



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

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



# Rapport

# R99:1984

## Livscykelkostnader för byggnader

### Ingmar Öfverholm

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Sev

R  
CAN

**BYGGDOK**

Sankt Eriksgatan 46

112 34 Stockholm

tel: 08-617 74 50

fax: 08-617 74 60

Bygghforskningsrådet

R99:1984

LIVSCYKELKOSTNADER FÖR BYGGNADER

Ingmar Öfverholm

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830562-2  
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingmar Öfver-  
holm, Wien, Österrike

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

R99:1984

ISBN 91-540-4196-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984



## Förord

Föreliggande rapport är baserad på rön som gjorts internationellt under en tioårsperiod. De har sammanställts i avhandlingen "Optimierung der Bau- und Folgekosten von Gebäuden". Rapporten bygger på avhandlingen men den innehåller också nya synpunkter.

För att främja utvecklingen innehåller framställningen dels flera förslag som behöver vidarebearbetas, dels omfattar den underlag av handledningskaraktär. Bland förslagen märks främst modell till omvandling av följdkostnader till nuvärden och skapande av godhetstal.

Till alla som hjälpt mig i detta arbete framför jag mitt varma tack och jag vänder mig då främst till min handledare i Wien, professor Wolfgang Oberndorfer, till M René Urien, Paris samt till professor Paulsson Frenckner, vilka bistått med goda råd.

Ett särskilt tack går till Bo Mattsson i konsultgruppen Octopus, Göteborg. Han svarar för bilagorna 7, 10, 12, 16-19 och 21-23.

Wien i mars 1984

Ingmar Öfverholm



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>Begreppsförklaringar</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Inledning</b>	<b>15</b>
3.1	Bakgrund	15
3.2	Syftet med rapporten	16
3.3	Medel för att minska livscykelkostnaderna	17
3.3.1	Sänkning av livscykelkostnader vid oförändrad investering	17
3.3.2	Sänkning av livscykelkostnader genom ökning av investeringen	17
<b>4</b>	<b>Det aktuella kunskapsläget</b>	<b>19</b>
4.1	Exempel från USA	19
4.2	Exempel från England	21
4.3	Exempel från Frankrike	21
4.4	Exempel från Västtyskland	22
4.5	Exempel från internationella organisationer	24
4.6	Exempel från Danmark	24
4.7	Exempel från Sverige	25
<b>5</b>	<b>Systemanalytiska synpunkter</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Livscykelkostnader</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Energianvändning</b>	<b>37</b>
7.1	Målsättningar vid energianvändning	37
7.2	Energi för uppvärmning	37
7.3	Stabilitet i beräkningsmetoder	42
7.4	Synpunkter på nedkylning av byggnader	43
7.5	Energigodhet	44
<b>8</b>	<b>Städning</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Underhåll</b>	<b>49</b>
9.1	Omfattning av underhåll	49
9.2	Tidpunkt och kostnad för underhållsåtgärder	50
<b>10</b>	<b>Modernisering och anpassning</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>Övriga följdkostnader</b>	<b>53</b>
<b>12</b>	<b>Omvandling av följdkostnader till nuvärden</b>	<b>55</b>
12.1	Pay-back-metoden	55
12.2	Diskonteringsför farandet	55
12.3	Faktorer som bör ingå i en beslutsmodell	58
12.4	Förslag till modifierad omvandling av följdkostnader till nuvärden	60
12.5	Rangordning av alternativ	62
<b>13</b>	<b>Index för energi och arbeten under nyttjandefasen</b>	<b>65</b>

<b>14</b>	<b>Styrning av livscykelkostnader</b>	<b>69</b>
14.1	Styrning av värde och kostnader (investering)	69
14.2	Styrmedel	71
14.2.1	Styrmedel för energigodhet	71
14.2.2	Styrmedel för städninggodhet	72
14.2.3	Styrmedel för underhållsgodhet	72
14.3	Styrning av ytor	74
14.4	Måttstock för godhet	75
14.4.1	Måttstock för energigodhet	75
14.4.2	Måttstock för städninggodhet	75
14.4.3	Måttstock för underhållsgodhet	76
14.4.4	Måttstock för nyttjandegodhet	76
14.5	Inverkan av osäkerhet vid val av alternativ	77
14.6	Utbytesmöjligheter mellan investering och följdkostnader	78
14.7	Styrmedel i samband med tävlingar	78
14.7.1	Tävlingen "Den goda bostaden i 80-talets ekonomi"	79
14.7.2	Förslag till tävling med beaktande av livscykelkostnader	79
14.8	Undersökning av genväret från projektören på styrmedel för livscykelkostnader	80
14.9	Insamling av jämförelsedata för investering och följdkostnader	81
<b>15</b>	<b>Livscykelkostnader för en kontorsbyggnad</b>	<b>83</b>
<b>16</b>	<b>Exempel på beräkning och presentation av alternativ</b>	<b>87</b>
<b>17</b>	<b>Indelning och bearbetning av följdkostnader</b>	<b>89</b>
<b>18</b>	<b>Insamling av data</b>	<b>95</b>
<b>19</b>	<b>Rationalisering under nyttjandefasen</b>	<b>99</b>
19.1	Användning av energi	99
19.2	Städning	99
19.3	Planering och genomförande av underhållsåtgärder	99
19.4	Incitament för att minska följdkostnader	100
<b>20</b>	<b>Kostnad - värden</b>	<b>101</b>
<b>21</b>	<b>Begrepp och förklaringar</b>	<b>103</b>
21.1	Värdekomplexet	103
21.1.1	Begreppet godhet	103
21.1.2	Begreppet godhetstal	103
21.2	Kostnadskomplexet	103
21.2.1	Kostnadernas omfattning	103
21.2.2	Kostnadsindex	104
21.2.3	Begreppet livscykel	104
21.2.4	Omvandling av följdkostnader till nuvärden	104
21.3	Finansieringskomplexet	104
21.4	Avtalskomplexet	104
<b>22</b>	<b>Förslag till vidare åtgärder</b>	<b>105</b>
22.1	Handledning för byggherrar och projektörer om livscykelkostnader	105
22.2	Insamling av data	105
22.3	Godhetsal	106
22.4	Städområdet	106
22.5	Kostnadsindex för underhåll	107

22.6	Kostnader och intervall för underhåll	107
22.7	Tålighetsansvar	107
22.8	Inverkan av skatter och markkostnader	107
<b>23</b>	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>109</b>
<b>24</b>	<b>Bilageförteckning</b>	<b>117</b>





## 1

## BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Nedanstående begreppsförklaringar har framtagits i samarbete med Paulsson Frenckner och i anslutning till Frenckner (1984).

**Investering  
(grund-  
investering)**

Med investering avses en disposition av kapital med betalningskonsekvenser under en längre tid. Alla till uppförandet av en byggnad eller anskaffningen av en utrustning hänförliga kostnader (utbetalningar) betraktas som en del av investeringen. Definitionen har tillkommit för att man skall kunna föra kapitalkostnaderna för sig och sätta dem mot följdkostnaderna. Detta möjliggör en renodlad optimering av investering och följdkostnad.

**Följdkostnad  
(fortsättning-  
kostnad)**

Framtida kostnader (utbetalningar) som är en följd av investeringen i ett projekt. Häri ingår ej kostnader för ränta och avskrivning på den ursprungliga investeringen, ej heller räntebetalningar och amortering på lån som tagits för densamma.

**Livscykel**

Den tänkta förutsedda längden för utnyttjande av värdena i ett projekt.

**Livscykel  
kostnader**

Summan av investering och följdkostnader under livs-  
cykeln. Härvid förutsättes att följdkostnaderna om-  
vandlats till nuvärdet enligt fastlagda regler.

**Nuvärde**

Framtida betalnings värde idag.

**Utnyttjandet** Nettoarea i procent av bruttoarea.

**Kompakthet**

Bruttoarea över jord i procent av fasadyta plus takyta. Definitionen skiljer sig från den konventionella genom att takytan inkluderats.



Under senare år har uppmärksamheten allt mer riktats mot kostnaderna under nyttjandet av en byggnad - **följtkostnaderna**. I föreliggande rapport fogas följkostnaderna till byggkostnaden - **investeringen** - under begreppet **livscykelkostnader**. Dessa termer utgör det fundament på vilket rapporten bygger. Man talar om att finna den bästa lösningen på investering och följkostnad eller med andra ord att optimera de båda, vilket är ett tema som går genom hela rapporten. Hur mycket skall man kosta på sig nu för att spara utgifter för kommande generationer? Byggnader har en lång livscykel och följkostnaderna får därigenom en stor betydelse. Storleken beror på den modell man väljer för omvandling av följkostnader till nuvärdet. Vanliga diskonteringsformler och höga räntesatser leder till tekniska lösningar som man ställt sig frågande inför. Under åren har man stegvis ändrat omvandlingsmodellerna genom att välja lägre räntesatser. Härigenom har en flora av räntesatser uppstått, som gjort det svårt att tyda de relativt få tillgängliga uppgifterna om följkostnader.

Även andra faktorer har bidragit till dataförbistringen. Principiellt påverkas följkostnaderna av kostnadsorsakande egenskaper i byggnaden, nyttjandet av byggnaden samt omvärlden. De kostnadsorsakande egenskaperna utgörs t ex av konstruktioner med kort livslängd, förekomsten av svårstädade ytor och bristen på värmeisolering. Nyttjandet kan vara mer eller mindre intensivt och sträcka sig över t ex ett eller två skift. Omvärlden påverkar byggnaden genom t ex yttre temperatur, regn och vind. Alla dessa faktorer bör man ta hänsyn till vid beräkningen av följkostnader. Vid optimeringskalkyler bör dock endast de kostnader tas med som projektörerna kan påverka, vilket gör att följkostnader för t ex vatten, avlopp, avfallshantering och städning av lösa inventarier helt eller delvis bör lämnas åt sidan.

För att belysa var man står i olika länder beträffande livscykelkostnader lämnas exempel från USA, England, Frankrike, Västtyskland, Danmark, Sverige och internationella organisationer. Problemen är i stort desamma men ansträngningar och lösningar skiljer sig från land till land.

De tre tunga posterna bland följkostnaderna är energi, städning och underhåll. Inom energiområdet finns metoder för optimering av en byggnads värmeisolerande egenskaper. Tillförlitliga resultat kan erhållas om man tar hänsyn till gratisvärmens från bl a solinstrålning. Vad gäller städning är dess omfattning relativt dåligt definierad, varför den beräkningsmetod som presenteras bör omprövas. Uppmärksamheten fästes på de relativt höga kostnaderna för städning av s k hygienytor, dvs toaletter, omklädningsrum etc. Underhåll har ägnats mycket intresse under åren, men trots detta saknas stabilitet i beräkningsmetoderna. Detta beror delvis på att man försummat inverkan av nyttjande och omvärld.

Förebyggande åtgärder för att minska kostnaderna för anpassning av en byggnad till nya verksamheter berörs också. Lönsamhet för sådana åtgärder är omdiskuterad.

Beträffande övriga följdkostnader betonas att inverkan av skatter ej behandlats i denna rapport.

Att åstadkomma stabila förhållanden vid beräkning av följdkostnader måste vara en målsättning för fortsatt verksamhet inom området. Det skulle leda till orimligheter om de ekonomiska reglerna ändrades från år till år. Marknaden måste få en längre tid på sig att utveckla ekonomiska konstruktioner.

En annan målsättning skulle vara att tillbörlig hänsyn tas till följdkostnaderna i en framtida beslutsmodell. I den andan framläggs ett förslag för omvandling av följdkostnader till nuvärden och den baseras på tre principer.

Den ena principen är att man i stället för att utgå från den aktuella marknadsräntan använder sig av samhällets tidspreferens för penningmedel, the Social Time Preference Rate, STPR. Som ansats sätts denna till fyra procent, vilket motsvaras av att samhället värderar 1000 kronor idag vara likvärdiga med  $1000/1,04$  om ett år eller  $1000/1,04^2$  om två år etc, allt i fasta penningvärden dvs exklusive inflation. STPR förutsätts vara konstant under en längre tid.

Den andra principen är att man gör avdrag från STPR med de exceptionella fördyringar som överskrider inflationen. Sådana fördyringar kan statistiskt påvisas inom följdkostnadsområdet. Resultatet blir räntesatser på omkring två procent, under förutsättning att ansatsen fyra procent för STPR gäller.

Den tredje principen utgörs av att verkan av STPR begränsas till den första delen av livscykeln, i föreliggande rapport till de första femton åren. Som exempel utgås från 1000 kronor som **är ett** multipliceras med 0,961, **är två** med 0,923 etc och **är femton** med 0,549. Samma faktor 0,549 användes därefter för alla belopp till livscykelns slut. Detta leder till att man kan ge följdkostnaderna den vikt de förtjänar under den senare delen av livscykeln.

Den enligt ovanstående tre principer konstruerade beslutsmodellen för med sig att följdkostnaderna ofta blir flera gånger större än investeringen. Nu är det så att följdkostnaderna till stor del beror av byggnadens ytor, dvs klimathöljet och golven. Därför blir modellens styrverkan primärt att man försöker öka utnyttjandetalet, dvs nettoarea i procent av bruttoarea, och kompaktheten av byggnaden. Härigenom minskar energiåtgången, städningen och underhållet och det är just vad man vill åstadkomma. Kravet på styrning av ytor blir alltså den direkta verkan av modellen.

I andra hand kommer troligtvis, att man i högre grad inriktar sig på att bli av med den felanhopning som enligt erfarenhet uppstår under de första fem åren av en byggnads livscykel. Undersökningar framför allt i Västtyskland har visat att felfrekvensen följer en s k badkarskurva,

dvs är stor i början, går ned till ett stabilt lågt värde efter fem till sju år och stannar på denna nivå tills åldersfenomenen börjar uppträda i slutet av livscykeln, se bilaga 1.

I tredje hand kommer, om ej tidigare, optimeringen av investering och följd kostnad för olika delar av byggnaden. Sådan optimering illustreras med exempel. Under hela projekteringsfasen har man behov av att göra jämförelser med resultat från andra byggnader. För att göra sådana jämförelser meningsfulla föreslås att beskrivningar av energigodhet, städning godhet och underhållsgodhet upprättas för byggnader. För vissa egenskaper kan man uppställa godhetstal, dvs göra godheten numeriskt mätbar.

En viktig verksamhet för att få fram bättre handlingar - styrinstrument - för projekteringen är arkitekttävlingar. Två exempel anförs på tävlingar, i vilka hänsyn tas till livscykelkostnader.

Bearbetning och insamling av data genomgås. Ett förslag till erfarenhetsåterföring med hjälp av data från arbetsorder visas. Moderna smådatorer möjliggör användande av sökord, thesaurus, och härigenom går det att nyttja okodad primärinformation direkt från en arbetsorder.

Slutligen berörs möjligheterna till rationalisering under nyttjandefasen. Förslag till ytterligare åtgärder lämnas.





### 3 INLEDNING

#### 3.1 Bakgrund

När man låter uppföra en byggnad binder man sig för en lång tid - livscykeln. Under denna uppstår väsentliga kostnader, som ofta uppgår till belopp vilka är flera gånger större än investeringen. Även ur nationalekonomisk synpunkt är de betydande. Frenckner (1979) nämner att "Förvaltning av byggnader och anläggningar svarar för omkring en tiondel av vår bruttonationalprodukt". Vi har alltså all anledning att analysera och bearbeta livscykelkostnaderna. Väsentliga minskningar av dessa kostnader bör kunna uppnås med relativt små insatser, eftersom området först under det senaste årtiondet blivit mer uppmärksammat. Det behövdes en oljeshock som 1973 för att väcka intresset på allvar.

Inom följdkostnadsområdet finns det flera problem som till största delen sammanhänger med längden av livscykeln för en byggnad. Man kan peka på svårigheten att realistiskt förutsäga en byggnads utnyttjande och kostnadsutvecklingen för energi, städning och underhåll. Ett annat problemområde är omvandlingen av följdkostnader till nuvärdet. Hittills har man för detta ändamål använt sig av klassiska diskonteringsformler, som dock vid höga räntesatser ger en kraftig nedsättning av följdkostnaderna.

Låt oss, för att belysa problemet, ta en utgift på 1000 kronor, som utfaller efter ett antal år. Vid 10% diskonteringsränta erhålls följande nuvärdet:

Antal år till utgiften utfaller	Nuvärde kronor
0	1000
10	386
20	149
30	57
40	22
50	9

**Tabell 1. Nuvärde av 1 000 kronor som utfaller till betalning efter ett visst antal år vid en diskonteringsränta av 10%.**

Höga räntesatser leder till en så kraftig nedsättning av följdkostnaderna att det sällan lönar sig att investera mer för att minska följdkostnaderna. M Urien, som är chef för den ekonomiska enheten vid franska byggforskningsinstitutet (CSTB) yttrar sig som följer om problemet, se Urien (1975): "On the other hand, for expenses in the very far future, the classical formulas for discounting do not have much meaning, since they 'dilute' to a considerable extent, the impression made by the distant expenditures."

För beräkning av investeringen kan man bygga på mycken erfarenhet och många regler. Så är ej fallet när det gäller följdkostnaderna. Därtill kommer att man måste ta hänsyn till ett flertal faktorer under livscykeln, vilket närmare behandlas i kapitel 5 "System--analytiska synpunkter".

Bearbetningen av ett byggnadsprojekt med hänsyn till följdkostnaderna medför en utökning av projekteringsarbetet. Man får därför räkna med något längre projekteringstid och något högre projekteringskostnad, vilket skall ställas mot förväntade väsentliga minskningar av livscykelkostnaderna. Under projekteringen fastläggs det framtida mönstret för energiförbrukning, städning och underhåll. Möjligheterna att rationalisera arbetet under livscykeln är normalt ytterst begränsade och därmed kan man ej i högre grad kompensera de kraftiga fördyringarna inom följdkostnadsområdet. Mot denna bakgrund framstår vikten av att förutsättningarna för projekteringen utformas så att projektörerna uppmuntras att utföra optimering av investering och följdkostnad.

Ovannämnda optimering går som en ledtråd genom denna rapport. Det är i samband med optimeringen som livscykelkostnaderna får sin specifika betydelse.

I tidigare BFR-rapporter och annorstädes har man använt ordet årskostnader när man behandlat förlopp under livscykeln. Ordet årskostnad har nyttjats för tre olika ändamål:

- Optimering av livscykelkostnader för delar av en byggnad
- Jämförelse mellan olika byggnader ur livscykelkostnadssynpunkt
- Uppställning av den årliga budgeten.

Detta har lett till en flora av uppgifter om årskostnader. En ytterligare komplikation är att man använt olika räntesatser vid diskontering till nuvärde av följdkostnader. Det är därför svårt att jämföra och använda de värden som publicerats.

### 3.2 Syftet med rapporten

Syftet är att ge en överblick av de problem, som är knutna till livscykelkostnaderna för byggnader. Härigenom bör förutsättningar skapas för en enhetlig behandling och bedömning av ett projekt ur livscykelkostnadssynpunkt. Resultatet bör på sikt ge en mer rationell projektering - det stadium under vilket en minskning av livscykelkostnaden mest effektivt kan ske. Viktigt är därvid att reglerna för optimering av investering och följdkostnader fastläggs. Rapporten bör också kunna bidra till en standardisering av metoder och uttryck som används i samband med livscykelkostnader samt till enhetlighet vid datainsamlingen. Ett annat syfte är att stimulera till fortsatta insatser. I den andan framförs förslag i slutet av rapporten.

### **3.3 Medel för att minska livscykelkostnaderna**

Man kan särskilja två grupper av medel. Den ena bör ge en sänkning av livscykelkostnaderna, utan att man för den skull behöver öka investeringen. I den andra gruppen förutsätts en ökning av investeringen om man vill nå minskade livscykelkostnader.

#### **3.3.1 Sänkning av livscykelkostnader vid oförändrad investering**

Följtkostnaderna bör kunna påverkas genom att man väljer vissa konstruktioner och material. Information om följdtkostnadernas storlek utgör här ett hjälpmedel tillsammans med incitament att sänka livscykelkostnaderna.

Inom denna grupp faller också undvikande av fel, som uppstår antingen på grund av felaktighet i konstruktionen eller i utförandet. Man talar om extraordinärt underhåll, se Sjöström (1982) och badkarskurvan, se bilaga 1, som visar sambandet mellan felfrekvens och tiden efter färdigställandet av en byggnad. Mer därom i kapiteldel 4.4.

Det bör betonas att när man styr ytorna i ett byggnadsprojekt mot högre utnyttjandetal och kompakthet bör investeringen minska och därigenom ge rum för insatser att sänka livscykelkostnaderna.

#### **3.3.2 Sänkning av livscykelkostnader genom ökning av investeringen**

För att få ned följdtkostnaderna kan man öka investeringen så att summan av de båda når ett minimum. En bättre isolering t ex kostar mer i investering men kan ge väsentligt lägre följdtkostnader.

Man substituerar följdtkostnad med investering. Substitutionen är huvudmedlet för att sänka livscykelkostnaderna. Dess förutsättningar visas i kapiteldel 14.6. Hur man styr mot låga livscykelkostnader behandlas i kapitel 14.



#### 4 DET AKTUELLA KUNSKAPSLÄGET

Hur långt har man kommit vad gäller beaktande av drift- och underhållsfrågor samt optimering av livscykelkostnader?

Frågorna belyses genom exempel från ett antal länder. Redovisningen kan inte göra anspråk på fullständighet, eftersom endast ett begränsat antal experter inom området intervjuats och tillgången till litteratur bestämts av de möjligheter som stått till förfogande.

##### 4.1 Exempel från USA

I USA används begreppet life-cycle cost och där bl a i samband med sjukhuskomplex. Department of Health, Education and Welfare (DHEW) har utvecklat en metod i vilken man i beslutsprocessen tar hänsyn till alla relevanta life-cycle costs.

Man särskiljer, se Perkins (1975):

- I - Capital investment costs (investering)
- K - Financial costs (kostnader för anskaffning av kapital)
- F - Functional use costs  
(kostnader för verksamheter i byggnaden ifråga)
- O - Operations costs (driftkostnader)
- M - Maintenance costs (underhållskostnader)
- A - Alteration costs  
(kostnader för anpassning av byggnaden till annan verksamhet)
- R - Replacement costs (kostnader för ersättning av utrustningar som har en kortare livslängd än byggnaden)
- D - Denial of use costs (kostnader som uppstår på grund av försening vid färdigställandet av en byggnad)
- L - Lost revenue costs  
(förlust av inkomst på grund av interna administrativa beslut)
- C - Associated costs (andra identifierbara kostnader som orsakats av interna administrativa beslut, men som inte kan hänföras till någon av de ovan uppräknade kostnaderna).

Alla ovanstående kostnader kan inte utan vidare summeras, eftersom det finns risk för att en och samma kostnad medtas flera gånger. Vidare bör endast relevant del av (F) inkluderas. Förteckningen bör därför närmast användas för kontroll av att alla aktuella kostnadsslag ingår (checklista).

Kostnadsuppställningen används bl a vid utvärdering av alternativ. Utfallet av en undersökning kan sammanställas i en matris (figur 1).

Alternativ 1 Kostnadsslag/år	1	2	3	4	5	till livscykelns slut
I	10000	3000	3000			
K	800	800	800			
A			4000			
etc						

**Figur 1 Matris för livscykelkostnader för ett visst alternativ**

På detta sätt illustreras följderna av olika alternativ. Endast de poster vari alternativen skiljer sig behöver tas med. Små förskjutningar, känslighetsanalys, av någon av de aktuella parametrarna kan med fördel presenteras i matrisform.

Några kommentarer till kostnadsslagen:

F - Functional use costs.

Dessa kostnader försummas nästan alltid i byggprocessen trots att de är betydande. I USA uppges att (F) per år för sjukhus kan uppgå till 35% av investeringen i byggnader. Under projekteringen bör man fråga sig vad som kan göras för att minska (F), även om (I) och följd-kostnaderna därigenom kanske stiger. Som exempel kan nämnas att transportanläggningar för personer och gods bör dimensioneras med hänsyn till (F).

A - Alteration costs.

Åtgärder för att minska (A) kan vara flyttbara mellanväggar, högre tillåten golvlast etc.

C - Associated costs.

Här hör kostnader för åtgärder som ökar patienternas bekvämlighet, den estetiska sidan liksom säkerhetsfrågor som inte täcks av normer och föreskrifter.

Life-cycle cost-metoden används av bl a US Air Force, National Bureau of Standards, Building Owners and Managers Ass., Chicago.

The American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) har formulerat energiregler (standards) för nybyggnader, se Wagner (1980). Dessa regler baseras på mångåriga erfarenheter och har kompletterats för att möta de nya fordringarna på energisparande. Tillämpningen av reglerna är frivillig. De används dock allmänt.

En intressant utveckling var formuleringen av ramar för energiförbrukning -Building energy performance standards (BEPS), se Wagner (1980). Trots att utvecklingen stoppats av politiska skäl är den värd uppmärksamhet, eftersom liknande ansatser återkommer då och då. BEPS från 1980 innehöll 16 olika byggnadsklasser (skolor, kontor etc) och 7 klimatzoner. De förslag som framkom vid projekteringen måste ligga inom energiförbrukningsramen. Detta verifierades sannolikt med hjälp av ett ADB-program.



#### Några kommentarer:

BEPS var uppställda på basis av standardiserade data som kunde avvika avsevärt från i verkligheten uppmätta data. Den mer eller mindre intensiva användningen av en byggnad inverkar givetvis på energiförbrukningen.

För ett specifikt projekt kunde de antaganden, som låg till grund för BEPS, vara orealistiska.

Kostnaderna för ADB kunde bli ansevärliga, sedda i relation till arkitektarvodet (siffror på 10-25% nämns).

#### 4.2 Exempel från England

I England nyttjar man sedan länge cost limits för att styra byggkostnader. Man använder uttrycket "designing to a cost", se Bathurst (1980).

För att begränsa följdkostnaderna har man studerat underhållet av byggnader. I rapporten Building Maintenance (1972) understryker man sambandet mellan projektering och underhåll och betonar att förhållandet mellan investering och underhållskostnader bör balanseras bättre. Detta gäller såväl för varje byggnad som ur nationalekonomisk synpunkt. Man anser att de som gör investeringsbudgeten för byggnader också bör ansvara för underhållsbudgeten.

Vidare föreslår man att projektörer och byggare bör svara för underhållet av en byggnad under de första driftåren. Man pekar på erfarenheter från liknande arrangemang, sk all-in-deals vid skolor i Kalifornien.

Vad gäller ersättningsskyldighet vid byggskadorna erbjuder National House Builders Registration Council (NHBRC) alternativ med upp till tio års ansvarstid. En byggherre som önskar åtnjuta denna förmån måste låta uppföra byggnaden ifråga så att den uppfyller specificerade minimikrav. Under byggandet kontrollerar inspektörer från NHBRC att kraven uppfylls.

För information om följdkostnader har man startat Building Maintenance Cost Information Service (BMCIS). Denna institution svarar för insamling och lagring av samt information om data för underhålls-, rengörings- och energikostnader för byggnader.

#### 4.3 Exempel från Frankrike

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), det statliga franska byggforskningsinstitutet i Paris, har undersökt livscykelkostnader (coût global) för bostäder. Genom en studie av kostnader för tak och fasader har man kommit fram till att det lönar sig att investera 2 till 4% mer, om vissa krav på åldersbeständighet innehålls. Procentsatserna har bakats in i en statlig låneformel, se Décret numero 77-944 (1977). Man premierar på detta sätt konstruktioner med låga

följdkostnader.

Vad gäller beräkning av nuvärden argumenterar man, som nämnts i kapitel 3, se Urien (1975) att de klassiska formlerna inte ger meningsfulla värden för framtida kostnader. Man föreslår därför en diskontering där räntan avtar med tiden (a discount rate which decreases over time). Ett annat sätt att kompensera inverkan av höga räntesatser är att minska dessa med den exceptionella fördyring (g) som äger rum inom underhållsområdet. CSTB föreslår att som mått på fördyringen använda medeltalet av byggkostnadsindex (K) och bygglöneindex (L).

Uttryckt i en formel erhålls, se Urien (1977):

$$1 + g = \frac{L + K}{2V} \quad (1)$$

däri betyder

V: konsumentprisindex

Ur data för perioden 1953-1975, se bilaga 11, erhålls relationstalet för  $(1+g)=1,955$  mellan värden i början och i slutet av perioden. Per år blir  $g=0,03$  vilket utgör en treprocentig fördyring per år under den angivna perioden.

#### 4.4 Exempel från Västtyskland

En intressant undersökning av kontorsbyggnader genomfördes 1974-1975, se Siegel (1977). Huvudvikten låg liksom vid en tidigare undersökning, se Siegel (1967), på analys av byggkostnader. Det ansågs dock motiverat att även ta med driftkostnader, trots att man där fick begränsa sig till data från frågeformulär. Någon genomgång av driftkostnadsdata med varje aktuell byggherre låg utanför möjligheternas ram. Betydande spridning i data mellan olika byggnader konstaterades. Detta förklaras bl a av att varje fastighetsägare inte förfogar över en årlig driftkostnadsbokföring. Till spridningen bidrar vidare olika klimatförhållanden, användningssätt för kontoret och byggnadens storlek.

De 77 undersökta byggnaderna delades upp i fem olika kategorier.

- I Inte luftkonditionerat cellkontor med PVC eller linoleum på golvet
- II Delvis luftkonditionerat cellkontor med textilmatta
- III Helt luftkonditionerat cellkontor med textilmatta
- IV Helt luftkonditionerade cellkontor och storrums med textilmatta
- V Helt luftkonditionerat storrums med textilmatta

Kostnadslag	KATEGORI				
	I	II	III	IV	V
Skötsel och förvaltning	6,71	8,88	7,38	9,50	11,72
Städning	15,38	11,76	9,27	10,79	12,88
Vatten	0,64	0,74	1,46	1,42	1,70
Värme	4,74	5,26	6,36	6,86	7,09
Elektricitet (inkl drift av kylkompressorer)	3,39	5,86	11,56	18,63	24,03
<b>Totalt</b>	<b>30,86</b>	<b>32,50</b>	<b>36,03</b>	<b>47,20</b>	<b>57,42</b>

**Tabell 2.** Medelvärden för driftskostnader per kostnadslag och kategori. Värdena är uttryckta i DM per m<sup>2</sup> bruttoyta (Bruttogrundrissfläche) och år i prislägen för 1974 och 1975. Värdena bör ses som relationstal.

Samtliga kostnader stiger med stigande kategorinummer, dvs med ökningen av antal installationer. Den höga städningkostnaden för kategori I anges bero på de högre kostnaderna för PVC- eller linoleumgolv. Städningkostnaderna kan uppdelas i inre resp yttre städning, som utgör 90-95% resp 5-10% av den totala städningkostnaden.

Energianvändningen framgår av tabell 3.

Kostnadslag	KATEGORI				
	I	II	III	IV	V
Värme	158	175	211	228	236
Elektricitet (inkl drift av kylkompressorer)	23	39	77	124	160

**Tabell 3.** Medelförbrukning av värme resp elektricitet i kWh per m<sup>2</sup> bruttoyta och år.

Byggskador i bostäder behandlas i en studie, se Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (1976). Mer än 1000 skadefall för bostäder byggda mellan 1965 och 1971 undersöktes. Resultatet visas i en s k badkarskurva, se bilaga 1. Man ser av denna kurva att skadefrekvensen är hög under de första åren

men klingar av till ett bottenvärde efter cirka sju år. De största skadefrekvenserna uppvisar ytter- och innerväggar, som frångår av bilaga 2. Som en fortsättning på undersökningen har man utarbetat anvisningar för att undvika skador, se Schild (1976, 1977, 1978).

#### 4.5 Exempel från internationella organisationer

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) har i en studie, se Herzog (1968), behandlat ekonomin för skolbyggnader. Även följdkostnaderna ingick i denna studie.

Förenta Nationerna har genom sin Economic Commission for Europe (ECE) under 60- och 70-talen publicerat ett antal skrifter om byggnadsunderhåll, se UN ECE (1963, 1969, 1972, 1973). Särskilt rapporten från 1972 är intressant, eftersom den behandlar livscykelkostnader, som i FN-terminologi kallas total costs. Ett sammandrag av rapporten från 1972 presenteras i bilaga 3. Den innehåller synpunkter som väl karakteriserar förhållandena inom följdkostnadsområdet.

International Council for Building Research, Studies and Documentation (CIB) höll 1978 ett seminarium om "Maintenance and Modernization of Buildings", se Jansson (1980), Milner (1980), Ross (1980) och Urien (1980). Särskilt Ross: "The Development of Planned Maintenance and Associated Computerized Management Information Systems" är av intresse.

#### 4.6 Exempel från Danmark

I rapporten Driftsvenligt Byggeri, se Nielsen (1981), som finansierats av Byggeriets Udviklingsråd, framläggs en totalsyn på drift och underhåll av byggnader. Avsikten är att på basis av uppgifter från 1983 framlägga en anvisning. Man söker "... at sikre sammenhaeng og overskuelighed i de framgangsmaeder og metoder, der anvendes under planlaegningen af byggerier." Rapporten är LCK-orienterad (levetidsomkostningerne). Rapporten innehåller en sammanställning av vad olika byggformer leder till ifråga om specifik tak- och fasadyta.

Förutom kvalitativa rekommendationer finns kostnadsuppgifter, men man uppger att "De foretagne registreringer af driftsudgifter og levetider samt vurderingen af kvaliteter i forhold til levetidsomkostninger hviler imidlertid på et meget spinkelt grundlag." Med driftsudgifter menas energiförbrukning, städning och underhåll. Man uppger att 20% av underhållskostnaderna kan hänföras till mindre lämpliga konstruktioner och material. Man har en hög ambitionsnivå beträffande kontering, där man vill ha: "registrering af de enkelte regningsbilag ..., som gør det muligt, rum for rum og bygningsdel for bygningsdel ... at analysere, hvad den enkelte bygningsdel i det enkelte rum har belastet de forskellige hovedkonti med."

För Undervisningsministeriet ges följande medelkostnadsuppgifter i danska kronor, prisnivå 1980: värme 40 kr, städning 90 kr, underhåll 60 kr per m<sup>2</sup> bruttoetageareal och år. Intressant är att man anger kostnader även per m<sup>3</sup>.

Vad gäller diskontering för privata husägare för man följande resonemang. Ränteläget på marknaden anges till 20%. Då ränteavdragsrätten kan sättas till 60% av ränteutgifterna erhålls en ränta av bara 8%. Från denna bör inflationen på 10% dras, vilket leder till en negativ ränta. Man rekommenderar att räkna med 0% ränta för privata investeringar.

#### 4.7 Exempel från Sverige

För mer än tio år sedan publicerade Byggnadsstyrelsen rapporten Årskostnader, se Byggnadsstyrelsen (1971 a). Den var livscykelorienterad, men detta begrepp hade då ännu inte börjat användas i byggkretsar.

Litteraturen inom investerings- och följdkostnadsområdet är rik i Sverige. En del av dokumenten behandlas i samband med speciella frågor i de följande kapitlen. I övrigt hänvisas till litteraturförteckningen.

Några av de dokument som utges av Sjukvårdens och socialvårdens planerings- och rationaliseringsinstitut (SPRI) förtjänar speciellt beaktande och behandlas därför nedan. I SPRI (1977) finns en genomgång av underhåll av anläggningar och utrustning. Av särskilt intresse är arbetsordersystemet, vars målsättning är att "styra och planera underhållsverksamheten, minska störningsfrekvensen och följa upp underhållskostnaderna." Vidare anges: "Registreringen av samtliga arbeten ... ger statistiskt underlag och därmed bl a möjlighet till orsaksuppföljning ... som i sin tur kan leda till förebyggande åtgärder, uppgifter om kostnadsfördelning samt underlag för personalplanering."

Följande prioritering används:

- Arbeten som kräver omedelbara åtgärder
- Arbeten som kräver åtgärder inom 24 timmar
- Arbeten där tiden medger planering
- Nyinstallationer etc, dvs arbeten som ej avser underhåll.

De tre första prioriteterna avser avhjälpande underhåll. Därtill finns periodiskt underhåll och arbeten i samband med t ex driftstopp, omläggning, stängning av anläggning m m.

Det långtidsplanerade underhållet berörs i SPRI (1975), som behandlar åtgärder inom perioden fem till trettio år. Tre byggnader undersöktes. Man fann därvid att det beräknade underhållet var betydligt högre än vad som motsvarade de årliga underhållsanslagen. En förklaring till detta kan vara eftersatt underhåll. Man observerade dock att underhållet medvetet minskas i byggnader som kommer att ersättas. Vidare anförs att byggnadernas funktion ändras förhållandevis ofta. I samband därmed erfordras mestadels ombyggnad och/eller moderniseringsåtgärder av sådant slag, att de inkluderar det som skulle ha utförts som planerat underhåll.

Man arbetar med tre olika detaljeringsnivåer:

- Beräkning av underhållskostnaderna som specifika kostnader per  $m^3$  byggnad.
- Medelvärden för delar av en byggnad, t ex per  $m^2$  väggyta.
- Kostnad per varje underhållsobjekt och för olika åtgärder, t ex utvändigt och invändigt, varvid hänsyn tas till befintliga material, ytskikt och fordringar på kvalitet samt i relation till utrymmets funktion.

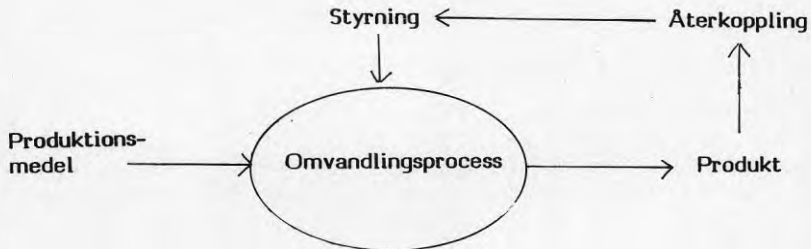
Ovan används begreppet underhållsobjekt, som enligt SPRI utgörs av de utrymmen i en byggnad som på något sätt hör samman och som förväntas bli åtgärdade vid samma tillfälle. En våning eller en avdelning kan utgöra ett underhållsobjekt.

Underhållsarbeten specificeras i standardbeskrivningar som framgår av bilaga 4. Trots att de aktuella byggnaderna projekterats av samma arkitekt fann man betydande variationer i resultaten av kostnadsberäkningarna. Förklaringen till dessa anses till en del ligga i

- olika våningshöjder (förhållandet mellan golv-, vägg- och takyta förändras med våningshöjden)
- olika rumsstorlekar (väggytans andel ökar med antalet rum)
- olika ytskikt (olika material, typer och kvaliteter har olika underhållskostnader)
- olika andel underhållsfria ytor (marinor etc)
- olika underhållsintervall (med generella intervall får man mindre skillnader, däremot blir spridningen större om man använder behovsorienterade, från fall till fall bedömda intervall).



Ordet system har många betydelser såsom informationssystem, klassifikationssystem, byggdelssystem, man-maskinsystem etc. I denna rapport används begreppet system för att beskriva beroendeförhållanden inom bygg- och nyttjandeprocesserna och mellan dessa och omvärlden.



Figur 2. Beroendeförhållandena i ett produktionssystem

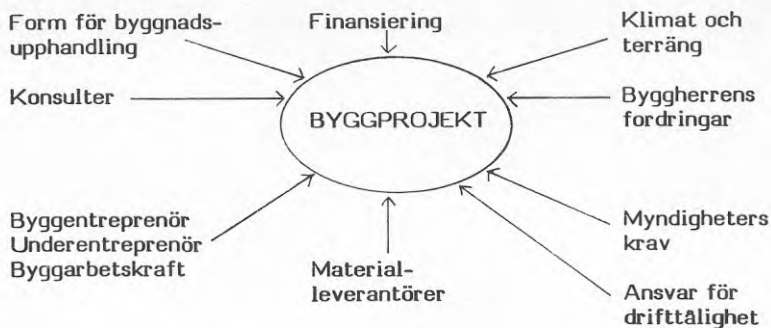
En återkoppling finns nästan alltid formellt eller omedvetet. Man tar det goda som förebild och undviker det dåliga. Det goda exemplet utgör ett incitament som man följer.

För kvalitet och kostnad under byggfasen finns det många informationssystem, men för nyttjandefasen saknas lämpliga metoder. Denna fas sträcker sig över flera årtionden och under den tiden får man räkna med att nyttjandet och omvärlden ändras väsentligt.

Till att börja med får återkopplingen baseras på de bristfälliga erfarenheter man har från nyttjandefasen. Genom systematiska insatser kan en erfarenhetsbank så småningom byggas upp och därigenom förbättras möjligheterna att genomföra en optimering av investering och följdkostnader.

Vad gäller styrning av ett byggobjekt kan det ske genom krav från myndigheter eller fordringar från byggherrar. Genom ett verifikations-system, som motsvarar återkopplingen, kan man kontrollera att krav och fordringar uppfyllts.

Även andra faktorer inverkar på projektet, vilket illustreras i figur 3.

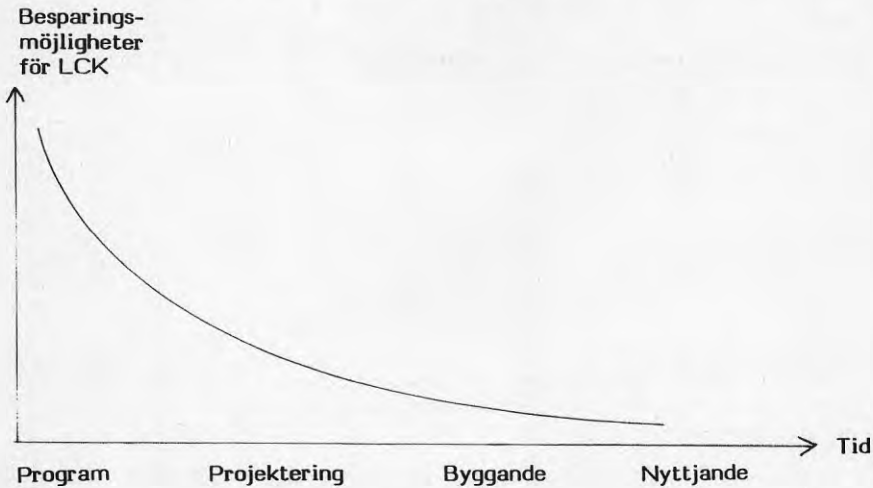


Figur 3. Faktorer som påverkar ett byggprojekt

Kommentarer till figur 3:

- De beroendeförhållanden som visas har inte enbart betydelse för bygg- utan även för nyttjandefasen.
- Klimatets inverkan har man delvis tagit hänsyn till i normer, t ex genom att föreskriva maximala k-värden för ytterväggar.
- Hur finansieringen ordnas är särskilt intressant då man överväger att minska följdkostnaderna genom att öka investeringen. Vidare kan finansieringsbegränsningar vara bestämmande för kostnadsramar.
- Formen för byggnadsupphandling kan påverka inställningen till följdkostnader.
- Naturligtvis påverkar även entreprenörer och leverantörer följd-kostnaderna. Byggfel och skador måste undvikas och beständiga material användas. Som incitament kan man uppställa premier för realistiska förslag som sänker följd-kostnaderna.
- Ansvar för drifttålighet bör vara inkluderat i avtal för byggnader, konstruktioner eller material. Oftast sker detta genom garanti-åtaganden från entreprenörer och materialleverantörer. En utvidgning av ansvaret både ifråga om delar av byggnader och ur tidssynpunkt blir aktuell ju fler tekniska installationer som infogas i byggnaden. Därvid bör den s k badkarskurvan, se bilaga 1, som visar skadefrekvens som funktion av drifttiden, beaktas. Ansvaret bör förlängas så att det täcker tiden för hög skadefrekvens, dvs upp emot fem år. Tillförlitligheten hos anläggningar, som utgör en del av drifttåligheten, behandlas nedan i detta kapitel. Det förlängda ansvaret kan delvis täckas av försäkringar, vilket dock innebär att berörda försäkringsinstitutioner måste medverka i byggprocessen. Jämför i detta sammanhang den roll som NHBRC i begränsad utsträckning spelar i England, se kapiteldel 4.2.

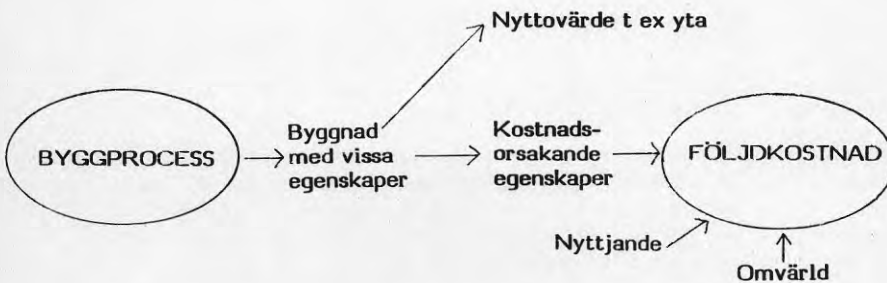
Viktigast för följdkostnaderna är styrningen av projekteringen. Det är under projekteringsfasen som besparingar av följdkostnader kan göras mest effektivt, vilket illustreras i figur 4.



Figur 4. Besparingsmöjligheter för LCK i projektets olika skeden.

En viktig faktor är nyttjaren av byggnaden. Värde och kostnader bör optimeras med hänsyn till nyttjaren som får betala räkningen. Nyttjaren deltar ibland i byggprocessen, t ex vid utarbetandet av byggprogram.

Ett centralt tema i denna rapport är optimering av investering och följdkostnad. Sistnämnda kostnad bestäms av ett antal faktorer som illustreras i figur 5.



Figur 5. Byggprocessen och de faktorer som påverkar följdkostnaden.

De tre faktorerna: byggnadens kostnadsorsakande egenskaper ( $K_E$ ), nyttjande ( $K_N$ ) och omvärld ( $K_O$ ) bestämmer tillsammans följdkostnadernas ( $K_F$ ) storlek.

Man kan uppställa formeln

$$K_F = f(K_E, K_N, K_O) \quad (2)$$

Däri betyder

f: beroende av faktorerna i parantesen

Faktorerna nyttjande och omvärld behandlas under projekteringen som hypoteser. Först genom att ställa upp hypoteser kan man beräkna följdkostnaderna. Hur pass realistiska hypoteserna var bör man kontrollera under nyttjandefasen.

De tre faktorerna ( $K_E$ ), ( $K_N$ ) och ( $K_O$ ) är mycket komplexa. Därför bör man arbeta med förenklingar så att beräkningarna kan utföras med okomplicerade medel och bli översiktliga. De viktigaste kostnadsorsakande faktorerna är:

- Storleken av nettoarea eller yta upptagen i byggnadsprogram
- Utnyttjandetalet och kompaktheten
- Omfattning och komplexitet hos uppvärmningssystemet
- Mängden övriga installationer.

Alla dessa faktorer kan redan tidigt i projekteringen fastläggas som ramdata och därigenom möjliggörs en skattning av följdkostnaderna.

Inverkan av faktorerna ( $K_E$ ), ( $K_N$ ) och ( $K_O$ ) belyses särskilt väl vid utvärderingen av energisparalternativ.

$K_E$  påverkas av k-värden, värmetröghet etc.

$K_N$  bestäms av den innetemperatur och luftomsättning som fastläggs av nyttjaren.

$K_O$  bestäms av utetemperatur, solstrålning, vindstyrka etc.

Informationssystem om följdkostnader bör omfatta alla de tre faktorerna då de är grundläggande för såväl analys som beräkning av kostnader.

Om vi återgår till figur 5, så kan nyttovärdet utgöras av rumsytan, möjligheter att realisera ett behagligt inneklimat, möjligheter till kommunikation, säkerhet mot personskada och anpassningsegenskaper hos byggnaden (flexibilitet, variabilitet).

Med ökningen av antalet installationer kommer andra egenskaper in i bilden såsom tillgänglighet och funktionssäkerhet. Låt oss illustrera dessa begrepp genom att som exempel betrakta en hiss. Dess värde för verksamheten som utövas i lokalen är beroende av hissens prestanda, dvs hisshastigheten och lyftkapaciteten av t ex sex personer. Vidare beror värdet av om hissen fungerar eller ej, dvs om den är tillgänglig för drift eller inte.

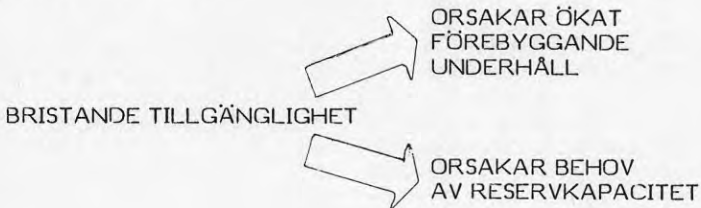
Man kan uppställa sambandet:

$$\text{VÄRDE} = \text{PRESTANDA} \times \text{TILLGÄNGLIGHET} \quad (3)$$

Om vi har en hiss som bara fungerar 50% av tiden så är värdet bara 50% av fullvärdet. Ju högre tillgängligheten är desto större är värdet. Genom att hissen ej kan användas uppstår avbrottskostnader. Vi får gå och bära vårt gods i trappor eller förflytta oss till en annan hiss, som därigenom får ökad trafik och orsakar väntetider. Vi förlorar tid som kan värderas i pengar.

Det finns även andra kostnader som påverkas av tillgängligheten. Man kan öka tillgängligheten genom att sätta in mer förebyggande underhåll, men därigenom får vi högre underhållskostnader. En annan åtgärd är att tillföra reservkapacitet, t ex genom att installera flera hissar, vilket å sin sida medför en dyrare investering.

Vi får sambanden:



Tillgängligheten kan påverkas av följande faktorer

- funktionssäkerhet
- underhållssäkerhet
- underhållsmässighet.

Funktionssäkerhet är en egenskap som kan byggas in i en utrustning genom att man väljer lämplig konstruktion och genom noggrann kontroll under tillverkningen och monteringen i byggnaden. En hög funktionssäkerhet motsvaras av få fel under livscykeln, eller mer korrekt uttryckt, av en låg sannolikhet för att fel skall uppstå. Funktionssäkerhet kan mätas i medeltiden mellan fel (MTBF). Om vi exempelvis får fyra fel under en drifttid av 1000 timmar kan vi säga att den observerade medeltiden mellan fel är  $1000/4 = 250$  timmar eller  $MTBF = 250$  timmar, där MTBF står för Mean Time Between Failure.

Underhållssäkerheten uttrycker i vilken utsträckning olika resurser för underhåll finns tillgängliga när de behövs. Vi kan peka på serviceavtal, instruktioner, verktyg, reservdelar etc. Underhållssäkerheten (MLDT) mäts ofta som den tid man får vänta innan reparationen kan påbörjas. Termen (MLDT) är en förkortning av Mean Logistics Delay Time.

Underhållsmässigheten (MTTR) innefattar åtgärder för felsökning, avhjälpande av fel och kontroll av att anläggningen åter fungerar. (MTTR) betyder Mean Time To Repair. Hög underhållsmässighet fås genom lämplig uppbyggnad av utrustningen, innebärande utbytbarhet och åtkomlighet av delar som ofta behöver repareras eller justeras.

Vidare skall få specialverktyg och instrument erfordras, felen bör vara lätta att hitta och handböcker och beskrivningar skall vara av hög kvalitet etc.

Ovanstående text om tillgänglighet har medtagits inte bara för att den förklarar begreppen utan också för att den kan ge impulser vid projektering av normala byggnadsdelar. Hur byggnader skall projekteras så att de kan underhållas lätt är ett aktuellt tema, se Nielsen (1981).

Tillgängligheten kan med ovanstående termer uttryckas som

$$\text{TILLGÄNGLIGHET} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MLDT} + \text{MTTR}} \quad (4)$$

Av formeln (4) framgår att en hög (MTBF) resulterar i en hög tillgänglighet. Det kan därför löna sig att göra utrustningarna mer tillförlitliga. Hur långt man skall gå beror på hur mycket det kostar att öka tillförlitligheten och hur mycket man därvid sparar i framtida underhålls- och avbrottskostnader. Vi har ett substitutionsförhållande mellan investering och följdskostnad.



Livscykelkostnader omfattar alla kostnader från början av projekteringen till livscykelns slut.

I kapitel 4.1 återfinns en uppställning över de kostnadsslag som bör beaktas vid beräkning av LCK. Följande förslag baseras på uppställningen, varvid beteckningarna anpassats till det svenska språket.

- I - Investeringskostnad. Denna inkluderar eventuella kostnader för anskaffning av kapital.
- E - Energikostnader
- S - Städningkostnader
- U - Underhållskostnader inklusive besiktning
- A - Anpassningskostnader (modernisering, väggflyttning etc)
- Ö - Övriga kostnader inklusive skötsel i den mån den inte fördelats på (E), (S) eller (U). Här ingår också eventuella kostnader för störning av nyttjarens verksamhet. Eventuell rivningskostnad kan inkluderas under (Ö).

Investeringskostnaderna upptas med kalkylerade eller verkliga värden. Följtkostnaderna måste först beräknas och sedan omvandlas till nuvärden så att de kan ställas mot (I). Därvid måste man beakta att omvandlingsfaktorn skiljer sig för de olika kostnadsslagen. Följande figur åskådliggör detta förhållande.

	Kostnadsslag	Omvandlingsfaktor
Termisk energi exkl elenergi	E <sub>1</sub>	$\beta_{E_1t}$
Elenergi	E <sub>2</sub>	$\beta_{E_2t}$
Städning	S	$\beta_{S_t}$
Underhåll	U	$\beta_{U_t}$
Anpassning	A	$\beta_{A_t}$
Övrigt	Ö	$\beta_{U_t}^{1)}$

Figur 6. Kostnadsslag och tillhörande omvandlingsfaktorer

1) Antages samma som för underhåll



Omvandlingsfaktorn har indicerats med (t) för att visa att  $(\beta)$  är beroende av från vilken tid (antal år) omvandlingen skall ske, se kapitel 9.2.

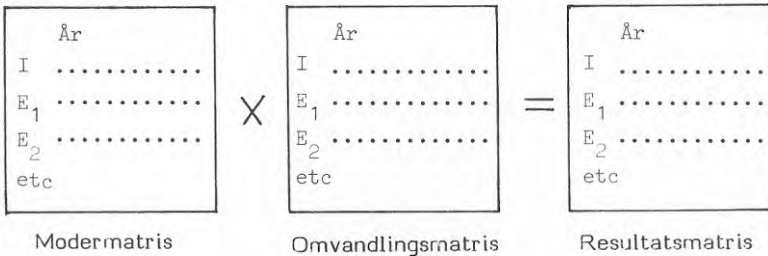
Egentligen skulle ett restvärde av byggnaden ha medtagits ovan. Beräkningen av restvärdet vid de långa livscyklerna det är fråga om är dock förknippad med mycken osäkerhet och därför har restvärdet utelämnats, se dock kapitel 20.

Livscykelkostnaden presenteras lämpligen i en matris.

	År	0	1	2	3	4	5	6	etc till livscykelns slut
Kostnadslag									
I									
E <sub>1</sub>									
E <sub>2</sub>									
S									
U									
A									
Ö									

Figur 7. Matris för LCK

Presentationen bör göras i cash flow form, dvs utan omvandling till nuvärden av följdkostnaderna. Med hjälp av värdena i matrisen görs sedan omvandlingen till nuvärden. Hur detta går till åskådliggörs nedan. Den ursprungliga matrisen - modermatrisen - multipliceras med omvandlingsmatrisen, vilket ger resultatsmatrisen.



Figur 8. Matrisbehandling av LCK till nuvärden



Antag att modermatrisen har följande utseende:

År	0	1	2	3	4	5
I	10000					
E <sub>1</sub>		500	500	500	500	500
E <sub>2</sub>		100	100	100	100	100
S		600	600	600	600	600
U			200		450	400
Ö		50	100	50	150	100

Figur 9. Modermatris LCK

År	0	1	2	3	4	5
I	1					
E <sub>1</sub>		0,980	0,961	0,942	0,923	0,905
E <sub>2</sub>		0,961	0,923	0,887	0,852	0,819
S		1	1	1	1	1
U } Ö }		0,970	0,942	0,914	0,887	0,861

Figur 10. Omvandlingsmatris för LCK till nuvärden

År	0	1	2	3	4	5
I	10000					
E <sub>1</sub>		490	481	471	462	453
E <sub>2</sub>		96	92	89	85	82
S		600	600	600	600	600
U } Ö }		49	283	46	532	431

Figur 11. Resultatsmatris för LCK nuvärden

Totalvärdet av resultatsmatrisen är 17142, vilket är lika med investering plus nuvärdet av följdkostnaderna. (E<sub>1</sub>) och (E<sub>2</sub>) kan förenklat beräknas genom att multiplicera det årligen återkommande beloppet t ex 500 med en omvandlingssummafaktor, se kapitel 12.

Ovanstående illustration av beräkningsgången har gjorts för att dels betona vikten av en systematisk behandling, dels visa modermatrisens betydelse. Man måste ha tillgång till modermatrisen om man vill ändra beräkningarna genom t ex tillämpning av andra räntesatser. Därför bör all information om LCK ges i form av modermatris, dvs icke omvand-

lade värden.

Ovanstående utgör en skiss till fullständig bearbetning av följd-kostnaderna. Naturligtvis kan förenklingar göras om så är motiverat. Vid jämförelse mellan alternativ behöver man bara ta med de positioner vari alternativen skiljer sig åt.

Generellt gäller, när investering och följd-kostnader skall optimeras, att man i LCK endast inkluderar de kostnader som projektörerna kan påverka. Då bortfaller t ex kall- och varmvattenkostnad (i den mån vatten ej används för kylning av byggnaden), städning av inventarier i byggnaden (t ex bord, bortförande av skräp etc), avfallshantering, försäkring och fastighetsskatt. Behandling av alternativ ur LCK-synpunkt visas i bilaga 5.

Den allmänna bakgrunden för en optimering berördes ovan. I fortsättningen genomgås optimeringsprocessen för uppvärmning, städning och underhåll.

### 7.1 Målsättningar vid energianvändning

Inom energiområdet strävar man inte endast att uppnå lägsta livscykelkostnader. Även andra målsättningar kan förekomma t ex att spara 40% av energiförbrukningen för värmeförluster i vissa byggnader. Detta innebär att man ställer upp en energibudget som inte får överskridas. Optimeringen måste då ske inom budgetens energiram. Är detta inte möjligt får kraven på ekonomi eftersättas till den grad som erfordras för att man skall komma inom energiramen. Nedan förutsättes att enbart de ekonomiska villkoren är bestämmande för isoleringen och andra energibesparande åtgärder.

### 7.2 Energi för uppvärmning

I kapitel 5 visades, se formel (2), att följdkostnaden är beroende av:

$K_E$ :	Kostnadsorsakande egenskaper
$K_N$ :	Nyttjandet
$K_O$ :	Omvärlden

Behovet av energi för uppvärmning är på samma sätt beroende av de nämnda faktorerna. Behovet kan också formuleras sålunda:

$$P_{till} = P_{TR} + P_V - P_{bo} - P_{sol} \text{ kWh/dyn} \quad (5)$$

varvid beteckningarna valts i anslutning till Adamson (1982). Formeln gäller för  $P_{till} > 0$ . Om så ej är fallet sätts  $P_{till} = 0$ .

Ovan betyder

$P_{TR}$ :	Transmissionsförluster i kWh/dygn
$P_V$ :	Ventilationsförluster i kWh/dygn
$P_{bo}$ :	Tillskott i energi från nyttjandet i kWh/dygn
$P_{sol}$ :	Tillskott i energi från solinstrålning i kWh/dygn

Mellan ovan angivna storheter råder följande samband:

$$\begin{aligned} (P_{TR}, P_V) \text{ och } (P_{sol}) &\text{ påverkas av } (K_E), (K_N) \text{ och } (K_O) \\ (P_{bo}) &\text{ påverkas av } (K_N). \end{aligned}$$

Kommentar:

$(P_{sol})$  påverkas av  $(K_E)$  genom skuggning samt mängden och utförandet av fönster

( $P_{sol}$ ) påverkas av ( $K_N$ ) genom användning av gardiner etc.

Arkitekten/konsulten kan endast påverka ( $K_E$ ) dvs de kostnadsorsakande egenskaperna hos byggnaden och det är därför dessa egenskaper som han optimerar. Därvid utgår han vad gäller ( $K_N$ )-nyttjandet - från antaganden, som är mycket vanskliga om man ser dem mot livscyklar på upp till 60 år. Rikt statistiskt underlag föreligger däremot vanligtvis för beräkning av effekterna från ( $K_O$ ) - omvärlden.

För optimering av energibesparande åtgärder genom framför allt ökning av isolering har Adamson uppställt formeln:

$$\frac{I+U}{B \cdot \gamma} \leq E_0 \quad (6)$$

Däri betyder

- I: Investering i kronor för tilläggsisolering eller andra energisparmedel
- U: Nuvärdet i kronor av livscykelunderhålls- och skötselåtgärder förknippade med investeringen. För isoleringsåtgärder räknas med att ( $U$ ) = 0.
- B: Energibesparing uppnådd genom investeringen i kWh/år
- $E_0$ : Aktuellt energipris i kr/kWh, nedan antaget vara 0,15
- $\gamma$ : Omvandlingssummafaktor till nuvärde  $\gamma$  har dimensionen år

Formeln tillämpas så att man stegvis ökar isoleringens tjocklek tills  $\frac{I}{B \cdot \gamma}$  blir nästan lika med, men ej mer än ( $E_0$ ).

Det finns även andra formler, se t ex Sjölund (1979), för att optimera isolering, men formel (6) är generellt användbar för alla energibesparande åtgärder och med dess hjälp tar man på ett enkelt sätt hänsyn till de diskontinuiteter som finns i sambandet mellan specifik kostnad för isolering och besparing i kWh.

För att belysa hur formeln används tas ett exempel ur Industrigruppen för lätt byggeri (1980), vari man direkt tar hänsyn till transmissionsförlusterna och indirekt via gradtímtalet beaktar gratisvärme från nyttjande och solinstrålning.

Tilläggsisolering mm	0	45	95	145	195
k-värde $W/m^2$		0,45	0,31	0,22	0,19
Investering kr/ $m^2$		220	240	260	290
Tilläggsinvestering (I) kr/ $m^2$	220	20	20	30	
Energibesparing kWh/ $m^2$ , år		38,5	54,0	63,8	67,0
Tilläggsenergibesparing (B) kWh/ $m^2$ , år	38,5	15,5	9,8	3,2	
$(\frac{I}{B \cdot \gamma})$ kr/kWh	0,190	0,043	0,068	0,313	

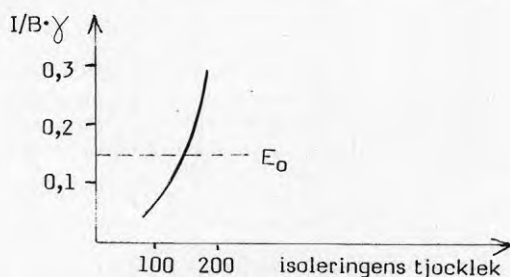
varvid  $\gamma = 30$  år (tilläggsisolering i befintlig byggnad)

**Tabell 4. Tekniska och ekonomiska data för olika tilläggsisoleringar, varvid endast transmissionsförlusterna beaktats**

Av tabell 4 framgår att tilläggsisoleringen 145 mm är ekonomisk, ty  $\frac{I}{B \cdot \gamma} = 0,068$  dvs mindre än  $E_0 = 0,15$ .

Den ekonomiska bedömningen påverkas av valet av omvandlingssummafaktor. I vårt fall sattes  $\gamma = 30$ , vilket motsvarar en 30-årig livscykel och räntesatsen 0.

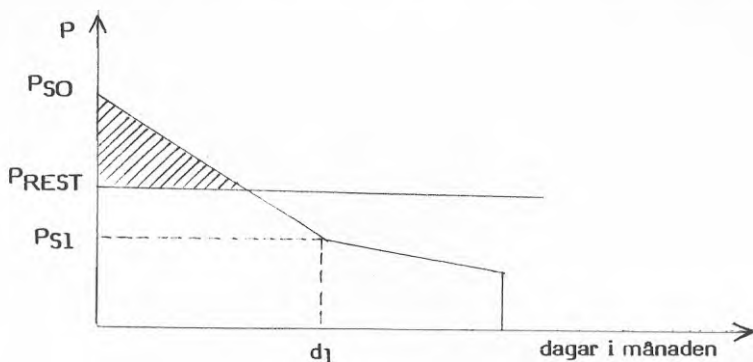
Beroendeförhållandet mellan  $\frac{I}{B \cdot \gamma}$  och isoleringens tjocklek, se figur 12, bör studeras så att man kan bedöma känsligheten för ändring av vissa parametrar.



**Figur 12.  $(\frac{I}{B \cdot \gamma})$  som funktion av isoleringens tjocklek**

En följd av energibesparingen är att uppvärmningseffekten, värmeelementytan etc kan minskas. Hänsyn till detta kan, i den mån normerna tillåter det, tas genom att minska summan för investeringen (I) i formel (6).

En detaljerad beräkning av inverkan från gratisvärme, dvs ( $P_{b0}$ ) och ( $P_{sol}$ ), se formel (5), kan göras med hjälp av den så kallade BKL-metoden, se Adamson (1982) och kortfattad beskrivning i bilaga 6. I bilaga 23 är en sådan kalkyl gjord för en kontorsbyggnad i Göteborg. Syftet med bilaga 23 är att visa beräkningsgången. Ett problem som uppstår vid en förbättring av isoleringen är att man inte i samma utsträckning som tidigare var fallet kan utnyttja tillskottet från solinstrålning. Detta illustreras i figur 13.



Figur 13. Varaktighetsdiagram för solinstrålning under månaderna april respektive oktober enligt exempel i bilaga 23

Ovan betyder

- $P_{SO}$ : Solinstrålning under det dygn i månaden då den direkta strålningen är störst i kWh/dygn
- $P_{S1}$ : Solinstrålning under det dygn i månaden då den direkta strålningen gått ned till noll och endast diffus himmelsstrålning kvarstår i kWh/dygn
- $P_{REST}$ : Det genomsnittliga energibehovet för uppvärmning per dygn under respektive månad. Behovet är beräknat före hänsynstagande till solvärmertilskottet. Behovet i kWh/dygn
- $d_1$ : Den dag i varaktighetsdiagrammet som motsvarar värdet  $P_{S1}$

Då transmissionsförlusterna, dvs ( $P_{TR}$ ) minskar, sjunker också ( $P_{REST}$ ). Detta leder till att den skrafferade ytan, som begränsas av linjerna ( $P_{SO}$ ) - ( $P_{S1}$ ,  $d_1$ ), ( $P_{REST}$ ) och ordinatan i varaktighetsdiagrammet, blir större. Denna yta utgör ett mått på den solinstrålning som inte kan utnyttjas under en viss månad. För vårt speciella fall kan ytans storlek beräknas ur följande formel.

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{(P_{SO} - P_{REST})^2}{(P_{SO} - P_{S1})} \cdot d_1 \quad (7)$$

En preliminär beräkning av (F) för två energisparalternativ ger, under förutsättningarna i bilaga 23, att cirka 7% av energibesparingen går förlorad genom minskat utnyttjande av solinstrålning.

För ytterväggsisoleringen 170 mm erhålls en besparingskostnad

$$\frac{365\ 800}{27072 \cdot 0,93 \cdot 52,66} = 0,28 \text{ kr/kWh}$$

vilket ligger väl under energipriset 0,30 kr/kWh.

För yttertaket fås

$$\frac{273\ 024}{18551 \cdot 0,93 \cdot 52,66} = 0,30 \text{ kr/kWh}$$

BKL-metoden är lätt att använda, särskilt som det inte är nödvändigt att betjäna sig av ADB. Metodens noggrannhet jämfört med ADB-beräkningar är god. I Institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH (1983) p 43 sägs: "Metoden har testats mot detaljerade datorberäkningar i ett flertal fall med olika typer av byggnader där fönsterytor, orienteringar m m har varierats inom vida gränser. Avvikelseerna mellan BKL-metoden och databeräkningarna var i denna undersökning aldrig större än 5%."

Några kommentarer till beräkningsmetoden:

- Man räknar med en fix innetemperatur, trots att den i verkligheten varierar enligt nyttjarens val eller på grund av brist på regleringsanordningar. Temperaturen varierar från rum till rum. Vidare praktiseras sänkning av nattemperaturen.
- En annan aspekt är att man vid bättre isolering av en yttervägg kan sänka innetemperaturen. Den högre temperaturen på väggens innersida upplevs som ett tillskott till rumstemperaturen. Effekten kan beräknas i form av operativ rikttemperatur, se Welty (1978). Besparingen på grund av isoleringen ökar härigenom något.
- En effekt som går i motsatt riktning beskrivs nedan. Man förutsätter vid beräkningarna att tillförseln av energi genom värme-element etc avbryts så fort som gratisenergin täcker förlusterna i byggnaden. Tyvärr finns det inga perfekta regulatorer som klarar av detta, vilket leder till en viss överförbrukning av energi. Besparingen minskas genom denna effekt.
- När man vill optimera förhållandet investering / följdskostnad torde vad som sagts ovan inte motivera att i beräkningarna ändra den fixa innetemperaturen.



- En viktig följd av tillämpningen av en fix innetemperatur är att energijämförelser mellan olika byggnader underlättas.

Som ett slut på detta avsnitt görs för den berörda byggnaden i Göteborg en beräkning av optimal isolering med ett förenklat förfarande.

Energibesparingen (B) beräknas som

$$B = (k_1 - k_2) \cdot Q_5 \cdot A \quad \text{kWh/år} \quad (24)$$

Däri betyder

- $k_1$ : värmegenomgångskoefficienten för tidigare planerat utförande i  $W/m^2, ^\circ C$
- $k_2$ : värmegenomgångskoefficienten för presenterat alternativ i  $W/m^2, ^\circ C$
- $Q_5$ : gradtimtalet dividerat med 1000 för orten ifråga i  $^\circ C$  (3320 x 24)
- A: arean för den aktuella byggnadsdelen i  $m^2$ .

För ytterväggen med 170 mm tjocklek erhålls

$$B = (0,3 - 0,22) \cdot \frac{3320}{1000} \cdot 24 \cdot 3891 = 24803 \text{ kWh/år}$$

$$\frac{I}{B \cdot \gamma} = \frac{365800}{24803 \cdot 52,66} = 0,28 \text{ dvs}$$

närmast exakt samma siffra som man ovan erhållit med BKL-metoden. Att överensstämmelsen blev så god är en tillfällighet men bekräftar vad man funnit vid andra undersökningar, nämligen att användandet av gradtimtal som beräkningsunderlag ger relativt tillförlitliga resultat, se Källblad (1983). Gradtimmetoden kan därför användas för preliminära överslagsberäkningar, medan finare kalkyler bör göras med BKL-metoden. Detta gäller särskilt då man utför känslighetsanalyser för byggnadens geografiska orientering, fönsterarrangemang etc. Vid genomförandet av BKL-beräkningar bör man följa anvisningarna i Adamson (1982). En ADB-stödd version av BKL-metoden är publicerad i Adamson (1983).

### 7.3 Stabilitet i beräkningsmetoder

När man gör beräkningar för långa livscykler bör förutsättningarna för beräkningarna så långt det är möjligt vara oförändrade under längre perioder. Riktigheten i detta påstående torde vara lätt att inse. Det kan inte på sikt vara god ekonomi att ena året bygga energisnålt och nästa år lätta på reglerna så att husen får ökade förluster. Husen från år och nästa år kommer att genomgå samma livscykel men de kommer att uppvisa väsentligt olika livscykelkostnader. Hur uppstår då de olika förutsättningarna? Det finns två påverkande faktorer. Den



ena är att exempelvis världsmarknaden för olja plötsligt ändras, det är den yttre inverkan. Den andra påverkande faktorn består i att olika beslutsfattare bedömer situationen olika och formulerar förutsättningarna därefter, vilket resulterar i en flora av beräkningsregler. Vad kan göras för att åstadkomma mer enhetlighet? Troligtvis torde det räcka med att en institution eller myndighet framlägger rekommendationer till beräkningsregler för framtida kostnader för olja, el, städning, underhåll etc.

Här är det på sin plats att betona normernas inverkan, åtminstone vad gäller energiförbrukning. De k-värden som är fastlagda i normer bidrar till stabilitet på marknaden. Tillverkare kan inrikta sitt sortiment så att det passar normerna, vilket bör leda till konkurrens och lägre priser på marknaden.

Normerna kan dock verka hindrande på utvecklingen i den mån de utgår från specifika lösningar. Därigenom kan användningen av nya konstruktioner och material försvåras. Detta har sin särskilda betydelse då man ordnar speciella insatser eller tävlingar för att få fram mer LCK-orienterade konstruktioner.

#### 7.4 Synpunkter på nedkylning av byggnader

I kapitel 4.4 visades data för kylda och icke kylda kontorslokaler. Årsförbrukningen i kWh/m<sup>2</sup> bruttoyta är i de angivna fallen:

	Icke kylda kontor kategori I	Medelvärde för kylda kontor kategori III, IV, V
Uppvärmning	158 (100%)	225 (142%)
Elektricitet	23 (100%)	120 (522%)
Totalt	181 (100%)	345 (191%)

**Tabell 5. Årsförbrukning av energi för kylda och icke kylda kontorslokaler**

Härtill kommer en väsentligt större vattenförbrukning i de kylda byggnader som inkluderats i undersökningen, se Siegel (1977).

Till kostnaderna för årsförbrukningen av energi kommer den cirka 45% högre investeringen för kylda byggnader jämfört med de icke kylda. Det bör betonas att värdena hänför sig till byggnader i Västtyskland. I Sverige är frågan om kyld eller icke kyld byggnad inte så betonad som i sydligare länder. Men även i sydliga klimat finns andra lösningar för att få ett dragligt inomhusklimat under sommaren. Österrikiska Ministerium für Bauten und Technik föreskriver 2500 kg värmetrög massa per m<sup>2</sup> ytterfönsteryta eller minst 110 kg per m<sup>3</sup> rumsvolym i sina byggnader och klarar sig därigenom från att installera kylutrustning i normala lokaler, under förutsättning, att solskydd vid behov uppsätts.

## 7.5 Energigodhet

Som ledning vid projekteringen är det fördelaktigt att ha data över bl a de faktorer som påverkar energiförbrukningen. Därigenom kan projektören jämföra sitt utkast med erfarenhetsvärden och mer effektivt närma sig de optimala värdena för byggnaden ifråga, dvs de som leder till minimala livscykelkostnader. När projektet är färdigt kan byggherren på samma sätt jämföra del- och totalresultat med exempel från lyckade lösningar. Slutligen kan exemplen på lyckade lösningar berikas med nya exempel och därmed uppnås en stegvis förbättring av värmeekonomidata för byggnader.

Uppställandet av tal för energigodhet är därför en angelägen uppgift. Presentationen av godhetstal bör omfatta ett flertal kvaliteter hos byggnaden. Ett förslag görs i bilaga 7.

I kapiteldel 14.4 berörs den utveckling som erfordras för att skapa meningsfulla godhetstal.

Städkostnaderna utgör omkring 30 till 50% av följdkostnaderna och bör därför ägnas stort intresse av projektörerna. Dessa kan dock bara påverka en del av städkostnaderna, nämligen den del som berör golvytans storlek, utformning och kvalitet. Den resterande delen, som uppgår till omkring en tredjedel av totala städkostnaden, består av rengöring av inventarier. De uppgifter som lämnas i detta kapitel har i huvudsak härletts ur eller tagits från Lönn (1982).

Städning är ej väldefinierad både vad gäller produkten städning och beträffande vem som utför den. Det förekommer att nyttjaren t ex på sjukhus utför en stor del av städningen som en del av sitt normala arbete. Detta bör dock ej inverka på lokalers utformning och kvalitet. Vem som drar fördel av en ökad städvänlighet är inte väsentligt.

Produkten städning beror av två komponenter. Den ena är städfrekvensen och den andra grundligheten med vilken städningen utförs. Båda dessa komponenter avstäms normalt så att kunden/nyttjaren blir tillfredsställd. En faktor som påverkar tillfredsställelsen är hur lokalen nyttjas. Vid mer intensivt nyttjande behövs mer städning för att nå tillfredsställande resultat. Lokaler som endast tillfälligt används kan städas med låg frekvens och grundlighet.

Städning är arbetsintensiv. Man räknar med följande kostnadsrelationer:

- arbetskraft 85-90%
- utrustning och förbrukningsmaterial 5-10%
- administration 5-10%.

Städning utförs av en låglönegrupp, för vilken lönerna stiger exceptionellt snabbt. Den exceptionella kostnadsökningen påverkar omvandlingsfaktorn för framtida kostnader, vilket behandlas i kapitel 12.2.

Som ovan nämnts är golvytan en av de väsentliga parametrarna för städkostnader (S). Man kan särskilja flera olika typer av golvytor och på basis därav uppställa följande formel.

$$S = (k_1 \cdot R_A + k_2 \cdot R_K + k_3 \cdot R_H + k_4 \cdot R_O) \cdot G \cdot P \text{ kr/mån.} \quad (8)$$

Däri betyder

$k_1, k_2, k_3, k_4$ : koefficienter för de olika ytorna, uttryckta i städtime per  $m^2$  och månad

$R_A$ : arbetsyta för nyttjaren i  $m^2$

$R_K$ : kommunikationsyta i  $m^2$

$R_H$ : "hygien"yta i  $m^2$

- R<sub>Ö</sub>:            övrig yta i m<sup>2</sup>  
 G:                genomsnittskostnad för arbete i kronor/timme  
 P:                pålägg för administration etc.

Vad ytorna (R<sub>A</sub>) etc omfattar belyses av följande exempel.

		m <sup>2</sup>	Procent av totalytan
Arbetsyta R <sub>A</sub>	Kontor etc	1100,9	39
	Konferensrum	83,8	
	Reproduktionsrum	43,3	
	Stansrum	33,9	4
	Televäxel	14,9	
	Verkstad	15,3	
		<u>1292,1</u>	
Kommunikationsyta R <sub>K</sub>	Entré etc	273,7	26
	Hiss	3,8	
	Korridor	428,9	
	Trappa	80,2	
	Övrigt	24,1	
		<u>810,7</u>	
"Hygien"yta R <sub>H</sub>	Toalett	31,4	3
	Omlädningsrum	20,2	
	Övrigt	33,7	
		<u>85,3</u>	
Övrig yta R <sub>Ö</sub>	Arkiv och förråd	618,1	28
	Lunchrum	57,8	
	Soprum, städtrum	66,7	
	Redskapsrum	26,1	
	Övrigt	78,2	
		<u>846,9</u>	

Tidåtgången för städning i direkt arbetstid utgör:

	R <sub>A</sub>	R <sub>K</sub>	R <sub>H</sub>	R <sub>Ö</sub>	Totalt
Golv	1082	2380	651	785	4898
Övrigt t ex vertikala ytor	520	668	1234	96	2518
Totalt	1602	3048	1885	881	7416

Tabell 6            Tidåtgång i minuter per månad för städning av olika ytor

Den specifika tidåtgången blir:

$R_A$	$R_K$	$R_H$	$R_{\bar{O}}$	Totalt
1,24	3,76	22,10	1,04	2,44

**Tabell 7. Specifika tidåtgången i minuter per månad och  $m^2$  för olika ytor**

Värdena i tabell 7 kan användas för bestämning av koefficienterna i formel (8), dvs  $k_1 = 1,24$ ;  $k_2 = 3,76$  etc.

Av ovanstående data framgår att kostnaderna för städning av golv är dominerande, vilket bör beaktas vid projekteringen. Tidåtgången för "hygien"ytor är anmärkningsvärt hög, totalt sett i detta fall högre än för arbetsytan, 1885 kontra 1602 minuter. Rationalisering av städning av "hygien"ytor måste vara en angelägen uppgift. En minskning av sådana ytor bör även övervägas.

Kommunikationsytor förtjänar också en speciell behandling under projekteringen, då deras specifika tidsförbrukning är hög.

Generellt gäller för golv att städningen underlättas ju större ytor som kan städas på en gång och ju färre hinder, t ex pelare och vrår, som finns. Möjligheter att använda städmaskiner bör studeras, då man med dessas hjälp kan rationalisera arbetet.

Vad gäller material i framför allt golv finns det olika meningar om städvänligheten. Siegel (1977) uppger t ex att textilmattor kräver mindre vård än PVC- och linoleummattor. I rapporten som Lönn (1982) publicerat kommer man till att en mjuk matta kräver cirka 30% mer städtid (relationen 2,1 till 1,6) än halvhårt golv.

De data som angivits ovan skall ses som exempel för att belysa var man har problem. Andra fördelningar av städkostnaderna finner man i skolor, sjukhus etc. Ytanvändning och utförande är de faktorer som närmast bestämmer städkostnaderna.

Ett sätt att få ned städkostnaderna är att förhindra att smuts kommer in i en byggnad. Genom lämplig utformning av entrén kan man minska städningen av kommunikationsytor. Installation av avtorkningsanordning i entrén kan även övervägas. Därvid ökas investeringen och städningen i entrén, vilket i en LCK-modell kan vägas mot en minskning av övriga städkostnader, se bilaga 21.

Det finns andra sätt att sänka kostnaderna. Den bästa effekten torde man nå genom att firmor i konkurrens får lämna anbud på städarbetena.



## 9 UNDERHÅLL

Den tredje i storlek av kostnadsslagen efter energi och städning är underhåll. Karaktäristiskt för underhållet är att det består av många relativt små arbeten. Kostnaderna påverkas av ett flertal faktorer såsom nyttjandefrekvens, temperatur-, fukt- och vindförhållanden, åtgärder för modernisering eller anpassning till ny verksamhet. Byggnadsunderhållet finansieras ofta från flera källor, vilket komplicerar insamlingen av data om kostnader. Härigenom blir det också svårt att redovisa de totala underhållskostnaderna under en period.

### 9.1 Omfattning av underhåll

Det finns många definitioner på termen underhåll, t ex Juvén (1981b): "Åtgärder som syftar till att vidmakthålla byggnaders eller anläggningars funktion och tekniska standard." Så länge som byggnaden eller anläggningen fungerar erfordras enligt denna definition inget underhåll men i verkligheten vidtar man ändå preventiva åtgärder då dessa visat sig vara ekonomiskt fördelaktiga. Man talar om eftersatt underhåll när man vill indikera att ett flertal åtgärder borde ha vidtagits men att de av finansiella eller andra skäl uppskjutits. Om en underhållsåtgärd bör vidtas bestäms tydligen å ena sidan av om det totalt sett för byggnaden är ekonomiskt och å andra sidan om det är överhängande ur funktionssynpunkt. Den senare typen av underhåll kallas avhjälpande (felavhjälpande) och den förra förebyggande underhåll. Man har funnit att en ökning av det förebyggande underhållet i allmänhet ger ett bättre resultat främst genom att man kan planera det förebyggande underhållet, vilket ej är fallet med det avhjälpande.

Det finns tre avgränsningsproblem för underhållsarbetet. När man moderniserar eller anpassar en byggnad vidtar man samtidigt underhållsåtgärder för de berörda byggnadsdelarna. Kostnaderna för dessa åtgärder inkluderas normalt i ombyggnads- resp anpassningsarbetet. Viktigt är att beräkna, t ex med stöd av tidigare underhållsplaner, de därvid dolda underhållskostnaderna, så att man får en fullständig statistisk bild av alla underhållskostnader. I det sammanhanget kan nämnas att en viss modernisering ibland ingår i underhållskostnaderna, se t ex Muser (1977) p 37.

Det andra avgränsningsproblemet uppstår genom att man ofta inte hänför skötsel och inspektion till underhållskostnaderna. Så sker t ex i den tyska normen DIN 18960 (1976). Författaren till föreliggande rapport anser att underhåll, skötsel och inspektion bör behandlas tillsammans, så att man får de totala underhållskostnaderna samlade för varje byggnadsdel resp anläggning.

Det tredje avgränsningsproblemet avser förhållandet till nyttjaren. Om en del av underhållet överlätes till hyresgästerna i en byggnad kommer kostnaderna för underhåll av nämnda del att döljas och därmed försvinner kostnaden från statistiken över underhåll.

## 9.2 Tidpunkt och kostnad för underhållsåtgärder

I många dokument anges intervall för underhållsåtgärder, se t ex bilaga 4, Byggnadsstyrelsen (1981), (1982), Muser (1977), Nielsen (1981), REPAB (1981a, 1982), Sjöström (1982). Särskilt uppställningarna i bilaga 4 och REPAB (1981a) är ändamålsenliga då de innehåller såväl kostnader som intervall och därmed ägnar sig väl för att planera arbeten och välja optimala lösningar (se dock vad som sägs under kapiteldel 14.5 om osäkerhet). Vad som fattas i detta sammanhang är att, med ett undantag, inga uppgifter lämnas om de faktorer som påverkar intervallens längd. Här hänvisas till kapitel 5 där de faktorer, som påverkar livscykelkostnaderna anges, nämligen byggnadens kostnadsorsakande egenskaper, nyttjandet samt omvärlden. Ovan nämnda undantag är REPAB (1981a) som anger tre olika intervall för t ex underhåll av linoleummattor, nämligen a) för hårt slitage i korridor, trappa, passager b) för normalt slitage i bostäder och c) för lätt slitage i kontor. Den väg som REPAB (1981a) slagit in på rekommenderas. Fortsatt utvecklingsarbete bör dock ta hänsyn till de nya rön som torde komma fram när man inför optimering av planerat och avhjälpande underhåll. Här hänvisas också till begreppet behovsstyrt underhåll, se Berndtsson (1980), som utgör en förutsättning för rationell ökning av det förebyggande underhållet. Metoden baseras bl a på införandet av "mätmetoder och toleransgränser som ger ett objektivi mått på behovet av underhåll."

För varje underhållsåtgärd bör en kostnad anges, så att en beräkning av totala underhållet för en byggnadsdel eller en byggnad blir möjlig. Det vore också fördelaktigt att ange underhållskostnaden som medeltal för en tioårsperiod, som beskrivs i kapiteldel 14.4.3.



## 10. MODERNISERING OCH ANPASSNING

Under en byggnads livscykel får man räkna med att dess användning från tid till annan ändras. I den mån man kan förutse sådana ändringar kan det vara motiverat att förbereda byggnaden för den nya användningen. De åtgärder som kan tänkas avser:

- golvbärighet
- flyttbara innerväggar
- försörjning med ljus, telefon, el och värme
- fönsterplacering
- bärande pelare etc
- rumshöjd.

Frågan är med vilken sannolikhet man kommer att ta anpassningsegenskaperna i anspråk. Vid optimering av livscykelkostnader måste denna fråga besvaras och det görs genom antaganden. Från dessa kan man beräkna lönsamheten av respektive åtgärd.

Den verkliga användningen av anpassningsegenskaperna kommer troligen att skilja sig väsentligt från vad som antagits. Siegel (1977) konstaterar i detta sammanhang att anpassningsegenskaperna i de flesta fall diskuteras under projekteringen och att vissa sådana egenskaper införlivas med projektet. Därefter tycks detta tema falla i glömska. Vid insamligen av data om användningen av byggnaderna fann man att med mycket få undantag var nyttjaren ovetande om anpassningsegenskaperna i den aktuella byggnaden. Det var nästan omöjligt att få uppgifter om vilka anpassningsåtgärder som vidtagits. Vissa uppgifter kunde dock erhållas från ritningar.

Man kan påvisa att åtgärder för att underlätta anpassning under senare år tilltagit i omfattning. Ett exempel på detta har erhållits ur Siegel (1967), (1977), varur följande uppgifter rörande bärkraft hos golv tagits.

Undersökning av byggnader i perioden	Golvbärighet			
	200-299 kg/m <sup>2</sup>	300-399 kg/m <sup>2</sup>	400-499 kg/m <sup>2</sup>	över 500 kg/m <sup>2</sup>
1954-1965	9	18	0	19
1966-1975	4	32	5	64

**Tabell 8** Antal kontorsbyggnader med viss golvbärighet

Uttryckt i procent erhålls följande bild.

Undersökning av byggnader i perioden	Golvbärighet			
	200-299 kg/m <sup>2</sup>	300-399 kg/m <sup>2</sup>	400-499 kg/m <sup>2</sup>	över 500 kg/m <sup>2</sup>
1954-1965	19,6	39,1	-	41,3
1966-1975	3,8	30,5	4,8	61,0

**Tabell 9. Procentuell andel av antal kontorsbyggnader med viss golvbärighet**

Trots att urvalet av byggnader ej gjorts enligt statistiska metoder torde man kunna anta att tendensen som visas är representativ.

Vad gäller flyttbara väggar påvisas i Byggnadsstyrelsen (1980) att de i fyra undersökta byggnader flyttas med en frekvens av 1% per år. Under denna förutsättning sägs användningen av flyttbara väggar vara ekonomisk. I en annan undersökning, se Holter (1980), förnekar man lönsamheten av vissa specificerade anpassningsåtgärder. Se i detta sammanhang de principer för beräkningar som framläggs i bilaga 22.

I USA tar man som alternativ till anpassning upp möjligheten att reservera buffertutrymmen - interstitial space. Man anser att förekomsten av ett buffertutrymme, dvs angränsande tomma lokaliteter, kan ersätta resp komplettera anpassningsegenskaper i byggnaden, särskilt när det gäller sjukhus.

Vid beräkningar av lönsamheten av åtgärder för att underlätta anpassning bör man beakta att dessa egenskaper endast i ringa mån kommer att tas i anspråk under de första åren. Utnyttjandet kan representeras av en serie som tilltar i intensitet under ett antal år för att sedan troligtvis avklinga. Nivån på värdena i serien beror bl a på dynamiken i nyttjarens organisation och verksamhetsområde. En viss sannolikhet finns att egenskaperna endast i ringa omfattning kommer att användas. Med hänsyn till denna sannolikhet bör man i beräkningar minska värdet av framtida utnyttjande. Ett sätt att göra detta är att använda en högre räntesats vid omvandling av följdkostnader till nuvärden. Detta har markerats i kapitel 12.2 och bilaga 22 genom att som ansats sätta den programmerade räntan för anpassningsåtgärder lika med 5%. Beroende på ovannämnda sannolikhet kan det vara motiverat med väsentligt högre räntesatser.

## 11 ÖVRIGA FÖLJKOSTNADER

I denna rapport behandlas endast de kostnader som projektörerna kan påverka. Bland de följdkostnader som därigenom helt eller delvis utesluts är administration, skatter, försäkringar, vattenförbrukning och sophantering.

Beträffande vattenförbrukning bör man beakta att vatten ibland används för nedkylning av byggnader under sommaren. Denna kylvattenförbrukning bör tas med i livscykelkostnaderna. Jämför i detta sammanhang uppgifterna i tabell 2.

Skattefrågorna behandlas ej, då de är beroende av de förhållanden som gäller för varje enskild fastighetsägare. Någon generell undersökning av inverkan av skatter i samband med fastighet är inte tillgänglig. Problemen berörs av Lundström (1980).



## 12 OMVANDLING AV FÖLJKOSTNADER TILL NUVÄRDEN

För att kunna optimera investering och följdkostnader måste de båda kostnadsslagen behandlas tillsammans. Till sin natur är de helt olika. Investeringen är statisk och storleken relativt lätt att bestämma. Följdkostnaderna är dynamiska. De består av en kedja av kostnader som sträcker sig över flera årtionden och deras storlek är ofta svår att förutsäga med nöjaktig noggrannhet.

Inom industrin begagnar man sig av några metoder som också bör komma till användning inom byggsektorn. Det finns två olika principer, nämligen pay-back-metoden och diskonteringsförfarandet, för att ställa följdkostnader mot investering.

### 12.1 Pay-back-metoden

Vid pay-back-metoden räknar man hur många år det tar innan man tjänat tillbaka pengarna för en investering. Särskilt vid åtgärder för att spara energi säger man att t ex en bättre isolering betalar sig inom några få år, se t ex Svensson (1983). Oftast sker beräkningarna utan omvandling till nuvärdet.

Med pay-back-metoden får man ett måttetal på lönsamheten. Nackdelen med metoden är att man bortser från allt som händer efter pay-back-periodens slut.

Pay-back-metoden används normalt endast för korta perioder på några år.

### 12.2 Diskonteringsförfarandet

En summa pengar som en individ erhåller idag är mer värd för denne än en lika stor summa som kan disponeras först nästa år. Detta gäller även i det fall då den senare summan korrigeras för inflationen. Man kallar detta "bird in the hand principle", se Quirin (1967). För att kunna uttrycka denna individens tidspreferens minskar man de framtida intäkterna och kostnaderna med en viss procentsats - diskonteringsräntan - år efter år.

På det nationella planet använder man diskonteringsräntan som en metod att flytta intäkter och kostnader mellan olika perioder och till och med mellan generationer. När diskonteringsräntan används på detta sätt kallas den "social time preference rate" (STPR), se Rapp (1980).

Diskonteringsförfarandet har, som angivits i kapitel 3, fört till problem när räntan är hög resp tidpunkten för kostnaden avlägsen. Den nedvärdering av följdkostnaderna, som därvid äger rum, uppmuntrar inte till åtgärder för att undvika följdkostnader. Vidare anser t ex Lundström (1980) att "Ränteberäkningar som sträcker sig över en

tidsrymd på 15-20 år är svåra att tolka och i många fall inte meningsfulla."

För att dämpa den effekt som räntan utövar har man, utgående från det aktuella ränteläget ( $r_0$ ), dragit ifrån inflationen ( $i$ ), varvid en realränta erhållits. Dessutom inför man ytterligare en minskning för de exceptionella fördyringarna som sträcker sig utöver inflationen. Sådana fördyringar ( $f$ ) finns inom såväl energi-, städnings- som underhållsområdena. Man erhåller en nettoränta ( $r$ ) enligt formeln:

$$r = r_0 - i - f \quad (9)$$

Vid användning av denna formel erhåller man låga eller till och med negativa räntor. Skulle man såsom Nielsen (1981) gjort, se kapitel 4.6, också ta hänsyn till skatteeffekter blir räntan mindre respektive ännu mer negativ.

Att utgå från dagens ränteläge, även om man därmed avser realränta, verkar orealistiskt. Vi har med perioder på flera tiotal år att göra och under den tiden kommer ränteläget att ändras.

Mer stabilitet vid beräkningarna av nuvärden kan uppnås om man fastlägger en STPR för vanliga investeringar och de fördyringar utöver inflationen som anses sannolika:

för termisk energi	( $r_{E_1}$ )
för elenergi	( $r_{E_2}$ )
för städning	( $r_S$ )
för underhåll och övrigt	( $r_U$ )

Man kan använda formeln

$$r_{px} = STPR - r_x \quad (10)$$

Däri betyder

$r_{px}$ : programmerade räntan för en lång period och ett visst kostnadslag

$r_x$ : endera av ( $r_{E_1}$ ), ( $r_{E_2}$ ), ( $r_S$ ) eller ( $r_U$ )

Räntan ( $r_{px}$ ) utgör en del av det styrinstrument man behöver för att de framtida förhållandena ifråga om t ex förbrukning av termisk energi skall bli de önskade.

Storheterna ( $r_{E_1}$ ), ( $r_{E_2}$ ), ( $r_S$ ) och ( $r_U$ ) bör kunna fastläggas med hjälp av den statistik som finns. Därvid måste man dock beakta att de ökningstakter vi i medeltal haft för kostnader under det sista årtiondet knappast kan förväntas bestå under längre perioder.

Som en ansats baserad på en livscykel av 60 år kan man ange följande värden:

STPR	4% dvs 0,04
$r_{E_1}$	3% " 0,03
$r_{E_2}$	2% " 0,02
$r_S$	2% " 0,02
$r_U$	2% " 0,02

Räntesatsen för ( $r_{px}$ ) kommer därvid att ligga mellan 1 och 2%. För anpassningsåtgärder sätts som ansats  $r_{px} = 5\%$  i anslutning till vad som sagts i kapitel 10, se även bilaga 22.

För att beräkna nuvärden utgår man vanligen från en förräntning en gång per år. I vårt fall kan man också använda sig av  $s$   $k$  kontinuerlig förräntning, dvs man väntar ej ett år tills man adderar räntan utan räntan tillförs kontinuerligt. Den senare metoden leder till en något snabbare förräntning vid samma räntesats men för de låga räntor vi arbetar med blir skillnaden obetydlig. Fördelen ligger i att formlerna och beräkningarna blir enkla.

Man erhåller för diskontering av enstaka belopp:

- a. vid årlig förräntning

$$K = \frac{K_n}{(1+q)^n} \quad (11)$$

- b. vid kontinuerlig förräntning

$$K = \frac{K_n}{e^{nq}} \quad (12)$$

Vid diskontering av summor av årligen lika belopp erhålls:

- a. vid årlig förräntning

$$K = K_0 \cdot \frac{(1+q)^n - 1}{(1+q)^n \cdot q} \quad (13)$$

- b. vid kontinuerlig förräntning och penningström

$$K = K_0 \cdot \frac{1 - e^{-qn}}{q} \quad (14)$$

I ovanstående formler betyder

- K: nuvärde av beloppet resp beloppen
- $K_n$ : värdet n:te året
- q: räntan uttryckt som t ex 0,04
- n: antal år
- $K_0$ : det årligen lika beloppet, t ex 500 år 1, 500 år 2 etc

Ovanstående formler utgör ej de enda som kan användas vid beräkning av nuvärden. Möjlighet finns att andra formler bättre kan motsvara behoven under livscykeln och försök görs nedan att presentera en dylik formel.

### 12.3 Faktorer som bör ingå i en beslutsmodell

Ur vidgad sikt bör man i en nuvärdesformel för byggprojekt ta hänsyn till följande:

- knappheten på kapital vid investeringstillfället
- möjligheten att använda kapitalet mer förmånligt inom någon annan sektor av näringslivet
- kostnadsutvecklingen för olika energislag såsom olja, kol, el etc
- löneutvecklingen för personal för drift, städning, underhåll och modernisering
- svårigheten att rationalisera drift-, städnings-, underhålls- och moderniseringsarbeten
- sysselsättningsläget för personal för drift, städning, underhåll och modernisering
- tidshorisont, dvs livscykeln längd
- risken att en teknisk lösning inte kan ekonomiskt realiseras.

Knappheten på kapital kommer alltid att ha ett inflytande på ett investeringsbeslut. Det borde emellertid ej inverka på att man i investeringsbeslutet tar med alla de åtgärder som behövs för att upprätthålla en byggnads drift duglighet. En följd av detta är att man bör ta hänsyn till alla möjligheter att rationalisera drift, städning, underhåll och modernisering. För rationalisering måste man reservera ett belopp som delvis kan rymmas inom kostnadsramen och delvis täckas av ett extra anslag. Investeringen (I) kommer då att bestå av två delar, se kapitel 3.3:

$$I = A + B \quad (15)$$



Däri betyder

- A: Investeringsram som inkluderar normala insatser för att minska följdkostnaderna
- B: Tilläggsinvestering för att ytterligare minska följdkostnaderna

Uppdelning i (A) och (B) tillhör projekteringskedet. Det är ej meningsfullt att i bokföringen skilja (A) och (B) åt. Däremot bör de extra åtgärder som finansierats genom tillskottet (B) noggrant definieras och utförandet av dem verifieras.

Normalt borde det räcka om (B) utgör några procent av (I) för att en avsevärd besparing av följdkostnader skall kunna uppnås. Energi-besparande åtgärder bör bestridas med ett särskilt belopp, bestämt av de beräkningsmodeller som uppställts för detta ändamål, se kapitel 7.

Möjligheten att använda kapitalet mer förmånligt inom någon annan sektor av näringslivet bör behandlas i samband med beslutet att investera eller inte investera i en byggnad.

Kostnadsutvecklingen för olika energislag kan man enligt kapitel 12.2 ta hänsyn till genom korrektioner ( $r_{E1}$ ) resp ( $r_{E2}$ ) till räntan. Detsamma gäller i princip för löneutvecklingen och då med korrektionen ( $r_S$ ) och ( $r_U$ ).

Ett dåligt sysselsättningsläge kan ur nationalekonomisk synpunkt beaktas genom subventioner till investering eller genom att beräkningsmässigt reducera investeringsbeloppet med viss procentsats.

Tidshorizonten ( $n_H$ ) förtjänar särskilt intresse. Tidigare har den haft mindre betydelse, då de diskonterade värdena vid långa livscykler blivit mycket låga. Quirin (1967, p 81) uttrycker det så: "The most practical way of resolving the horizon problem is to let the discount rate take care of it." Vid låga räntesatser eller andra omvandlingsformler, som resulterar i väsentliga belopp ända till livscykeln slut, måste man ta ställning till tidshorizontens längd. En ändring av livscykeln från t ex 30 till 60 år får en stor betydelse för optimeringen av investering och följdkostnader.

Risken att en teknisk lösning inte kan ekonomiskt realiseras finns troligtvis endast vid sofistikerade lösningar. Kostnader för eventuella risker inkluderas i investeringen.

Vad slutligen svårigheten att rationalisera beträffar gäller att förut-sättningarna för drift, städning, underhåll och modernisering fastläggs vid projekteringen på ett sådant sätt, att rationaliseringar försvåras i framtiden. Mönstret för drift etc är fastlåst genom byggnaden och de utrustningar som valts. Följden av detta är att kostnadsökningar i endast ringa grad kan kompenseras genom rationaliseringar under nyttjandeskedet.

#### 12.4 Förslag till modifierad omvandling av följdkostnader till nuvärden

Alla de i kapitel 12.3 angivna faktorerna kan i avsaknad av en bättre lösning behandlas genom korrektion av investeringsbeloppet respektive i en diskonteringsformel. Därvid förutsätts att formeln ändras så att den kraftiga nedsättningen av följdkostnaderna dämpas. Grundläggande för det följande förslaget är att livscykeln uppdelas i två perioder. Räntesatsen under den första perioden bestäms av ( $r_{px}$ ), dvs är en funktion av STPR. Under den andra perioden utgår man från slutvärdena från första perioden. I de exempel som visas nedan hålls värdena konstanta under hela den andra perioden, vilket innebär att räntan är noll.

För att belysa verkan av förslagen visas i tabell 10 och 11 data för några alternativ. Livscykelns längd är satt till 60 år. Beräkningarna har genomförts enligt formlerna (12) och (14). I alternativen (a), (b) och (d) har beräkningarna skett med samma räntesats för hela livscykeln. Alternativen (c) och (e) är uppdelade i två perioder, varav den första med angiven räntesats och den andra med noll procent. Växlingspunkten ( $n_v$ ) mellan perioderna ligger vid 15 år.

Förloppet visas i ett diagram i bilaga 8.

Alternativ	Räntesats %	Nuvärde av ett belopp med storleken 1					
		5	10	15	20	25	30 år
a	10	0,61	0,37	0,22	0,14	0,08	0,05
b	4	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
c <sup>1)</sup>	4	0,82	0,67	0,55	0,55	0,55	0,55
d	2	0,90	0,82	0,74	0,67	0,61	0,55
e <sup>1)</sup>	2	0,90	0,82	0,74	0,74	0,74	0,74
f	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabell 10. Nuvärde av ett belopp med storleken 1 som funktion av tiden för utfallet av beloppet och av några räntealternativ

1) Efter 15 år räknas med det vid denna tidpunkt nedsatta beloppet.

Alter-nativ	Ränte-sats %	Nuvärde av årligen lika belopp <sup>2)</sup> med storleken 1 Tidshorisont $n_H = 60$ år	Nuvärdet i % av värdet för alternativ (f)
a	10	10,0	16,7
b	4	22,7	37,8
c <sup>1)</sup>	4	36,0	60,0
d	2	34,9	58,2
e <sup>1)</sup>	2	46,3	77,2
f	0	60,0	100,0

**Tabell 11. Nuvärde av årligen lika belopp med storleken 1 som funktion av några räntealternativ**

Av tabellerna framgår att endast vid alternativen (c), (d), (e) och (f) tar man väsentlig hänsyn till följdkostnaderna under hela livscykel. Genom att variera räntesatsen och ( $n_H$ ) resp ( $n_V$ ) kan man ändra nuvärdet. Det är dessa tre variabler som tillsammans med diskontersningsmodellen utgör styrinstrumentet vid optimering av investering och följdkostnad. Genom tillämpning på praktiska exempel kan man bedöma om nuvärdena av alla följdkostnader står i en rimlig proportion till investeringen. För att korrigera proportionen kan man antingen vidta åtgärder för att skära ned följdkostnaderna eller - om detta leder till orimligheter sett ur en vidare ekonomisk synpunkt - modifiera omvandlingsmodellen för följdkostnader. Framtiden får utvisa vilken kombination av åtgärder som är optimal för fastighetsägaren respektive samhället.

Låt oss innan vi går vidare rekapitulera tankegången i detta avsnitt. De hittills använda räntesatserna leder tillsammans med långa livscyklar för byggnader till att det ej lönar sig att i tillräcklig grad beakta följdkostnaderna. Dessutom tillämpas reglerna för beräkning av nuvärden så olika att en stor spridning i resultaten erhålls.

För att avhjälpa dessa missförhållanden föreslås en ny omvandlingsmodell till nuvärden för följdkostnader. Man utgår från att samhällets tidspreferens för kostnader STPR skall vara bestämmande under en första period av livscykeln och att kostnaderna under resten av livscykeln endast nedräknas till den nivå som gäller vid den första periodens slut.

Till ovanstående förslag hör att det bör vara byggherrens och endast hans uppgift att fastlägga vilken omvandlingsmodell, dvs räntesats resp ( $n_H$ ) och ( $n_V$ ), som skall användas. Projektörerna skall arbeta med hjälp av färdigberäknade tabeller över nuvärden som utgår från de parametrar byggherren beslutat. Exempel på sådana tabeller finns i bilaga 9.

1) Efter 15 år räknas med det vid denna tidpunkt nedsatta beloppet

2) Kontinuerlig penningström under året förutsätts

För beräkning av tabellerna gäller följande formler.

För enstaka belopp

$$\beta = e^{-nq} \quad \text{för } n \leq n_v \quad (16)$$

$$\beta = e^{-n_v q} \quad \text{för } n \geq n_v \quad (17)$$

För årligen lika stora belopp<sup>1)</sup>

$$\gamma = \frac{1 - e^{-n_v q}}{q} + \frac{n - n_v}{e^{n_v q}} \quad \text{för } n \geq n_v \quad (18)$$

$$\gamma = \frac{1 - e^{-nq}}{q} \quad \text{för } n \leq n_v \quad (19)$$

Ovan står (q) för ( $r_{pX}$ ), se formel (10).

### 12.5 Rangordning av alternativ

Sedan beräkningsreglerna fastställts kan man fortsätta med rangordning av alternativ. Projektören kan utföra denna uppgift.

Följande basinformation erfordras:

- vilket belopp kan disponeras som merinvestering för alternativet, dvs storleken av (B) i formel 15
- livscykelns längd
- reglerna för rangordning.

Byggherren lämnar information om punkterna a och b.

Reglerna för rangordning bör normaliseras t ex enligt följande.

Alternativ	Investering	Nuvärde av följdkostnader	S u m m a
A	$X_1$	$X_2$	$X_1 + X_2$
N	$X_{N1}$	$X_{N2}$	$X_{N1} + X_{N2}$

<sup>1)</sup> Kontinuerlig penningström under året förutsätts

Om alternativ A motsvarar det hittills vanliga utförandet är kravet

$$(X_{N_1} + X_{N_2}) < (X_1 + X_2) \quad (20)$$

för att alternativet skall godkännas.

För de godkända alternativen kan man göra följande beräkning.

$$\frac{(X_1 + X_2) - (X_{N_1} + X_{N_2})}{(X_1 + X_2)} = R_N \quad (21)$$

Däri betyder

$R_N$ : Rangordningsvärde för alternativ N.

Merinvesteringen ( $\Delta_N$ ) för alternativet är:

$$\Delta_N = X_{N_1} - X_1 \quad (22)$$

För alla alternativ förutsätts att en summa (B), se formel (15), står till förfogande. Följaktligen erhålls:

$$\sum \Delta_N \leq B \quad (23)$$

Alternativen ställs upp i rangordning enligt (R)-värden tills summan uppnår värdet (B). Exempel på utförliga beräkningar visas i bilaga 10. Data för alternativ A har tagits från bilaga 16. Övriga data har medtagits för att illustrera beräkningsgången. Vid det slutliga valet av alternativ bör ej endast rangordningen beaktas utan också, i den mån det är aktuellt, andra synpunkter såsom cash flow.

Den ovan föreslagna metoden med två räntesatser och rangordning utgör en utveckling för värdering av följdkostnader. Metoden bör prövas i praktiken och förbättringar införas om så behövs. Likaså bör storleken av beloppet (B) omprövas.

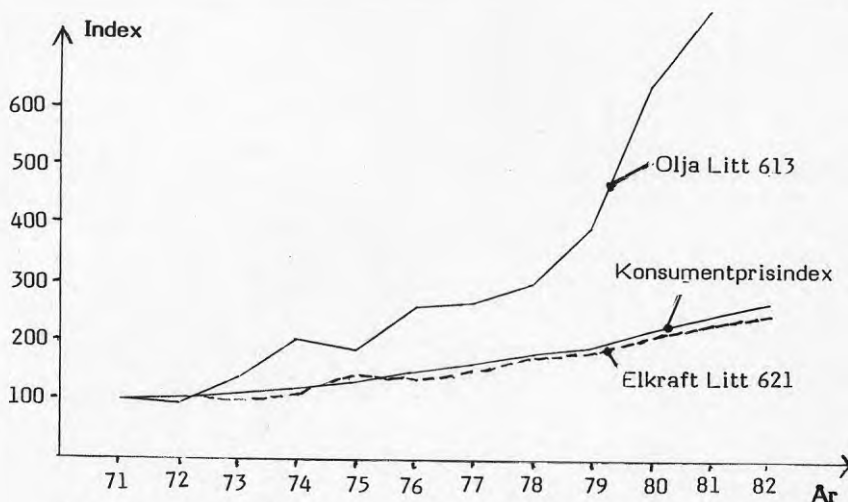
Vad gäller energibesparing bör resultatet av formel (6) vara det enda kriteriet för om en energisparåtgärd skall vidtas eller ej. En begränsning av tillsatsinvesteringar för energibesparingar bör undvikas.



### 13 INDEX FÖR ENERGI OCH ARBETEN UNDER NYTTJANDEFASEN

Under nyttjandefasen finns behov av kostnadsindex för ekonomiska analyser och som del i styrsystem. Det finns två typer av index, som båda kan komma ifråga, nämligen faktorindex (input index) och index för kompletta produkter (output index). Output index kännetecknas av att det inbegriper inverkan av rationalisering och produktförändringar. Input index följer däremot endast kostnadsutvecklingen för löner och material etc.

För termisk och elektrisk energi visas index enligt H 63 i figur 14 tillsammans med konsumentprisindex.



Figur 14 Indexutveckling för olja och elkraft enligt H 63  
Källa: Brev från SCB 1983-09-07

I ovanstående figur kan man lägga märke till att prisutvecklingen för olja skiljer sig väsentligt från den för elkraft. Vidare är prisutvecklingen för olja ryckig och kan därför ej utan vidare användas som bas för en prognos. Konsumentprisindex har inkluderats i figuren då jämförelse ytterst skall ske mot detta index, som får utgöra en indikation på inflationen. Huruvida index enligt H 63 är nöjaktigt representativt för nyttjandefasen är en fråga som bör undersökas.

Vad gäller städning existerar inget index, varför speciella undersökningar bör göras. Man bör eftersträva en output index som kan fånga upp eventuella rationaliseringsvinster. Som en ansats kan man tills vidare använda index för underhåll, då både städning och underhåll är arbetsintensiva verksamheter.



För underhållskostnader har Statistiska centralbyrån ett input index (faktortyp). I tabell 12 görs en jämförelse mellan detta index och faktorprisindex för bostäder exklusive löneglidning.

År	Index för underhålls- kostnader <sup>1)</sup>		Faktorprisindex för bostäder <sup>2)</sup>	Konsumentprisindex <sup>2)</sup>	
	i %			i %	
1968	180	100	100	215	100
1978	428	238	244	469	218

Tabell 12 Index för underhållskostnader och bostäder

Eftersom underhållsarbeten är mer arbetsintensiva än nybyggnadsverksamhet borde index för underhåll öka snabbare än index för bostäder. Så är ej fallet i tabell 12 vilket gör att Statistiska centralbyråns index inte bör användas i detta fall. Ur en fransk undersökning, se bilaga 11, erhåller man för tiden 1953 till 1975 ett underhållsindex framräknat som medeltalet av byggkostnads- och bygglöneindex, som ligger 2,4% högre än byggkostnadsindex. Motsvarande siffra från en undersökning i Wien under 1970-talet är 1,0%. Utgående från dessa data från Frankrike och Österrike kan man göra ansatsen att underhållsindex ligger 1% över byggkostnadsindex, som i sin tur är högre än konsumentprisindex. Med data ur tabell 12 erhålls en ökad prisstegring (f) för flerbostadshus jämfört med konsumentprisindex.

$$\frac{\frac{244}{100}}{\frac{469}{215}} = (1 + f)^{10}$$

$$f = 1,1\%$$

Utgående från ovanstående siffror skulle den exceptionella kostnadsfördyringen för underhåll vara 2%.

En rationalisering äger f n rum inom underhållsområdet i det att man strävar att minska det avhjälpande underhållet och öka andelen planerat underhåll. Detta talar för att man borde undersöka möjligheten att konstruera en output index. En sådan kunde byggas upp av typiska arbeten t ex målning av 1 m<sup>2</sup> vägg, golvarbeten för 1 m<sup>2</sup> golv etc. För varje arbete måste en viktning göras motsvarande den grad som respektive arbete förekommer under nyttjandefasen.

1) Källa: Statistiska centralbyrån, datablad

2) Källa: Kostnadsindex BYGG 5/1983

Underhållskostnaderna påverkas av ett flertal faktorer såsom det geografiska läget (transportberoende, löne- och marknadsförhållanden som skiljer sig från område till område), arbetets storlek, byggnadens ålder (byggnadssättet har ändrats med åren), typ av byggnad (svårare att utföra komplexa arbeten i t ex sjukhus och laboratorier). Dessa faktorer måste inarbetas i ett underhållsindex.

Avsikten med detta avsnitt har varit att ge ett underlag för bedömning av de fördyringar utöver inflationen som förekommer inom följdkostnadsområdet. Härur och med hjälp av erforderliga undersökningar bör värden kunna sättas för  $(r_{E_1})$ ,  $(r_{E_2})$ ,  $(r_S)$  och  $(r_U)$ , se kapitel del 12.2.



## 14 STYRNING AV LIVSCYKELKOSTNADER

### 14.1 Styrning av värde och kostnader (investering)

Livscykelkostnaderna består av de två komponenterna investering och följdkostnader. De senare beror som visats i figur 5 av byggnadens kostnadsorsakande egenskaper och de utgör därmed en del av byggnadens värde. För de kostnadsorsakande egenskaperna präglas härmed begreppet **nyttjandegodhet** som uppdelas i

- energigodhet
- städningsgodhet
- underhållsgodhet.

Begreppen kan användas i alla sammanhang där man önskar hänvisa till värdet av ett projekt. Att en byggnad har god respektive dålig nyttjandegodhet betyder att följdkostnaderna med stor sannolikhet kommer att bli låga respektive höga. En fastighet med god energigodhet är sparsam med energi genom att den isolerats väl och har ett effektivt uppvärmningssystem. Ovanstående begrepp erfordras framför allt i samband med optimering av nyttjandegodhet och investering.

Gemensamt för styrning av värden och kostnader är att man behöver

- en definition som utgör en avgränsning av värdet och kostnaden; avgränsningen kan t ex ske genom att ange den produkt-del för vilken värde och kostnad behandlas
- en måttstock för att mäta värdet respektive kostnaden (investeringen), så att man kan jämföra med data för andra byggnader eller byggnadsdelar
- medel för att korrigera värdet respektive kostnaden (investeringen).

För att illustrera ovanstående tas värmeisolering av en yttervägg som exempel.

	VÄRDE	KOSTNAD (investering)
Definition	10 m <sup>2</sup> av utförande X	som för värde
Måttstock	k-värde 0,4 W/m <sup>2</sup> ,°C	Y kronor/ m <sup>2</sup> vägg av utförande X
Medel för att korrigera	öka eller minska isoleringen	ändra konstruktionen

Så länge man begränsade sig till att endast hålla ramen för investering var situationen enkel. För värdet gällde det bara att innehålla de

minimikrav som ställts och det fanns tydligen gott om marginaler, annars hade "hålla ram"-förfarandet inte fungerat. Här är det intressant att jämföra med tillvägagångssättet vid värdeanalys.

Man definierar de önskade funktionerna av en produkt och söker den lösning som uppfyller funktionskraven och uppvisar lägsta produktionskostnad. Det bör observeras att man får ned kostnaden på två sätt: det ena genom att begränsa funktionerna, det andra genom att fylla de kvarblivna funktionerna på ett effektivt sätt. Under arbetet analyserar man hur motsvarande funktioner lösts i andra sammanhang och för andra produkter och till vilken kostnad.

Med införandet av värdet som en variabel möter man en komplex bild, där man i princip kan förfara på tre olika sätt vid ändringar:

	VÄRDE	KOSTNAD
<u>a</u>	Värdet bibehålls oförändrat	Konstruktionen ändras så att kostnaden minimeras
<u>b</u>	Konstruktionen ändras så att värdet maximeras	Kostnaden bibehålls oförändrad
<u>c</u>	Konstruktionen ändras så att ett optimalt förhållande erhålls mellan värde och kostnad	

Alternativ a motsvarar närmast "hålla ram"-situationen men texten för a är mer aggressiv: "så att kostnaden minimeras".

De två alternativen b och c utgör nya moment i styrprocessen som projektörerna så småningom måste bekanta sig med. I verkligheten får man räkna med kompromisser, t ex alternativ c med begränsningen, att investeringsramen ( $A + B$ ), se kapitel 12.3 formel (15), ej får överskridas. Det vore ur vidare sikt fördelaktigt om alternativ c fick gälla åtminstone för energisparåtgärder, vilket ej nödvändigtvis behövs medföra att investeringsramen överskrids. Det enda krav som för närvarande vanligtvis ställs beträffande kostnader - att hålla ram - motsvaras av en fordran att programmet för byggnaden följs. Till detta kommer ett flertal värderingar som tillförs under produktbestämningsskedet.

När det gäller värdet nyttjandegodhet beträder man ett område där praxis får ersätta systematisk behandling. Endast inom energiområdet har man utvecklat metoder för optimering av investering och följd-kostnad. Ett gott exempel är optimering av värmeisolering i kapitel 7.2.

Strävan i denna framställning har varit att hålla isär begreppen värde och kostnad, eftersom det är förhållandet mellan dem som skall optimeras. Vanligtvis tänker man vid optimering på en maximering av kvoten

$$\frac{\text{värde}}{\text{kostnad}}$$

Inom livscykelkostnadsområdet härskar dock det speciella förhållandet att för det första varje egenskap kan förbindas med en viss kostnad i framtiden och för det andra att dessa kostnader genom ett konstgrepp, kallat omvandling till nuvärdet, får samma status som investeringen. Detta möjliggör att optimeringen kan utföras som en minimering av summan av investering och nuvärdet av följdkostnaderna. Resultatet av optimeringsprocessen skall bli, att byggnaden får vissa egenskaper, som ovan tillsammans benämns nyttjandegodhet. Egenskaperna, eller om man så vill värdet, kan mätas i form av godhetstal, varom mera i kapitel 14.4. Genom de regler som fastlagts för optimeringen styr man mot ett visst godhetstal. Ändras reglerna, t ex genom modifiering av omvandlingen till nuvärdet, får det ändrat godhetstal till följd.

## 14.2 Styrmedel

Vid optimering har man två typer av beslut. Det ena omfattar de val som löpande träffas under projekteringsarbetet och det andra omfattar de val som görs mellan genomarbetade alternativa byggnadsprojekt eller större byggnadsdelar. I båda fallen kan man i princip betjäna sig av samma styrmedel.

### 14.2.1 Styrmedel för energigodhet

För energiområdet kan man använda formel (6), varvid (B) beräknas med ett för varje fall givet specifikt gradtimtal som divideras med 1000 och gäller per år ( $Q_g$ ).

$$B = (k_1 - k_2) \cdot A \cdot Q_g \text{ kWh/år} \quad (24)$$

Däri betyder

- $k_1$ : värmegenomgångskoefficienten för tidigare planerat utförande i  $W/m^2, ^\circ C$
- $k_2$ : värmegenomgångskoefficienten för presenterat alternativ i  $W/m^2, ^\circ C$
- A: arean för den aktuella byggnadsdelen i  $m^2$

Vid beräkningen av det vanligtvis använda gradtimtalet har man tagit hänsyn till gratisvärme under året. Detta gör att beräkningarna av (B) blir relativt realistiska. Vill man undersöka energibehovet vid t ex olika fönsterarrangemang måste man nyttja mer detaljerade metoder, exempelvis BKL-metoden.

Beslutsunderlaget kan ytterligare förfinas genom att tillgripa speciella dataprogram. Frågan är bara om det lönar sig.

### 14.2.2 Styrmedel för städningssgodhet

Städning av lokaler är relaterad till ytor, deras absoluta storlek respektive svårigheten att städa dem. En noggrann planering av de olika ytkategorierna är därför det mest effektiva styrmedlet. Det bör observeras att de olika ytkategorierna: arbets-, kommunikations-, "hygien"- och övrig yta ställer helt skilda krav på städinsats. Viktningen av denna skillnad, t ex i kapitel 8: 1,24, 3,76, 22,10 resp 1,04 dvs koefficienterna i formel (8), utgör en del av styrinstrumentet och bör därför ägnas tillbörlig uppmärksamhet. En annan fråga, som också bör studeras, är det planerade nyttjandet av lokalerna. Ett intensivt nyttjande bör motsvaras av en hög städinsats och vice versa.

Optimering av ytbeskaffenhet omfattar ej bara städningssinsatsen utan också underhåll, varpå ett exempel ges i bilaga 12.

### 14.2.3 Styrmedel för underhållsgodhet

En relativt ingående detaljering av underhållsinsatserna är nödvändig för att data skall bli meningsfulla. Försök har gjorts med presentationer som t ex Byggnadsstyrelsen (1974). Ett modifierat förslag till uppställning görs i bilaga 13. Viktigt är att investering och underhållskostnad redovisas separat och utan omvandling. Sammanvägningen av de två bör ske vid sidan av databoken för följdskostnader.

Följande exempel belyser beräkningsgången.

Förutsättningar: livscykel 60 år; omvandlingsfaktorer enligt bilaga 9 för 3%.

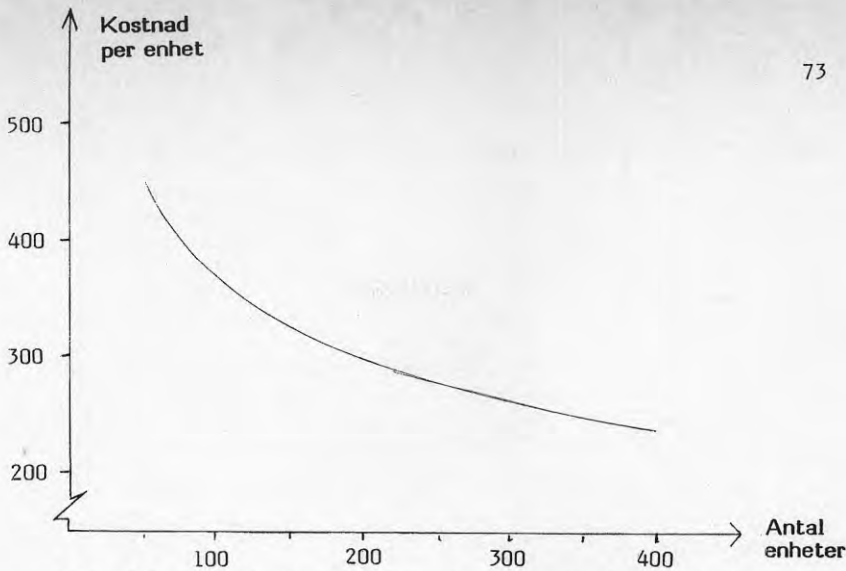
		<u>Nuvärde</u>
Data från följdskostnadsboken		
(I) investering		650
(U) underhåll vart 10:e år	200	
Omvandlingsfaktor för år 10	0,741	148
Omvandlingsfaktor för år 20 o. följ.	0,638 x 4	510
Livscykelkostnad		<u>1308</u>

På detta sätt kan livscykelkostnaden för olika alternativ jämföras och val träffas. Därvid bör ytterligare parametrar eventuellt beaktas, nämligen

- mängdfaktorn
- ortskostnadsfaktorn
- utnyttjningsfaktorn
- omvärldsfaktorn.

Kostnaden avser vanligen en viss mängd av åtgärden, t ex 300 m<sup>2</sup>, 100 fönster. Vid mindre mängder stiger enhetskostnaden och vid större minskar enhetskostnaden. Man kan åskådliggöra sambandet mellan mängd och pris i en s k fränstegscurva, se Öfverholm (1971).





Figur 15. Samband mellan enhetskostnad och serielängd (framstegskurvan)

Som exempel tas en produkt som kostar 300 kronor per enhet vid en tillverkningsmängd av 200 stycken. Ökar man mängden till det dubbla antar vi, och det bör gälla vid underhållsarbeten, att enhetspriset sjunker till 80%. Kostnaden blir  $0,8 \times 300 = 240$  kronor per enhet. Vid varje fördubbling av antalet tillverkade enheter sjunker kostnaden på detta sätt med 20%. I vårt fall skulle man vid en mängd av 800 stycken erhålla enhetskostnaden  $0,8 \times 0,8 \times 300 = 192$  kronor. Omvänt gäller att om mängden minskar till hälften ökar enhetspriset med  $1/0,8 = 1,25$ . En mängd av 100 stycken skulle ge en kostnad av  $1,25 \times 300 = 375$  kronor. Beroende av vilken produkt det gäller får man räkna med ett 70%, 80% eller 90%-förhållande. Generellt gäller att ju mer planering och handarbete som ingår i produkten desto lägre blir procentsatsen. För leveranser av material gäller höga värden på omkring 95%.

Ovan har vi talat om medelkostnaden per enhet i en serie. Normalt räknar man med att ovanstående relationer 0,64, 0,8 och 1,25 gäller för den sista enheten i en serie. Det kan dock visas att förhållandet i vårt fall med tillräcklig noggrannhet även gäller för medelkostnaden i en serie.

Kostnadernas mängdberoende är karakteristiskt för såväl underhålls- som rengöringsarbeten. Med ortskostnadsfaktorn kan man ta hänsyn till den lokala kostnadsnivån. Utnyttjningsfaktorn kan härledas från hur hårt slitaget är. Omvärldsfaktorn tar hänsyn till om byggnadsdelen befinner sig i ett utsatt eller skyddat läge.

Om några av ovanstående faktorer påverkar samtliga alternativ i samma grad behöver man inte ta med dem i beräkningarna.

Faktorerna är också tillämpliga vid beräkningar beträffande städningssgodhet.

### 14.3 Styrning av ytor

Resursanvändningen för uppvärmning, städning och underhåll är beroende av en byggnads ytor. Det ligger därför nära till att i första hand styra planeringen av ytor. Detta gäller speciellt i de tidiga skedena av ett projekt innan storleken av ytorna fastlagts.

Vid styrning bör man eftersträva att få utnyttjandetalet så högt som möjligt. Här kan det vara av intresse att notera resultatet av en undersökning av Siegel (1977). Man fann att de projekt som hade ett högt utnyttjandetal också hade låga specifika byggkostnader. Det lönar sig alltså dubbelt att åstadkomma ett projekt där ytor nyttjas effektivt.<sup>1)</sup> Detta konstaterande får ännu större vikt om man inkluderar effekten på följdkostnaderna. Energi-, städnings- och underhållskostnader är alla beroende av golvytans storlek. Ju mindre total golvyta, dvs ju högre utnyttjandetalet är, desto lägre blir följdkostnaderna. De senares ytberoende kan dock bättre uttryckas som följder:

- Förbrukningen av termisk energi är en funktion av tak-, fasad- och golvarean.
- Städinsatsen är beroende av respektive golvytors storlek (se kapitel 8).
- Underhållet är beroende av tak- och fasadarean för yttre underhåll resp golvyta för inre underhåll.

Ett begrepp som borde införas i detta sammanhang är kompakthet.

Om man kompletterar en presentation som gjorts av Nielsen (1981) med relativ kompakthet för olika byggnadsalternativ - modeller - med samma golvyta (avdrag för kommunikationsyta har ej gjorts) erhålls:

Modell	Antal byggnader	Antal våningar	Antal golvenheter	Antal takenheter	Antal fasadenheter	Relativ kompakthet (d/e+f) (g)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1	1	1	8	8	16	0,33
2	1	1	8	8	18	0,31
3	3	1	8	8	22	0,27
4	4	1	8	8	24	0,25
5	2	2	8	4	24	0,29
6	1	4	8	2	24	0,31

Tabell 13. Data för olika byggalternativ med samma golvyta - illustration av begreppet kompakthet

1) Originaltexten lyder: "Es scheint so zu sein, dass ökonomische Grundrisse, die eine Primärbedingung für ökonomisches Bauen sind, noch einen weiteren Effekt auslösen. Sie verursachen obendrein relativ günstige spezifische Kosten. Die Mühe, die auf die Entwicklung rationeller Grundrisse verwandt wird, trägt nach dieser Erkenntnis doppelten Lohn."

Kompaktheten uttrycks vanligen som golvyta i  $m^2$  dividerad med fasad- och takyta i  $m^2$ , men i brist på ytangivelser har relativ kompakthet använts. Eventuellt kan man konstruera ett begrepp liknande kompakthet, som tar hänsyn till fler följdkostnadskomponenter. Detta begrepp skulle användas som styrfaktor under det första projekteringskedet. Härigenom kunde man snabbare nå en optimal lösning för livscykelkostnader.

#### 14.4 Måttstock för godhet

Hittills har data för följdkostnadsområdet begränsats till energi- och kostnadsuppgifter. Då kostnaderna ändras med tiden bör man sträva efter att ersätta dem med mätning av enheter som ej påverkas av inflationen. Mätning av godheten för de egenskaper man är intresserad av - godhetstalet - utgör en ersättning för att mäta följdkostnader. Godhetstal utgör en nyhet som kan komma att få betydelse inte endast för styrning av livscykelkostnader utan även för budgetering, fastighetsförvaltning och fastighetsvärdering. Vad som presenteras nedan bör ses som en första ansats att införa godhetstal.

När man går från kostnader till godhetstal, bör man komma ihåg att följdkostnaderna enligt figur 5 påverkas av tre komponenter:

- de kostnadsorsakande egenskaperna = nyttjandegodhet etc
- nyttjandet
- omvärlden.

Värden omfattar i princip endast den första komponenten men det kan vara praktiskt att inbegripa inverkan av de två övriga genom att göra antaganden om "normala" nyttjande- och omvärldsförhållanden.

Beskrivningen av godhet och godhetstalen kan ses som en varudeklaration för byggnadens egenskaper inom följdkostnadsområdet.

##### 14.4.1 Måttstock för energigodhet

Energigodhet för en byggnad beskrivs i bilaga 7. En sådan beskrivning kan täcka alla väsentliga energiaspekter.

Vill man begränsa sig och söka ett enda tal för värmegodheten erbjuder kanske G-faktorn en passande lösning. Den franska normeringen är uppbyggd kring G-faktorn, som anger värmeförbrukningen i watt per kubikmeter för att upprätthålla en temperaturskillnad mellan inne- och utetemperatur av  $1^{\circ}\text{C}$ , se Knocke (1976).

##### 14.4.2 Måttstock för städningsgodhet

Som visats i kapitel 8 kan städningsinsatsen uttryckas som en funktion av städtiden. Ett godhetstal kunde utgöras av tidsförbrukningen per  $m^2$  städya, dvs en av koefficienterna i formel (8). För att ett sådant styrmedel skall fungera måste man ha en förteckning över vad

användningen av olika material och konstruktioner innebär för städningsinsatsen per m<sup>2</sup> och en sådan sammanställning existerar inte ännu.

Tills vidare får man som måttstock använda sig av storleken av de ytor som skall städas. Vill man beräkna kostnaderna finns formel (8). De erforderliga koefficienterna kan som en interimåtgärd härledas ur Lönn (1982).

#### 14.4.3 Måttstock för underhållsgodhet

Att ställa upp godhetstal för underhåll är förknippat med ett flertal problem, t ex

- tidsdelen av ett arbete är inte så dominerande som vid städning, så man kan inte nöja sig med att endast redovisa tidåtgången
- hur ofta en åtgärd behöver upprepas inom byggnadens livscykel är beroende av material, konstruktion, nyttjande och omvärld.

Ett förslag till lösning vore att under normala nyttjande- och omvärldsbetingelser (varvid man måste definiera vad som menas med normal) väga underhållskostnaden mot investeringen för hela byggnaden. Underhållsgodhetstalet skulle utgöras av en procentsats. Underhållskostnaderna skulle beräknas för hela livstiden utan omvandling till nuvärden och sedan reduceras till en tioårsperiod ( $U_{10}$ ).

$$\text{Godhetstalet} = \frac{U_{10}}{\text{Investering}} \quad (25)$$

På samma sätt kunde man uttrycka godhetstalet för t ex ett utrustningsalternativ, varvid kostnaderna och investeringen endast skulle gälla utrustningen ifråga.

För byggnaden i bilaga 16 erhålls

$$\text{Godhetstalet} = \frac{46\,535}{\frac{6}{101\,922}} = 7,6 \%$$

Ovanstående sätt att uttrycka godhetstalet borde vara ganska meningsfullt.

#### 14.4.4 Måttstock för nyttjandegodhet

Om man önskar ett godhetstal för en hel byggnad och inte nöjer sig med den nedbrytning som gjorts ovan och i bilaga 7 kan ett godhetstal räknas fram på samma sätt som för underhåll. Med data från tabell 15 får man

$$\text{Godhetstalet} = \frac{208\,685}{\frac{6}{101\,922}} = 34,1\%$$

En byggnads godhet kan också beskrivas som i bilaga 14 efter en förebild av Siegel (1977).

#### 14.5 Inverkan av osäkerhet vid val av alternativ

Vid beräkning av framtida kostnader föreligger alltid en osäkerhet. Förhållanden som påverkar kostnaderna är utsatta för ändringar. Vill man jämföra alternativ måste man ta ställning till hur osäkerheten skall behandlas.

En första regel är att man vid val av alternativ endast beaktar de faktorer vari alternativen skiljer sig. Om t ex ortskostnadsfaktorn kan antas påverka alternativen på samma sätt kan man lämna denna faktor åt sidan.

En andra regel är att man bör analysera osäkerheterna. Olika grad av nyttjande eller omvärldsförhållanden, dvs utsatta eller skyddade lägen, kan förklara en del av variationerna. De osäkerheter som kvarstår kan behandlas med metoder som framlagts av t ex Porterfield (1965) och Quirin (1967). Man utgår från att det finns någon sorts sannolikhetsdistribution, t ex att kostnaden med 85% sannolikhet ligger inom ett intervall av -5 och +7% från den mest troliga kostnaden.

En annan metod är att klassificera kostnaderna i vissa kategorier vad gäller osäkerhet. En invändning mot denna metod är att alla kostnader i en viss kategori anses vara mer respektive mindre osäkra än alla kostnader i en annan kategori, vilket är osannolikt.

Som alternativ till detta kan man arbeta med den mest troliga kostnaden och det är nog den metoden man får rekommendera i dagens läge innan tillräckligt statistiskt material hunnit samlas och analyseras. Inom detta område kommer individens goda omdöme alltid att spela en stor roll. Man kan och skall dock hjälpa till med att förse individen ifråga med systematiserat underlag för ett ställningstagande. Därvid skall man utgå från känd teknik och kända metoder.

Den undersökning som hittills bäst motsvarar behovet har presenterats av REPAB (1981a). Där finns, som nämnts i kapitel 9.2, alternativa kostnader för underhåll vid t ex olika grad av slitage. I en annan undersökning, som inte utförts av REPAB, räknas för underhåll med två osäkerheter, en för kostnaden per åtgärd, t ex  $19800 \pm 15\%$ , och en för tiden mellan åtgärder, t ex 15 - 20 år. Resultatet blir ett stort osäkerhetsområde, 68310 till 33660 = 34650, genom att man kombinerar kortaste intervallet 15 år med högsta kostnaden +15%, respektive längsta intervallet 20 år med minsta kostnaden -15%. En sannolikhetsprövning skulle troligtvis ge att längsta intervallet 20 år borde knytas till högsta kostnaden +15% etc, vilket skulle resultera i ett spridningsområde  $45540 - 50490 = 4950$ , som bara är en sjundedel av det förut nämnda osäkerhetsområdet. Detta är ett gott exempel på vilka variationer man kan erhålla vid olika behandling av osäkerheter.

Det problem vi konfronterats med har uppstått på grund av att man behöver både kostnad per åtgärd och längden på intervallen mellan

åtgärder för att beräkna och planera underhållet. Lösningen vid val av alternativ torde vara att man presenterar underhållskostnaderna som medeltal per 10-årsperiod, se kapitel 14.4.3, och till dessa kostnader kan man, när erforderligt statistiskt material föreligger, foga endast ett osäkerhetsområde.

I ovanstående fall var osäkerheterna för intervall och kostnader beroende av varandra. Även då beroende ej föreligger bör man vara försiktig. Det är t ex osannolikt att både underhåll och städning uppträder samtidigt med maximikostnader under hela livscykeln och det är därför inkorrekt att summera osäkerheterna för underhåll och städning eller annan följdskostnad.

Vid prognoser över variationer i kostnadsutvecklingen använder man sig av två begrepp, nämligen osäkerhet knuten till statistiska data respektive känslighet för ändringar baserad på antaganden. I det senare fallet antar man t ex att oljepriset stiger med 5% reellt per år och studerar hur detta påverkar ekonomin för olika alternativ. Vad gäller termisk energi torde osäkerhetsbegreppet inte vara användbart, eftersom statistiken inte ger erforderlig ledning för framtiden. Annat är läget för resurser, vilkas priser är knutna till produktionskostnader.

Hanteringen av osäkerheter vid val av alternativ bör bli föremål för en undersökning baserad på systemanalytiska betraktelser.

#### 14.6 Utbytesmöjligheter mellan investering och följdskostnader

Inom vilka områden kan man minska följdskostnaderna genom att öka investeringen? Med tiden kommer mer genomtänkta och detaljerade svar att ges på frågan. Som en impuls i den riktningen presenteras bilaga 15. Där har möjligheter att genom ökad investering förbättra egenskaperna inom följdskostnadsområdet (nyttjandegodheten) angivits med plus. Många gånger får man samtidigt negativa effekter som betecknas med minus. Endast konsekvenserna för byggnaden har medtagits. Förklaringen till att termen "administration" medtagits är att dess kostnader är väsentliga och att det finns flera möjligheter, som framgår av bilaga 15, att göra administrationen mer effektiv. Bilagan är samtidigt en illustration på att byggnaden kan ses som ett system, där ADB kommer att spela en allt större roll i samband med planering, kontroll och reglering.

#### 14.7 Styrmedel i samband med tävlingar

Tävlingar utgör en god metod att introducera livscykelkostnadsaspekter i projekteringsarbetet. Det åligger då byggherrarna att utvidga kraven i programmet så att hänsyn tas till livscykelkostnaderna. Projektören måste utforma sitt projekt så att en godtagbar nivå på dessa kostnader erhålls. Tävligen resulterar i ett antal alternativ som kan jämföras ur LCK-synpunkt. Man får också tillfälle att studera hur projektören kunnat nyttiggöra sig LCK-informationen och kan härigenom dra slutsatser om hur dokumentationen om LCK bör se ut i fortsättningen.



#### 14.7.1 Tävligen "Den goda bostaden i 80-talets ekonomi"

Under 1982 utlyste Bygghörsningsrådet en tävling för utformning av bostadskvarter och som ett nytt moment infogades en totalekonomisk bedömning.

I "Den goda bostaden i 80-talets ekonomi" (1982) sägs:

"Juryn kommer i sin bedömning att jämföra de intressantaste förslagens årskostnader, dvs summan av årliga kostnader för kapitalet till anskaffningen samt för underhåll och drift under bedömd brukstid. Jämförande kalkyler kommer att utföras på ett enhetligt sätt av opartisk person."

Vid beräkningarna används en räntesats av 6,5% och en livscykel om 60 år. Resultatet av tävlingen finns i "Den goda bostaden i 80-talets ekonomi" (1983) i årskostnadsform. Denna har nedan omvandlats till en LCK-presentation i kronor per m<sup>2</sup> BRA (bruksarea enligt SS 021050) för de prisbelönade förslagen.

Förslag nr	Investering	Följtkostnad	L C K	Procentuell LCK
5	3687	3225	6912	100
11	4056	3510	7566	109
61	3752	3195	6947	101
74	4299	3675	7974	115

**Tabell 14. Investering, följkostnad och LCK för prisbelönade förslag**

Kännetecknande för alla förslag är att investeringen är något högre än respektive följkostnad. Den senare kan alternativt anges med de kostnader projektören kan påverka och i så fall blir den ännu lägre. Å andra sidan ökas följkostnaden om man sätter ned räntesatsen.

Ovanstående presentation rekommenderas både när det gäller total- och delresultat, eftersom man klart ställer investering mot följkostnad respektive mot livscykelkostnad. I sista kolumnen har den procentuella livscykelkostnaden införts och av den framgår att stora variationer finns i livscykelkostnaden. Antagligen härrör dessa från variationer i ytanvändningen.

Tävlingen utgör ett effektivt bidrag till införandet av livscykelkostnadspekter i projekteringsarbetet.

#### 14.7.2 Förslag till tävling med beaktande av livscykelkostnader

För ett kontorsprojekt i Österrike har underlag tagits fram för en tävling vari livscykelkostnader beaktas. Underlaget har diskuterats med byggherrar och representanter för projektörerna. Detta har resulterat i en förenklad version, som karakteriseras av två grundtankar. Den ena är att de tävlande själva skall kunna räkna ut de



följtkostnader som deras projekt kommer att belastas med vid utvärderingen. Den andra tanken är att sökandet efter den lösning som är optimal ur investerings- och följkostnadssynpunkt sker genom att man ekonomiserar med ytor. Optimeringen sker alltså med hjälp av ytberäkningar. Exempel på ytförhållanden i några tyska byggnader, se Siegel (1977) och bilaga 20, lämnas som stöd. Intressant är den strikta klassificering av ytor som möjliggörs av den tyska normen DIN 277. Energikostnaderna beräknas endast för transmissionsförluster och med de k-värden som fastlagts i statliga riktlinjer. Avsikten är att efter tävlingen söka genomföra en optimering av värmeisoleringen. Städningkostnaderna presenteras i huvudsak som i kapitel 8 men modifierade till de lokala förhållandena. Underhåll behandlas endast för ytterytor, då man på tävlingsstadiet inte kan räkna med erforderlig detaljering av innerytorna. Med ledning av de erfarenheter som gjorts under tävlingen och den efterföljande detaljprojekteringen skall underlaget för framtida tävlingar förfinas.

#### 14.8 Undersökning av gensvaret från projektören på styrmedel för livscykelkostnader

Styrmedel är till för att följas. Hur detta sker bör kontrolleras så tidigt som möjligt i processen, så att nödvändiga ändringar och kompletteringar kan vidtas.

Följande frågor bör lämpligen besvaras:

- Hur utför projektören styrningen av ytor? Utgår han från förenklade huskroppar liknande Nielsen (1981)?
- Strävar projektören att nå stor kompaktitet eller har han en annan målsättning?
- Är projektören införstådd med att en optimering av investering och följkostnad bör göras?
- Har beräkningen av städytor och städkostnader orsakat några problem?
- Har städkostnadernas storlek medfört att projektet modifierats? Om svaret är ja - på vilken punkt?
- Finns invändningar mot hur städkostnaden beräknas?
- Anser projektören att styrinstrumenten leder till godtagbart resultat, sett ur hans synpunkt?
- Vill projektören diskutera modifieringar och kompletteringar av styrinstrumentet?
- Hur viktigt anser projektören det vara att styrinstrumenten för LCK ej ändras på väsentliga punkter, så att stabilitet nås och lämpliga konstruktioner kan utvecklas och mogna?

#### 14.9 Insamling av jämförelsedata för investering och följdkostnader

Liksom vid styrning av investeringen behöver man även för följd-kostnaden möjlighet att jämföra med erfarenhetsvärden. De i kapitel-del 14.4 visade godhetstalen kan användas för detta ändamål.

För att bygga upp ett brukbart system, i vilket godhetstalen utgör en del, fordras insatser för:

- insamling av data
- presentation av data
- distribution av data
- skapande av indexserier för omräkning av värden från en tidpunkt till en annan.

Vidare måste man lägga ansvaret för att systemet skall fungera på en viss administrativ enhet. I England finns, som beskrivits i kapitel-del 4.2, BMCIS, som insamlar och bearbetar följd-kostnadsdata. Den institutionen borde studeras om man bedömer det fördelaktigt att hantera data på ett centralt ställe. En annan möjlighet är att ge uppgiften till ett team och presentera data från säg 50 kontorshus. Resultatet kunde bli en bok liknande Siegel (1977). Ett förslag visas i bilaga 14. Fördelarna med detta förfaringssätt vore att man dels skulle få pröva presentationen, dels skulle man kunna sprida data till ett relativt stort antal mottagare. Med ledning av vunna erfarenheter kunde man sedan angripa frågan om eventuellt centralt informationsställe. I detta sammanhang bör också det arbete som utförts av REPAB (1981a) uppmärksammas.



## 15 LIVSCYKELKOSTNADER FÖR EN KONTORSBYGGNAD

En modell för livscykelkostnader har ovan presenterats. För att få en totalbild av kostnaderna för en byggnad har modellen fyllts med kostnadsdata. Som demonstrationsexempel har valts en kontorsbyggnad i Göteborg. Värmeisoleringsstandarden har i beräkningarna höjts till SBN 80-nivå med ett k-värde av  $0,3 \text{ W/m}^2, \text{ } ^\circ\text{C}$  för ytterväggar och 3-glas isolerfönster. Kostnaderna för byggnaden har analyserats och resultatet framgår av bilagorna 16 t o m 19. En sammanfattning visas i tabell 15.

	INVESTERING	FÖLJDKOSTNADER					LCK
		Underhåll	Fjärrvärme	Elenergi	Städning	Totalt	
i 1000-tal kronor	101 922	46 535	14 084	29 861	118 205	208 685	310 607
i procent av investering	100,0	45,7	13,8	29,3	116,0	204,8	304,8
i procent av följdkostnaderna	---	22,3	6,7	14,3	56,6	100,0	---
i procent av LCK	32,8	15,0	4,5	9,6	38,1	67,2	100,0

**Tabell 15. Investering, följdkostnader och LCK för ett kontorshus i Göteborg. Data visade utan omvandling till nuvärden (cash flow form)**

Av tabell 15 framgår att följdkostnaderna är omkring två gånger så stora som investeringen. Städningarna är helt dominerande bland följdkostnaderna.

Om man räknar om följdkostnaderna till nuvärden enligt ansatsen i kapitel 12.2 erhålls värdena i tabell 16. Ansatsen innebär att man i nuvärdesmodellen, se bilaga 9, använder 1% för fjärrvärme och 2% för övriga kostnadsslag.

	INVESTERING	FÖLJKOSTNADER					LCK
		Underhåll	Fjärrvärme	Elenergi	Städning	Totalt	
i 1000-tal kronor	101 922	35 412	12 307	22 819	90 327	160 865	262 787
i procent av investering	100,0	34,7	12,1	22,4	88,6	157,8	257,8
i procent av följdkostnaderna	---	22,0	7,7	14,2	56,2	100,0	---
i procent av LCK	38,8	13,5	4,7	8,7	34,4	61,2	100,0

**Tabell 16 Investering, följdkostnader och LCK för ett kontorshus i Göteborg. Data omvandlade till nuvärden.**

Ovan har åtskillnad gjorts mellan fjärrvärme och elenergi, vilket är i linje med hur data visas i bilaga 17. En funktionell uppdelning i å ena sidan energi för uppvärmning och ventilation och å andra sidan för övrig energi ger en annan bild av kostnaderna. När man gör de härför erforderliga beräkningarna utgår man från energibalansen i tabell 12 i bilaga 17. Den belysningsvärme man kan utnyttja under ett år är angiven till 592,783 MWh. Observera att detta belopp är lika år från år och ändras inte med någon procentsats på grund av förslitning eller försumtsning. Ur tabell 15 i samma bilaga erhålls för VS och luftbehandling tillsammans 312,81 MWh/år.

Kostnaderna för uppvärmning och ventilation blir för 60-årsperioden 31556 kkr, dvs 31% av investeringen eller 15,1% av följdkostnaderna, allt räknat utan omvandling till nuvärden. Uppvärmnings- och ventilationskostnaderna är mycket låga jämfört med resultat presenterade i äldre utredningar.

Hittills har man betraktat belysningsvärme som gratisenergi, eftersom man ändå behöver belysningen. Det kan ifrågasättas om detta betraktelsesätt är korrekt. Man kan vänta sig en del rationaliseringseffekter som kan påverka energiförbrukningen för belysning. En förbättrad behovsstyrd inkoppling av belysning kan införas genom en uppdelning i fler kopplingsbara belysningsenheter. En minskad specifik förbrukning i  $W/m^2$  kan förutses. Eventuellt kommer arbetstiden per år att minska. Resultatet blir en minskning av belysningsvärme med åren.

Däremot kan man försumma den inverkan på valet av optimal isolering som ett ställningstagande till gratisvärme ger. I övrigt kan man inte dra generella slutsatser av detta enda exempel. Först när man fått fram ett antal byggnader där LCK optimerats blir det meningsfullt att mer noggrant analysera resultaten.

Beräkningsgången som visats är den viktiga i exemplet och det är den som bör granskas, finslipas och om så är möjligt fastläggas. Därigenom kan stabilitet i databehandlingen uppnås.

Ett problem som tas upp i exemplet är hur åldringsfenomenen orsakar en stegring av kostnaderna för energi och städning. Som en ansats har en stegring av 0,4% per år angivits. Det torde vara svårt att verifiera stegringens storlek och variation med åren. Att förslitningen normalt leder till ökad resursförbrukning torde dock vara en realitet. Beräkningmässigt skulle man kunna behandla åldringen som en negativ ränta, under förutsättning att det nöjaktigt motsvarar åldringsförloppet.



## 16      EXEMPEL PÅ BERÄKNING OCH PRESENTATION AV ALTERNATIV

Avsikten med detta kapitel är att belysa beräkningsgången vid val av olika lösningar samt att ge anvisningar om hur alternativ bör presenteras. De data som använts i de olika bilagorna har valts så realistiskt som möjligt. Resultat som visas utgör dock ingen rekommendation för val då förhållandena i ett specifikt fall väsentligt kan avvika från de här angivna förutsättningarna.

Exemplen följer de riktlinjer för uppställande av alternativ som finns i kapitlen 6 och 12. Omvandlingsfaktorn till nuvärde sätts till 1% för termisk energi, 5% för anpassningsåtgärder och 2% för övriga kostnadsslag. För omvandlingen används värden ur bilaga 9.

De fall som visas är:

- Bilaga 12      Optimering av anskaffning, underhåll och städning av golvutföranden.  
Kommentar: Liknande jämförelser har presenterats i andra sammanhang. Bilagan skall närmast ses som en användning av modellen i bilaga 5.
- Bilaga 21      LCK för olika utformning av entrén i en byggnad.  
Kommentar: Lönn (1982) behandlar alternativ för utformning av entreff. I bilaga 21 går man längre och kvantifierar inverkan på städning av kommunikationsutrymmen. Resultatet är intressant men bör kontrolleras genom att man beräknar och samlar in data från ett flertal fall.
- Bilaga 22      Skillnaden i LCK för platsbyggda respektive monteringsfärdiga innerväggar.  
Kommentar: Meningen med denna bilaga är att visa hur åtgärder för att öka anpassning och modernisering bör behandlas vid alternativval. Karakteristiskt för valsituationen är att man endast med en viss sannolikhet kan räkna med att åtgärderna leder till följd-kostnadsbesparingar. Problemet är komplext då man har att göra med dels i vilken utsträckning, dels när åtgärderna leder till besparingar. I bilagan återspeglas detta genom att man anger den frekvens med vilken väggar flyttas per år. Frekvensen kan synas hög men den vilar på verklighetsunderlag. Detta hindrar inte att man i andra organisationer kan möta väsentligt lägre värden - ja, t o m frånvaro av väggflyttningar.
- Bilaga 23      Optimal värmeisolering av ett kontorshus i Göteborg.  
Kommentar: För byggnaden, som behandlats i bilagorna 16 till 18, förutsätts en isolering enligt SBN 80. Försök görs att optimera isoleringen enligt angivna förutsättningar. Därvid bör man först göra en prelimi-



när beräkning enligt BKL-metoden för att kunna bedöma vad en förbättrad isolering leder till ifråga om försämrat utnyttjande av solinstrålningen. I föreliggande fall förloras cirka 7% av besparingen. Utgående från denna procentsats är det lätt att finna den optimala isoleringen. En kontroll av resultatet görs i tabell 1, där man ser att ytterligare ej utnyttjad solenergi (kolumn 5) 3,136 MWh utgör 6,9% av energibesparingen genom optimal isolering (kolumn 3) 45,778 MWh.

## 17 INDELNING OCH BEARBETNING AV FÖLJKOSTNADER

Bland de försök som gjorts till indelning av följdkostnader förtjänar den i DIN 18960, Baunutzungskosten von Hochbauten, särskilt beaktande. Den skiljer mellan kostnader för:

- 1 kapital
- 2 avskrivning
- 3 administration
- 4 skatter
- 5 drift
- 6 underhåll

Driftkostnaderna uppdelas i sin tur i:

- 5.1 städning
- 5.2 vatten och avlopp
- 5.3 värme och kyla
- 5.4 el
- 5.5 betjäning
- 5.6 skötsel och inspektion inkl därmed sammanhängande mindre reparationer
- 5.7 kommunikations- och grönytor
- 5.8 övrigt, t ex avfallshantering, skorstensfejning, övervakning, portvaktssysslor, försäkring

Av ovanstående framgår att underhåll kan bokföras under både rubrikerna drift resp underhåll. Följden är att man får svårt att få fram de verkliga underhållskostnaderna. Även i andra klassifikationssystem än det i DIN 18960 finner man liknande problem för underhållskostnader.

Ett annat problemområde gäller betjäning 5.5 och skötsel etc 5.6, som båda berör ett flertal poster. Under rubriken skötsel förs ofta betydande belopp. Enligt REPAB (1981c) åtgår för t ex skötsel och sophantering lika stora resurser som för en tredjedel av städningens posten. Områdena betjäning och skötsel bör analyseras så att en fördelning kan ske på energi, städning resp underhåll.

Uppdelar man följdkostnaderna efter den relativa storleken erhålls:

- städning
- underhåll
- uppvärmning resp kylning

varvid kapitalkostnaderna tas åt sidan. Denna tredelning är den mest meningsfyllda vad gäller erfarenhetsåterföring till projekteringsprocessen. Projektörerna kan påverka dessa tre delar men endast obetydligt övriga delar av följdkostnaderna.

Därmed är vi framme vid nästa indelningsgrund:

- byggnadsberoende följdkostnader
- nyttjarberoende följdkostnader.

De kostnader, som kan påverkas genom olika val av byggnadskonstruktion benämns byggnadsberoende. De utgörs av:

- investering för byggnaden exklusive inventarier
- termisk energi för uppvärmning resp kylning av byggnaden
- elektrisk energi för drift av uppvärmnings- resp kylningssystemet
- städning av golv, fönster och fasta inventarier
- underhåll av byggnaden
- vatten i den utsträckning det används för kylning av byggnaden.

De nyttjarberoende kostnaderna utgörs av:

- elektrisk energi med ovanstående undantag
- städning av lösa inventarier och arbetsplats
- vatten med ovanstående undantag
- avfallshantering.

Ovanstående uppräkningsavser att grovt klarställa skillnaden mellan byggnads- och nyttjarberoende kostnader. En finare gränsdragning kan göras genom att i detalj analysera vilka kostnader som projektören verkligen kan påverka. Vad innebär en sådan gränsdragning ur ekonomisk synpunkt? Ett exempel från städningssidan kan belysa detta. Ur data från Lönn (1982) p 223 och p 224 kan man beräkna följande nettostädttider i minuter per månad:

Byggnadsberoende	7416 (se också kapitel 8)
Nyttjarberoende, dvs för möbler och arbets- plats	<u>3089</u>
Totalt	10505

Den byggnadsberoende delen är i detta fall bara 70% av totala nettostädttiden.

De flesta data som publiceras baseras på uppgifter i bokföringen, där man varken haft anledning att eller kunnat skilja mellan byggnads- och nyttjarberoende kostnader. Data har bl a använts som underlag för uppställning av budget.

Uppdelningen i byggnads- och nyttjarberoende kostnader får sin särskilda betydelse om man ser dem mot följande funktioner under livscykeln:

- erfarenhetsåterföring som livscykelkostnader för bl a optimering av investering och följdkostnad
- rationalisering under nyttjandetiden
- bokföring
- uppställning av budget.

Man kan uppställa följande matris över samband.

KOSTNAD	FUNKTIONER			
	Erfarenhets- återföring	Rationalisering	Bokföring	Budget
Byggnadsberoende	x	x	x	x
Nyttjarberoende		(x)	x	x

x betyder fullt samband

(x) betyder begränsat samband

**Figur 16. Samband mellan byggnads- resp nyttjarberoende och funktioner under projekterings- och nyttjandefaserna**

Det ovan angivna begränsade sambandet mellan nyttjandeberoende och rationalisering är betingat av att rationaliseringssträvanden ibland sträcker sig utöver vad som berör själva byggnaden.

Trots ovanstående förklaringar kan man fråga sig vad det tjänar till att införa distinktioner mellan byggnads- och nyttjarberoende kostnader. Svaret är att man i livscykelkostnadssammanhang bör frigöra sig från den ballast som de nyttjarberoende kostnaderna utgör. Varför överbetona kostnaderna i t ex överslagsberäkningar?

Vid styrning av ytor, se kapitel 14.3, får detta sin särskilda betydelse. Risk finns att styrningen blir överbetonad om de nyttjarberoende kostnaderna tas med i de formler med vilka ytor översätts till kostnader.

Vid uppställning av godhetstal, se kapitel 14.4, för byggnader eller del av byggnad är det ett absolut krav att inga nyttjarberoende kostnader tas med, eftersom man annars inte kan göra meningsfulla jämförelser mellan olika byggnader.

I denna rapport har strävan varit att såvitt möjligt endast presentera byggnadsberoende kostnader.

Flera problemområden finns, t ex hur man skall behandla gratisvärme som erhålls från belysning. Är den verkligen gratis, dvs endast nyttjarberoende?

En kostnad kan endast nöjaktigt fastställas om man känner till i vilket samband den skall användas. Till kostnadsuppgiften hör bl a uppgift om nyttjandet av byggnaden och omvärldsbetingelserna. Det gäller att göra informationen så talande som möjligt. Redan Pacioli, som levde

på fjortonhundralet och skrev den första boken om bokföring, betonade detta. Ur Sidebotham (1975) citeras följande med inskjuten Paciolitext: "Care must be taken to record transactions in full. 'No point must be omitted: if possible put down also what words were exchanged during the transaction.'" Verkligheten ser helt annorlunda ut enligt Croome (1977): "... the difficulty with most information on maintenance is that you can never be quite sure how the expenditure has been created. Details are available on what has been spent and when it was spent, but why it was spent and what you could have done to avoid it, is rarely reported."

Med modern datateknik kan man slå en bro mellan uppgifterna i bokföringen och bakomliggande information. I en smådator kan man lagra och söka stora mängder av både text och data och det är precis vad man behöver för att bearbeta följdkostnader. Därigenom bortfaller en del av behovet att utföra en klassificering av följdkostnader och nödvändigheten att koda informationen minskar, vilket är en betydande fördel.

Datainsamling och databehandling illustreras i nedanstående figur.

Datainsamling genom t ex	Omvandling till penningenheter	Uppdelning på kostnadsbärare	Ändamålet med databehandlingen
Mätning av tidsförbrukningen för arbete	Multiplifiera med bruttotimlön	Med nyckeltal som anger nyttjande	Statistik Analys Kostnadsberäkning Jämförelse mellan förkalkyl och verklig kostnad Budget
Mätning av värmeförbrukning	Multiplifiera med energipris	Med mätdata eller nyckeltal som anger nyttjande	
Räkningar från under- eller materialleverantörer		Enligt ändamål som kan tolkas ur räkningen eller med nyckeltal som anger nyttjande	

Figur 17.

#### Bearbetning av följdkostnader

Vid omvandling till penningenheter bör man använda medelvärden som inkluderar pålägg för administration etc. Uppdelningen på kostnadsbärare måste ske med omsorg så att man får ett tillförlitligt resultat. Därför måste nyckeltalen vara relevanta. Schablonmässiga nyckeltal bör inte användas, eftersom de kan ge en skev kostnadsfördelning.

Det betonas ofta i litteraturen om följdkostnader att kostnader för en och samma byggnad förs under vitt skilda konton i bokföringen. Detta försvårar respektive förhindrar sammanställningen av en komplett kostnadsbild. För att avhjälpa detta missförhållande bör varje byggnad förses med en unik beteckning som används i samband med varje bokföringstransaktion. Härigenom kan alla utgifter för en byggnad samlas.





## 18      INSAMLING AV DATA

Bristen på data om följdkostnader är ett svårt hinder för utveckling inom LCK-området. Insamling och kontroll av data måste därför vara en mycket angelägen uppgift.

För att ett insamlingsystem skall fungera, dvs att relevanta och såvitt möjligt fullständiga data lagras, bör uppgiftslämnaren ha ett incitament att ge korrekta och kompletta data. Uppgifterna bör fångas vid källan och för detta lämpar sig arbetsordern bäst. Om den matas in i ett datorsystem blir man tvungen att följa strikta rutiner, som bör säkra en hög kvalitet på data.

Datorsystem kan i detta sammanhang användas

- a    för att följa de olika faserna i arbetet: beställning, planering, utförande och kontroll
- b    för att tillföra nya data som ev ersätter äldre, ej längre relevanta data om byggnadens tillstånd etc
- c    för att lämna uppgifter för analyser och planering
- d    för att debitera konton eller visa vilka som utnyttjar tjänsterna.

Därvid är det utförandet av a-funktionen som möjliggör tillfredsställandet av kraven för de andra funktionerna.

Låt oss betrakta innehållet i en arbetsorder. Den består i princip av tre delar som ibland skiljs åt på olika blanketter.

- A Beställning
- B Beordring
- C Uppföljning

De olika delarna kan innehålla följande uppgifter.

- A    1    Beställare (kontaktperson)
- 2    Beställningsdatum
- 3    Begärd tid för åtgärd
- 4    Vad skall åtgärdas (ev felyttring)
- 5    Orsak till åtgärden resp felet
- 6    Var åtgärden skall ske (byggdel/anläggningsdel etc)
  
- B    1    Arbetsordernr (bör ges automatiskt av datorn)
- 2    Husnr eller anläggningsnr kostnadsbärare
- 3    Order om åtgärd (utfärdad av)
- 4    Vem utför arbetet (bygg/vvs/el etc) kostnadsställe
- 5    Planerade mängder (t ex 50 m<sup>2</sup> golvbeläggning)
- 6    Planerat färdigställande (prioritet)

- C
- 1 Verkligt utfört arbete
  - 2 Verkliga mängder (t ex 45 m<sup>2</sup> golvbeläggning, 115 m fasad etc, tid, övertid, material, kostnader) kostnadsslag
  - 3 Verkligt färdigställande
  - 4 Verklig felorsak
  - 5 Kontrollerat av
  - 6 Kontonr - koppling till bokföringen alternativ kostnadsbärare
  - 7 Kostnad i bokföringen

Observera att ordet arbetsorder används som samlingsbegrepp för alla de tre delarna. Vid utformningen av arbetsordern bör man ej spara på plats så att det blir till men för läsbarheten. Alla data skall ju matas in i datorn. Originalblanketten behöver inte sparas och därför spelar dess storlek inte någon större roll. När man bestämmer sig för innehåll och presentation skall man beakta att framställningen på datorns bildskärm och eventuella utskrifter från datorn för tex kontrolläsning bör vara så lika originalblanketten som möjligt. Det underlättar inmatningen till datorn och kontrolläsning, vare sig den sker på bildskärmen eller från utskrift. Man får oftast tillgripa flera bildskärmsidor för att avbilda en blankett.

Då det rör sig om stora datamängder bör man lägga ned arbete på att förenkla datahanteringen. En viktig åtgärd i denna riktning är att införa sökord, dvs betjäna sig av en s k thesaurus, t ex fasad, sockel, entré, värme, mark, innervägg, vvs, elektrisk. Sökorden bör användas i samband med åtgärd och felbeskrivning. Man kan ha en samling av många tusen sökord, som man med datorns hjälp kan söka upp i den databank som skapats genom inmatning av arbetsorder.

Alternativet till sökord är att använda koder, vilket dock har flera nackdelar. Man måste komma överens om ett kodsystäm och göra det så generellt användbart att många fastighetsförvaltare kan nyttja det. Uppställandet av ett sådant kodsystäm eller alternativt användande av SfB och AMA-beteckningar innebär mycket arbete och anpassningsproblem och framför allt tar det tid att införa det.

En thesaurus bör ge den önskade sökmöjligheten och listan på ord kan när som helst utvidgas att passa det individuella behovet. Naturligtvis bör man kunna använda flera kopplade sökbegrepp, t ex fasad - puts, komande av dessa två begrepp. Det finns en rik erfarenhet av hur man arbetar med thesaurus, som det här dock skulle föra för långt att gå in på. Det får räcka med att betona att sökord i detta sammanhang är ett överlägset alternativ till koder. En följd är att behovet av klassifikationssystem för följd-kostnader minskar. Koder kommer dock fortfarande att vara motiverade för de begrepp som ofta förekommer och då koden är lätt att komma ihåg.

Någon kanske frågar sig varför man inte tidigare har infört sökord för följd-kostnader. Svaret är att tiden inte var mogen. De stora minneskapaciteterna med direkt tillgrepp i moderna smådatorer möjliggör användandet av sökord. Förut gick det endast med hjälp av stora datorer. Datorn måste gå igenom alla originaldokument -arbetsorder -

för att finna de sökta bokstavskombinationerna, vilket fordrar stora minneskapaciteter. Med ett kodat system kan man däremot packa data inom en relativt liten volym. Man kan göra sig fri från originaldokumentet.

Låt oss belysa detta med ett bokföringssystem där varje post är kodad med ett kononummer. Med hjälp av en annan kod, vanligen ett nummer, får man hänvisning till verifikations-originaldokumentet, som inte införts i datorsystemet. Härigenom blir bokföringssystemet kompakt i dataversionen.

Det är numera ganska vanligt att en smådator har en minneskapacitet på 10 megabyte, vilket motsvarar direkt tillgång till informationen på cirka 6000 relativt tätt skrivna A4-sidor. Till detta kommer att det är billigt att utöka minneskapaciteten.

Om vi återvänder till uppställningen i en arbetsorder så ser vi att informationen återfinns i segmenten A 1, B 3, C 2 etc. Denna s k segmenterade information kan kombineras och bearbetas på många sätt. Säg att vi för en analys vill ha följande uppgifter: fel på plana tak i byggnaderna 10411-10562 under tiden 1978-11-01--1982-03-31.

Ordern till datorn blir:

SKRIV: (vilket också kan betyda VISA på skärmen)  
B 1 (arbetsordern), B 2 (husnr), C 1 (verkligt utfört arbete),  
C 3 (verkligt färdigställande), C 4 (verklig felorsak), C 7  
(kostnad i bokföringen)

VÄLJ: B 2  $\geq$  10411      B 2  $\leq$  10562  
C 3  $\geq$  781101      C 3  $\leq$  820331  
C 4 = FEL PLANT TAK (ur sökordslistan)

SORTERA: C 3 (i datumordning)

SUMMERA: ANTAL B 1 (arbetsorder) per månad och för hela tiden

TITEL: Fel på plana tak i husen 10411-10562 under tiden  
1978-11-01 -- 1982-03-31.

En utskrift kan se ut på följande sätt:

---

Arbetsordernr 911 kontorshus Snigeln nr 10412.

Verkligt utfört arbete: skadade delar borttagna och taket på hus y återställt i ursprungligt skick, expansionsskarv i snitt x-x inlagd, 25 m<sup>2</sup> takyta reparerad, (n) arbetstimmar, material 2500 kr.

Verkligt färdigställande 1978-12-10.

Verklig felorsak: fuktspärren i skiktet z bruten på flera ställen, antagligen p g a temperaturpåkänningar.

Bokförd kostnad 14500 kr.

---

Arbetsordernr 10509 etc ....

Så enkelt är det att hantera systemet. Naturligtvis kan man sätta samman standardrapporter, som rutinemässigt begärs med jämna mellanrum, t ex en gång per månad. För att realisera ett sådant system på en smådator fordras en del programmering, särskilt i samband med användningen av sökord. Författaren har initierat, infört och kört ett liknande system under flera år på en stordator inom FN. Antalet arbetsorder var där 15000 per år. Inom det systemet användes dock nästan enbart koder eftersom det passade med användningsområdet, men informationen i datasystemet hämtades från originaldokumentet - arbetsordern. Arbetssättet var alltså detsamma som om man använt en förenklad thesaurus.

Arbetsordersystemet utgör det mest komplicerade och omfattande vad gäller följdkostnader. Andra inmatningssystem som erfordras avser utnyttjandet av byggnader och omvärlden, dvs temperatur, sol, vind etc. Alla dessa tre informationssystem måste, såsom visas i bilaga 24, kopplas samman med informationssystemet för fastigheter. Kostnads- och mängdsystemet uppdateras likaså från arbetsordersystemet så att aktuella data kan användas för kostnadsberäkningar och planering.

## 19 RATIONALISERING UNDER NYTTJANDEFASEN

Möjligheterna att rationalisera under nyttjandefasen är begränsade av de konstruktioner som fastlagts under projekteringen. Trots denna begränsning finns det utrymme för besparingar och förbättringar beträffande

- användning av energi
- städning
- planering och genomförande av underhållsåtgärder.

De som deltar i ovanstående aktiviteter bör ha ett incitament att åstadkomma besparingar. Det kan antingen åstadkommas genom lämpliga löneformer eller genom att offerter inhämtas från ett flertal konkurrerande firmor och att det mest förmånliga anbudet väljs.

### 19.1 Användning av energi

Besparingar kan realiseras genom riktig skötsel, lämplig reglering och genom att vädja till nyttjarna att använda energi rationellt. Projektörerna kan underlätta verksamheten genom att bygga in erforderliga regler- och måtanordningar samt utföra sektionering av energisystemet både vad avser termisk som elektrisk försörjning. Ovannämnda strävanden underlättas av att bättre och billigare digitala mätinstrument kommer på marknaden.

### 19.2 Städning

Produkten "städning" är, som ovan betonats, ej väl definierad. Det gäller att tillfredsställa nyttjarens krav och de kan variera väsentligt. Städentreprenörer utvecklar en känsla för detta och blir därigenom konkurrenskraftiga.

Besparingar kan också uppnås med en ökad mekanisering av städarbetet, men då måste förutsättningar ha skapats härför vid projekteringen av huset.

Städområdet förtjänar en särskild undersökning ur rationaliseringsynpunkt.

### 19.3 Planering och genomförande av underhållsåtgärder

Inom detta område äger en omfattande rationalisering rum. Man strävar att minska det avhjälpande underhållet genom att sätta in mer förebyggande underhåll. Det senare kan man planera och därmed utföra mer rationellt. Vidare kan man basera det förebyggande underhållet på tillståndskontroller från rutinmässiga besiktningar och mer eller mindre kontinuerliga mätningar. För detta användes termen behovsstyrt underhåll, se Berndtsson (1980).

Besiktningen har en nyckelfunktion, varför den bör noggrant förberedas och stödjas av data från fastighetens informationssystem, se bilaga 24. Under besiktningen hämtas data från förberedda mätpunkter och matas in i en bärbar datorterminal. Kompletterande uppgifter ges genom inskrivning på terminalens tangentbord resp genom talregistrering. Ett liknande system har skisserats av Juvén (1981b) och Berndtsson (1980).

En ökning av rationaliseringsaktiviteten kommer att minska den exceptionella fördyringen inom underhållsområdet.

#### 19.4 Incitament för att minska följdkostnader

Bristen på incitament att spara under nyttjandefasen har tidigare hindrat utvecklingen inom området. Försök har gjorts på flera håll att komma till rätta med problemet. Den ökade andelen planerat arbete möjliggör dock att man kan infordra offerter på entreprenader från ett flertal firmor och därmed erhålla marknadsmässig konkurrens.

En annan sida av detta problem är att få nyttjarna intresserade att pressa kostnaderna. Ur Croome (1977) p 32 citeras: "Dr. White concluded from his research, that houses that were owner occupied were in a significantly better state of repair than renter occupied dwellings. This interesting research topic reinforces the assertion that the building occupier ... has a role to play in minimizing maintenance costs."

## 20 KOSTNAD - VÄRDEN

Värdet av en byggnad kan i princip ökas på två sätt. Det ena, värde 1, utgörs av de s k programmerade värdena: nyttoyta, kommunikationsegenskaper, anpassbarhet etc. Det andra värdekomplexet, värde 2, omfattar byggnadens godhet ur energi-, städnings- och underhållsynpunkt. Godhetsegenskaperna framkommer som resultat av optimeringen av investering och följdskostnad. Både värde 1 och 2 bidrar till byggnadens lönsamhet och har därför anknytning till området fastighetsekonomi, se Lundström (1980). Denne använder bl a formler av följande typ:

$$\text{ATCF} = H - D - U - K - S \quad (26)$$

Däri betyder

ATCF:	After Tax Cash Flow
H:	Hyra
D:	Driftkostnader (värme, el etc)
U:	Underhåll
K:	Kapitalkostnader och avskrivning
S:	Skatt

$$\text{ATER} = P_n - L_n - S_n \quad (27)$$

Däri betyder

ATER:	After Tax Equity Reversion
$P_n$ :	Försäljningspris vid tidpunkten (n)
$L_n$ :	Lån vid tidpunkten (n)
$S_n$ :	Försäljningsskatt om försäljning sker vid tidpunkten (n)

Båda formlerna visas i sin form innan de omvandlats till nuvärden och för formel (26) innan summering skett av data under livscykeln.

Det är närmast posterna (D), (U) och ( $P_n$ ) som påverkas av optimeringen av investering och följdskostnad.

En annan synpunkt på värdet är byggnadens bidrag till nyttjarens verksamhet. Detta bidrag är mycket svårt att mäta då andra faktorer har större inverkan på personalens motivation och effektivitet. Dessa andra faktorer kallas av Likert (1967) "intervening variables" och några av dem är:

- personalens motivation att utföra arbete för nyttjaren
- personalens attityder särskilt i förhållande till ledare
- samarbete med kolleger
- målsättning för verksamheten
- lojalitet i synnerhet inom en arbetsgrupp
- kommunikationsmöjligheter.



Om byggnaden uppfyller vissa minimikrav är det troligt att en ökning av byggnadens kvalitet inte leder till någon ökning av produktiviteten. Sannolikt ligger miniminivån vid den normala standard personalen är van vid.

## 21 BEGREPP OCH FÖRKLARINGAR

Under framställningens gång har en del nya begrepp kommit till användning. En sammanställning görs nedan av de viktigaste begreppen med tillhörande förklarande text. Det är att hoppas att någon lämplig grupp eller institution tar sig an begreppsfrågan och fastlägger den nomenklatur och de definitioner som behövs.

### 21.1 Värdekomplexet

I figur 5 visas begreppet kostnadsorsakande egenskaper. Dessa egenskaper utgör, trots att de givits i negativ form, ett värde för en byggnad. I kapitel 20 presenteras beteckningen värde 2 för de aktuella egenskaperna. Därvid motsvaras värde 1 av vad man hittills angivit som värde, nämligen nyttöyta, kommunikationsegenskaper, etc. Värde 2 omfattar de egenskaper som bidrar till byggnadens godhet ur underhålls-, energi- och städningssynpunkt. För värde 2 bör en passande beteckning fastläggas.

#### 21.1.1 Begreppet godhet

Ordet godhet har präglats i kapitel 14 för att betona den positiva sidan av de kostnadsorsakande egenskaperna. Godhet står för egenskaper som påverkar följdkostnaderna. En bättre godhet ger lägre följdkostnader. Ordet godhet kan knytas till en annan term om egenskaperna ifråga avser ett bestämt område. Som exempel tas energi och energigodhet. På samma sätt kan kombinationer göras med städnings-, underhålls-, anpassnings-, kommunikations- resp anläggningstermerna. En godhet definieras genom att beskriva de relevanta egenskaperna.

#### 21.1.2 Begreppet godhetstal

När det är lämpligt kan man kvantifiera godheten genom att ange ett godhetstal, t ex energigodhetstal.

### 21.2 Kostnadskomplexet

#### 21.2.1 Kostnadernas omfattning

I detta komplex är det viktigt att definiera vad kostnaderna omfattar, t ex städning inklusive administration och statistikbearbetning. Vidare måste anges vilka objekt som städas, hur ofta och hur grundligt. Detta är av särskild betydelse om data skall användas för exempelvis uppställande av ett städindex.

Under begreppsförklaringar definierades livscykelkostnader. Dessa kan delas upp i kostnadslag, som gjorts i kapitel 6, eller per funktion t ex uppvärmning, som då både kommer att omfatta kostnader för termisk

energi och del av den elektriska energi, samt också visst underhåll. Vad gäller underhållskostnader bör de även omfatta besiktning och mätning som erfordras för behovsorienterat underhåll samt administration.

### 21.2.2 Kostnadsindex

Begreppen underhållskostnads- resp städningskostnadsindex bör definieras i deras output-form, t ex underhåll per  $m^2$  av speciell yta.

### 21.2.3 Begreppet livscykel

Livscykel definieras under begreppsförklaringar. Observera att detta begrepp inte har någon anknytning till vare sig ekonomisk eller teknisk livslängd.

### 21.2.4 Omvandling av följdskostnader till nuvärden

I kapitel 12 behandlas omvandling av följdskostnader till nuvärden. Eftersom man frångår den vanliga diskonteringsmodellen används två nya begrepp: omvandlingsfaktor till nuvärde resp omvandlingssummafaktor till nuvärden. Motsvarande begrepp för en normal diskontering är enligt Frenckner (1984) nuvärdefaktor resp nusummefaktor.

## 21.3 Finansieringskomplexet

I formel (15) anges att investeringen (I) kan uttryckas som  $I = A + B$ . (A) utgör där den investeringsram som inkluderar normala insatser för att minska följdskostnaderna. (B) svarar mot en tilläggsinvestering för att ytterligare minska följdskostnaderna. Det vore fördelaktigt, för att undvika missförstånd, om ett begrepp fastlades för "B-investering". Uppdelningen mellan (A) och (B) tillhör enbart projekteringskedet och det är föga meningsfullt att bokföra skilda kostnader för (A) resp (B). Däremot bör de extra åtgärder som finansierats genom tillskottet (B) noggrant definieras och utförandet av dem verifieras.

## 21.4 Avtalskomplexet

Termer bör fastläggas för tillgänglighets- och tillförlitlighetsansvar. I detta sammanhang påminns om vad som sagts i kapitel 4.4 om den skadarskurvan. Ansvar för en konstruktion och byggande bör utsträckas till omkring fem år. Därigenom skapas ett incitament hos berörda parter att undvika fel under byggnadens första år. Förslagsvis kan man härför använda termen tålighetsansvar.

## 22 FÖRSLAG TILL VIDARE ÅTGÄRDER

### 22.1Handledning för byggherrar och projektörer om livscykelkostnader

"Hur tänka och räkna" heter en BFR-rapport, Ljung (1983), som "syftar till att uppnå en medveten användning av ekonomiska begrepp och kalkylhjälpmedel ...". Andra strävanden i samma riktning utgör de kalkylhandböcker som utgivits. En enhetlig bearbetning av fall inom livscykelkostnadsområdet kan befrämjas genom utarbetande av en handledning. Denna kan baseras på en del av materialet i föreliggande rapport. Troligtvis bör man göra två versioner av handledningen, en för byggherrar som information och underlag för beslut på projektnivå, och en för projektörer. Därvid bör följande punkter beaktas:

- Vilka livscykelkostnader bör tas med?
- Vilka faktorer påverkar livscykelkostnaderna i det specifika fallet?
- Förutsättningar för beräkning, omvandling till nuvärden, räntesatser, behandling av osäkerhet.
- Beräkningsgången.
- Presentation av alternativ.
- Rangordning av alternativ.
- Val av alternativ.
- Exempel från olika områden.
- Troliga följder för projektet, utnyttjandet, kompakthet, ökning eller minskning av grundinvesteringen.

I ett särskilt avsnitt av handledningen kan råd ges för inkluderande av LCK-aspekter i underlag för projektering respektive för arkitektävlingar. Det gäller att utforma styrinstrument som blir meningsfulla för projektörer respektive tävlande. Erfarenheter från redan gjorda tävlingar bör kunna utnyttjas vid utformning av råden.

### 22.2 Insamling av data

Uppgifterna inom detta område går igenom i kapitel 18. Sammanfattningsvis fokuseras på:

- Utveckling av ett arbetsordersystem som huvudinstrument för datainsamling. Troligtvis kan något redan existerande system användas i modifierad form.

- Användning av sökord som passar följdkostnadsområdet.
- Uppställande av sökordslista.
- Utveckling av ett dataprogram som använder sökord och med vilket man får korta åtkomsttider för information.
- Insamling av bokföringsdata och koppling av dessa till arbetsordersystemet. Notera att varje byggnad respektive anläggning måste ha ett unikt identifieringsnummer i bokföringen för att möjliggöra ovannämnda koppling.
- Insamling av utnyttjande- och omvandlingsdata i sådan form att de kan förbindas med följdkostnadsdata.

### 22.3 Godhetstal

Begreppet godhet behandlas i kapitel 14. Det kan användas i flera sammanhang. Här avses i första hand tillämpningen för jämförelse mellan registrerade godhetstal och data för ett nytt projekt. Genom en sådan jämförelse kan man se om projektet relativt sett har nått en acceptabel nivå. Data för godhetstal erhålls antagligen enklast om man fångar dem under projekteringsstadiet. Överförande av kunskap om godhetstal kan principiellt arrangeras på två sätt. Det ena, som är mycket omständligt, är att en institution får i uppdrag att insamla, bearbeta, presentera och distribuera data om godhetstal. Den andra lösningen är att begränsa sig till analys och presentation av cirka 50 fall (case studies). Man kunde tänka sig i ungefär samma form som byggkostnader visas i Siegel (1977). Ett förslag till framställning finns i bilaga 14. Fördelen med den senare lösningen är att den kan utformas som ett tids- och kostnadsbegränsat projekt samt att resultatet lätt kan distribueras till berörda parter. Man kan betrakta denna lösning som en pilotstudie för att på byggherre- och projektnivå kunna bedöma dess duglighet.

### 22.4 Städområdet

Inom energi- och underhållsområdena bedrivs omfattande utvecklingsarbete, varför det är onödigt att göra specifika förslag här. Annat är förhållandet på städområdet, vilket närmast belyses av data i tabell 15. Städning har blivit den helt dominerande följdkostnaden. Som ovan flera gånger berörts är städning som produkt ej väldefinierad. En väsentlig minskning av städningens omfattning kan förutses för att motverka kostnadsökningar. Rationaliseringsinsatser för att minska städkostnaderna kommer att intensifieras. En del av städuppgifterna kommer att överlåtas till personalen som arbetar i lokalerna ifråga. Man kan förvänta sig att dessa åtgärder leder till en bättre balans mellan å ena sidan underhålls- och energikostnader och å andra sidan städkostnader. Det bör vara en angelägen uppgift att undersöka hur städningen skall behandlas i en LCK-modell.

### 22.5 Kostnadsindex för underhåll

Som berörts i kapitel 13 har man behov av ett output-orienterat index för underhållsåtgärder för att kunna visa de exceptionella fördyringarna utöver konsumentprisindex.

### 22.6 Kostnader och intervall för underhåll

Behandling av underhållskostnad per åtgärd och intervall mellan åtgärder bör gås igenom mot bakgrunden av de faktorer som påverkar följdkostnaden, nämligen godhet, nyttjande och omvärld. Det rekommenderas att kostnaderna för skötsel och felavhjälpande underhåll inkluderas i underhållskostnaderna och att dessa presenteras som medeltal per 10-års-period. Detta hindrar inte att man ur statistisk synpunkt särskiljer kostnaderna för skötsel och felavhjälpling så att man kan studera verkan av förebyggande åtgärder.

### 22.7 Tålighetsansvar

I kapitel 5 omnämns ansvar för drifttålighet. Det bör övervägas om man kan införa ett talighetsansvar som sträcker sig utöver den normala garantitiden och får en något annorlunda utformning. I detta sammanhang bör man studera hur NHBRC (se kapiteldel 4.2) angripit detta problem. Någon form av incitamentsavtal med kostnadsdelning kunde tänkas för att minska riskerna för konstruktörer och byggare men ändå ge dem ett incitament att förebygga fel.

### 22.8 Inverkan av skatter och markkostnader

I hela denna framställning har man undvikit att behandla inverkan av skatter och markkostnader. Båda kan ha ett kraftigt inflytande på livscykelkostnaderna och beslutssituationen vid optimering. En studie av inverkan från dessa två faktorer är nödvändig för att undvika felaktiga beslut. Hur man skall införa denna inverkan i beräkningsgången bör utgöra del av studien.



## 23. LITTERATURFÖRTECKNING

**Adamson, B, Källblad, K, 1982**

"BKL-metoden" byggnaders värmebalans - en handberäkningsmetod,  
Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola  
Rapport BKL 1982:3, Lund

**Adamson, B, 1983**

Uppvärmningsbehov enligt BKL-metoden. Beräknat med SHARP  
PC 1500.  
Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola  
Rapport BKL 1983:2, Lund

**Augustsson, R, Forsaeus, G, Lindgren, O, Mattsson, B, Norrby, L, 1977**

Metoder för årskostnaders beaktande i utrednings- och projek-  
teringsstadiet.  
Byggeforskningsrådet R 23:1977, Stockholm

**Bathurst, E, Butler, D A, 1980**

Building Cost Control Techniques and Economics  
Second Edition, Heinemann, London

**Berndtsson, L, Hamilton, B, Helle, T, Sundin, C, 1980**

Behovsstyrt underhåll av byggnader och markområden.  
Byggeforskningsrådet R 153:1980, Stockholm

**Bröchner, J, 1982**

Fastighetsförvaltning  
Inst för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Kungl tekniska  
högskolan, Stockholm

**Building Maintenance 1972, The Report of the Committee**

Department of the Environment Directorate General of Development,  
Her Majesty's Stationery Office, London

**Byggnadsstyrelsen 1971a**

Årskostnader, KBS-rapport 79, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1971b**

Funktionsupphandling, KBS-rapport 82, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1974**

Årskostnader byggprodukter, KBS-rapport 116, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1976**

Stådsynpunkter på byggnaders utformning, KBS-rapport 136,  
Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1980**

Anpassbara kontorshus, KBS-rapport 148, Stockholm



**Byggnadsstyrelsen 1981**

Årskostnadsberäkning - metoder, KBS-rapport 153, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1982**

Fönster - Årskostnader, Byggnadsstyrelsen, Tekniska byråns information 36, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1983a**

Lokalvård Normalinstruktion, Byggnadsstyrelsens administrativa föreskrifter (BAF) 9144, 1983-05, Stockholm

**Byggnadsstyrelsen 1983b**

Lokalvård - beräkning av lokalvårdstid, Byggnadsstyrelsens administrativa föreskrifter (BAF) 9145, 1983-11, Stockholm

**Croome, D J, Sherratt, A F C, 1977**

Quality and Total Cost in Buildings and Services Design, (The Construction Press), Lancaster

**Décret numero 77-944, 1977**, Décret fixant les conditions d'octroi de prêts aidés par l'Etat pour la construction, l'acquisition et l'amélioration des logements en accession à la propriété, (Journal officiel du 19 Août 1977), Paris

**Den goda bostaden i 80-talets ekonomi, 1982**

Program för allmän idétävling med förankring i Västerås Byggeforskningsrådet, G 8:1982, Stockholm

**Den goda bostaden i 80-talets ekonomi, 1983**

Juryns omdömen om samtliga tävlingsförslag Byggeforskningsrådet, stencil, Stockholm

**DIN 277, 1981**

Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten

**DIN 18960, 1976**

Baunutzungskosten von Hochbauten Kostengliederung

**Eriksson, R, Juvén, K, 1979**

Förvaltningsanpassat byggande. Program för förvaltningsforskning 1978-81, del 3, Byggeforskningsrådet T 14:1979, Stockholm

**Forsaeus, G, Mattsson B, 1980**

Årskostnadskalkylering i projekteringsarbetet, Byggeforskningsrådet R 104:1980, Stockholm

**Frenckner, Paulsson, 1979**

Fastighetsförvaltningens ekonomi, Program för förvaltningsforskning 1978-81, Del 2, Byggeforskningsrådet T 2:1979, Stockholm

**Frenckner, Paulsson, 1981**

Årskostnadskalkyler vid byggande, Stockholms universitet, stencil, Stockholm

**Frenckner, Paulsson, 1984**

Byggekonomisk ordbok del II, Byggeforskningsrådet (under utgivning), Stockholm

**Herzog, K, Oddie, G, 1968**

Studien und Berichte

Herzog: Technologische oder ökonomische Lösung des Schulbauproblems; Oddie: Wirtschaftlichkeit im Schulbau, Institut für Bildungsforschung Max-Planck-Gesellschaft, Berlin

**Holter, M, 1980**

Teknisk anpassbarhet i kontorshus, Del 2 - Räkneexempel, Byggeforskningsrådet T 15:1980, Stockholm

**Industridepartementet, Energikommisionen, 1977**

Styrmedel för en framtida energihushållning, Liber förlag, Ds I 1977:15, Stockholm

**Industrigruppen för lätt byggeri, 1980**

Byggtekniska möjligheter att spara energi i befintlig bebyggelse, Västerås

**Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, 1976**

Bauschäden im Wohnungsbau, Teil 1, Ausmass und Schwerpunkte, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen, Essen

**Institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, 1983**

Energi-hushållning, fukt och termisk klimatisering i byggnader. Forskning 1980 till 1982, Lunds tekniska högskola, Rapport BKL 1983:1, Lund

**Jansson, J, Sjöström, C, 1980**

Building Materials and Components - Aging and Service Life, CIB Proceedings Publication 54, Rotterdam

**Jansson, J E, Sjölund, J, 1979**

Värdering av energibesparande åtgärder i byggnader, Byggeforskningsrådet R 67:1979, Stockholm

**Juvén, K, 1977**

Rationellare fastighetsunderhåll. Förebyggande underhåll Byggeforskningsrådet R 4:1977, Stockholm

**Juvén, K, Mattsson, B, Sjöberg, B, 1980**

Pengar på drift? Faktahandbok om hur man sänker driftskostnaderna i flerbostadshus, Byggeforskningsrådet T 33:1980, Stockholm

**Juvén, K, Mattsson, B, Östlund, B, 1981a**

Rationellare fastighetsförvaltning - fastighetsskötsel och drift, Byggeforskningsrådet R 63:1981, Stockholm

**Juvé, K, Nilsson, Å, Yngve, H, 1981b**

Utveckling av fastighetsunderhåll. Datorstyrd planering och upphandling, Byggnadsforskningsrådet R 84:1981, Stockholm

**Kirk, S J, 1980**

Life cycle costing taken step by step, Architectural Record, January 1980

**Knocke, J, 1976**

Bostadsbyggande och värmehushållning i Frankrike - en introduktion, Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande 6:1976, Gävle

**Kostnadsindex BYGG, 1983, nr 5**

Svensk Byggtjänst, Stockholm

**Källblad, K, 1983**

Calculation methods to predict energy savings in residential buildings, International Energy Agency - Byggnadsforskningsrådet D4:1983, Stockholm

**Larsson, M, Blom, F, 1978**

Drifts- och underhållskostnader för flerbostadshus 1965-76 och 1978, BPA Byggproduktion AB; Svenska Riksbyggen, Stockholm

**Likert, R, 1967**

The human organization: It's management and value, Mc Graw-Hill, New York

**Ljung, B, 1983**

Hur tänka och räkna? Om kalkylhjälpmedel i ett landstings fastighetsförvaltning, Byggnadsforskningsrådet R 88:1983, Stockholm

**Lundström, S, 1980**

Avkastningsvärdering av hyresfastigheter, Institutionen för fastighetsekonomi, Kungl tekniska högskolan, Stockholm

**Lönn, B, 1983**

Swedish maintenance planning, Byggnadsforskningsrådet (stencil), Stockholm

**Lönn, R, Löf, R, 1982**

Utformning av offentliga lokaler med hänsyn till städning, Byggnadsforskningsrådet R 12:1982, Stockholm

**Milner, R M, Purkis, H J, 1980**

Factors affecting local authority housing maintenance expenditure, CIB Proceedings Publication 54, Rotterdam

**Muser, B, Drings, H R, 1977**

Baunutzungskosten DIN 18960. Erfahrungswerte und praktische Verwendung bei Planung und Betrieb von Gebäuden, Vieweg & Sohn, Braunschweig

**Nielsen, K, Hansen, P, Pedersen, D O, Olsen I B, Kjaer, B, 1981**  
Driftsvenligt Byggeri, Köpenhamn

**Perkins, B, 1975**  
Life-cycle costing: an approach to method,  
Architectural Record, August 1975

**Porterfield, J T S, 1965**  
Investment Decisions and Capital Costs,  
Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey

**Quirin, D G, 1967**  
The Capital Expenditure Decision,  
Richard D Irwin, Homewood

**Rapp, B, Selmer, J, 1980**  
Den samhällsekonomiska diskonteringsräntan inom energiområdet,  
Företagsekonomiska institutionen, Stockholms universitet, Stockholm

**Rapp, B, Selmer, J, 1982**  
The risks in using quota measures for evaluating energy investments,  
Företagsekonomiska institutionen, Stockholms universitet, S 1982:3,  
Stockholm

**REPAB, 1981a**  
Förvaltningsfakta - Underhållskostnader 1981,  
Eriksson, R, Produktionsplanering AB, Göteborg

**REPAB, 1981b**  
Förvaltningsfakta - Årskostnader 1982 Bostäder,  
Eriksson, R, Produktionsplanering AB, Göteborg

**REPAB, 1981c**  
Förvaltningsfakta - Årskostnader 1982 Kontor,  
Eriksson, R, Produktionsplanering AB, Göteborg

**REPAB, 1981d**  
Förvaltningsfakta - Årskostnader 1981 Skolor,  
Eriksson, R, Produktionsplanering AB, Göteborg

**REPAB, 1982**  
Förvaltningsekonomi vid utformning av nya flerbostadshus,  
Eriksson, R, Produktionsplanering AB, Göteborg

**Ross, E, 1980**  
The Development of Planned Maintenance and Associated Computerized  
Management Information Systems,  
CIB Proceedings Publication 54, Rotterdam

**Schild, E, Oswald, R, Rogier, D, Schweikert, H, 1976, 1977, 1978**  
 Bauschadenverhütung im Wohnungsbau. Schwachstellen, Schäden, Ursachen, Konstruktions- und Ausführungsempfehlungen.  
 Band I - Flachdächer - Dachterrassen - Balkone, 1976  
 Band II - Aussenwände und Öffnungsanschlüsse, 1977  
 Band III - Keller - Drainagen, 1978,  
 Bauverlag GmbH, Wiesbaden

**Sidebotham, R, 1975**  
 Introduction to the Theory and Context of Accounting,  
 Pergamon Press, Oxford

**Siegel, C, Solf, C, 1967**  
 Bürobaukosten,  
 Verlag Schnelle, Quickborn

**Siegel, C, Wonneberg, R, und Partner, 1977**  
 Bau- und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsbauten,  
 Bauverlag GmbH, Berlin

**Sjögren, L, 1980**  
 Byggherrens kostnadsstyrning,  
 Ekonomiska forskningsinstitutet vid Handelshögskolan, Stockholm

**Sjölund, J, 1979**  
 Värmeisoleringsekonomi,  
 Byggforskningsrådet R 8:1979, Stockholm

**Sjölund, J, 1981**  
 Värmeisoleringsekonomi II,  
 Byggforskningsrådet R 18:1981, Stockholm

**Sjöström, C, Svennerstedt, B, Tolstoy, N, 1982**  
 Extraordinärt underhåll i bostadsbeståndet,  
 Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande 82:12, Gävle

**SPRI, 1975**  
 Långtidsplanerat fastighetsunderhåll,  
 Sjukvårdens och socialvårdens planerings- och rationaliserings-  
 institut, SPRI råd 7.4, Stockholm

**SPRI, 1976**  
 Beräkning av årskostnader för sjukvårdsbyggnader,  
 SPRI råd 5.26, Stockholm

**SPRI, 1977**  
 Underhåll av anläggningar och utrustning - arbetsordersystem och  
 arbetsplanering,  
 SPRI råd 7.2, utgåva 2, Stockholm

**Statens planverk, 1981**  
 Svensk byggnorm SBN 1980, utgåva 2, Stockholm

**Stone, P A, 1980**

Building Design Evaluation Costs-in-Use,  
E & FN, Spon Ltd, London

**Svensson, A, et al, 1983**

Lönsamhet för olika energibesparande åtgärder. En sammanställning,  
NBS Energi, Nordiska byggforskningsorganens samarbetsgrupp,  
Statens institut för byggnadsforskning, Meddelande 83:6, Gävle

**SWEDISOL, omkring 1978**

Optimal isolering, Jönköping

**Turiel, I, Estrada, H, Levine, M, 1981**

Life-cycle Cost Analysis of Major Appliances,  
Pergamon Press, Energy vol 6, No 9

**UN ECE, 1963**

Cost Repetition Maintenance Related Aspects of Building Prices,  
United Nations Economic Commission for Europe: Committee on  
Housing, Building and Planning, ST/ECE/HOU/7, Sales No 63.II.E.4,  
Genève

**UN ECE, 1969**

Proceedings of the Seminar on Management, Maintenance and Moder-  
nization of Housing, Warsaw 23-29 Sept, 1968,  
United Nations Economic Commission for Europe: Committee on  
Housing, Building and Planning, ST/ECE/HOU/38, New York

**UN ECE, 1972**

The Concept of Total Cost,  
United Nations Economic Commission for Europe: Committee on  
Housing, Building and Planning, HBP/BUILD/84, Genève

**UN ECE, 1973**

Collection of Total Cost Data,  
United Nations Economic Commission for Europe: Committee on  
Housing, Building and Planning, HBP/WP.2/R.29, Genève

**Urien, R, 1975**

Some Thoughts about the Economic Justification of Life-Cycle  
Costing Formulae,  
Industrialization Forum, Vol 6, No 3-4, 1975

**Urien, R, 1977**

Cotation de coût global de l'enveloppe de bâtiments d'habitation.  
Note sur les principes et formules adoptés pour les calculs de coût  
global. Extraits du rapport du groupe de travail du service de la  
politique technique de la direction de la construction,  
Ministère de l'Équipement Direction de la Construction, Paris

**Urien, R, 1980**

Maintenance Cost and Total Cost of Building Works,  
CIB Proceedings Publication 54, Rotterdam

**Wagner, jr W F, 1980**  
Energy-efficient Buildings,  
Mc Graw-Hill Company, New York

**Welty, J R, 1978**  
Engineering heat transfer.  
John Wiley & Son, New York

**Öfverholm, I, 1971**  
Framstegskurvan. Ett hjälpmedel att belysa och påverka serie-  
effekter i byggnadsproduktionen,  
Byggeforskningen R 14:1971, Stockholm

**Öfverholm, I, 1983**  
Optimierung der Bau- und Folgekosten von Gebäuden,  
Technische Universität, Wien

**Öfverholm, I, 1983**  
Life-Cycle Cost of Buildings,  
International Association for Bridge and Structural Engineering  
(IABSE), IABSE Journal J-21/83, Zürich

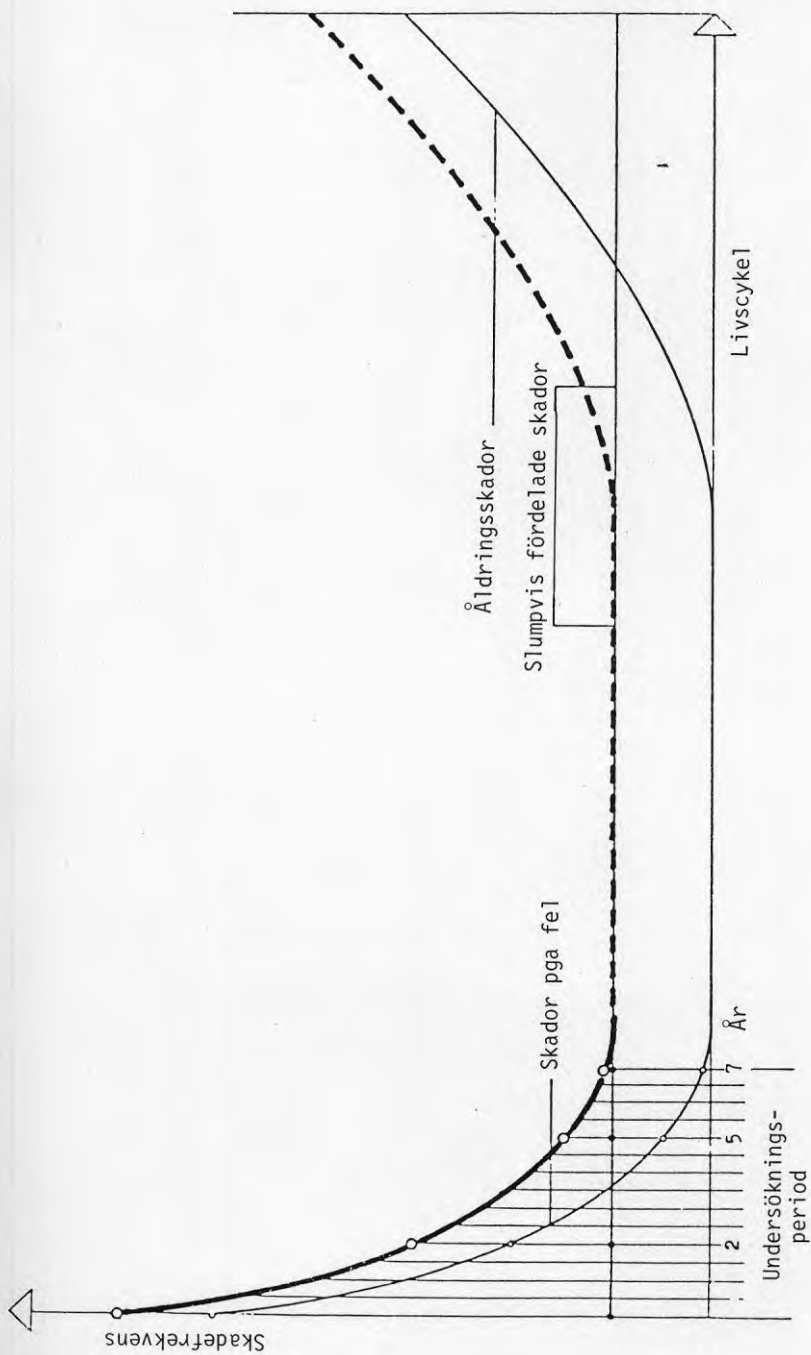


**24 BILAGEFÖRTECKNING**

1	Skadefrekvens som funktion av en byggnads ålder	119
2	Skadade byggdelar med angivande av resp antal skadefall	120
3	The concept of total cost	121
4	Standardbeskrivning för väggytor	124
5	Behandling av alternativ ur LCK-synpunkt	125
6	Kort beskrivning av BKL-metoden	126
7	Energigodhet	129
8	Nuvärde av engångsbelopp som funktion av tiden	130
9	Omvandlingsfaktor för enstaka belopp samt omvandlings- summafaktor för årligen lika stora belopp	131
10	Livscykelkostnader och rangordning av alternativ	133
11	Underlag för beräkning av en underhållsindex i Frankrike	138
12	Optimering av anskaffning, underhåll och städning av golvtutföranden	139
13	Förslag till presentation av livscykeldata	142
14	Förslag till projektredovisning	143
15	Möjligheter att genom ökad investering förbättra egen- skaperna inom följdkostnadsområdet	144
16	Underhållskostnader för en kontorsbyggnad i Göteborg	145
17	Energikostnader för en kontorsbyggnad i Göteborg	176
18	Rengöringskostnader för en kontorsbyggnad i Göteborg	201
19	Cash-flow för en kontorsbyggnad i Göteborg	208
20	Ytförhållanden för några kontorsbyggnader uppförda mellan 1968 och 1975 i Västtyskland	209
21	LCK för olika utformning av entrén i en byggnad	210
22	Skilnaden i LCK för platsbyggda resp monteringsfärdiga innerväggar	214
23	Optimal värmeisolering av ett kontorshus i Göteborg	217
24	Skötsel och underhåll av en byggnad	224

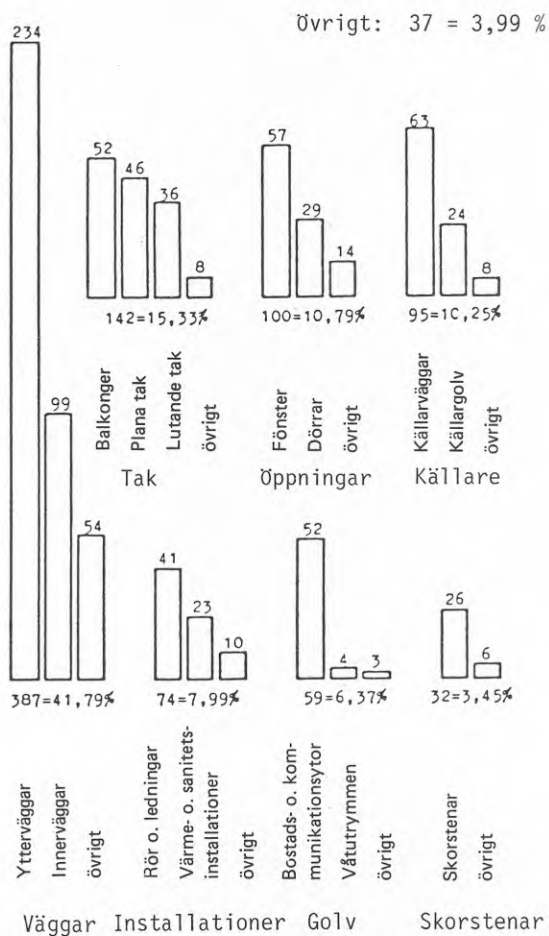






Skadefrekvens som funktion av en byggnads ålder

Källa: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, "Bauschäden im Wohnungsbau, Teil 1, Ausmaß und Schwerpunkte"



Skadade byggdelar med angivande av resp.  
antal skadefall

Källa: Institut für Landes- und Stadtentwicklungs-  
forschung des Landes Nordrhein-Westfalen,  
"Bauschäden im Wohnungsbau, Teil 1, Ausmaß  
und Schwerpunkte"

## THE CONCEPT OF TOTAL COST

Economic Commission for Europe HBP/BUILD/84 25.1.72

Committee on Housing, Building and Planning,

Working Party on Building Industry

Report on an exploratory study prepared by Mr. K. Kenward, U.K.

Några utdrag ur studien:

Studien omfattar alla normala livscykelkostnader (LCK) med undantag för kostnader för nyttjarens verksamhet. Följande kommentarer lämnas som förklaring till varför LCK ej användes mer allmänt:

- I vissa fall uppgår LCK, fördelat per år, till bara 8-10% av nyttjarens totala årliga kostnader. LCK utgör då en så liten del att husägaren ej är motiverad att befatta sig djupare med LCK.
- Husägaren söker ej råd om LCK och är omedveten om att råd kan lämnas.
- I de fall när man söker information om LCK fattas det tillförlitlig och relevant information.
- Husägaren känner ej till storleken av drifts- och underhållskostnaderna, eftersom de ofta behandlas i flera olika delar av bokföringssystemet. Endast sällan är hela kostnadsbilden tillgänglig.
- Investeringsramen bestäms av hur mycket pengar som finns disponibla. I byggnadsprogrammet medtages endast ytor och krav på inneklimat.
- Investering och följdkostnader bestrides av olika anslag. Det är svårt att överföra belopp från ett anslag till ett annat när det behövs för att optimera LCK.
- Den privata byggherren anser att de framtida kostnaderna är så svåra att förutsäga att han ej allvarligt befattar sig med kostnader som ligger längre bort i tiden än 10 år. Detta är ej något argument mot LCK men det pekar på att beslutsmodeller bör framtagas för denna specifika situation.
- I de fall då synpunkter på långtidsegenskaper medtages kvantifieras de sällan. Resultatet är att även om programmet ej

lägger hinder i vägen för att ta hänsyn till följdkostnader, har projektörerna i allmänhet bara ett magert incitament att beräkna följdkostnaderna och söka den optimala lösningen.

- Under projekteringsfasen måste man ofta pruta på konstruktionerna för att hålla sig inom föreskrivna ramar. Detta resulterar då i en störd balans mellan investering och följdkostnad.
- När byggherren ej kommer att svara för förvaltningen av byggnaden blir investeringens storlek och möjligheten att sälja huset resp. hyra ut det avgörande för vilka konstruktionslösningar man väljer.

Projektörerna behöver kostnadsinformation och uppgifter om livstid för byggnadselement och material. Data för följdkostnader efterfrådas inte bara på detalj- dvs mikronivå utan också sammanlagda för användning på högre administrativ nivå s.k. makroekonomiska uppgifter.

Kostnader insamlas mestadels bara per år. Endast sällan finnes data tillgängliga för flera år så att man kan få en total kostnadsbild för en byggnad. De svårigheter som uppstår vid kostnadsinsamlingen är:

- Underhållskostnader måste skiljas från kostnader för mindre förbättringar och tillbyggnader.
- När fel uppstår på en del men orsaken härrör från en annan byggnadsdel bör kostnaderna belasta den senare.
- Fördelningssvårigheter av omkostnader.
- Insamling av information när ansvaret för utgifterna vilar på olika organisatoriska enheter.

Kostnaderna ges normalt per m<sup>2</sup> yta. För att bättre kunna analysera kostnadsorsaken behövs även andra parametrar som t.ex. per specifik installation och utnyttjandet av installationen.

Behovet av utbildning om livscykelkostnader understrykes.

Sammanfattningsvis betonas att projektörerna bör få ett incitament att ge byggherren råd om LCK och låta LCK påverka konstruktionerna. "To do this it might be necessary to define standards

or norms of future expenditure for critical items of maintenance or running costs and then to adjust the initial expenditure allowance in the light of estimates of total cost arising from a particular design solution."

De standardbeskrivningar som uppgöres bör innehålla uppgifter om underhållsfria tiden för konstruktionen och de därpå följande behoven av underhåll. Man vill se denna information kopplad till någon slags juridisk påföljd t.ex. garanti.

Slutligen borde också behovet av framtida ändringar i nyttjandet tagas med i underhålls- och kostnadsbilden.

## FÖR VÄGGYTOR BSAB P2-kod: 36

## STANDARDBeskrivningar

Kod-nr	Befintligt underlag	AMA-beteckning	Åtgärd i klartext	Ca-pris april -74 kr/m <sup>2</sup>	Intervall år
36-1	Släta målade ytor	95-40510	Mattslipning, tvättning för ommålning, i- o. påspackling, 2 ggr strykning uretanalkyd	13.10	10
36-4	Tvättbara målade ytor	95/96-30510	Tvättning för ommålning, uppskrapning, i- och påspackling, 2 ggr strykning	12.50	10
36-5	Väv + målning	96-30009	Tvättning för ommålning, uppskrapning, påbättring, 1 g strykning	9.90	10
36-6	Tapet	91-37903	Bortskrapning lös tapet, uppskrapning foder, lister, vinklar, utspackling, kantlimning, uppsättning	11.70	10
36-9	Övriga tvättbara målade ytor	96-30509	Tvättning för ommålning, uppskrapning, i- och påspackling, påbättring, 1 g strykning	11.20	10/ <sup>1)</sup> 15
36-10	Övriga målade ytor	96-30408	Tvättning för ommålning, uppskrapning, ispackling, 1 g strykning	9.60	10/ <sup>1)</sup> 15

1) Intervalllet 15 år används i källar- och vindsutrymmen och liknande.

Källa: SPRI råd 7.4 1975

## Behandling av alternativ ur LCK-synpunkt

A Syfte och avgränsning av jämförelsen mellan alternativen

B Förutsättningar

Livscykel

Ränta - omvandlingstabell till nuvärden

Kostnadsläge

övrigt

C Skillnader mellan alternativen

Investering

Underhåll

Energi

Städning

D Basdata för alternativen

Åtgärd	Alternativ 1 Kostnad Intervall	Alternativ 2 Kostnad Intervall
a.		
b.		
c. etc		

E Modermatrix Kostnader

Åtgärd	Alternativ 1 År	Alternativ 2
a.		
b.		
c. etc		

F Omvandlingsmatrix

Åtgärd	Alternativ 1 År	Alternativ 2
a.		
b.		
c. etc		

G Resultatsmatrix

Åtgärd	Alternativ 1 År	Alternativ 2
a.		
b.		
c. etc		

H Totalkostnad



### Kort beskrivning av BKL-metoden

Metoden är avsedd för beräkning av värmebehovet i en byggnad. Det specifika med metoden är att man med den kan beräkna inverkan av gratisvärme från nyttjare och solinstrålning utan datorhjälp.

Man utgår från formeln

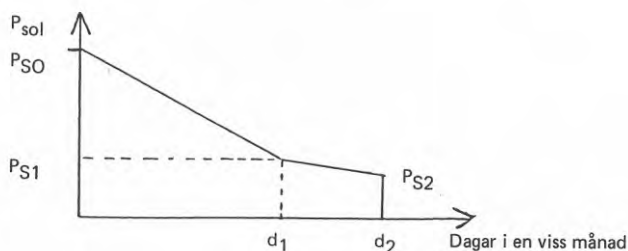
$$P_{\text{till}} = P_{\text{TR}} + P_{\text{V}} - P_{\text{bo}} - P_{\text{sol}} \quad \text{kWh/dygn} \quad (5)$$

Däri betyder

- $P_{\text{till}}$  : Behovet av energi för uppvärmning i kWh/dygn
- $P_{\text{TR}}$  : Transmissionsförluster i kWh/dygn
- $P_{\text{V}}$  : Ventilationsförluster i kWh/dygn
- $P_{\text{bo}}$  : Tillskott i energi från nyttjandet i kWh/dygn
- $P_{\text{sol}}$  : Tillskott i energi från solinstrålning i kWh/dygn

För att göra beräkningarna hanterliga räknar man med månadsmedelvärden för utetemperatur dvs också för  $P_{\text{TR}}$  och  $P_{\text{V}}$ . Detta räcker för att få erforderlig noggrannhet. För  $P_{\text{bo}}$  räknas med konstanta värmetillskott från personer och djur, elektriska apparater och belysning samt värmeförluster från varmvattenberedare och varmvattenrör. Eventuellt görs avdrag för värmetillförsel till kallvatten.  $P_{\text{TR}} + P_{\text{V}} - P_{\text{bo}}$  sättes lika med  $P_{\text{REST}}$  som är konstant under en kalendermånad.

Man har funnit att varaktighetsdiagrammet för en viss månad för solinstrålning genom fönster med god noggrannhet kan representeras av två räta linjer, se figur.

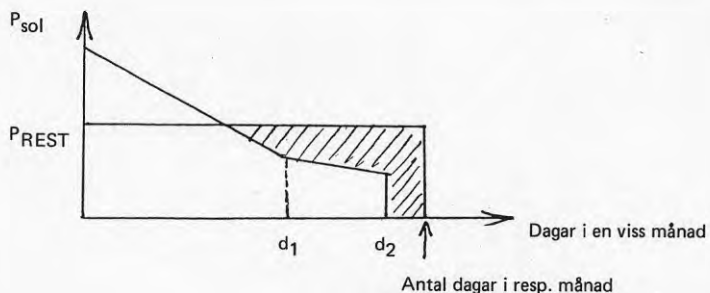


Man behöver för att bestämma de två linjerna bara beräkna  $P_{S01}$  för tre specifika dygn i månaden, nämligen för

- det dygn som har den högsta riktade solstrålningen. Under detta dygn uppnår den riktade solstrålningen och den diffusa himmelsstrålningen värdet  $P_{S0}$  kWh/dygn;
- det dygn då den riktade solstrålningen gått ned till noll. Under detta dygn uppnår den diffusa himmelsstrålningen värdet  $P_{S1}$ . Det antal dygn som svarar mot denna brytpunkt anges som  $d_1$ ;
- det dygn då den diffusa himmelsstrålningen går ned till noll. Under detta dygn uppnår den diffusa himmelsstrålningen värdet  $P_{S2}$ . Det antal dygn som svarar mot denna brytpunkt anges som  $d_2$ .

Omvandlingen av data för solstrålning på en horisontell yta till instrålning genom ett fönster göres med hjälp av tabeller, se Adamson (1982). Därvid tas hänsyn till geografiskt läge och orientering, skuggning, fönstrets lutning och utförande, dvs 2-glas, 3-glas etc.

I ovanstående diagram kan man lägga in  $P_{REST}$  som en horisontell linje.



$P_{till}$  för en månad utgöres av den streckade ytan, vilken är enkel att beräkna då den begränsas av räta linjer.

Liknande diagram uppritas för varje kalendermånad. Olika konfigurationer av  $P_{REST}$  och  $P_{S01}$  erhålles för varje månad då såväl solinstrålning som  $P_{REST}$  ändras.

Resultatet kan presenteras som i följande tabell:

Månad	Värmeförluster kWh/mån.	Utnyttjad		Tillsatsvärme kWh/mån.
		boendevärme kWh/mån.	solvärme kWh/mån.	
Januari	1828	397	206	1226
Februari	1527	358	343	825
Mars	1812	397	494	920
April	1249	384	596	269
Maj	724	397	327	0

Källa: B. Adamson, K. Källblad (1982) BKL-metoden  
Byggnaders Energibalans. En handberäkningsmetod.  
Rapport BKL 1982:3 Institutionen för Byggnads-  
konstruktionslära LTH Lund

ENERGIGODHETA. Energibalans

- Förutsättningar:
- Kontorshus
  - Uppvärmd byggnadsvolym 68.550 m<sup>3</sup>
  - Uppvärmd bruttoarea 22.400 m<sup>2</sup>
  - Graddagtal för normalår 3.320 grd
  - Rumstemperatur: 20 °C

FÖRLUSTER		TILLFÖRD ENERGI	
o Transmission	965,117	o Personvärme	183,870
o Mekanisk vent.	179,958	o Belysningsvärme	592,783
o Ofrivillig vent.	618,999	o Solvärme	294,796
		o Uppvärmningsbehov	692,625
SUMMA	1.764,074	SUMMA	1.764,074

Enhet: MWh/normalår

FÖRLUSTER	YTTERVÄG- GAR	YTTERTAK	GOLV- BJÄLK- LAG	ÖPP- NINGAR	MEKA- NISK VENT.	OFRI- VILLIG VENT.
o Transmission	164,475	103,749	235,684	461,207		
o Luftomsättning					179,958	618,999

Enhet: MWh/normalår

FÖNSTER/PARTIER (3-glas)	SYD	OST	VÄST	NORD
o Glasarea (m <sup>2</sup> )	712	375	334	245
o Procentuell areafördelning	43	22	20	15

Relativa transmissionsförluster: 43 kWh/m<sup>2</sup> BTA, år

B. Utnyttjande

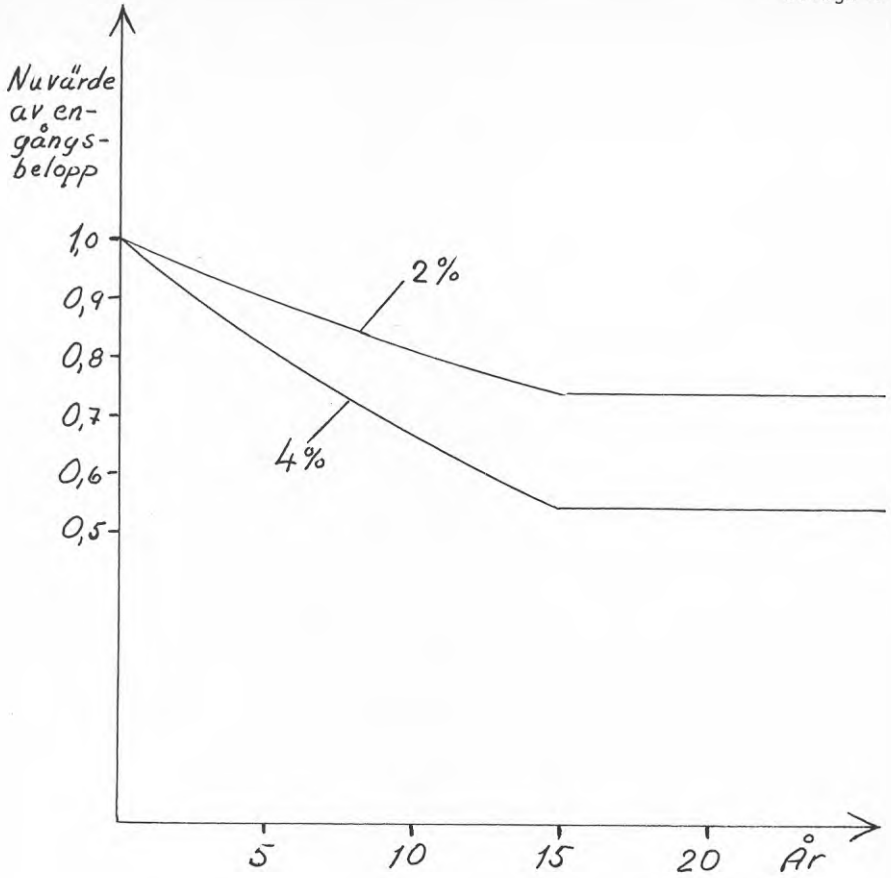
9 timmar per arbetsdag ⇒ 2.232 tim/år

C. Uppvärmningssystemets dimensionerande effektbehov

513 kW

D. Utformning med avseende på energiförbrukning

- Ingen värmeåtervinning
- Enbart två mindre lokalkylanläggningar
- Vattenburet värmesystem med termostatradiorventiler
- Klimatkompensering styrd av utetemperaturen
- Balanserat ventilationssystem med återluft.



Nuvärde av engångsbelopp med storleken 1 som funktion av tiden vid räntorna 4 resp. 2 %

Omvandlingsfaktor för enstaka belopp med storleken 1.  
 Beräknad enligt formlerna (15) resp. (16)  
 Växelpunkt för räntan 15 år

Räntesats	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
År					
1	0,990	0,980	0,970	0,961	0,951
2	0,980	0,961	0,942	0,923	0,905
3	0,970	0,942	0,914	0,887	0,861
4	0,961	0,923	0,887	0,852	0,819
5	0,951	0,905	0,861	0,819	0,779
6	0,942	0,887	0,835	0,787	0,741
7	0,932	0,869	0,811	0,756	0,705
8	0,923	0,852	0,787	0,726	0,670
9	0,914	0,835	0,763	0,698	0,638
10	0,905	0,819	0,741	0,670	0,607
11	0,896	0,803	0,719	0,644	0,577
12	0,887	0,787	0,698	0,619	0,549
13	0,878	0,771	0,677	0,595	0,522
14	0,869	0,756	0,657	0,571	0,497
15	0,861	0,741	0,638	0,549	0,472
16 och mer	0,861	0,741	0,638	0,549	0,472

Omvandlingssummafaktor för årligen lika stora belopp med storleken 1. Beräknad enligt formlerna (17) resp. (18).

Växelpunkt för räntan 15 år

Ränte- sats	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
År					
6	5,82	5,65	5,49	5,33	5,18
7	6,76	6,53	6,31	6,11	5,91
8	7,69	7,39	7,11	6,85	6,59
9	8,61	8,24	7,89	7,56	7,25
10	9,52	9,06	8,64	8,24	7,87
11	10,42	9,87	9,37	8,90	8,46
12	11,31	10,67	10,08	9,53	9,02
13	12,19	11,45	10,76	10,14	9,56
14	13,06	12,21	11,43	10,72	10,07
15	13,93	12,96	12,08	11,28	10,55
16	14,79	13,70	12,72	11,83	11,03
17	15,65	14,44	13,35	12,38	11,50
18	16,51	15,18	13,99	12,93	11,97
19	17,37	15,92	14,63	13,48	12,44
20	18,23	16,66	15,27	14,02	12,92
25	22,54	20,37	18,46	16,77	15,28
30	26,84	24,07	21,64	19,51	17,64
35	31,14	27,78	24,83	22,26	20,00
40	35,45	31,48	28,02	25,00	22,36
45	39,75	35,18	31,21	27,74	24,73
50	44,05	38,89	34,40	30,49	27,09
55	48,36	42,59	37,58	33,23	29,45
60	52,66	46,30	40,77	35,98	31,81

LIVSCYKELKOSTNADER OCH RANGORDNING AV ALTERNATIV

Förutsättningar: - Livscykel 60 år  
 - Programmerad ränta 3 %  
 - Kontorsbyggnad (redovisas i bilaga 16)  
 - Kostnader i kkr  
 - Kostnadsläge 1983

Beräkningar:

ALTERNATIV	INVESTERING	FÖLJKOSTNADER	OMVANDLINGSFAKTOR )	FÖLJKOSTNAD OMVÄNDLAD TILL NUVARDE	LIVSCYKEL- KOSTNAD	RANGORDNING FORMEL (20)
		<u>FÖNSTER</u>				
A1	2.419,2	453,6 vart 15:e år	1,914	868,2	3.287,4	Grundalt.
N1	1.965,6	226,8 vart 7-8 år	4,639	1.052,1	} 3.885,9	Dyrare
		453,6 vart 15:e år	1,914	868,2		
N2	5.140,8	196,6 vart 15:e år	1,914	376,3	5.517,1	Dyrare
N3	3.024,0	105,8 vart 15:e år	1,914	202,5	3.226,5	0,0185
		<u>INNERVÄGGAR</u>				
A2	271,3	295,9 vart 15:e år	1,914	566,4	837,7	Grundalt.
N4	419,2	209,6 vart 15:e år	1,914	401,2	820,4	0,0207
		<u>ELFÖRSÖRJNINGSSYSTEM</u>				
A3	-	439,6 varje år	40,77	17.922,5	17.922,5	Grundalt.
N5	276,0	95,0 år 30	0,638	60,6	16.978,9	0,0526
		408,2 varje år	40,77	16.642,3		

Sammanställning:

ALTERNATIV	RANGORDNING	TILLÄGGSINVESTERING (kkr)
N 5	0,0526	276,0
N 4	0,0207	147,9
N 3	0,0185	604,8

) Omvandlingsfaktorerna beräknas ur bilaga 9. Exempelvis för alternativ A1  
 $3 \times 0,638 = 1,914$ . För alternativ N1 fås  $0,811 + 6 \times 0,638 = 4,639$



## 1. ALTERNATIVSTUDIER

Under projekteringen av kontorshuset - som redovisas i bilaga 16 - har framkommit ett antal alternativa utformningsförslag till normalutförandet. Bl a för

FÖNSTER	<u>Grundalternativ (A1)</u> Träfönster med ytterbåge av aluminium och kar- mens utsida inklädd med aluminiumplåt.
	<u>Alternativ (N1)</u> Täckmålat träfönster
	<u>Alternativ (N2)</u> Helaluminiumfönster
	<u>Alternativ (N3)</u> Fullplastfönster
YTSKIKT PÅ IN- NERVÄGGAR I KONTORSRUM	<u>Grundalternativ (A1)</u> Målade väggar
	<u>Alternativ (N4)</u> Målning på väv
ELFÖRSÖRJNINGS- SYSTEM	<u>Grundalternativ (A1)</u> Lågspänningsservis
	<u>Alternativ (N5)</u> Högspänningsservis

I det följande redovisas beräkningar för vart och ett av de ovan redovisade alternativen.

## 2. FÖNSTER

### 2.1 Grundalternativ

INVESTERING	Antal fönster: 1.512 st Genomsnittskostnad: 1.600 kr/st
	<hr/> Totalt 2.419.200 kr
UNDERHÅLL	Fönster ommålas invändigt och justeras vart 15:e år. Samtidigt byts tätninglistor. Kostnader: Ommålning 140 kr/st Justering 70 kr/st Tätning 90 kr/st
	Totalt/underhållstillfälle: 453.600 kr

2.2 Täckmålat träfönster (N1)

INVESTERING	Arbete och material: 1.300 kr/st
	Totalt: 1.965.600 kr
UNDERHÅLL	Fönstren ommålas utvändigt från ställning vart 7-8 år. Samtidigt kittas fönstren om.
	Kostnader: Ommålning 72 kr/st
	Kittning 18 kr/st
	Ställning 60 kr/st
	Totalt/underhållstillfälle: 226.800 kr
	Invändigt ommålas fönstren vart 15:e år. Kostnaderna är lika normalalternativet.

2.3 Helaluminiumfönster (N2)

INVESTERING	Arbete och material: 3.400 kr/st
	Totalt: 5.140.800 kr
UNDERHÅLL	Fönstren justeras vart 15:e år. Samtidigt byts tätningsslister och fogmassan toppförseglas.
	Kostnader: Tätning 50 kr/st
	Beslagjustering 20 kr/st
	Fogförsegling 60 kr/st
	Totalt/underhållstillfälle: 196.600 kr

2.4 Fullplastfönster (N3)

INVESTERING	Arbete och material: 2.000 kr/st
	Totalt: 3.024.000
UNDERHÅLL	Tätningsslister byts samtidigt som beslagen justeras vart 15:e år.
	Kostnader: Tätning 50 kr/st
	Beslagjustering 20 kr/st
	Totalt/underhållstillfälle: 105.800 kr

3. YTSKIKT PÅ INNERVÄGGAR3.1 Målade väggar (grundalternativ)

INVESTERING	Målningsbehandlingen (56-04 010 enligt Hus AMA) kostar vid nybyggnadsförhållanden 22 kr/m <sup>2</sup> . Totalt omfattar kontorshuset 12.330 m <sup>2</sup> väggarea i kontorsrum.
	Total kostnad: 271.300 kr

UNDERHÅLL Underhållsintervallet bedöms vara 15 år. Ommålningsbehandlingen (96-305 10) kostar 19 kr/m<sup>2</sup> väggarea. Till detta kommer kostnader för täckning, städning och demontering/montering av inredningsdetaljer med 180 kr/rum.

Kostnad/underhållstillfälle:

- Ommålning	234.300 kr
- Skyddning mm	61.600 kr

---

Totalt	295.900 kr
--------	------------

### 3.2 Målning på väv (N4)

INVESTERING Behandlingen (56-02825) kostar vid nybyggnadsförhållanden 34 kr/m<sup>2</sup>, väggarea.

Totalt kostnad: 419.200 kr

UNDERHÅLL Underhållsintervallet bedöms i genomsnitt vara lika normalalternativet. Skillnaden är ett enklare förarbete. Ommålningen (96-30010) beräknas kosta 12 kr/m<sup>2</sup> väggarea. Till detta kommer liksom i normalalternativet kostnader för skyddning m m med 180 kr/rum.

Kostnad/underhållstillfälle

- Ommålning	148.000 kr
- Skyddning m m	61.600 kr

---

Totalt	209.600 kr
--------	------------

## 4. ELFÖRSÖRJNINGSSYSTEM

### 4.1 Lågspänningsservis (grundalternativ)

I bilaga 17 är den årliga förbrukningen av elektrisk energi beräknad till 1.424 MWh. Maximalt uttagen effekt har likaså beräknats till 441 kW.

De årliga kostnaderna för elektrisk energi blir i lågspänningsalternativet

- Fast avgift	1.000 kr
- Effektaggift $326 \times 441 =$	143.800 kr
- Energiavgift $1.424 \times 207 =$	294.800 kr

---

Totalt	439.600 kr
--------	------------

#### 4.2 Högspänningservis

INVESTERING	<p>Högspänningsalternativet erfordrar en transformatorstation. Kostnaden för denna har bedömts till 192.000 kr. Transformatorstationen kräver en byggnadsarea på 28 m<sup>2</sup> NTA. Kostnaden för denna har värderats efter 3.000 kr/m<sup>2</sup> NTA dvs 84.000 kr. Totalt 276.000 kr</p>						
UNDERHÅLL	<p>Livslängden på transformatorstationen har bedömts till 60 år.</p> <p>Den genomsnittliga årliga underhållskostnaden har beräknats till 1.100 kr/år.</p> <p>Ovanstående kostnad svarar mot en tidåtgång om i genomsnitt 10 tim/år för skötsel och felavhjälpande underhåll.</p> <p>Skötseln baseras på en månatlig kontroll, en årlig översyn samt en besiktning vart 3:e år.</p>						
ENERGI	<p>Tomgångs- och effektförluster i transformatorstationen har beräknats leda till en ökad effekt på 5 kW och en ökad energiförbrukning på 31 MWh/år.</p> <p>De årliga kostnaderna för elektrisk energi är:</p> <table> <tr> <td>- Fast avgift</td> <td style="text-align: right;">3.500 kr</td> </tr> <tr> <td>- Effektaggift 446 x 259 =</td> <td style="text-align: right;">115.500 kr</td> </tr> <tr> <td>- Energiavgift 1.455 x 198 =</td> <td style="text-align: right;">288.100 kr</td> </tr> </table> <hr/> <p>Totalt <span style="float: right;">407.100 kr</span></p>	- Fast avgift	3.500 kr	- Effektaggift 446 x 259 =	115.500 kr	- Energiavgift 1.455 x 198 =	288.100 kr
- Fast avgift	3.500 kr						
- Effektaggift 446 x 259 =	115.500 kr						
- Energiavgift 1.455 x 198 =	288.100 kr						

## Underlag för beräkning av en underhållsindex i Frankrike

År	Bygglöne- index	Byggkostnads- index	Konsumentpris- index	Underhålls- kostnadsindex
1953	100,0	100,0	100,0	1,0
1954	112,8	98,7	101,2	1,045
1955	126,7	103,2	102,5	1,121
1956	144,6	116,2	104,4	1,249
1957	157,6	126,8	106,9	1,330
1958	176,5	138,5	123,0	1,280
1959	187,6	142,0	130,6	1,262
1960	197,7	142,3	135,3	1,256
1961	211,9	144,8	139,8	1,276
1962	231,5	152,3	146,5	1,310
1963	256,2	167,0	153,5	1,379
1964	277,5	178,3	158,8	1,435
1965	295,9	188,3	162,8	1,487
1966	313,1	193,0	167,2	1,513
1967	329,4	196,3	171,7	1,531
1968	363,5	205,3	179,5	1,584
1969	397,2	217,0	191,1	1,607
1970	433,7	223,0	201,0	1,634
1971	477,8	236,3	212,1	1,683
1972	530,5	250,2	225,1	1,734
1973	601,2	271,0	241,6	1,805
1974	736,0	313,5	274,8	1,910
1975	846,3	354,7	307,2	1,955

Källa: Urien, R. (1977)

OPTIMERING AV ANSKAFFNING, UNDERHÅLL OCH STÄDNING AV GOLVUTFÖRANDEN (LINOLEUM/TEXTIL)

Syfte

Att beräkna livscykelkostnaden för två alternativa golvbeläggningar i ett kontorsrum med golvarean 14 m<sup>2</sup>.

Alt 1: Linoleum, tjocklek 2,5 mm

Alt 2: Nålfiltmatta

Förutsättningar

- Livscykel 19 år
- Programmerad ränta för alla åtgärder (se kapitel 12.2) 2 %
- Kostnadsläge 1983
- Hänsyn tas ej till skillnader mellan alternativen vad gäller stegljudsisolering

Skillnader mellan alternativen

INVESTERING Nålfiltmattan är 10 kr/m<sup>2</sup> billigare.  
Kostar 65 kr/m<sup>2</sup> att lägga inkl. material.

Alternativ 1: 1.050:-

Alternativ 2: 910:-

UNDERHÅLL

Alt 1

Underhållsintervallet mellan utbytena bedöms till 20 år. Kostnaden för att flytta ut möbler, ta ner mattlister, ta bort bef. matta, rengöra och iordningställa underlaget bedöms till 70 kr/m<sup>2</sup> dvs totalt 980 kronor.

Till detta kommer kostnaden för den nya mattan 1.050 kronor (enligt ovan).

En gång under mattans livslängd behöver beläggningen ses över och repareras. Kostnaden för detta beräknas vara 260 kr/m<sup>2</sup> (reparerad area). Den reparerade ytan bedöms till 4 % och intervallet till 10 år. Totalkostnaden blir följaktligen 145 kr.

Alt 2

Livslängden bedöms till 10 år.

Kostnaden för att iordningställa underlaget bedöms lika alt 1, dvs 980 kronor. Till detta skall kostnaden för den nya mattan läggas 910 kronor.

Golvbeläggningen behöver dessutom ses över och repareras vart 5:e år till en kostnad av 260 kr/m<sup>2</sup> (reparerad area). Med ett reparationsbehov om 6 % av arean blir kostnaden 218 kronor.

STÄDNING

Alt 1

Golvbeläggningen rengörs genom fukt mopning 1 g/v. Enhetstiden för detta städmoment har beräknats till 0,19 tim/m<sup>2</sup>, år. Med en timkostnad på 80 kr/tim blir städkostnaden för rummet 213 kronor.

## Alt 2

Golvbelägningen rengörs genom dammsugning. Grovdammsugning varannan vecka och dammsugning varannan vecka. Enhetstiden för detta arbete har beräknats till 0,25 tim/m<sup>2</sup>, år. Städskostnaden blir årligen 280 kronor.

Beräkningar

## A. BASDATA

ATGÅRD	Alternativ 1		Alternativ 2	
	Kostnad (kr)	Intervall (år)	Kostnad (kr)	Intervall (år)
a. Material ochläggning	1.050	20	910	10
b. Översyn av ytan	145	10	218	5
c. Borttagning befintlig matta	980	20	980	10
d. Städning	213	Årligen	280	Årligen

## B. MODERMATRIS (kr)

Åtgärd \ År	Alt 1		Alt 2			
	0	10	0	5	10	15
a. Material ochläggning	1.050		910		910	
b. Översyn		145		218		218
c. Borttagn bef matta					980	
d. Städning	213:-/år		280:-/år			

## C. OMVANDLINGSMATRIS

Åtgärd \ År	Alt 1		Alt 2			
	0	10	0	5	10	15
a. Material ochläggning	1		1	0,819		
b. Översyn		0,819	0,905		0,741	
c. Borttagn bef matta				0,819		
d. Städning	15,92		15,92			

## D. RESULTATMATRIS (kr)

Åtgärd \ År	Alt 1		Alt 2			
	0	10	0	5	10	15
a. Material ochläggning	1.050		910	745		
b. Översyn		119		197		162
c. Borttagn bef matta					803	
d. Städning	3.391		4.458			

## E. TOTALKOSTNAD (kr)

AR 0-19 Alternativ 1 4.560

Alternativ 2 7.275



F ö r s l a g  
till presentation av livscykeldata

Omfattning: golvbeläggning linoleum 2,5 mm tjock

Kostnadsläge 1983

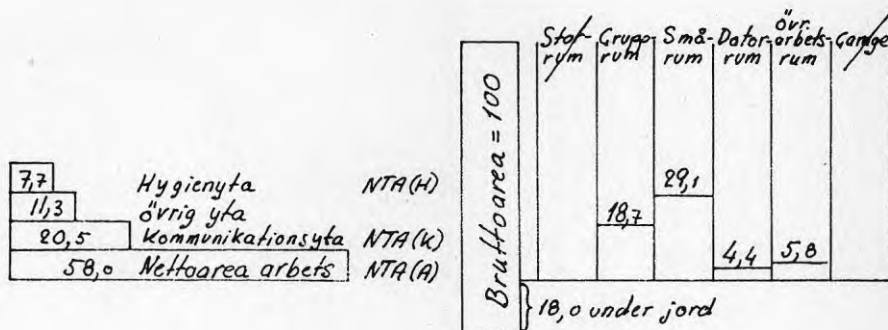
Kostnader i kronor per enhet och åtgärd om ej annat anges

	enhet	kostnad	inter- vall år	kostnad per 10 år
Investering	m <sup>2</sup>	75	20	37,5
Underhåll				
<u>a.</u> översyn av 4 % av ytan	m <sup>2</sup>	10	10	10
<u>b.</u> borttagning av befintlig matta	m <sup>2</sup>	70	20	35
Städning 0,19 tim/m <sup>2</sup> , år	m <sup>2</sup>	15,2	årli- gen	152
Totalt				235

Ovanstående kostnader gäller vid normalt slitage och nedsmutsning i kontor. Vid hårt slitage i t ex kommunikationsutrymmen ökas kostnaden till ..... 535

Kostnadsläget avser byggnader i Stockholm.

Förslag till projektredovisning  
Ytor i % av Bruttoarea BTA



Typ av byggnad: kontor  
Ort : Malmö

Värme- och luftbehandlingsinstallation: fjärrvärme, vattenburet system  
Kylinstallation : datorrummet

Flyttbara mellanväggar Golvbärighet 3500 N/m<sup>2</sup>

Byggekostnad ? Inflyttning 1971

Ytor i m<sup>2</sup>

BTA 12798, BTA ovan jord 9215, NTA (A) 7523, Bottenvåningsyta?  
Antal våningar ovan jord 8 1/2, Fasadyta ?, Fönsteryta ?, 2 glasad isolerruta. Normal höjd mellan våningar 3,2 m

Uppvärmningsbehov 2375 MWh/normalår  
Transmissionsförluster 3307 "  
Ventilationsförluster 2738 "

Städning av arbetsyta NTA (A) 1,2 tim/m<sup>2</sup>, år  
Städning av hygienyta NTA (H) 5,9 "  
Städning av kommunik.yta NTA (K) 1,7 "  
Städning av övrig yta 0,4 "

Underhållskostnad i medeltal per 10 år i kronor/m<sup>2</sup>, kostnads-  
läge 1983

för fasad 121  
för tak 134 per m<sup>2</sup> bottenvåningsyta  
etcetera

## INVESTERING

## FÖLJKOSTNADER

	Uppvärmning	Kylning	Städning	Underhåll	Administration	Anpassning	Arkiv	Säkerhet
Ytterväggsisolering	+	+						
Fönsterisolering	+	+		-				
Solskydd		+		-				
Innerväggar med värmetröghet		+				-		
Entrépartier			+					+
Golv			+	+				
Toiletter, omklädningsrum etc.			+	+				
Uppvärmnings-kylanläggning.								
Sektionering	+	+						
Reglering	+	+		-	+			
Mätning	+	+			+			
Ventilation	+	+			-			
TV-övervakning				-	+			+
Dator, ADB	+	+		+	+		+	+
Mikrofilmning					+		+	

Möjligheter att genom ökad investering förbättra egenskaperna inom följdkostnadsområdet betecknas med + en försämring med -

UNDERHÅLLSKOSTNADER FÖR EN KONTORSBYGGNAD I GÖTEBORG

Förutsättningar: Livscykel 60 år  
Inga kostnader för ombyggnad inkluderade  
Kostnaderna ej omvandlade till nuvärden  
Kostnadsläge 1983

Sammanställning: (Kostnader i kkr)

SYSTEM	INVESTERING	UNDERHÅLLSKOSTNAD				PROCENT AV TOTALA UNDERHÅLLSKOSTNADEN
		Förebyggande och felavhjälpande	Periodiskt	Administration	Totalt	
Mark	218	1.918	418	228	2.564	5,5
Hus, utv.	20.575	1.392	950	318	2.660	5,7
Hus, inv.	45.951	597	10.429	1.542	12.568	27,0
VA	} 22.386	1.432	691	300	2.423	5,2
Värme		324	2.223	702	3.249	7,0
Ventilation		6.787	589	900	8.276	17,8
Kyla	} 12.792	829	231	294	1.354	2,9
El		3.952	3.450	906	8.308	17,9
Tele		702	574	204	1.480	3,2
Transport		2.638	667	348	3.653	7,8
SUMMA	101.922	20.571	20.222	5.742	46.535	100

## 1. REFERENSOBJEKT

Som referensobjekt vad gäller mängdangivelser och system-/materialval används i denna kalkyl en kontorsbyggnad i Göteborg som referensobjekt. Avsteg från referensobjektet görs enbart i de fall den tekniska lösningen är uppenbart omodern, dvs när den normalt inte skulle utnyttjas i en byggnad som projekteras idag.

I vårt fall har avvikelser från referensobjektet gjorts för:

- Isoleringstjocklekar
- Fönstertyp
- Utformning och drift av ventilationssystem

I efterföljande avsnitt redovisas - i kortform - det korri-gerade referensobjektets huvuddata.

## 2. FAKTA OM REFERENSOBJEKTET, 69 kv BOKTRYCKERIET

LOKALANVÄNDNING:	Renöclad administrationsbyggnad för Lokala Skattemyndigheten i Göteborg. Fastigheten omfattar 650 st kontorsarbetsplatser och är utförd i 8 plan, varav 2 plan under mark. PLAN 01 Bilparkeringar PLAN 02 Arkiv, förråd PLAN 03 Personalmatsal, datacentral PLAN 04-08 Kontors- och expeditiionslokaler.
LÄGE:	Fastigheten är belägen i stadsdelen Rosenlund i centrala Göteborg.
FÄRDIGSTÄLLANDETID:	Inflyttning skedde i årsskiftet 1974/-75.
PLANFORM/ORIENTERING:	Planformen för de fyra övre våningarna utgörs av ett E med huvudaxeln öst-västlig riktning. Ett centraltrapphus är kompletterat med två sekundära (östra + västra flygeln) (se fig 1)
AREOR/VOLYMER:	Byggnadsvolymen uppgår till 80.200 m <sup>3</sup> BV, fördelad på 56.900 m <sup>3</sup> BV ovan mark och 23.300 m <sup>3</sup> BV under mark.  Byggnadens bruttoarea uppgår till 26.800 m <sup>2</sup> BRA.  Städarean utgör 19.800 m <sup>2</sup> .

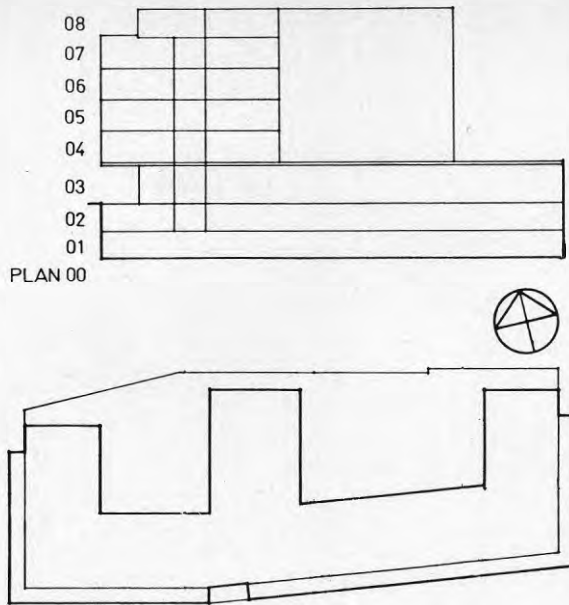


Fig 1: Referensobjektet, 69 kv Boktryckeriet

VANINGSHÖJD	Plan 01      2,20 m Plan 02      2,80 m Plan 03      4,00 m Plan 04-08   2,60 m
STOMME YTTERVÄGGAR	Platsgjuten betong Platsgjuten betong/lättbetongbröst- ningar/utfackningsväggar. Utvändigt isolerade och beklädda med eloxide- rade aluminiumkassetter.  Öppningsbara 3-glasfönster med kar- mar och bågar av trä, utvändigt be- klädda med exloerad aluminiumplåt.  Glasade ytterväggspartier är utförda med 3- glas isolerrutor och aluminiumprofiler.
YTTERTAK	Svagt lutande tak med invändig takav- vattning. Taktäckning utförd som tre- lagstäckning med förstärkt mellan- skikt och luftspaltbildande undre papplag samt beläggning med singel.
INNERVÄGGAR	Huvudsakligen icke bärande med stom- me av stålreglar och beklädnad med dubbla gipsskivor. Ljudisolering ut- förs av mineralull. Målade träinnerdörrar. I kontorsutrymmen är väggar och tak målade. Golvbeläggningen utgörs av plastmatta.  I våtenheter används svetsad plast- matta som väggbeklädnad.
VA	Golvbeläggning av marmor i huvud- entré och centraltrapphus.
VA	Konventionellt utförande. Central varmvattenberedning. Avloppssystemet är utfört som duplikatsystem.
VÄRME	Fjärrvärmeanslutet. Termostatstyrda, vattenvärmda radiatorer utgör huvud- sakligt uppvärmningssätt. 80 °/60 °- system.
LUFTBEHANDLING	Från och tilluftssystem med i huvud- sak ett centralaggregat samt åter- luft. Huvudkanaler för tilluft till kon- torsdelen är förlagda längs fasad vid tak. Total luftmängd 160.000 m <sup>3</sup> /tim.

KYLA	Enbart lokalkylanläggningar i data-central och kök. Utförda som kompresoranläggningar med direkt expansion i luftkylda kondensorer placerade på gårdsbjälklaget.
EL	Lågspänningsanslutning. Belysningsarmaturer med lysrör generellt utom i förråd och andra biutrymmen. Belysningsstyrka 500-600 lux i arbetslokaler, 200-300 lux i övriga.
TRANSPORT	Fastigheten är utrustad med sju hissar. Sex av dessa är linhissar. Normalstorleken är 10 personer/750 kg.  Hydraulhissen går i våningarna under jord och är i första hand avsedd för materialtransporter.

### 3. BERÄKNING AV UNDERHÅLLSKOSTNADER

Fastighetens underhållskostnader uppkommer som följd av underhållsåtgärder vilka i sin tur har olika frekvens. Man brukar tala om tre olika typer av underhållsåtgärder med olika frekvens.

För det första åtgärder som syftar till att säkerställa funktion och brukbarhet. Man benämner detta underhåll för skötsel, förebyggande underhåll, teknisk tillsyn eller småreparationer. Underhållsåtgärderna genomförs oftast årligen eller ännu oftare.

Skötseln minskar risken för plötsliga fel men tar inte helt bort akutfelet utan i praktiken uppkommer också behov av felavhjälpande underhåll. Eftersom detta till sin natur är oförutsett är det svårt att ha en bestämd uppfattning om frekvens och omfattning. Kalkyler av felavhjälpande underhåll byggs därför oftast på erfarenheter från referensanläggningar.

Den tredje typen av underhållsåtgärder benämns periodiskt underhåll eller långsiktigt underhåll. Åtgärderna syftar till att långsiktigt bibehålla fastighetens användbarhet och värde. Karaktären på underhållet av denna typ är ofta utbyte av slitna komponenter eller förnyelse av ytskikt. Underhållsintervallen för aktuella underhållsåtgärder varierar ofta mellan 10 och 30 år.

I de efterföljande avsnitten beräknas kostnaderna för ovan nämnda typer av underhållsåtgärder var för sig på grund av att tillgängligt erfarenhetsmaterial är uppföljt på detta sätt. Mängder av aktuella byggnadsdelar i referensobjektet samt deras utförande redovisas i anslutning till beräkningarna.

Till de i avsnitten beräknade kostnaderna skall läggas kostnaderna för administration. Beräkningen av administrationskostnaden redovisas i avsnitt 6. Fördelningen av kostnaden på tekniska system redovisas i avsnitt 7.



#### 4. SKÜTSEL OCH FELAVHJÄLPANDE UNDERHÅLL

Aktuella underhållskostnader beräknas systemvis utgående från bedömningar om underhållsåtgärder (aktiviteter) och deras resursförbrukning (tid, material, hjälpmedel). Den totala kostnads- och resursförbrukningen är sammanställd i avsnitt 4.10.

##### 4.1 Mark

Den icke bebyggda tomtytan utgörs av ett allmänt gångstråk i arkaden som omfattar 460 m<sup>2</sup>. Denna yta behöver sopas 2 gånger i veckan. Tidåtgången för detta bedöms till 48 tim/år.

Vidare finns ett gårdsbjälklag om 1.588 m<sup>2</sup> som är iordningställt som grönyta. En uppdelning på olika ytskikt utfaller enligt följande:

- Hårdgjord yta	553 m <sup>2</sup>
- Gräsyta	620 m <sup>2</sup>
- Buskageyta	415 m <sup>2</sup> .

Tidåtgången för skötsel av ovanstående ytor har beräknats till 74 tim/år.

För en årlig rensning av 3 st brunnar tillkommer 4 tim/år.

Detta ger en total tidåtgång för markskötsel om 126 tim/år.

Till denna tid skall läggas tid för vinterarbeten. Denna tid uppskattas till 150 tim/år.

Tidåtgången för felavhjälpande underhåll vad gäller ytskikt och tomtkompletteringar bedöms till 20 tim/år.

Materialkostnader och maskinkostnader beräknas som 20 % av lönekostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll).

##### 4.2 Hus

Årligen görs en besiktning av yttertaksbeklädnad, samt en rensning av takbrunnar. Detta bedöms kräva en tidåtgång om 8 timmar.

För en årlig översyn och justering av fönster och dörrar bedöms en tidåtgång på 236 tim (0,1 tim/m<sup>2</sup>).

De maskindrivna portarna (3 st) ses över och justeras varje halvår. Tidåtgången bedöms till 12 timmar per år.

Totalt beräknas tidåtgången för skötsel av hus till 256 tim/år.

Det felavhjälpande underhållets tidsåtgång motsvarar 51 tim/år.

Materialkostnaden för skötsel och felavhjälpande underhåll beräknas vara lika med 20 % av lönekostnaden.

#### 4.3 Vatten- och avloppssystem

Aktuella underhållsåtgärder är för de olika installationsdelarna:

CENTRALUTRUSTNING:	3-månaders kontroll och årliga översyn av pumpar: - Avloppspumpar 4 st - Varmvattencirkulationspumpar 6 st  <u>Tidåtgång:</u> 62 tim
LEDNINGSSYSTEM:	Årlig besiktning av ledningar och ventiler.  <u>Tidåtgång:</u> 12 tim/år.
PLATSUTRUSTNING:	3-månaders kontroll och årlig översyn av platsutrustning: - Golvbrunnar 34 st - Tvättställ 131 st (7 st av slålplåt) - Klosetter 99 st - Utslagsbackar 20 st - Blandare 165 st  <u>Tidåtgång:</u> 119 tim/år

Total årlig tidåtgång för skötsel av VA-system: 193 tim

Tidåtgången för akuta fel bedöms motsvara 48 tim/år

Materialkostnaden beräknas som 10 % av lönekostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll)

#### 4.4 Värmesystem

Värme erhålls som hetvatten från kommunens kraftvärmeverk.

Lokalerna uppvärms huvudsakligen med termostatstyrda vattenvärmda radiatorer för individuell reglering av rumstemperaturen.

I värmeapparaturrummet finns fem värmväxlare: Två för radiatorgruppen, två för luftvärmare och en för varmvattenberedning.

Vidare finns 4 cirkulationspumpar, ett expansionskärl och en shuntgrupp.

Anläggningen sköts genom en månatlig drifttillsyn och en årlig översyn av apparatur, ledningsnät och ventiler.

Tidåtgången för skötsel beräknas till 25 tim per år.

Lika stor - alltså 25 tim - bedöms tidåtgången vara för avhjälpande av akuta fel.

Materialkostnader beräknas som 20 % av lönekostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll).

#### 4.5 Luftbehandlingsystem

Hela fastigheten, med undantag av bandarkiv, data- och fögderiförråd samt transformatorstation, betjänas av en gemensam luftbehandlingsanläggning.

Från centralaggregatet för tilluft utgår samlingskanaler dels till sex mindre fläktrum för efterbehandling av luften, dels till sex schakt genom höghusdelen.

Från dessa schakt utgår huvudkanaler för tilluft i varje våningsplan ut till fördelningskanalerna vid fasaden. Frånluften bortförs parallellt med tilluften till centralaggregatet.

Plan 01 - garageplanet - ventileras genom överluft från transformatorstation, värmeundercentral och vissa andra lokaler.

På yttertaket finns fyra fläktrum med frånluftsfläktar för kök, garage och hygienutrymmen.

Utöver de ovan redovisade frånluftsfläktarna finns fyra rökfläktar.

Sammanfattningsvis utgörs luftbehandlingsanläggningen av:

- Tilluftsggregat med anordningar för filtrering, värmning och befuktning, 8 st
- Frånluftsggregat, 18 st
- Återluftsggregat, 5 st

Luftbehandlingssystemet sköts genom en veckovis drifttillsyn, en 3-månadskontroll samt slutligen en årlig översyn.

Tidåtgången har beräknats till:

- Veckovis drifttillsyn		322 tim
- Övrigt förebyggande underhåll		
TILLUFTSAGGREGAT	110 tim	
FRÅNLUFTSAGGREGAT	54 tim	
RENGÖRING FLÄKTRUM	12 tim	
ÖVRIGA DELAR	11 tim	187 tim

Total tidåtgång luftbehandling 509 tim/år.

Tidåtgången för felavhjälpande underhåll bedöms till 305 tim/år.

Den största materialposten utgörs av filterkostnaden, ett filter kostar ca 500 kr. Filterkostnaden har beräknats till 25.200 kr/år. Övrigt material bedöms motsvara 20 % av lönekostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll).

#### 4.6 Kylsystem

Kyla finns i två delar av fastigheten dels i utrymmen med anknytning till databehandling och dels i ett utrymme för kylt avfall invid köket.

De två användningsområdena har två från varandra skilda kylsystem.

Kylsystemen består av följande delar:

- |   |   |                |
|---|---|----------------|
| - Vattenkylaggregat, 1 st<br>(inkl 2 kolvkompressorer, tubpanneförångare) | } | DATABEHANDLING |
| - Köldbärarpump, 1 st   |   |                |
| - Luftkyld kondensor, 2 st  |   |                |
| - Expansionskärl, 1 st  |   |                |
| - Kompressoraggregat, 1 st<br>(inkl. luftkyld kondensor)                  | } | AVFALLSRUM     |
| - Förångare, 1 st   |   |                |
| - Expansionskärl, 1 st  |   |                |

Kylsystem ges en månatlig drifttillsyn, en 3-månaders kontroll och en årlig översyn.

Tidåtgången bedöms till 80 tim/år för skötsel.

Omfattningen på det felavhjälpande underhållet bedöms till 48 tim/år.

Materialkostnaden sätts till 20 % av lönekostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll).

#### 4.7 Elsystem

Fastigheten försörjs från ett öppet lågspänningsställverk. Från ställverket är huvudledningar dragna till olika elcentraler i våningsplanen. Totalt finns 32 st elcentraler i fastigheten.

Underhållsmässigt ses hela elsystemet över årligen. Dessutom görs en månatlig tillsyn av ställverket.

Tidåtgången för skötsel av elsystemet har beräknats till

- Ställverk	12 tim/år
- Elcentraler	32 tim/år
- Strömställare, uttag	64 tim/år
<u>SUMMA</u>	<u>108 tim/år</u>

Ljuskällorna bedöms behöva bytas vartannat år. Tidåtgången för detta beräknas enligt följande:

- Byte av lysrör: 2.400 armaturer á 15 min = 600 tim
- Byte av glödlampor: 1.600 armaturer á 9 min = 240 tim

Räknat per år tar byte av ljuskällor 420 timmar.

Tidåtgången för akutfel på elsystemet är ungefärligen 35 tim/år.

Materialkostnaden för skötsel och felavhjälpande underhåll bedöms till 30 % av lönekostnaden.

#### 4.8 Telesystem

Inom fastigheten finns följande teletekniska anläggningar:

- Brandlarm
- Gasvarnaranläggning
- Vattenindikeringsanläggning
- Nödbelysning och nödutgångsskyltar
- Porttelefonanläggning
- Passagekontrollanläggning
- Inbrottslarm
- Låsningstrustning och signalanläggning för handikapptaletter
- Felsignal och övervakningsanläggning för:
  - o fläktar och pumpar
  - o nödsignal från hissar
  - o brand- och vattenskadelarm
  - o signal från handikapptaletter
  - o dörrövervakning
  - o indikering och mätvärden för VVS.

Samliga anläggningsdelar sköts i princip med hjälp av en månatlig funktionskontroll och en arlig översyn.

Tidåtgången för skötseln har beräknats till 75 tim årligen.

Tidåtgången för felavhjälpande underhåll bedöms till 25 tim/år.

Materialkostnaden är erfarenhetsmässigt 30 % av personalkostnaden (skötsel och felavhjälpande underhåll).

#### 4.9 Transportanläggningar

Inom fastigheten finns 7 st hissar. Sex av dessa är linhissar.

Hissarna sköts genom en 3-månaders kontroll i kombination med en årlig översyn.

Tidåtgången har för linhissarna bedömts till 8 tim/år, hiss. För hydraulhissen bedöms tillsynstiden till 5 tim/år.

Total tidåtgång för hissarnas skötsel 53 tim/år. Tidåtgången för felavhjälpande underhåll bedöms till i genomsnitt 40 tim/hiss, år dvs totalt 280 tim/år.

Materialkostnaden för skötsel och felavhjälpande underhåll är erfarenhetsmässigt 2.000:-/år, hiss dvs totalt 14.000 kr/år.

Ovan redovisade resursåtgång speglar kostnaden oavsett om underhållet görs med egen personal eller om extern entreprenör utför det efter ett serviceavtal.

#### 4.10 Kostnads- och resurssammanställning

Resursåtgång och kostnader för skötsel och felavhjälpande underhållet totalt har sammanställts i tabell 1.

Lönekostnaden har beräknats efter nedanstående timkostnads-kalkyl:

Direkt lönekostnad per timma:	53:-	(7.000:-/mån)
Personalkostnader 49 %	26:-	
Lönekostnad	79:-	
Arbetsledning: $\frac{360}{2.832} \times 85$ kr/tim	11:-	
<b>TIMKOSTNAD</b>	<b>90:-</b>	

Totalkostnaden har per år beräknats till 343 kkr.  
 Detta motsvarar 13:-/m<sup>2</sup> BTA, år eller 4:30/m<sup>3</sup> BV, år.

#### 5. PERIODISKT UNDERHÅLL

Kostnaderna för det periodiska underhållet beräknas i de följande delavsnitten systemvis utgående från bedömningar om erforderliga underhållsåtgärder och deras å-priser i kostnads-läge 1983.

En sammanställning av kostnaderna för det totala periodiska underhållet återges i delavsnitt 5.11.

##### 5.1 Mark

Det periodiska underhållet på tomtanläggningen utgörs av iordningställande/förnyelse av ytskikt.

Kostnads-kalkylen återges i tabell 2. Kalkylen bygger på följande ytskikt och åtgärder.:

<u>Yta</u>	<u>Ytskikt</u>	<u>Underhållsåtgärd</u>
Hårdgjord yta	Betongplattor	Omläggning
Gräsyta	Gräs	Omläggning
Buskageyta	Buskar	Iordningsställande i form av växtbyte.

##### 5.2 Hus, utvändigt

Underhållskostnaden för utvändigt byggnadsunderhåll redovisas i tabell 3 tillsammans med de underhållsåtgärder, underhållsintervall och å-priser som den baseras på.

Kalkylen utgår från följande byggnadstekniska utföranden:

TAK	Trelags, papptäckning som är belagd med singel Plåtbeslag på taket, hissmaskinrummens beklädnad är utförd av eloxiderad aluminiumplåt.
-----	--

System	Tidåtgång (tim)		Totalt	Löne- kostnad (kr/år)	Mtrl. maskin (kr/år)	Totalt (kr/år)
	Förebygg.	Felavhjälp.				
Mark	276	20	296	26.640	5.330	31.970
Hus	256	51	307	27.630	5.526	33.156
VA	193	48	241	21.690	2.169	23.859
Värme	25	25	50	4.500	900	5.400
Ventilation	509	305	814	73.260	39.852	113.112
Kyla	80	48	128	11.520	2.304	13.824
El	528	35	563	50.670	15.201	65.871
Tele	75	25	100	9.000	2.700	11.700
Transport	53	280	333	29.970	14.000	43.970
SUMMA	1.995	837	2.832	254.880	87.982	342.862

Tabell 1: Objektets totala årliga kostnader för skötsel och felavhjälpande underhåll.

Ytskikt	Mängd	Enh.	Inves- tering (kr)	Inter- vall (år)	UNDERHÅLL		Totalt
					Antal åtg.	A-pris	
Betongplattor	1.013	m2	135.000	15	3	77	234.000:-
Gräs	620	m2	24.000	20	2	38	47.000:-
Buskage	415	m2	59.000	15	3	110	137.000:-
SUMMA			<u>218.000:-</u>				<u>418.000:-</u>

Tabell 2: Periodiskt underhåll på mark



FASAD Kassetter av eloxiderad aluminiumplåt. Fönsters ytterbåge samt karmens utsida är beklädda med eloxiderad aluminiumplåt. Partier och portar i entréväningen är utförda i aluminium med eloxiderat ytskikt liksom sockeln. Pelarna i arkaderna är klädda med natursten.

I tabell 4 redovisas underhållskostnaderna fördelade på byggnadsdelar och tillsammans med beräknade investeringskostnader.

### 5.3 Hus, invändigt

Det invändiga byggnadsunderhållet avser i huvudsak ytskiktsunderhåll.

Kostnadskalkylen redovisas i tabell 5. Kostnaderna är i denna beräknade efter underhållsätgärd och utrymme.

Kalkylen utgår därvid från nedanstående ytskikt i de olika utrymmena:

#### INVÄNDIGA YTSKIKT TYPRUM

Följande beteckningar används: G Golv  
S Sockel  
V Vägg  
T Tak

#### A ENTREER

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Marmor/cementmosaik	886 m <sup>2</sup>
S Marmor/cementmosaik	
V Målad väv och betong med serponitputs	
T Undertak av plåtkassetter Målad betong	

#### B TRAPPOR

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Marmor/cementmosaik	666 m <sup>2</sup>
S Marmor/cementmosaik	
V Målade skivor, målad betong	
T Målad betong	

#### C KORRIDORER

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	2.004 m <sup>2</sup>
S Plast	
V Målade gipsskivor	
T Målad betong	



UNDERHALLSATGÄRDER	MÄNGD	ENH.	A-PRIS	INTER- VALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDER- HALLSKOSTNAD	KOSTNAD PER ENHET	ANMÄRKNING
<u>UTVÄNDIGT</u>								
Tvättning fasad (netto)	5.865	m2	24	15	3	422.300		
Justering och tätning fönster	1.512	st	60	20	2	181.400		
Arbete med entrepariter portar	6	st	500	10	5	15.000		
Omläggning tak	2.844	m2	90	40	1	256.000		
Målning plåt på tak	270	m2	30	15	3	24.300		
Målning plåt på maskinrum	570	m2	30	15	3	51.300		
							15:-/m2 fasadyta	Inkl. skyddn fönster o ställning.

SUMMA ===== 950.300 =====

Tabell 3: Periodiskt, utvändigt byggnadsunderhåll

BYGGNADSDEL	Mängd	Enh.	Investering	UNDERHÅLL			TOTALT
				Inter- vall (år)	Antal åtg.	A-pris	
Takkonstruktion	2.844	m2	4.331.000	40	1	90	256.000
Plåtbeslag, tak	270	m2	105.000	15	3	30	24.300
Maskinrum, tak	570	m2	710.000	15	3	30	51.300
Ytterväggskonst	5.400	m2	7.829.000	15	3	24	388.800
Fönster	1.512	st	6.065.000	20	2	60	181.400
Partier	510	m2	1.205.000	-	-	-	-
Portar, entréer	6	st	233.000	10	5	500	15.000
Undertak i arkad	465	m2	97.000	15	3	24	33.500
SUMMA			<u>20.575.000</u>				<u>950.300</u>

Tabell 4: Periodiskt, utvändigt byggnadsunderhåll.  
Byggnadsdelsredovisning

LOKALTYP/UNDERHALLSATGÄRDER	RUMS-AREA	ENH.	A-PRIS	INTER-VALL	ANTAL ATG.	TOTAL UNDERHALLSKOSTNAD	ANMÄRKNING
A. Entréer	Målning Mattbyte	m2 m2	100 100	7 15	8 3	709.000 36.000	Målningspriserna inkluderar målning väggar, tak, lister, fönster och dörrar samt skyddning och städning.
B Trappor	Målning	m2	150	7	8	799.000	
C Korridorer	Målning Mattbyte	m2 m2	120 115	7 20	8 2	1.924.000 405.000	
D Toaletter	Målning Mattbyte	m2 m2	200 150	15 30	3 1	141.000 35.000	
E Omklädnings- och kapprum	Målning Mattbyte	m2 m2	120 100	15 30	3 1	107.000 30.000	
F Kontorsrum	Målning Mattbyte	m2 m2	120 100	15 30	3 1	2.220.000 617.000	
G Konferensrum	Målning Mattbyte	m2 m2	90 100	15 30	3 1	882.000 327.000	
H Kök o servering	Målning Golvrep + mattbyte Byte utr.	m2 m2	150 100 200.000	10 15 20	5 3 2	294.000 118.000 400.000	
I Hygien och mo- tionsrum	Målning Mattbyte	m2 m2	108 120	10 30	5 1	194.000 43.000	
J Arkiv och för- råd	Målning Golvbeh.	m2 m2	65 60	30 40	1 1	239.000 222.000	
K Tekniska utrym- men	Målning Mattbyte	m2 m2	40 100	30 40	1 1	72.000 56.000	
L Garage	Målning Oml.asfalt Linjemark.	m2 m2 m	20 60 6	20 10 10	2 5 5	145.000 360.000 51.000	
<u>SUMMA</u>						<u>10.428.000</u>	

Tabell 5: Periodiskt, invändigt byggnadsunderhåll

D TOALETTER

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	234 m <sup>2</sup>
S Plast	
V Målade gipsskivor	
T Målade gipsskivor	

E OMKLÄDNINGS- OCH KAPPRUM

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	297 m <sup>2</sup>
S Plast	
V Målade gipsskivor	
T Mälad betong	

F KONTORSRUM

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	6.166 m <sup>2</sup>
S Plast	
V Målade gipsskivor/mälad betong	
T Mälad betong, ljudabsorbenter	

G KONFERENSNUM

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	3.265 m <sup>2</sup>
S Plast	
V Mälad väv	
T Mälad betong, ljudabsorbenter	

H KÖK OCH SERVERING

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Sintrade plattor/korkplattor	137 m <sup>2</sup>
S Sintrade plattor/plast	255 m <sup>2</sup>
V Klinkerplattor. Målade gipsskivor/mälad puts	392 m <sup>2</sup>
T Plåtkassetter	

I HYGIEN OCH MOTIONSNUM

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plastmatta	360 m <sup>2</sup>
S Plastmatta	

V Plastmatta/ målade gipsskivor/målad betong  
T Målade gipsskivor

#### J ARKIV OCH FÖRRÅD

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Plast/stålglättad betong	1.512 m <sup>2</sup>
S Plast	2.194 m <sup>2</sup>
—	3.706 m <sup>2</sup>
V Målade gipsskivor/målad betong	
T Målad betong	

#### K TEKNISKA UTRYMMEN

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Stålglättad betong	1.810 m <sup>2</sup>
S Betongfaser	
V Målad betong	
T Målad betong	

#### L GARAGE

<u>Ytskikt</u>	<u>Sammanlagd area</u>
G Asfalt	3.617 m
S —	
V Målad betong	
T Betong, träullsplatta	

I tabell 6 redovisas underhållskostnaderna fördelade på byggnadsdelar och tillsammans med motsvarande, beräknade investeringskostnader.

#### 5.4 Vatten- och avloppssystem

Varmvattenberedningen sker centralt i apparatrum via värmväxlare ansluten till fjärrvärmenätet. I apparatrummet finns pump för varmvattencirkulation VVC och reglerutrustning som reglerar utgående temperatur på varmvattnet.

Spillvattnet från övre och undre källaren samt dräneringsvattnet pumpas upp till servicenivå.

Det periodiska underhållet omfattar byte/renovering av ovan nämnda pumpar samt byte av vissa andra installationsdelar.

Kostnadskalkylen redovisas i tabell 7. Kostnaderna är i denna beräknade utgående från aktuella underhållsåtgärder.

BYGGNADSDDEL	MÄNGD	ENH.	INVESTERING (kr)	UNDERHÅLL		A-PRIS	TOTALT (kr)
				INTER- VALL	ANTAL ATG.		
<u>Entréer</u>							
Golv	886	m2	870.000	15	3	14	37.000
Väggar	1.160	m2	912.000	7	8	40	371.000
Tak	886	m2	58.000	7	8	40	283.000
Övrigt	-	-	180.000	7	8	7.000	56.000
<u>Trappor</u>							
Golv	666	m2	1.050.000	-	-	-	-
Väggar	1.680	m2	1.760.000	7	8	40	538.000
Tak	666	m2	92.000	7	8	40	213.000
Övrigt	-	-	157.000	7	8	6.000	48.000
<u>Korridorer</u>							
Golv	2.004	m2	1.470.000	20	2	101	405.000
Väggar	7.400	m2	2.326.000	7	8	28	1.659.000
Tak	2.004	m2	786.000	7	8	15	241.000
Övrigt			52.000	7	8	3.000	24.000
<u>Toaletter</u>							
Golv	234	m2	185.000	30	1	150	35.000
Väggar	1.335	m2	440.000	15	3	30	120.000
Tak	234	m2	16.000	15	3	30	21.000
Övrigt			24.000	-			
<u>Omklädningsrum</u>							
Golv	297	m2	233.000	30	1	100	30.000
Väggar	1.200	m2	377.000	15	3	24	86.000
Tak	297	m2	24.000	15	3	24	21.000
Övrigt			40.000				
<u>Kontorsrum</u>							
Golv	6.166	m2	4.850.000	30	1	100	617.000
Väggar	12.330	m2	3.900.000	15	3	24	886.000
Tak	6.166	m2	1.210.000	15	3	19	351.000
Fönster	1.090	st	-	15	3	300	981.000
TRANSPORT			21.012.000				7.023.000

Tabell 6: Periodiskt, invändigt byggnadsunderhåll  
Byggnadsdelsredovisning

BYGGNADSDDEL	MÄNGD	ENH.	INVESTERING (kr)	UNDERHÅLL			TOTALT (kr)
				INTER- VALL	ANTAL ATG.	A-PRIS	
	Trpt		21.012.000				7.023.000
<u>Konferensrum</u>							
Golv	3.265	m2	2.567.000	30	1	100	327.000
Väggar	4.750	m2	1.525.000	15	3	22	316.000
Tak	3.265	m2	642.000	15	3	19	186.000
Fönster	422	st	-	15	3	300	380.000
<u>Kök och servering</u>							
Golv	392	m2	461.000	15	3	100	118.000
Väggar	840	m2	990.000	10	5	65	273.000
Tak	392	m2	257.000	10	5	10	20.000
Övrigt			500.000	20	2	200.000	400.000
<u>Hygien- o motions- rum</u>							
Golv	360	m2	330.000	30	1	120	43.000
Väggar	1.580	m2	828.000	10	5	20	158.000
Tak	360	m2	29.000	10	5	20	36.000
Övrigt			80.000	-	-	-	-
<u>Arkiv o förråd</u>							
Golv	3.706	m2	2.913.000	40	1	60	222.000
Väggar	8.350	m2	4.313.000	30	1	20	167.000
Tak	3.706	m2	244.000	30	1	20	74.000
Övrigt			200.000				
<u>Tekniska utrymmen</u>							
Golv	1.810	m2	1.190.000	40	1	31	56.000
Väggar	4.120	m2	2.160.000	30	1	12	49.000
Tak	1.810	m2	335.000	30	1	13	23.000
Övrigt			50.000				
<u>Garage</u>							
Golv	3.617	m2	1.895.000	10	5	20	362.000
Väggar + pel	1.200	m2	1.260.000	20	2	15	36.000
Tak	3.617	m2	710.000	20	2	15	109.000
Övrigt			160.000	10	5	10.200	51.000
Grundschakter			1.300.000				
SUMMA			45.951.000				10.429.000

Tabell 6: (fortsättning).

UNDERHÅLLSATGÄRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDERHÅLLS- KOSTNAD
- Renovering avloppspumpar	4	st	3.000	15	3	36.000
- Byte cirkulationspump VVC	6	st	4.500	15	3	81.000
- Byte värmväxlare	1	st	33.000	20	2	66.000
- Byte avstängningsventiler	30	st	2.000	30	1	60.000
- Byte blandare	165	st	300	30	1	50.000
- Byte WC-stol	99	st	1.700	30	1	168.000
- Byte tvättställ	131	st	1.300	30	1	170.000
- Byte styrutrustning			30.000	20	2	60.000
				SUMMA VA		691.000

Tabell 7: Periodiskt underhåll, VA-system



### 5.5 Värmesystem

Värme erhålles i form av hetvatten från stadens kraftvärmeverk i Rosenlund till en centralt placerad undercentral.

Lokalernas uppvärmningssystem framgår av följande tabell:

#### Plan 04 - 08

Kontorsrum	Termostatstyrda radiatorer
Sammanträdesrum och foajé	Termostatstyrda konvektorer

#### Plan 03

Matsal, disk, telefonistрум, stansrum, entréhall	Eftervärmningsapparater och grundvärmare vid fasad.
Kök, föreläsningssal, datahall, efterbehandlingsrum.	Eftervärmningsapparater.
Fastighetsavdelning, personalrum m m.	Termostatstyrda radiatorer

#### Plan 02

Fögderi, dataförråd, motionsrum, personalrum m m.	Termostatstyrda radiatorer.
---	-----------------------------

#### Plan 01

Garage	Överluft från transformatorstation, värmeundercentral m m
--------	---

Temperaturreglering sker genom reglercentral för klimatkompensering, temperaturgivare och motorventil. Cirkulation av värmevattnet sker med hjälp av en av två pumpar. En större pump för vinterdrift och en mindre för somrardrift.

Det periodiska underhållet omfattar byte av värmeväxlare, pumpar, ventiler och reglerutrustning. Omfattningen på underhållet framgår av tabell 8 som redovisar det samlade periodiska underhållet av värmesystemet.

### 5.6 Luftbehandlingssystem

Systemutformning samt huvudsakliga installationsdelar är redovisade i avsnitt 4.5.

Det periodiska underhållet redovisas i tabell 9 utgående från aktuella underhållsåtgärder.

### 5.7 Kylsystem

Systemutformning samt huvudsakliga installationsdelar redovisas i avsnitt 4.6.

Periodiska underhållsåtgärder samt intervall och kostnader för dessa redovisas i tabell 10.

UNDERHÅLLSATGÅRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDERHÅLLSKOSTNAD
- Byte värmeväxlare	4	st	33.000	20	2	264.000
- Byte cirkulationspumpar	4	st	6.600	15	3	79.000
- Byte ventiler	45	st	2.000	20	2	180.000
- Byte termostatventiler	1.400	st	200	10	5	1.400.000
- Byte reglerutrustning	3	st	20.000	10	5	300.000
SUMMA VARME						2.223.000

Tabell 8: Periodiskt underhåll, värmesystem

UNDERHÅLLSATGÅRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDERHÅLLSKOSTNAD
- Byte cirkulationspumpar	8	st	5.700	20	2	191.000
- Byte motorer i TA o FA	26	st	2.000	15	3	156.000
- Byte lager i TA o FA	26	st	800	20	2	42.000
- Rengöring kanalsystem			50.000	30	1	50.000
- Rep. återluftsaggregat	5	st	10.000	20	2	100.000
- Byte reglerutrustning	1	st	30.000	10	5	150.000
SUMMA LUFTBEHANDLING						589.000

Tabell 9: Periodiskt underhåll, luftbehandlingsystem

UNDERHÅLLSÅTGÄRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ATG.	TOTAL UNDERHÅLLSKOSTNAD
- Byte kompressorer i vattenkylanläggning	2	st	25.000	15	3	150.000
- Byte motorer i kondensor	3	st	2.000	10	5	30.000
- Renovering köldbärarpump	3	st	2.000	15	3	18.000
- Byte kompressoraggregat	1	st	3.000	15	3	9.000
- Byte kompressoraggregat	1	st	8.000	15	3	24.000
SUMMA KYLA						231.000

Tabell 10: Periodiskt underhåll, kylsystem

UNDERHÅLLSÅTGÄRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ATG.	TOTAL UNDERHÅLLSKOSTNAD
- Byte fördelningscentraler	10	st	10.000	30	1	100.000
- Byte gruppcentraler	32	st	10.000	30	1	320.000
- Byte lysrörsarmatur	2.400	st	400	20	2	1.920.000
- Byte glödljusarmatur	1.600	st	300	20	2	960.000
- Byte vägguttag	1.500	st	100	30	1	150.000
SUMMA EL						3.450.000

Tabell 11: Periodiskt underhåll, elsystem

### 5.8 Elsystem

Elsystemets utformning har redovisats i avsnitt 4.7.

Det periodiska underhållet omfattar byte av centraler, armaturer och vägguttag. Omfattningen på dessa åtgärder samt kostnaderna för dem redovisas i tabell 11.

### 5.9 Telesystem

Underhållet av telesystemen utförs i form av utbyte av olika delsystem. Tabell 12 redovisar aktuella byten, intervall och kostnader.

Den totala omfattningen av teleinstallationerna är redovisad i avsnitt 4.8.

### 5.10 Transportanläggningar

I byggnaden finns 7 st hissar enligt följande:

- |           |   |
|-----------|---|
| H 1 - 3   | 3 st linhissar i centraltrapphuset för personbefodran.                            |
| H 4 o H 6 | 2 st separata linhissar i de sekundära trapphusen för personbefodran.             |
| H 5       | 1 st linhiss i centraltrapphuset för material och personbefodran.                 |
| H 7       | 1 st hydraulisk hiss mellan underjordsvåningarna för material och personbefodran. |

Periodiskt underhåll av hissarna redovisas i tabell 13.

### 5.11 Kostnadssammanställning

Kostnaderna för det totala periodiska underhållet har sammanställts i tabell 14.

I tabellen anges också investeringskostnaden för de olika systemen samt den procentuella fördelningen av periodiskt underhåll systemvis.

Intressant att notera är att invändigt byggnadsunderhåll svarar för drygt hälften av allt underhåll samt att det periodiska underhållet totalt svarar för knappt 20 % av investeringskostnaden.

UNDERHÅLLSÅTGÄRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDERHÅLL- KOSTNAD	KOSTNAD PER ENHET
Byte system för							
- felsignal	1	st	20.000	20	2	40.000	
- brandlarm	1	st	150.000	20	2	300.000	
- gasvarnare	1	st	15.000	20	2	30.000	
- vattenindikation	1	st	10.000	20	2	20.000	
- porttelefon	1	st	20.000	20	2	40.000	
- låsningssystem	1	st	25.000	20	2	50.000	2.000/WC
- passagekontroll	1	st	30.000	15	3	45.000	
- inbrottslarm	1	st	6.000	15	3	18.000	
Nödbelysningsystem							
- byte batteri			1.500	3	19	28.000	
- byte batteriladdare			500	10	5	3.000	
SUMMA TELE						574.000	

Tabell 12: Periodiskt underhåll, telesystem

UNDERHÅLLSÅTGÄRD	MÄNGD	ENHET	A-PRIS	INTERVALL	ANTAL ÅTG.	TOTAL UNDERHÅLLSKOSTNAD
- Linbyte	6	st	3.000	12	4	72.000
- Byte hissmaskineri	7	st	80.000	30	1	560.000
- Reparation hisskorg	7	st	5.000	30	1	35.000
SUMMA TRANSPORT						667.000

Tabell 13: Periodiskt underhåll, transportanläggningar

SYSTEM	INVESTERING (kkkr)	UNDERHÅLLSKOST- NAD (kkkr)	PROCENT AV TO- TALA UNDERHÅLLS- KOSTNADEN	
Mark	218	418	2,1	
Hus, utvändigt	20.575	950	4,7	
Hus, invändigt	45.951	10.429	51,6	
VA	}	691	3,4	
Värme		2.223	11,0	
Ventilation		22.386	589	2,9
Kyla		231	1,1	
E1	}	3.450	17,1	
Tele		12.792	574	2,8
Transport		667	3,3	
SUMMA	101.922	20.222	100 %	

Tabell 14: Objektets totala kostnader för periodiskt underhåll under livslängden samt beräknade investeringskostnader.

## 6. ADMINISTRATION - TOTALT

### 6.1 Administration - avgränsning

Med administration avses arbetsuppgifter av planerande, samordnande, utvecklande karaktär. Hit räknas även rent administrativa funktioner typ personaladministration, fakturagranskning, statistikframställning.

Däremot räknas inte direkt arbetsledning hit.

### 6.2 Aktiviteter; tidsåtgång och kostnader

Administrationsinsatsen och därmed kostnaden beräknas och redovisas här uppdelad enligt följande:

#### A PLANERING; RÅDGIVNING, UPPFÖLJNING AV UNDERHÅLL

##### - Skötsel och felavhjälpande underhåll

Årlig kostnad: 26.800 m<sup>2</sup> BTA å 0,75 kr/m<sup>2</sup> BTA = 20.100:-/år

Ungefärlig kostnadsfördelning byggd på erfarenheter från referensobjekt:

Mark	5 %
Bygg, utvändigt	3 %
Bygg, invändigt	7 %
VA	5 %
EL	7 %
Tele	3 %
Värme	20 %
Luftbehandling	30 %
Kyla	10 %
Transport	10 %

##### - Planerat underhåll

Årlig kostnad: 26.800 m<sup>2</sup> BTA å 1,50 kr/m<sup>2</sup> BTA 40.200:-/år

#### B EXTERNA KONTAKTER

Tidåtgång: Sammanträden, träffar, telefonkontakter  
med leverantörer och entreprenörer 0,5 tim/dag

Årlig kostnad: 124 tim å 80 kr/tim 9.900:-/år



## C EKONOMI

Tidåtgång: Kontering, fakturagranskning och budgetuppföljning	2 tim/vecka
Årlig kostnad: 104 tim á 95 kr/tim	<u>9.900:-/år</u>

## D PERSONALADMINISTRATION

Tidåtgång: Tidredovisning, löner, utbildningsplan, m m	3,5 tim/vecka
Årlig kostnad: 182 tim á 86 kr/tim	<u>15.600:-/år</u>

6.3 Årliga kostnader

Den årliga administrationskostnaden uppgår i 1983 års kostnadsläge till 95.700 kr. Detta svarar mot:

- 3,57 kr/m<sup>2</sup> BTA, år
- 1,19 kr/m<sup>3</sup> BV, år

7. ADMINISTRATION AV UNDERHÅLL - SYSTEMFÖRDELAT

Administrationskostnaderna är i avsnitt 6 beräknade utgående från administrativa arbetsuppgifter.

Arbetsuppgifterna har en koppling till underhålls- verksamheten och bör följaktligen redovisas tillsammans med övriga underhållskostnader. Svårigheter föreligger dock att beräkna kostnaderna på systemnivå varför totalkostnaderna från avsnitt 6 i tabell 15 fördelats på systemen efter vissa kriterier.

Dessa är:

- Årliga kostnader för underhållet vid fördelning av kostnader för planering, rådgivning och uppföljning
- Externa kostnader för underhållet vid fördelning av kostnader för inköp, entreprenörs- och leverantörskontakter samt kostnader för kontering, fakturagranskning och budgetuppföljning.
- Nedlagd tid för egen personal vid fördelning av kostnader för personaladministration.

SYSTEM	Planering, uppföljning, rådgivning		Kontakter: - leverantörer, - entreprenörer	Ekonomi: - kontering - granskning - uppföljning	Personalsam- stratation - tidsredovisn. - löner	SUMMA
	Förebyggande, förelshjälpande	Periodiskt				
Mark	1.000	800	1.000	1.000	-	3.800
Hus, utvändigt	600	2.000	1.200	1.200	300	5.300
Hus, invändigt	1.400	20.700	1.400	1.400	800	25.700
VA	1.000	1.400	500	500	1.600	5.000
Värme	4.000	4.400	1.000	1.000	1.300	11.700
Ventilation	6.000	1.200	1.200	1.200	5.400	15.000
Kyla	2.000	500	400	400	1.600	4.900
El	1.400	6.900	1.500	1.500	3.800	15.100
Tele	700	1.100	400	400	800	3.400
Transport	2.000	1.200	1.300	1.300	-	5.800
SUMMA	20.100	40.200	9.900	9.900	15.600	95.700

Tabell 15: Årliga kostnader för underhållsadministration

ENERGIKOSTNADER FÖR EN KONTORSBYGGNAD I GÖTEBORG

- Förutsättningar:
- Livscykel 60 år
  - Kostnaderna ej omvandlade till nuvärden
  - Till följd av åldring ökar kostnaderna i fast penningvärde årligen med 0,4 %
  - Kostnadsläge 1983
  - Fjärrvärme för uppvärmning  
Kostnad 0,30 kr/kWh
  - Elenergi för belysning, motordrift  
Kostnad 0,31 kr/kWh

Sammanfattning:

(kostnader i kkr)

ENERGI-SLAG	ENERGIKOSTNADER; 5-ÅRSINTERVALL											
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
Fjärrvärme	1049	1070	1092	1114	1136	1159	1183	1206	1231	1256	1281	1307
E1	2224	2269	2315	2362	2409	2458	2507	2558	2609	2662	2717	2771
SUMMA	3273	3339	3407	3476	3545	3617	3690	3764	3840	3918	3998	4078

Livscykelkostnad: 43.945 kkr

## 1. REFERENSOBJEKT

I det följande redovisas huvuddata för byggnaden vad gäller dess energiförbrukning. För en närmare redovisning av referensbyggnaden hänvisas till bilaga 16 (underhållskostnader).

UTNYTTJANDETIDER	10 tim/arbetsdag
TEMPERATURGRADTAL	3.320 grd/normalår (Göteborg)
VOLYM/AREA	Byggnadsvolym uppvärmd till mer än + 10 °C: 68.550 m <sup>3</sup> BV. Uppvärmd bruttoarea: 22.400 m <sup>2</sup> BTA
RUMSTEMPERATUR	+ 20 °C
BYGGNADSSYSTEM	Isoleringsstandard enligt Svensk Byggnorm -80. 3-glasfönster.
VÄRMESYSTEM	Vattenburen värme, 80/60-system. Osektionerat värmesystem.
VENTILATIONSSYSTEM	Balanserat ventilationssystem med återluft. Uteluftsflöde enligt SBN 80:s minikrav. Drifttiden för ventilationssystemet sammanfaller med arbetstiden. Ingen värmeåtervinning.
REGLERSYSTEM	Klimatkompensering med utegivare. Ingen nattsänkning.
ENERGISLAG FÖR UPPVÄRMNING	Fjärrvärme
BELYSNINGSSYSTEM	Lysrör i verksamhetslokaler och kommunikationsutrymmen. Glödljus i biutrymmen.

## 2. ENERGIBEHOV FÖR UPPVÄRMNING

### 2.1 Transmissionsförluster

Fastigheten är orienterad med huvudaxeln i öst-västlig riktning. Dess omslutande area är drygt 17.000 m<sup>2</sup> totalt. Fasadarean ovan mark och fördelad på olika orienteringar är:

Orientering	Fasadarea, netto (m <sup>2</sup> )	Fönsteryta och glasade ytterpartier (m <sup>2</sup> )
Söder	1.414	922
Norr	1.209	326
Väster	926	427
Öster	957	515

De olika byggnadsdelarnas principiella utformning inifrån huset räknat är:

FASAD - NORD	Betong, mineralullsskivor mellan reglar i två skikt, gipsskiva, vertikala reglar, fasadplåt
FASAD - OST, VÄST, SYD	Utformningen ovan fönsterbandet är lika nordfasaden. Bröstningen har följande utformning: Lättbetong, mineralullsskivor mellan reglar, gipsskiva, vertikala reglar, fasadplåt. ALTERNATIVT Gipsskiva, utfackningsvägg med mineralullisolering i två skikt, gipsskiva, vertikala reglar, fasadplåt. Fasadens k-värde: $0,3 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
YTTERVÄGG UNDER MARK	Betong, lättbetongelement. Ytterväggens k-värde: $0,3 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
SOCKEL	Plastskiva, cellplastisolering, gipskiva. Sockelns k-värde: $0,6 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
BJÄLKLAG MOT GARAGEPLAN	Betong, träullisolering Bjälklagets k-värde: $0,47 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ (k-värdet har valts m h t temperaturen i garageplanet)
GÅRDSBJÄLKLAG	Betong, cellplastisolering, papp, grus, jordfyllning Bjälklagets k-värde: $0,20 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
ARKADBJÄLKLAG	Betong, foam-glasisolering, grus, betongplattor. Bjälklagets k-värde: $0,20 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
BJÄLKLAG MOT YTTERTAK	Betong, mineralullsskivor, papptäckning, singel. Bjälklagets k-värde: $0,20 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
FÖNSTER	3-glas isolerrutor, öppningsbara Fönsters k-värde: $2,0 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$
GLASPARTI	Invändig gardin, 3-glas isolerrutor Partiers k-värde: $1,8 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

Fastighetens transmissionsförluster har beräknats i tabell 1. Som framgår av denna är den totala transmissionsförlusten  $9,107 \text{ kW}/^\circ\text{C}$  vilket motsvarar ett genomsnittligt k-värde för hela den omslutande ytan på  $0,53 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ .

VÄRMEAVGIVANDE YTA	AREA (m <sup>2</sup> )	k-VÄRDE (W/m <sup>2</sup> °C)	TRANSMISSIONS- FÖRLUST (kW/°C)
<b>SÖDERFASAD</b>			
- Fasad netto	1.104	0,30	0,331
- Undertak arkad	275	0,30	0,082
- Sockel	30	0,60	0,018
- Arkadbjälklag	275	0,20	0,055
- Yttervägg under mark	310	0,30	0,093
- Fönster	639	2,0	1,278
- Glasparti + gardin	278	1,8	0,500
- Entré	10	2,0	0,020
<b>NORDFASAD</b>			
- Fasad netto	1.209	0,30	0,363
- Yttervägg under mark	554	0,28	0,155
- Fönster	326	2,00	0,652
<b>FASAD OCH GARDSFASADER MOT VÄSTER</b>			
- Fasad netto	739	0,30	0,222
- Undertak arkad	94	0,30	0,028
- Fasad arkad och sockel	85	0,60	0,051
- Arkadbjälklag	94	0,20	0,019
- Yttervägg under mark	95	0,30	0,028
- Fönster, entré	397	2,00	0,794
- Glasparti + gardin	30	1,80	0,054
- Portar	8	1,80	0,014
<b>FASAD OCH GARDSFASADER MOT ÖSTER</b>			
- Fasad netto	839	0,30	0,252
- Undertak arkad	92	0,30	0,028
- Sockel	10	0,60	0,006
- Arkadbjälklag	92	0,20	0,018
- Yttervägg under mark	110	0,30	0,033
- Fönster, entré	421	2,00	0,842
- Glasparti + gardin	94	1,80	0,169
- Portar	16	1,80	0,029
<b>YTTERTAK</b>			
- Plan 7	465	0,20	0,093
- Plan 8	2.379	0,20	0,476
<b>GARDSBJÄLKLAG</b>			
	1.588	0,20	0,318
<b>BJÄLKLAG MOT GARAGEPLAN</b>			
	4.439	0,47	2,086
<b>SUMMA</b>	<b>17.097</b>		<b>9,107</b>

Tabell 1: Transmissionsförluster

Transmissionsförlusten är sammansatt på följande sätt:

Byggnadsdel	Transmissionsförlust (kW/°C)
Ytterväggar	1,552
Takbjälklag	0,979
Golvbjälklag	2,224
Öppningar	4,352

Energibehovet till följd av transmissionsförlusterna kan uttryckas som T kWh/dag:

$$T = 9,107 \times 24 \times (20 - T_{UM}) = 218,6 (20 - T_{UM}) \text{ där}$$

$$T_{UM} = \text{uteluftens medeltemperatur i } ^\circ\text{C.}$$

## 2.2 Förluster genom mekanisk ventilation

Den gemensamma luftbehandlingsanläggningen behandlar hela fastigheten med undantag av garageplan och vissa arkiv-/förrådsutrymmen. För de senare gäller mer i detalj att garageplanet uppvärms med överluft från bandarkiv, data- och fögderiförråd samt transformatorstation.

Aktuella frånluftsflöden från olika lokaler beräknas och redovisas i tabell 2.

LOKAL	LUFTVOLYM (m <sup>3</sup> )	LUFTOMSÄTT- NINGAR/TIM	FRÄNLUFTS- FLÖDE (m <sup>3</sup> )	ANMÄRKNING
o Kommunikationsutrymmen	11.866	4,0	47.465	Ej återluft
o Hygienrum	1.798	-	9.900	
o Kapprum, omklädningsutrymmen	927	4,0 - 5,5	4.200	
o Kontors-, expeditionslokaler	16.543	4,0	66.170	Ej återluft
o Sammanträdeslokaler	9.074	4,0 - 10,0	49.900	
o Arkiv, förråd	10.718	1,2	12.900	Ej återluft
o    "-	6.685	1,2	8.000	
o Köks- och serveringsutrymmen	1.503	6,5 - 25	11.270	Ej återluft
SUMMA	59.114		209.805	

Tabell 2: Frånluftsflöden från olika lokaler



Enligt tabellen är det totala genomsnittliga frånluftsflödet per timma 210.000 m<sup>3</sup>, vilket svarar mot 3,5 oms/tim. Av denna luftmängd bortgår direkt som frånluft evakuerad luftmängd från kök/servering och hygienutrymmen. Vidare överförs luft från vissa arkiv, förråd och tekniska utrymmen till garageplanet. Totalt evakueras som frånluft enligt ovanstående 34.000 m<sup>3</sup>/tim. Återstående luftmängd om 176.000 m<sup>3</sup>/tim kan i princip återföras.

Enligt SBN -80 måste fastigheten tillföras en uteluftsflöde om minst 0,35 l/s, m<sup>2</sup> golvarea. Totalt innebär detta krav en tillförd luftmängd per timma om A m<sup>3</sup>.

$$A = \frac{19.804 \times 0,35 \times 3.600}{1.000}$$

$$\Rightarrow A = 24.953 \text{ m}^3 \approx 25.000 \text{ m}^3$$

SBN:s minikrav underskrider den direktvakuerade frånluftsmängden varför all frånluft från kontorsdelen kan återföras. Uteluftsflödet blir i genomsnitt 34.000 m<sup>3</sup>/tim.

Energiförlusterna till följd av den styrda ventilationen blir följaktligen lika med energibehovet för uppvärmning av uteluftsflödet till rumstemperaturen + 20 °C.

Vi antar att tilluften temperaturhöjs med 1 °C till följd av fläktarbete. Följande jämnviktsbetraktelse syftar till att beräkna till vilken temperatur uteluftsflödet måste uppvärmas ( $T_{UTE}$ ) för att tilluften efter blandning med återluften skall ha en temperatur på 19 °C.

$$210 \times 0,33 \times 19 = 0,33 (176 \times 20 + 34 \times T_{UTE})$$

$$\Rightarrow T_{UTE} = 13,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Om ventilationssystemets drifttid är 10 tim/dag under uppvärmningssäsongen blir energibehovet för uppvärmning av uteluftsflödet B kWh/arbetsdag:

$$B = 0,33 \times 34 \times 10 \times (13,8 - T_{UM}) = 112,2 (13,8 - T_{UM})$$

$$\text{där } T_{UM} = \text{uteluftens medeltemperatur i } ^\circ\text{C}.$$

### 2.3 Förluster genom ofrivillig ventilation

Utgående från planform, hushöjd och byggnadstekniska utformningar samt krav på lufttäthet enligt SBN 80 bedöms den ofrivilliga ventilationen motsvara en luftomsättning på 0,3 omsättningar/timma.

Tabell 2 anger den uppvärmda luftvolymen till 59.000 m<sup>3</sup>. Energibehovet för att kompensera den ofrivilliga ventilationen kan uttryckas som C kWh/dag:

$$C = 0,33 \times 0,3 \times 59 \times 24 \times (20 - T_{UM}) = 140,2 (20 - T_{UM})$$



## 2.4 Månadsvis sammanställning av värmeförluster

Tabell 3 redovisar månadsvis under normalår energiförlusterna genom:

- Transmission
- Styr ventilation
- Ofrivillig ventilation

## 2.5 Tillförd personvärme

I kontorshuset arbetar 650 personer. Dessutom finns ett varierande antal besökare. Vi antar att det i genomsnitt finns 250 besökare. Varaktigheten på personbelastningen antas vara 9 tim/arbetsdag utom i semestermånaden juli.

Med en avgiven effekt per person på 100 W fås den tillförda energin till D kWh/arbetsdag:

$$D = \frac{900 \times 100}{1.000} \times 9 = 810$$

Tabell 4 redovisar den avgivna personvärmens månadsvis.

## 2.6 Tillförd värme från belysningsanläggning

Belysningsstyrkan varierar med typ av lokal. Genomsnittligt är den 500-600 lux i arbetslokaler och 200-300 lux i övriga lokaler. Detta svarar - vid lysrörsarmaturer - mot en installerad effekt för belysning på 10-30 W/m<sup>2</sup>.

Utgående från önskade belysningsstyrkor i olika lokaler och aktuella areor har i tabell 5 den installerade belysningseffekten beräknats lokalgruppsvis. Därvid har enbart den belysning tagits med som har en frekvent användning samt som är placerad i lokaler med uppvärmningsbehov.

Belysningsanläggningen styrs med separata strömbrytare i verksamhetslokaler och med central tändning i kommunikationsutrymmen. Utgående från detta har antaganden gjorts om hur stor andel av belysningen som är tänd under arbetsdagen samt hur detta varierar mellan olika månader. Andelen som är tänd benämns sammanlagringsfaktor och uttrycks i procent. Sammanlagringsfaktorerna redovisas i tabell 6 där också avgiven energimängd från belysningsanläggningen är beräknad. Den dagliga drifttiden relateras till 9 tim per dag, dvs en något försiktig värdering jämfört med utnyttjandetiden.

MANAD	GENOMSnittlig UTE- TEMPERATUR (° C, Göteborg)	VÄRMEFÖRLUSTER		
		TRANSMISSION (MWh)	STYRD VENTI- LATION (MWh)	OFRIVILLIG VENTILATION (MWh)
Januari	-0,9	141,631	29,688	90,838
Februari	-1,2	129,761	33,660	83,225
Mars	1,3	126,722	32,258	81,276
April	6,0	91,812	16,628	58,886
Maj	11,5	57,601	4,903	36,944
Juni	15,2	31,478	-	20,189
Juli	17,5	16,941	-	10,865
Augusti	16,8	21,685	-	13,908
September	13,1	45,250	1,728	29,022
Oktober	8,6	77,253	12,252	49,548
November	4,5	101,649	21,913	65,195
December	1,8	123,334	26,928	79,103
ÅRET	7,9	965,117	179,958	618,999

Tabell 3: Månadsvis sammanställning av värmeförluster

MANAD	ENERGIMÅNGD (MWh)
Januari	14,580
Februari	16,200
Mars	18,630
April	15,390
Maj	15,390
Juni	17,010
Juli	-
Augusti	18,630
September	17,820
Oktober	17,010
November	17,010
December	16,200
ÅRET	183,870

Tabell 4: Månadsvis sammanställning av avgiven personvärme

LOKAL	AREA (m <sup>2</sup> )	BELYSNINGS- EFFEKT (W/m <sup>2</sup> )	INSTALLERAD EFFEKT (kW)
o Entréer, trapphus	1.552	15	23,280
o Korridorer	2.004	10	20,040
o Toaletter, hygien- och motionsrum	594	20	11,880
o Omklädnings- och kapprum	297	10	2,970
o Kontorsrum och expeditioner	6.166	30	184,980
o Konferensrum	3.265	25	81,625
o Arkiv och förråd	3.706	10	37,060
o Kök och servering	392	20	7,840
SUMMA	17.976		369,675

Tabell 5: Installerad effekt för belysning

MÅNAD	SAMMANLAGRINGS- FAKTOR (%)	ARBETSDAGAR (st)	AVGIVEN ENERGI (MWh)
Januari	0,9	18	53,899
Februari	0,9	20	59,887
Mars	0,8	23	61,218
April	0,8	19	50,572
Maj	0,7	19	44,250
Juni	0,6	21	41,921
Juli	0,5	21	34,934
Augusti	0,6	23	45,914
September	0,8	22	58,556
Oktober	0,9	21	62,882
November	0,9	21	62,882
December	0,9	20	59,887
ARET	0,77	248	636,802

Tabell 6: Avgiven energi från belysningsanläggningar

## 2.7 Tillgänglig solvärme

Eftersom värmesystemet är termostatreglerat kan vi räkna med solvärmens som värmetillskott.

Den beräkningsmetod som används i det följande redovisas i rapporten Adamson (1982) varifrån också data om  $\alpha$ -värden och solinstrålning kommer. Se i detta sammanhang också bilaga 6.

Solinstrålningen har beräknats utgående från förutsättningar avseende Stockholm, latitud  $59^{\circ} 20'$  N. Göteborgs latitud är  $58^{\circ} 0'$  N.

### FÖRUTSÄTTNINGAR

Enbart solvärmeinstrålning genom glasytor beaktas.

En uppdelning av kontorshusets glasytor (exkl. karmar och bångar) med avseende på orientering, skuggning och avskärmning ger följande sammanställning:

TYP AV GLAS	GLASAREOR (m <sup>2</sup> )				ANMARKNING
	SYD	OST	NORR	VÄST	
Fönster 10x12 M	300	228	215	245	Sydfasadens fönster avskärmade juni-augusti
Fönster 6x18 M	162	62		62	
Fönster 10x19 M			30		
Fönster 10x10 M				2	
SUMMA	462	290	245	309	Indraget i fasad, gardinavskärmning juni - augusti
GLASADE YTTER- PARTIER BV	250	85	-	25	

### TRANSMISSIONS- OCH SKUGGNINGSFAKTORER

Vid beräkningen av solvärmetillskottet delas dagsljusinstrålningen upp i en riktad respektive en diffus del.

Den riktade resp. diffusa strålningen tabelleras som instrålning mot horisontell yta. Den måste därför omräknas med avseende på fönstrens aktuella orientering, transmissionsegenskaper, lutning och skuggavskärmning.

Omräkningen görs med datorberäknade transmissions- och skuggningsfaktorer,  $\alpha$ .

Aktuella faktorer för kontorshuset redovisas i tabell 7.

Indexeringen av faktorerna i tabell 7 är gjord med avseende på vilken glasyta som avses enligt följande:

<u>Söder:</u>	Fönster	= $A_1$	= 462 m <sup>2</sup>
	Glasparti	= $A_2$	= 250 m <sup>2</sup>
<u>Öster:</u>	Fönster	= $A_3$	= 290 m <sup>2</sup>
	Glasparti	= $A_4$	= 85 m <sup>2</sup>
<u>Norr:</u>	Fönster	= $A_5$	= 245 m <sup>2</sup>
<u>Väster:</u>	Fönster	= $A_6$	= 309 m <sup>2</sup>
	Glasparti	= $A_7$	= 25 m <sup>2</sup>

De summerade transmissions- och skuggningsfaktorerna beräknas enligt:

$$\text{Diffus strålning: } \alpha_{d \text{ tot}} = \sum_j \alpha_{dj} \times A_j$$

$$\text{Riktad strålning: } \alpha_{r \text{ tot, m}} = \sum_j \alpha_{rj} \times A_j$$

#### SOLINSTRÅLNING UNDER VISSA DYGN

För varje månad har solvärmestillskottet beräknats för tre punkter, se tabell 8. De tre punkterna utgör brytpunkter i dagsljusinstrålningens varaktighetsdiagram för aktuell månad. Punkterna utgörs av:

0. Det dygn som har den högsta riktade solinstrålningen. Under detta dygn uppnår den riktade solinstrålningen och den diffusa himmelsstrålningen värdet  $P_{S0}$  kWh/dygn.
1. Det dygn då den riktade solinstrålningen gått ned till noll. Under detta dygn uppnår den diffusa himmelsstrålningen värdet  $P_{S1}$  kWh/dygn. (En liten komponent av riktad solinstrålning kan kvarstå, varför formeln nedan skrivs ut fullständigt).
2. Det dygn då den diffusa himmelsstrålningen gått ner till noll,  $P_{S2}$

Solvärmestillskottet beräknas med följande formler (kWh/dygn):

$$P_{S0} = \varphi (\alpha_{d \text{ tot}} \times I_{dH0} + \alpha_{r \text{ tot, m}} \times I_{rH0})$$

$$P_{S1} = \varphi (\alpha_{d \text{ tot}} \times I_{dH1} + \alpha_{r \text{ tot, m}} \times I_{rH1})$$

$$P_{S2} = \varphi \times \alpha_{d \text{ tot}} \times I_{dH2}$$

- där  $I_{dH}$  är den diffusa solinstrålningen mot en horisontell yta vid en specifik brytpunkt i varaktighetsdiagrammet.  
 $I_{rH}$  är den riktade solinstrålningen mot en horisontell yta vid en specifik brytpunkt i varaktighetsdiagrammet.

Indices 0, 1 resp 2 avser brytpunkterna enligt ovan.

I denna beräkning antas att man generellt under sommarmånaderna - juni till augusti - använder gardiner och/eller persienner varför  $\varphi$  sätts till 0,75 för dessa månader.

$\alpha$ -faktorer för diffus strålning

$\alpha_{d1}$	$\alpha_{d3}$	$\alpha_{d5}$	$\alpha_{d6}$	
0,396	0,396	0,396	0,396	
$\alpha_{d2}$	$\alpha_{d4}$	—	$\alpha_{d7}$	$\alpha_{dtot}$
0,194	0,194		0,194	587,02

 $\alpha$ -faktorer för riktad strålning

Månad	$\alpha_{r1}$	$\alpha_{r2}$	$\alpha_{r3}$	$\alpha_{r4}$	$\alpha_{r5}$	$\alpha_{r6}$	$\alpha_{r7}$	$\alpha_{r tot}$
Jan	5,346	4,493	0,721	0,537	0,079	0,721	0,537	4.103,41
Feb	2,617	1,771	0,651	0,422	0,079	0,651	0,422	2.107,53
Mars	1,374	0,563	0,598	0,347	0,079	0,598	0,347	1.191,26
April	0,716	0,079	0,536	0,282	0,086	0,536	0,282	723,70
Maj	0,445	0,079	0,483	0,235	0,133	0,483	0,235	573,09
Juni	0,347	0,079	0,461	0,215	0,179	0,461	0,215	523,70
Juli	0,379	0,079	0,469	0,222	0,161	0,469	0,222	539,64
Aug	0,560	0,079	0,503	0,252	0,103	0,503	0,252	632,72
Sep	0,999	0,230	0,554	0,303	0,079	0,554	0,303	903,57
Okt	1,934	1,098	0,626	0,384	0,079	0,626	0,384	1.604,58
Nov	3,978	3,126	0,703	0,496	0,079	0,703	0,496	3.114,34
Dec	6,771	5,917	0,711	0,546	0,079	0,711	0,546	5.112,76

Tabell 7: Transmissions- och skuggningsfaktorer för kontors-  
huset.

Månad	$P_{S0}$	$P_{S1}$	$P_{S2}$
Jan	1.825	75	0
Feb	2.090	179	25
Mars	3.434	561	54
April	4.293	781	334
Maj	4.768	1.593	0
Juni	3.594	1.238	0
Juli	3.468	1.187	1.102
Aug	3.262	773	696
Sept	3.576	620	310
Okt	3.140	308	189
Nov	2.538	140	5
Dec	1.442	44	7

Tabell 8: Dagsljusinstrålning vid de tre brytpunkterna 0,1 resp. 2. (kWh/dygn)



## TILLFÖRD SOLVÄRME

Utgående från de i tidigare delavsnitt beräknade dygnstillskotten av solvärme kan tillförd solvärme ( $W_{SOL}$ ) beräknas månadsvis med följande formel:

$$W_{SOL} = \frac{1}{2} (P_{SO} + P_{S1}) d_1 + \frac{1}{2} (P_{S1} + P_{S2}) (d_2 - d_1)$$

där  $d_1$  är det antal dygn som svarar mot brytpunkten  $P_{S1}$ .

$d_2$  är det antal dygn som svarar mot brytpunkten  $P_{S2}$ .

Solvärmetillskottet under årets olika månader till kontorshuset beräknas och redovisas i tabell 9.

### 2.8 Resterande uppvärmningsbehov

Den energimängd som måste tillföras objektet via uppvärmningssystemet utgörs av differensen mellan värmeförlusterna (enligt tabell 3) och den tillförda värmemängden från personer som vistas i byggnaden (tabell 4), avgiven värme från belysningsanläggningen (tabell 5) och solinstrålningen genom fönster (tabell 9).

Hänsyn måste dock vid beräkningen tas till det genomsnittliga energibehovet/dygn - före beaktande av solinstrålningen, betecknas  $P_{REST}$  - och solinstrålningens dygnsvariation under månaden.

Tabell 10 redovisar  $P_{REST}$  månadsvis uttryckt som kWh/dygn.

I de fall det genomsnittliga energibehovet per dygn är större än energitillskottet den soligaste dagen gäller att all solvärme kan tas till vara. Så är fallet under månaderna jan-mars och nov-dec.

Under månaderna april och oktober ligger det genomsnittliga energibehovet/dygn,  $P_{REST}$ , mellan  $P_{SO}$  och  $P_{S1}$ . Detta innebär att viss solenergi inte kan tas tillvara. Beräkningens mäsigt minskar utnyttjad solvärme med en faktor  $F$ .

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{(P_{SO} - P_{REST})^2}{P_{SO} - P_{S1}} \times d_1$$

där  $P_{REST}$  = det genomsnittliga energibehovet per dygn före hänsynstagande till solvärmetillskottet.

$$\text{För april blir } P_{REST} = \frac{167.326 - 65.662}{30} = 3.389 \text{ kWh/dygn}$$

och  $F = 3.025$  kWh.

Under maj blir den upptagna solenergin exakt lika med  $P_{REST}$  gånger antal dagar i månaden.

Under månaderna juni-september räcker tillskottsenergin från belysning och personer till för att täcka uppvärmningsbehovet.

Resterande uppvärmningsbehov för fastigheten beräknas och redovisas i tabell 11. Enligt denna uppgår behovet av energi från uppvärmningssystemet till 692 MWh under normalår.



Månad	$P_{S0}$	$P_{S1}$	$P_{S2}$	$d_1$	$d_2$	$W_{SOL}$
Jan	1.825	75	0	22	26	21.050
Feb	2.090	179	25	23	28	26.603
Mars	3.434	561	54	23	31	48.402
April	4.293	781	334	26	30	68.192
Maj	4.768	1.593	0	31	31	98.596
Juni	3.594	1.238	0	30	30	72.480
Juli	3.468	1.187	1.102	30	31	70.970
Aug	3.262	773	696	30	31	61.260
Sept	3.576	620	310	26	30	56.408
Okt	3.140	308	189	28	31	49.017
Nov	2.538	140	5	24	30	32.571
Dec	1.442	44	7	27	31	20.163
SUMMA SOLVÄRMETILLSKOTT						625.712

Tabell 9: Månadsvis beräkning av solvärmetskottet till kontorsbyggnaden,  $W_{SOL}$  kWh

Månad	$P_{REST}$
Januari	6.248
Februari	6.091
Mars	5.174
April	3.389
Maj	1.284
Juni	-
Juli	-
Augusti	-
September	-
Oktober	1.908
November	3.629
December	4.944

Tabell 10: Resterande uppvärmningsbehov  $P_{REST}$  kWh/dygn, före beaktande av solinstrålningen

Månad	Värmeför- luster (MWh)	Tillgänglig till- skottsenergi (MWh)		Utnyttjad till- skottsenergi (MWh)		Resterande upp- värmningsbehov (MWh)
		Person-, belysnings- värme	Solvärme	Person-, belysnings- värme	Solvärme	
Jan	262,157	68,479	21,050	68,479	21,050	172,628
Feb	246,646	76,087	26,603	76,087	26,603	143,956
Mars	240,256	79,848	48,402	79,848	48,402	112,006
April	167,326	65,662	68,192	65,662	65,167	36,497
Maj	99,448	59,640	98,596	59,640	39,808	0
Juni	51,667	58,931	72,480	51,667	0	0
Juli	27,806	34,934	70,970	27,806	0	0
Aug	35,593	64,544	61,260	35,593	0	0
Sept	76,000	76,376	56,408	76,000	0	0
Okt	139,053	79,892	49,017	79,892	41,519	17,642
Nov	188,757	79,892	32,571	79,892	32,571	76,294
Dec	229,365	76,087	20,163	76,087	20,163	133,115
	1.764,074	820,362	625,712	776,653	295,283	692,138

Tabell 11: Resterande uppvärmningsbehov

## 2.9 Energibalans

Som sammanfattning av detta avsnitt om energibehov för uppvärmning redovisas i tabell 12 en sammanställning - i form av en energibalans - av beräkningsresultat från olika delavsnitt.

Uppvärmningsbehovet 693 MWh/normalår motsvarar:

- 31 kWh/m<sup>2</sup> BTA (uppvärmd area)
- 10 kWh/m<sup>3</sup> BV (uppvärmd byggnadsvolym)

## 3. EFFEKTBEHOV FÖR UPPVÄRMNING

Dimensionerande utetemperatur för tung byggnad är i Göteborg - 15 °C. Utgående från innetemperaturen + 20 °C och beräknade värden från avsnitt 2 kan det dimensionerande effektbehovet beräknas till:

- Effektbehov för transmission:	9,107 x 35 =	319 kW
- Effektbehov för mekanisk ventilation:	11,220 x 28,8 =	323 kW
- Effektbehov för ofrivillig ventilation:	5,841 x 35 =	204 kW
- Totalt effektbehov		846 kW

Hela det ovanstående effektbehovet behöver dock inte tillgodoses med energi från uppvärmningsanläggningen. Ungefär 90 % av energin från belysningsanläggningen tillförs byggnaden i form av värme. Mot denna bakgrund minskas effektbehovet för uppvärmningsanläggningen med 90 % av belysningsanläggningens installerade effekt.

Det totala effektbehovet för uppvärmningsanläggningen blir:

$$846 - 0,9 \times 370 = 513 \text{ kW}$$

## 4. ÅRLIGA UPPVÄRMNINGSKOSTNADER

Referensobjektet uppvärms med fjärrvärme. Kostnaderna för uppvärmningen beräknas därför utgående från aktuell fjärrvärmes taxa. Denna byggs upp av tre delar:

- Abonnemangsvgiften som är helt fast och som kostnadsregleras efter konsumentprisindex (f n 134)
- Effektagiften som beror av maximalt uttagen effekt och som kostnadsregleras efter konsumentprisindex
- Energiavgiften som beror av energiförbrukningen och som kostnadsberäknas efter referensoljepriset (f n 1.590:-/m<sup>3</sup>)

Årlig uppvärmningskostnad för normalåret och i 1983 års kostnadsläge blir:

ABONNEMANGSAVGIFT	$\frac{134}{133} \times 13.000$	=	13.098:-
EFFEKTAGIFT	$\frac{134}{133} \times 120 \times 513$	=	62.023:-
ENERGIavgIFT	$0,12 \times 1.590 \times 693$	=	132.224:-
ÅRSKOSTNAD			207.345:-

Månad	Genomsnittlig utetemperatur (°C)	Värmeförluster Transmission	Styrd ventilation	Ofrivillig ventilation	Utnyttjad Personvärme	tillskottsenergi Belysningsvärm	Resterade uppvärmningsbehov (MWh)
Januari	-0,9	141,631	29,688	90,838	14,580	53,899	172,628
Februari	-1,2	129,761	33,660	83,225	16,200	59,887	143,956
Mars	1,3	126,722	32,258	81,276	18,630	61,218	112,006
April	6,0	91,812	16,628	58,886	15,390	50,272	36,497
Maj	11,5	57,601	4,903	36,944	15,390	44,250	0
Juni	15,2	31,478	0	20,189	17,010	34,657	0
Juli	17,5	16,941	0	10,865	0	27,806	0
Augusti	16,8	21,685	0	13,908	18,630	16,963	0
September	13,1	45,250	1,728	29,022	17,820	58,180	0
Oktober	8,6	77,253	12,252	49,548	17,010	62,882	17,642
November	4,5	101,649	21,913	65,195	17,010	62,882	76,294
December	1,8	123,334	26,928	79,103	16,200	59,887	133,115
ARET	7,9	965,117	179,958	618,999	183,870	592,783	692,138

Tabell 12: Energifabalans för kontorshuset

Ovanstående beräkningar baseras på en energiförbrukning av 693 MWh och ett effektbehov av 513 kW.

Årskostnaden 207.000 kr/år motsvarar

- 9,25 kr/m<sup>2</sup> BTA
- 3,00 kr/m<sup>3</sup> BV
- 0,30 kr/kWh

## 5. ENERGIBEHOV FÖR BELYSNING, MOTORDRIFT OCH TRANSPORTANLÄGGNINGAR

### 5.1 Installerad effekt

#### BELYSNING

Installerad effekt för den del av belysningsanläggningen som används frekvent och som finns i lokaler med uppvärmningsbehov har i avsnitt 2.6 beräknats till 370 kW.

Resterande delar av belysningsanläggningen utgörs av:

- Utvändig belysning
- Belysning i garage
- Belysning i tekniska utrymmen

Belysningskvalité och installerad effekt för dessa anläggningsdelar redovisas i tabell 13.

#### TRANSPORTANLÄGGNING

Installerad effekt för personhissarna är 10 kW/st eller totalt 50 kW. Den kombinerade linhissen för person- och materialtransporter bedöms ha en installerad effekt på 22 kW. Hydraulhissens installerade effekt uppgår till 33 kW.

Sammantaget innebär detta en installerad effekt för transportanläggningen på 105 kW.

#### MOTORDRIFT, VVS-UTRUSTNING

Inom VVS-systemet finns ett flertal elmotorer. I tabell 14 har dessa förtecknats tillsammans med resp. effektbehov.

Den sammanlagda installerade effekten uppgår till 330 kW. Effekten fördelar sig på de olika systemen enligt följande:

- |                  |        |
|------------------|--------|
| - VS             | 15 kW  |
| - Luftbehandling | 188 kW |
| - Kyla           | 127 kW |

#### ÖVRIG ELEKTRISK UTRUSTNING

I tvättavdelningen finns fyra tvättmaskiner och sex torkskåp med en sammanlagd installerad effekt om 50 kW. Köksutrustningen i personalavdelningen har en installerad effekt på 96 kW.

Övriga elektriska apparater (bl a bastuaggregat) har en effekt på 46 kW.

Totalt installerad effekt blir följaktligen 192 kW.

LOKAL	AREA (m <sup>2</sup> )	BELYSNINGS- EFFEKT (W/m <sup>2</sup> )	INSTALLERAD EFFEKT (kW)
o Utvändig belysning	2.048	5,0	10
o Garage	3.617	10,0	36
o Tekniska utrymmen	1.810	5,0	9
o Verksamhetslokaler	17.976	20,6	370
SUMMA	25.451	16,7	425

Tabell 13: Installerad effekt för belysningsanläggningen

OBJEKT	OMFATTAR	INSTALLERAD EFFEKT (kW)
FA:140	Frånluftsaggregat, parkering (rökfläkt)	15,0
FA: 80	"- , transformatorrum	1,5
P :1 A	Spillvattenpump	2,0
P :1 B	"-	2,0
P :2 A	Regnvattenpump	1,0
P :2 B	"-	1,0
TA:020	Tillluftsaggregat, stativrum	2,2
FA:120	Frånluftsaggregat, matsal o motion	2,5
FA:130	"- , parkering (rökfläkt)	15,0
P 32	Pump, luftbehandlingsanläggning - reglervärme	1,0
P 33 A	Sommarpump	1,0
P 33 B	Vinterpump	1,5
Exp kär1		0,75
K 1	Vattenkylaggregat	100
K A } U1	Luftkyld kondensor	6 (3 x 2)
K A }	"-	6 (3 x 2)
P 50 }	Pump, luftbehandlingsanl. - köldbärare	3 (2 x 1,5)
FA:180	Frånluftsaggregat, kylrum	0,5
Exp kär1		0,75
ÅA 1-3	Återluftsaggregat; vindfång, lastintag, parker.	1,5 (3 x 0,5)
P31 (ÅA-3)	Pump för ÅA 3	0,2
TA;040	Tillluftsaggregat, datahall	5,5
TA:050	"- , stansrum	4,0
P10:40	VVC	0,2
P10:50	VVC	0,2
ÅA 2	Återluftsaggregat; parkeringsinfart	1,0 (2 x 0,5)
P10:10 G	VVC	0,2
TA:010	Tillluftsaggregat, centralaggregat	75,0
Ställmotor	"-	0,5
FA:010	Frånluftsaggregat, centralaggregat	30,0
Ställmotor	"-	0,5
P10:010	Pump för cirkulation av VV	0,2
P32:010	Pump för TA:010	0,5
TA:060	Tillluftsaggregat, bandarkiv	1,5
TA:070	"- , fögderiförråd	4,0
TA:080	"- , transformatorrum	3,0
KA:060	Frånluftsaggregat, bandarkiv	0,5
FA:070	"- , passage	1,5
P32:060	Pump för TA:060	0,5
P10:060	VVC	0,2
P10:070	VVC	0,2
P32:070	Pump för TA:070	0,5
P32:080	"- TA:080	0,5
TA:030	Tillluftsaggregat, apparatrum	1,1
P:10	Pump för VVC	0,2
P:31	Pump, luftbehandling - konstantvärmare	0,5
FA:150	Frånluftsaggregat, uppäckning (rökfl.)	4,0
FA:160	"- , passage ("")	4,0
KA	Kompressoraggregat, avfallsrum	6,0 (3 x 2)
KA	"-	6,0 (3 x 2)
KA:020	Frånluftsaggregat, parkering	2,5
FA:040	"- , toaletter	1,5
FA:050	"- , kök	1,5
FA:090	"- , toaletter	1,5
FA:170	"- , toaletter	1,5
FA:100	"- , toaletter	1,5
FA:030	"- , parkering	2,5
FA:110	"- , toaletter	1,5

SUMMA INSTALLERAD EFFEKT

330,4 kW

Tabell 14: Installerad effekt för motordrift VVS



## ÖVRIG ELEKTRISK UTRUSTNING

I tvättavdelningen finns fyra tvättmaskiner och sex torkskåp med en sammanlagd installerad effekt om 50 kW.

Köksutrustningen i personalavdelningen har en installerad effekt på 96 kW.

Övriga elektriska apparater (bl a bastuaggregat) har en effekt på 46 kW.

Totalt installerad effekt blir följaktligen 192 kW.

### 5.2 Elenergiförbrukning

Elenergiförbrukningen beror av hur många av de olika elektriska apparaterna som är på samtidigt. Om andelen som utnyttjas uttrycks i procent av totalt installerad effekt erhålls sammanlagringsfaktorn. I vissa fall - belysning vid central tändning, fläktmotorer etc - kan den beräknas. I andra fall - hissar, bastu etc - måste den bedömas.

Vidare beror elenergiförbrukningen av hur länge utrustningen utnyttjas, drifttiden. Liksom vid sammanlagringsfaktorn kan drifttiden i vissa fall beräknas medan den i andra fall måste bedömas.

För referensobjektets olika elektriska anläggningsdelar har sammanlagringsfaktorer/drifftider beräknats/bedömts. Dessa återges i tabell 15 där även den årliga energiförbrukningen är beräknad och redovisad.

Årlig förbrukning av elektrisk energi uppgår till 1.424 MWh vilket motsvarar:

- 53 kWh/m<sup>2</sup> BTA
- 18 kWh/m<sup>3</sup> BV

### 6. MAXIMALT UTTAGEN ELEFFEKT

Elförbrukningstaxan innehåller en avgiftsdelen som beror av den maximalt uttagna eleffekten. Denna bestäms utgående från maximal energiförbrukning under en 135-minuters period.

Man måste således bedöma inte bara hur mycket som sammanlagras inom de olika förbrukningskällorna utan också i hur stor utsträckning olika drifftider sammanfaller.

Denna bedömning är gjord i tabell 16 utgående från installerad och sammanlagrad effekt. Resultatet anger en maximal effekt på 441 kW.

Av tabellen framgår också att den relativa installerade effekten uppgår till 39 W/m<sup>2</sup> eller uppdelat:

- Belysning 16 W/m<sup>2</sup>
- Hissar 4 W/m<sup>2</sup>
- Motordrift 12 W/m<sup>2</sup>
- Övrigt 7 W/m<sup>2</sup>



FÖRBRUKNINGSKÄLLA	ANSLUTEN EFFEKT (kW)	SAMMANLAG- RINGSFAKTOR	ÅRLIG DRIFT- TID (tim)	ENERGIFÖRBRUKNING MWh/år
<u>BELYSNING</u>				
- Inv verksamhetslokaler	370	0,77	2.230	636,80
- Inv garage, tekn utrymmen	45	0,51	8.760	201,06
- Utvändigt	10	1,0	3.800	38,00
				<u>875,86</u>
<u>HISSAR</u>				
- Centralbatteri	30	0,80	740	17,76
- Övr hissar	75	0,50	500	18,75
				<u>36,51</u>
<u>MOTORDRIFT VVS</u>				
- VS	15	0,50	8.760	65,70
- Luftbehandling	188	0,53	2.480	247,11
- Kyla (avfall, datarum)	127	0,60	1.500	114,30
				<u>427,11</u>
<u>ÖVRIGT</u>				
- Kök	96	0,40	1.500	57,60
- Tvätt	50	0,30	1.000	15,00
Rest (bl a bastu)	46	0,50	500	11,50
				<u>84,10</u>
<u>SUMMA</u>	1.052			1.423,58

Tabell 15: Årlig elenergiförbrukning

FÖRBRUKNINGSKÄLLA	ANSLUTEN Totalt (kW)	EFFEKT Relativt (W/m <sup>2</sup> BTA)	SAMMANLAGRAD EFFEKT (kW)	MAXIMALT UT- TAGEN EFFEKT (kW)
<u>Belysning</u>		16,0		
- Invändigt	415		308	308
- Utvändigt	10		10	10
<u>Hissar</u>		4,0		
- Centralbatteri	30		24	} 15
- Övr hissar	75		38	
<u>Motordrift, VVS</u>		12,0		
- VS	15		8	8
- Luftbehandling	188		100	70
- Kyla	127		76	-
<u>Övrigt</u>		7,0		
- Kök	96		38	20
- Tvätt	50		15	10
- Rest	46		23	-
SUMMA	1.052	39,0	640	441

Tabell 16: Maximalt uttagen elektrisk effekt

### 7. ÅRLIGA ELENERGIKOSTNADER

Eltaxan i Göteborg byggs upp av tre delar.  
Fast avgift, effektavgift samt energiavgift (inkl. skatt).

Utgående från aktuell taxa blir de årliga kostnaderna för elektrisk energi i kostnadsläge 1983:

FAST AVGIFT		1.000:-
EFFEKTAVGIFT	441 x 326	143.800:-
ENERGIavgIFT	1.424 x 207	294.800:-
<hr/>		
TOTALT		439.600:-

Ovanstående beräkning baseras på en årlig elenergiförbrukning om 1.424 MWh och en maximalt uttagen effekt på 441 kW.

Årskostnaden motsvarar:

- 16,40 kr/m<sup>2</sup> BTA
- 5,50 kr/m<sup>3</sup> BV
- 31 öre/kWh

RENGÖRINGSKOSTNADER FÖR EN KONTORSBYGGNAD I GÖTEBORG

- Förutsättningar:
- Livscykel 60 år
  - Kostnaderna ej omvandlade till nuvärden
  - Till följd av förslitning ökar kostnaderna årligen med 0,4 %
  - Rengöringskostnaden omfattar städning och fönsterputs men ej rengöring av lös utrustning
  - Städarea 23.400 m<sup>2</sup>
  - Veckostädning av verksamhetslokaler, daglig städning av kommunikationsutrymmen
  - Städningen utförs under dagtid

Sammanfattning:

(kostnader i kkr)

LOKAL	RENGÖRINGSKOSTNADER, 5-ÅRSINTERVALL											
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60
- Verksamhetslokal	3.466	3.536	3.608	3.680	3.754	3.830	3.907	3.986	4.066	4.148	4.233	4.318
- Kommunikationsutrymmen	2.611	2.664	2.718	2.772	2.828	2.885	2.943	3.002	3.063	3.125	3.189	3.253
- Hygienutrymmen	1.413	1.442	1.471	1.500	1.531	1.562	1.593	1.625	1.658	1.691	1.726	1.761
- Övr. lokaler, plan 2-8	979	999	1.019	1.039	1.060	1.082	1.104	1.126	1.149	1.172	1.196	1.220
- Garageplan	147	150	153	156	159	162	165	169	172	176	179	183
- Fönsterputs	189	192	196	200	204	208	213	217	221	226	230	235
SUMMA	8.805	8.983	9.165	9.347	9.536	9.729	9.925	10.125	10.329	10.538	10.753	10.970

Livscykelkostnad: 118.205 kkr

## 1. REFERENSOBJEKT

Referensobjektet omfattar en städarea på 19.800 m<sup>2</sup> (exkl garage) eller 23.400 m<sup>2</sup> totalt.

Arean fördelar sig på olika lokaler enligt följande:

Lokal	Städarea (m <sup>2</sup> )
o Kontorsrum	6.166
o Konferensrum	3.265
o Entréer	886
o Trappor	666
o Korridorer	2.004
o Omklädnings- och kapprum	297
o Hissar	18
o Toaletter	234
o Hygien- och motionsrum	360
o Kök och servering	392
o Arkiv och förråd	3.706
o Tekniska utrymmen	1.810
o Garage	3.617

Referensobjektets tekniska utformning redovisas i bilaga 16 (underhållskostnader). En allmän teknisk beskrivning återfinns i avsnitt 2. Typ av ytskikt i olika lokaler redovisas i en typrumsbeskrivning i kapitel del 5.3.

Den vanligaste golvbeläggningen är plastmatta i kontorsdelen. I trapphusen utgörs ytskiktet på golv av marmor i centraltrapphuset och cementmosaik i de sekundära trapphusen. Arkiv och förråd har målade betonggolv. I garageplanet finns en asfaltbeläggning.

Väggar och tak är - med få undantag - målningsbehandlade.

## 2. STÄDMETODER - FREKVENSER

Rengöringen av kontorshuset omfattar städning och fönsterputs. Enbart städningen av garage görs maskinellt. Övriga moment är således manuella.

Kort uttryckt omfattar städningen rengöring av golv, fläckborttagning på väggar och glaspartier samt dammtorkning av lister, fönsterbänkar etc.

I princip städas verksamhetslokalerna en gång i veckan. Toaletter, kommunikationsutrymmen samt kök/servering städas en gång om dagen.

Städmetoden vid rengöring av golv är fuktsvabbning (ungefär fukttorkning).

I syfte att nyansera den hittills mycket generaliserade redovisningen återges i fig 1 normalinstruktion för städning av några typrum; kontor, toalett och korridor.

Fönstren putsas på båda sidor 2 gånger om året.

Glasade ytterpartier på bottenvåningen putsas varje månad.

### 3. TIDATGANG FÖR STÄDNING

Den totala tidåtgången för städning beräknas och redovisas i tabell 1 tillsammans med städareor och - frekvenser.

Kalkylen utgår från enhetstider för de olika städprogrammen i olika lokaler. Enhetstiden för toaletterna har dock beräknats på ett något annorlunda sätt, nämligen följande:

TOALETTER	(Area: 234 m <sup>2</sup> )	
Grundtid:	234 x 5,2 tim/m <sup>2</sup> , år =	1.216 tim/år
Tillägg:	99 st WC x 5,0 tim/st, år =	495 tim/år
	124 st handfat x 6,8 tim/st, år =	844 tim/år
<hr/>		
Total tid		2.555 tim/år
Enhetstid		<u>10,9 tim/m<sup>2</sup>, år</u>

Objektets totala årliga städtid är 20.922 tim eller 83 tim per dag. Uttryckt som relativ tidåtgång är städtiden 1,0 tim/m<sup>2</sup>, år exkl. garageplanet.

Tidåtgången fördelar sig på de olika lokaltyperna enligt följande:

- Verksamhetslokaler	8.562 tim/år
- Kommunikationsutrymmen	6.450 tim/år
- Hygienutrymmen	3.491 tim/år
- Övriga lokaler	2.419 tim/år

Till ovanstående städtid skall läggas tidåtgången för maskinell städning av garageplanet, 362 tim/år.

KONTOR		TOALETT		KORRIDOR	
Frekvens (ggr/mån)	Arbetsuppgifter	Frekvens (ggr/mån)	Arbetsuppgifter	Frekvens (ggr/mån)	Arbetsuppgifter
4.3	Fuktmoppa Damsuga avpassad matta  Damtorka fönsterplatta	21.0	Fuktsvabba Avfläcka kring dörrhandtag och strömbrytare, vägg Avfläcka spegel Rengöra tvättstall Rengöra toalettstol Rengöra urinoar Rengöra urinrännor Rengöra bidé Rengöra dusch Rengöra badkar Rengöra tvättrännor  Fylla på toalettmateriel	21.0	Fuktmoppa Avfläcka glas i dörr  Avfläcka spegel Rengöra tvättstall Rengöra drickfontän Rengöra torkmatta  Grovdamsuga textilmatta  Damsuga textilmatta Damtorka fönsterplatta  Damtorka lister Damtorka element Avfläcka kring dörrhandtag och strömbrytare  Avborsta golvlister
2.1	Damsuga textilmatta Grovdamsuga textilmatta Damtorka lister Damtorka element Avfläcka glas i dörr Avfläcka kring dörrhandtag och strömbrytare	4.3	Rengöra tvättstol Rengöra urinoar Rengöra urinrännor Rengöra bidé Rengöra dusch Rengöra badkar Rengöra tvättrännor	16.7	Grovdamsuga textilmatta
1.1	Damsuga golvlister		Damtorka lister, möbler Damtorka element Avborsta golvlister	4.3	Damsuga textilmatta Damtorka fönsterplatta
				2.1	Damtorka lister Damtorka element Avfläcka kring dörrhandtag och strömbrytare
				1.1	Avborsta golvlister

Fig 1: Exempel på normalinstruktioner för städning av referensobjektet.

Städyta	Städarea (m <sup>2</sup> )	Städfrekvens (ggr/mån)	Enhets-tid (tim/m <sup>2</sup> ,år)	Tid/år (tim)	Anmärkning
<u>Verksamhetslokaler</u>					
- Kontor, exp	6.166	4,3	0,7	4.316	Tid för möbler ingår ej. -"-
- Sammanträde, samlingslokaler	3.265	4,3	1,3	4.245	
	9.431	-	1,2	8.561	
<u>Kommunikation</u>					
- Entréer, hallar	886	21,0	1,9	1.683	
- Trappor	666	4,3	0,8	533	
- Korridorer	2.004	21,0	1,8	3.607	
- Kapprum, omklädningsrum	297	21,0	1,8	535	
- Hissar	18	21,0	5,1	92	
	3.871	-	1,7	6.450	
<u>Hygienutrymmen</u>					
- Toaletter	234	21,0	10,9	2.555	
- Motion, bastu, dusch	360	10,5	2,6	936	
	594	-	5,9	3.491	
<u>Övriga lokaler</u>					
- Arkiv, förråd	3.706	1,1	0,4	1.482	Tid för möbler ingår ej.
- Tekniska utrymmen	1.810	0,09	0,02	36	
- Kök, servering	392	21,0	2,3	902	
	5.908	-	0,4	2.420	
DELSUMMA	19.804	-	1,2	20.922	
<u>Garage</u>	3.617	0,05	0,1	362	
SUMMA	23.421	-	-	21.283	

Tabell 1: Total tidåtgång för städning



#### 4. TIDÅTGÅNG FÖR FÖNSTERPUTS

Samtliga fönster är öppningsbara och putsas såväl invändigt som utvändigt 2 gånger/år. Eftersom det är frågan om isolerutor är inga putsningar mellan rutorna aktuella.

Glaspartiet på bottenvåningen putsas invändigt 2 gånger/år och utvändigt 12 gånger/år.

Enhetstider för fönsterputs vid olika storlek på fönstren framgår av tabell 2 där också den årliga tidsåtgången är beräknad. Som framgår bedöms denna till 466 tim/år.

#### 5. ÅRLIGA RENGÖRINGSKOSTNADER

Utgående från i tidigare avsnitt beräknad tidåtgång beräknas rengöringskostnaden med hjälp av en timkostnad som omfattar löne-, material-, verktygs- och maskinkostnader samt arbetsledning.

Timkostnaden beräknas enligt följande:

Direkt lönekostnad per timma:	43:-	(5.700 kr/mån)
Personalomkostnader 49 % :	21:-	
Lönekostnad	64:-	
Material, verktyg och maskiner (15 % av lönekostnad)	10:-	
Arbetsledning: (10 % av lönekostnad)	6:-	
<hr/>		
TIMKOSTNAD	<u>80:-</u>	

Den årliga rengöringskostnaden för olika lokaltyper är beräknad i tabell 3.

Totalt blir den årliga kostnaden i 1983 års kostnadsläge 1.740.000 kronor. Kostnaden motsvarar 65 kr/m<sup>2</sup> BTA eller - vid jämförelse med städarean:

- Totalt 74 kr/m<sup>2</sup> städarea
- Exkl. garage 86 kr/m<sup>2</sup> städarea.

Fönstertyp	Antal/area	Enhetstid	Tidåtgång/år	Anmärkning
12 x 10 M	1.106 st	0,10 tim/gång	221 tim	2 ggr/år
18 x 6 M	384 st	0,08 tim/gång	61 tim	-"
19 x 10 M	20 st	0,17 tim/gång	7 tim	-"
10 x 10 M	2 st	0,08 tim/gång	0,5 tim	-"
Glasparti BV	402 m2	0,07 tim/m2, gång	56 tim	2-sidig, 2 ggr/år
		0,03 tim/m2, gång	121 tim	1-sidig, 10 ggr/år

SUMMA

466,5 tim

Tabell 2: Tidåtgång för fönsterputs

LOKAL	ARLIG KOSTNAD (kr)
- Verksamhetslokaler	685.000
- Kommunikationsutrymmen	516.000
- Hygienutrymmen	279.300
- Övriga lokaler, plan 2-8	193.500
- Garageplan, plan 1	29.000
- Fönsterputs	37.300
ARLIG RENGÖRINGSKOSTNAD	1.740.100

Tabell 3: Arlig rengöringskostnad i olika lokaler

## CASH-FLOW FÖR EN KONTORSBYGGNAD I GÖTEBORG

- Förutsättningar: - Livscykel 60 år  
 - Kostnaderna ej omvandlade till nuvärdet. Kostnadsläge 1983.  
 - Till följd av åldring ökar kostnaderna för energi och rengöring med 0,4 %/år.

DELKOSTNAD (Kostnader i kkr)	TIDSPERIOD, ÅR												SUMMA
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	
- Fjärrvärmeenergi för uppvärmning	1.049	1.070	1.092	1.114	1.136	1.159	1.183	1.206	1.231	1.256	1.281	1.307	14.084
- Elektrisk energi	2.224	2.269	2.315	2.362	2.409	2.458	2.507	2.558	2.609	2.662	2.717	2.771	29.861
- Rengöring	8.805	8.983	9.165	9.347	9.536	9.729	9.925	10.125	10.329	10.538	10.753	10.970	118.205
- Underhåll	2.193	3.192	4.324	5.396	2.634	8.185	2.614	5.672	4.324	3.191	2.196	2.614	46.535
SUMMA	14.271	15.514	16.396	18.219	15.715	21.531	16.229	19.561	18.493	17.647	16.947	17.662	208.685
- PROCENTUELL FÖRDELNING	6,8	7,4	8,1	8,7	7,5	10,3	7,8	9,4	8,9	8,5	8,1	8,5	100,0 %

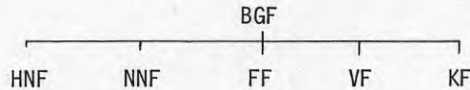
Ytförhållanden för några kontorsbyggnader uppförda mellan 1968 och 1975 i Västtyskland.

Ytbeteckningarna är gjorda enligt DIN 277. Förklaringarna kommer delvis från DIN 277 och delvis från Siegel (1977).

Ungefärlig beskrivning:

- HNF Hauptnutzfläche omfattar nettoyta i kontorsrum plus pentry eller kök med tillhörande utrymmen. Också utrymmen för rekreation ingår i HNF.
- BGF Bruttogrundrissfläche motsvaras ungefär av SIS Bruttoarea (BTA).
- NNF Nebennutzfläche omfattar sanitära utrymmen, garderober, förvaringsutrymmen och garage.
- FF Funktionsfläche är utrymmen för drifttekniska anläggningar tex för vatten, värme och el.
- VF Verkehrsfläche utgöres av entreer, trappor, korridorer, väntrum och ytor för hissar och rulltrappor.
- KF Konstruktionsfläche motsvaras närmast av SIS Konstruktionsarea (KA).

Förenklat ser hierarkin ut så här:



Bygg- nad nr.	HNF/ BGF %	NNF/ BGF %	FF/ BGF %	VF/ BGF %	KF/ BGF %	BGF m <sup>2</sup>	DM/m <sup>2</sup> BGF <sup>1</sup> )	Vånin- gar över jord
23	49,5	9,2	4,9	28,9	7,5	5061	1014	4
32	57,2	3,0	11,3	19,6	8,9	8223	1411	5/4
38	57,4	9,7	1,4	21,6	9,9	8278	979	8
41	59,3	3,7	6,2	20,9	9,9	12037	1054	7
42	56,1	10,3	2,1	20,1	11,4	20973	1255	7
43	62,3	6,5	3,3	17,1	10,8	4138	893	6
44	56,0	5,3	8,0	19,5	11,2	14853	1174	7
53	57,8	5,8	6,0	16,7	13,7	3877	1721	7
71	60,2	7,7	2,5	20,5	9,1	12978	1023	8
89	66,0	5,9	1,1	18,0	9,0	2127	781	4
92	58,1	14,6	1,2	19,6	6,5	3300	514	4
96	50,2	17,5	2,7	17,5	12,1	11234	846	7
97	51,3	15,8	2,9	17,8	12,1	1948	728	3
101	59,2	9,5	3,0	17,3	11,0	4300	756	2

### 1) Prisläge 1975

Källa: Siegel/Wonneberg  
Bau- und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsbauten  
(1977)

## LCK FÖR OLIKA UTFORMNING AV ENTRÉN I EN BYGGNAD

### Syfte

Att beräkna livscykelkostnaden för två alternativa avtorkningsanordningar i entrén till en kontorsbyggnad med en sammanlagd städarea på 20.000 m<sup>2</sup>.

Alternativ 1: Rullbar gummilamellmatta utan botten lagd ovanpå gallerdurk. Under gallerdurken finns golvbrunn med sandavskiljare. Storlek 1,7 m x 1,8 m. Avpassad lös torkmatta (1,7 m x 1,8 m).

Alternativ 2: Motordriven torkmatta lagd i samma konstruktion som i alt. 1. Avpassad lös torkmatta (1,7 m x 1,8 m).

### Förutsättningar

- Livscykel 60 år
- Programmerad ränta för alla åtgärder (se kapitel del 12.2) 2 %
- Kostnadsläge 1983
- Area på kommunikationsutrymmen 5.000 m<sup>2</sup>
- Golvarea i entrén 50 m<sup>2</sup>.

### Skillnader mellan alternativen

INVESTERING Alternativ 2 innebär en merinvestering på 79.300 kronor.

#### UNDERHÅLL Alternativ 1

Livslängden på gummilamellmattan bedöms vara 15 år. Utbyteskostnaden vid livslängdens slut har beräknats till 5.500 kronor.

#### Alternativ 2

Livslängden på den motordrivna torkmattan har bedömts till 30 år. Utbyteskostnaden har beräknats till 76.000 kronor.

Under livslängden behöver vissa underhållsåtgärder genomföras för att säkerställa brukbarheten. Aktuella åtgärder är:

- Byte av band vart 7-8 år.  
Kostnad 25.000 kronor
- Byte av lager och elmotorer vart 15:e år. Kostnad 4.200 kronor.
- Årlig översyn avseende funktion; justeringar och småreparationer.  
Kostnad 400 kr.

#### ENERGI

I den motordrivna torkmattan finns två elmotorer på vardera 0,2 kW. Vid en årlig drifttid på 2.230 tim och ett energipris på 0,28 kr/kWh blir den årliga energikostnaden:  
 $2 \times 0,2 \times 2.230 \times 0,28 = 250 \text{ kr.}$

## RENGÖRING AV

TORKANORDNING: Alternativ 1

Spolning och rensning 1 g/mån.  
 Tidåtgång:  $0,9 \times 12 = 10,8$  tim/år.

Alternativ 2

Spolning och rensning varannan dag.  
 Tidåtgång:  $0,9 \times 10,5 \times 12 = 113,4$  tim/år.

STÄDNING AV  
ENTRE:Städprogram - alternativ 1

- Fuktmoppa 1 gång/dag
- Fuktsvabba 1 gång/vecka
- Skura/polish-  
behandla 2 ggr/år

Städprogram - alternativ 2

- Fuktmoppa 1 gång/dag
- Fuktsvabba 1 gång/vecka
- Skura/polish-  
behandla 1 gång/år

Skillnad i tidåtgång 5 tim/år

STÄDNING AV  
KOMMUNIKA-  
TIONSUTRYM-  
MEN:Alternativ 1

Städprogram: Fuktmoppa 1 g/dag  
 Tidåtgång:  $0,67 \times 5.000 = 3.350$  tim/år

Alternativ 2:

Städprogram: - Grovmoppa varannan dag  
 - Fuktmoppa varannan dag  
 Tidåtgång:  $0,46 \times 5.000 = 2.300$  tim/år

RENGÖRING -  
SAMMANSTÄLL-  
NINGAlternativ 1

Total tidåtgång: 3.366 tim  
 Årlig kostnad:  $3.366 \times 80 = 269.280$  kr

Alternativ 2

Total tidåtgång: 2.413 tim  
 Årlig kostnad:  $2.413 \times 80 = 193.040$  kr

Beräkningar

## A. BASDATA

ÅTGÄRD	Alternativ 1		Alternativ 2	
	Kostnad (kkkr)	Intervall (år)	Kostnad (kkkr)	Intervall (år)
a. Merinvestering	-	-	79,3	60
b. Utbyte torkanordning	5,5	15	76,0	30
c. Byte band	-	-	25,0	7-8
d. Byte lager/elmotorer	-	-	4,2	15
e. Årlig översyn	-	-	0,4	Årligen
f. Energi	-	-	0,25	-"-
g. Rengöring	269,28	Årligen	193,04	-"-

## B. MODERMATRIS (kkkr)

År Atgärd	Alternativ 1				Alternativ 2							
	0	15	30	45	0	7	15	22	30	37	45	52
a.					79,3							
b.		5,5	5,5	5,5					76			
c.						25	25	25	25	25	25	25
d.							4,2		4,2		4,2	
e.									0,4/år			
f.									0,25/år			
g.		269,28/år							193,04/år			

## C. OMVANDLINGSMATRIS

År Atgärd	Alternativ 1				Alternativ 2							
	0	15	30	45	0	7	15	22	30	37	45	52
a.					1							
b.		0,741	0,741	0,741					0,741			
c.						0,869	0,741	0,741	0,741	0,741	0,741	0,741
d.							0,741		0,741		0,741	
e.									46,30			
f.									46,30			
g.		46,30							46,30			

## D. RESULTATMATRIS (kkkr)

År Atgärd	Alternativ 1				Alternativ 2							
	0	15	30	45	0	7	15	22	30	37	45	52
a.					79,3							
b.		4,08	4,08	4,08					56,32			
c.						21,72	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52	18,52
d.							3,11		3,11		3,11	
e.									18,52			
f.									11,58			
g.		12 467,66							8 937,75			

## E. TOTALKOSTNAD AR 0 - 60 (kkkr)

Alternativ 1 12 479,90

Alternativ 2

9 245,64

Differens

3 234,26 kkr



SKILLNADEN I LCK FÖR PLATSBYGGDA RESP MONTERINGSFÄRDIGA INNERVÄGGARSyfte

Att beräkna livscykelkostnaderna för två alternativa utformningar av innerväggar i ett kontorshus.

ALTERNATIV 1: Platsbyggd innervägg

- Väv + målning
- 2-lag gipsskivor
- Stålregelstomme + 50 mm mineralullsisolering
- 2-lag gipsskivor
- Väv + målning

ALTERNATIV 2: Monteringsfärdig innervägg

- Fabrikslackerad stålplåt
- Gipsstrips
- Isolering, 41 db (A)
- Gipsstrips
- Fabrikslackerad stålplåt

Förutsättningar

- Livscykel 11 år
- Programmerad ränta 5 %
- Kostnadsläge 1983
- Innerväggsarea 12 m<sup>2</sup>
- Antal innerväggar 2.600 st

Skillnader mellan alternativenINVESTERING Alternativ 1

Den platsbyggda väggen kostar 310 kr/m<sup>2</sup> dvs  
3.720 kr/vägg.

Totalt för objektet: 2.600 x 3,72 = 9.672 kkr

Alternativ 2

Den monteringsfärdiga väggen kostar 415 kr/m<sup>2</sup>  
dvs 4.980 kr/vägg.

Totalt för objektet: 2.600 x 4,98 = 12.948 kkr

DEMONTERING/  
RIVNINGAlternativ 1

Rivning och uttransport kostar 150 kr/m<sup>2</sup> dvs  
1800 kr/vägg.

Alternativ 2

Demonteringen kostar 52 kr/m<sup>2</sup> dvs 624 kr/vägg

MONTERING/  
UPPBYGGNADAlternativ 1

Uppbyggnad av ny, enstaka vägg inkl efterlagning vid  
riven vägg kostar 750 kr/m<sup>2</sup>, dvs 9.000 kr/vägg.

Alternativ 2

Återmonteringen av en flyttad innervägg kostar  
65 kr/m<sup>2</sup> dvs 780 kr/vägg.

Antal väggflyttningar

År	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Antal flyttn. (st)	5	9	13	17	21	25	30	35	40	45	50

Beräkningar

A. BASDATA PER VAGG

ÅTGÄRD	ALTERNATIV 1		ALTERNATIV 2	
	Kostnad (kr)	Intervall (år)	Kostnad (kr)	Intervall (år)
a. Investering	3.720	30	4.980	30
b. Demontering/ rivning	1.800	Varierande	624	Varierande
c. Nyuppsättning	9.000	"-	780	"-

B. MODERMATRIS (kkr)

Åtgärd	År	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	<u>ALTERNATIV 1:</u>												
a. Investering	9.672												
b. Rivning		9,0	16,2	23,4	30,6	37,8	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	
c. Nyuppsättn.		45,0	81,0	117,0	153,0	189,0	225,0	270,0	315,0	360,0	405,0	450,0	
<u>ALTERNATIV 2:</u>													
a. Investering	12.948												
b. Demontering		3,1	5,6	8,1	10,6	13,1	15,6	18,7	21,8	25,0	28,1	31,2	
c. Nyuppsättn.		3,9	7,0	10,1	13,3	16,4	19,5	23,4	27,3	31,2	35,1	39,0	

## C. OMVANDLINGSMATRIS

Åtgärd \ År	År											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ALTERNATIV 1:</b>												
a. Investering	1											
b. Rivning		0,951	0,905	0,861	0,819	0,779	0,741	0,705	0,670	0,638	0,607	0,577
c. Nyuppsättn.		0,951	0,905	0,861	0,819	0,779	0,741	0,705	0,670	0,638	0,607	0,577
<b>ALTERNATIV 2:</b>												
a. Investering	1											
b. Demontering		0,951	0,905	0,861	0,819	0,779	0,741	0,705	0,670	0,638	0,607	0,577
c. Nyuppsättn.		0,951	0,905	0,861	0,819	0,779	0,741	0,705	0,670	0,638	0,607	0,577

## D. RESULTATMATRIS (kkkr)

Åtgärd \ År	År											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ALTERNATIV 1:</b>												
a. Investering	9.672											
b. Rivning		8,6	14,7	20,1	25,1	29,4	33,3	38,1	42,2	45,9	49,2	51,9
c. Nyuppsättn.		42,8	73,3	100,8	125,3	147,2	166,7	190,4	211,0	229,7	245,8	259,6
<b>ALTERNATIV 2:</b>												
a. Investering	12.948											
b. Rivning		2,9	5,1	7,0	8,7	10,2	11,6	13,2	14,6	16,0	17,0	18,9
c. Nyuppsättn.		3,7	6,3	8,7	10,9	12,8	14,4	16,5	18,3	19,9	21,3	23,7

## E. TOTAL KOSTNAD ÅR 0 - 11

Alternativ 1: 11.823,1 kkr

Alternativ 2: 13 229,7 kkr

Skillnad 2-1: 1.406,6 kkr

OPTIMAL VÄRMEISOLERING AV ETT KONTORSHUS I GÖTEBORG

- Förutsättningar:
- Livscykel 60 år
  - Programmerad ränta 1 %
  - Kontorsbyggnad med isoleringsstandard enligt SBN 80:s minimikrav (redovisas i bilaga 16-17)
  - Kostnadsläge 1983
  - Energikostnad 0,30 kronor/kWh

Sammanfattning: En optimering av isoleringsstandarden för fasad och yttervägg innebär följande k-värden. I fasad 0,22 W/m<sup>2</sup>, °C och i yttertak 0,123 W/m<sup>2</sup>, °C. Detta svarar mot en isolertjocklek i fasad på 170 mm resp på yttertak 300 mm.

## 1. ISOLERINGSSTANDARD ENLIGT NORMKRAV

Enligt SBN-80 får transmissionsförlusterna svara mot maximalt nedanstående k-värden:

- 0,3 W/m<sup>2</sup>, °C för fasad
- 0,2 W/m<sup>2</sup>, °C för yttertak

Vid den byggnadstekniska utformning som valts för referensprojektet motsvarar de maximala k-värdena följande isoleringstjocklekar:

- 18 cm på yttertak
- 10 cm i fasad

Ovanstående isolertjocklekar är således utgångspunkter för den efterföljande optimeringen.

Sammanlagd area för yttertak och fasad är:

- Yttertak 2.844 m<sup>2</sup>
- Fasad 3.891 m<sup>2</sup>

Energibalansen vid ovanstående k-värden redovisas i bilaga 17, tabell 11.

I det följande skall optimal isoleringsstandard för yttertak och fasad beräknas.

## 2. OPTIMERING AV ISOLERINGSTJOCKLEK

Optimal isoleringstjocklek beräknas med hjälp av formeln:

$$\frac{I}{B \times \gamma} \leq E_0$$

där I = Kostnad för tilläggsisolering (kr)

B = Energibesparing till följd av tilläggsisolering (kWh/år)

$\gamma$  = Omvandlingssumma faktor till nuvärde. Vid livscykel 60 år och programmerad ränta 1 % är faktorn 52,66

$E_0$  = Aktuellt energipris i kr/kWh. Har i bilaga 17 beräknats till 0,30 kr/kWh.

### 3. KLIMAT

Enligt energibalansen i bilaga 17, tabell 12, finns ett kvarvarande uppvärmningsbehov för månaderna januari-april och oktober-december. Aktuellt gradtimtal för denna period är 86.971.

Optimeringsberäkningarna genomförs under antagandet att tilläggsisolering är aktuell enbart vid fasad och yttertak. I ett första beräkningssteg genomförs beräkningarna som om hela minskningen av transmissionsförlusterna leder till motsvarande energibesparing. Därefter görs en kontroll av den verkliga energibesparingen.

### 4. TILLÄGGSISOLERING AV FASAD

#### 4.1 Isoleringstjocklek 170 mm (120 + 50)

Nytt k-värde

$$\frac{1}{0,3} + \frac{0,07}{0,06} = 4,5 \Rightarrow k = 0,22$$

Energibesparing (jämfört med isoleringsstandard enligt normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{(0,30-0,22) \times 3.891 \times 86.971}{1.000} = 27.072 \text{ kWh/år}$$

Tilläggsinvestering (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

Isoleringen utförs i två skikt (120 mm + 50 mm)

Merkostnader/m <sup>2</sup> väggarea:	Arbete	52 kronor
	Material	42 kronor
	Totalt	94 kronor

Tilläggsinvestering: 94 x 3.891 = 365.800 kronor

Besparingskostnad (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{365.800}{27.072 \times 52,66} = 0,26 \text{ kronor/kWh}$$

Optimum?

Optimum ligger på en tjockare isolering eftersom 0,26 < 0,30 kronor/kWh.

#### 4.2 Isoleringstjocklek 195 mm (145 + 50)

Nytt k-värde

$$\frac{1}{0,3} + \frac{0,095}{0,06} = 4,92 \Rightarrow k = 0,20$$

Energibesparing (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{(0,3-0,2) \times 3.891 \times 86.971}{1.000} = 33.840 \text{ kWh/år}$$

Tilläggsinvestering (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

Isoleringen utförs i två skikt (145 mm + 50 mm)

Merkostnader/m <sup>2</sup> väggarea:	Arbete	67 kronor
	<u>Material</u>	<u>62 kronor</u>
	Totalt	129 kronor

Tilläggsinvestering: 129 x 3.891 = 501.900 kronor

Besparingskostnad (jämfört med isoleringstjocklek 170 mm, se avsnitt 4.1)

$$\frac{501.900 - 365.800}{(33.840 - 27.072) \times 52,66} = 0,38 \text{ kronor/kWh}$$

Optimum?

Optimum ligger på en tunnare isolering eftersom 0,38 > 0,30 kronor/kWh.

### 5. TILLÄGGISOLERING AV YTTERTAK

#### 5.1 Isoleringstjocklek 300 mm (100 + 100 + 100)

Nytt k-värde

$$\frac{1}{0,2} + \frac{0,12}{0,04} = 8 \Rightarrow k = 0,125$$

Energibesparing (jämfört med isoleringsstandard enligt normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{(0,20 - 0,125) \times 2.844 \times 86.971}{1.000} = 18.551 \text{ kWh/år}$$

Tilläggsinvestering (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

Merkostnader/m <sup>2</sup> takarea:	<u>Isolerskikt</u>	
	Arbete	7 kronor
	Material	52 kronor
	<u>Ökad fasadarea</u>	<u>37 kronor</u>
	Totalt	96 kronor

Tilläggsinvestering:  $96 \times 2.844 = 273.024$  kronor

Besparingskostnad (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{273.024}{18.551 \times 52,66} = 0,28 \text{ kronor kWh}$$

Optimum?

Optimum ligger på en tjockare isolering eftersom

$0,28 < 0,30$  kronor/kWh.

5.2 Isoleringstjocklek 330 mm (100 + 100 + 100 + 30)

Nytt k-värde

$$\frac{1}{0,2} + \frac{0,15}{0,04} = 8,75 \Rightarrow k = 0,114$$

Energibesparing (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

$$\frac{(0,20 - 0,114) \times 2.844 \times 86.971}{1.000} = 21.201 \text{ kWh/år}$$

Tilläggsinvestering (jämfört med normkrav, se avsnitt 1)

Merkostnader/m <sup>2</sup> takarea:	<u>Isolerskikt</u>	
	Arbete	15 kronor
	Material	67 kronor
	<u>Ökad fasadarea</u>	<u>47 kronor</u>
	Totalt	129 kronor

Tilläggsinvestering:  $129 \times 2.844 = 366.876$  kronor



Besparingskostnad (jämfört med isoleringstjocklek 300 mm,  
se avsnitt 5.1)

$$\frac{366.876-273.024}{(21.201 - 18.551) \times 52,66} = 0,67 \text{ kronor/kWh}$$

Optimum?

Optimum ligger på en tunnare isolering eftersom

$$0,67 > 0,30 \text{ kronor/kWh}$$

## 6. INVERKAN AV ÄNDRING I OUTNYTTJAT SOLVÄRMETILLSKOTT

En ökad isolering innebär att man ej kan tillgodogöra sig lika mycket av solvärmens som tidigare varit fallet. En preliminär beräkning visar att denna minskning i föreliggande fall blir ca 7 %. Detta leder till att besparingskostnaden för de beräknade optimala isolertjocklekarna ökar med ca 7 %. En ändring av isoleringen är dock ej nödvändig då besparingskostnaden ändå ligger under 0,30 kr.

Man får följande optimala isolertjocklekar:

Fasad     170 mm   dvs    $k = 0,22 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Yttertak   300 mm   dvs    $k = 0,125 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Utgående från dessa värden presenteras en modifierad värmebalans i tabell 1.

Samtliga data i tabellen är i MWh

Månad	Värmeförluster enl. bil. 17 tabell 12 med avdrag för person- och belysningsvärme	AVDRAG för Energibesparing genom optimal isolering		TILLSKOTT för ytterligare ej utnyttjad solenergi $\Delta F$	Resterande uppvärmningsbehov vid optimal isolering
(1)	(2)	(3)	Utnyttjad solvärme enl. bil. 17 tabell 12	(5)	(6)
Jan	193,678	8,157	21,050	-	164,471
Feb	170,559	7,473	26,603	-	136,483
Mar	160,408	7,298	48,402	-	104,708
Apr	101,664	5,288	65,167	1,293	32,502
Maj-sept	-	-	-	-	0
Okt	59,161	4,449	41,519	1,843	15,036
Nov	108,865	5,854	32,571	-	70,440
Dec	153,278	7,259	20,163	-	125,856
Totalt		45,778		3,136	649,496

Energibesparingen (kol. 3) beräknas som exempel för januari

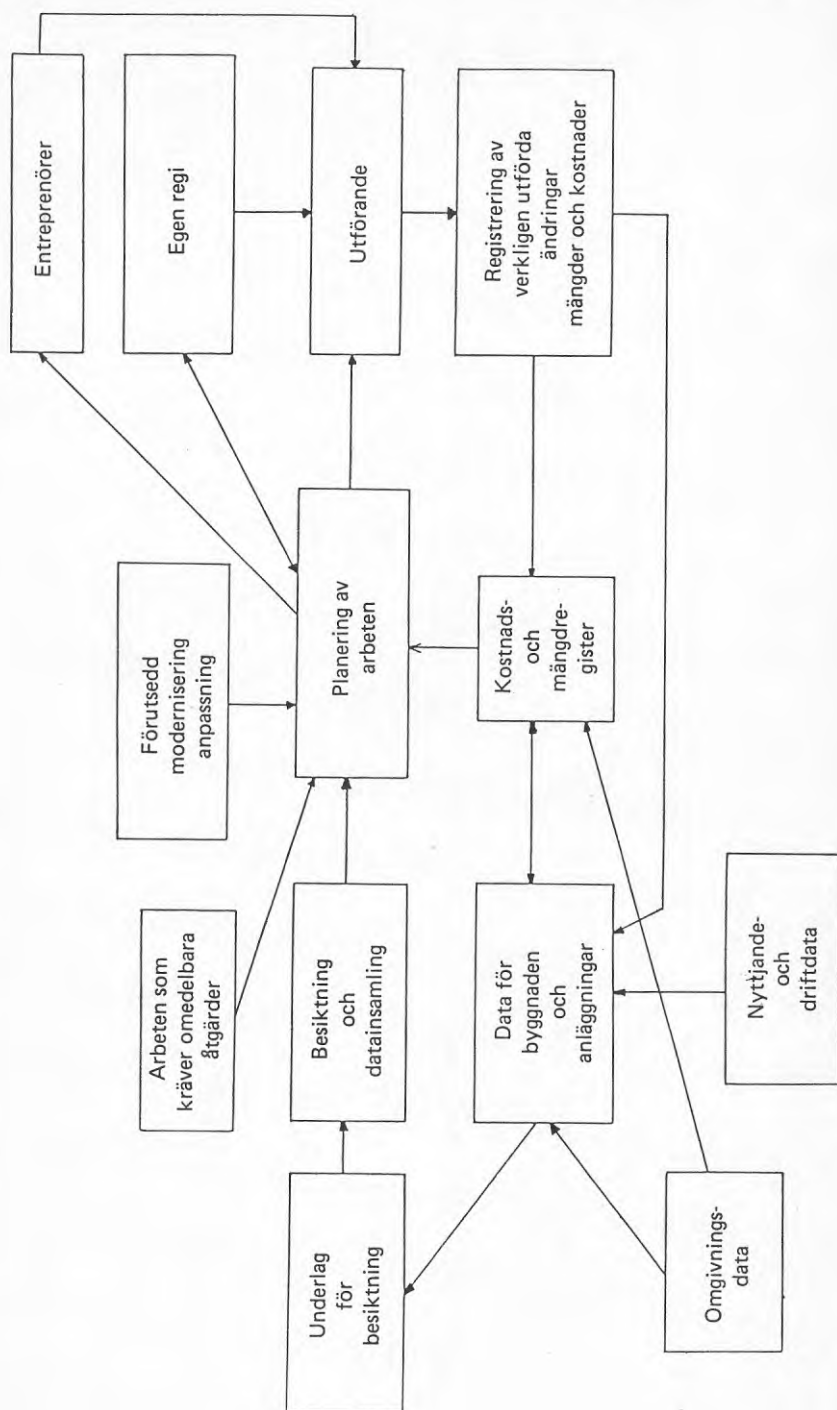
$$\left[ \frac{(0,3 - 0,22) \times 3.891}{\text{yttervägg}} + \frac{(0,2 - 0,125) \times 2.844}{\text{yttertak}} \right] \cdot \frac{1}{1.000} (20\text{-yttertemp.}) \times \\ \times 24 \times (\text{antal dagar i månaden}) = 8,157$$

Tillskottet för ytterligare ej utnyttjad solenergi (kol. 5) beräknas som exempel för april då  $P_{\text{REST}} = \frac{101.664 - 5.288}{30} = 3.213 \text{ kWh}$

$$\Delta F = 0,5 \frac{(4.293 - 3.213)^2 - (4.293 - 3.389)^2}{1.000 \cdot (4.293 - 781)} \cdot 26 = 1,293 \text{ MWh}$$

$\Delta F = 3,136$  för året och utgör 6,9 % av totala energibesparingen 45,778.

Tabell 1. Energibalans vid optimal isolering av yttervägg och yttertak.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
830562-2 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Ingmar Öfverholm, Wien, Österrike.**

**R99: 1984**

**ISBN 91-540-4196-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704099**

**Abonnemangsgrupp  
T. Fastighetsförvaltning**

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

**Cirka pris: 55 kr exkl moms**