

# ENERGI

## MAGASINET

Nr 3 1993

Årgång 14

KARLSSON BJÖRN PROF-----  
LINKÖPINGS TEKN HÖGSKOLA

581 83 LINKÖPING  
2212

39.

• TEMA: ROT&ENERGI

• HERMES SÄTTER  
FASTIGHETSSTANDARD

Posttidning  
Ev. retur till:  
Teknikförlaget, Box 104, 301 04 Halmstad

Nu är den här

# VENTILATIONS- MÄTAREN

\*som mäter allt  
med samma sond

## MÄTER

- Flöde i l/s
- Tryck i Pa
- Temperatur
- Lufthastighet
- Relativ fuktighet
- Daggpunkt

## HAR

- Teleskopsond l = 750 mm
- Automatisk nollställning
- Minne
- Medelvärdesberäkning
- Tröghet, som Du bestämmer själv
- Skrivarutgång
- 2 års garanti
- Och mycket mer, Ring oss!

Verklig storlek



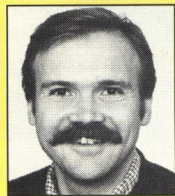
# Livstidskostnadsanalys vid ROT-åtgärder

Vilka renoveringsåtgärder är lönsamma? Hur ska dessa åtgärder bäst kombineras. Ja, idéerna får man själv komma med. Sen kan den s k Operamodellen avgöra vilka kombinationer av åtgärder som är lönsamma när man ska renovera, om eller tillbygga.

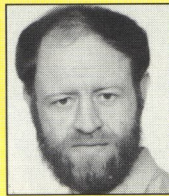
Vid Tekniska högskolan i Linköping, avd Energisystem, har sedan flera år pågått forskning kring användandet av livstidskostnader som hjälp för att avgöra den absolut bästa renoveringsstrategin för byggnader. Begreppet livstidskostnad, från engelskan förkortat som LCC, inkluderar då direkta ombyggnads-, drifts- samt underhållskostnader för en viss period.

## Operamodellen

När man ska undersöka en byggnad och få fram en lämplig renoveringsstrategi är det en avsevärd mängd beräkningar som måste utföras. Det gäller ju inte bara



Stig-Inge  
Gustafsson

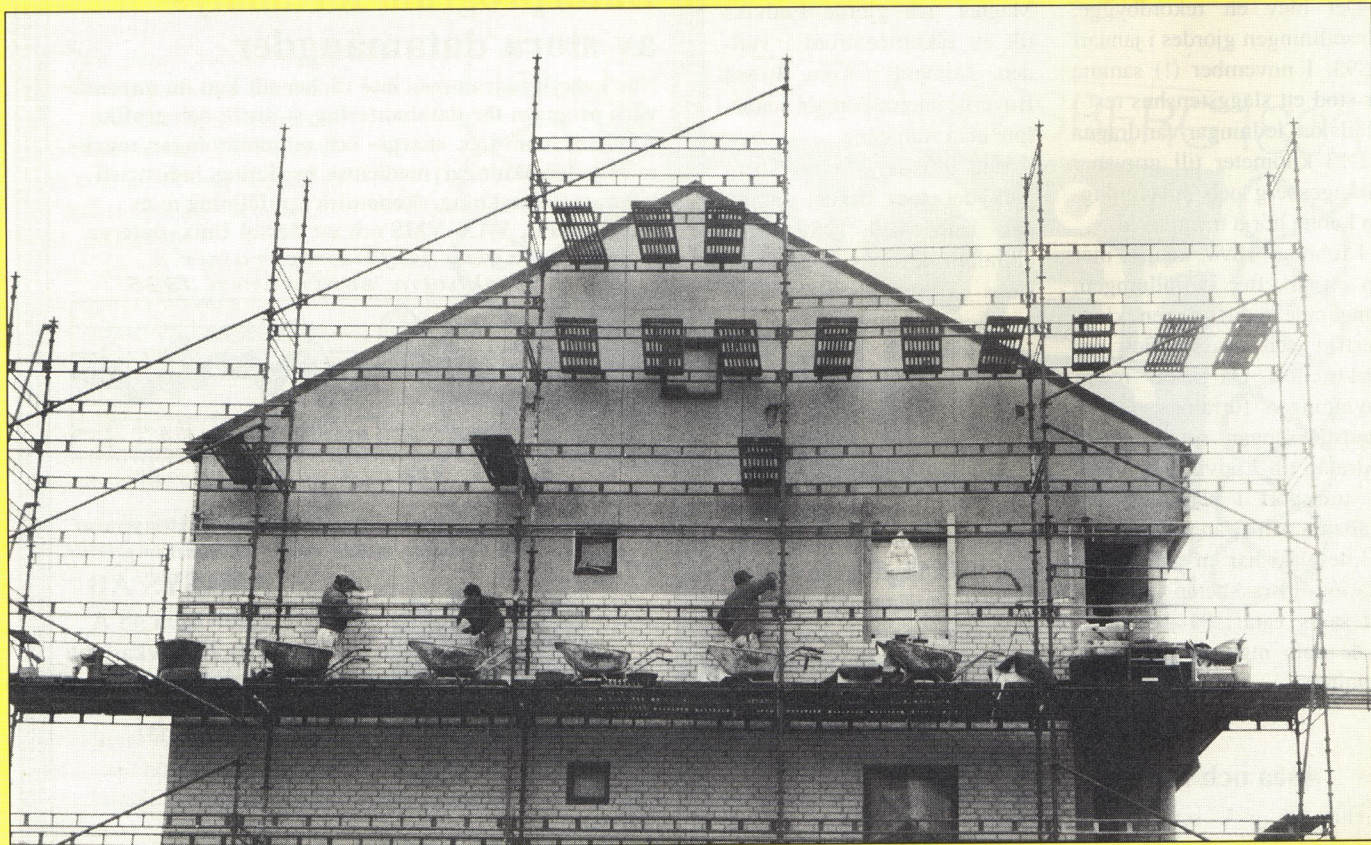


Björn G.  
Karlsson

att få fram en kombination av åtgärder utan det ska dessutom vara den bästa möjliga, d v s vi letar efter den optimala strategin. I vårt fall innebär detta att livstidskostnaden ska vara så låg som möjligt. Även om moderna datorer numera återfinnes på de flesta skrivbord måste vissa

begränsningar införas för att beräkningsvolymen ska bli hanterlig. I den modell vi utvecklat tas därför bara hänsyn till sådana åtgärder som påverkar huset som energisystem. Förbättrade städmöjligheter eller handikappanpassning med hissar o d tas inte med i analysen. En tilläggsisolering kan innebära att byggnaden får ett mindre attraktivt utseende men sådana förhållanden kommer endast med om konsekvenserna kan åsättas ett värde i pengar. Isoleråtgärden innebär dock att användningen av värme i byggnaden minskar och denna lägre värmekostnad måste naturligtvis inkluderas. Förutom förbättringar av byggnadens klimatskal måste man ta med förhållanden som rör ventilationen och sist men inte minst byggnadens värmesystem. Värme kan produceras och köpas på många olika sätt och detta måste därför också behandlas på ett lämpligt sätt.

Genom ett anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning, BFR, har vi på avd Energisystem tagit fram en modell, eller



Med den s k Operamodellen kan man avgöra om t ex fasadbeklädnad, som här på bilden, är lönsam.

ett datorprogram, som vi menar är den mest heltäckande metoden för att undersöka en byggnad som ett energisystem. Modellen som fått namnet OPERA, Optimal Energy Retrofit Advisory, kan numera användas i en vanlig persondator och köras under det vanliga operativsystemet DOS eller i ett fönster under Windows. Programmet är skrivet i standard Fortran vilket innebär att det enkelt kan överföras till i stort sett vilken dator som helst. Programkoden är offentlig och har publicerats i en särskild rapport [3] medan manualen till programmet publicerats av BFR [4]. Följande s k ROT-åtgärder på klimatskalet behandlas i programmet:

- Isolering, med optimering, av bjälklag, golv och ytterväggar.

- Byte av fönster. Tre olika typer kan inkluderas samtidigt vid beräkningarna.

- Tätning av fönster och dörrar.

- Frånluftvärmepump.

Dessutom behandlas följande värmesystem:

- Nya och befintliga oljepannor.

- Elvärme med fast och två olika differentierade taxor.

- Fjärrvärme med fast och differentierad taxa.

- Naturgas.

- Två olika bivalenta värmesystem med oljepanna och värmepump.

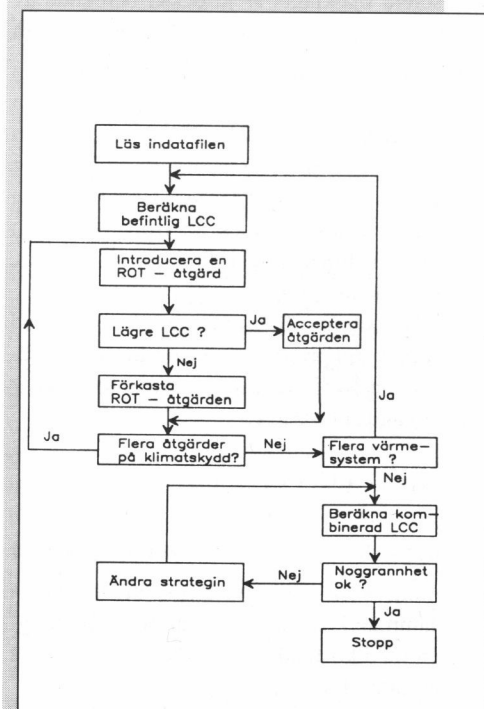
Som indata till programmet används uppgifter om byggnadens geometri, antal fönster, termisk status på befintliga och nya byggnadsdelar, byggnadskostnader, klimat, tappvarmvattenanvändning, energitaxor m m. En fullständig lista erhålles ur [4] där det dessutom finns referenser till annan litteratur som använts bl a för att få fram värden på alla indata. Alla dessa värden lagras i en indatafil som läses av programmet. Beräkningarna börjar sedan med att det befintliga husets livstidskostnad tas fram, se figur 1. Man har då erhållit ett belopp i kronor på den kostnad husägaren har för att underhålla, bygga om och värma upp huset under

hela dess livstid. Det är viktigt att notera att, även om huset lämnas som det är just för tillfället, det ändå delvis måste byggas om, eller repareras, vid ett antal tillfällen. Antag att det befintliga husets tvåglasfönster är i dåligt skick. Man bedömer att fönstren måste bytas senast inom fem år. I programmet antas då att man vid detta senare tillfälle byter till samma typ av fönster som tidigare använts. Efter, säg tjugo år, måste fönstren bytas igen. Återigen antas att man byter till nya tvåglasfönster och detsamma sker efter ytterligare tjugo år. Om vi antar att husets kvarvarande livslängd är 50 år kommer således tre fönsterbyten att ingå i den befintliga livstidskostnaden. Vid tidperiodens slut har dock dessa ett visst kvarvarande värde. Detta s k restvärde dras då av från kostnaden med hjälp av uttryck (1). Kostnaden för samtliga sådana ombyggnadsåtgärder, vilka kommer till vare sig man vill det eller ej, utgör byggnadens s k oundvikliga ROT-kostnader. Det är viktigt att förstå att dessa oundvikliga kostnader blir högre om byggnadens status är sämre, d v s ombyggnadsåtgärderna tidigareläggs. Programmet inför sedan en ROT-åtgärd, som av en tillfällighet satts till en bjälklagisolering. Från början vet vi inte hur tjock isoleringen skall vara utan detta mått måste beräknas. I [6] har visats att en byggnadsdels nya s k U-värde kan beräknas som:

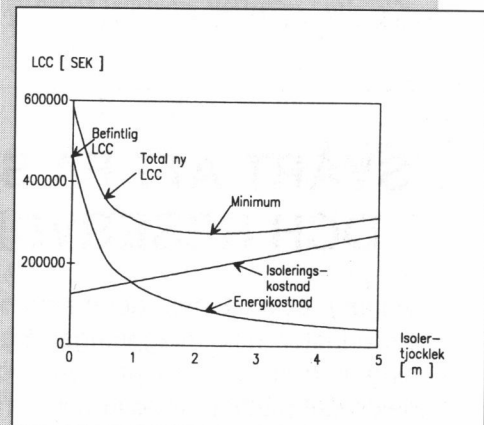
$$U_n = (U_{ber} \cdot \lambda_{mdn}) / (\lambda_{mdn} + U_{ber} \cdot t_n)$$

där  $U_n$  = det nya U-värdet,  $U_{ber}$  = det befintliga U-värdet,  $\lambda_{mdn}$  =  $\lambda$ -värdet på den nya isoleringen och  $t_n$  = är den nya isoleringens tjocklek.

Genom att multiplicera det nya U-värdet, först med byggnadsdelens area, sedan med ett lämpligt antal gradtimmar och till sist med värmepriset och den s k nuvärdesfaktorn, som fås ur uttryck (2), erhålles en kostnad för den värme som passerar byggnadsdelen. Tyvärr vet vi ju inte ännu hur stort  $t_n$  är men tills vidare får det



Figur 1. Schematisk bild av ROT-optimering med OPERA [5]



Figur 2. Isoleroptimering i OPERA [6]



För billigare kylvatten, välj...

## WACOND KYLTORN

Vi levererar såväl öppna som slutna system. Kyltornen, kända för hög driftsäkerhet och materialmässigt underhållsfria, utföres av glasfiberarmerad polyesterplast med olika ljuddämpningsalternativ.

Fråga oss, det lönar sig!

# PROCESSOR

Processor AB, Box 8011  
S-163 08 SPÅNGA, Sweden  
Tel.: 08-36 00 67 - Telefax 08-36 20 69



vara obekant. Kostnaden för att tilläggsisolera bjälklaget är ju också beroende av  $t_n$ , en tjockare isolering måste ju vara dyrare än en tunnare. I OPERA modellen antas att det är ett linjärt samband mellan tjocklek och kostnad, även om det kan diskuteras om detta är riktigt då isolering ju vanligen säljs i färdiga tjocklekar. En viktig aspekt är dock att isolerkostnaden inte är linjär just i funktionens början, kostnaden börjar med ett steg.

Dessutom tillkommer en fast kostnad som beror av den ovan beskrivna oönskta ROT-kostnaden. Följande uttryck används i OPERA:

$$l_k = C_1 + C_2 + C_3 \cdot t_n \quad (4)$$

där  $l_k$  är isolerkostnaden och  $C_1$  o s v är olika konstanter. Genom att nu lägga samman kostnaden för värmeanvändningen med kostnaden för isoleringen erhålles ett uttryck av typen:

$$LCC_{iso} = C_4 + C_5 t_n + C_6 / (\lambda_{da_n} + U_{ber} \cdot t_n) \quad (5)$$

där  $LCC_{iso}$  är livstidskostnaden för byggnadsdelen ifråga och  $C_4$  o s v är ytterligare konstanter. Det gäller nu att hitta det

värde på  $t_n$  som ger lägsta möjliga värde på  $LCC_{iso}$ . Utan att bevisa det här får man att detta lägsta värde erhålls om [6]:

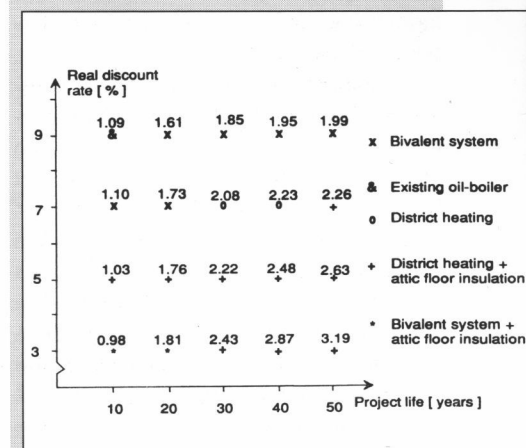
$$t_{opt} = -(\lambda_{da_n} / U_{ber}) + [C_6 / (C_5 U_{ber})]^{0.5}$$

Metoden åskådliggörs grafiskt i figur 2.

Här framgår dessutom den befintliga livstidskostnaden. Det viktiga är nu att notera att den befintliga livstidskostnaden inte nödvändigtvis behöver vara högre än den nya som erhållits då byggnadsdelen tilläggsisolerats. Det är endast om den nya LCC är lägre som det är lönsamt att tilläggsisolera, i annat fall är det bättre att låta byggnadsdelen vara som den är. Det senare är ofta fallet vid en eventuell isolering av ytterväggar som i dagsläget har lång befintlig livslängd kvar.

I programmet införs nu nästa ROT-åtgärd, en tilläggsisolering av bottenbjälklaget och en ytterligare LCC beräknas, se figur 1. Denna jämföres sedan med den befintliga LCC o s v. Notera att man vid denna andra beräkning startar 'från början' igen, d v s utan att ta hänsyn till om någon bjälklagsisolering blev optimal eller ej.

När det gäller utbyte av fönster är det inte lika lätt att hitta ett matematiskt uttryck som man kan minimera, även om



Figur 3. Bivariat känslighetsanalys av projekttid och real kalkylränta [9].

vissa försök gjorts, se [7]. I OPERA modellen används därför en skilnad-error metod. LCC beräknas för exempelvis treglasfönster, sedan för treglasfönster med energiglas, o s v, och det fall som har den lägsta LCC väljs ut som optimalt. Tre fönstertyper kan behandlas samtidigt, förutom de befintliga fönstren. Vill man undersöka flera alternativ måste man byta ut indata till programmet. Vid optimeringen tas även hänsyn till solinstrålning-

## SVÅRT ATT FÅ SERVICE OCH RESERVDELAR?

Vi kan hjälpa till med det mesta när det gäller äldre fastbränsleanläggningar. Egen tillverkning av transportskruvar i svart och rostfritt av heldraget plattjärn med kraftig slingtjocklek 8-15 mm och med diametrar 90-375 mm. Även härdad spiral ca 400 HB. Retortrar och rooster i gjutgods och smide. Reparationer och ombyggnader. Nyttillverkning av kassetter, ugnar, transport, silosystem för fastbränslen. Självlossande växelflakssystem.

## ÅNGA VÄRME & STOKERS I HALMSTAD AB

### Nya Opti Energi

Industrihuset, Årnarp  
Box 8058, 300 08 Halmstad  
Tel: 035-444 15  
Telefax: 035-448 85  
Biltel: 010-42 99 50

## DIANA Control AB

\*

Datorsystem för styr-regler och övervakning.  
Stor kapacitet för lagring av mätvärden.  
Grafisk presentation, mycket lättarbetat system.  
Kräver ingen tidigare datorkunskap.

Hermes kompatibel.

\*

Konventionella styrsystem  
med tillhörande reglermaterial.  
Lev. direkt från vårt lager.

\*

RING MALMÖ 040/22 88 60

en vilket innebär att resultatet kan skilja sig beroende på fönstrens orientering efter olika väderstreck.

På motsvarande sätt förfars med exempelvis tätning av fönster och dörrar samt eventuell frånluftvärmepump. Lönsamheten hos en sådan värmepump beror ju till stor del på det luftflöde som passerar apparaten. Man måste således undersöka lönsamheten både med och utan tätning av huset och välja den kombination som ger den lägsta LCC. Ibland kan det vara så att det lönar sig att välja en något större frånluftvärmepump och samtidigt låta byggnaden vara otät även om detta fall är ovanligt.

När alla åtgärder på klimatskal och ventilationsanläggning undersökts byts värmesystemet ut i modellen, se fig 1, och hela beräkningen görs om igen. När även alla värmesystem undersökts finns därför ett antal olika strategier och den billigaste av dessa väljs ut. Nu är det så att olika energisparåtgärder kan påverka varandra. Låt oss anta att åtgärd 1 beräknats spara x kronor och åtgärd 2 y kronor. Kombinerar dessa två åtgärder med varandra är det inte säkert att det slutliga sparbeloppet blir x+y kronor. Detta beror på att en energisparåtgärd förkortar eldningsåren med ett antal timmar. I OPERA hanteras detta så att LCC för den slutliga kombinationen av bygg- och ventilations-

åtgärder för varje värmesystem beräknas. Operatören får därför kännedom om ifall problemet uppstår och om det är värt mödan att studera detta i detalj. Skulle så vara fallet finns en inbyggd rutin som möjliggör en reduktion av isoleringsgraden så att den lägsta LCC kan väljas. Normalt uppstår aldrig detta problem då skillnaden mellan den stegvisa och den kombinerade metoden oftast är mycket liten, se exempelvis [8]. Detta är speciellt tydligt ju färre energisparåtgärder som är optimala. Vår erfarenhet visar att det oftast är bäst att satsa på ett effektivt värmesystem som ger låga uppvärmningskostnader. Detta innebär samtidigt att endast ett fåtal åtgärder på klimatskalet blir lönsamma, och detta i sin tur att kombinationseffekten kan negligeras. Detta framgår tydligt i tabell 1.

I tabell 1 återfinns den befintliga LCC högst upp till vänster, d v s 3.76 MSEK. Detta belopp utgör således det sammanlagda värdet på byggnads-, underhålls-, och driftkostnader under byggnadens bedömda livslängd. Under detta värde finns de besparingar som kan förväntas då man inför en åtgärd. Då någon bjälklagsisolering inte var lönsam återfinns .00 som sparbelopp. De enda två åtgärder som var lönsamma vid det befintliga värmesystemet, som här var fjärrvärme, är byte av fönster och tätning. Någon skill-

nad mellan den stegvisa och den kombinerade metoden blir det heller ej. I tabellen finns dessutom en redovisning av hur kostnaderna fördelar sig på byggkostnader, energikostnader m m. För det befintliga värmesystemet fås således en LCC om 3.47 MSEK. Om man nu byter den befintliga fjärrvärmeanläggningen mot en ny oljepanna får man en kostnad om 4.16 MSEK om inga byggrotåtgärder genomförs. Nu blir det dessutom lönsamt att installera en frånluftvärmepump men den resulterande LCC är trots allt högre än tidigare. Detta var således en dålig strategi. Den billigaste lösningen är istället en oljepanna kombinerad med en värmepump så att oljepannan svarar för topplasten medan värmepumpen används för baslasten. Samma byggstrategi skall tillämpas som om det befintliga systemet behölls, d v s man ska byta fönster till treglas samt täta huset. Man bör notera att detta värmesystem ger lägre kostnader för värmen och således sparas heller inte lika mycket på ROT-åtgärderna. Vidare skall nämnas att fönsterbytet här blir aktuellt då den befintliga livslängden på fönstren satts till noll år, d v s fönstren måste bytas oavsett om man sparar någon värme eller ej. En mera fullständig redovisning av denna fallstudie återfinns i [5].

## Känslighetsanalys

Som nämntes inledningsvis känner man kanske inte till de exakta värdena på alla variabler som ingår i modellen. Genom att göra en känslighetsanalys, d v s man ändrar ett eller flera värden i indatafilen och sedan optimerar en gång till kan man se hur mycket resultatet ändrar sig. Man kan dela in denna påverkan i tre grupper, en där en ökning av värdet i indatafilen ger en ökad LCC, en där detta ger en minskad LCC och en där ingen påverkan sker alls. Ett exempel på den första kategorin kan vara projektets livslängd. Ökas livslängden kommer LCC att öka. Ökas i stället den reala räntan kommer LCC normalt att minska medan LCC på det optimala systemet blir oförändrad om isoleringskostnaden ökar, detta då isoleringen inte kom in som en lönsam åtgärd. Nu kan det dock vara så att om isolerkostnaden istället minskar får detta till följd att isoleringen plötsligt blir lönsam och därför hamnar i en annan kategori av variabler. Genom att undersöka flera värden samtidigt kan man åskådliggöra påverkan grafiskt i ett diagram, se figur 3. I figuren återfinns LCC för en byggnad som värden inne i diagrammet. För en ränta om 5 procent och en livslängd på byggnaden om 30 år erhålls LCC till 2.22

\*\*\* LCC TABELL FÖR GRUNDALTERNATIVET \*\*\*  
VÄRDENA I MSEK

	EXIS. SYST.	NY OLJA	EL VÄRME	FJÄRR VÄRME	GR.V VÄRME	NAT. GAS	TOU FJÄRR	TOU ELEK.	BIV. GR.VP	BIV.OL. LUFT VP
INGA BYGGÅTG.	3.76	4.16	4.40	3.73	3.84	5.13	3.76	---	3.26	3.55
BESPARINGAR:										
BJÄLKLAGSISO	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	---	.00	.00
GOLVISOLERING	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	---	.00	.00
YTTERV. ISO. UTS.	.00	.00	.00	.00	.00	.11	.00	---	.00	.00
YTTERV. ISO. INS	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	---	.00	.00
TREGLASFÖNSTER	.13	.16	.19	.13	.14	.26	.13	---	.08	.10
TREGLAS MED GASF.	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	---	.00	.00
TREGLAS GAS LE.	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	---	.00	.00
TÄTNING FÖNSTER	.15	.18	.21	.16	.14	.26	.15	---	.11	.13
FRÅNLUFTVÄRMEP.	.00	.17	.25	.09	.00	.42	.00	---	.00	.00
SUMMA STEG LCC	3.47	3.64	3.74	3.35	3.56	4.09	3.48	---	3.08	3.31
SUMMA KOMB LCC	3.47	3.64	3.74	3.35	3.56	4.09	3.48	---	3.08	3.31
FÖRDELNING:										
RESTVÄRDE PANNA	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.01	---	.01	.01
NY PANNKOSTNAD	.00	.11	.04	.00	.76	.09	.00	---	.47	.78
RÖRKOSTNAD	.00	.03	.00	.00	.50	.02	.00	---	.23	.03
ENERGIKOSTNAD	2.19	1.64	1.83	1.48	1.01	1.53	2.19	---	1.09	1.20
ANSLUTN AVGIFT	.00	.00	.00	.00	.00	.01	.00	---	.00	.00
OMBYGGN. KOSTNAD	.64	1.22	1.22	1.22	.64	1.78	.64	---	.64	.64
OUNDVIK. KOSTNAD	.64	.64	.64	.64	.64	.64	.64	---	.64	.64

Tabell 1. LCC för de olika värmsystemen med kandidater till sparåtgärder [5].

MSEK. Notera att det inte är samma fall som studerats i tabell 1. Fjärrvärme och bjälklagsisolering är här det bästa alternativet. Så länge räntan är 5 procent är denna lösning alltid optimal även om isolertjockleken förändras mellan de olika alternativen. Ökar däremot räntan till 7 procent blir fjärrvärme fortfarande billigast, men isoleringen bortfaller helt. På motsvarande sätt kan alla andra variabler undersökas. Tyvärr är det en omfattande uppgift att utföra detta i praktiken då flera hundra variabler ingår som indata. På senare tid har vi därför försökt att använda statistiska metoder, bl a s k faktoranalys, för att nedbringa antalet nödvändiga beräkningar. Se [10] där de första resultaten presenteras.

### Realränta

Eftersom ROT-kostnader inte uppträder helt samtidigt måste man på något sätt ta hänsyn till att en investering som kan skjutas framåt i tiden inte har samma värde som den som måste utföras omedelbart. Detta sker med hjälp av nuvärdesmetoden [1], och följande två uttryck används vanligen:

$$NV_a = A \cdot (1+r)^{-n} \quad (1)$$

$$NV_b = B \cdot (1-(1+r)^{-m})/r \quad (2)$$

NV<sub>a</sub> är då nuvärdet av en investering om A kr som inträffar när man tillämpar en real ränta r. På samma sätt är NV<sub>b</sub> nuvärdet av årliga investeringar om B Kr som sker under ett antal av m år. Uttrycket (1) används lämpligen då enstaka investeringar måste göras, exempelvis om man måste byta fönster om fem år, medan uttrycket (2) används exempelvis vid årligen inträffande kostnader för uppvärmningen av en byggnad. Tyvärr inför man också vissa svårigheter då man tillämpar nuvärdesmetoden. Dels kan man inte på ett vetenskapligt sätt ange exakt vilken real ränta som skall tillämpas och dels måste man ta ställning till hur många år nuvärdesanalysen skall avse. Vad gäller räntenivån kan man dock använda avkastningskraven man har på andra investeringar. Låt oss anta att man är nöjd med den avkastning man har från vanligt banksparande. Räntan, inklusive inflationen, ligger troligen på cirka 14 procent. I dagsläget, januari 1993, är inflationen i landet mycket låg, säg 3 procent, vilket innebär att den reala räntan är ungefärligen 11 procent. Beräkningen är inte helt invändningsfri från matematisk synvinkel, men ger ett ungefärligt värde på den reala räntan. Det är också viktigt att notera att det är den reala räntan under hela beräkningsperioden som ska tillämpas och inte endast den som just för ögonblicket gäller. Den räntenivå som skall tillämpas är

under ständig debatt och det finns förslag på räntor från allt mellan 3 till 15 procent. Det finns till och med exempel på att negativa räntor använts [2]. På liknande sätt förhåller det sig med beräkningsperiodens längd. Det är omöjligt att exakt ange vilket värde denna lämpligen skall ha. Normalt är dock byggnader långsiktiga investeringar och därför verkar det rimligt att använda minst 20 år som beräkningsperiod. Som villkor för statliga ombyggnadslån tillämpas t ex 30 år som gräns mellan lånetillfällena. Det kan verka nedslående att man innan analysen ens startat drabbas av svårigheter att bestämma sig för vilka värden man skall räkna med. Turligt nog finns en lösning som åtminstone delvis gör problemen hanterliga. Genom känslighetsanalyser kan man få reda på hur avgörande exempelvis en förändrad ränta är för slutresultatet.

#### Referenser:

1. Diczfaluzi B, Rapp B, 'A Model for Assessment of the Profitability of New Energy Technologies in Buildings'. Document D22:1988, Byggnadsrådet, 1988.
2. Van Dyke J, Hu P, 'Determinants of Variation in Calculating a Discount Rate'. Energy — The International Journal, Volym 14, Nummer 10, sidorna 661-666.
3. Gustafsson S I, 'The OPERA Model. A Computer Model for Optimal Energy Retrofits in Multi-Family Buildings. The FORTRAN Code'. Rapport nummer LiTH-IKP-R-613. Tekniska högskolan Linköping, 1990.
4. Gustafsson S I, 'A Computer Model for Optimal Energy Retrofits in Multi-Family Buildings. The OPERA model'. Document D21:1990, Byggnadsrådet 1990.
5. Gustafsson S I, Karlsson B G, 'Lösamma energisparåtgärder i 60-talets flerbostadshus. Fallet Grevegårdsvägen', Rapport nummer LiTH-IKP-R-727, Tekniska högskolan i Linköping, 1992.
6. Gustafsson S I, 'Optimal Energy Retrofits on Existing Multi-family Buildings'. Licentiatavhandling nummer 91, IKP, Tekniska högskolan i Linköping, 1986.
7. Markus T A, 'The Window as an Element in the Building Envelope; Techniques for Optimization', Konferenshandlingar från CIB 79, Volym 2, Köpenhamn, 1979.
8. Sonderegger R, et al, 'CIRA Economic Optimization Methodology', Rapport LBL-15793, Lawrence Berkeley Laboratory, USA 1983.
9. Gustafsson S I, 'Life-Cycle Costing Related to the Refurbishment of Buildings'. Kapitel 3 i boken 'Life Cycle Costing for Construction', Redigerad av J W Bull, Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, 1993.
10. Andersson S, Gustafsson S I, Karlsson B G, 'Factorial Design for Energy System Models'. Artikel dock ännu ej publicerad, 1993.

## Hushållsapparater större cancer än kraftledning

Forskare vid Battelle Pacific Northwest Laboratory i Richland, Washington, har studerat sambanden mellan användning av vissa hushållsapparater och risken att drabbas av leukemi. Det visade sig att användning av elektriska apparater nära kroppen, till exempel rakapparater, hårtorkar eller massageapparater, väsentligt ökar denna risk.

Genom att utnyttja en databas med resultat från intervjuer med leukemipatienter och en kontrollgrupp kunde korrelationen mellan insjuknande och levnadsvanor studeras. Resultatet visar till exempel att användandet av elektriska rakapparater ökar risken för leukemi med en faktor 2,5. Rökning ökar risken med en faktor 2,2. Drygt 100 fall av leukemi omfattas av studien, vilket är ett relativt litet material i dessa sammanhang. Ännu opublicerade undersökningar bekräftar dock bilden.

De magnetiska och elektriska fälten avtar snabbt med avståndet till källan. Detta gör att elektriska apparater i hemmet kan ge betydligt högre fält vid användning än bakgrunds-nivån från kraftledningar.

STATT U2-93-030

## Hus värms med mikrovågor

Enligt en brittisk forskare är indirekt uppvärmning av hus med mikrovågor en ideal metod att spara energi och samtidigt förbättra inomhusklimatet.

Det föreslagna systemet består av ihåliga paneler av termiskt isolerande metall som monteras på väggen. Mikrovågor, som genereras av en eller flera magnetroner, styrs in i panelen. Värme alstras när mikrovågorna träffar ett tunt absorptions-skikt. Svårigheten ligger i att anpassa strålen och skiktet så att i det närmaste total absorption erhålls.

Systemet sägs ha flera fördelar. Bland annat är det möjligt att skapa en vertikal värmeprofil på panelen med högst temperatur nära golvet. Panelen kan slås av och på med nästan omedelbar verkan, vilket möjliggör snabb och effektiv elektronisk temperaturreglering. Den är lätt att installera och kräver inga kostsamma ombyggnader.

På grund av en idag begränsad användning av magnetroner är dessa relativt dyra.

STATT UK-93-029