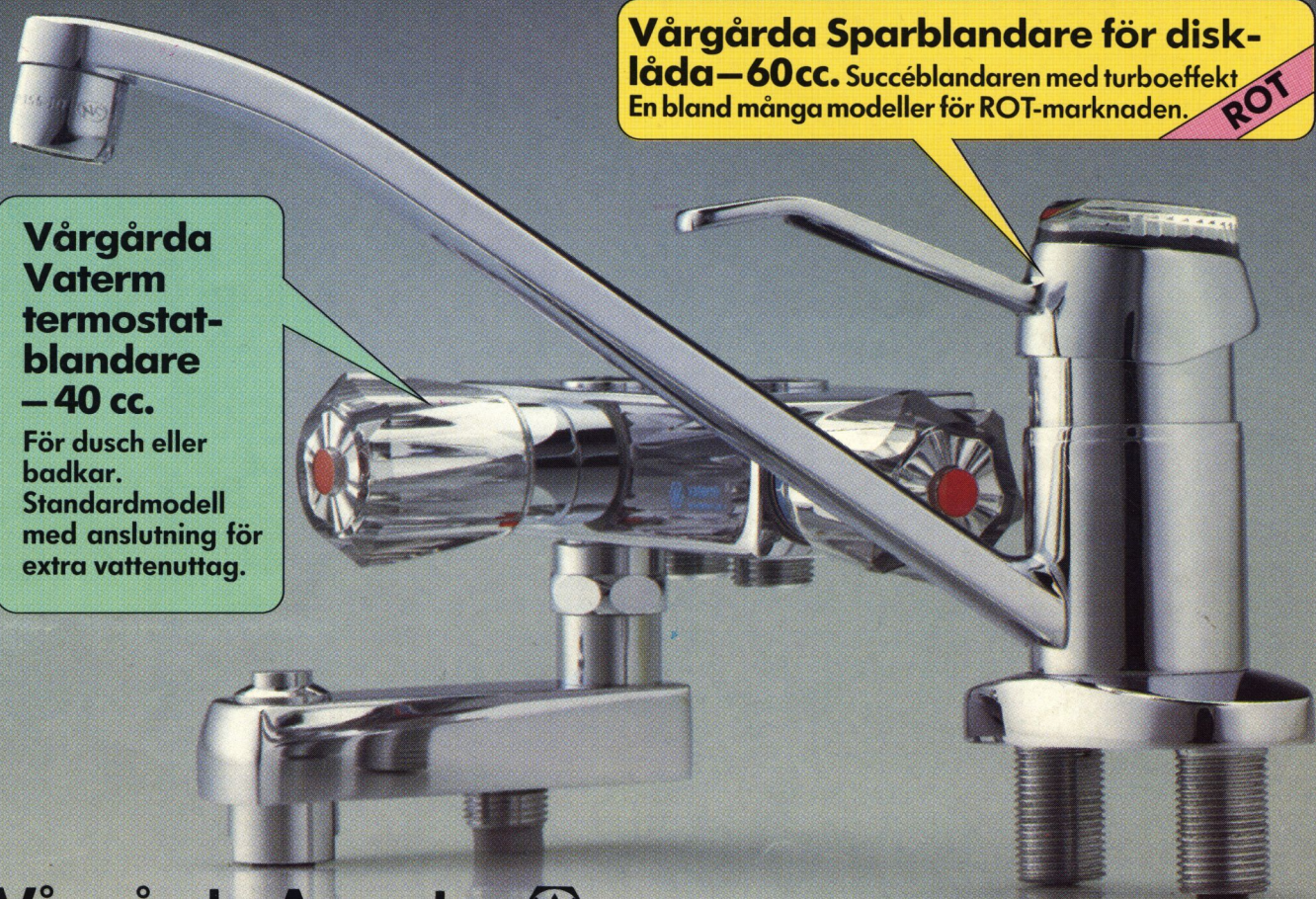


VVS & ENERGI

NR 3 • 87 Årgång 58

TVÅ EFTERLÄNGTADE VÅRGÅRDA-VARIANTER



**Vårgårda
Vaterm
termostat-
blandare
– 40 cc.**

För dusch eller
badkar.
Standardmodell
med anslutning för
extra vattenuttag.

**Vårgårda Sparblandare för disk-
låda – 60 cc. Succéblandaren med turboeffekt**
En bland många modeller för ROT-marknaden.

ROT

Vårgårda Armatur  447 00 VÅRGÅRDA Tel. 0322-212 10

Tema:

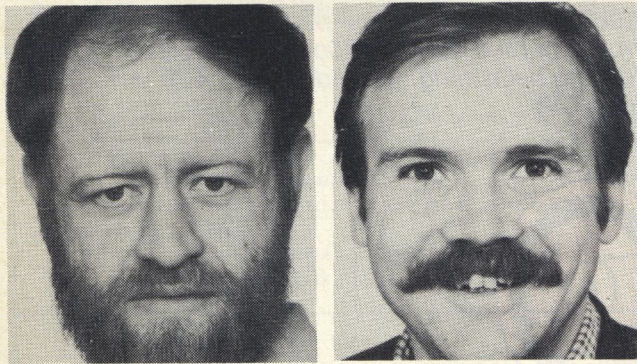
När och hur lönar det sig att spara energi?

Journalen

Värmepumpförsäljningen – siffrorna för 1986

Vattenfall satsar på värmeförsäljning och tidstariffer

MINIMERADE LIVSCYKEL- KOSTNADER GER OPTIMALA ROT-ÅTGÄRDER



Björn G Karlsson

Professor i Energisystem. Teknisk fysiker CTH 1970. Technologie doktor i kärnkraftsteknik 1976. Tf professor i kärnkraftsteknik 1977–80. Energisamordnare på CTH 1975–80. Institutionens huvudsakliga inriktning är effektiva, industriella energisystem, styrning av elbelastningen, värme-lagring inom industrin, livstidsoptimering av hela system för hus och processer.

Stig-Inge Gustafsson

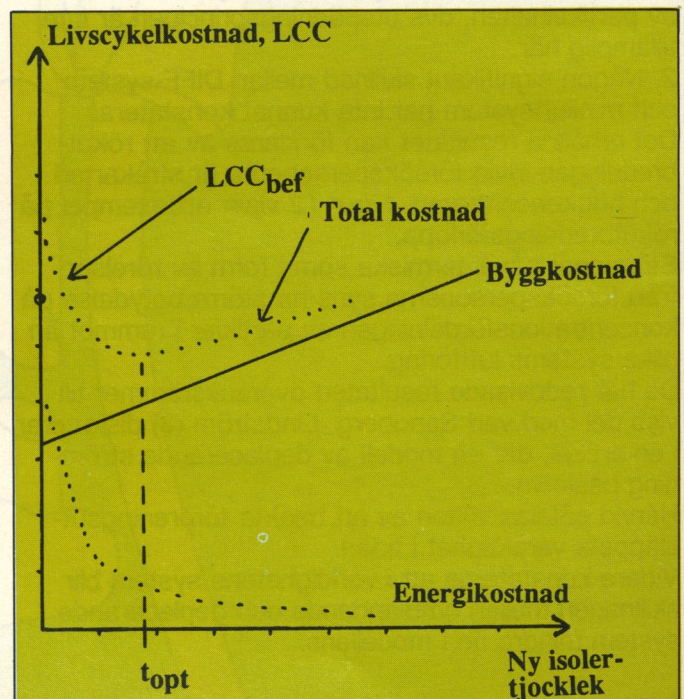
Civ ing 1976 från Chalmers Tekniska Högskola, linje V.

Arbetade sedan med kommunal- teknik på K-Konsult i Linköping till 1980 och från 1981 på fastighetskontoret i Linköping som exploateringsingenjör, exploatering av bostads- och industriområden. Fil kand 1984.

Sedan 1985 inskriven som forskarstuderande, doktorand, vid Tekniska högskolan i Linköping avd Energisystem. Teknisk licentiat jan 1987 på en avhandling om livstidsoptimerade ROT-åtgärder.

Under de senaste åren har renovering, ombyggnad och tillbyggnad (ROT) av befintligt byggnadsbestånd kraftigt ökat i betydelse. Ungefär samtidigt har energiåtgärder också vidtagits mer påtagligt. Vid en ROT-situation har byggherren och/eller byggaren, ibland tillsammans med en konsult, gått igenom byggnaden. På grundval av inspektionen har åtgärder beslutats. Inte sällan har lånebestämmelserna varit vägledande.

Vid institutionen för Energisystem vid Tekniska Högskolan i Linköping har under några år studerats vilka kriterier som bör gälla vid beslut om val mellan olika ROT-åtgärder. Det är uppenbart att från resurssynpunkt bör hus jämföras med andra långsiktiga investeringar i samhället. D v s den korrekta grunden för valet av paketlösningar bör vara den lägsta livstidskostnaden för byggnaden. Arbetet har lett fram till en beräkningsmodell som ger den kombination av åtgärder på såväl klimatskärm som installationer som blir bäst och billigast i längden. Artikeln beskriver hur modellen är utformad och anger



Figur 1. Tilläggsisolering av exempelvis en yttervägg

Tabell 1. Sparmatrix för grundalternativ. Beloppen i 10⁶ kr.

	Bef. olja	Ny olja	El- värme	Fjärr- värme	Sjö- värme	Ytjord- värme
Nuvärde utan bygg ROT	2.43	2.43	2.80	2.13	2.41	2.75
<i>Sparbelopp</i>						
Iso. bjälklag	0.11	0.11	0.16	0.06	0.11	0.16
Iso. golv	-	-	-	-	-	-
Iso. vägg	0.03	0.02	0.07	-	0.03	0.08
Treglasfönster	-	-	-	-	-	-
Tätning	0.17	0.16	0.21	0.13	0.17	0.21
Frånluft vp	0.05	0.04	0.14	-	-	-
Summa LCC	2.07	2.10	2.22	1.95	2.11	2.30

resultat för ett tänkt hus på ca 2 000 m² (20 lägenheter) med ganska dålig energistatus.

Lägsta kostnad

Genom att studera huset som ett energisystem och beräkna de totala kostnaderna under dess livstid kan man avgöra hur byggnaden skall åtgärdas så att lägsta kostnad erhålls, d v s största samhälls-ekonomiska effektivitet.

ROT-åtgärderna blir därvid optimerade, d v s det går inte att hitta en annan kombination av de undersökta åtgärderna som blir billigare.

Tekniken förstås enklast genom att studera *fig 1*.

Den totala kostnaden för väggen fås genom att nuvärdesberäkna och summera underhålls-, energi- och byggkostnader för att tilläggsisolera väggen under den studerade perioden. Vid en speciell isolertjocklek t_{opt} är den totala kostnaden så låg som möjligt. Varje förändring av isolertjockleken ger högre kostnader. Av figuren framgår också att den *existerande* väggen har en livscykelkostnad, LCC_{bef} . Väggen skall givetvis tilläggsisoleras endast om denna existerande kostnad är högre än den kostnad som erhålls för t_{opt} . Vi har i en uppsats (1) visat att detta ingalunda alltid är fallet.

Väggens livscykelkostnad påverkas givetvis i hög grad av det energipris som tillämpas, d v s av husets värmesystem.

För att kunna avgöra hur detta skall vara beskaffat måste hela husets värmeförluster till omgivningen summeras, d v s man dimensionerar värmesystemet på traditionellt sätt. Kostnaderna för att byta pannor, bränslekostnader och andra kostnader, exempelvis oundvikliga kostnader för att byta fönster etc, nuvärdesberäknas sedan och summeras. Man får således så småningom fram husets totala livscykelkostnad.

Antag nu att en ROT-åtgärd, exempelvis tilläggsisolering av en yttervägg, övervägs. Genom att hålla alla andra faktorer än tilläggsisoleringens tjocklek konstanta kan summakurvan i figur 1 bestämmas och dess minimipunkt beräknas. Husets lägsta livs-

cykelkostnad med tilläggsisolerad yttervägg kan därvid bestämmas. Noteras bör återigen att denna kan vara högre än om ingen tilläggsisolering sker överhuvudtaget. Exempelvis brukar detta vara fallet om befintligt fasadskikt har "oändlig" livslängd, typ fasadtegel.

Andra ROT-åtgärder, exempelvis tätning av huset kan inte uttryckas matematiskt på samma sätt, kostnadsfunktionen är ej kontinuerlig. Istället får man endast två värden att jämföra, husets livscykelkostnad utan respektive med tätning.

Optimeringsprocessen samt alla detaljer i övrigt har utförligt beskrivits i (5).

Genom att räkna igenom varje tänkbar ROT-åtgärd på ovanstående sätt kan således avgöras om åtgärderna skall utföras eller ej. Man erhåller en optimal ROT-strategi.

Alternativ

Nu skulle det ju kunna tänkas att det vore billigare att byta värmesystem, exempelvis kan befintlig oljepanna skrotas och en värmepump installeras istället. Kostnaderna för värmearläggningen och energikostnaden för huset blir därigenom annorlunda än tidigare. En helt annan ROT-strategi skall därför troligen tillämpas på husets klimatskal och ventilations-system. *Tabell 1* visar resultatet för ett fiktivt testhus beläget i Malmö. Värdena är beräknade för en optimeringstid på 50 år och 5% real kalkylränta.

Av tabellen framgår att elvärme är det dyraste alternativet om inga ROT-åtgärder utförs på klimatskalet. Det beror på att detta värmesystem har förhållandevis höga rörliga kostnader, ca 0,30 kr/kWh. Oljan ger lägre energipris, ca 0,25 kr/kWh, och är därför ett billigare alternativ. Lägsta rörliga kostnader fås med värmepumpen, ca 0,10 kr/kWh, men denna är å andra sidan dyr att köpa och installera. Fjärrvärmesystemet – det billigaste alternativet i detta exempel – intar en mellanställning med ett energipris på ca 0,20 kr/kWh. Vi ser att de dyraste energislagen får de mest omfattande ROT-åtgärderna på

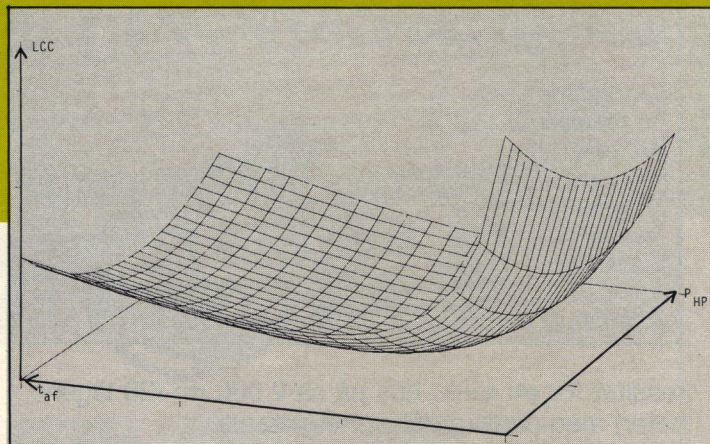
klimateffekten. Kan fjärrvärme installeras lönar det sig bara med bjälklagsisolering och tätning. Värmepumpen ger fler isoleringsåtgärder p g a att man får en lägre dimensionerande effekt i huset och därigenom väsentligt billigare värmepump. Ytterligare kommentarer och beräkningar för andra hus finns i (2). Här har också inverkan av ändrat klimat, andra ekonomiska parametrar etc belysts.

Riktiga taxor viktiga

Våra undersökningar visar också hur viktigt det är att kostnadsriktiga taxor tillämpas för energileveranser av fjärrvärme och el. I exempelvis Malmö och Linköping tillämpas sedan några år tidsdifferentierade fjärrvärmesatser. Energin är därför väsentligt billigare på sommaren än på vintern. På sommaren kan ju fjärrvärmeverken eldas med sopor och träavfall vilket till stor del täcker energibehovet. Installerar man solfångare på husen sparar man med vanlig taxa lika mycket i kr/kWh under sommar som vinter, vilket innebär att solfångaren blir lönsam för abonnenten medan man får sopor över i fjärrvärmeverket.

Våra undersökningar (3) visar att en tidsdifferentierad taxa kan halvera lönsamheten för solfångare medan fjärrvärmeverket får samma lönsamhet som tidigare. Frånluftsvärmepumpar får också sämre lönsamhet medan isoleringsåtgärder istället premieras. Energikonsumenterna uppmuntras därför att spara när det behövs, dvs på vintern.

Bivalenta värmesystem, t ex sjövärmepump – oljepanna, kan ge mycket låga energipriser, ca 0,12 kr/kWh, samtidigt som installationskostnaderna kan hållas på en rimlig nivå. Detta under förutsättning att en optimering sker vad gäller storleken på oljepanna respektive värmepump. Figur 2 visar ett exempel på det kostnadsfält som måste undersökas för att lägsta kostnad skall erhållas. Exemplet avser tilläggsisolering av ett bjälklag med samtidig optimering av det bivalenta systemet. Hur optimering går till visas i (4).



Figur 2. Kostnadsfält. Bivalent värmesystem och isolering, (4).

I just detta fall resulterade optimeringen i att tilläggsisoleringen skulle vara 16 cm tjock, värmepumpen skulle ha effekten ca 40 kW och oljepannan effekten ca 75 kW.

Som framgår av det ovanstående har man alltså genom en livscykelkostnadsanalys möjlighet att avgöra hur en byggnad skall åtgärdas så att husets kostnader minimeras för dess återstående livstid. Naturligtvis finns många osäkerhetsfaktorer som exempelvis framtida energipriser, men klart är att beslutsunderlaget blir väsentligt bättre än med många andra urvalsmetoder.

Referenser

- (1) Gustafsson, Stig-Inge, Karlsson, Björn G, Sjöholm, Bertil H. *Renovation of dwellings, life-cycle costs*. Publ av CIB-1986, Washington, USA. Vol 9 s. 3886–3893.
- (2) Gustafsson, S-I, Karlsson, B G. *Why is life-cycle costing important when retrofitting buildings*. Publ av International Journal of Energy Research.
- (3) Gustafsson, S-I, Karlsson, B G, Sjöholm, B H. *Differentierade fjärrvärmesatser – En analys av konsekvenser för ROT-åtgärder i flerbostadshus*. LiTH-IKP-R-412, Tekniska Högskolan i Linköping, 1985.
- (4) Gustafsson, S-I, Karlsson, B G. *Bivalent Heating Systems. Retrofits and Minimized Life-Cycle Cost for Multi-Family Residences*. Publ av International Journal of Energy Research.
- (5) Gustafsson, S-I. *Optimal Energy Retrofits on Existing Multi-Family Buildings*. Thesis No. 91, LIU-TEK-LIC-1986:31, Tekniska Högskolan i Linköping.