fördelaktigaste lösningen.

Ingendera av ovanstående kategorier är väl särskilt typisk för branschen men de förekommer. De flesta hamnar ändå mer eller mindre på känn i ett bättre läge.

Det är ändå olyckligt att ambitionen att följa gällande normer eller att minska beställarens kapitalinsats så långt möjligt skall leda till så dåliga lösningar, till på köpet efter en betydande arbetsinsats, när optimala lösningar finns lätt åtkomliga för vem som helst.

Syftet med denna utredning är att presentera en regel efter vilken statliga medel skall ställas till förfogande för detta ändamål, d.v.s. sambandet (8).

Nu visar det sig dock att detta samband ger lånetillskottet 0 för varje lösning som från den lånemyndighetens synpunkt skall anses vara den bästa. Var finns då pengarna?

Ja, att lånetillskottet skall vara noll för den rätta lösningen är ju som tidigare visats en logisk konsekvens av situationen, en konsekvens som dessutom visar sig förenkla mycket ur beräknings- och kontrollsynpunkt.

Klimatskalet kring byggnader är ju vidare att betrakta som ett sorts nödvändigt ont vars ytomfattning ej bör uppmuntras i onödan.

Det är ju inte stora väggar och tak man vill åt, utan en nyttig yta eller möjligen volym.

Allt talar således för att den statliga lånedel som skall ställas till förfogande för värmeisolering, helt och hållet skall grunda sig på det nyttiga resultatet av att bygga t.ex. primär bruksarea.

Däremot finns det inget som talar för att de direkta energiförlusterna från primär bruksarea skulle inta någon särställning.

Lånet bör vara så stort att det täcker medelvärdet av kostnaden för isolering för den bruksarea som är aktuell. Det finns dock inget behov av en särdeles exakt siffra på lånets storlek utan det viktiga är att lånevillkoren är sådana att det aldrig upplevs som fördelaktigt att bete sig oskickligt ur energisynpunkt.

Ränta och amortering bör ställas i relation till energipriset och en bedömning av dess utveckling på sådant sätt att medellåntagaren i princip klarar sitt lån på den olja han sparar.

Aterbetalningstiden bör i princip svara mot husets livslängd vilket skapar möjligheter till god förräntning av det kapital som staten ställer till förfogande.

I dag knyts till byggnader många successivt ökande pålagor grundade på svårutgrundliga motiv.

Varför inte lätta upp bilden med en rejäl årlig låneåterbetalning som man gärna betalar i tacksamhet för att man fick tillfälle att isolera så bra när man byggde sitt hus.

Det statliga lånet skulle alltså bestå av en energidel proportionell mot byggnadens nytta, där återbetalningen skulle ske under lång tid efter fördelaktiga villkor i proportion till bedömd energikostnadstillväxt och en annan del även den i huvudsak proportionell mot samma nytta men med andra och åtminstone till att börja med mindre fördelaktiga återbetalningsvillkor.

Den första delen ändras inom vissa gränser till fördel för låntagaren om han i vidaste mening förbättrar isoleringen, aldrig annars.

Ovanstående lånekonstruktion leder till att man får en stor andel av byggkostnaden täckt av statliga lån om man åstadkommer stor nytta för en måttlig byggkostnad vilket är en värdefull morot.

Det skulle därmed vara olämpligt att konstruera låneregler som automatiskt klarar en stor andel av byggkostnaderna även för byggnad som är oskickligt löst.

Det skulle dock i detta läge vara angeläget att ge begreppet nytta ett mera nyanserat mått än primär bruksarea.

#### 4.5 Praktiska konsekvenser

Den matematiska bilden av den låneregeln som presenterats är alltså följande:

$$L + \Sigma A (\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} - k_1 \cdot Q \cdot c)$$

I bakgrunden skymtar också diverse exponentialfunktioner och andra krångliga samband.

Till detta läggs kravet att varje byggnads totala klimatskal skall beaktas.

Detta kan ge intryck av att ovanstående regler för dimensionering och beläning för värmeisolering skulle kräva stora arbetsinsatser av och matematikkunskaper hos många inblandade.

Men ingenting kan vara mera felaktigt.

Låt oss först titta på vad konsekvenserna blir i de allra flesta fall, d.v.s. vad som händer Svensson som inte vill testa några nya konstruktioner eller någon annan bestämd framtidsuppfattning än myndigheternas.

Han hittar erforderliga isoleringstjocklekar i den lilla schematiska katalogen över sådana som utfärdats för temperaturzonen ifråga. I sin allra enklaste version består katalogen av en rekommendation att så långt möjligt isolera t.ex. 25 cm tjockt oavsett isoleringsmaterial. Men man vinner ytterligare något med en lite fylligare och mera nyanserad framställning. Isoleringstjocklek är dock aldrig en fråga om millimetrar men man skall exempelvis aldrig hitta 400 mm lättbetong och 100 mm lätt mineralull i samma katalog.

Svensson bör också passa på att räkna ut sin totala värmeförbrukning =  $\Sigma Q \cdot A \cdot k$  genom att multiplicera sina areor med katalogvärdena. Detta behöver han ju göra under alla förhållanden för att kunna dimensionera sin uppvärmningsanläggning. Men siffran är också ett intressant underlag för bedömning av husets värde och ger vidare en indikation av hur pass energimedveten han varit vid materialval och planlösning.



Vill man minska sin energiförbrukning väljer han en annan konstruktion för någon del men ändrar naturligtvis inte i någon han valt.

Byggnadsnämnden kontrollerar med ögonmått att Svensson läst något så när riktigt i katalogen.

Lånemyndighet multiplicerar Svenssons primära bruksarea med fastställd koefficient och skickar honom pengarna.

Men så har vi ju Carlsson som ger sig den på att verkligt  $c$ -värde kommer att bli  $1/0,8^2$  gånger det  $c$ -värde som staten bestämt.

Han får då se till att varje konstruktionsdel får  $k$ -värdet  $0,8$  gånger det  $k$ -värde som uppges för samma konstruktionsdel i katalogen.

Byggnadsnämnden har sedan att kontrollera att Carlsson gjort så genomgående.

Lånemyndighet ökar Carlssons lånebelopp med

$$c \cdot (1 - 0,8) \cdot \Sigma Q \cdot A \cdot k = 0,2 \cdot c \cdot \Sigma Q \cdot A \cdot k$$

Det skall då visa sig att detta räcker precis till den extra isolering Carlsson anser vara erforderlig.

Har Carlsson rätt i sin envishet tjänar han lite på den. Visar det sig att han har haft mera fel än staten förlorar han.

För Andersson duger det inte att isolera efter schabloner i små kataloger. Han vill räkna ut något bättre själv.

Han placerar följaktligen in sin kunskap och sina idéer i sambandet

$$m = \sqrt{\frac{Q \cdot c}{P \cdot \lambda}} \text{ och får fram sina resultat.}$$

Byggnadsnämnden bör naturligtvis ägna Anderssons nykonstruktioner speciell uppmärksamhet. Verkar de vara sunda, riktiga och väl så bra som standardlösningarna gör vederbörande byggnadsnämnd klokt i att komplettera katalogen. Då kommer nämligen Anderssons konstruktioner säkert tillbaka.

Lånemyndigheten behöver inte bry sig om Andersson speciellt. Hans hus tilldelas en energilåneandel som är primär bruksarea multiplicerad med fastställd koefficient i vanlig ordning.

Om Anderssons konstruktioner visar sig vara bättre än standardlösningen får ändå någon eller några i kategorikedjan Andersson, entreprenör, tillverkare, byggherre och hyresgäst tillgodogöra sig en viss vinst. Vem eller vilka är en sekundär och på lite längre sikt egentligen en ganska ointressant fråga.

Ovanstående bild av den situation som skulle uppstå efter att man beslutat att rätta sig efter sambanden (3) och (8) vid dimensionering av värmeisolering är varken förskönad eller förenklad.



Våra myndigheter skulle alltså kunna ställa sina blankettlager till förfogande för en mycket direkt energiproduktion i lämplig anordning.

Därefter skulle tjänstemännen i stor utsträckning kunna ägna sig åt den intressanta uppgiften att pressa in mesta möjliga erfarenhet och kunskap i de få koefficienter och schabloner som vi behöver för att lösa det enkla problemet att isolera hus på bästa möjliga sätt.

#### 4.6 Sekundära effekter av förbättrad värmeisolering

Vid den förbättrade värmeisolering som normalt blir följden av de dimensioneringsprinciper som presenterats kan man sänka inomhustemperaturen utan att det känns kallare. Detta kan direkt beaktas genom en korrigering i sambandet (3).

Ovanstående omärkbara sänkning av inomhustemperaturen kan exempelvis uttryckas genom sambandet

$$Q = Q_0 \cdot m^{-\alpha}$$

där  $\alpha$  är ett litet positivt tal.

Härav erhålles

$$m_{\text{opt}} = \left( \frac{Q_0 \cdot c}{P \cdot \lambda} \right)^{\frac{1}{2 + \alpha}} \quad (9)$$

Detta medför att det blir fördelaktigt med en ytterligare ökning av  $m$ -värdet utöver vad som erhålles med hjälp av (3).

En annan effekt värd att beakta vid dimensionering av värmeisolering är hur anläggningskostnaderna för uppvärmningsanordningarna påverkas av förändringar i isoleringen.

I ett enskilt projekt kan det ibland vara svårt att få ett mått på denna påverkan mycket beroende på att andra faktorer än rent energitekniska är eller anses vara dimensionerande.

Men redan i dag finns massor av radiatorer som aldrig eller nästan aldrig fått göra tjänst i våra lägenheter. Om vi förbättrar värmeisoleringen ytterligare kanske det räcker med värmeledningsrören plus en eller två radiatorer per lägenhet eller villa för att distribuera energi i tillräcklig mängd med tillräckliga variationsmöjligheter.

I dag installeras ofta braskaminer inför risken att under någon tid bli tvingad att hålla värmen med hjälp av dyr ved. En sådan åtgärd borde åtföljas av den isoleringsökning som genom (3) följer av denna ökade energiutgift multiplicerad med bedömd riskfaktor.

I dag belastas också många lägenheter med ca 2000 kr för skyddsrum. Hälften så mycket, satsat på ytterligare värmeisolering rätt vald och placerad, skulle minska transmissionsförlusterna med ca 25 % och ge god förräntning.

Mot bakgrunden av att en kraftig strypning av oljetillförseln väl ändå måste anses vara betydligt mera sannolik än ett bombanfall mot vårt land förefaller en förbättring av värmeisoleringen vara väl motiverad ur beredskapssynpunkt.

Det skulle vara av stort allmänt intresse att studera följande problemställning på ett systematiskt sätt med utgångspunkt från dagens nivå för kostnader och teknik.

"Man får öka byggkostnaden för en viss byggnad av dagens standard med a, 2a resp. 4a kr för att gardera sig för energiförsörjningssituationer som kan karakteriseras på följande sätt .....

Vad bör man göra inom de olika kostnadsramarna vid de olika energi-kostnadssituationerna för att få största möjliga nytta av den extra satsning man gjort?

Man kan misstänka att ett väl isolerat klimathölje kommer att bli ett viktigt inslag i ovanstående resultatlista.

Ett väl isolerat klimathölje är en viktig förutsättning även i mindre dramatiska situationer för många typer av energisparande åtgärder inte minst ur psykologisk synpunkt.

God värmeisolering innebär nämligen att den positiva effekten av t.ex. solfångare, värmepumpar, förnuftig rullgardinshantering och kaminbränsor framträder mycket tydligare. Detta är väsentligt eftersom den enskilda människans upplevelse av sin strävan att spara energi är en betydelsefull faktor i sammanhanget.

Kostnader för nedsmutsning av vår miljö på grund av avfall från energialstrande anläggningar borde också inrymmas i den energiprisutveckling som vår värmeisolering skall grundas på.

Även invändig nedsmutsning av ytterväggar står ju i visst samband med väggens värmeisolering eller kanske snarare regelbundenhet i densamma. Detta borde också beaktas i en energikostnadsprognos.

Alla föregående omständigheter talar för en ökning av värmeisoleringen utöver vad man normalt kommer fram till vid en första ansats.

Det finns också en viktig faktor som talar för en minskning av isoleringstjockleken eller snarare en minskning av den totala ytterväggstjockleken. Denna faktor är intäktsbortfallet för minskad uthyrbar yta vid en ökning av ytterväggens tjocklek och den har stor betydelse i stadsmiljö där en byggnads yttermått är låsta.

Man bör alltså ta hänsyn till detta och det gör man enkelt genom en korrigerig av P i uttrycken (3) och (8). I princip skall P ökas med nuvärdet av beräknad hyresintäkt för en  $m^2$  dividerat med väggyta/löpmeter vägg.

Alla övriga punkter som berörts ovan kan beaktas på liknande sätt genom en korrigerig av någon av de parametrar som ingår i (3) och (8).

Det är dock inte meningen att var och en skall behöva göra bedömningar på alla dessa punkter. De är snarare avsedda för den myndighet som eventuellt skulle få förtroendet att presentera en ny och bättre måttstock för hur vi skall agera i värmeisoleringsfrågor eller i övriga energisammanhang.

När denna måttstock föreligger i den form som rekommenderats här blir situationen mycket enkel för vardagskonstruktören. Han kommer exempelvis att ha tillgång till standardlösningar som är godtagbara för alla parter inom en stor sektor. Dessa lösningar har den fördelen att vara optimala så långt vi kan och förstår. De har också den fördelen att ingenstans utlösa någon sorts beräkningsaktivitet utan de kan bedömas med ögonmått. Vi slipper sålunda exempelvis de additions- och multiplikationsövningar som brukar benämnas omfördelningsberäkningar. Sådana har ju chansen att vara gynnsamma ur energisynpunkt endast då grundförutsättningarna är felaktiga.

En följd av en sådan ny ordning skulle exempelvis kunna bli att 25 cm lättbetong blev godtagbart i normala bostads- och kontorshus i södra Sverige medan 30 cm bedömdes lagom i norra delen av vårt land. Sådana konsekvenser skulle kunna leda till betydande rationaliseringsvinster.

Dagens sätt att presentera isoleringskraven har dock också lett till viss standardisering.

Sålunda annonserar våra lättbetongfabrikanter med viss stolthet om, att nu klarar vi k-värden  $0,3 \text{ W/m}^{20\text{C}}$  med 40 cm massiv lättbetong medan sockelelementtillverkare nöjda berättar om att man med hjälp av 5 cm polystyren cellplastisolering uppfyller normkravet k-värde  $0,83 \text{ W/m}^{20\text{C}}$ .

Man skall inte vara missunnsam, men det borde inte vara tillåtet att känna sig stolt och nöjd över ovanstående båda resultat; åtminstone inte samtidigt.

Ty, som framgår av tabellerna på sid. 33-36 borde ovanstående k-värden inte förhålla som som ca 1:3 utan snarare som 3:1. Av byggnadstekniska skäl är det åtminstone ännu sällan möjligt att förändra bilden så drastiskt men om man inte var så uppbinden av ovanstående fasta k-värden skulle man finna värdepar som innebär att man utnyttjade satsningen på isolering betydligt mera effektivt.

Men situationen skulle förenklas även för den konstruktör som hade ambitionen att finna lösningar som var bättre än gällande standard.

Visserligen skulle marknadens tröghet och lägre pris för standardprodukter utgöra en tröskel av viss höjd men det skulle inte längre finnas några hinder som var oåtkomliga för rationella argument.

Hittills har talats om en enda officiell energikostnadsprognos. Men det kanske bör vara flera.

Det är exempelvis tveksamt om det är lämpligt att sätta nästan samma pris på el från kraftvärmeverk som på fjärrvärmvattnet därifrån.

Det är också troligt att vi bl.a. av beredskapsskäl i viss utsträckning för uppvärmning måste satsa på energiproduktion som kostar mer än andra alternativ som annars står till buds.

Även om detta subventioneras från samhällets sida bör värmeisoleringsnivån bestämmas med utgångspunkt från verklig kostnad för energien i fråga eftersom detta leder till minsta möjliga totalkostnad för beredskapsåtgärden.

Något stort antal officiella energikostnadsnivåer har vi varken kunskap för eller behov av, men minst en skulle vi ha stor nytta av.

## 5. DAGENS LÄGE

I dag dimensioneras värmeisoleringen i byggnader efter den k-värdeslista som presenteras i SBN 1975, kapitel 33.

Detta innebär att man inte primärt tar någon hänsyn till kvoten mellan kostnad och isolerförmåga för ingående byggnadsmaterial även om det ges ett visst begränsat utrymme att finna ett bättre utnyttjande för värmeisoleringen i byggnadens huvuddelar genom s.k. omfördelningsberäkningar.

Detta innebär också att man nöjer sig med mycket begränsade krav på värmeisoleringen utanför dessa huvuddelar helt enkelt därför att man ej haft möjlighet att skärpa dessa krav med hjälp av den typ av styrregler som valts utan att därmed starkt begränsa användningsområdet för vanliga material och lösningar.

Detta är olyckligt eftersom man så att säga utan bevakning släpper ut massor av kilowattimmar alldeles i onödan idag.

Ännu mera begränsade när det gäller att uppmuntra värmeisolering är emellertid våra lånebestämmelser.

Möjligheterna att finansiera värmeisolering i flerfamiljshus med statliga lån består nämligen enligt BOFS 1980:8 endast av följande tre föreskrifter.

- a) Översta bjälklag (endast över primär bruksarea)  
(0,2 - k) . 250 kr/m<sup>2</sup>.
- b) Yttervägg (endast vid primär bruksarea)  
(0,3 - k) . 500 kr/m yttervägg.
- c) Treglasfönster 20 kr/m<sup>2</sup> primär bruksarea.

Föreskrifterna ger ett intryck av att isoleringsproblemet är löst då man beräknat primär bruksarea. I själva verket är det ju så att värmeförlusten från övriga utrymmen är precis lika kostsamma för hyresgäst och samhälle.

Ovanstående föreskrifter är dock tämligen enkla men leder ändå till en liten räkneoperation för varje byggnadsdel eftersom det sällan är möjligt eller vettigt att välja precis det k-värde SBN föreskriver.

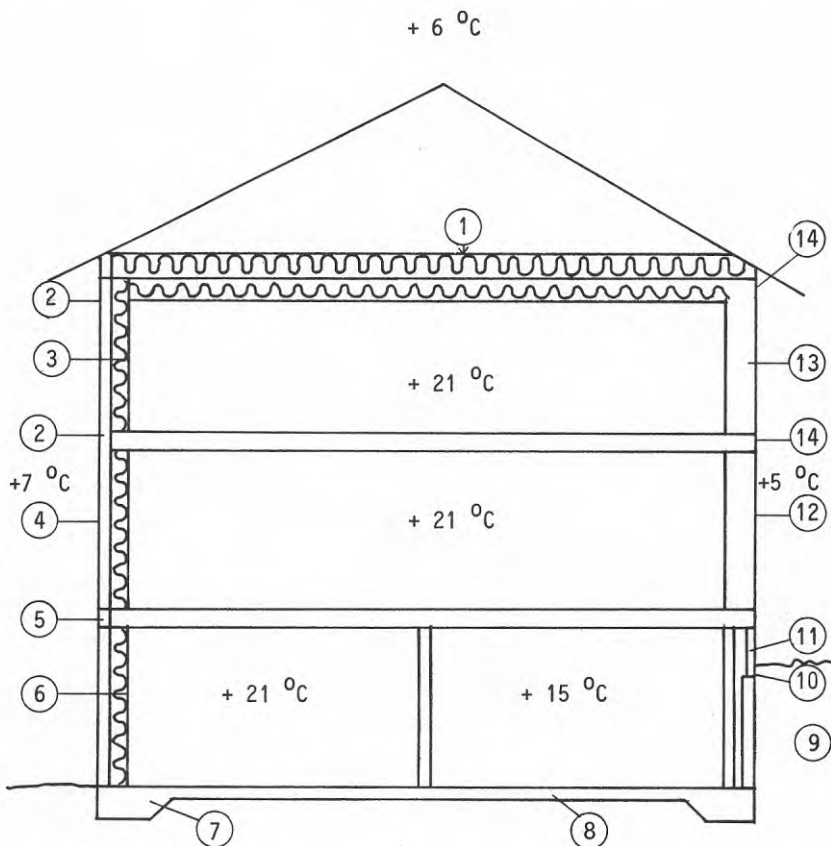
Dessutom finns en tendens att k-värdet för bästa snitt presenteras i lånesammanhang. I varje fall löper den som räknar noggrant och ambitiöst risk att få mindre statliga lån än den som nöjer sig med ett så kallat karakteristiskt snitt.

Med den låneregel som presenterats i föregående avsnitt räcker det i normalfallet med en enkel matematikoperation för hela huset, i värsta fall kan det bli två.

## 6. TYPHUS

## 6.1 Uppbyggnad

För att få en närmare uppfattning om det ekonomiska utfallet vid de olika styrreglerna studeras nu en löpmeter av följande typhus.



Byggnadssektionen bör ses som ett grovt tvärsnitt av hela landets byggnadsproduktion ur värmeisoleringsynpunkt, därav den inte helt traditionella stomlösningen.

Hur de olika byggnadsdelarna är uppbyggda, deras kostnader och värmeisoleringsförmåga redovisas i bilaga 1. Härvid har förutsatts att både kostnader och värmeisolering varierar kontinuerligt och rätlinjigt med tjockleken. Detta är ingen helt korrekt förutsättning för en konstruktion men en praktisk och riktig modell att arbeta med när det gäller medelvärdet av en viss konstruktionstyp, vilket det här är fråga om.



Av samma skäl accepteras nedan varje framräknad isoleringstjocklek vilket ger god skärpa i jämförelseberäkningarna.

Byggnaden förutsättes vara belägen i zon III.

Värmebehovet för den vänstra väggen, som är en södervägg, beräknas med utgångspunkt från ett medelvärde på yttertemperaturen av  $+7^{\circ}\text{C}$  och för den högra, som följaktligen är en norrvägg, från  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Fönsterarean förutsättes vara  $1,0 \text{ m}^2/\text{m}$  vån. åt söder och  $0,5 \text{ m}^2/\text{m}$  vån. åt norr.

Fönstren borde i princip vara med i beräkningarna över energiförluster och kostnader men eftersom det ej är meningsfullt att variera dessa parametrar kontinuerligt när det gäller fönster har dessa lämnats utanför kalkylen. De skulle förrycka beräkningsresultaten utan att tillföra något nytt.

Även väggar och bjälklag mellan olika temperaturzoner borde ingå i kalkylerna. Men värdet av värmeisolering i dessa byggnadsdelar är i hög grad beroende av läget på värmekällan och hur temperaturen får variera. För att inte komplicera bilden i onödan har därför även dessa byggnadsdelar lämnats utanför kalkylen.

## 6.2 Dimensioneringsförutsättningar

Byggnaden dimensioneras nu efter följande fyra olika principer.

- A. Svensk Byggnorm följes strikt utan att någon hänsyn tas till lånebestämmelser.
- B. Lånebestämmelserna utnyttjas så långt möjligt inom SBN:s ram på sådant sätt att egen insats blir den minsta möjliga.
- C<sub>A</sub>, C<sub>B</sub> Isolertjocklek och låneunderlag bestäms enligt ③ och ⑧ med ett c-värde som ger samma byggkostnad som A och B.
- D. Isolertjocklek och låneunderlag bestäms enligt sambanden ③ och ⑧ med ett c-värde som svarar mot en energikostnadsprognos som förefaller rimlig i dagsläget.

Genom prövning erhålles i alternativ C<sub>A</sub> samma byggkostnad som i alternativ A om c-värdet  $0,002872 \text{ kr/Wh}$ .

Mot detta c-värde svarar en mängd olika energiprognoser beroende på avskrivningstider, synpunkter på dagens kostnadsnivå och prognoser för framtiden. Avskrivningstiden bör sättas = 60 år om man väntar sig en livslängd på 60 år.

Ett rimligt förräntningskrav är 2 % mer än förväntad ökning av energipriset. Härav erhålles c-värdet  $0,002872 \text{ kr/Wh}$  om man sätter dagens energipris till 8,21 öre/effektiv kWh. Följaktligen svarar  $c = 0,002170$  mot 6,21 öre/effektiv kWh vilket ger samma byggkostnad i alternativet C<sub>B</sub> som i B.

Detta är mycket låga siffror i de flesta sammanhang. Värdet 15,74 öre/effektiv kWh ter sig betydligt mera realistiskt i dagsläget. Därför genomföres kalkylen enligt alternativ D med denna förutsättning vilken svarar mot  $c = 0,0055$  kr/Wh.

### 6.3 Beräkningsresultat

Resultatet av beräkningarna redovisas i tabellerna A-D. Exempel på hur räkneoperationerna genomföres ges i bilaga.

I tabellernas första kolumn anges de olika byggnadsdelarna. I kolumnerna därefter framgår i tur och ordning, nummer för aktuell byggnadsdel, dess area, tjockleken på det isolerskikt som varierar, byggnadsdelens k-värde och det gradtimantal som belastar byggnadsdelen ifråga samt byggkostnaden/m<sup>2</sup>.

När det gäller byggnadsdelarna 7 och 8 har halva husbredden medräknats. Sorterna i de fem första kolumnerna är därför ej helt adekvata men detta påverkar ej de följande summationskolumnerna.

I den första av dessa anges produkten  $A \cdot k$  för de byggnadsdelar som beaktas när det gäller låneunderlag och isoleringsstatus i dagsläget.

I nästa kolumn redovisas den totala byggkostnaden för varje byggnadsdel vid aktuellt d-värde.

I den följande kolumnen redovisas värmeförlusten för de olika byggnadsdelarna. I de två sista kolumnerna finner man de korrekationer av låneunderlaget som föranleds av värmeisoleringen. I den första av dessa anges korrekationer i nuläget och i den senare den korrektion som skulle erhållas om låneunderlagsregel (8) var gällande och man hade fastnat för ett officiellt c-värde = 0,002872 kr/Wh, d.v.s. det c-värde som skulle svara mot dagens byggkostnadsläge.

Plustecknen betyder en ökning av lånets storlek och ett minus innebär att det minskar.

Alternativ A

Byggnadsdel	Area m <sup>2</sup>	d m	k W/m <sup>2</sup> °C	Q · 10 <sup>3</sup> °C · h	BK kr/m <sup>2</sup>	A · k W/°C	A · BK kr	Q · A · k kWh/år	ΔL <sub>g</sub> · A k,	ΔL <sub>n</sub> · A kr	
Vindsbjälklag 1	10	0,1480	0,20	131,4	312,20	2,000	3122,00	262,80	0	- 279,00	
Bjälklagskanter 2	0,4	0,0260	0,8333	122,64	339,24	-	135,70	40,88	-	- 94,14	
Yttervägg 3	1,5	0,0260	0,30	122,64	382,44	0,450	573,66	55,19	0	- 71,27	
Yttervägg 4	1,5	0,4613	0,30	122,64	567,12	0,450	850,68	55,19	0	+ 103,17	
Bjälklagskant 5	0,2	0,0285	0,8333	122,64	328,27	-	65,65	20,44	-	- 44,81	
Yttervägg 6	1,5	0,1058	0,30	122,64	552,10	0,450	828,15	55,19	-	- 54,34	
Sockel+källarg. 7	1	0,286	1,238	127,64	628,70	-	628,70	151,83	-	- 153,29	
Källarg. 8	1	0,270	0,706	87,60	621,50	-	621,50	61,85	-	+ 24,22	
Källarvägg 9	1,7	0,0306	0,47	87,60	199,01	-	338,31	69,99	-	- 96,15	
Sockel 10	0,6	0,0689	0,47	87,60	504,27	-	302,56	24,70	-	- 47,64	
Bjälklagskant 11	0,2	0,0285	0,8333	140,16	328,27	-	65,65	23,36	-	- 53,20	
Yttervägg 12	2,0	0,4613	0,30	140,16	567,12	0,600	1134,24	84,10	0	+ 131,46	
Yttervägg 13	2,0	0,0260	0,30	140,16	382,44	0,600	764,88	84,10	0	- 117,20	
Bjälklagskant. 14	0,4	0,0260	0,8333	140,16	339,24	-	135,70	46,72	-	- 109,31	
							4,550	9567,38	1036,34	0	- 861,51

Alternativ B												
Byggnadsdel		Area	d	k	Q · 10 <sup>3</sup>	BK	A · k	A · BK	Q · A · k	ΔL <sub>g</sub> · A	ΔL <sub>n</sub> · A	
		m <sup>2</sup>	m	W/m <sup>2</sup> ·°C	°C · h	kr/m <sup>2</sup>	W/°C	kr	kWh/år	kr	kr	
Vindsbjälklag	1	10	0,2165	0,1490	131,4	322,48	1,490	3224,80	195,79	+ 127,50	- 86,50	
Bjälklagskanter	2	0,4	0,0260	0,8333	122,64	339,24	-	135,70	40,88	-	- 94,14	
Yttervägg	3	1,5	0,1284	0,1697	122,64	407,02	0,255	610,53	31,22	+ 65,15	- 2,43	
Yttervägg	4	1,5	0,2422	0,5092	122,64	448,79	0,764	673,19	93,67	- 104,60	- 7,35	
Bjälklagskant	5	0,2	0,0285	0,8333	122,64	328,27	-	65,65	20,44	-	- 44,81	
Yttervägg	6	1,5	0,1667	0,2027	122,64	574,01	0,305	861,02	37,29	+ 48,65	- 2,93	
Socket + källarg.	7	1	0,286	1,238	122,64	628,70	-	628,70	151,83	-	- 153,29	
Källarg.	8	1	0,270	0,706	87,60	621,50	-	621,50	61,85	-	+ 24,22	
Källarvägg	9	1,7	0,0306	0,47	87,60	199,01	-	338,31	69,99	-	- 96,15	
Socket	10	0,6	0,689	0,47	87,60	504,27	-	302,56	24,70	-	- 47,64	
Bjälklagskant	11	0,2	0,0285	0,8333	140,16	328,27	-	65,65	23,36	-	- 53,20	
Yttervägg	12	2,0	0,2000	0,5882	140,16	426,00	1,176	852,00	164,88	- 144,10	- 100,56	
Yttervägg	13	2,0	0,0968	0,1960	140,16	399,43	0,392	798,86	54,94	+ 52,00	- 33,48	
Bjälklagskanter	14	0,4	0,0260	0,8333	140,16	339,24	-	135,70	46,72	-	- 109,31	
								4,382	9314,17	1017,56	+ 44,60	- 807,57

Alternativ CA c = 0,002872 kr/Wh

Byggnadsdel	Area m <sup>2</sup>	d m	k W/m <sup>2</sup> °C	Q · 10 <sup>3</sup> °C · h	BK kr/m <sup>2</sup>	A · k W/°C	A · BK kr	Q · A · k kWh/år	ΔL <sub>g</sub> · A kr	ΔL <sub>n</sub> · A kr	
Vindsbjälklag	1	10	0,2652	0,1261	329,78	1,261	3297,80	165,70	+ 184,75	0	
Bjälklagskanter	2	0,4	0,1849	0,1932	377,38	-	150,95	9,48	-	0	
Yttervägg	3	1,5	0,1349	0,1651	408,58	0,248	612,88	30,37	+ 67,45	0	
Yttervägg	4	1,5	0,2510	0,4953	453,53	0,740	680,28	91,11	- 97,65	0	
Bjälklagskant	5	0,2	0,1004	0,3236	354,15	-	70,83	7,94	-	0	
Yttervägg	6	1,5	0,1720	0,1971	575,92	0,296	863,88	36,26	+ 51,45	0	
Socketl + källarg.	7	1	0,2970	0,8028	643,27	-	643,27	98,46	-	0	
Källarg.	8	1	0,1342	0,8023	560,39	-	560,39	70,28	-	0	
Källarvägg	9	1,7	0,1125	0,2452	228,50	-	388,45	36,51	-	0	
Socketl	10	0,6	0,2864	0,1544	530,37	-	318,22	8,11	-	0	
Bjälklagskant	11	0,2	0,1093	0,3007	357,35	-	71,47	8,43	-	0	
Yttervägg	12	2,0	0,2734	0,4633	465,61	0,927	931,22	129,87	- 81,65	0	
Yttervägg	13	2,0	0,1517	0,1544	412,60	0,309	825,20	43,28	+ 72,80	0	
Bjälklagskanter	14	0,4	0,2017	0,1788	381,41	-	152,56	10,02	-	0	
							3,781	9567,40	745,82	+ 197,15	0

Alternativ C<sub>B</sub> c = 0,002170 kr/Wh

Byggnadsdel	Area m <sup>2</sup>	d m	k W/m <sup>2</sup> °C	Q · 10 <sup>3</sup> °C · h	BK kr/m <sup>2</sup>	A · k W/°C	A · BK kr	Q · A · k kWh/år	ΔL <sub>g</sub> · A kr	ΔL <sub>n</sub> · A kr
Vindsbjälklag	1	10	0,2237	0,1451	323,56	1,451	3235,60	190,66	+ 137,25	- 71,80
Bjälklagskanter	2	0,4	0,1533	0,2282	377,38	-	147,92	11,19	-	0
Yttervägg	3	1,5	0,1033	0,1899	400,99	0,285	601,48	34,93	+ 55,05	- 13,11
Yttervägg	4	1,5	0,2088	0,5698	430,76	0,855	646,13	104,82	- 134,90	- 39,36
Bjälklagskant	5	0,2	0,0835	0,3779	348,06	-	69,61	9,27	-	0
Yttervägg	6	1,5	0,1467	0,2268	566,83	0,340	850,24	41,72	+ 36,60	- 15,67
Sockel + källarg.	7	1	0,2381	0,8815	643,27	-	619,15	108,11	-	- 27,72
Källarg.	8	1	0,0961	0,8809	560,39	-	543,25	77,17	-	- 19,78
Källarvägg	9	1,7	0,0901	0,2821	220,44	-	374,76	42,45	-	- 15,78
Sockel	10	0,6	0,2439	0,1777	525,27	-	315,16	9,34	-	- 3,51
Bjälklagskant	11	0,2	0,913	0,3507	350,86	-	70,17	9,83	-	0
Yttervägg	12	2,0	0,2282	0,5330	441,22	1,066	882,44	149,41	- 116,50	- 56,13
Yttervägg	13	2,0	0,1178	0,1777	404,47	0,355	808,94	49,81	+ 61,15	- 18,74
Bjälklagskanter	14	0,4	0,1678	0,2107	373,27	-	149,31	11,81	-	0
							4,352	9314,16	+ 38,65	- 281,60



Alternativ D  $c = 0,0055 \text{ kr/Wh}$

Byggnadsdel	Area $\text{m}^2$	d m	$k_{20^\circ\text{C}}$ $\text{W/m}^2$	$Q \cdot 10^3$ $^\circ\text{C} \cdot \text{h}$	BK $\text{kr/m}^2$	A · k $\text{W}^\circ\text{C}$	A · BK kr	Q · A · k $\text{kWh/år}$	$L_g \cdot A$ kr	$L_n \cdot A$ kr	
Vindbjälklag	1	10	0,3870	0,0911	348,05	0,911	3480,50	119,70	+ 272,25	+ 132,00	
Bjälklagskanter	2	0,4	0,2780	0,1333	399,72	-	159,88	6,54	-	+ 4,48	
Yttervägg	3	1,5	0,2280	0,1193	430,92	0,179	646,38	21,95	+ 90,35	+ 24,20	
Yttervägg	4	1,5	0,3750	0,3579	520,50	0,537	780,75	65,84	- 28,95	+ 72,59	
Bjälklagskant	5	0,2	0,1500	0,2275	387,00	-	77,40	5,58	-	+ 0	
Yttervägg	6	1,5	0,2460	0,1425	602,56	0,214	903,84	26,21	+ 78,75	+ 28,87	
Socket + källarg.	7	1	0,4620	0,6465	719,90	-	719,90	79,28	-	+ 55,05	
Källarg.	8	1	0,2559	0,6461	615,15	-	616,15	56,60	-	+ 39,30	
Källarvägg	9	1,7	0,1783	0,1772	252,19	-	428,72	26,39	-	+ 29,08	
Socket	10	0,6	0,4105	0,1116	545,26	-	327,16	5,86	-	+ 6,46	
Bjälklagskant	11	0,2	0,1624	0,2118	376,46	-	75,29	5,94	-	+ 0	
Yttervägg	12	2,0	0,4059	0,3348	537,19	0,670	1074,38	93,85	- 17,40	+ 103,45	
Yttervägg	13	2,0	0,2511	0,1116	436,47	0,223	872,94	31,28	+ 94,20	+ 34,47	
Bjälklagskanter	14	0,4	0,3011	0,1238	405,26	-	162,10	6,94	-	+ 4,93	
							2,734	10324,39	551,96	+ 489,20	+ 534,88

#### 6.4 Beräkning av kostnader, värmeförluster och nuvarande lånekorrrektioner vid olika handlingslinjer

##### Alternativ A

De k-värden som anges i SBN och redovisas i k-värdeskolumnen i tabell A blir utslagsgivande.

Hur de olika värdena beräknas framgår av nedanstående beräknings-exempel för vindsbjälklag 1.

$$k = 0,20 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$m = \frac{k}{\lambda} = 5,0 = 1,3 + 25 \cdot d \text{ m}^2\text{°C/W} \rightarrow d = 0,148 \text{ m}$$

$$BK = 290 + 150 \cdot 0,148 = 312,20 \text{ kr/m}^2$$

$$A \cdot k = 10 \cdot 0,20 = 2,000 \text{ W/°C}$$

$$A \cdot BK = 10 \cdot 312,20 = 3122,00 \text{ kr}$$

$$Q \cdot Q \cdot k = 131,4 \cdot 10 \cdot 0,2 = 262,8 \text{ kWh/år}$$

$$\Delta L_g \cdot A = 0$$

$$\Delta L_n \cdot A = 10 \left( \sqrt{150 \cdot \frac{1}{25} \cdot 131400 \cdot 0,002872} - 0,2 \cdot 131400 \cdot 0,002872 \right) = -279,00 \text{ kr}$$

Något extra lånebidrag erhålles ej eftersom något sådant ej utgår då man ligger exakt på SBN:s krav. När det gäller byggnadsdelarna 7 och 8 ingår halva husbredden i angivna storheter. Vissa sorter i tabellhuvudet är därmed ej korrekta men detta är tillrättat i summeringskolumnerna.

När det gäller dessa byggnadsdelar finns i SBN ej några fullständiga krav på hur man skall dimensionera. Den valda lösningen synes dock ej stå i strid till någon av de delkrav som anges och den stämmer också väl överens med praxis - tyvärr.

Angivna k-värden har därefter beräknats med FEMTEMP datorprogram och sammanfattats i matematiska samband som väl stämmer överens med resultaten.

I kolumn A . k har endast redovisats de poster för vilka myndigheterna intresserar sig i dag.

##### Alternativ B

Här är ambitionen att klara SBN:s krav med minsta möjliga egna kapitalinsats.

Beräkningsmetodiken exemplifieras med vindsbjälklaget.

Egen insats  $BK_{red}$  blir:

$$BK_{red} = 290 + 150d - 250 \left( 0,20 - \frac{1}{1,3 + 25d} \right)$$

Efter derivering erhålles minimivärdet på  $BK_{red}$  för  $d = 0,2165$  m

$$BK = 290 + 150 \cdot 0,2165 = 322,48 \text{ kr/m}^2$$

$$k = \frac{1}{1,3 + 25 \cdot 0,2165} = 0,1490 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$L_g$  = lånebidrag enligt nuvarande lånebestämmelser BOFS 1979:76

$$250 (0,20 - 0,1490) = 12,75 \text{ kr/m}^2$$

$$A \cdot BK = 10 \cdot 322,48 = 3224,80 \text{ kr}$$

$$A \cdot k = 10 \cdot 0,149 = 1,490 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

De flesta posterna är dock oförändrade i förhållande till alternativ A därför att de ej beaktas i lånesammanhang.

#### Alternativ $C_A$ , $C_B$ och D

Värmeisoleringen dimensioneras här enligt samband (3). Genom prövning har det c-värde beräknats för vilket  $\Sigma A \cdot BK$  blir lika Alternativ A. Detta c-värde är 0,002872 kr/Wh för fall  $C_A$ , 0,002170 kr/Wh för fall  $C_B$  och 0,0055 kr/Wh i fall D.

Som exempel på hur beräkningarna genomföres beräknas här vindsbjälklaget. Enligt (3) erhålles för  $C_A$

$$m_{opt} = \sqrt{\frac{131400 \cdot 0,002872 \cdot 25}{150}} = 7,931$$

$$k = \frac{1}{7,931} = 0,1261 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$d = \frac{7,931 - 1,3}{25} = 0,2652 \text{ m}$$

$$BK = 290 + 0,2652 \cdot 150 = 329,78 \text{ kr/m}^2$$

$$A \cdot k = 10 \cdot 0,1261 = 1,261 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q \cdot A \cdot k = 131400 \cdot 10 \cdot 0,1261 = 165,70 \text{ kWh/år}$$

$$\Delta L_g \cdot A = 25 \cdot 10 (0,2 - 0,1261) = 184,75 \text{ kr}$$

$$\Delta L_n \cdot A = 0$$

Denna renodlat teoretiska beräkningsgång har inte tillämpats för alla byggnadsdelar av praktiska skäl.

Sålunda har isolertjockleken på bjälklagskanter under lättbetongväggen begränsats till 0,4 gånger tjockleken för ovanförliggande lättbetong för att denna skall vara stabil under murningen.

Likaså har isolertjockleken vid bjälklagskanter i anslutning till trävägg begränsats till tjockleken på träväggens yttre isolerskikt plus 50 mm.

Det är inte helt korrekt att göra det så enkelt när isoleringstjockleken i två byggnadsdelar är beroende av varandra. I själva verket medför en av praktiska skäl motiverad begränsning av tjockleken i den ena att tjockleken i den andra och därmed i båda måste ökas något.

I detta fall skulle dock konsekvenserna av ett korrekt förfarande bli mycket små och det förenklade handlings sättet accepteras därför.

När det gäller bjälklagskanter där isoleringstjockleken är beroende av andra byggnadsdelar har följande resonemang genomförts.

Kostnadsberoendet antas följa samband som anges i bilaga 1, fram till dess att en väsentlig teknisk komplikation inträder d.v.s. till den tjocklek som valts i fall  $C_A$  och  $C_B$ . Här antas en väsentlig extrakostnad inträda språngvis. En teoretisk och även praktisk konsekvens av detta blir att såväl  $C_A$  och  $C_B$  gäller som optimal lösningar som svarar mot  $\Delta L_n = 0$ . För fall D har det i någon punkt varit möjligt att välja större isoleringstjocklek än vad som svarar mot det officiella c-värdet 0,002872 vilket gett ett positivt värde på  $\Delta L_n$ .

#### 6.5 Kommentarer till beräkningsresultat

Av tabell A framgår konsekvenserna av att strikt följa bestämmelserna i SBN.

Det byggnadsavsnitt som studerats kommer alltså då att kosta 9567,38 kr och medföra 1036,34 kWh/år i energiförluster.

Man får inget tillägg i låneunderlaget enligt dagens bestämmelser. Om låneunderlaget bestämdes enligt ⑧ med ett c-värde som ger dagens byggkostnader, skulle den dimensionering av värmeisolering som här använts medföra en välförtjänt reduktion av låneunderlaget med 861,51 kr.

I tabell B presenteras resultatet av att utnyttja befintliga lånebestämmelser så att egen insats blir så låg som möjligt inom SBN:s ram.

Man finner att kostnadsbilden blir något fördelaktigare.

Man pressar sålunda ner byggkostnaden märkbart och klarar även "tillåten" energiförlust med någon marginal.

Men om man synar de olika delposterna finner man vissa brister. Den största av dessa består i att det fortfarande kan uppfattas som en fördel att isolera så lite som möjligt på bjälklagskanter och liknande.

Vidare är det ju alldeles fel att man belönas lånemässigt genom att isolera norrväggen mindre än söderväggen av det skälet att den senare innehåller mer fönster.

Alternativ B uppfattas dock ofta som ideallösningen inte bara av den som avser att förvalta byggnaden ifråga.

Reduktionen av låneunderlaget med 807,57 kr kan emellertid ses som riktigt betyg åt isoleringssatsningen enligt B.

I tabell  $C_A$  visas nämligen den isolering som man borde ha valt inom den byggkostnadsram som erhöles enligt byggnormalternativet A.

Det mest frapperande resultatet vid jämförelse mellan A och  $C_A$  är att man minskar energiförlusterna med 28 % genom att dimensionera enligt ③ i stället för att strikt följa SBN utan att höja byggkostnaden.

För de byggnadsdelar man i dag räknar med, d.v.s. posterna 1, 3, 4, 6, 12 och 13 blir  $\Sigma A \cdot BK = 7273,61$  kr och  $\Sigma Q \cdot A \cdot k = 596,57$  kWh/år vid dimensionering av skikt enligt SBN medan  $\Sigma A \cdot BK = 7211,26$  kr och  $\Sigma Q \cdot A \cdot k = 496,59$  kWh/år då man följer ③.

Detta kan ses som en 17 % energivinst vid en byggkostnadsminskning av ca 0,9 % vilket är ett vackert resultat men ändå måttligt vid jämförelse med vad som erhålles för de övriga i dag försummade byggdelarna.

För dessa blir i SBN fallet  $\Sigma A \cdot BK = 2793,77$  kr och  $\Sigma Q \cdot A \cdot k = 439,77$  kWh/år samtidigt som  $\Sigma A \cdot BK = 2256,14$  kr och  $\Sigma Q \cdot A \cdot k = 249,23$  kWh/år vid dimensionering enligt ③.

Här sparar man alltså ca 43 % energi vid en ökning av byggkostnaden av ca 1,6 %.

Man bör också notera att den sammanlagda energiförlusten genom bjälklagskanter och liknande i SBN fallet är nästan lika stor som energiförlusten genom de byggdelar som myndigheterna intresserar sig för i dag.

Nu torde den bilden inte vara riktigt representativ för dagens "medelhus" eftersom man ofta tar chansen att på känn isolera bättre än vad SBN föreskriver.

Faktum kvarstår ändå att detta är ett område där väsentliga förbättringar skulle kunna göras utan ökade byggkostnader med hjälp av både "piska och morot" från myndigheternas sida enligt ③ och ⑧.



Lösningen enligt  $C_A$  blir dock i viss mån belönad lånemässigt eftersom man i dag får låna 197,15 kr mer än vid alternativ A. Den egna insatsen blir därmed 9370,25 kr. Detta är dock mer än i fall B där huset klarades för den egna insatsen 9269,57 kr vid byggkostnaden 9314,17 kr. Med egen insats avses här kostnadsdel som ej berörs av åtgärder i värmeisoleringsammanhang.

Man finner att även alternativ  $C_B$  med samma byggkostnad som B kräver en större egen insats än B nämligen  $9314,16 - 38,65 = 9275,51$  kr jämfört med 9269,57 kr.

Det är naturligtvis ändå en lysande affär även i dagens läge att gå från B till  $C_B$  eftersom man för de 5,95 kr som man förlorar i statligt lån får 167 kWh/år i minskad energiförlust.

Skillnaden mellan  $C_A$  och D består i att D blivit 756,99 kr dyrare mot att man vunnit 193,86 kWh/år d.v.s. för 3,90 kr sparas 1 kWh/år under byggnadens hela livslängd.

Motsvarande förändring från  $C_B$  till D ger 1 kWh/år för 3.38 kr.

En marginell förändring vid  $C_A$ ,  $C_B$  och D svarar mot 2,87, 2,17 och 5,50 kr/kWh som direkt framgår av c-värdena.

I alternativ D finner man en del isoleringstjocklekar som idag kanske ter sig orealistiska. Orsaken till det är främst att de är oprövade vilket i sin tur beror på att ingen frågat efter dem.

Men det finns ingenting som talar emot att man skulle kunna åstadkomma de konstruktioner som framräknats. Ock om det mot förmodan skulle visa sig att besvärliga produktionstekniska eller funktionella problem skulle uppstå tas i (3) och (8) automatiskt riktig hänsyn till detta sedan detta beaktats i indata.

## 6.6 Inverkan av olika energikostnadsutvecklingar

Hur påverkas nu den ekonomiska situationen i de olika alternativ som genomräknats vid olika energiprisutvecklingar?

Att  $C_A$  är till fördel framför A och att  $C_B$  är bättre än B måste betraktas som odiskutabelt eftersom man i alternativen  $C_A$  och  $C_B$  sparar betydligt mera energi än i fallen A och B vid oförändrade byggnadspriser.

Detta är det primära resultatet av den dimensioneringsprincip som presenteras här, nämligen att man förbrukar mindre energi inom en viss byggkostnadsram genom att dimensionera värmeisolering med hjälp av (3) än om man använder någon annan metod.



Men om nu två personer delar en upphittad femma på det sättet att den ene får 7 kr och den andre måste betala 2 kr är det svårt för den senare att inse att han egentligen varit med om att dela 5 kr.

För att förhindra sådana konsekvenser av den goda saken att spara energi fordras regler som reglerar hur den erhållna fördelen fördelas på olika parter.

Det är för detta ändamål som sambandet ⑧ uppställts. Det reglerar det viktiga förhållandet mellan låntagare och långivare på sådant sätt att båda parter får nytta av energisparandet.

Men nu är det ju så att både ③ och ⑧ bygger på en energikostnadsprognos som kan visa sig vara felaktig.

Detta kan liknas vid att de båda personer som upphittade en femma så småningom blir varse om att de vid samma tidpunkt haft chansen att hitta ytterligare en krona.

Om och hur en sådan fadäs skall rättas till är i och för sig en intressant fråga men det är en annan historia.

I nedanstående sammanställning över kostnadskonsekvenserna för inblandade parter i alternativen A, B, C<sub>A</sub>, C<sub>B</sub> och D förutsättes således att den myndighet som lämnat lån och samtidigt bestämt isoleringsnivå står vid vad som en gång sagts d.v.s.

$c = 0,002872$  skall gälla även vid återbetalning av lån enligt ⑧.

Som ett alternativ knutet till nuvarande läneregler antas räntan vara 3,4 % det första året för att höjas med 0,25 % årligen. För lån på överskjutande del förutsättes genomgående 12 % ränta.

Energipriset antas öka med 4 % årligen utgående från dagsvärdena 8,21 och 15,74 öre/kWh.

Resultatet för de alternativ som undersökts kan sammanfattas i följande tabeller.

Alternativ	Byggkostnads- diff. (kr)	Energi- diff. (kWh/år)	Nuv. statslåne- diff. (kr)	Statslåne- differens enl. ⑧ (kr)
A	0	290,52	0	861,51
B	- 253,21	271,74	44,60	- 807,57
C <sub>A</sub>	0	0	197,15	0
C <sub>B</sub>	- 253,22	107,70	38,65	- 281,60
D	+ 757,01	- 193,86	489,20	+ 534,80

BOFS 1980:8 § 24 gäller

Dagens energikostnad 8,21 öre/kWh.

Ar 1

Alternativ	Energi kostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	24,33	0	35,74	60,07
B	22,76	1,52	0	24,28
C <sub>A</sub>	0	6,70	12,08	18,78
C <sub>B</sub>	8,77	1,31	0,72	10,80
D	- 16,23	16,23	32,13	32,53

Ar 15

Alternativ	Energi kostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	42,58	0	35,74	78,32
B	39,83	3,19	0	43,02
C <sub>A</sub>	0	14,10	12,08	26,18
C <sub>B</sub>	13,46	2,76	0,72	16,94
D	- 28,40	34,98	32,13	38,71

BOFS 1980:8 § 24 gäller.

Dagens energipris 15,74 öre/kWh.

Ar 1

Alternativ	Energi kostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	46,64	0	35,74	82,38
B	43,63	1,52	0	45,15
C <sub>A</sub>	0	6,70	12,08	18,78
C <sub>B</sub>	16,81	1,31	0,72	18,84
D	- 31,12	16,63	32,13	17,64

Ar 15

Alternativ	Energi kostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	81,63	0	35,74	117,37
B	76,36	3,19	0	79,55
C <sub>A</sub>	0	14,10	12,08	26,18
C <sub>B</sub>	25,81	2,76	0,72	29,29
D	- 54,45	34,98	32,13	12,66

Förslag till nya låneregler gäller.

Dagens energipris 8,21 öre/kWh.

Ar 1

Alternativ	Energikostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	24,33	- 24,33	103,38	103,38
B	22,76	- 22,76	66,52	66,52
C <sub>A</sub>	0	0	0	0
C <sub>B</sub>	8,77	- 8,77	3,41	3,41
D	- 16,23	+ 16,23	26,67	26,67

Ar 15

Alternativ	Energikostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	42,58	- 42,58	103,38	103,38
B	38,83	- 38,83	66,52	66,52
C <sub>A</sub>	0	0	0	0
C <sub>B</sub>	13,46	- 13,46	3,41	3,41
D	- 28,40	+ 28,40	26,67	26,67

Förslag till nya låneregler gäller.

Dagens energipris 15,74 öre/kWh.

Ar 1

Alternativ	Energikostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	46,64	- 24,33	103,38	125,69
B	43,63	- 22,76	66,52	87,39
C <sub>A</sub>	0	0	0	0
C <sub>B</sub>	16,81	- 8,77	3,41	11,45
D	- 31,12	+ 16,23	26,67	11,78

Ar 15

Alternativ	Energikostnad kr/år	Statligt lån kr/år	Banklån kr/år	$\Sigma$ kr/år
A	81,63	- 42,58	103,38	142,43
B	76,36	- 38,83	66,52	104,05
C <sub>A</sub>	0	0	0	0
C <sub>B</sub>	25,81	- 13,46	3,41	15,76
D	- 54,45	+ 28,46	26,67	0,89

## 6.7 Kommentarer

Av de tabeller där BOFS 1980:8 gäller kan man dra följande slutsatser.

Det är till fördel att dimensionera värmeisoleringen enligt ③ även vid nuvarande lånebestämmelser.

Den ökning av låneunderlaget man erhåller genom att värmeisolera konsekvent och riktigt står dock inte alls i proportion till den energibesparing som erhålles.

Alternativ  $C_B$  förefaller med nuvarande lånebestämmelser således inte särskilt mycket alternativare än B trots att  $C_B$  är helt överlägset ur energisynpunkt.

En intressant iakttagelse är att alternativet D blir så fördelaktigt enligt dagens lånebestämmelser. Det måste anses representera en isoleringsnivå som ligger åtskilligt högre än vad som gäller idag.

Eftersom denna nivå sannolikt ändå är vad man borde välja framstår för gällande lånebestämmelser som relativt framstegsinriktade.

Denna tolkning kanske inte är helt utesluten men den verkliga förklaringen är ändå snarare att den ränta som krävs för ett statligt lån är så låg att det lönar sig att ösa på tämligen ohämmat med isolering. Anledningen till att detta ändå utnyttjas i så liten utsträckning torde vara att man stöter i eller redan passerat lånetaket.

Men det är ändå så att det förslag till ny låneregul ⑧ som har presenterats är mera precis och kraftfull när det gäller att ta till vara på de ekonomiska fördelar som ligger i att värmeisolera byggnader effektivt.

Detta framgår tydligast av skillnaden mellan den ur isolerings-synpunkt dåliga gruppen A och B jämfört med  $C_A$ ,  $C_B$  och D i de tabeller där förslaget till ny låneregul tillämpats.

Här framgår också att alternativet D inom den tidsrymd som studerats är mindre fördelaktigt än  $C_A$  vilket ju är riktigt eftersom  $C_A$  är den lösning som ansetts vara den rätta vid betalningstillfället.

Men det är också riktigt att alternativet D så småningom blir fördelaktigare än  $C_A$  om den verkliga energiprisutvecklingen stämmer överens med vad som förutsatts i D.

Av samma skäl skall också  $C_A$  med tiden bli allt ofördelaktigare än  $C_B$  vilket också framgår av den sista tabellen.

De energiprognoser som tillämpats torde nog allmänt anses som väl optimistiska. De har ändå visat sig vara tillräckliga för att påvisa att god isolering ger utrymme för rimlig förräntning av tillhörande investering.

Mot ovanstående slutsatser kan invändas att tabellunderlaget bygger på antagna siffror.

Det är riktigt. Men tabellunderlaget är också tillräckligt för att man med hjälp av enkla proportioneringar skall kunna se konsekvenserna av andra sifferkombinationer.

Man skall då finna att alla rimliga sifferkombinationer talar för följande slutsatser.

Genom att förbättra effektiviteten och sannolikt höja nivån för värmeisolering av byggnader kan vi i betydande utsträckning göra oss mindre beroende av olja.

Med ökade oljepriser kan man också få god förräntning av de eventuella kostnadsökningar ovanstående åtgärder medför. Dessa intäkter har dock sin tyngdpunkt så långt fram i tiden att de inte är särdeles intressanta ur privatekonomisk synpunkt.

Det är dock mycket angeläget ur nationalekonomisk synpunkt att den besparingsmöjlighet som ligger i effektiv isolering av byggnader tas till vara på bästa sätt.

Därför är det nödvändigt att staten ställer medel till förfogande i lämplig omfattning till detta ändamål.

Det är väsentligt att dessa medel användes så effektivt som möjligt, vilket alltid blir följden av att värmeisoleringen dimensioneras enligt (3).

Det är också viktigt att man så långt möjligt förhindrar att dessa medel missbrukas på något sätt. Detta sker bäst genom att omfattningen regleras med hjälp av samband (8).

En mycket betydelsefull konsekvens av ovanstående dimensioneringsregler är också att varje byggnadsteknisk lösning som en gång konstaterats vara acceptabel automatiskt helt befrias från sifferexercis både i byggnadstekniska och ekonomiska sammanhang.



## 6.8 Värme kapacitet, täthet m.m.

Transmissionsförlusterna genom en byggnads klimatskal är ju bara en del av energibalansproblemet för byggnaden i fråga.

Därmed handlar naturligtvis de optimeringsregler som beskrivits här enbart om en deloptimering och mot sådana brukar man kunna rikta besvärande invändningar.

Men värmeisoleringsfrågan behandlas med fördel separat och den påverkan som erhålles från installationer m.m. kan med tillräcklig noggrannhet beaktas genom korrigerig av någon av de förutsättningar som ingår i optimeringssammanhanget.

Den populäraste invändningen mot värmeisoleringsberäkningar torde vara att det går ju i dag ut så lite energi genom väggar och tak att det inte är så mycket att bråka om.

Det är riktigt att det ofta finns större energiförlustposter än värmetransmissioner. Men detta innebär ju inte att den frågan inte bör lösas så bra som möjligt.

Man bör också beakta att transmissionsförlusternas relativa andel ökar allt eftersom problemen med exempelvis täthet, ventilation och värmeåtervinning löses. I en situation där vi tvingas minska på komfortkraven kan isoleringens betydelse öka ytterligare.

Men det är sant att det inte är mycket att bråka om. Med de samband som nu presenterats tar man på enklaste sätt hänsyn till vad vi i dag känner till i frågan. Ger utvecklingen oss anledning att ändra uppfattning i någon punkt är det bara att ändra lämplig koefficient.

En annan invändning är att det teoretiska k-värdet betyder mindre än väggens täthet.

Ja visst kan det förhålla sig på det sättet men då är det nog snarast fråga om en dålig konstruktion eller ett fåligt utförande.

Men om det är så att det i en viss lösning är stor risk att luftströmmen i isoleringen försämrar denna borde hänsyn tas till detta genom att  $\lambda$ -värdet höjes eller konstruktionen ändras. Att söka ökad kunskap inom det området är en av de frågor man skulle kunna ägna sig åt i stället för omfördelningsberäkningar.

Man bör i detta sammanhang dock beakta att all transmission är till nackdel medan frisk luft upp till en viss nivå i regel är önskvärd, låt vara att det kan vara till fördel att veta vart den kommer in.

En vanligt förekommande uppfattning är också att hög värme kapacitet i ytterväggen på något sätt minskar behovet av värmeisolering hos väggen ifråga.

Det är riktigt först när denna kapacitet utnyttjas för att exempelvis ta hand om överskottsenergi under dagtid för att värma byggnaden under natten. Till sådana lösningar av energiförsörjningen inom en byggnad tas vederbörlig hänsyn vad gäller värmeisolering genom att Q-värde och c-värde anpassas den aktuella situationen.



Man bör också beakta att det inte är värmekapaciteten i ytterväggen som är det intressanta i detta sammanhang utan kapaciteten hos stommen i sin helhet samt ytor och övergångsmotstånd på dessa högkapacitiva byggnadsdelar.

Att en tung yttervägg i dag oftast är en förhållandevis tät yttervägg är en helt annan sak.

## 7. TILLÄGGSISOLERING

Även för tilläggsisolering bör samma ekonomiska villkor gälla som vid nyproduktion. Man bör alltså isolera intill dess att den sista inbesparade kilowattimmen kostar  $c$  kr.

Den tilläggsisolerade väggen får därmed  $k$ -värdet

$$k_1 = \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (10)$$

Om den ursprungliga konstruktionen hade  $k$ -värdet  $k_0$  erhålles nuvärdet av energivinsten enligt följande samband:

$$\begin{aligned} N_E &= Q \cdot c \left( k_0 - \sqrt{\frac{P \cdot \lambda}{Q \cdot c}} \right) = k_0 \cdot Q \cdot c - \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \\ &= \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \left( \frac{k_0}{k_1} - 1 \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Byggkostnaden för åtgärden ifråga består dels av en post  $A_1$  kr/m<sup>2</sup> för ett eventuellt ytskikt med alla kostnader detta medför samt kostnaden för isoleringsmaterialet ifråga.  $I_1$  kr/m<sup>2</sup>

$$I_1 = P \cdot \left( \sqrt{\frac{Q \cdot \lambda \cdot c}{P}} - \frac{\lambda}{k_0} - m_1 \cdot \lambda \right)$$

där  $m_1$  (m<sup>2</sup>°C/W) är värmemotståndet för ytskiktet  $A_1$  vari inräknas alla skikt i tilläggskonstruktionen som ej ingår i det isolerings-skikt som kännetecknas av  $P$ - och  $\lambda$ -värdena.

För att en tilläggsisoleringsåtgärd skall vara sund ur ekonomisk synpunkt gäller att

$$A_1 + I_1 < N_E \quad \text{d.v.s.}$$

$$A_1 + \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} - \frac{P\lambda}{k_0} - m_1 \cdot \lambda P <$$

$$k_0 \cdot Q \cdot c - \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c}$$

$$A_1 < k_0 \cdot Q \cdot c + \frac{P \cdot \lambda}{k_0} + m_1 \cdot \lambda \cdot P - 2\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \quad (12)$$

$m_1$  är oftast försumbart i jämförelse med den precision varmed  $A_1$  kan bestämmas vilket innebär att

$$A_1 < \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \left( \frac{k_0}{k_1} + \frac{k_1}{k_0} - 2 \right) \quad (13)$$

Efter detta enkla samband borde varje tilläggsisoleringsåtgärd bedömas och om  $A_1$  sålunda visar sig vara större än det högra ledet bör åtgärden ifråga ej genomföras.

För gränsfallet att  $A_1$  är lika med högra ledet blir byggkostnaden  $A_1 + I_1$

$$A_1 + I_1 = \sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \left( \frac{k_0}{k_1} - 1 \right)$$

D.v.s. detsamma som nuvärdet av energivinsten enligt (11).

Detta innebär att om staten ställer följande energilån till förfogande

$$\sqrt{P \cdot \lambda \cdot Q \cdot c} \left( \frac{k_0}{k_1} - 1 \right) \text{ kr/m}^2 \quad (14)$$

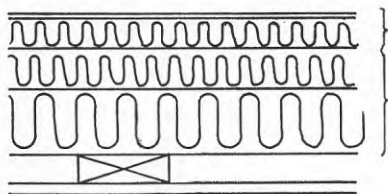
täcks därmed byggkostnaden för varje ekonomiskt sund tilläggsisoleringsåtgärd samtidigt som lånet betalas tillbaka genom den årliga oljeräkningsminskningen på samma sätt som energilånet för isolering av nya hus.

## 8. SEKTIONSKOSTNADER FÖR BYGGDELAR

1. Vindsbjälklag

$$BK = 290 + 150 d \text{ kr/m}^2$$

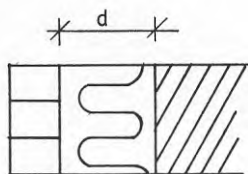
$$m = 1,3 + 25 d \text{ m}^{20} \text{C/W}$$



0,05 Byggmatta  
RW 507

d  
RW 331

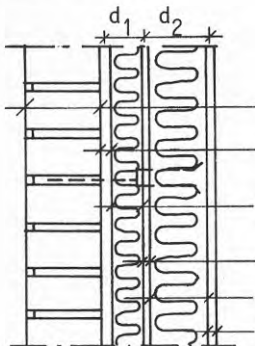
Plastfolie  
Pd nät + gips

2,14 Bjälklagskant vid tvärvägg

Fasadtegel  
20 luftspalt  
d mineralullsskiva  
RW 1-271  
Betong

$$BK = 333 + 240 d \text{ kr/m}^2$$

$$m = 0,55 + 25 d \text{ m}^{20} \text{C/W}$$

3,13 Trävägg

120 fasadtegel  
20 luftspalt

d<sub>1</sub> mineralullsskiva RW 1-271

9 gipsskiva typ GNU

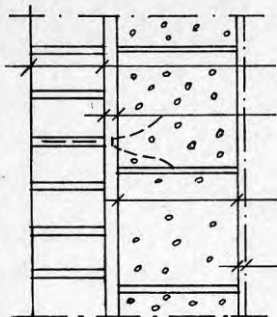
d<sub>2</sub> mineralullsskiva RW 331 +  
stående regelstomme

Diff.spärr + 13 gipsskiva

$$BK = 333 + 240 d_1 + 360 d_2 \text{ kr/m}^2$$

$$m = 0,55 + 25 d_1 + 17,78 d_2 \text{ m}^{20} \text{C/W}$$

#### 4,12 Lättbetongvägg

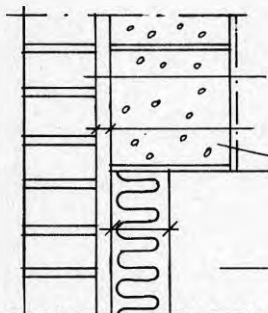


- 120 fasadtegel
- 20 luftspalt
- d tunnfogsblock
- tunnputs

$$BK = 318 + 540 d \text{ kr/m}^2$$

$$m = 0,45 + 6,25 d \text{ m}^2\text{C/W}$$

#### 5.11 Bjälklagskant vid lättbetong

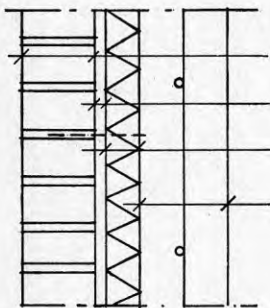


- 120 fasadtegel
- 20 luftspalt
- lättbetong
- d RW 337
- betong

$$BK = 318 + 360 d \text{ kr/m}^2$$

$$m = 0,45 + 26,3 d \text{ m}^2\text{C/W}$$

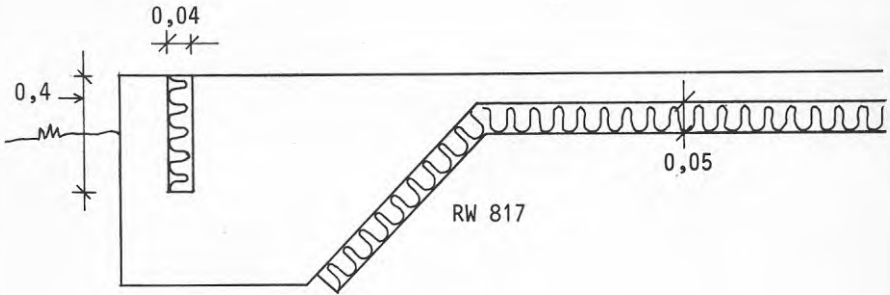
#### 6. Betongvägg



- 120 fasadtegel
- 20 luftspalt
- d motgjuten min. upp RW 337
- 150 betong, armering  $4 \text{ kg/m}^2$
- $BK = 514 + 360 d \text{ kr/m}^2$
- $m = 0,55 + 26,3 d \text{ m}^2\text{C/W}$

## 7. Sockel + källargolv mot norr

"Normlösning"

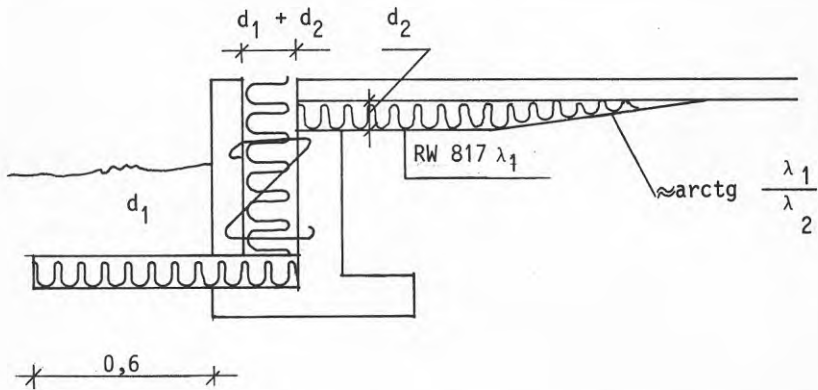


$V = \text{total isoleringsvolym m}^3/\text{löp m}$  räknat från fasad till byggnadens centrum

$BK = 500 + 450 V \text{ kr/m}$

$m = 0,8078 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

Eftersträvansvärd lösning



$\lambda_2 = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

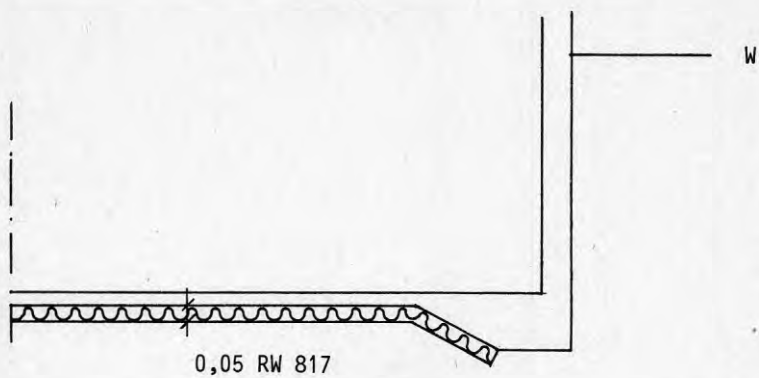
$BK = 512 + 450 V \text{ kr/m}$

$k = \frac{0,45}{\sqrt{V + 0,0225}} \text{ W/m}^\circ\text{C}$



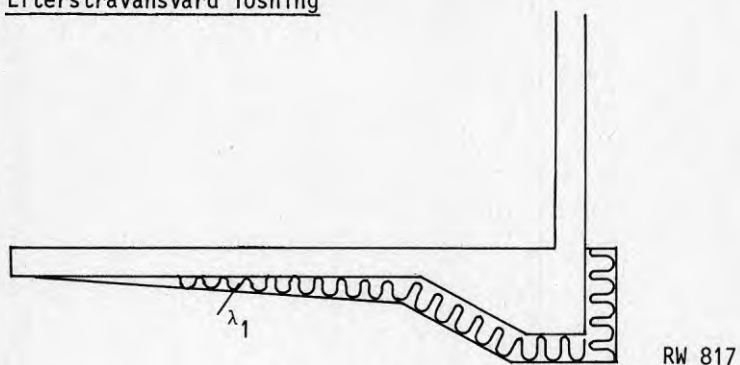
## 8. Källarvägg mot norr

"Normlösning"



$$BK = 500 + 450 \text{ V kr/m}$$

$$m = 1,4164 \text{ m}^\circ\text{C/W}$$

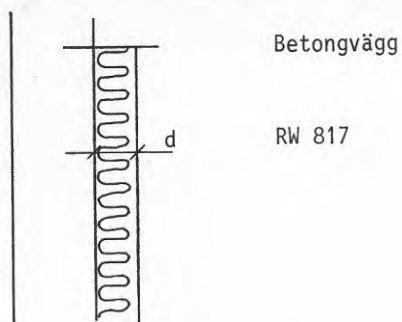
Eftersträvansvärd lösning

$$\lambda_2 = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$BK = 500 + 450 \text{ V kr/m}$$

$$k = \frac{0,38}{\sqrt{V + 0,09}} \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

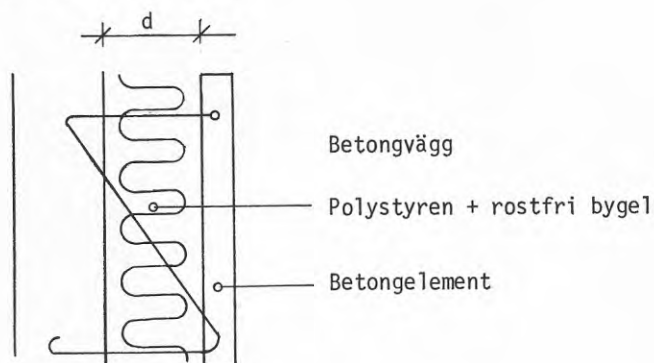
### 9. Källargolv under mark



$$BK = 188 + 360 \text{ kr/m}^2$$

$$m = k,4 + 23,8 \text{ d m}^{20}\text{C/W}$$

### 10. Sockel mot norr



$$BK = 496 + 120 \text{ d kr/m}^2$$

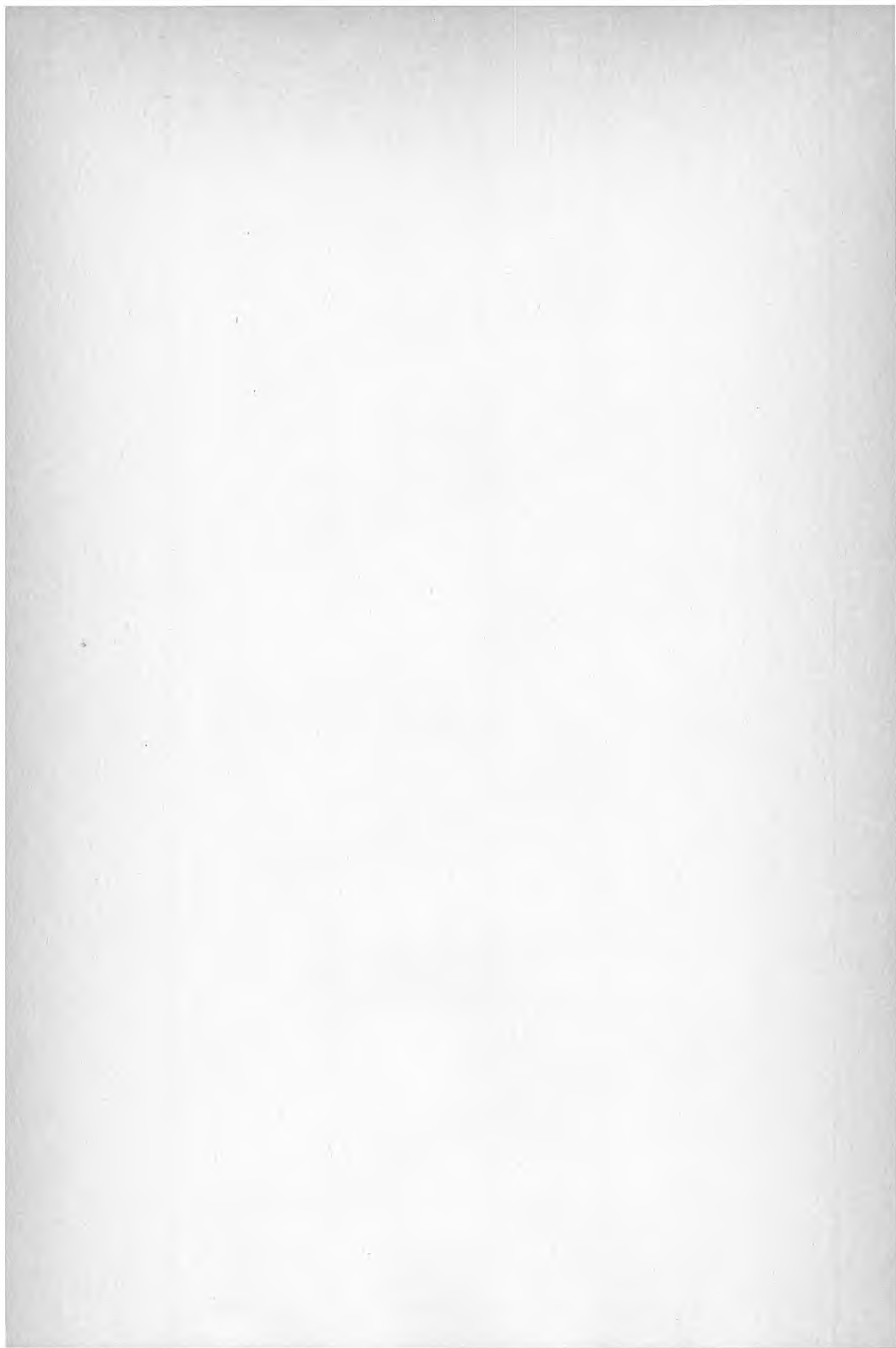
$$m = 0,75 + 20 \text{ d m}^{20}\text{C/W}$$

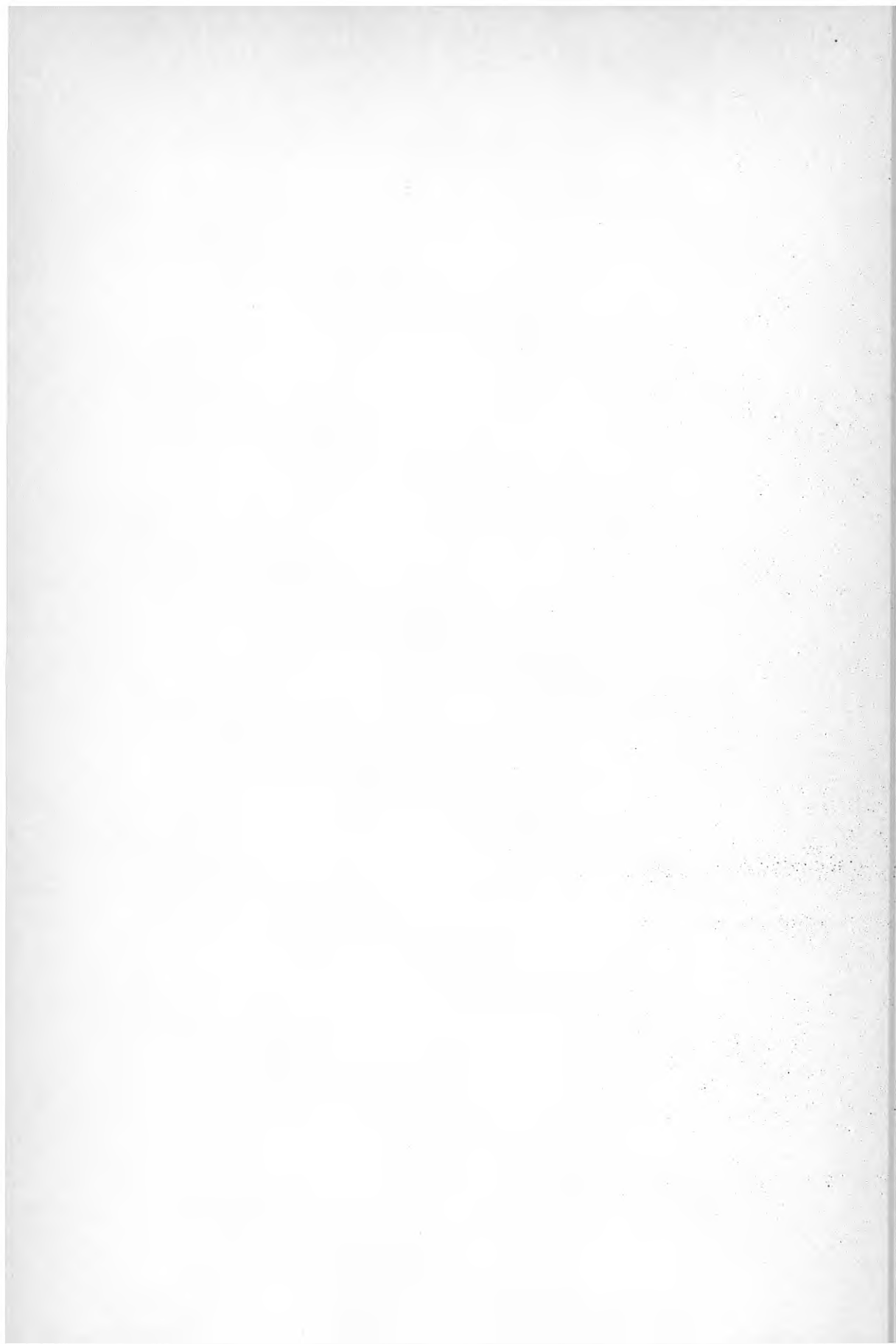
## LITTERATURFÖRTECKNING

Svensk Byggnorm 1975 (SBN 75)

Bostadsfinansieringsförfordningar (BOFS 1980:8)

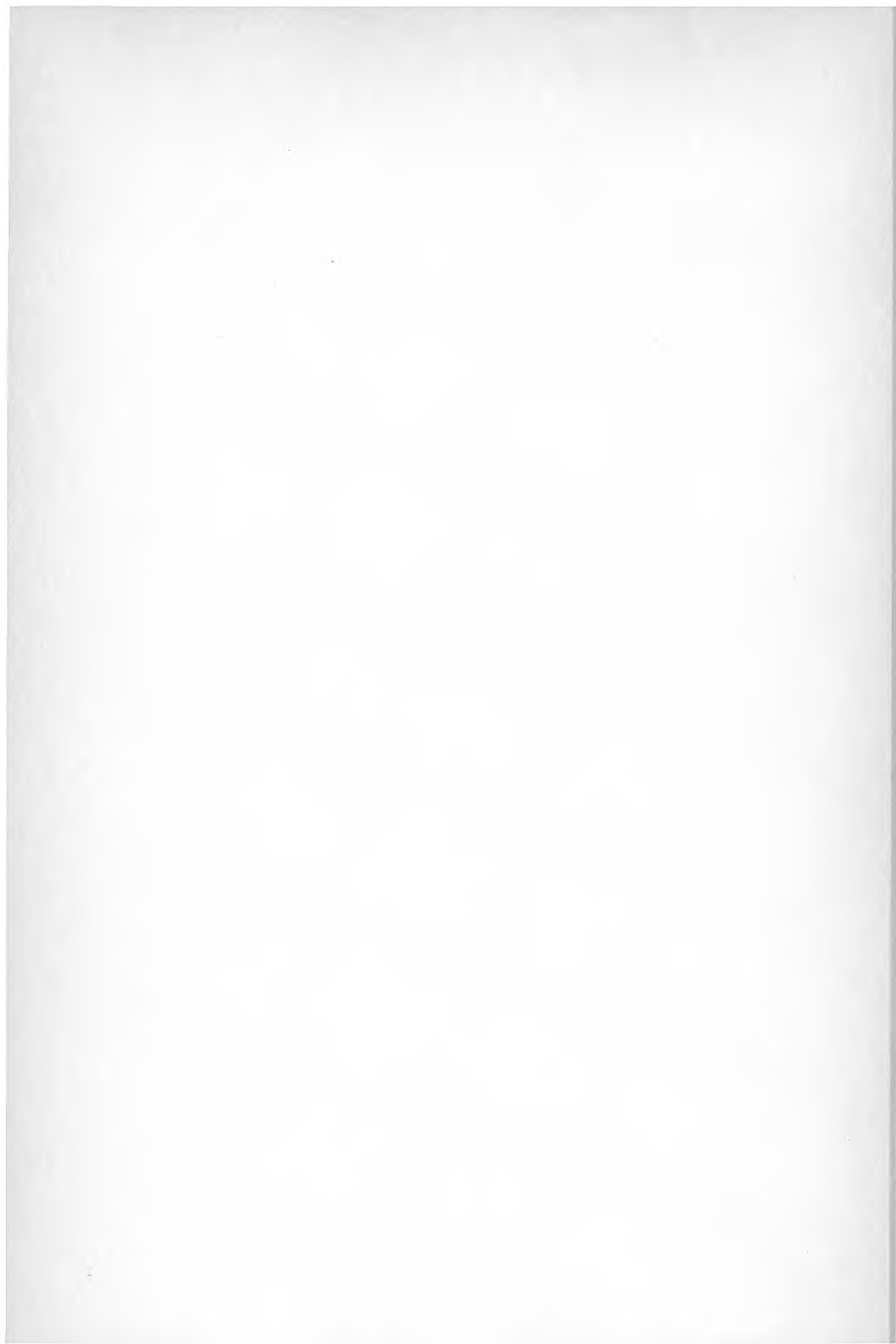


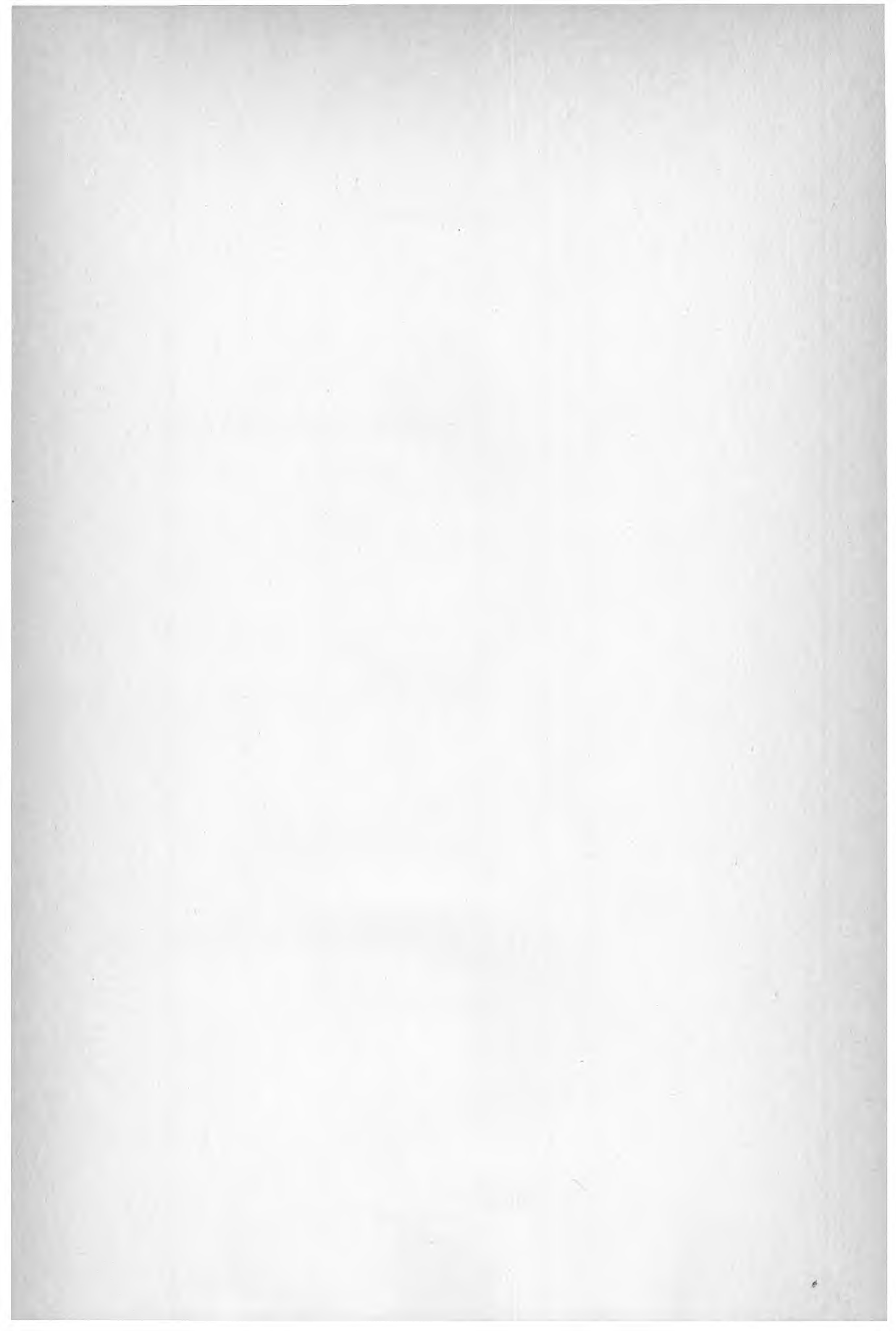














Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791736-8 från Statens råd för byggnadsforskning till Arne Johnsson Ingenjörbyrå AB, Stockholm.

R18: 1981

ISBN 91-540-3443-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700318

Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms