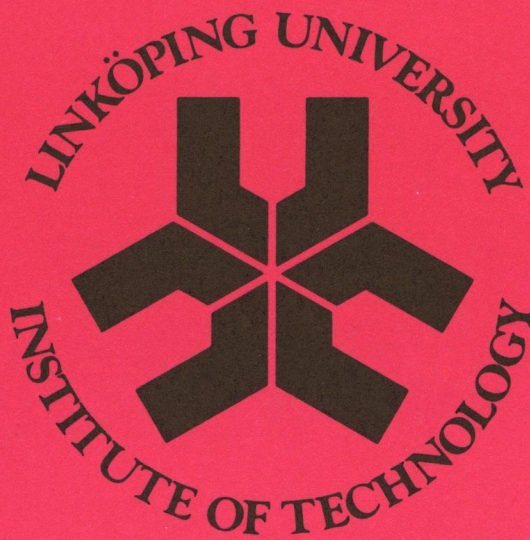


DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Bostadslånens inverkan på optimala energisparåtgärder
i flerbostadshus

Stig-Inge Gustafsson
Björn G Karlsson

LITH-IKP-R-644



Bostadslånens inverkan på optimala åtgärder i
flerbostadshus

Stig-Inge Gustafsson, Karlsson Björn G,
Tekniska Högskolan, Energisystem,
Linköping

Rapport LiTH-IKP-R-644, 1991

FÖRORD

Denna rapport behandlar hur det svenska bostadsfinansieringssystemet inverkar på optimala energisparåtgärder i ett flerbostadshus. Denna optimala strategi har definierats så att lägsta livstidskostnad för husägaren ska föreligga. Livstidskostnaden inkluderar kostnader för ombyggnation, underhållsåtgärder och drift för byggnaden under dess antagna återstående livstid.

Samtidigt görs ett försök att analysera om denna inverkan på renoveringsstrategin är lämplig utifrån samhällets perspektiv eller om bostadsfinansieringssystemet kan antas verka i motsatt riktning.

Vid undersökningen har en matematisk modell, OPERA - OPTimal Energy Retrofit Advisory, använts för att optimera systemet. Denna modell har utvecklats vid avd Energisystem, Linköpings tekniska högskola. Modellen, eller datorprogrammet, har använts i en IBM 80386 kompatibel persondator. Modellen inkluderar såväl ombyggnadsåtgärder, åtgärder på ventilationssystemet som förändringar av uppvärmningssystemet. Statens råd för byggnadsforskning har finansierat den ursprungliga datormodellen, som en del av ett doktorsarbete, och har vidare bekostat omformningen av denna så att den anpassats till persondatorer.

Dessutom har använts en linjärprogrammeringsmodell som utvecklats för att hitta optimala produktions- och hushållningsåtgärder i ett kraftvärmsystem. Såväl egenproduktion av el och värme behandlas, som inköp av el och sparande i el- och värmelast.

Projektet har bekostats av Statens energiverk till vilket vi vill framföra vårt varma tack. Vidare vill vi framföra vårt tack till Boverkets Karl-Erik Svensson som konsulterats i sakfrågor vid ett flertal tillfällen. Boverket som myndighet har dock avböjt att granska rapporten. Egon Lange, Peter Öhrström och Thomas Davy vid Malmö kommun har svarat för mycket av det grundmaterial, i form av indata till de olika modellerna, som använts i denna rapport. Tack för hjälpen med detta.

SAMMANFATTNING

Denna rapport behandlar hur det svenska bostadsfinansieringsstödet påverkar den optimala ombyggnadsstrategin för ett flerbostadshus. Med optimal strategi menas här att byggnadens framtida livstidskostnader minimerats, dvs någon annan strategi som ger en lägre sådan kostnad skall inte kunna hittas. Endast energirelaterade åtgärder behandlas vilket innebär att förbättrade städmöjligheter, bättre handikappanpassning mm ej återfinnes i rapporten. I begreppet livstidskostnader ligger såväl direkta ombyggnadskostnader, underhållskostnader som driftkostnader för huset under dess kvarvarande livslängd.

Som ett redskap vid undersökningen har den sk OPERA - modellen använts. (OPERA = OPTimal Energy Retrofit Advisory). Dessutom har utvecklats programvara för IBM - kompatibla persondatorer som simulerar de ombyggnadslån där man kan erhålla räntebidrag från staten. Detta program modifierar den indatafil som används till OPERA vilken inte innehåller bostadsfinansieringsstödet i sin basversion. Programmen är skrivna med hänsyn tagen till sk ANSI standard, American National Standard Institute, vilket innebär att de kan användas på i stort sett alla datorer bara omkompilering sker.

Den andra stödformen, sk räntestöd, har behandlats avsevärt mindre ingående pga att dess inverkan på den optimala strategin befunnits vara mycket liten. Dessutom finns denna stödform beskriven i ett separat dokument, D 21:1990 utgivet av Statens råd för byggnadsforskning.

De viktigaste parametrarna i ombyggnadslånen har visat sig vara nivån på den sk garanterade räntan, den takt denna räknas upp samt inflationen. Amorteringstider, räntenivåer och fördelning mellan bostadslån, bottenlån samt egen insats mm har visats ha mindre inverkan. Med de indata som gäller för 1990 har subventionsgraden visats vara c:a 35 %, dvs 35 % av godkänd ombyggnadskostnad betalas av staten i subvention medan c:a 65 % av kostnaden får betalas av fastighetsägaren eller tomträttsinnehavaren.

Det har också visats att ombyggnadslånen påverkar den optimala renoveringsstrategin i mycket liten grad, ungefär samma åtgärder ska väljas oavsett om lånesystemet används eller inte. Genom att lånesystemet subventionerar stora kapitalinsatser vid renoveringstillfället, så länge kostnaden ryms inom den godkänt belopp, fås dock en något bättre konkurrenssituation för mera komplicerade värmesystem. S.k bivalenta värmesystem, där en oljepanna svarar för topplasten och en värmepump för baslasten kommer därför att väljas oftare när ombyggnadslånen används. Detta kan leda till att landets elberoende kommer att öka. Utfallet beror på prissättningen på el och värme vilken inte motsvarar kostnaderna för att producera nyttigheterna.

Förhållandena har bl a undersökts i en avslutande, men inte till utrymmet kortare, del av rapporten där energisystemet vidgats så att även produktions-

anläggningar för värme och el tagits med i analysen. Det visar sig dock att lönsamheten på olika sparåtgärder är begränsad, framför allt vad gäller sparande av fjärrvärme. Ett elsparande genom enkla och billiga åtgärder kan troligen vara lönsamt eller vara på gränsen till lönsamhet. Ett förslag är därför att genom lånesystemet se till att prissättningen på sparåtgärderna något korrigeras. Utrustning som ser till att elanvändningen minskar på nätet under höglasttid skulle ex vis kunna subventioneras och finansiering ske genom kraftbolag och eldistributörer, vilka erhåller de största vinsterna av att en sådan laststyrning sker. Exempel på åtgärder är:

- Uppvärmning av tappvarmvatten med el endast nattetid, större varmvattenberedare
- Natthöjning av innetemperaturen, vid elvärme, så att värmen kan stängas av under delar av dygnet
- Accumulering av värme i vattenlager som värms under ellastens lågprisperiod
- Ökad isolering i elvärmda hus vilket ger längre tidskonstant, innetemperaturen sjunker saktare
- Ingen subvention av isoleråtgärder mm vid fjärrvärme med elkraftproduktion
- Kostnadsriktiga el- och fjärrvärmesaxor
- Ändrade skatteregler så att inte bränslen som används till fjärrvärme beskattas eller
- Beskattning av bränslen till elproduktion på likartat sätt som vid värmeproduktion
- Möjlighet för elproducenten eller distributören att stänga av vissa abonnentanläggningar under brist
- Mer differentierad prissättning så att konsumenten hela tiden känner av de verkliga kostnaderna

Utrustning som gör det möjligt att uppnå några av ovanstående förslag borde därför kunna få ingå i den godkända ombyggnadskostnaden utan att behöva konkurrera med andra ombyggnadsåtgärder som förbättring av köksmiljö, lägenhetsfördelning, brandskydd mm.

NOMENKLATUR

A_f	Area på ett fönster
$A_{1,2..}$	Binära heltalsvariabler för isoleråtgärder
B	Binär heltalsvariabel för fönsterbyte
C_{ins}	Kostnad för isoleråtgärder
$C_{1,2..}$	Olika konstanter
$D_{1,2..}$	Binära heltalsvariabler för isoleråtgärder
EDH	Egenproducerad eleffekt under högprisperiod
EDL	Egenproducerad eleffekt under lågprisperiod
$GTHL$	Eleffekt på gasturbin under höglastperiod
$GTLL$	Eleffekt på gasturbin under låglastperiod
$GTMBR$	Maximal bränsleeffekt för gasturbin
HEH	Värmeeffekt pga elproduktion, högprisperiod
HEL	Värmeeffekt pga elproduktion, lågprisperiod
HC	Värmeeffekt, köldning
HG	Värmeeffekt, sopeldning
HHP	Värmeeffekt, värmepumpar
HW	Värmeeffekt, spillvärme
$INTH$	Binära heltalsvariabler för högprisperioderna
$INTL$	Binära heltalsvariabler för lågprisperioderna
$LAGEFH$	Lagereffekt under högprisperioderna
$LAGEFL$	Lagereffekt under lågprisperioderna
$LAGMX$	Lagrets maximala energinnehåll
K	Kostnad för en åtgärd
P_{MAX}	Maximal beräknad eleffekt, november till mars
$PREV$	Nuvärde av kostnader
REH	Inköpt eleffekt, högprisperiod
REL	Inköpt eleffekt, lågprisperiod
$V_{1,2..}$	Värdet på en funktion, kopplad till $A_{1,2..}$ ovan
k_c	Befintligt k - värde för en byggnadsdel
k_n	Nytt k - värde för en tilläggsisolerad byggnadsdel
b	Antalet år en kostnad, K , uppträder
r	Den reala diskonteringsräntan
t	Tjocklek på extra isolering
1, 2, 3, ...	Olika tidsperioder indelade efter månad
λ_n	Värmeledningstal för nytt isolermaterial

Innehåll

1	INLEDNING	11
2	LÅNESYSTEMET	13
3	OPERAMODELLEN	15
4	OMBYGGNADSLÅN - OPERA	19
5	FALLSTUDIE	21
6	KÄNSLIGHETSANALYS	27
7	OMBYGGNADSLÅN - ENERGIANVÄNDNING	33
8	KRAFTVÄRME - OMBYGGNADSLÅN	37
8.1	PRISSÄTTNING VÄRME - EL	37
8.2	KRAFTVÄRMEANLÄGGNING - MATEMATISK MODELL . .	38
8.3	UTÖKAD FALLSTUDIE	39
8.3.1	ELLAST	40
8.3.2	VÄRMELAST	41
8.3.3	ELTARIFF SYDKRAFT	42
8.3.4	KOSTNADER FÖR EGEN EL- OCH VÄRMEPRODUK- TION	42
8.3.5	BESPARINGSÅTGÄRDER EL OCH VÄRME	43
8.3.6	MODELL FÖR ELPRODUKTION	43
8.3.7	MODELL FÖR VÄRMEPRODUKTION	46
8.3.8	LÖSNING AV PRODUKTIONSMODELLEN	47
8.3.9	MODELL AV BESPARINGSÅTGÄRDER	47
8.3.10	ÖKAD ELPRODUKTION - ELBRIST	56
8.3.11	LASTSTYRNING AV BYGGNADER	57
9	SLUTSATSER	61

Kapitel 1

INLEDNING

När den sk OPERA modellen utvecklades, se Ref. [1], inom ramen för ett doktorsarbete vid Tekniska högskolan i Linköping, framkom att det statliga systemet för bostadsfinansiering skulle kunna påverka den optimala renoveringsstrategi som beräknades. OPERA, OPTimal Energy Retrofit Advisory, används för att finna denna strategi för ett flerbostadshus. Med optimal avses här att den sammanlagda kostnaden för ombyggnads, underhålls och uppvärmningsåtgärder skall vara så låg som möjligt. Varje förändring av strategin ger således högre kostnader för husets ägare. Denna sammanlagda kostnad benämns livscykelkostnaden, och förkortas fortsättningsvis LCC, från engelskans Life-Cycle Cost.

För att kunna lägga samman kostnaderna ovan, vilka inte utfaller samtidigt, har nuvärdesmetoden använts, se Ref. [2]. Detta innebär att begrepp som kalkylränta och projektets antagna livslängd måste införas. Detta kan synas som en stor nackdel då dessa storheter inte kan bestämmas med absolut signifikans. Genom att använda en sk känslighetsanalys kan dock den optimala strategin beräknas för flera olika värden på kalkylränta och den antagna livslängden. Erfarenheten visar vidare att för små förändringar erhålles liten påverkan på strategin. Detsamma gäller för övrigt för många andra värden på indata ex vis kostnader för en tilläggsisolering eller en förändring av uppvärmningssystemet.

Det är också viktigt att klargöra två begränsningar i modell användningen. För det första måste alla konsekvenser av en åtgärd på byggnaden kunna beskrivas som en kostnad eller en intäkt i pengar, och för det andra finns bara energirelaterade åtgärder med i modellen. Förbättrade förhållanden för städning av lokalerna eller handikappanpassning mm finns således inte med. Däremot kan ett utbyte av ytskiktet på en fasad innebära att det blir billigare att tilläggsisolera byggnaden, när man ändå utför arbeten på huset. Sådana åtgärder kan man därför behandla i modellen.

Som nämnts tidigare kan OPERA användas i IBM kompatibla persondatorer. För att underlätta användningen har en manual tagits fram med finansiering från Statens råd för byggnadsforskning, se Ref. [3]. I manualen har OPERA beskrivits mera i detalj och dessutom ingår ett avsnitt, kapitel 5, där det svenska bostadsfinansieringsystemet behandlats. Där framgår också hur alla beräkningar, vad gäller bostadsfinansieringsstödet, sker i modellen. Anledningen till detta förfarande är att omfattande tillägg har varit nödvändiga att göra i OPERA och att manualen till programmet därför måste behandla dessa förändringar. Förhållandena kan vidare detaljstuderas i det appendix till manualen som pub-

licerats, se Ref. [4].

I detta dokument kommer därför endast en kortare beskrivning av det statliga lånesystemet att ske och alla detaljer om OPERA och hur beräkningarna utförs måste inhämtas i de ovan nämnda referenserna. Bostadsfinansieringsstödet är dock hela tiden föremål för förändringar och i den mån nya kända regler påverkar den optimala renoveringsstrategin kommer de naturligtvis att behandlas här. Huvuddelen av textmassan utgörs av ett antal fallstudier där optimal strategi beräknats för ett verkligt hus i Malmö, dels med utnyttjande av lånesystemet och dels utan detta. Vidare kommer att diskuteras om de förändringar som skett i strategin är önskvärda och om lånesystemet gett förväntat resultat.

Dessutom behandlas ett större energisystem där förutom ett hus, även ett kraftvärmeverk behandlas. I denna senare studie har sk blandad heltalsprogramering tillämpats för att kunna optimera detta större system. Den matematiska modell som byggts upp kan hantera såväl ökade produktionsresurser, ex en gasturbinanläggning, som ett ökat inköp av el. Vidare behandlas fjärrvärmekostnad med sin bränslemix samt sparåtgärder för värme och el i byggnadsstocken. Exempel på sådana åtgärder är tilläggsisoleringar, fönsterbyten och energilagring. Till rapporten hör dessutom några av de skrifter som publicerats i internationella tidskrifter inom ämnesområdet. Dessa har använts som referensmaterial till denna rapport för att kunna begränsa textmassan.

Kapitel 2

LÅNESYSTEMET

En av tankarna med det svenska bostadsfinansieringsystemet är att staten, genom att ge räntebidrag, skall göra ombyggnation av bostäder billigare för husägaren och därigenom få lägre boendekostnader för husets nyttjare. En annan är att staten genom en höjning eller minskning av räntebidragen skall kunna påverka arbetsmarknaden för byggnadsindustrin och på så sätt kunna öka eller minska antalet verksamma inom denna näring. Så har ex vis skett för några år sedan då en höjning skedde av den garanterade räntan för ombyggnationer medan nybyggnation av bostäder ej berördes. Statsmakterna ville på detta sätt öka antalet bostäder i byggnadsstocken. Det är viktigt att påpeka att endast bostäder, och därtill hörande lokaler berörs, så några räntebidrag till andra byggnader lämnas ej. Två olika system finns i dagsläget:

- Ombyggnadslån
- Räntestöd

Tidigare har dessutom sk energisparlån och energisparbidrag funnits tillgängliga men för närvarande, för närvarande kan inte dessa stöd användas. Vad gäller energisparbidrag finns angivet att systemet kan träda ikraft igen efter 1991-06-30 men detta är inte troligt då tidpunkten skjutits fram ett år i taget en längre tid, se Ref. [5].

Ombyggnadslånen är de mest fördelaktiga. Genom att beräkna ett sk låneunderlag tas en godkänd lånesumma fram. Beroende på fastighetsägare kan en varierande del av detta underlag ge möjlighet till räntebidrag. Låneunderlaget delas in i ett bostadslån, 25 - 30 % av låneunderlaget, och ett bottenlån, 70 % av låneunderlaget. Eventuell resterande del av låneunderlaget måste finansieras på annat sätt, max 5 %. Amorteringstiden för det statliga bostadslånet är normalt 30 år medan bottenlånet amorteras på 40 - 50 år. Bottenlånet måste erhållas hos ett sk bottenlåneinstitut, ex vissa banker eller hypotekskassor. Räntebidrag kan nu fås på den skillnad mellan en schablonmässigt beräknad räntekostnad och en av staten garanterad ränta. För närvarande uppgår den garanterade räntan till c:a 5 % och den ökar sedan med 0.25 % per år. Den garanterade räntekostnaden beräknas dock på hela det ursprungliga bostads- och bottenlånet, dvs det antas att man inte amorterar alls på lånet. När den garanterade räntekostnaden överstiger den man annars skulle betala upphör systemet att gälla, se Ref [6]. Som nämnts ovan finns för närvarande inga möjligheter att få lån till enbart energisparåtgärder men sådana kan i viss mån inkluderas i ombyggnadslånen istället.

Grundprincipen är den, att energisparåtgärderna kan tas med i låneunderlaget om de lämpligen utförs i samband med andra ombyggnadsåtgärder. Det viktiga är dock att de totala åtgärderna ryms inom godkänd ombyggnadskostnad. Genom att inkludera energisparåtgärderna när låneunderlaget beräknas kan detta höjas något och några direkta hinder att genomföra ex vis en tilläggsisolering med räntebidrag finns således ej. Kostnaden ska dock kunna anses vara skällig. Även utbyte av värmesystem kan ingå i låneunderlaget. Ofta har dock kommunerna antagit energiplaner vilka anger vilken form av värme som lämpligen skall användas. I bestämmelserna finns därför angivet att byggnaden skall anslutas till någon form av kollektiv värmeanläggning om sådan finns. Turligt nog finns undantag från denna regel om värmeförsörjningen med "större fördel" kan anordnas på annat sätt, men det kan kanske ibland vara svårt för den enskilde att hävda att så sker.

Räntestödssystemet kan utnyttjas för hyres- och bostadsrättshus. Räntebidraget kan här betalas ut oavsett om det finns ett lån eller inte. Bidragets storlek är dock beroende av det sk bidragsunderlaget vilket minskas i enlighet med en viss schablon varje år. Detta bidragsunderlag multipliceras med stadslåneräntan, som varierar över tiden, plus 0.4 %. För många bostadsrättsföreningar och almännytan användes 40 % av denna räntesats vilket resulterar i ett bidrag om ca 4.7 %, medan enskilda fastighetsägare får ett bidrag om ca 2.7 %. Denna procentsats skall sedan multipliceras med bidragsunderlaget för att få fram bidraget i kr. I manualen till OPERA, kapitel 5, har visats att inverkan av räntestödssystemet är utomordentligt litet och därför har denna del av bostadsfinansieringsstödet inte tagits med i programpaketet och behandlas, av samma anledning, inte vidare här heller.

Det ska återigen poängteras att det statliga bostadsfinansieringsstödet är föremål för kontinuerliga förändringar vilket innebär att delar av denna utredning redan kan vara inaktuella när dokumentet kommer i tryck. Bl a diskuteras för närvarande att införa ett system med räntelån, se Regeringens proposition 1990/91:34, istället för det nuvarande med räntebidrag. Räntelånesystemet införs först den 1 juli 1992, enligt beslut 1990-12-13, och ett visst sk skattekompenenserande räntebidrag kommer att införas för hyres- och bostadsrättshus för att jämställa dessa med egnahem där räntorna får "dras av" på skatten. Räntelånesystemet har ännu inte trätt i kraft och detta behandlas därför inte alls här.

Kapitel 3

OPERAMODELLEN

Som tidigare nämnts finns en omfattande dokumentation som beskriver de bakomliggande teorierna till OPERA. Här kommer därför endast att tas upp de delar som oundvikligen behövs för att förstå sammanhangen i stort.

Den befintliga byggnaden, kostnader för olika ROT-åtgärder, bränslepriser mm beskrivs i en indatafil. Denna indatafil läses av programmet och byggnadens LCC utan några som helst åtgärder beräknas, se Figur 3.1.

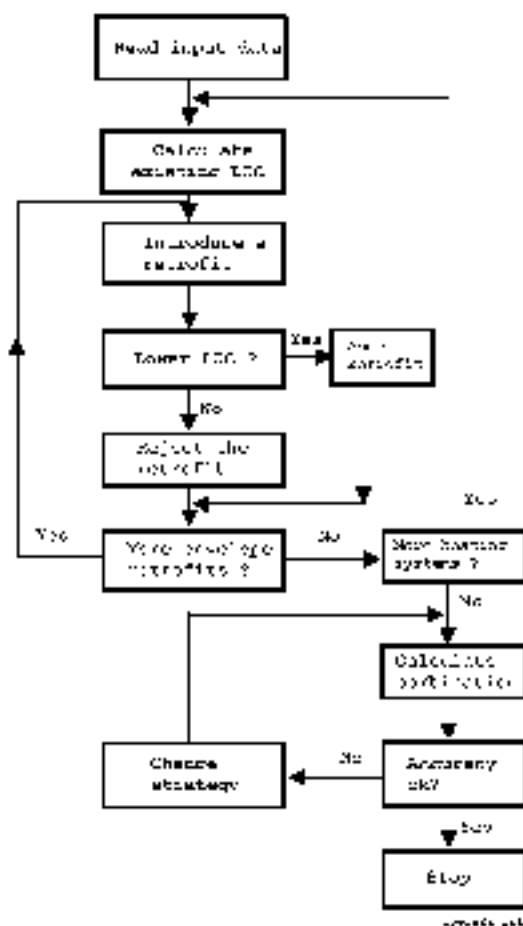
Det ska observeras att om några ombyggnadsåtgärder är oundvikliga tas de med i denna befintliga LCC. Ett exempel kan vara att den befintliga värmepannan måste bytas ut, vare sig man vill det eller inte, efter 10 år. Det viktiga är att denna värmepanna då byts mot en liknande anläggning. Ett annat exempel kan vara att dåliga tvåglasfönster byts mot nya tvåglasfönster efter kanske 5 år. Den befintliga LCC beskriver således de kostnader man har om huset får vara som det är i dagsläget men att man reparerar det som måste repareras den dag felen uppkommer.

Härefter införs en ROT-åtgärd. Den första som behandlas i modellen är en bjälklagsisolering. Optimal tjocklek beräknas nu med antagande om att även den gratisenergi som finns tillgänglig är värdefull. Modellen använder då en kontinuerlig matematisk funktion av en antagen LCC som deriveras och sätts lika med noll. När ett värde på isolertjockleken bestämts beräknas en ny LCC fram för den befintliga byggnaden, vilken nu tilläggsisolerats på vinden. Kostnaden för gratisenergin nu sätts lika med noll. Denna nya LCC är således något lägre än den tidigare där gratisenergin åsatts fullt värde.

Om nu denna senare LCC är lägre än den som beräknats för det befintliga huset utan åtgärder, antas ROT-åtgärden vara en kandidat till en optimal lösning. Om förhållandet är det motsatta förkastas åtgärden helt. Fyra olika isoleråtgärder behandlas:

- Bjälklagsisolering
- Isolering av golv
- Utvändig isolering av ytterväggar
- Invändig isolering av ytterväggar

När isoleråtgärderna undersökts kommer turen till olika typer av fönsteråtgärder. Då det är mycket svårt att hitta kontinuerliga funktioner som korrekt



Figur 3.1: Principiell funktion hos OPERA

beskriver olika fönstertyper används istället en så kallad direct search metod. De befintliga tvåglasfönstren byts ut mot ex vis treglasfönster och en ny LCC beräknas. Denna senare LCC jämförs återigen med LCC för det befintliga huset utan åtgärder. Tre olika fönsteråtgärder prövas och de resulterande LCC jämförs både inbördes och med den ursprungliga kostnaden. Detta för att flera alternativ kan vara lönsamma men bara den mest fördelaktiga väljas. Påpekas bör också att fönsteråtgärderna undersöks också för fönstrens olika orientering mot solen. Det skulle kunna vara så att ett bättre värmeisolerande fönster väljs mot norr medan ett annat med bättre ljusgenomsläpp väljs mot söder även om detta erfarenhetsmässigt har visat sig vara mindre vanligt.

Tätning av fönster och dörrar är ofta en lönsam åtgärd och även här undersöks kostnaden före och efter åtgärd.

Den sista åtgärden vad gäller värmeanvändningen avser en frånluftsvärme-

pump. Hänsyn tas till om det tidigare befunnits vara lönsamt med tätning och en undersökning görs vidare om det är mera lönsamt att ta vara på den utventilerade värmen i en något större värmepump än att använda en mindre med ett något lägre dimensionerande luftflöde.

När samtliga åtgärder på byggnadsskal och ventilationssystem är undersökta byter OPERA uppvärmningsanordning, och en ny möjlig ROT - strategi beräknas på samma sätt som ovan. Följande värmesystem behandlas:

- Oljeeldning
- Elvärme, fast taxa
- Fjärrvärme, fast taxa
- Sjövärmepump, eller motsvarande
- Fjärrvärme, differentierad taxa
- Elvärme, differentierad taxa
- Bivalent system, olja - sjövärmepump
- Bivalent system, olja - uteluftvärmepump

För alla dessa värmesystem erhålles olika ROT - strategier som kandidater till den optimala lösningen.

Om flera åtgärder på klimatskal och ventilationssystem erhålles samtidigt kan dessa påverka varandra. Normalt överskattas spareffekten om varje åtgärd beräknas för sig, men motsatsen har också beskrivits, se Ref. [7]. I OPERA beräknas därför den resulterande LCC återigen, nu med samtliga åtgärder inkluderade och resultatet jämförs med det tidigare. Erfarenheterna visar att ett värmesystem med låga driftkostnader väljs vilket innebär att endast några få ROT - åtgärder kommer ifråga. Endast i undantagsfall blir skillnaden mellan de två LCC besvärande hög. Om så är fallet kan man undersöka huruvida resultatet förbättras om t ex en isolertjocklek minskas eller åtgärden helt tas bort. Den bästa möjliga strategin kan därför alltid hittas.

Kapitel 4

OMBYGGNADSLÅN - OPERA

Den ursprungliga OPERA - modellen har kompletterats så att möjligheter finns att simulera ett utnyttjande av ombyggnadslånen. Detta går till så att ett speciellt datorprogram, SUB, används vilket förändrar den indatafil som modellen måste ha. Vidare har FORTRAN - koden till OPERA modifierats på ett flertal punkter. Koden har publicerats, se Ref. [4], vilket innebär att alla detaljer kan studeras, både vad gäller OPERA och alla de tilläggsprogram som tagits fram.

Indata till SUB beskrivs i en särskild datafil kallad LOAN.DAT. I denna datafil återfinnes följande värden:

- Bostadslånets amorteringstid
- Bottenlånets amorteringstid
- Topplånets amorteringstid
- Bostadslån som andel av totalt lån, låneunderlag
- Bottenlånets andel av totalt lån
- Topplånets andel av totalt lån
- Ränta på bostadslån
- Ränta på bottenlån
- Ränta på topplån
- Garanterad ränta
- Årlig ökning av garanterad ränta
- Ränta för annuitetsberäkning, annuitetslån och serielån
- Inflationstakt

I Ref. [4], appendix C, framgår att programmet SUB består av ett huvudprogram och flera underprogram. Filen LOAN.DAT läses av underprogrammet SYS.C. Detta underprogram används för att beräkna hur stor del av den ursprungliga kostnaden som måste betalas av husägaren när bostadsfinansierings-systemet är i funktion. Betalningsserierna för bostadslån och bottenlån antas ske efter den sk annulleringsprincipen, vilket innebär att samma summa i Kr hela tiden betalas av husägaren. I början av låneinbetalningarna består således så gott som hela beloppet av räntor på kapitalet medan i slutskedet betalningarna nästan enbart är amorteringar. Genom en serie nuvärdesberäkningar flyttas dessa betalningsserier till ett basår varvid samtidigt tas hänsyn till inflationen. Notera att de räntesatser som avses ovan är de riktiga räntorna och inte realräntan som ska användas i OPERA.

När sedan inverkan av lånesystemet skall beräknas måste poängteras att det endast är den första gången en kostnad uppträder som subvention sker. Detta innebär ex vis att fönsterbyten subventioneras år noll men ej nästa gång de måste bytas ut. Förhållandet accentueras särskilt vid utrustningar som har täta underhållsintervall ex vis kompressorbyten i värmepumpar. Första gången värmepumpen installeras subventioneras kostnaden men ej vid de återkommande servicetillfällena. Nuvärdesberäkningarna i OPERA har därför justerats med hänsyn till detta. I OPERA anges kostnaden för ex vis en tilläggsisolering som:

$$C_{ins} = C_1 + C_2 + C_3 \times t \quad (4.1)$$

där C_1 = Kostnader för rivning av fasader, ställningar m.m., C_2 = Stegkostnad för isoleringsarbetet och C_3 = Den rörliga kostnaden för isoleringen i kr/(m × m²).

Värdena C_1 och C_2 subventioneras i enlighet med det värde som beräknats i SYS.C men också lutningen C_3 påverkas. Beräkningen tillgår så att kostnaden för ett antal isoleringstjocklekar beräknas med hänsyn taget till lånesystemet. Dessa kostnader anpassas sedan till en rät linje mha minsta kvadratmetoden och en ny linje fås som simulerar kostnaden med utnyttjande av lånesystemet. Det skall också nämnas att kostnaden C_1 i OPERA får en något annorlunda betydelse när ombyggnadslånen ska simuleras. I kapitel 5 i OPERA -manualen, Ref. [3], beskrivs förfarandet i detalj.

Genom att använda programmet SUB kommer ett antal förändringar att skrivas in i den indatafil som skall användas i OPERA. I programmet SUB döps filen till SUB.DAT men den kan naturligtvis döpas om efter behag. OPERA används sedan som vanligt och inga extra åtgärder behöver vidtagas.

Kapitel 5

FALLSTUDIE

Vi har använt en byggnad i Malmö som fallstudie vilken studerats speciellt i det sk sjubygggarprojektet. Personal från Malmö Energi AB, fastighetskontoret i Malmö samt deltagare ur sjubyggargruppen har inventerat huset och funnit följande:

Fastigheten, Uppland 5, är bebyggd med ett ganska litet flerbostadshus som befinner sig i ett dåligt termiskt och estetiskt skick. Den totala lägenhetsarean är 819 m^2 och antalet lägenheter uppgår till 14 st. K - värden för vindsbjälklag, golv och ytterväggar är 0.8, 0.5 och $1.2 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$ respektive. Fönstren är vanliga tvåglasfönster med ett bedömt k - värde på $3.5 \text{ W/m}^2 \times \text{K}$. Då huset är i dåligt skick har alla byggnadsdelar antagits ha en återstående livslängd på noll år utom golvet, som antagits ha 50 års kvarvarande livslängd. Detta har skett då golvet svårligen kan åtgärdas med en tilläggsisolering och man velat spärta ut en sådan ROT - åtgärd

Ventilationssystemet fungerar som ett självdragssystem och man har antagit att c:a 0.6 omsättningar av luften per timma sker. Huset värms med en oljepanna om 110 kW med en antagen verkningsgrad på 0.75. Pannan bedöms ha 5 år kvar av sin livslängd.

Tappvarmvattenförbrukningen uppgår till c:a 42 000 kWh per år.

Samtliga indata som använts vid optimeringen har beskrivits i Ref. [3] och därför kommer inte en fullständig upprepning att ske här. De värden mm som diskuteras kommer dock att anges i sitt sammanhang för enkelhets skull. Det främsta intresset här är heller inte att undersöka vilken optimal strategi som väljs, utan i stället hur denna förändras då lånesystemet tillämpas. I Figur 5.1 nedan redovisas resultatet från OPERA då lånesystemet ej utnyttjats.

Den befintliga LCC, utan att några åtgärder vidtagits, framgår av värdet högst upp till vänster, dvs 1.48 MSEK. Värdet omedelbart därunder anger hur mycket man sparar på att införa en optimal bjälklagsisolering. Då värdet här är 0.00 MSEK har OPERA funnit att någon isolering ej är lönsam även om bästa möjliga tjocklek används. För ytterväggarna erhålles dock att 0.05 MSEK sparas och det är således optimalt att tilläggsisolera här under förutsättning att värmesystemet inte byts ut. Under samma förutsättning fann man att treglasfönster skulle användas, vilket sparar 0.06 MSEK. Tätning av fönster och dörrar var också en lönsam åtgärd, vilket sparar 0.01 MSEK. På raderna under ser man också att samma värde erhållits på LCC, dvs 1.36 MSEK, oavsett om en stegvis beräkning skett eller om hela strategin applicerats samtidigt.

DIFFERENT PARTS OF THE LCC IN SEK:	
SALVATION VALUE EXISTING BOILER	20533.
INEVITABLE BUILDING RETROFIT COST	253788.
NEW BOILERS COST, PIPING EXCLUDED	86840.
PIPING COST	12870.
ENERGY COST	627017.
BUILDING RETROFIT COST	188760.
CONNECTION FEE	7722.
THE LOWEST COMBINATION LCC	1197530.
INCREMENTAL LCC	1197530.
DIFFERENCE BETWEEN INC. AND COMB.	0.

Tabell 5.2: Detaljer i den optimala ROT - strategin beräknad av OPERA

Tyvärr fås också en kostnad för åtgärderna, 188.8 kSEK medan den oundvikliga kostnaden minskar till 253.8 kSEK. Detta beror på att kostnaden, 188.8 kSEK är nuvärdesberäknad vilket innebär att hela betalningsserien för fönsterbytena finns med i detta belopp. Framtida fönsterbyten till tvåglasfönster, vilket var fallet då den oundvikliga kostnaden beräknades, minskar därför då alla sådana fönsterbyten tas bort.

I Tabell 5.2 återfinnes också fördelningen av de i LCC ingående elementen med en större precision än som redovisades i Figur 5.1.

Antag nu att lånesystemet utnyttjas. Den ursprungliga datafilen till OPERA måste nu konverteras för att spegla detta. Följande indata har använts i detta initialskede:

- Bostadslånets amorteringstid, 30 år
- Bottenlånets amorteringstid, 40 år
- Topplånets amorteringstid, 25 år
- Bostadslån som andel av totalt lån, låneunderlag, 25 %
- Bottenlånets andel av totalt lån, 70 %
- Topplånets andel av totalt lån, 5 %
- Ränta på bostadslån, 12 %
- Ränta på bottenlån, 11 %
- Ränta på topplån, 15 %
- Garanterad ränta, 5.1 %
- Årlig ökning av garanterad ränta, 0.25 %
- Ränta för annuitetsberäkning, annuitetslån och serielån, 8 %
- Inflationstakt , 7 %

Att det bivalenta systemet blivit så konkurrenskraftigt när ombyggnadslånen används beror på att detta har höga installationskostnader vilka subventioneras med c:a 35 %. Naturgassystemets kostnader minskar inte alls med lika stort belopp. Samma fenomen kan iakttagas för det "rena" värmepumpsystemet vars kostnader sjunker från 1.57 MSEK till 1.25 MSEK och det är inte otänkbart att sådana system kan komma att bli optimala om subventionerna skulle öka, ex vis vid en tillämpning av den lägre garanterade ränta som gällde tidigare. Det är således uppenbart att lånesystemet gynnar stora investeringar vid den tidpunkt då huset byggs, under förutsättning att de kan rymmas inom låneunderlaget.

I detta speciella fall gynnar också ombyggnadslånen ett värmesystem som drivs med el, dvs värmepumpen, vilket kanske inte ligger i landets intresse. Även om värmepumpen tar en stor del av sin värme från marken eller motsvarande kommer sådana värmesystem att låsa landet hårdare till en hög elanvändning.

Vad gäller ombyggnadsåtgärder på klimatskalet och ventilationssystemet framgår att ett större antal åtgärder än tidigare blir lönsamma. För det befintliga värmesystemet valdes t ex en bjälklagsisolering vilken inte ansågs lönsam då ombyggnadslånen ej tillämpades. Lånesystemet kan således anses ha positiva effekter på energisparande men om den optimala strategin undersöks visar detta att ytterligare åtgärder ej tillkommit. De positiva effekterna är således endast av mindre omfattning. En analys av den optimala isolertjockleken för det befintliga systemet visar att ombyggnadslånen ger en ökad tjocklek på ytterväggen från 7 till 9 cm vilket endast torde ha en marginell effekt vad gäller energisparandet. Viktigare är att bjälklagsisoleringen blev lönsam vilket innebar att 18 cm extra isolering skulle appliceras här mot ingen extra isolering alls tidigare. Notera återigen att detta dock inte var den optimala strategin.

Kapitel 6

KÄNSLIGHETSANALYS

Det är naturligtvis av intresse att se hur den optimala strategin förändras om ombyggnadslånens förutsättningar varieras. Ovan redovisades de indata som använts för att simulera ombyggnadslånet. Bostadslånets amorteringstid angavs till 30 år. Antag att 40 år används istället. Genom att använda programmet SUB erhålles en ny indatafil till OPERA vilken används för optimeringen. Det visar sig att subventionen blir något högre men skillnaden är så liten, från 35.8 % till 36.7 % att ingen förändring i den optimala lösningen kan skönjas. Om bostadslånets amorteringstid förkortas med 10 år fås subventionen till 34.2 % och återigen ser man att skillnaden blir mycket liten.

Om istället bottenlånets amorteringstid ändras från 40 till 30 år, dvs skillnaden är återigen 10 år, blir differensen i subvention större, från 35.8 % till 33.3 %, men även här är förändringen så liten att påverkan på den optimala strategin blir minimal. Att skillnaden i subvention blir större är naturligt då bottenlånet svarar för 70 % av låneunderlaget medan bostadslånet endast för 25 %. Mindre förändringar av lånens amorteringstid förändrar således den optimala strategin mycket marginellt.

Detsamma gäller mindre förändringar av hur stor del av låneunderlaget som är bostadslån, bottenlån respektive egen insats. Om den egna insatsen blir avsevärt större, ex vis 50 % av låneunderlaget, minskar naturligtvis subventionsgraden och därigenom skillnaden i ROT-strategi. En minskning av den egna insatsen ex vis från 5 till 1 % ger en ökad subvention till 38.1 %. ROT-strategin förändras dock endast marginellt av detta och samma rotåtgärder som tidigare valdes. LCC blev nu c:a 1.05 MSEK vilket dock innebär en lägre kostnad för fastighetsägaren.

Om räntan på lånen förändras måste också subventionsgraden förändras och därigenom optimal strategi. En förändring av bostadslånets ränta till 17 % ger en subventionsgrad på 35.4 % medan en förändring neråt med 5 % ger subventionsgraden 37.4 %. När det gäller en minskning av räntan överges subventionerna snabbare, den garanterade räntan behöver endast stiga till omkring 7 % för att detta ska ske. När det gäller en höjning av räntan erhålles subventionerna längre tid men å andra sidan blir räntekostnaderna betydligt högre i slutet av betalningsserien. I Tabellerna 6.1 och 6.2 återfinnes betalningsserierna för 12 och 17 % ränta respektive. Man kan se att det belopp som måste betalas är högre i Figuren 6.2 för åren 17 och framåt, än vad de är i figuren 6.1.

Även om dessa kostnader uppträder långt fram i tiden, och därför inte inver-

THE RESIDENCE LOAN							
Year Numb	PIP	Interest cost	Amortization	Warr cost	To pay	Next year	Real int.
1	4219	3800	419	2422	2842	47081	5700
2	4219	3766	453	2541	2994	46628	5650
3	4219	3730	489	2660	3149	46139	5595
4	4219	3691	528	2779	3307	45611	5537
5	4219	3649	570	2898	3468	45040	5473
6	4219	3603	616	3016	3632	44424	5405
7	4219	3554	665	3135	3800	43759	5331
8	4219	3501	719	3254	3972	43040	5251
9	4219	3443	776	3372	4149	42264	5165
10	4219	3381	838	3491	4329	41426	5072
11	4219	3314	905	3610	4515	40520	4971
12	4219	3242	978	3729	4706	39543	4862
13	4219	3163	1056	3847	4903	38487	4745
14	4219	3079	1140	3966	5107	37347	4618
15	4219	2988	1232	4085	5317	36115	4482
16	4219	2889	1330	4204	5534	34785	4334
17	4219	2783	1437	4322	5611	33348	4174
18	4219	2668	1551	4441	5553	31797	4002
19	4219	2544	1676	4560	5491	30121	3816
20	4219	2410	1810	4679	5424	28312	3615
21	4219	2265	1954	4797	5352	26357	3397
22	4219	2109	2111	4916	5274	24247	3163
23	4219	1940	2280	5035	5189	21967	2910
24	4219	1757	2462	5154	5098	19505	2636
25	4219	1560	2659	5272	5000	16846	2341
26	4219	1348	2872	5391	4893	13975	2022
27	4219	1118	3101	5510	4778	10874	1677
28	4219	870	3349	5629	4654	7524	1305
29	4219	602	3617	5747	4520	3907	903
30	4219	313	3907	5866	4376	-0	469

Tabell 6.1: Betalningsserie för bottenlån med 12 % ränta

kar så mycket pga nuvärdesberäkningarna, beräknas summan av nuvärdet för 17 % bostadslåneränta till 31 380 kr medan 12 % ränta ger 30 583 kr. Skillnaden i subvention för 1 % förändring av låneräntan är således större ju lägre ränta som används som jämförelse. Det skall noteras att beloppen i kr ovan endast används som exempel då de förekommer som sk defaultvärden i programmet SUB. De belopp som använts redovisas närmare i OPERA - manualen kapitel 5.

Inverkan av ränteförändringar på bottenlånet har också undersökts. En ökning av räntan med 5 % till 16 % ger en subvention av lånet med 34.6 %, vilket är en marginell skillnad medan en minskning av bottenlåneräntan till 6 % ger en större subvention än basfallet, nämligen 42.6 %. Subventionerna avbryts här redan år 5 vilket skulle tyda på en lägre subventionsnivå, men räntan är samtidigt lägre än inflationen, vilken sattes till 7 % i basfallet, vilket innebär att en så låg ränta i sig innebär en subvention. En närmare undersökning visar att nuvärdet av bottenlånets betalningsserie sjunker till 67 350 kr för 6 % ränta mot 80 164 kr då räntan är 11 % för de defaultvärden som används. En subvention på 42.6 % ger naturligtvis en påverkan på ROT-strategin och det visar sig att förändringen denna gång är större än tidigare. Samma värmeanläggning skall användas, en bivalent oljepanna och värmepump, men nu fås också flera byggnadsåtgärder, 21 cm bjälklagsisolering och 11 cm utvändigt isolering av ytterväggarna. Det är

THE RESIDENCE LOAN							
Year Numb	FIP cost	Interest zation	Amortl- cost	Warr pay	To year	Next Int.	Real
1	4219	3800	419	2422	2842	47081	8075
2	4219	3766	453	2541	2994	46628	8004
3	4219	3730	489	2660	3149	46139	7927
4	4219	3691	528	2779	3307	45611	7844
5	4219	3649	570	2898	3468	45040	7754
6	4219	3603	616	3016	3632	44424	7657
7	4219	3554	665	3135	3800	43759	7552
8	4219	3501	719	3254	3972	43040	7439
9	4219	3443	776	3372	4149	42264	7317
10	4219	3381	838	3491	4329	41426	7185
11	4219	3314	905	3610	4515	40520	7042
12	4219	3242	978	3729	4706	39543	6888
13	4219	3163	1056	3847	4903	38487	6722
14	4219	3079	1140	3966	5107	37347	6543
15	4219	2988	1232	4085	5317	36115	6349
16	4219	2889	1330	4204	5534	34785	6140
17	4219	2783	1437	4322	5759	33348	5913
18	4219	2668	1551	4441	5993	31797	5669
19	4219	2544	1676	4560	6236	30121	5405
20	4219	2410	1810	4679	6488	28312	5121
21	4219	2265	1954	4797	6752	26357	4813
22	4219	2109	2111	4916	6591	24247	4481
23	4219	1940	2280	5035	6402	21967	4122
24	4219	1757	2462	5154	6196	19505	3734
25	4219	1560	2659	5272	5975	16846	3316
26	4219	1348	2872	5391	5735	13975	2864
27	4219	1118	3101	5510	5477	10874	2376
28	4219	870	3349	5629	5198	7524	1848
29	4219	602	3617	5747	4896	3907	1279
30	4219	313	3907	5866	4571	-0	664

Tabell 6.2: Betalningsserie för bottenlån med 17 % ränta

sålendes tydligt att en förändring av räntenivåerna kan medföra att ROT - strategin ändras. Notera dock att räntan ändrats väsentligt från 12 till 6 % och att denna ränta då understeg inflationen. För mera normala fall kan dock sägas att ROT-strategin endast kommer att påverkas i marginell grad av mindre förändringar vad gäller lånens räntor. Om steget är mycket litet mellan lönsamhet och icke lönsamhet kan dock en liten förändring av räntan göra att åtgärden faller in eller ur den optimala strategin.

En annan parameter som har betydelse är den garanterad räntan. I detta exempel har denna satts till 5.1 %. En halvering till 2.6 % innebär ytterligare ett antal år med subventioner samt dessutom att kostnaden för lånen de första åren minskar avsevärt. Subventionen beräknas nu till 53.1 % vilket är avsevärt högre än tidigare. Detta får dessutom en inverkan på ROT-strategin. Samma uppvärmningssystem väljs en bivalent oljepanna värmepump. Dessutom blir isolering på bjälklaget, 24 cm, och extra isolering på ytterväggarna, 12 cm, del i den optimala lösningen. Treglasfönster mot öster och väster ingår också som tidigare. Den resulterande LCC blir också avsevärt lägre, nämligen c:a 885 000 kr. Trots den omfattande subventionen finns dock fortfarande ett antal åtgärder utanför den bästa strategin ex vis tätning och frånluftvärmepump. Den garanterade räntan har således stor påverkan på subventionens storlek, och därigenom

på resulterande kostnader. Inverkan på den optimala strategin är dock mindre än vad som skulle kunna förväntas och flera byggnads- och ventilationsåtgärder blir trots detta inte optimala. Den optimala isolertjockleken ökar med i storleksordningen 5 cm men det viktigaste är att isoleråtgärderna genom subventionen blir lönsamma att genomföra. Det ska dock noteras att det billigaste uppvärmningssystemet, utan subventioner, naturgas, ligger mycket nära i kostnad, c:a 910 000 kr, vilket innebär att närmare analyser av de olika systemens kostnader skulle kunna ge ett annat resultat.

Den årliga höjningen av den garanterade räntan, som i basalternativet var 0.25 %, påverkar givetvis också systemets kostnader. En höjning till 0.5 % innebär att subventionen minskar till 28.7 %, vilket i sin tur betyder att den ursprungliga strategin utan subventioner kommer att ligga fast.

Den ränta som skall användas för annuitetsberäkningar av bostadslånet, i grundfallet 8 %, påverkar endast i mindre grad subventionens storlek. En halvering av denna ränta, till 4 % innebär att subventionen blir 32.3 %. Det kan synas märkligt att subventionen minskar pga av en sänkning av annuitetsräntan. Av Tabell 6.3 framgår dock att kolumnen FIP, vilket innebär annuiteten, minskar till 2 747 Kr från 4 219 i Tabell 6.1 .

THE RESIDENCE LOAN							
Year Numb	FIP cost	Interest sation	Amorti- cost	Warr pay	To year	Next Int.	Real
1	2747	1900	847	2422	3269	46653	5700
2	2747	1866	881	2546	3427	45772	5598
3	2747	1831	916	2670	3586	44856	5493
4	2747	1794	953	2793	3746	43904	5383
5	2747	1756	991	2916	3907	42913	5268
6	2747	1717	1030	3040	4070	41882	5150
7	2747	1675	1072	3163	4235	40811	5026
8	2747	1632	1115	3287	4402	39696	4897
9	2747	1588	1159	3410	4570	38537	4764
10	2747	1541	1205	3534	4739	37332	4624
11	2747	1493	1254	3657	4911	36078	4480
12	2747	1443	1304	3781	5085	34774	4329
13	2747	1391	1356	3904	5260	33418	4173
14	2747	1337	1410	4028	5420	32008	4010
15	2747	1280	1467	4151	5308	30541	3841
16	2747	1222	1525	4275	5190	29016	3665
17	2747	1161	1586	4398	5068	27430	3482

Tabell 6.3: Betalningsserie för bostadslån, annuitetsränta 4 %

Detta innebär också att räntekostnaden minskar medan amorteringarna kommer att öka då man ska betala ett fast belopp årligen. Den garanterade räntekostnaden ligger fast, vilket innebär att det belopp som måste betalas årligen kommer att öka.

En höjning av annuitetsräntan till det dubbla dvs 16 % innebär att subventionen kommer att minska något, till 38,3 %, vilket innebär att den optimala strategin inte kommer att ändras annat än marginellt i förhållande till utgångsläget.

Den sista parametern att ändra på i denna analys är inflationstakten. En halvering av denna till 3.5 % årligen innebär att subventionen minskar mycket kraftigt, till c:a 7 %. En låg inflation innebär således att påverkan av ombygg-

nadslånen på optimal ROT - strategi blir mycket liten, om ens märkbar. En fördubbling av inflationen från 7 % till 14 % per år innebär samtidigt att subventionerna ökar kraftigt, till omkring 70 %, vilket naturligtvis inverkar avsevärt på den optimala strategin. Inflationen inverkar på det sista steget i nuvärdesberäkningarna dvs när de fasta kostnaderna för varje år skall flyttas till basåret. En hög inflation innebär därför att dessa kostnader blir låga i ett fast penningvärde med en hög subvention som följd. Det bör vidare poängteras att om inflationen är hög innebär detta troligen att räntorna på ombyggnadslånen också kommer att stiga. Subventionsgraden kommer därför återigen att minska. I denna studie har 5 % real ränta antagits gälla. En ökning av inflationen till 14 % skulle således motsvara en ungefärlig bankränta om 19 % istället för c:a 12 % som använts här.

Ovan har visats att de viktigaste parametrarna att ändra på för att få en högre eller lägre subventionsgrad är den garanterade räntan samt den ökning av denna ränta som skall ske varje år. Inflationen är dock den parameter som synes ha den största påverkan på subventionernas storlek men inflationen kan inte bestämmas med samma enkelhet som de andra värdena. Man ser också att den höjning av garanterade räntan, från 2.6 till 5.2 % som genomfördes för några år sedan har en avgörande inverkan på subventionens storlek. Detta var också väl känt då man just företog höjningen för att föra över resurser från ombyggnation till nybyggnation inom bostadssektorn.

Kapitel 7

OMBYGGNADSLÅN - ENERGIANVÄNDNING

Det har visats att ombyggnadslånen ger en subvention av byggkostnaderna med c:a 35 % i dess nuvarande utformning. Subventionerna påverkar de kostnader som inträder i omedelbar anslutning till ombyggnationen vilket innebär att stora investeringar vid denna tidpunkt blir relativt sett billigare. En åtgärd som inträffar några år senare subventioneras ej, då huset i normalfallet måste vara äldre än 30 år, eller minst 30 år måste ha passerat sedan ett ev tidigare ombyggnadslån erhållits, för att lånesystemet skall få utnyttjas. Ombyggnadslånen är i dagsläget förhållandevis neutrala till vilken energiform som används för uppvärmning eller hur mycket som används. Det finns möjligheter att få ett högre låneunderlag om man kan visa att energianvändningen är lägre i det ombyggda huset än i den motsvarande referensbyggnad som beskrivs i den nya byggnormen, se Ref. [9]. Detta förhöjda låneunderlag är dock begränsat till 25 000 kr per lägenhet i ett flerbostadshus, se Ref. [10]. Upp till detta belopp får låneunderlaget ökas med 5 kr per inbesparad kWh och år. Beloppen får vidare multipliceras med sk Orts- och tidskoefficienter vilket innebär att de blir något högre. Det visar sig dock att den referensbyggnad som skall användas är förhållandevis väl isolerad. Det är således svårt att komma under dennas nivå utan stora investeringar. I det fall som beskrivs i denna rapport, där byggnaden innehåller 14 lägenheter, innebär det att låneunderlaget får höjas maximalt med c:a 350 000 kr varav omkring 35 % fås som subvention. Hur denna energibesparing erhålles styrs ej av lånesystemet. Som visats ovan innebär ombyggnadslånen att ex vis bivalenta värmesystem prioriteras framför enklare typer som naturgaseldning eller fjärrvärme. Det finns dock ett villkor som säger att byggnaden skall anslutas till kollektiva uppvärmningssystem om sådant finnes, men det finns också en möjlighet att undvika detta om uppvärmning med större fördel kan ske på annat sätt.

Det är vår övertygelse att energi är en resurs som vilken som helst annan. Om användaren av denna energi är beredd att betala alla de kostnader, således även miljökostnader mm, som kan förknippas med användningen skall inte valet styras på något sätt via statsmakterna. Som visats ovan är inte ombyggnadslånen helt neutrala i detta avseende. Detta beror främst på den sk 30 - årsregeln. I exemplet ovan innebar subventionen att ett bivalent system skulle väljas medan

ett enklare system, naturgas, skulle användas om subventionen inte fanns. Om det vore möjligt att genomföra ombyggnadsåtgärder med tätare intervall, ex. vis då reparationsåtgärder vore oundvikliga, skulle troligen en tilläggsisolering ske när fasaden ändå måste åtgärdas av andra skäl än energiskäl. En subvention av kostnaderna för denna åtgärd innebär dessutom att ytterligare isolering skulle vara lönsam, med ett ökat energisparande som följd. Detta skulle samtidigt innebära att fungerande anläggningar och byggnadsdelar inte skulle skrotas eller rivas innan de tjänat ut, vilket många gånger sker idag. På sikt skulle därför byggnaderna bli avsevärt energisnålare endast genom att man utför de arbeten som vid detta tillfälle skulle vara optimalt, dvs billigast för fastighetsägaren.

Ett annat problem är att många energiåtgärder skulle vara lönsamma om alla kostnader för samhället skulle kunna tas med i beräkningen. Om det bivalenta systemet ovan valdes, det var ju optimalt om subventionen användes, kan detta innebära att elleverantören måste förstärka sitt elnät och i förlängningen skulle kanske ett nytt kraftverk behöva byggas. Ombyggnadssubventionen skulle således kunna innebära, inte bara lägre kostnader för fastighetsägaren, utan också högre kostnader för såväl eldistributör och elleverantör samt staten genom dess bidrag via lånesystemet. Problemen för distributör och leverantör uppkommer dock endast under mycket korta perioder ex vis under kalla vintertvardagar då effektbrist kan uppstå. I väntan på att en perfekt prissättning skall genomföras, där konsumenten betalar den kortsiktiga marginalkostnaden för att använda energiformen i fråga, skulle därför subventioner som får fastighetsägare och andra att agera så att denna effektbrist inte uppkommer kunna vara ett verksamt medel. Ett bivalent system enligt ovan skulle kunna användas för detta ändamål, under förutsättning att eldistributören eller producenten kan förmå fastighetsägaren att begränsa sin förbrukning just under de timmar detta behövs. Detta innebär att värmepumpen skulle stängas av helt under viss tid och att ex vis oljeeldningen då upprätthåller den värmeeffekt som behövs. Tidsstyrning av varmvattenberedning med el skulle kunna vara en annan sådan åtgärd.

Det är också viktigt att energisparåtgärderna sätts in på rätt plats i energisystemet som stort. Ombyggnadslånen tar idag ingen hänsyn till vilket uppvärmningsalternativ som används. I ett kraftvärmsystem, fjärrvärme, skulle ett omfattande sparande av värme innebära att elgenereringen i nätet skulle kunna förhindras, husen fungerar ju i praktiken som kylare till kondensanläggningen. Fjärrvärmedistributörerna har på många ställen infört låga rörliga taxor för att förhindra en sådan utveckling, men prissättningen är sådan att det fortfarande kan löna sig att installera en eldriven värmepump i ett fjärrvärmeområde, se ex vis fallet ovan. Det finns beräkningar som visar att fjärrvärmens borde vara billigare på vintern än på sommaren om en korrekt prissättning genomförs, se Ref. [11].

Ytterligare en möjlighet att sänka nödvändig effekt i byggnaden är att förse denna med en kraftigare isolering vilken får till följd att innetemperaturen inte sjunker lika fort om värmeanläggningen stängs av. En mindre temperaturhöjning före eventuell risk för effektbrist skulle i elvärmda hus innebära att värmen kunde stängas av under ett par timmar utan att detta skulle innebära någon avsevärd sänkning av komforten.

De ovan nämnda åtgärderna är alla sådana att de sällan eller aldrig ingår i den optimala lösning som kan beräknas med OPERA, även om ombyggnadslånen tillämpas. Detta beror på att fastighetsägaren inte känner av de rätta

kostnaderna för sitt handlande. Om ombyggnadslånen skulle kunna, åtminstone i någon mån, korrigera de priser som används skulle fastighetsägaren kunna få ett incitament att agera i rätt riktning. Kostnaden för dessa subventioner skulle kunna betalas av ex vis eldistributörer och elproducenter vilka i dagsläget är de som skulle få inkomsterna av ett mer korrekt beteende bland fastighetsägarna.

Kapitel 8

KRAFTVÄRME - OMBYGGNADSLÅN

I ett vanligt kondenskraftverk produceras el genom att elda ex vis olja. Värmen från förbränningen får vatten att koka och förångas. Ångan används för att driva en turbin som i sin tur genererar elenergi via en generator. Turbinen drivs runt pga den skillnad i ångtryck som finns mellan in- och utlopp i turbinen. Omvandlingen från ånga till vatten sker i en kondensator som kyla med ex vis kallt havsvatten. Härigenom kan ångans kondenserings-temperatur sänkas och en större tryckskillnad erhållas än vad som annars vore möjligt. Vattnet pumpas sedan tillbaka till ångpannan med en matarvattenpump. Ju lägre kylvattentemperatur som kan vidmakthållas desto mer elektricitet kan produceras. Tyvärr kan, enligt naturens lagar, endast c:a en fjärdedel av värmen i bränslet omvandlas till el, resten av värmen försvinner ut i havet med kylvattnet och i rökgaserna. Det vore således bra om värmen i bl a kylvattnet kunde tas om hand på något sätt. Detta kan ske i ett fjärrvärmenät men den temperatur som normalt råder på kylvattnet är för låg för att kunna utnyttjas. Genom att höja kylvattentemperaturen kan värmen utnyttjas bättre men samtidigt förloras en del av tryckskillnaden vilket innebär att mängden el som kan produceras blir mindre. Ett sparande av värme i fjärrvärmenätet innebär därför att mindre el kan produceras såvida inte överskottsvärmen kyls bort på annat sätt, se Ref. [12].

8.1 PRISSÄTTNING VÄRME - EL

Antag att elektricitet behövs i elnätet. Beroende på prisnivån kan ett kommunalt elverk bestämma sig för att köpa in denna el från någon elproducent, ex. Vattenfall eller Sydkraft. Om producentens pris är för högt kan elverket istället producera egen el i ett kraftvärmeverk eller på något annat sätt. Värdet för den el som egenproduceras kan alltså sättas lika med den yttre producentens pris. Om ren kondensdrift tillämpas inom kommunen måste således denna vara billigare än inköp av el för att anläggningen skall användas. Genom att använda ett fjärrvärmenät som kylanläggning förloras en del av möjligheterna till egenproduktion av el. Denna försämrade elproduktion borde värmekonsumenterna betala. Turligt nog är försämringen ganska liten vilket innebär att varje kWh

värme i kraftvärmenätet har ett mycket lågt pris. Referens [11] visar att priset borde vara av storleksordningen 3 öre per kWh.

Under tidpunkter då elektriciteten kan köpas billigare från den yttre producenten stängs elkraftproduktionen av i det kommunala verket. Värme behövs dock *ex vis* för tappvarmvattenberedning men värmen blir nu dyrare att producera då den delvis måste produceras med bränslen och ingen inkomst från elkraftförsäljning erhålles.

Ekonomisk teori visar att alla anläggningar drivs optimalt endast om sk kortsiktig marginalkostnad tillämpas. I denna kostnad inkluderas även kostnader för eventuell brist i systemet. Den kortsiktiga marginalkostnaden fås fram om man beräknar sparande, eller kostnad, för att en extra kWh till, sparas eller produceras. Om den kortsiktiga marginalkostnaden överstiger den långsiktiga marginalkostnaden lönar det sig att bygga flera produktionsenheter, då nya kraftverk inkluderas i denna senare marginalkostnad.

En taxa eller tariff som använder sig av kortsiktiga marginalkostnader skulle kunna kallas kostnadsdifferentierad. Tyvärr är det i dagsläget svårt att överföra denna kostnad till slutanvändarna av energin, men utrustning har tagits fram åtminstone vad gäller elanvändningen, se Ref. [13]. P.g.a. dessa svårigheter tillämpas i dagsläget endast sk tidsdifferentierade taxor, dvs man har fastställt vad en kWh el eller värme ska kosta vid en viss tidpunkt under året. Detta innebär att el- och värmeverket ibland inte har täckning för alla sina kostnader men även att inkomsterna då och då överstiger dessa. Om inkomsten till verken är exakt lika stor oavsett vilken tariff som tillämpas säger man att taxorna är normaliserade. Jämförelser mellan olika taxetyper och deras inverkan bör endast ske på sådana normaliserade taxor annars påverkar även nivån på taxan förutsättningarna för olika handlingsalternativ, *ex vis* ombyggnadsåtgärderna i ett hus.

8.2 KRAFTVÄRMEANLÄGGNING - MATEMATISK MODELL

Ovan beskrivs konsekvenserna av att använda det svenska bostadsfinansieringsstödet för den optimala användningen av energisparåtgärder. Det visades att inverkan i många fall var mycket liten. Frågan är nu om samhället skulle kunna tjäna pengar på att energisparåtgärder ändå infördes trots att lönsamheten för husägaren var marginell eller till och med negativ. För att ge möjlighet att åtminstone i någon mån kunna undersöka detta har vi konstruerat en matematisk modell för kraftvärmenätet i Malmö kommun. Modellen har byggts upp med en metod som kallas linjärprogrammering. Denna metod går ut på att man skapar en matematisk funktion, målfunktionen, som sedermera skall minimeras. I detta fall är det LCC som är av intresse och målfunktionen beskriver således denna kostnad. I modellen finns samtidigt ett antal begränsningar, det kan t ex vara så att en viss effekt måste kunna levereras till fjärrvärmenätet eller att olika befintliga pannor inte har större effekt än ett visst värde. Om modellen är helt linjär, dvs alla kostnader och begränsningar har uttryckts som "räta linjer", kan den matematiska modellen optimeras. Det går således att bevisa möjligheten att målfunktionens minimipunkt kan hittas. Ett flertal kommersiella datorprogram finns på marknaden som kan hantera mycket stora problem innehållande flera

tusen variabler och hundratals begränsningar.

En nackdel är just kravet att modellen måste vara linjär. Det går dock ibland att omvandla olinjära problem till linjära genom att anpassa en serie räta linjer till de olinjära funktionerna. Ytterligare ett problem uppstår då, förutom denna approximation. Ett antal heltalsvariabler måste införas. Dessa variabler måste vara binära, dvs de kan endast anta värdet noll eller ett, annars kan normalt inte den programvara som finns att tillgå användas, se Ref. [14].

Den stora fördelen med linjärprogrammering är att man alltid kan hitta ett matematiskt minimum, eller maximum, och att mycket komplexa system kan avbildas. Hela problemet löses också på en gång, operatören behöver inte själv pröva med olika värden på variablerna för att se om kostnaden blir lägre eller högre. Har problemet väl lösts har man således också hittat den bästa möjliga lösningen.

8.3 UTÖKAD FALLSTUDIE

För att kunna avgöra vilka energibesparingsåtgärder som är önskvärda i bebyggelsen har vi tagit kraftvärmenätet i Malmö som ett exempel för våra beräkningar. Till bostadshusen behövs både värme, via fjärrvärme, el eller bränslen, och el för ex vis spisar och apparater. Malmö Energi som levererar båda energislagen, är distributör via sina ledningsnät, men kan också uppträda som producent av el och värme. Vad gäller elektriciteten kan bolaget köpa in denna från Sydkraft AB eller också producera egen kraft i det sk Heleneholmsverket. I detta eldas endast naturgas idag och spillvärmen från anläggningen leds till fjärrvärmenätet. Det är dels en prisfråga när el ska egenproduceras men kommunen har i dagsläget inte heller koncession på att använda verket annat än vid topplast. Till detta senare villkor tas dock ingen hänsyn i denna rapport.

Värmen i fjärrvärmenätet kan produceras på ett flertal olika sätt. Bland annat finns en sopförbränningsanläggning, en värmepumpsanläggning som tar värme ur avloppsvattnet, och spillvärme från ett antal industrier. Det finns dessutom möjlighet att använda bränslen som kol, olja och naturgas.

I modellen finns vidare en ellast som skall tillgodoses i varje ögonblick. Den ellast som använts är den uppmätta lasten för år 1988. På samma sätt finns en värmelast vilken också mätts upp av kommunen. Tyvärr finns inte ellast och värmelast redovisade med samma tidsindelning. Ellasten har delats in efter de tariffelement, inklusive ett effektelement, som Sydkraft använder i sin taxa. Värmelasten har i stället byggts upp så att den visar ett klimatberoende och redovisas i modellen som månadsmedelvärden. I dagsläget finns ingen maxeffekt inkluderad vad gäller fjärrvärmenätet. Alla anläggningar anses som befintliga och någon bristsituation i fjärrvärmenätet antas ej uppkomma. Inga nya anläggningar kommer således in vid beräkningarna. Det som beräknas är i stället ett optimalt användande av den befintliga utrustningen.

Både värmelast och ellast måste på ett känt sätt kunna påverkas av olika energisparåtgärder. Kostnader för dessa åtgärder måste dessutom vara kända. Hela värmelasten antas kunna påverkas av energisparåtgärder vanliga i hus. Därför har fjärrvärmelasten byggts upp med antagandet att en gigantisk byggnad anslutes till systemet. Denna byggnad kan sedan tilläggsisoleras, eller åtgärdas på andra sätt. Det som är viktigt är att det finns en klar koppling mellan insatta investeringar i energisparåtgärder och den påverkan dessa har på lasten ifråga.

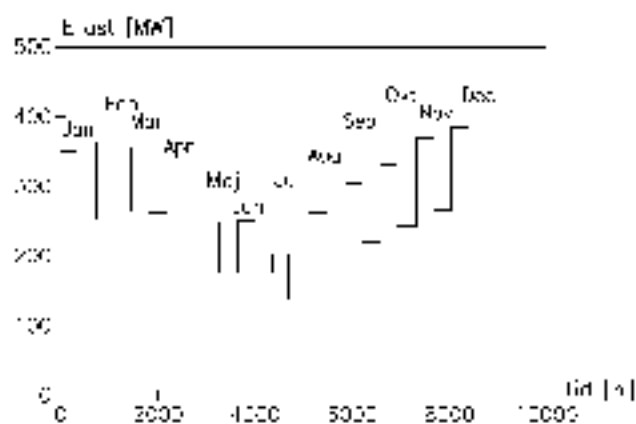
Det är också mycket viktigt att modellen kan avbilda verkligheten på ett så riktigt sätt som möjligt. En energisparåtgärd i värmelasten måste således fortplanta sig till bränsleåtgång mm i fjärrvärmeverket och kanske en minskad möjlighet att producera el. Detta skall sedan innebära ökade inköp från Sydkraft.

8.3.1 ELLAST

Malmö kommun har sedan flera år mätvärden över hur ellasten varierar i tiden. Dessa har av kommunen sammanställts så att tidsindelningen överensstämmer med den tidsdifferentierade eltaxa som tillämpas av Sydkraft. De mätvärden som använts här härrör från 1988 men skillnaderna mot 1989 års ellast kommer inte att påverka lämpliga ombyggnadsåtgärder i byggnadsbeståndet mer än marginellt. Ellasten framgår av Tabell 8.1. Värdena ovan redovisas dessutom i Figur 8.1.

Månad	Hög (GWh)	Låg (GWh)	Månad	Hög (GWh)	Låg (GWh)
Januari	117.9	103.5	Juli	68.1	56.7
Februari	122.1	94.9	Augusti	96.7	70.9
Mars	131.0	98.5	September	107.2	81.0
April	105.7	94.1	Oktober	111.5	99.5
Maj	87.9	69.6	November	129.9	98.4
Juni	88.6	65.1	December	135.6	111.2

Tabell 8.1: Ellast i Malmö, 1988, se Ref. [15]



Figur 8.1: Ellast i Malmö 1988

Här redovisas hur mycket elenergi som levereras från energiverket under hög- resp låglasttid. Höglast anses föreligga mellan 0600 - 2200 alla vardagar medan låglasttid gäller under övrig tid, dvs under nätter samt lördagar och söndagar. Under året mäts också maximalt utnyttjad eleffekt, men det är endast vissa

månader som är av intresse från debiteringssynpunkt. Under 1988 var maximal entimmaseffekt 443.1, 419.2, 407.5, 433.5 och 455.3 MW för månaderna januari till mars och november, december.

8.3.2 VÄRMELAST

Värmelasten är inte uppmätt för samma tidsintervall som ellasten. I stället har månadsmedelvärden räknats fram. Det har också varit viktigt att lasten skall kunna påverkas genom att ex vis energisparåtgärder införs. Som nämnts har vi därför antagit att byggnadsbeståndet i Malmö består av ett enda gigantiskt hus vilket genererar en last som förhållandevis väl överensstämmer med den verkliga värmelasten. Detta hus kan sedan tilläggsisoleras mm för att man skall kunna se om åtgärderna är lönsamma eller ej. På samma sätt har en del av ellasten antagits vara helt klimatberoende och därför kunnat simulerats på motsvarande sätt. Den byggnad som antagits kunna simulera fjärrvärmeanvändningen redovisas i Tabell 8.2.

Byggnadsdel	Area (Mm ²)	k-värde (W/m ² × K)	k × A (MW/K)
Vindsbjälklag	3.1	0.5	1.55
Ytterväggar	9.7	0.7	6.79
Golv	3.1	0.5	1.55
Fönster, 1.2 Mst × 1.5 m ²	1.8	2.5	4.50
Totalt			14.39

Tabell 8.2: Egenskaper för byggnaden Malmö

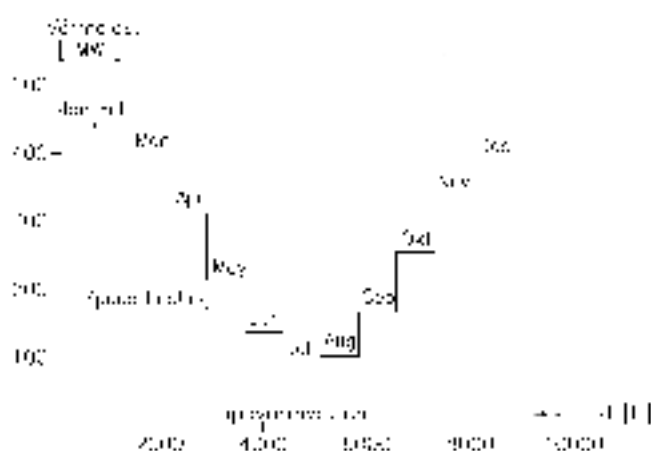
Värmeförluster från ventilation i byggnaden har antagits uppgå till 5.07 MW/K och för varmvattenuppvärmning har beräknats åtgå 350 GWh/år. Innetemperaturen har vidare antagits vara 21 °C och utomhustemperaturen satts till de värden SMHI angett som medelvärden för Malmö. Följande värden för värmelasten erhålls därvid, se Tabell 8.3:

Månad	Last	Månad	Last	Månad	Last
Januari	340.5	Maj	173.9	September	134.3
Februari	323.1	Juni	113.2	Oktober	204.3
Mars	312.9	Juli	84.2	November	254.8
April	239.3	Augusti	91.4	December	304.2

Tabell 8.3: Värmelast i Malmö i GWh

I Figur 8.2 har en motsvarande last, där innetemperaturen 20 °C, använts åskådliggjorts. Skillnaden i figuren är dock marginell om lasten enligt Tabell 8.3 används.

Det bör noteras att Figurerna 8.1 och 8.2 inte visar den maxlast som kan uppträda under ex vis en timma utan istället ett genomsnitt av lasten under en månad.



Figur 8.2: Värmelast i Malmö för innetemperaturen 20 °C, se Ref. [16]

8.3.3 ELTARIFF SYDKRAFT

Den elkraft som inte kan produceras i den egna kraftvärmeanläggningen måste köpas från Sydkraft. Som nämnts ovan tillämpas en tidsdifferentierad taxa med priser i enlighet med Tabell 8.4.

Månad	Elpris [SEK/kWh]	
	Högpris	Lågpris
November - mars	0.240	0.165
April, september, oktober	0.165	0.130
Maj - augusti	0.112	0.092

Tabell 8.4: Tidsdifferentierad eltaxa för Malmö kommun

Det skall noteras att taxan förändrats något under den tid detta modellarbete pågått. Detta har dock inte inverkat på utfallet av optimala besparingsåtgärder. Detta behandlas närmare i slutet av rapporten.

För slutkonsumenten tillkommer dessutom elskatt om 7.2 öre/kWh för icke industriabonnenter. Det finns vidare en kostnad för maximalt effektuttag vilket uppgår till 175 SEK/kW under månaderna november till mars.

8.3.4 KOSTNADER FÖR EGEN EL- OCH VÄRMEPRODUKTION

Malmö kommun kan producera egen elkraft i det sk Heleneholmsverket. I detta förbränns naturgas till en kostnad av 85 SEK/MWh. Verkningsgraden vid förbränningen har antagits vara 0.85. Vid drift förvandlas värmen från förbränningen till en del elektricitet medan tre delar blir värme, vilken i sin tur måste ledas in till fjärrvärmenätet. Det sk alfa-värdet är lika med 0.333. Effekten i verket är maximerad till 120 MW_{el}. P.g.a. skattereglerna beskattas den del av bränslet som går till fjärrvärmenätet med 29 SEK/MWh. Anläggningen kan

heller inte drivas med hur låg last som helst varför den måste stängas av då elproduktionen understiger 40 % av maxlast.

Om ytterligare värme behövs måste andra pannor eller värmekällor tas i bruk i fjärrvärmeverket. Den lägsta kostnaden erhålles för eldning av sopor, 54 SEK/MWh. Effekten är här begränsad till 65 MW. Näst lägsta kostnad erhålles för spillvärme från två industrier, 100 SEK/kWh, där maximal effekt uppgår till 30 MW. Om inte dessa anläggningar räcker till måste koleldning tillgripas. Kolet är i sig mycket billigt men p.g.a. skatter blir kostnaden för kommunen 107.5 SEK/MWh. Maximal effekt är 125 MW. Kommunen har också en värmepump, 40 MW_{värme}, som tar värme från avloppsvattnet. Med kostnaderna för el och skatt blir dock priset så högt som 116 SEK/MWh. Det finns vidare möjlighet att elda både olja och naturgas vid mycket höga belastningar på nätet. Dessa anläggningar har dock sällan behövt användas vid våra analyser.

8.3.5 BESPARIINGSÅTGÄRDER EL OCH VÄRME

Som nämndes ovan är det i dagsläget oklart hur en besparingsåtgärd i ex. vis ett elvärmhus påverkar ellasten i kommunen. Det finns därför inga möjligheter att på ett helt riktigt sätt koppla kostnaderna för eventuella åtgärder till kommunens besparingar.

Genom att använda metoden att simulera kommunen som två byggnader kan kostnader för en tilläggsisolering direkt fås att inverka på använd värme- eller ellast. Tabell 8.5 visar åtgärderna med de kostnader som antagits gälla.

Byggnadsdel	Total kostnad [SEK/m ²]
Bjälklagsisolering	$0 + 260 + 530 \times t$
Golvisolering	$0 + 380 + 500 \times t$
Isolering ytterväggar utvändigt	$300 + 200 + 2\,000 \times t$
Isolering ytterväggar invändigt	$50 + 390 + 300 \times t$
Nya tvåglasfönster	$0 + 1\,100 \times A_f$
Treglasfönster	$0 + 1\,300 \times A_f$
Treglasfönster med lågemissionsskikt	$0 + 1\,500 \times A_f$
Treglasfönster, lågemission och gasfyllning	$10\,000 + 10\,000 \times A_f$
Tätning av dörrar och fönster per styck	200

Tabell 8.5: Kostnader för åtgärder på värme- och del av ellast

Kostnaderna för isoleråtgärderna har samma form som i uttryck 4.1, medan fönstrens styckkostnader har angetts som en fast och en rörlig del beroende på arean A_f . Se också manualen till OPERA, Ref. [3]. Notera att kostnaden för den mest avancerade fönstertypen har satts mycket högt för att operatören ej önskat att denna åtgärd skall kunna falla ut som optimal.

8.3.6 MODELL FÖR ELPRODUKTION

Som nämndes ovan har vi använt tekniken med linjärprogrammering för att optimera, dvs hitta lägsta kostnad för, det energisystem vi studerat. Metoden har dessutom använts för att hitta optimala energisparåtgärder i elvärmda småhus, se Ref. [17]. I det fall som behandlas i denna rapport antas att den egna

elproduktionen kan variera fritt dels varje månad men också under höglast och låglast i enlighet med den eltariff som tillämpas av Sydkraft. Att Sydkrafts taxa styr indelningen av variablerna beror på att denna bestämmer de kostnader som måste finnas med i målfunktionen.

Det kan diskuteras vilka variabler man lämpligen bör starta men detta har ingen betydelse så länge systemet kan avbildas på ett nöjaktigt sätt. Här inleds modelluppbyggnaden med egenproduktion av el och de variabler som införs visar den eleffekt som åtgår i alla tidssegment. Då det finns en hög- och en lågprisperiod under årets samtliga månader måste 24 st variabler införas. Genom att multiplicera effekten med dels antalet timmar i varje tidssteg samt dels kostnaden för egenproduktionen, samt lägga samman dessa kostnader för ett helt eller flera år, genom nuvärdesmetoden, fås den totala kostnaden för egenproduktionen. Där ej annat angivits har uppgifter om energisystemet i Malmö erhållits från Malmö Energi AB samt fastighetskontoret i kommunen.

I Heleneholmsverket används naturgas som bränsle till en kostnad av 85 SEK per MWh. Verkningsgraden i pannan har antagits vara 0.85 vilket innebär att kostnaden vid eldnings blir 100 SEK/MWh. Den del av bränslet som går till uppvärmning får pga skatteskal priset 129 SEK/MWh.

Antalet timmar i varje tidssteg har beräknats i enlighet med Tabell 6.

Månad	Högpris	Lågpris
Januari	336	408
Februari	336	360
Mars	368	376
April	336	384
Maj	352	392
Juni	352	368
Juli	336	408
Augusti	368	376
September	352	368
Oktober	336	408
November	352	368
December	352	392

Tabell 8.6: Antal timmar i respektive tidssteg

Då det är 24 olika variabler bara för att beskriva kostnaden för egenproduktionen av el måste framställningen här begränsas något. Modelluppbyggnaden kommer därför endast att beskrivas för månaden januari. Resterande ekvationer, för månaderna februari till december konstrueras på exakt samma sätt men variabelnamn och konstanter måste givetvis ändras för att passa till respektive månad. Den totala modellen, i form av ett FORTRAN program återfinnes i appendix I. Det kan nämnas att den inledande delen av denna beskrivning redan presenterats, se Ref. [16] men för att läsaren enklare skall kunna följa med i framställningen kommer en kortare repetition här.

Kostnaden, i MSEK, för januari månads egenproduktion av el kan nu beskrivas som:

$$(EDH_1 \times 336 \times 100 + EDL_1 \times 408 \times 100 + HEH_1 \times 336 \times 129 +$$

$$+HEL_1 \times 408 \times 129) \times 10^{-6} \quad (8.1)$$

där EDH är egenproducerad eleffekt under högpristid i MW, EDL är egenproducerad eleffekt under lågpristid i MW, HEH är värmeeffekt p.g.a. egenproducerad el under högpristid i MW, HEL är värmeeffekt p.g.a. egenproducerad el under lågpristid i MW och 1 är den siffra i variabelnamn som anger månadsnummer

Ekvation 8.1 är den första delen av den målfunktion som skall optimeras, dvs det gäller att hitta de värden på variablerna som innebär att målfunktionen får sitt lägsta värde. Ännu så länge är lösningen till detta problem självklar. Genom att sätta alla variabler lika med 0 kan målfunktionen ges värdet 0 men då produceras heller ingen elektricitet i verket.

Den el som inte produceras av kommunen måste inköpas från Sydkraft. I Tabell 8.1 återfinnes det uppmätta behovet för år 1988. Genom att införa en variabel som visar skillnaden mellan behovet av el och den el som egenproduceras samt multiplicera med antalet timmar samt kostnaden i varje tidssegment fås den totala kostnaden för detta inköp. Först måste dock sambandet mellan inköp och egenproduktion klargöras.

$$EDH_1 + \times 336 + REH_1 \times 336 \geq 117.9 \times 10^3 \quad (8.2)$$

$$EDL_1 \times 408 + REL_1 \times 408 \geq 103.5 \times 10^3 \quad (8.3)$$

där REH är inköpt eleffekt under högpristid i MW och REL är inköpt eleffekt under lågpristid i MW.

Ekvationerna 8.2 och 8.3 anger alltså ett villkor, nämligen att inköpt el och egenproducerad el måste överstiga eller vara lika med behovet i varje tidssegment. Notera att endast januari månad avbildats. Det tillkommer således 22 ytterligare ekvationer som inte redovisas här. Målfunktionen, i MSEK, måste naturligtvis sedan kompletteras med inköpskostnaden för el enligt Tabell 8.4:

$$(REH_1 \times 336 \times 240 + REL_1 \times 408 \times 165) \times 10^{-6} \quad (8.4)$$

Ovan nämndes också den tillgängliga maxeffekten vilken uppmätts för år 1988. Då maxeffekten innebär en kostnad för kommunen, via Sydkrafts taxa, måste på något sätt avgöras hur stor effekt som kommer att inköpas. Detta föranleder ytterligare fem villkor av vilket det för januari visas här:

$$EDH_1 + PMAX \geq 443.1 \quad (8.5)$$

Ekvation 8.5 innebär att $PMAX$ kommer att överstiga eller vara lika med den uppmätta effekten i januari. Genom att variabeln inte är indexerad kommer så att ske även för de andra fyra ekvationerna och det säkerställs således att maxeffekten uppnås för alla tidssegment av intresse. Även denna variabel är knuten till en kostnad i målfunktionen:

$$PMAX \times 175 \times 10^{-3} \quad (8.6)$$

Det nämndes också ovan att maxeffekten för egenproduktionen av el var 120 MW och att verket måste stängas av om effekten sjunker under 40 % av denna. Detta innebär att modellen måste innehålla ett uttryck som säkerställer följande: Om elproduktion är lönsamt måste effekten ligga mellan 48 och 120

MW, i annat fall skall verket stängas av och effekten således vara lika med 0. Genom att införa sk binära heltal, dvs variabler som endast kan anta värdena 0 eller 1 kan detta åskådliggöras matematiskt. Följande uttryck erhålles:

$$EDH_1 - INT H_1 \times 120 \leq 0 \quad (8.7)$$

$$EDL_1 - INT L_1 \times 120 \leq 0 \quad (8.8)$$

$$EDH_1 - INT H_1 \times 48 \geq 0 \quad (8.9)$$

$$EDL_1 - INT L_1 \times 48 \geq 0 \quad (8.10)$$

där $INT H$ är ett binärt heltal för högprisperiod och $INT L$ är ett binärt heltal för lågprisperiod

Av ekvationerna 8.7 till 8.10 ser man att om heltalet är 0 innebär detta att även elproduktionen är 0 och om heltalet är 1 innebär det att värdet på effekten måste ligga mellan 48 och 120 MW.

8.3.7 MODELL FÖR VÄRMEPRODUKTION

Värmen till fjärrvärmenätet produceras dels som "restprodukt" vid egenproduktionen av elkraft och dels genom utnyttjande av bränslen, spillvärme och värmepumpar i det traditionella fjärrvärmeverket. För att erhålla en koppling mellan elproduktion och värme från denna har antagits att tre delar värme produceras för varje del el. Detta ger följande uttryck för januari månad:

$$3 \times EDH_1 - HEH_1 = 0 \quad (8.11)$$

$$3 \times EDL_1 - HEL_1 = 0 \quad (8.12)$$

Det är inte helt korrekt att anta att förhållandet mellan el och värme är helt oberoende av den effekt som produceras, men här antas att approximationen är så liten att inverkan här kan försummas.

Om värmeeffekten från elproduktionen inte kan tillgodose behovet i fjärrvärmenätet måste sopförbränning mm utnyttjas. Modellen innehåller ingen rangordning av de uppvärmningsmöjligheter som står till buds utan i stället väljs genom optimeringen de alternativ som ger den billigaste totalkostnaden. Kostnaderna för de olika värmeslagen per MWh redovisades ovan och målfunktionen kan därför kompletteras med följande uttryck:

$$(HG_1 \times 54 + HW_1 \times 100 + HC_1 \times 107.5 + HHP_1 \times 116) \times 744 \times 10^{-6} \quad (8.13)$$

där HG är effekten från sopeldning, HW är effekten från spillvärme, HC är effekten från koleldning, HHP är effekten från värmepumpar och 744 är antalet timmar i januari.

Modellen måste vidare innehålla något uttryck som säkerställer att behovet av värme tillfredsställs i enlighet med Figur 8.2. För januari månad har behovet beräknats till 326.0 GWh, se Tabell 8.3, och följande villkor antas därför gälla:

$$(HG_1 + HW_1 + HC_1 + HHP_1) \times 744 + HEH_1 \times 336 + HEL_1 \times 408 \geq 340.5 \times 10^3 \quad (8.14)$$

Ytterligare ett antal villkor måste finnas med i modellen som visar maxeffekten i MW för de olika värmeanläggningarna:

$$\begin{aligned} HG_1 &\leq 65 \\ HW_1 &\leq 30 \\ HC_1 &\leq 125 \\ HHP_1 &\leq 40 \end{aligned} \quad (8.15)$$

8.3.8 LÖSNING AV PRODUKTIONSMODELLEN

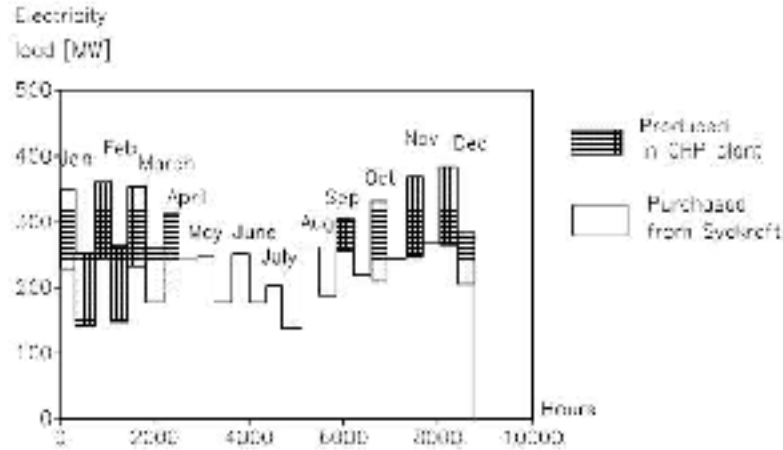
Den totala modellen så långt innehåller, med alla tidssegment inkluderade, 145 variabler och 161 villkor. Då de optimeringsprogram som finns tillgängliga kommersiellt kräver ett mycket speciellt system för indata har ett FORTRAN program utvecklats för att skriva dessa indatafiler med utgångspunkt från de ekvationer som visats ovan. Denna FORTRAN kod visas i appendix I medan indatafilen till lösningsrutinen presenteras i appendix II. Notera dock att här även inkluderats rutiner för besparingsåtgärderna vilka närmare behandlas i nedanstående kapitel. Ytterligare ett exempel på hur en sådan rutin kan se ut finns beskrivet i en bilaga till Referens [17] se Ref. [18].

I Referens [16] finns redovisat vilket resultat optimeringen av ovanstående produktionsmodell ger dock med en värmelast enligt Figur 8.2. Här kommer därför lösningen endast att presenteras i korthet och i form av Figureerna 8.3 och 8.4.

Av Figur 8.3 framgår att elproduktion endast är lönsam under vintermånaderna då elpriset från Sydkraft är högt. Under lågpristid i september, oktober och november är därför produktionen olönsam. Detta beror på en kombination av Sydkrafts taxa och kostnaderna för värmeproduktionen i fjärrvärmeanläggningen, se figur 11. Söföbränning kommer in under hela året med maximal effekt vilket är naturligt då detta är det billigaste energislaget. Spillvärme från de två industrierna tas sedan i anspråk likaledes med maximal effekt. Värme från koleldning används dock endast under april, maj, juni, augusti och november medan värmepumpen inte kommer att behövas alls. I april och november används koleldning endast under elastens lågpristid då det inte är lönsamt att producera egen el.

8.3.9 MODELL AV BESPARINGSÅTGÄRDER

Som nämnts ovan måste en investering i energibesparingsåtgärder på ett klart definierat sätt inverka på det övriga energisystemet. En investering i en tilläggsisolering sparar ju både energi och medför ett lägre effektbehov i byggnaden. Detta får naturligtvis konsekvenser även för el- och fjärrvärmebehovet samt inköp av bränslen och el från ex vis Sydkraft. Det är naturligtvis också viktigt



Figur 8.3: Optimal elproduktion i Malmö, se Ref. [16]

att studera var i de olika tidssegmenten som besparingen sker. Om man installerar solfångare kommer naturligtvis sommarlasten att påverkas i högre grad än vinterlasten vilket kan vara avgörande för åtgärdens lönsamhet. Effektbehovet i byggnaden påverkas heller inte alls i samma grad om solfångare installeras som om en tilläggsisolering väljs istället. Ett sparande av el borde få högre lönsamhet än om värme sparas då elkraften är dyrare än fjärrvärmens. Tyvärr finns i dagsläget inte någon klar kännedom om hur ex vis en tilläggsisolering påverkar den uppmätta elast som använts i denna studie. Det är också viktigt att påpeka att industrins elanvändning inte alls behandlas i denna rapport. Det finns exempel på att energibesparingsåtgärder i industrin har en avsevärt större inverkan på elasten, om man ser till den kostnad som förknippas med åtgärderna, än vad investeringar i bostäder och lokaler har se Ref. [19].

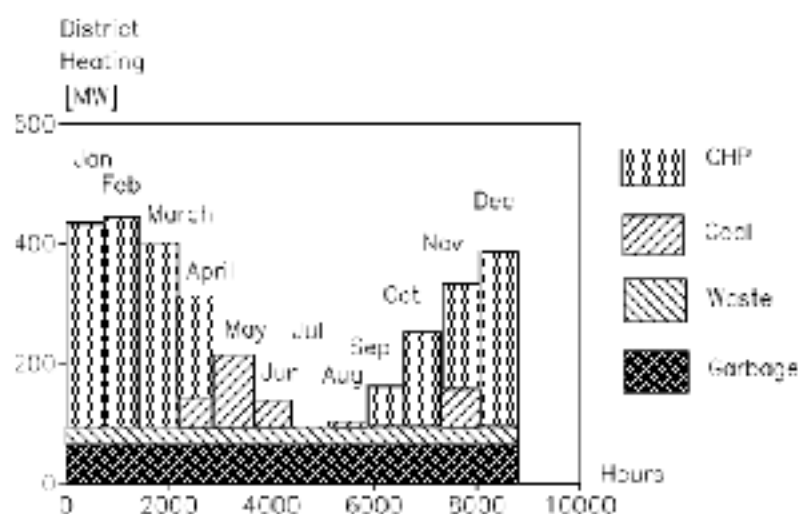
BESPARINGAR I VÄRMELASTEN

Värmelasten i Malmö har här simulerats med hjälp av en gigantisk byggnad. Denna byggnad kan åtgärdas genom ex vis en tilläggsisolering så att dess behov av värme blir lägre. Det har visats att det nya k -värdet för en byggnadsdel vid en tilläggsisolering blir, se Ref. [20]:

$$k_n = \frac{\lambda_n \times k_e}{\lambda_n + k_e \times t} \quad (8.16)$$

där k_n = det nya k -värdet för byggnadsdelen, λ_n = värmeledningstal för extra isolering, k_e = befintligt k -värde för byggnadsdelen och t = tjocklek på extra isolering.

Som synes är detta uttryck inte linjärt och kan därför inte omedelbart inkluderas i modellen då lösningsrutiner saknas för icke linjära ekvationer. Vi har därför istället använt en metod ur Referens [14] som används för att göra ut-



Figur 8.4: Optimal värmeproduktion i Malmö se Ref. [16]

trycket delvis linjärt. Samma metod har också använts i en mindre artikel, se Ref. [21] varför metoden endast beröres i korthet här.

Metoden går ut på att förändra ekvationen 8.16 så att denna inte längre är en funktion av t utan en funktion av nya variabler A_1, A_2, \dots vilka endast kan anta värdet 0 eller 1. Ekvationen 8.16 överföres därför till ekvation 8.17 nedan. Genom att dessutom införa en ekvation som tvingar modellen att endast välja en eller ingen av dessa A -variabler kan optimal isolertjocklek bestämmas:

$$A_1 \times V_1 + A_2 \times V_2 + A_3 \times V_3 + \dots \quad (8.17)$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + \dots \leq 1 \quad (8.18)$$

där V_1, V_2 o.s.v. är värdet av den funktion som är av intresse.

Notera att index här inte visar vilken månad som avses. För att kunna inkludera inverkan av en tilläggsisolering i modellen måste dels målfunktionen kompletteras. Kostnaderna för en tilläggsisolering återfinnes i Tabell 8.5. Här har kostnaden beskrivits som en linjär funktion av isolertjockleken men då det visade sig att inverkan på energiförbrukningen, ekvation 8.16, inte är linjär m. a. p. denna variabel måste även målfunktionen ändras så att den nu blir en funktion av A i stället för av t . Som exempel visar vi tillvägagångssättet för en bjälklagsisolering. Först antas ett troligt intervall för den optimala isolertjockleken, säg från 0 till 30 cm. Detta intervall delas sedan in i ett antal delar som kopplas till var sin binär heltalsvariabel A . Om A_1 kopplas till 5 cm extra isolering, A_2 till 10 cm, A_3 till 15 cm osv, och arean för bjälklaget sätts enligt Tabell 8.2, kan kostnaden i MSEK för isoleringen uttryckas som:

$$888.15 \times A_1 + 970.3 \times A_2 + 1052.45 \times A_3 +$$

$$+1134.6 \times A_4 + 1216.75 \times A_5 + 1298.9 \times A_6 \quad (8.19)$$

Isoleringen innebär också att värmeförbrukningen minskar. Detta innebär att ekvation 8.14 måste kompletteras. Genom att använda ekvation 8.16 kan nya k -värden för bjälklaget beräknas. Samma koppling måste finnas till variablerna A_1, A_2 o. s. v., så för $k_e = 0.5 \text{ [W/m}^2 \times \text{K]}$, $\lambda_n = 0.04 \text{ [W/m} \cdot \text{K]}$ och där $t = 5, 10, 15 \text{ cm}$ osv, fås följande värden för funktionen 8.16:

Variabel	Nytt k - värde	Minskat k - värde
$t = 0.05$	0.308	0.192
$t = 0.10$	0.222	0.278
$t = 0.15$	0.174	0.326
$t = 0.20$	0.143	0.357
$t = 0.25$	0.121	0.379
$t = 0.3$	0.105	0.395

Tabell 8.7: Nytt och minskat k - värde genom en tilläggsisolering av bjälklag.

De minskade k - värdena måste sedan multipliceras med dels arean för bjälklaget, 3.1 Mm^2 , samt med det antal gradtimmar som antagits gälla för Malmö. Vid beräkningen av Tabell 8.3 har antagits att medeltemperaturen i Malmö för januari är $-0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, inomhustemperaturen är $21 \text{ }^\circ\text{C}$ och antalet timmar 744 st, vilket innebär 15 996 gradtimmar. Högerledet i ekvation 8.14 måste därför innehålla:

$$340.5 - 9.53 \times A_1 - 13.8 \times A_2 - 16.2 \times A_3 - 17.7 \times A_4 - 18.8 \times A_5 - 19.6 \times A_6 \quad (8.20)$$

De andra 11 ekvationerna av typen 8.14, för februari t. o. m. december, måste givetvis också kompletteras på motsvarande sätt. Värdena kommer inte att bli identiska med de som använts i ekvation 8.20 då antalet gradtimmar varierar. Genom ekvation 8.18 kommer endast en eller ingen av variablerna $A_{1,2,\dots}$ att väljas, och om en väljs kommer dessutom denna variabel att förknippas med en kostnad i ekvation 8.3.9.

Då isoleringen av bjälklaget innebär att värme sparas under en följd av år måste de lägre kostnader detta medför nuvärdesberäknas. Nuvärdet för årligen återkommande kostnader beräknas som:

$$PREV = \frac{K \times [1 - (1 + r)^{-b}]}{r} \quad (8.21)$$

där $PREV$ = Nuvärdet, K = den årliga kostnaden, r = den reala diskonteringsräntan och b = antalet år som kostnaden uppträder.

I denna studie har en real ränta om 5 %, och 50 års projekttid, använts, vilket innebär att den årliga kostnaden skall multipliceras med 18.26 för att nuvärdet ska erhållas. Alla kostnader i målfunktionen som uppträder årligen måste därför multipliceras med detta tal för att en korrekt nuvärdesberäknad kostnad ska åstadkommas. Ekvationerna 8.3.6, 8.4 och 8.6 måste därför åtgärdas.

LÖSNING, VÄRMELAST - ISOLERING

Vi har använt ett kommersiellt tillgängligt datorprogram, ZOOM, se Ref. [22], för att optimera ovanstående modell. Programmet har dock modifierats något för användning i en dator av typen NORD 570. Problemet som nu består av 162 villkor och 151 variabler, varav 30 är binära heltal, löses m. h. a. denna på c:a tio sekunder.

Lösningen innebär att inget sparande alls skall ske i värmelasten, alla variablerna A1 - A6 är noll. Detta innebär också att förhållandena som visades i Figurerna 8.2 och 8.3 fortfarande kommer att gälla, notera att figurerna inte redovisar exakt det problem som behandlas i denna rapport. I tabell 8.8 framgår dock värdet på några av variablerna i den optimala lösningen.

Månad	Egen El		Inköp El		Påns. el	Värmelast		Köl	VP	Totalt
	Högpris	Lågpris	Högpris	Lågpris		Sopor	Spillv			
Januari	120.0	120.0	280.0	128.7	00.0	65.0	80.0	2.3		467.3
Februari	120.0	120.0	248.4	148.7	00.0	65.0	80.0	8.0		469.9
Mars	120.0	07.1	286.0	164.0	026.3	65.0	80.0			430.8
April	120.0		104.6	265.1	148.0	65.0	80.0	09.2		382.2
Maj			240.6	177.6		65.0	80.0	126.0	18.7	589.7
Juni			281.6	176.8		65.0	80.0	02.2		167.2
Juli			202.8	189.1		65.0	80.0	18.1		118.1
Augusti			262.0	188.5		65.0	80.0	27.0		122.0
September	02.0		242.2	220.1	01.4	65.0	80.0			186.4
Oktober	120.0		211.8	264.0	162.6	65.0	80.0	17.0		574.6
November	120.0	58.8	248.8	218.6	287.2	65.0	80.0			862.2
December	120.0	00.7	264.0	108.0	018.7	65.0	80.0			408.7

Tabell 8.8: Optimal lösning med möjligt sparande på värmelasten. Värden i [MW]

Av tabell 8.8 framgår att egen el bör produceras maximalt under januari och februari, samt under högrprisperioderna under mars, april, oktober, november och december. Dessutom skall egen el produceras under högrprisperioden för september och under lågrprisperioderna för mars, november och december, men då endast utnyttja en del av kapaciteten. Under hela året skall värme från sopeldning och spillvärme användas. Koleldning kommer också att vara optimalt men inte under mars, september, november och december. Värmepumpen skall endast användas under maj månad.

Noteras bör att värmeeffekten från egen elproduktion i tabell 8 beräknats som ett viktat medelvärde för högrpris- och lågrprisperioderna För ex vis september månad har värdet beräknats som:

$$\frac{62.3 \times 3 \times 352 + 0 \times 3 \times 368}{352 + 368} = 91.4$$

där 352 = antalet timmar i högrprisperioden och 368 = antalet timmar i lågrprisperioden.

Det kan också noteras att de el- och värmemängder som erhålles genom att utnyttja de olika anläggningarna motsvarar de som återfinnes i Tabellerna 8.2 och 8.3, vilket ger en viss signifikans åt lösningsrutinen.

Som nämndes ovan befanns det inte lönsamt att tilläggsisolera den byggnad som använts för att simulera fjärrvärmeanvändningen i Malmö. Kostnaden för isoleringen är för hög i förhållande till kostnaden att producera ytterligare värme. Genom att använda ombyggnadslån kan kostnaden för isoleringen sänkas. I det grundfall som använts sjunker kostnaden med c:a 35 %. Värdena i ekvation 8.3.9 skall således sänkas i motsvarande grad. En förnyad körning av ZOOM visar att det inte heller nu finns anledning att tilläggsisolera byggnaden

och resultatet blir likartat även för en sänkning av kostnaden med c:a 50% vilket motsvarar den garanterade ränta som använts tidigare, 2,6 %. Resultatet är således likartat det som erhållits för undersökningen med OPERA - modellen, kostnaden för isoleråtgärder är för hög jämfört med den kostnad som finns för att producera ytterligare värme. Ett ytterligare antal optimeringar av modellen visar att kostnaden för isoleråtgärderna måste sänkas med c:a 80 % för att dessa skall komma in som optimala. När kostnaden för åtgärderna har kommit ner till denna nivå innebär varje ytterligare sänkning med någon procent att variablerna A1 - A6 blir i istället för 0. En subvention med 75 % ger således inget utfall alls vad gäller isoleringen medan 80 % subvention innebär att A4 blir lika med 1, vilket betyder att 20 cm extra isolering skall användas på bjälklaget. En 90 % - ig subvention ger 30 cm isolering, dvs det mesta som modellen innehåller.

Det är således uppenbart att det inte är någon bra strategi att spara värme genom tilläggsisolering av byggnadsbeståndet i ett kraftvärmesystem. Isolerkostnaderna måste minska med ungefär 75 % för att samhället skall kunna tjäna på att så sker. Det bör poängteras att samhällets alla kostnader inte finns med i modellen och inte heller alla de besparingar som är möjliga av ett värmesparande. En korrekt spegling av de samhällsekonomiska kostnaderna är dock mycket komplicerad att utföra, ex vis att ta hänsyn till ev arbetslöshet, transportkostnader, m. m. se Ref. [23], men modellen ger en fingervisning om att sparandet i dagsläget sannolikt ej är lönsamt.

BYTE AV FÖNSTER

I Figur 5.1 visades att ett byte av fönster skulle vara en bra strategi för husägaren. Motsvarande åtgärd undersöks nedan då energisystemet vidgats till att även omfatta ett kraftvärmenät. Kostnaden för fönsterbyte framgår av Tabell 8.5. För de olika fönstertyperna har antagits följande k - värden:

Fönstertyp	k - värde
Befintliga tvåglas	2.5
Nya treglasfönster	2.0
Nya treglasfönster med lågemissionsskikt	1.5
Nya treglasfönster med låge.skikt och gasfyllning	1.2

Tabell 8.9: k - värden i W/m^2K för olika fönstertyper

På motsvarande sätt som för isoleringsåtgärderna måste ett fönsterbyte kopplas till en heltalsvariabel, nu kallad B. Dessutom måste såväl målfunktionen samt ekvation 8.20 kompletteras. Då arean för ett av byggnadens fönster satts till $1.5 m^2$, och antalet fönster till 1.2×106 st, se Tabell 5.2, fås kostnaden för byte till treglasfönster:

$$(0 + 1300 \times 1.5) \times 1.2 \times 106 = 2340 \text{ MSEK}$$

Detta är dock inte hela sanningen. I det problem som undersöktes med OPERA - modellen antogs att de befintliga tvåglasfönstren måste bytas omgående. Man har således en oundviklig kostnad på 1 980 MSEK för att byta dessa till likartade fönster, se Tabell 8.5. Då de nya fönstren antas ha samma livslängd

oavsett typ, 30 år, kan de i övrigt behandlas likvärdigt. Ovan angavs att vi räknat med en optimeringstid om 50 år varför skillnaden i fönstrens kostnader, 360 MSEK, måste nuvärdesberäknas för denna tidsrymd:

$$360 \times [1 + (1 + 0.05)^{-30} - (\frac{10}{30} \times (1 + 0.05)^{-50})] \times B = 432.8 \times B \quad (8.22)$$

Den första termen, 1, anger bytet år 0, den andra termen, $(1+0.05)^{-30}$, bytet år 30, medan resterande uttryck anger restvärdet år 50. Ett utbyte av fönster från tvåglas till treglas innebär en k - värdesförbättring från 2.5 till 2.0 [W/m² × K]. Denna förbättring kommer in på samma sätt som tidigare i ekvation 8.20, vilkens högerled för januari månad således måste kompletteras med:

$$-15996 \times 1.2 \times 1.5 \times 106 \times 0.5 \times 10^{-9} \times B = -14.4 \times B \quad GWh \quad (8.23)$$

Löses det nya problemet visar det sig att de förbättrade fönstren inte kommer att ingå i den optimala lösningen, kostnaden för det förbättrade k - värdet är för hög. Notera att det exempel som återfinnes i Figur 5.2 har ett högre befintligt k - värde, 3.5 istället för 2.5, se Tabellerna 5.2 och 8.9. Körningar med OPERA visar att det kan vara lönsamt att byta fönster, och då välja ett bättre fönsteralternativ av energisparskäl, om man ändå måste byta. Motsvarande förhållanden har också noterats för isoleråtgärder se Ref. [24]. Om ex vis en fasad är i mycket dåligt skick kan det ibland vara lönsamt för den enskilde husägaren att passa på med en tilläggsisolering när ändå väggen åtgärdas. Vid de undersökningar som företagits med den nu konstruerade linjärprogrammeringsmodellen har dock inga sådana energisparåtgärder fallit ut som optimala, inte ens om lånesystemets subventioner använts.

BYTE AV VÄRMESYSTEM

OPERA visade också att den enskilde kan få en lägre LCC om det befintliga värmesystemet byts ut mot ett som eldas med naturgas. I det större energisystemet där byggnaden redan är ansluten till ett fjärrvärmenät kan en sådan åtgärd inte bli lönsam om huvudmannen för nätet tillämpar kortsiktiga marginalkostnader. Elproduktionen i nätet erhålles via naturgaseldning och värmen från denna elproduktion måste således bli billigare än om enbart värme produceras med gasen i fjärrvärmeanläggningen. Resterande behov av uppvärmning täcks av ännu billigare energislag, i detta fall sopor, spillvärme, kol och användningen av en värmepump. En beräkning visar att värmeproduktionen täcks av 571 GWh sopeldning, 263 GWh spillvärme, 242 GWh koleldning och 10 GWh värmepump. Medelenergiförbrukningen för denna ytterligare värme i nätet kostar därför c:a 0.08 Kr/kWh.

Ovan har inte tagits hänsyn till att det vid en större utbyggnad av fjärrvärmenätet skulle kunna uppstå brist till följd av att de befintliga anläggningarna inte skulle kunna täcka behovet av värme. I fallet med Malmö synes detta dock inte troligt då en betydande reservkapacitet finns idag, främst beroende på att kraftvärmeproduktionen av koncessionsskäl inte kunnat utnyttjas i den grad som vore ekonomiskt önskvärt. Kommunen har endast haft tillstånd att använda anläggningen vid topplast.

Det bör noteras att andra författare har redovisat en högre lönsamhet för energibesparingsåtgärder i fjärrvärmenät. Ett exempel skall nämnas från Lund. I den här refererade studien, se Ref. [25] har dock såväl högre kostnader för de olika energislagen, som kostnader för nya anläggningar tagits med. Bjälklagsisolering och fönsterbyte balanserar dock på gränsen till lönsamhet medan ytterväggsisoleringar ej ingår i föreslagen renoveringsstrategi. Däremot anges att åtgärder på ventilationssystemet har god lönsamhet. Alternativa uppvärmningsformer diskuteras dock ej.

BESPARINGAR I ELLASTEN

Som nämnts ovan har inte ellasten avbildats som en funktion av utetemperaturen, vilket är fallet för värmelasten, utan istället har den verkliga ellasten använts i modellen. Detta innebär tyvärr samtidigt att en besparingsåtgärd, ex vis en tilläggsisolering, inte på ett klart definierbart sätt påverkar denna last. I Referens [15] har detta behandlats så att en viss procent av högprislaster, lågprislaster eller maxeffekt sparats. Detta sparande har sedan varit förknippat med en kostnad per procent. Enligt uppgifter från Malmö Energi AB utgörs c:a 9.6 % av den totala elanvändningen i kommunen av elvärme till bostäder. Övrig elanvändning till bostäder uppgår till c:a 16.0 %. Uppgifter finns också vad gäller elanvändningen för olika månader i % av den totala lasten för varje användningsområde men de stämmer inte helt överens med den last som skulle erhållas om den vore helt klimatberoende. För elvärmebehovet har därför antagits att ytterligare en gigantisk byggnad finns tillgänglig, med ett årligt elvärmebehov om c:a 225 GWh, vilket är 9.6 % av den totala elanvändningen. Antas att antalet gradtimmar är 114 008, vilket är fallet för en innetemperatur om 21 °C och SMHI:s månadsmedelvärden för utetemperaturen i Malmö, fås att transmissionskoefficienten borde vara ungefär $1.975 \text{ MW}/^\circ\text{C}$ varav c:a 35 % orsakats av ventilationsförluster. Vidare har antagits att klimatet inte förändras mellan högstid och lågstid vilket innebär att lasten endast fördelats ut efter det antal timmar dessa perioder innehåller. Siffermaterialet har sammanställts i Tabell 8.10.

Månad	Högpris	Lågpris	Månad	Högpris	Lågpris
Januari	14.27	17.33	Juli	2.52	3.06
Februari	14.03	15.03	Augusti	3.13	3.19
Mars	14.25	14.56	September	5.21	5.45
April	9.95	11.38	Oktober	8.03	9.75
Maj	6.95	7.74	November	11.19	11.70
Juni	4.17	4.36	December	13.21	14.71

Tabell 8.10: Antagen elanvändning i GWh för värme i bostäder

På samma sätt som tidigare måste både målfunktionen och de funktioner som beskriver energi- och effektanvändning justeras för att en inverkan av besparingsåtgärder på ellasten skall kunna beskrivas. I Tabell 8.5 återfinnes de kostnader som förknippas med ett förbättrat klimatskal och minskade ventilationsförluster. Vidare används återigen uttrycken 8.16, 8.17 och 8.18 och i de senare måste en ny omgång binära heltalsvariabler införas. Då transmissionskoefficienten här är lägre än den som gäller för värmelasten måste även andra

areor antas gälla för de ingående byggnadsdelarna. Ovan nämndes att c:a 35 % av lasten antogs utgöras av ventilationsförluster. Detta innebär att omkring 1.284 MW/°C består av värmeledningsförluster genom väggar, fönster, tak och golv. På samma sätt som tidigare undersöks här främst nyttan av en bjälklagsisolering vilken utgör c:a 11 % av den totala värmeledningskoefficienten, se Tabell 5.2. Här borde således omkring 0.138 MW/°C härröra från värmeledning genom denna byggnadsdel. Antas vidare att det befintliga k-värdet är detsamma för de två husen, 0.5 W/m²×°C, fås att bjälklagets area är omkring 276 600 m². Detta innebär att målfunktionen måste kompletteras med följande uttryck, om liksom tidigare sex isolerintervall ska undersökas:

$$79.25 \times D_1 + 86.58 \times D_2 + 93.91 \times D_3 + 101.24 \times D_4 + \\ + 108.57 \times D_5 + 115.90 \times D_6 \quad (8.24)$$

där variablerna $D_1 - D_6$ är binära heltal. Påverkan på lasten av tilläggsisoleringen framgår av Tabell 8.7 och då det endast är arean på bjälklaget och antalet tidssegment som förändrats fås därför för högerledet i ekvation 8.2:

$$117.9 - 0.384 \times D_1 - 0.56 \times D_2 - 0.65 \times D_3 - 0.71 \times D_4 - 0.76 \times D_5 - 0.79 \times D_6 \quad (8.25)$$

Högerledet i ekvation 8.3 måste förändras på motsvarande sätt:

$$103.5 - 0.47 \times D_1 - 0.67 \times D_2 - 0.79 \times D_3 - 0.87 \times D_4 - 0.92 \times D_5 - 0.96 \times D_6 \quad (8.26)$$

Notera att ekvation 8.25 gäller för högprisperioden i Januari och ekvation 8.26 för lågprisperioden under samma månad samt att bägge ekvationerna anger energimängden i GWh. Motsvarande ekvationer för de andra 11 månaderna måste också ingå i modellen men dessa redovisas liksom tidigare inte här, se dock appendix I och II.

Genom en tilläggsisolering minskar också utnyttjad effekt något. Då detta endast är av intresse under de fem månaderna från november till mars är det högerledet i ekvation 8.5 som måste kompletteras. Med antagande om att den dimensionerande utetemperatur i Malmö kan sättas till - 14 °C, att den önskvärda innetemperaturen skall vara 21 °C, samt värdena i Tabell 8.7, fås högerledet nu till:

$$443.1 - 1.86 \times D_1 - 2.69 \times D_2 - 3.16 \times D_3 - 3.46 \times D_4 - 3.67 \times D_5 - 3.82 \times D_6 \quad (8.27)$$

Ekvation 8.27 gäller då för maximalt effektbehov under januari månad och de 4 ytterligare ekvationerna måste kompletteras på likartat sätt. Modellen måste också innehålla ett uttryck som innebär att endast en av variablerna $D_1 - D_6$ kan väljas dvs:

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 \leq 1 \quad (8.28)$$

Det visar sig nu vid en förnyad optimering av modellen att resultatet vad gäller besparingsåtgärderna är lika klen som tidigare, nämligen att inga besparingar skall genomföras vare sig i el- eller värmelast.

Genom att förändra modellen något kan en tilläggsisolering framtvingas. Om variabeln A_1 tvingas att bli lika med 1, ökar LCC med c:a 753 MSEK. Om motsvarande åtgärd vidtas för elasten, dvs $D_1 = 1$, ökar kostnaden endast med 54 MSEK i stället. Det är således uppenbart att sparåtgärder på elsidan kommer in betydligt tidigare än vad besparingar av värme gör.

8.3.10 ÖKAD ELPRODUKTION - ELBRIST

Ytterligare ett fall som måste undersökas är om fler energisparåtgärder kommer in vid en eventuell elbrist. Sådan kan inträffa exempelvis om elnätet i vissa stycken är underdimensionerat eller om kraftverken kopplade till elnätet inte förmår att hålla rätt frekvens. I denna modell simuleras detta med antagande om att det finns möjlighet att bygga ytterligare en elproducerande enhet, en gasturbinanläggning. Denna enhet skall också kunna komma ifråga om el- eller effektpriserna ökar tillräckligt mycket. Vidare måste det vara möjligt att gasturbinen bara kommer att utnyttjas i vissa tidssegment. Kostnaden för anläggningen måste vidare komma in i målfunktionen. Denna kostnad antas uppgå till 3 000 SEK/kW bränsle och verkningsgraden för anläggningen antas vara 0.25 i enlighet med Referens [19]. Bränslet antas vidare vara naturgas. Målfunktionen kompletteras därför med följande uttryck:

$$3000 \times GTMBR + GTHL_1 \times 18.26 \times 336 \times \frac{85}{0.25} + \\ + GTLL_1 \times 18.26 \times 408 \times \frac{85}{0.25} \quad (8.29)$$

där $GTMBR$ = Max effekt bränsle på gasturbin i något tidssteg, $GTHL_1$ = Effekt el på gasturbin under högpris i januari, GTL_1 = Effekt el på gasturbin under lågpris i januari, 18.26 = Nuvärdesfaktorn, 336 = Antal timmar i högprisperiod januari, 408 = Antal timmar i lågprisperiod januari, 85 = Gaspriset för elproduktion och 0.25 = Verkningsgraden på gasturbinen.

Notera att endast de segment som hör till januari månad redovisas. Ekvation 8.2 och 8.3 måste vidare adderas i sina vänsterled med:

$$GTHL_1 \times 336 \quad \text{och} \quad GTLL_1 \times 408 \quad (8.30)$$

Ekvation 8.5, vilken visar maxeffekten för inköpt el, måste också justeras för högprisperioden under november till mars. Här behöver dock endast termen $GTHL_1$ adderas till vänsterledet. Modellen måste också ta hänsyn till att maxeffekten bränsle på gasturbinen i alla tidssegment måste komma in i målfunktionen. Detta erhålls genom att införa följande ekvationer för varje månad:

$$\frac{GTHL_1}{0.25} - GTMBR \leq 0 \quad (8.31)$$

$$\frac{GTL_1}{0.25} - GTMBR \leq 0 \quad (8.32)$$

Modellen innehåller nu 183 vanliga variabler, 37 heftalsvariabler och 187 villkorekvationer. Minimeras systemet fås samma lösning som tidigare, dvs inga besparingsåtgärder på vare sig värme- eller elsidan och inte heller någon användning av den gasturbin som nu finns i modellen. Antas nu att det finns en

brist på tillgänglig kapacitet i leveranserna från Sydkraft kan detta innebära att bolaget vill höja sina effektavgifter till kunden Malmö kommun. I Referens [19] har man beräknat en sådan som skulle kunna motsvara Sydkrafts egen kostnad för att bygga en gasturbinanläggning. Effektavgiften har då beräknats till c:a 570 SEK/kW, att jämföra med 175 SEK/kW som använts tidigare i denna rapport. Här räcker dock inte en sådan effektavgift till för att erhålla några åtgärder men en serie optimeringar med olika effektavgifter visar att en gasturbinanläggning blir optimal om effektavgiften är av storleksordningen 700 SEK/kW. Det visar sig också att det är billigare att bygga en sådan anläggning än att utföra några besparingsåtgärder på el- eller värmelast. Ytterligare ett antal körningar visar att besparingsåtgärder på el kommer in först när effektavgiften blir i storleksordningen 1 100 SEK/kW och då för en kostnad på gasturbinanläggningen om c:a 4 200 SEK/kW. Om effekttaxan sänks kommer inte gasturbinen att väljas och om verket är billigare kommer det att väljas större för att kompensera för uteblivna besparingsåtgärder. Det synes därför som om klimatåtgärder i bebyggelsen kommer förhållandevis långt ner i prioritetsordning om möjligheter finns att förändra produktionen av elektricitet i stället för att införa besparingsåtgärder. En förändring nedåt av priset för gasturbinen, innebär att denna blir lönsam att köra men endast under elleverantörens högpristid. Kostnaden för el från gasturbinen ligger på 340 SEK/MWh vilket är högre än elleverantörens pris men detta tillsammans med effektavgifterna innebär att en gasturbinanläggning blir optimal om investeringskostnaden är tillräckligt låg. Sätts investeringskostnaden lika med noll innebär detta exempelvis att kommunen endast skall abonnera på 92 MW under högpristid i motsats till 335 MW om inte gasturbinen används. Det skall observeras att maximal effekt som inköps av elleverantören nu kommer att uppkomma under lågpristid vilket inte innebär någon extra kostnad för kommunen.

8.3.11 LASTSTYRNING AV BYGGNADER

Av det ovanstående synes det som om såväl traditionella besparingsåtgärder på klimatlasten i byggnader som ytterligare produktionsresurser för el eller värme inte i dagsläget kan konkurrera med ökade elleveranser från den nu använda elleverantören. Detta beror på att såväl effekt- som energiavgifter har en förhållandevis låg nivå jämfört med vad besparingsåtgärderna kostar och vilka konsekvenser dessa åtgärder får på el- och värmelast. Billigare åtgärder måste således prövas vilka dessutom måste specialanpassas för att utnyttja förhållandena i taxestrukturen. En sådan åtgärd kan vara att installera ett värmelager där värme lagras under lågpristid i ex vis en vattentank och lagret sedan urladdas under högpristid. Det är naturligtvis viktigt att lagret blir precis lagom stort för att bästa resultat ska kunna uppnås. Värmelagringsförmågan i vatten, se Ref. [26], uppgår till c:a 4.18 kJ/kg \times °C vilket innebär 1.16 kWh/m³. Om det antages att det temperaturspann som kan användas uppgår till c:a 40 °C innebär detta att 46 kWh kan lagras i en m³ vatten.

Kostnaden för en akkumulatortank beror i stor utsträckning på volymen och dessutom på var den skall installeras. Om tanken blir så stor att den måste placeras utomhus tillkommer en omfattande isolering och kanske en separat byggnad. Här antas dock att installationen kan göras inne i byggnaden och att därför en måttlig isolering kan användas. Den värme som leds ut genom isoleringen antas dessutom komma huset till del. Det har varit vissa svårigheter att

hitta vetenskapligt underbyggda referenser för kostnaderna för ett vattenlager då erfarenheterna av sådana anläggningar på senare år inte är omfattande. En referens, [27], anger några olika alternativ på lösning med en ungefärlig stegkostnad på 25 000 SEK och sedan en kostnad om 9 000 SEK/m³. Då ingår kostnader för en elpanna samt rörarbeten mm. Uppgifter finns också om något lägre kostnader, se Ref. [28] mellan 3 000 till 8 000 SEK/m³. Här ska inte göras några närmare analyser av kostnaderna men då det förflutit omkring sex år sedan referenserna publicerades antas att kostnaden uppgår till c:a 7 000 SEK/m³ eller omkring 150 SEK/kWh. Ytterligare en referens ska nämnas, se Ref. [29], då den nyligen publicerats, men här finns mest principlösningar och inte mycket om apparaternas kostnader.

Principen för lagrets funktion är att det skall laddas under nattetid då det är elleverantörens lågpristid. Varje vardag finns åtta timmar tillgängliga medan det under lördagar och söndagar är lågpristid under hela dygnet. Det är således vardagsnätterna som kommer att vara dimensionerande för lagrets storlek. Under januari månad finns 336/16, se Tabell 8.6, eller 21 vardagar. Detta innebär att det finns $21 \times 8 = 168$ timmar tillgängliga för laddning av lagret. Den lagrade värmen skall i sin helhet utnyttjas under högpristid vilket innebär att följande ekvation måste läggas till den befintliga modellen:

$$336 \times LAGEFH_1 - 168 \times LAGEFL_1 = 0 \quad (8.33)$$

där $LAGEFH_1 =$ Lagereffekt under högpristid i januari och $LAGEFL_1 =$ Lagereffekt under lågpristid i januari

Här antas att det är ellasten som skall minskas genom användning av lagret vilket innebär att ekvationerna 8.2 och 8.3 måste kompletteras i sina vänsterled med:

$$LAGEFH_1 \times 336 \quad (8.34)$$

$$-LAGEFL_1 \times 168 \quad (8.35)$$

Modellen måste vidare innehålla ett uttryck som ger lagrets största volym under någon månad. På samma sätt som i ekvation 8.5 införes att:

$$LAGEFL_1 \times 168 - LAGMX \leq 0 \quad (8.36)$$

där $LAGMX =$ Lagrets maximala energinnehåll

Lagret påverkar dessutom den abonnerade effekten vad det gäller ellasten. Detta kommer in som ett komplement i ekvation 8.5, där variabeln $LAGEFH_1$ måste adderas till vänsterledet. Dessutom måste lagrets storlek på något sätt förknippas med kostnaden, 150 000 SEK/MWh vilket kommer in i målfunktionen, som dock uttrycks i MSEK:

$$LAGMX \times 150000 \times 10^{-6} \quad (8.37)$$

Optimeras systemet enligt ovan finner man att lagret inte kommer in då kostnaden är så hög som 150 SEK/kWh. Notera återigen att kostnaden avser energimängden i lagret och inte den energimängd som lagras under ett helt år. Ett antal optimeringar med olika lagerkostnader visar att denna måste sjunka till c:a en tiondel, eller omkring 15 SEK/kWh och att ett mycket stort lager då

blir optimalt. Vid en kostnad om 20 SEK/kWh fås inget lager medan ett lager med kapaciteten 85 500 MWh väljs om lagret kostar 15 SEK/kWh. Gränsen för att det ska bli optimalt med ett lager synes ligga någonstans vid 19 SEK/kWh.

Då skillnaden i kostnad mellan lönsamt och verkligt lager är så stor synes det ligga utom möjligheternas ram att erhålla lönsamhet även för tappvarmvattenackumulering med de taxor som gäller idag. En ökning av priserna vad gäller elleveranserna innebär att kommunen istället kommer att producera egen el hellre än att spara i form av en lägre elast. Det visar sig nämligen att en gasturbinanläggning kommer in som optimal före en ackumulering av varmvatten.

Kapitel 9

SLUTSATSER

Ovan har vi visat att det statliga bostadsfinansieringsstödet i sin nuvarande form inte har någon större påverkan på de energisparstrategier som bör väljas då man står i begrepp att renovera sitt hus. Kostnaderna för renoveringen blir lägre, omkring 35 % av dessa erhålles som subvention av staten. Alla anläggningar påverkas av subventionerna om än i något olika grad. Då det endast är investeringskostnaden vid ombyggnadstillfället som subventioneras innebär detta att kostsamma anläggningar med lång livslängd genom subventionerna kommer i ett bättre läge än billiga anläggningar med kort livslängd. Ett exempel är att ett bivalent uppvärmningssystem, där en oljepanna svarar för topplasten under kalla vinternätter medan en värmepump används för baslasten, framstår som det bästa alternativet om subventionerna används, medan ett billigare system blir optimalt om så inte skett. Om isolering väljs blir denna något tjockare, c:a 2 cm, om subventionerna används, men i de flesta fall som undersökts är extra isolering inte lönsam såvida byggnadsdelen inte ändå måste åtgärdas av andra skäl än energibesparingar.

En känslighetsanalys visar att de viktigaste parametrarna att ta hänsyn till är den garanterade räntan, dennas årliga ökning och inflationen.

Vidare har vi försökt att utröna om det finns några lönsamma energisparalternativ inom byggnadsstocken för energileverantören, vilka i dagsläget inte är lönsamma för husägaren att åtgärda. Detta för att finna om man genom en subvention skulle kunna erhålla ett för samhället lönsamt beteende även om detta inte är lönsamt för den enskilde fastighetsägaren. Detta har undersökts med en matematisk modell uppbyggd med linjärprogrammeringsteknik. Det visar sig dock att energileverantören, i detta exempel Malmö kommun, har så låga kostnader för inköp och produktion av både värme och el att några besparingsåtgärder inte synes lönsamma. I samtliga fall som undersökts visar det sig att en ökad el och värmeproduktion alternativt ökade inköp är att föredra framför åtgärder för sparande på el och värmelast. I ett kraftvärmesystem är det väsentligt mer lönsamt att spara el än att spara värme, men inte i något fall som undersökts har det varit optimalt att göra så.

Om prisnivåerna på energiproduktionen skulle väsentligt öka, t ex genom att införa omfattande miljöavgifter skulle naturligtvis besparingsalternativen komma i ett väsentligt mera gynnsamt läge. En kombination av miljöavgifter och förväntad elbrist med därvid förhöjda effekt- och energiavgifter för el skulle också innebära att besparingar skulle bli optimala. Vi nödgas därför konstatera

att vid nuvarande kostnader för att producera el och värme det skulle vara en dålig strategi, utifrån en rent monetär synpunkt, att införa ett omfattande system med energisparbidrag eller subventioner till energisparåtgärder vad gäller bebyggelsen.

Litteraturförteckning

- [1] Gustafsson Stig-Inge. *The Opera model. Optimal Energy Retrofits in Multi-Family Residences*. PhD thesis, Department of Mechanical Engineering, The Institute of Technology. Linköping University, Linköping, Sweden., 1988. ISBN 91-7870-335-2.
- [2] Flanagan R., Norman G., Meadows J., Robinson G. *Life-Cycle Costing, Theory and Practice*. BSP Professional Books, Oxford, 1989. ISBN 0-632-02578-6.
- [3] Gustafsson Stig-Inge. A Computer Model for Optimal Energy Retrofits in Multi-Family Buildings. The OPERA model. Technical report, Swedish Council for Building Research, Document D21, Stockholm, 1990.
- [4] Gustafsson Stig-Inge. The OPERA model. A computer model for optimal energy retrofits in multi-family buildings. The FORTRAN code. Rapport nr LiTH-IKP-R-613, 1990.
- [5] Anonymous. The Swedish Statute book, Svensk Författningssamling. SFS 1990:211, 1990. In Swedish.
- [6] Westerlund R., Philipson I. Summary of Loan and Subsidy Rules for Renovation of Buildings. Sammanställning av löne- och bidragsregler för ombyggnad fr o m 90-01-01. Svensk Byggtjänst. In Swedish, ISBN 91-7332-528-7.
- [7] Gustafsson S-I, Karlsson B.G. Window Retrofits: Interaction and Life-Cycle Costing. *Applied Energy*, 39(1):21–29, 1991.
- [8] Gustafsson S-I, Karlsson B.G. and Sjöholm B.H. Differential Rates for District Heating and the Influence on the Optimal Retrofit Strategy for Multi-Family Buildings. *Journal of Heat Recovery Systems & CHP*, 7(4):337–341, 1987.
- [9] Anonymous. *Nybyggnadsregler. Boverkets nybyggnadsregler (Föreskrifter och allmänna råd)*. Allmänna Förlaget, Stockholm, 1988. BFS 1988:18, ISBN 91-38 09758-3.
- [10] Anonymous. Tillägg till baskalkyl. Boverket, Länsbostadsnämnden. Blankett 104, utgåva 2.
- [11] Bohman M., Andersson R. Pricing Cogenerated Electricity and Heat in Local Communities. *Journal of Public Economics*, 33:333–356, 1987.

- [12] Horlock J.H. *Cogeneration: Combined Heat and Power. Thermodynamics and Economics*. Pergamon Press, 1987. ISBN 0 08 034796 7.
- [13] Karlsson Björn G. Microcomputer Based Electricity Meter for Household Consumers. In *Instrument Society of America*, Philadelphia, Pennsylvania, 1982. ISA 82, International Conference and Exhibit.
- [14] Foulds L. R. *Optimization techniques*. Springer Verlag, New York Inc., 1981.
- [15] Gustafsson Stig-Inge, Karlsson Björn G. Production or Conservation in CHP Networks? *Heat Recovery Systems & CHP*, 10(2):151–159, 1990.
- [16] Gustafsson Stig-Inge and Karlsson Björn G. Linear Programming Optimization in CHP Networks. *Heat Recovery Systems & CHP*, 11(4):231–238, 1991.
- [17] Lewald Anders. ELVA-modellen, Elvärmens alternativ. Licentiatavhandling. Linköpings Tekniska högskola, Avdelning Energisystem, 1990. LIU-TEC-LIC-1990:22.
- [18] Lewald Anders. ELVA-modellen i Fortran-kod. Rapport, Linköpings Tekniska högskola, Avdelning Energisystem, 1990? LITH-IKP-R-592.
- [19] Ottosson Hans och Söderström Mats. Teknikstyrning av elanvändning. Rapport 1 och 2, Svensk Energi Utveckling AB, 1990. Sydkraft AB.
- [20] Gustafsson S-I. Optimal energy retrofits on existing multi-family buildings. Division of Energy Systems. Department of Mechanical Engineering. The Institute of Technology. Linköping, Sweden., 1986. Licentiate thesis no 91. ISBN 91-7870-118-X.
- [21] Gustafsson Stig-Inge and Karlsson Björn G. Insulation and Bivalent Heating System Optimization; Housing retrofits and Time-Of-Use Tariffs for Electricity. *Applied Energy*, 34(?):303–315, 1989.
- [22] Marsten R. Users Manual for ZOOM. Dept. of Management Information Systems. University of Arizona, U.S.A.
- [23] Andersson R. och Bohm P. Samhällsekonomisk Utvärdering av Energiprojekt, 1981. Nämnden för Energiproduktionsforskning, Report NE 1981:12, ISBN 91-38-06451-0.
- [24] Gustafsson Stig-Inge and Karlsson Björn G. Energy Conservation and Optimal Retrofits in Multi-Family Buildings. *Energy Systems and Policy*, 14:37–49, 1991.
- [25] Gustavsson Leif. Framtida Fjärrvärmesystem, 1989. Institutionen för Miljö och Energisystem, Lunds Universitet, ISBN 91-7970-765-3.
- [26] Holman J. P. *Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Co., Singapore, 1989. First printing. ISBN 0-07-100487-4.
- [27] Hallenberg J. och Knutsson R. Korttidslagring av vattenburen värme, 1984. Rapport R115:1984, Statens Råd för Byggnadsforskning, ISBN 91-540-4224-0.

- [28] Sjöholm B. och Karlsson B. Möjligheter och lönsamhet att flytta elkonsumtion genom energiaccumulering, 1983. Rapport LiTH-IKP-R274.
- [29] Lennermo G. Accumulatorsystem i befintliga och nya byggnader, 1990. ISBN 91-540-5198-3.

Appendix 1

Nedan följer källkoden till det datorprogram, skrivet i Fortran, som utvecklades i samband med att rapporten "Bostadslånens inverkan på optimala energiparåtgärder i flerbostadshus" skrevs. Koden är inte helt identisk med den som publicerades i den tryckta rapporten, men den är snarlik. Filen som publiceras nedan heter M2.FOR och den skrevs troligen i december 1990.

```

C      THIS WILL BECOME A MIXED INTEGER PROGRAM
      PROGRAM MIX

      REAL ELHLAST(12), ELLLAST(12), VLAST(12), ELEFFH(12), KWHELH(12),
&      KWHELL(12), ELEFFL(12), ELMAX, ETTF, REH(12), REL(12), ELTAH(12),
&      ELTAL(12), EM(5), PM, EFFAVG, ALFA, SKATTG, GPRIS, VERKG, GASP,
&      VEPH(12), VEFL(12), KOLP, KPRIS, SOPP, SPRIS, KOLEM, SOPEM,
&      SOPEF(12), KOLEF(12), SPIP, SPPRIS, SPIEM, SPIEF(12), HPP, HPEM,
&      HPEF(12), HPPRIS, VERKH, SKATTH, SKATTK, VERKK, ELMIN, INI, AK, AKO,
&      AREA, THI, STEG, INCO(6), DEGH(12), OTEMP(12), INTEMP, UEXI, UNEW,
&      LA, UDIFF, EMEDEC, RATE, LIFE, WUEXI, WUNEW, W2COST1, W2COST2, WCOST
&      AWIN, NOWIN, W3COST1, W3COST2, WPREW, WUDIFF, WPCOST, ELTRAM,
&      AREAEI, MINSKE, DIMO, GASTU, GASTEF, GTHL(12), GTLL(12), GASTPR,
&      GYMBR, LAGEF(12), LAGKDS
      INTEGER TIMH(12), TIML(12), I, J, K, L, LADDT(12), UF

      CHARACTER*25 MODNAM

      DATA ELHLAST/117882.,122111.,130962.,105713.,87851.,88568.,
&      68131.,96736.,107192.,111500.,129845.,135550./
      DATA ELLLAST/103543.,94920.,98514.,94115.,69602.,65080.,56772.,
&      70883.,80993.,99544.,98403.,111192./
      DATA TIMH/336,336,368,336,352,352,336,368,352,336,352,352/
      DATA TIML/408,360,376,384,392,368,408,376,368,408,368,392/
      DATA LADDT/168,168,184,168,176,176,168,184,176,168,176,176/
      DATA ELMAX/120./,ETTF/1./,EFFAVG/1100./,ALFA/0.333/,SKATTG/.029/
      DATA GPRIS/0.085/,VERKG/0.85/,KPRIS/0.042/,SPRIS/0.054/
      DATA EM/443.1,419.2,407.5,433.5,455.3/,SOPEM/65./,SPPRIS/0.10/
      DATA ELTAH/.24,.24,.24,.165,.112,.112,.112,.112,.165,.165,.24,
&      .24/
      DATA ELTAL/.165,.165,.165,.13,.092,.092,.092,.092,.13,.13,.165,
&      .165/
      DATA VLAST/340448.8,323075.,312940.2,239334.7,173949.1,113233.9,
&      84184.,91423.1,134250.7,204353.4,254747.,304253.3/
      DATA KOLEM/125./,SPIEM/30./,HPEM/40./,HPPRIS/0.198/,VERKH/3./
      DATA SKATTH/0.05/,SKATTK/0.055/,VERKK/0.8/,ELMIN/48./
      DATA INI/0./,AK/260./,AKO/530./,AREA/3.1E6/,THI/0.05/,STEG/0.05/
      DATA INTEMP/21./,UEXI/0.5/,LA/0.04/,LIFE/50./,RATE/.05/
      DATA OTEMP/- .5,-.7,1.4,6.,11.,15.,17.2,16.7,13.5,8.9,4.9,2./
      DATA WUEXI/2.5/,WUNEW/2.0/,W2COST1/0./,W2COST2/1100./
      DATA W3COST1/0./,W3COST2/1300./,WPREW/1.202/,AWIN/1.5/

```

```

DATA NOWIN/1.2E6/,ELTRAN/1.975/,AREAEL/0.276608E6/,DIMD/-14./
DATA GASTU/3000./,GASTEF/0.25/,LAGKOS/0.15/
UF=2
MODNAM='HALMIX'
OPEN(UF,FILE='IN.MPS')
WRITE(UF,10)'NAME',MODNAM
WRITE(UF,20)'ROWS'
WRITE(UF,30)'N OBJ'
DO 110 I=1,12
    WRITE(UF,30)'G KEH',I
    WRITE(UF,30)'G KEL',I
    WRITE(UF,30)'L EMAN',I
    WRITE(UF,30)'L EMAL',I
    WRITE(UF,30)'E VKRH',I
    WRITE(UF,30)'E VKRL',I
    WRITE(UF,30)'G VKRT',I
    WRITE(UF,30)'L SOPE',I
    WRITE(UF,30)'L KOLE',I
    WRITE(UF,30)'L SPIE',I
    WRITE(UF,30)'L HPE',I
    WRITE(UF,30)'G EH',I
    WRITE(UF,30)'G EL',I
    WRITE(UF,30)'L GTMH',I
    WRITE(UF,30)'L GTML',I
    WRITE(UF,30)'L LAGH',I
    WRITE(UF,30)'E LAGER',I
110 CONTINUE
DO 120 I=1,5
    WRITE(UF,30)'G MEF',I
120 CONTINUE
WRITE(UF,20)' L LIKA'
WRITE(UF,20)' L LIKA1'
WRITE(UF,20)'COLUMNS'
GASP=(GPRIS/VERKG)*1000.
KOLP=(KPRIS*1000./VERKK)+SKATTK*1000.
SOPPR=SPRIS*1000.
SPIP=SPPRIS*1000.
HPP=(HPPRIS*1000./VERKH)+SKATTH*1000.
GASTPR=(GPRIS/GASTEF)*1000.
PREV=(1.-(1+RATE)**(-LIFE))/RATE
WCOST=((W3COST1+W3COST2*AWIN)-(W2COST1+W2COST2*AWIN))*NOWIN
WPCOST=WCOST*WPREV*1.0E-6
WUDIFF=WUEXI-WUNEW
DO 100 I=1,12
    WRITE(UF,40)'ELEFPH',I,'OBJ',PREV*GASP*TIMH(I)/1.E+6
    WRITE(UF,60)'ELEFPH',I,'KEH',I,TIMH(I)/ETTF
    WRITE(UF,60)'ELEFPH',I,'EMAN',I,ETTF
    WRITE(UF,60)'ELEFPH',I,'VKRH',I,(-ETTF/ALFA)
    WRITE(UF,60)'ELEFPH',I,'EH',I,ETTF
    J=I

```

```

IF (I.GE.11)THEN
  J=I-7
ENDIF
IF(I.LE.3.OR.I.GE.11)THEN
  WRITE(UF,60)'ELEFFH',I,'MEF',J,ETTF
ENDIF
WRITE(UF,60)'ELEFFL',I,'EMAL',I,ETTF
WRITE(UF,60)'ELEFFL',I,'EL',I,ETTF
WRITE(UF,40)'ELEFFL',I,'OBJ',PREV*GASP*TIML(I)/1.E+6
WRITE(UF,60)'ELEFFL',I,'KEL',I,TIML(I)/ETTF
WRITE(UF,60)'ELEFFL',I,'VKRL',I,(-ETTF/ALFA)
WRITE(UF,60)'REH',I,'KEH',I,TIMH(I)/ETTF
WRITE(UF,40)'REH',I,'OBJ',PREV*ELTAH(I)*TIMH(I)/1.E+3
WRITE(UF,60)'REL',I,'KEL',I,TIML(I)/ETTF
WRITE(UF,40)'REL',I,'OBJ',PREV*ELTAL(I)*TIML(I)/1.E+3
WRITE(UF,60)'VEFH',I,'VKRH',I,ETTF
WRITE(UF,40)'VEFH',I,'OBJ',(TIMH(I)*(GASP+SKATTG*1000.)
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'VEFH',I,'VKRT',I,TIMH(I)*ETTF
WRITE(UF,60)'VEFL',I,'VKRL',I,ETTF
WRITE(UF,40)'VEFL',I,'OBJ',(TIML(I)*(GASP+SKATTG*1000.)
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'VEFL',I,'VKRT',I,TIML(I)*ETTF
WRITE(UF,60)'KOLEF',I,'VKRT',I,(TIMH(I)+TIML(I))*ETTF
WRITE(UF,40)'KOLEF',I,'OBJ',(KOLP*(TIMH(I)+TIML(I))
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'KOLEF',I,'KOLE',I,ETTF
WRITE(UF,60)'SOPEF',I,'VKRT',I,(TIMH(I)+TIML(I))*ETTF
WRITE(UF,40)'SOPEF',I,'OBJ',(SOPPR*(TIMH(I)+TIML(I))
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'SOPEF',I,'SOPE',I,ETTF
WRITE(UF,60)'SPIEF',I,'SPIE',I,ETTF
WRITE(UF,60)'SPIEF',I,'VKRT',I,(TIMH(I)+TIML(I))*ETTF
WRITE(UF,40)'SPIEF',I,'OBJ',(SPIP*(TIMH(I)+TIML(I))
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'HPEF',I,'HPE',I,ETTF
WRITE(UF,60)'HPEF',I,'VKRT',I,(TIMH(I)+TIML(I))*ETTF
WRITE(UF,40)'HPEF',I,'OBJ',(HPP*(TIMH(I)+TIML(I))
& /1.E+6)*PREV
WRITE(UF,60)'INTH',I,'EMAH',I,-ELMAX
WRITE(UF,60)'INTH',I,'EH',I,-ELMIN
WRITE(UF,60)'INTL',I,'EMAL',I,-ELMAX
WRITE(UF,60)'INTL',I,'EL',I,-ELMIN
WRITE(UF,40)'GTHL',I,'OBJ',GASTPR*PREV*TIMH(I)/(1.E6)
WRITE(UF,60)'GTHL',I,'KEH',I,TIMH(I)/ETTF
WRITE(UF,60)'GTHL',I,'GTMH',I,ETTF/GASTEF
IF(I.LE.3.OR.I.GE.11)THEN
  WRITE(UF,60)'GTHL',I,'MEF',J,ETTF
ENDIF
WRITE(UF,40)'GTHL',I,'OBJ',GASTPR*PREV*TIML(I)/(1.E6)

```

```

WRITE(UF,60)'GTLI',I,'KEL',I,TIML(I)/ETTF
WRITE(UF,60)'GTLI',I,'GTML',I,ETTF/GASTEF
WRITE(UF,60)'LAGEFH',I,'LAGER',I,ETTF*TIMH(I)
WRITE(UF,60)'LAGEFH',I,'KEH',I,ETTF*TIMH(I)
IF(I.LE.3.OR.I.GE.11)THEN
    WRITE(UF,60)'LAGEFH',I,'MEF',J,ETTF
ENDIF
WRITE(UF,60)'LAGEFL',I,'KEL',I,-ETTF*LADDT(I)
WRITE(UF,60)'LAGEFL',I,'LAGM',I,ETTF*LADDT(I)
WRITE(UF,60)'LAGEFL',I,'LAGER',I,-ETTF*LADDT(I)
100 CONTINUE
DO 301 I=1,12
    WRITE(UF,50)'GTMBR','GTMH',I,-ETTF
    WRITE(UF,50)'GTMBR','GTML',I,-ETTF
301 CONTINUE
WRITE(UF,70)'GTMBR','OBJ',GASTU/1000.
DO 302 I=1,12
    WRITE(UF,50)'LAGMX','LAGM',I,-ETTF
302 CONTINUE
WRITE(UF,70)'LAGMX','OBJ',LAGKOS
WRITE(UF,70)'PM','OBJ',PREV*EFFAVG/1000.
DO 130 I=1,5
    J=I
    IF(I.GE.4)J=I+7
    WRITE(UF,50)'PM','MEF',I,ETTF
130 CONTINUE
*****INSULATION*HEAT*AND ELECTRICITY*****
DO 220 K=1,6
    UNEW=UEXI*LA/(LA+UEXI*THI)
    UDIFF=UEXI-UNEW
    INCO(K)=(INI+AK+AKO*THI)*AREA*1.E-6
    WRITE(UF,40)'A',K,'OBJ',INCO(K)
    THI=THI+STEG
    WRITE(UF,40)'A',K,'LIKA',ETTF
    DO 230 I=1,12
        DEGH(I)=(INTMP-OTEMP(I))*(TIMH(I)+TIML(I))
        ENEDEC=DEGH(I)*UDIFF*AREA*1.OE-6
        WRITE(UF,60)'A',K,'VKRT',I,ENEDEC
230 CONTINUE
220 CONTINUE
*****ELECTRICITY*****
THI=0.05
DO 250 K=1,6
    UNEW=UEXI*LA/(LA+UEXI*THI)
    UDIFF=UEXI-UNEW
    INCO(K)=(INI+AK+AKO*THI)*AREAEL*1.E-6
    WRITE(UF,40)'D',K,'OBJ',INCO(K)
    THI=THI+STEG
    WRITE(UF,40)'D',K,'LIKA1',ETTF
    DO 260 I=1,12

```

```

DEGH(I)=(INTEMP-OTEMP(I))*TIMH(I)
ENEDEC=DEGH(I)*UDIFF*AREAEL*1.0E-6
WRITE(UF,60)'D',K,'KEH',I,ENEDEC
L=I
IF(I.LE.3.OR.I.GE.11)THEN
  IF(I.GE.11)L=I-7
  MINSKE=UDIFF*(INTEMP-DINO)*AREAEL*1.0E-6
  WRITE(UF,60)'D',K,'MEF',L,MINSKE
ENDIF
DEGH(I)=(INTEMP-OTEMP(I))*TIML(I)
ENEDEC=DEGH(I)*UDIFF*AREAEL*1.0E-6
WRITE(UF,60)'D',K,'KEL',I,ENEDEC
260      CONTINUE
250      CONTINUE
*****WINDOW RETROFITS*****
WRITE(UF,70)'B','OBJ',WPCOST
DO 240 I=1,12
  WRITE(UF,50)'B','VKRT',I,DEGH(I)*WUDIFF*AWIN*NOWIN*1.0E-6
240  CONTINUE
WRITE(UF,20)'RHS'
DO 200 I=1,12
  WRITE(UF,50)'RHS','KEH',I,ELHLAST(I)
  WRITE(UF,50)'RHS','KEL',I,ELLLAST(I)
  WRITE(UF,50)'RHS','VKRT',I,VLAST(I)
  WRITE(UF,50)'RHS','SOPE',I,SOPEM
  WRITE(UF,50)'RHS','KOLE',I,KOLEM
  WRITE(UF,50)'RHS','SPIE',I,SPIEM
  WRITE(UF,50)'RHS','HPE',I,HPEM
200  CONTINUE
DO 140 I=1,5
  WRITE(UF,50)'RHS','MEF',I,EM(I)
140  CONTINUE
WRITE(UF,90)'RHS','LIKA',ETTF
WRITE(UF,90)'RHS','LIKA1',ETTF
WRITE(UF,20)'BOUNDS'
DO 150 I=1,12
  WRITE(UF,80)'BV BOUNDS','INTH',I
  WRITE(UF,80)'BV BOUNDS','INTL',I
150  CONTINUE
DO 270 I=1,6
  WRITE(UF,80)'BV BOUNDS','A',I
270  CONTINUE
DO 280 I=1,6
  WRITE(UF,80)'BV BOUNDS','D',I
280  CONTINUE
WRITE(UF,85)'BV BOUNDS','B'
WRITE(UF,20)'ENDATA'
10  FORMAT(A,T15,A)
20  FORMAT(A)
30  FORMAT(T3,A,I2)

```

6

```
40  FORMAT(T5,A,I2,T15,A,T25,E11.4)
50  FORMAT(T5,A,T15,A,I2,T25,E11.4)
60  FORMAT(T5,A,I2,T15,A,I2,T25,E11.4)
70  FORMAT(T5,A,T15,A,T25,E11.4)
80  FORMAT(T2,A,T15,A,I2)
85  FORMAT(T2,A,T15,A)
90  FORMAT(T5,A,T15,A,T25,E11.4)
    CLOSE(UF)
    WRITE(*,*)'INDATAFIL KLAR'
    WRITE(*,*)'NU SKA DET HOPPA UR'
    END
```


Appendix 2

Appendix 2 består av den indatafil, IN.MPS, som produceras då man kör det Fortranprogram, M2.FOR, som återfinnes i Appendix 1. Tyvärr sparades inte den ursprungliga filen IN.MPS som skapades av just det ursprungliga programmet M2.FOR. Många av våra olika LP-modeller skapade IN.MPS då denna fil användes av programmet ZOOM. Den fil som presenteras nedan har producerats m. h. a. källkoden i Appendix 1. Koden har kompilerats med programmet gfortran under Linux Ubuntu, och exekverats där. En ny IN.MPS har därför skapats men den kanske inte är helt identisk med den fil som publicerats i det tryckta dokumentet. Filen återfinnes nedan:

```

NAME          MALMIX
ROWS
  N OBJ
  G KEH 1
  G KEL 1
  L EMAH 1
  L EMAL 1
  E VKRH 1
  E VKRL 1
  G VKRT 1
  L SOPE 1
  L KOLE 1
  L SPIE 1
  L HPE 1
  G EH 1
  G EL 1
  L GTMH 1
  L GTML 1
  L LAGM 1
  E LAGER 1
  G KEH 2
  G KEL 2
  L EMAH 2
  L EMAL 2
  E VKRH 2
  E VKRL 2
  G VKRT 2
  L SOPE 2
  L KOLE 2
  L SPIE 2
  L HPE 2
  G EH 2
  G EL 2
  L GTMH 2
  L GTML 2
  L LAGM 2
  E LAGER 2
  G KEH 3
  G KEL 3
  L EMAH 3
  L EMAL 3
  E VKRH 3

```

E VKRL 3
G VKRY 3
L SOPE 3
L KOLE 3
L SPIE 3
L HPE 3
G EH 3
G EL 3
L GTMH 3
L GTML 3
L LAGM 3
E LAGER 3
G KEH 4
G KEL 4
L EMAN 4
L EMAL 4
E VKRH 4
E VKRL 4
G VKRY 4
L SOPE 4
L KOLE 4
L SPIE 4
L HPE 4
G EH 4
G EL 4
L GTMH 4
L GTML 4
L LAGM 4
E LAGER 4
G KEH 5
G KEL 5
L EMAN 5
L EMAL 5
E VKRH 5
E VKRL 5
G VKRY 5
L SOPE 5
L KOLE 5
L SPIE 5
L HPE 5
G EH 5
G EL 5
L GTMH 5
L GTML 5
L LAGM 5
E LAGER 5
G KEH 6
G KEL 6
L EMAN 6
L EMAL 6
E VKRH 6
E VKRL 6
G VKRY 6
L SOPE 6

L KOLE 6
L SPIE 6
L HPE 6
G EH 6
G EL 6
L GTMH 6
L GTML 6
L LAGM 6
E LAGER 6
G KEH 7
G KEL 7
L EMAN 7
L EMAL 7
E VKRH 7
E VKRL 7
G VKRT 7
L SOPE 7
L KOLE 7
L SPIE 7
L HPE 7
G EH 7
G EL 7
L GTMH 7
L GTML 7
L LAGM 7
E LAGER 7
G KEH 8
G KEL 8
L EMAN 8
L EMAL 8
E VKRH 8
E VKRL 8
G VKRT 8
L SOPE 8
L KOLE 8
L SPIE 8
L HPE 8
G EH 8
G EL 8
L GTMH 8
L GTML 8
L LAGM 8
E LAGER 8
G KEH 9
G KEL 9
L EMAN 9
L EMAL 9
E VKRH 9
E VKRL 9
G VKRT 9
L SOPE 9
L KOLE 9
L SPIE 9
L HPE 9

G EH 9
G EL 9
L GTMH 9
L GTML 9
L LAGM 9
E LAGER 9
G KEH10
G KEL10
L EMAH10
L EMAL10
E VKRH10
E VKRL10
G VKRY10
L SOPE10
L KOLE10
L SPIE10
L HPE10
G EH10
G EL10
L GTMH10
L GTML10
L LAGM10
E LAGER10
G KEH11
G KEL11
L EMAH11
L EMAL11
E VKRH11
E VKRL11
G VKRY11
L SOPE11
L KOLE11
L SPIE11
L HPE11
G EH11
G EL11
L GTMH11
L GTML11
L LAGM11
E LAGER11
G KEH12
G KEL12
L EMAH12
L EMAL12
E VKRH12
E VKRL12
G VKRY12
L SOPE12
L KOLE12
L SPIE12
L HPE12
G EH12
G EL12
L GTMH12

```

L GTM12
L LAGM12
E LAGER12
G MEF 1
G MEF 2
G MEF 3
G MEF 4
G MEF 5
L LIKA
L LIKA1
COLUMNS
ELEFFH 1 OBJ          0.6134E+00
ELEFFH 1 KEH 1       0.3360E+03
ELEFFH 1 EMAH 1      0.1000E+01
ELEFFH 1 VKRH 1     -0.3003E+01
ELEFFH 1 EH 1        0.1000E+01
ELEFFH 1 MEF 1       0.1000E+01
ELEFFL 1 EMAL 1      0.1000E+01
ELEFFL 1 EL 1        0.1000E+01
ELEFFL 1 OBJ          0.7448E+00
ELEFFL 1 KEL 1       0.4080E+03
ELEFFL 1 VKRL 1     -0.3003E+01
REH 1 KEH 1          0.3360E+03
REH 1 OBJ            0.1472E+01
REL 1 KEL 1          0.4080E+03
REL 1 OBJ            0.1229E+01
VEFH 1 VKRH 1        0.1000E+01
VEFH 1 OBJ            0.7913E+00
VEFH 1 VKRT 1        0.3360E+03
VEFL 1 VKRL 1        0.1000E+01
VEFL 1 OBJ            0.9608E+00
VEFL 1 VKRT 1        0.4080E+03
KOLEF 1 VKRT 1       0.7440E+03
KOLEF 1 OBJ            0.1460E+01
KOLEF 1 KOLE 1       0.1000E+01
SOPEF 1 VKRT 1       0.7440E+03
SOPEF 1 OBJ            0.7334E+00
SOPEF 1 SOPE 1       0.1000E+01
SPIEF 1 SPIE 1       0.1000E+01
SPIEF 1 VKRT 1       0.7440E+03
SPIEF 1 OBJ            0.1358E+01
HPEF 1 HPE 1         0.1000E+01
HPEF 1 VKRT 1       0.7440E+03
HPEF 1 OBJ            0.1576E+01
INTH 1 EMAH 1       -0.1200E+03
INTH 1 EH 1          -0.4800E+02
INTL 1 EMAL 1       -0.1200E+03
INTL 1 EL 1          -0.4800E+02
GTHL 1 OBJ            0.2086E+01
GTHL 1 KEH 1         0.3360E+03
GTHL 1 GTMH 1        0.4000E+01
GTHL 1 MEF 1         0.1000E+01
GTL1 1 OBJ            0.2532E+01
GTL1 1 KEL 1         0.4080E+03

```

GTLL 1	GTML 1	0.4000E+01
LAGEFH 1	LAGER 1	0.3360E+03
LAGEFH 1	KEH 1	0.3360E+03
LAGEFH 1	MEF 1	0.1000E+01
LAGEFL 1	KEL 1	-0.1680E+03
LAGEFL 1	LAGH 1	0.1680E+03
LAGEFL 1	LAGER 1	-0.1680E+03
ELEFFH 2	OBJ	0.6134E+00
ELEFFH 2	KEH 2	0.3360E+03
ELEFFH 2	EMAH 2	0.1000E+01
ELEFFH 2	VKRH 2	-0.3003E+01
ELEFFH 2	EH 2	0.1000E+01
ELEFFH 2	MEF 2	0.1000E+01
ELEFFL 2	EMAL 2	0.1000E+01
ELEFFL 2	EL 2	0.1000E+01
ELEFFL 2	OBJ	0.6572E+00
ELEFFL 2	KEL 2	0.3600E+03
ELEFFL 2	VKRL 2	-0.3003E+01
REH 2	KEH 2	0.3360E+03
REH 2	OBJ	0.1472E+01
REL 2	KEL 2	0.3600E+03
REL 2	OBJ	0.1084E+01
VEFH 2	VKRH 2	0.1000E+01
VEFH 2	OBJ	0.7913E+00
VEFH 2	VKRY 2	0.3360E+03
VEFL 2	VKRL 2	0.1000E+01
VEFL 2	OBJ	0.8478E+00
VEFL 2	VKRY 2	0.3600E+03
KOLEF 2	VKRY 2	0.6960E+03
KOLEF 2	OBJ	0.1366E+01
KOLEF 2	KOLE 2	0.1000E+01
SOPEF 2	VKRY 2	0.6960E+03
SOPEF 2	OBJ	0.6861E+00
SOPEF 2	SOPE 2	0.1000E+01
SPIEF 2	SPIE 2	0.1000E+01
SPIEF 2	VKRY 2	0.6960E+03
SPIEF 2	OBJ	0.1271E+01
HPEF 2	HPE 2	0.1000E+01
HPEF 2	VKRY 2	0.6960E+03
HPEF 2	OBJ	0.1474E+01
INTH 2	EMAH 2	-0.1200E+03
INTH 2	EH 2	-0.4800E+02
INTL 2	EMAL 2	-0.1200E+03
INTL 2	EL 2	-0.4800E+02
GTHL 2	OBJ	0.2086E+01
GTHL 2	KEH 2	0.3360E+03
GTHL 2	GTMH 2	0.4000E+01
GTHL 2	MEF 2	0.1000E+01
GTLL 2	OBJ	0.2235E+01
GTLL 2	KEL 2	0.3600E+03
GTLL 2	GTML 2	0.4000E+01
LAGEFH 2	LAGER 2	0.3360E+03
LAGEFH 2	KEH 2	0.3360E+03
LAGEFH 2	MEF 2	0.1000E+01

LAGEFL 2	KEL 2	-0.1680E+03
LAGEFL 2	LAGM 2	0.1680E+03
LAGEFL 2	LAGER 2	-0.1680E+03
ELEFFH 3	OBJ	0.6718E+00
ELEFFH 3	KEH 3	0.3680E+03
ELEFFH 3	EMAH 3	0.1000E+01
ELEFFH 3	VKRH 3	-0.3003E+01
ELEFFH 3	EH 3	0.1000E+01
ELEFFH 3	MEF 3	0.1000E+01
ELEFFL 3	EMAL 3	0.1000E+01
ELEFFL 3	EL 3	0.1000E+01
ELEFFL 3	OBJ	0.6864E+00
ELEFFL 3	KEL 3	0.3760E+03
ELEFFL 3	VKRL 3	-0.3003E+01
REH 3	KEH 3	0.3680E+03
REH 3	OBJ	0.1612E+01
REL 3	KEL 3	0.3760E+03
REL 3	OBJ	0.1133E+01
VEFH 3	VKRH 3	0.1000E+01
VEFH 3	OBJ	0.8666E+00
VEFH 3	VKRT 3	0.3680E+03
VEFL 3	VKRL 3	0.1000E+01
VEFL 3	OBJ	0.8855E+00
VEFL 3	VKRT 3	0.3760E+03
KOLEF 3	VKRT 3	0.7440E+03
KOLEF 3	OBJ	0.1460E+01
KOLEF 3	KOLE 3	0.1000E+01
SOPEF 3	VKRT 3	0.7440E+03
SOPEF 3	OBJ	0.7334E+00
SOPEF 3	SOPE 3	0.1000E+01
SPIEF 3	SPIE 3	0.1000E+01
SPIEF 3	VKRT 3	0.7440E+03
SPIEF 3	OBJ	0.1358E+01
HPEF 3	HPE 3	0.1000E+01
HPEF 3	VKRT 3	0.7440E+03
HPEF 3	OBJ	0.1576E+01
INTH 3	EMAH 3	-0.1200E+03
INTH 3	EH 3	-0.4800E+02
INTL 3	EMAL 3	-0.1200E+03
INTL 3	EL 3	-0.4800E+02
GTHL 3	OBJ	0.2284E+01
GTHL 3	KEH 3	0.3680E+03
GTHL 3	GTMH 3	0.4000E+01
GTHL 3	MEF 3	0.1000E+01
GTLL 3	OBJ	0.2334E+01
GTLL 3	KEL 3	0.3760E+03
GTLL 3	GTML 3	0.4000E+01
LAGEFH 3	LAGER 3	0.3680E+03
LAGEFH 3	KEH 3	0.3680E+03
LAGEFH 3	MEF 3	0.1000E+01
LAGEFL 3	KEL 3	-0.1840E+03
LAGEFL 3	LAGM 3	0.1840E+03
LAGEFL 3	LAGER 3	-0.1840E+03
ELEFFH 4	OBJ	0.6134E+00

ELEFPH 4	KEH 4	0.3360E+03
ELEFPH 4	EMAH 4	0.1000E+01
ELEFPH 4	VKRH 4	-0.3003E+01
ELEFPH 4	EH 4	0.1000E+01
ELEFFL 4	EMAL 4	0.1000E+01
ELEFFL 4	EL 4	0.1000E+01
ELEFFL 4	OBJ	0.7010E+00
ELEFFL 4	KEL 4	0.3840E+03
ELEFFL 4	VKRL 4	-0.3003E+01
REH 4	KEH 4	0.3360E+03
REH 4	OBJ	0.1012E+01
REL 4	KEL 4	0.3840E+03
REL 4	OBJ	0.9113E+00
VEFH 4	VKRH 4	0.1000E+01
VEFH 4	OBJ	0.7913E+00
VEFH 4	VKRY 4	0.3360E+03
VEFL 4	VKRL 4	0.1000E+01
VEFL 4	OBJ	0.9043E+00
VEFL 4	VKRY 4	0.3840E+03
KOLEF 4	VKRY 4	0.7200E+03
KOLEF 4	OBJ	0.1413E+01
KOLEF 4	KOLE 4	0.1000E+01
SOPEF 4	VKRY 4	0.7200E+03
SOPEF 4	OBJ	0.7098E+00
SOPEF 4	SOPE 4	0.1000E+01
SPIEF 4	SPIE 4	0.1000E+01
SPIEF 4	VKRY 4	0.7200E+03
SPIEF 4	OBJ	0.1314E+01
HPEF 4	HPE 4	0.1000E+01
HPEF 4	VKRY 4	0.7200E+03
HPEF 4	OBJ	0.1525E+01
INTH 4	EMAH 4	-0.1200E+03
INTH 4	EH 4	-0.4800E+02
INTL 4	EMAL 4	-0.1200E+03
INTL 4	EL 4	-0.4800E+02
GTHL 4	OBJ	0.2086E+01
GTHL 4	KEH 4	0.3360E+03
GTHL 4	GTMH 4	0.4000E+01
GTLL 4	OBJ	0.2383E+01
GTLL 4	KEL 4	0.3840E+03
GTLL 4	GTML 4	0.4000E+01
LAGEFH 4	LAGER 4	0.3360E+03
LAGEFH 4	KEH 4	0.3360E+03
LAGEFL 4	KEL 4	-0.1680E+03
LAGEFL 4	LAGH 4	0.1680E+03
LAGEFL 4	LAGER 4	-0.1680E+03
ELEFPH 5	OBJ	0.6426E+00
ELEFPH 5	KEH 5	0.3520E+03
ELEFPH 5	EMAH 5	0.1000E+01
ELEFPH 5	VKRH 5	-0.3003E+01
ELEFPH 5	EH 5	0.1000E+01
ELEFFL 5	EMAL 5	0.1000E+01
ELEFFL 5	EL 5	0.1000E+01
ELEFFL 5	OBJ	0.7156E+00

ELEFFL 5	KEL 5	0.3920E+03
ELEFFL 5	VKRL 5	-0.3003E+01
REH 5	KEH 5	0.3520E+03
REH 5	OBJ	0.7197E+00
REL 5	KEL 5	0.3920E+03
REL 5	OBJ	0.6584E+00
VEFH 5	VKRH 5	0.1000E+01
VEFH 5	OBJ	0.8290E+00
VEFH 5	VKRT 5	0.3520E+03
VEFL 5	VKRL 5	0.1000E+01
VEFL 5	OBJ	0.9232E+00
VEFL 5	VKRT 5	0.3920E+03
KOLEF 5	VKRT 5	0.7440E+03
KOLEF 5	OBJ	0.1460E+01
KOLEF 5	KOLE 5	0.1000E+01
SOPEF 5	VKRT 5	0.7440E+03
SOPEF 5	OBJ	0.7334E+00
SOPEF 5	SOPE 5	0.1000E+01
SPIEF 5	SPIE 5	0.1000E+01
SPIEF 5	VKRT 5	0.7440E+03
SPIEF 5	OBJ	0.1358E+01
HPEF 5	HPE 5	0.1000E+01
HPEF 5	VKRT 5	0.7440E+03
HPEF 5	OBJ	0.1576E+01
INTH 5	EMAH 5	-0.1200E+03
INTH 5	EH 5	-0.4800E+02
INTL 5	EMAL 5	-0.1200E+03
INTL 5	EL 5	-0.4800E+02
GTHL 5	OBJ	0.2185E+01
GTHL 5	KEH 5	0.3520E+03
GTHL 5	GTMH 5	0.4000E+01
GTL 5	OBJ	0.2433E+01
GTL 5	KEL 5	0.3920E+03
GTL 5	GTML 5	0.4000E+01
LAGEFH 5	LAGER 5	0.3520E+03
LAGEFH 5	KEH 5	0.3520E+03
LAGEFL 5	KEL 5	-0.1760E+03
LAGEFL 5	LAGM 5	0.1760E+03
LAGEFL 5	LAGER 5	-0.1760E+03
ELEFFH 6	OBJ	0.6426E+00
ELEFFH 6	KEH 6	0.3520E+03
ELEFFH 6	EMAH 6	0.1000E+01
ELEFFH 6	VKRH 6	-0.3003E+01
ELEFFH 6	EH 6	0.1000E+01
ELEFFL 6	EMAL 6	0.1000E+01
ELEFFL 6	EL 6	0.1000E+01
ELEFFL 6	OBJ	0.6718E+00
ELEFFL 6	KEL 6	0.3680E+03
ELEFFL 6	VKRL 6	-0.3003E+01
REH 6	KEH 6	0.3520E+03
REH 6	OBJ	0.7197E+00
REL 6	KEL 6	0.3680E+03
REL 6	OBJ	0.6181E+00
VEFH 6	VKRH 6	0.1000E+01

VEFH 6	OBJ	0.8290E+00
VEFH 6	VKRY 6	0.3520E+03
VEFL 6	VKRL 6	0.1000E+01
VEFL 6	OBJ	0.8686E+00
VEFL 6	VKRY 6	0.3680E+03
KOLEF 6	VKRY 6	0.7200E+03
KOLEF 6	OBJ	0.1413E+01
KOLEF 6	KOLE 6	0.1000E+01
SOPEF 6	VKRY 6	0.7200E+03
SOPEF 6	OBJ	0.7098E+00
SOPEF 6	SOPE 6	0.1000E+01
SPIEF 6	SPIE 6	0.1000E+01
SPIEF 6	VKRY 6	0.7200E+03
SPIEF 6	OBJ	0.1314E+01
HPEF 6	HPE 6	0.1000E+01
HPEF 6	VKRY 6	0.7200E+03
HPEF 6	OBJ	0.1525E+01
INTH 6	EMAH 6	-0.1200E+03
INTH 6	EH 6	-0.4800E+02
INTL 6	EMAL 6	-0.1200E+03
INTL 6	EL 6	-0.4800E+02
GTHL 6	OBJ	0.2185E+01
GTHL 6	KEH 6	0.3520E+03
GTHL 6	GTMH 6	0.4000E+01
GTLL 6	OBJ	0.2284E+01
GTLL 6	KEL 6	0.3680E+03
GTLL 6	GTML 6	0.4000E+01
LAGEFH 6	LAGER 6	0.3520E+03
LAGEFH 6	KEH 6	0.3520E+03
LAGEFL 6	KEL 6	-0.1760E+03
LAGEFL 6	LAGH 6	0.1760E+03
LAGEFL 6	LAGER 6	-0.1760E+03
ELEFFH 7	OBJ	0.6134E+00
ELEFFH 7	KEH 7	0.3360E+03
ELEFFH 7	EMAH 7	0.1000E+01
ELEFFH 7	VKRH 7	-0.3003E+01
ELEFFH 7	EH 7	0.1000E+01
ELEFFL 7	EMAL 7	0.1000E+01
ELEFFL 7	EL 7	0.1000E+01
ELEFFL 7	OBJ	0.7448E+00
ELEFFL 7	KEL 7	0.4080E+03
ELEFFL 7	VKRL 7	-0.3003E+01
REH 7	KEH 7	0.3360E+03
REH 7	OBJ	0.6870E+00
REL 7	KEL 7	0.4080E+03
REL 7	OBJ	0.6853E+00
VEFH 7	VKRH 7	0.1000E+01
VEFH 7	OBJ	0.7913E+00
VEFH 7	VKRY 7	0.3360E+03
VEFL 7	VKRL 7	0.1000E+01
VEFL 7	OBJ	0.9608E+00
VEFL 7	VKRY 7	0.4080E+03
KOLEF 7	VKRY 7	0.7440E+03
KOLEF 7	OBJ	0.1460E+01

KOLEF 7	KOLE 7	0.1000E+01
SOPEF 7	VKRT 7	0.7440E+03
SOPEF 7	OBJ	0.7334E+00
SOPEF 7	SOPE 7	0.1000E+01
SPIEF 7	SPIE 7	0.1000E+01
SPIEF 7	VKRT 7	0.7440E+03
SPIEF 7	OBJ	0.1358E+01
HPEF 7	HPE 7	0.1000E+01
HPEF 7	VKRT 7	0.7440E+03
HPEF 7	OBJ	0.1576E+01
INTH 7	EMAH 7	-0.1200E+03
INTH 7	EH 7	-0.4800E+02
INTL 7	EMAL 7	-0.1200E+03
INTL 7	EL 7	-0.4800E+02
GTHL 7	OBJ	0.2086E+01
GTHL 7	KEH 7	0.3360E+03
GTHL 7	GTMH 7	0.4000E+01
GTLL 7	OBJ	0.2532E+01
GTLL 7	KEL 7	0.4080E+03
GTLL 7	GTML 7	0.4000E+01
LAGEFH 7	LAGER 7	0.3360E+03
LAGEFH 7	KEH 7	0.3360E+03
LAGEFL 7	KEL 7	-0.1680E+03
LAGEFL 7	LAGM 7	0.1680E+03
LAGEFL 7	LAGER 7	-0.1680E+03
ELEFFH 8	OBJ	0.6718E+00
ELEFFH 8	KEH 8	0.3680E+03
ELEFFH 8	EMAH 8	0.1000E+01
ELEFFH 8	VKRM 8	-0.3003E+01
ELEFFH 8	EH 8	0.1000E+01
ELEFFL 8	EMAL 8	0.1000E+01
ELEFFL 8	EL 8	0.1000E+01
ELEFFL 8	OBJ	0.6864E+00
ELEFFL 8	KEL 8	0.3760E+03
ELEFFL 8	VKRL 8	-0.3003E+01
REH 8	KEH 8	0.3680E+03
REH 8	OBJ	0.7524E+00
REL 8	KEL 8	0.3760E+03
REL 8	OBJ	0.6315E+00
VEFH 8	VKRM 8	0.1000E+01
VEFH 8	OBJ	0.8666E+00
VEFH 8	VKRT 8	0.3680E+03
VEFL 8	VKRL 8	0.1000E+01
VEFL 8	OBJ	0.8855E+00
VEFL 8	VKRT 8	0.3760E+03
KOLEF 8	VKRT 8	0.7440E+03
KOLEF 8	OBJ	0.1460E+01
KOLEF 8	KOLE 8	0.1000E+01
SOPEF 8	VKRT 8	0.7440E+03
SOPEF 8	OBJ	0.7334E+00
SOPEF 8	SOPE 8	0.1000E+01
SPIEF 8	SPIE 8	0.1000E+01
SPIEF 8	VKRT 8	0.7440E+03
SPIEF 8	OBJ	0.1358E+01

HPEF 8	HPE 8	0.1000E+01
HPEF 8	VKRY 8	0.7440E+03
HPEF 8	OBJ	0.1576E+01
INTH 8	EMAH 8	-0.1200E+03
INTH 8	EH 8	-0.4800E+02
INTL 8	EMAL 8	-0.1200E+03
INTL 8	EL 8	-0.4800E+02
GTHL 8	OBJ	0.2284E+01
GTHL 8	KEH 8	0.3680E+03
GTHL 8	GTMH 8	0.4000E+01
GTL 8	OBJ	0.2334E+01
GTL 8	KEL 8	0.3760E+03
GTL 8	GTML 8	0.4000E+01
LAGEFH 8	LAGER 8	0.3680E+03
LAGEFH 8	KEH 8	0.3680E+03
LAGEFL 8	KEL 8	-0.1840E+03
LAGEFL 8	LAGH 8	0.1840E+03
LAGEFL 8	LAGER 8	-0.1840E+03
ELEFFH 9	OBJ	0.6426E+00
ELEFFH 9	KEH 9	0.3520E+03
ELEFFH 9	EMAH 9	0.1000E+01
ELEFFH 9	VKRH 9	-0.3003E+01
ELEFFH 9	EH 9	0.1000E+01
ELEFFL 9	EMAL 9	0.1000E+01
ELEFFL 9	EL 9	0.1000E+01
ELEFFL 9	OBJ	0.6718E+00
ELEFFL 9	KEL 9	0.3680E+03
ELEFFL 9	VKRL 9	-0.3003E+01
REH 9	KEH 9	0.3520E+03
REH 9	OBJ	0.1060E+01
REL 9	KEL 9	0.3680E+03
REL 9	OBJ	0.8734E+00
VEFH 9	VKRH 9	0.1000E+01
VEFH 9	OBJ	0.8290E+00
VEFH 9	VKRY 9	0.3520E+03
VEFL 9	VKRL 9	0.1000E+01
VEFL 9	OBJ	0.8666E+00
VEFL 9	VKRY 9	0.3680E+03
KOLEF 9	VKRY 9	0.7200E+03
KOLEF 9	OBJ	0.1413E+01
KOLEF 9	KOLE 9	0.1000E+01
SOPEF 9	VKRY 9	0.7200E+03
SOPEF 9	OBJ	0.7098E+00
SOPEF 9	SOPE 9	0.1000E+01
SPIEF 9	SPIE 9	0.1000E+01
SPIEF 9	VKRY 9	0.7200E+03
SPIEF 9	OBJ	0.1314E+01
HPEF 9	HPE 9	0.1000E+01
HPEF 9	VKRY 9	0.7200E+03
HPEF 9	OBJ	0.1525E+01
INTH 9	EMAH 9	-0.1200E+03
INTH 9	EH 9	-0.4800E+02
INTL 9	EMAL 9	-0.1200E+03
INTL 9	EL 9	-0.4800E+02

GTHL 9	OBJ	0.2185E+01
GTHL 9	KEH 9	0.3520E+03
GTHL 9	GTMH 9	0.4000E+01
GTLL 9	OBJ	0.2284E+01
GTLL 9	KEL 9	0.3680E+03
GTLL 9	GTML 9	0.4000E+01
LAGEFH 9	LAGER 9	0.3520E+03
LAGEFH 9	KEH 9	0.3520E+03
LAGEFL 9	KEL 9	-0.1760E+03
LAGEFL 9	LAGM 9	0.1760E+03
LAGEFL 9	LAGER 9	-0.1760E+03
ELEFFH10	OBJ	0.6134E+00
ELEFFH10	KEH10	0.3360E+03
ELEFFH10	EMAH10	0.1000E+01
ELEFFH10	VKRH10	-0.3003E+01
ELEFFH10	EH10	0.1000E+01
ELEFFL10	EMAL10	0.1000E+01
ELEFFL10	EL10	0.1000E+01
ELEFFL10	OBJ	0.7448E+00
ELEFFL10	KEL10	0.4080E+03
ELEFFL10	VKRL10	-0.3003E+01
REH10	KEH10	0.3360E+03
REH10	OBJ	0.1012E+01
REL10	KEL10	0.4080E+03
REL10	OBJ	0.9683E+00
VEFH10	VKRH10	0.1000E+01
VEFH10	OBJ	0.7913E+00
VEFH10	VKRT10	0.3360E+03
VEFL10	VKRL10	0.1000E+01
VEFL10	OBJ	0.9608E+00
VEFL10	VKRT10	0.4080E+03
KOLEF10	VKRT10	0.7440E+03
KOLEF10	OBJ	0.1460E+01
KOLEF10	KOLE10	0.1000E+01
SOPEF10	VKRT10	0.7440E+03
SOPEF10	OBJ	0.7334E+00
SOPEF10	SOPE10	0.1000E+01
SPIEF10	SPIE10	0.1000E+01
SPIEF10	VKRT10	0.7440E+03
SPIEF10	OBJ	0.1358E+01
HPEF10	HPE10	0.1000E+01
HPEF10	VKRT10	0.7440E+03
HPEF10	OBJ	0.1576E+01
INTH10	EMAH10	-0.1200E+03
INTH10	EH10	-0.4800E+02
INTL10	EMAL10	-0.1200E+03
INTL10	EL10	-0.4800E+02
GTHL10	OBJ	0.2086E+01
GTHL10	KEH10	0.3360E+03
GTHL10	GTMH10	0.4000E+01
GTLL10	OBJ	0.2532E+01
GTLL10	KEL10	0.4080E+03
GTLL10	GTML10	0.4000E+01
LAGEFH10	LAGER10	0.3360E+03

LAGEFH10	KEH10	0.3360E+03
LAGEFL10	KEL10	-0.1680E+03
LAGEFL10	LAGM10	0.1680E+03
LAGEFL10	LAGER10	-0.1680E+03
ELEFPFH11	OBJ	0.6426E+00
ELEFPFH11	KEH11	0.3520E+03
ELEFPFH11	EMAH11	0.1000E+01
ELEFPFH11	VKRM11	-0.3003E+01
ELEFPFH11	EH11	0.1000E+01
ELEFPFH11	MEF 4	0.1000E+01
ELEFFL11	EMAL11	0.1000E+01
ELEFFL11	EL11	0.1000E+01
ELEFFL11	OBJ	0.6718E+00
ELEFFL11	KEL11	0.3680E+03
ELEFFL11	VKRL11	-0.3003E+01
REH11	KEH11	0.3520E+03
REH11	OBJ	0.1542E+01
REL11	KEL11	0.3680E+03
REL11	OBJ	0.1108E+01
VEFH11	VKRM11	0.1000E+01
VEFH11	OBJ	0.8290E+00
VEFH11	VKRT11	0.3520E+03
VEFL11	VKRL11	0.1000E+01
VEFL11	OBJ	0.8666E+00
VEFL11	VKRT11	0.3680E+03
KOLEF11	VKRT11	0.7200E+03
KOLEF11	OBJ	0.1413E+01
KOLEF11	KOLE11	0.1000E+01
SOPEF11	VKRT11	0.7200E+03
SOPEF11	OBJ	0.7098E+00
SOPEF11	SOPE11	0.1000E+01
SPIEF11	SPIE11	0.1000E+01
SPIEF11	VKRT11	0.7200E+03
SPIEF11	OBJ	0.1314E+01
HPEF11	HPE11	0.1000E+01
HPEF11	VKRT11	0.7200E+03
HPEF11	OBJ	0.1525E+01
INTH11	EMAH11	-0.1200E+03
INTH11	EH11	-0.4800E+02
INTL11	EMAL11	-0.1200E+03
INTL11	EL11	-0.4800E+02
GTHL11	OBJ	0.2185E+01
GTHL11	KEH11	0.3520E+03
GTHL11	GTMH11	0.4000E+01
GTHL11	MEF 4	0.1000E+01
GTL11	OBJ	0.2284E+01
GTL11	KEL11	0.3680E+03
GTL11	GTML11	0.4000E+01
LAGEFH11	LAGER11	0.3520E+03
LAGEFH11	KEH11	0.3520E+03
LAGEFH11	MEF 4	0.1000E+01
LAGEFL11	KEL11	-0.1760E+03
LAGEFL11	LAGM11	0.1760E+03
LAGEFL11	LAGER11	-0.1760E+03

ELEFFH12	OBJ	0.6426E+00
ELEFFH12	KEH12	0.3520E+03
ELEFFH12	EMAH12	0.1000E+01
ELEFFH12	VKRH12	-0.3003E+01
ELEFFH12	EH12	0.1000E+01
ELEFFH12	MEF 5	0.1000E+01
ELEFFL12	EMAL12	0.1000E+01
ELEFFL12	EL12	0.1000E+01
ELEFFL12	OBJ	0.7156E+00
ELEFFL12	KEL12	0.3920E+03
ELEFFL12	VKRL12	-0.3003E+01
REH12	KEH12	0.3520E+03
REH12	OBJ	0.1542E+01
REL12	KEL12	0.3920E+03
REL12	OBJ	0.1181E+01
VEFH12	VKRH12	0.1000E+01
VEFH12	OBJ	0.8290E+00
VEFH12	VKRT12	0.3520E+03
VEFL12	VKRL12	0.1000E+01
VEFL12	OBJ	0.9232E+00
VEFL12	VKRT12	0.3920E+03
KOLEF12	VKRT12	0.7440E+03
KOLEF12	OBJ	0.1460E+01
KOLEF12	KOLE12	0.1000E+01
SOPEF12	VKRT12	0.7440E+03
SOPEF12	OBJ	0.7334E+00
SOPEF12	SOPE12	0.1000E+01
SPIEF12	SPIE12	0.1000E+01
SPIEF12	VKRT12	0.7440E+03
SPIEF12	OBJ	0.1358E+01
HPEF12	HPE12	0.1000E+01
HPEF12	VKRT12	0.7440E+03
HPEF12	OBJ	0.1576E+01
INTH12	EMAH12	-0.1200E+03
INTH12	EH12	-0.4800E+02
INTL12	EMAL12	-0.1200E+03
INTL12	EL12	-0.4800E+02
GTHL12	OBJ	0.2185E+01
GTHL12	KEH12	0.3520E+03
GTHL12	GTMH12	0.4000E+01
GTHL12	MEF 5	0.1000E+01
GTL12	OBJ	0.2433E+01
GTL12	KEL12	0.3920E+03
GTL12	GTML12	0.4000E+01
LAGEFH12	LAGER12	0.3520E+03
LAGEFH12	KEH12	0.3520E+03
LAGEFH12	MEF 5	0.1000E+01
LAGEFL12	KEL12	-0.1760E+03
LAGEFL12	LAGM12	0.1760E+03
LAGEFL12	LAGER12	-0.1760E+03
GTMBR	GTMH 1	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 1	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 2	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 2	-0.1000E+01

GTMBR	GTMH 3	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 3	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 4	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 4	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 5	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 5	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 6	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 6	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 7	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 7	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 8	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 8	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH 9	-0.1000E+01
GTMBR	GTML 9	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH10	-0.1000E+01
GTMBR	GTML10	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH11	-0.1000E+01
GTMBR	GTML11	-0.1000E+01
GTMBR	GTMH12	-0.1000E+01
GTMBR	GTML12	-0.1000E+01
GTMBR	OBJ	0.3000E+01
LAGMX	LAGH 1	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 2	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 3	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 4	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 5	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 6	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 7	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 8	-0.1000E+01
LAGMX	LAGH 9	-0.1000E+01
LAGMX	LAGM10	-0.1000E+01
LAGMX	LAGM11	-0.1000E+01
LAGMX	LAGM12	-0.1000E+01
LAGMX	OBJ	0.1500E+00
PM	OBJ	0.2008E+02
PM	MEF 1	0.1000E+01
PM	MEF 2	0.1000E+01
PM	MEF 3	0.1000E+01
PM	MEF 4	0.1000E+01
PM	MEF 5	0.1000E+01
A 1	OBJ	0.8882E+03
A 1	LIKA	0.1000E+01
A 1	VKRT 1	0.9536E+04
A 1	VKRT 2	0.9004E+04
A 1	VKRT 3	0.8693E+04
A 1	VKRT 4	0.6438E+04
A 1	VKRT 5	0.4435E+04
A 1	VKRT 6	0.2575E+04
A 1	VKRT 7	0.1685E+04
A 1	VKRT 8	0.1907E+04
A 1	VKRT 9	0.3219E+04
A 1	VKRT10	0.5367E+04
A 1	VKRT11	0.6911E+04
A 1	VKRT12	0.8427E+04

A 2	OBJ	0.9703E+03
A 2	LIKA	0.1000E+01
A 2	VKRT 1	0.1377E+05
A 2	VKRT 2	0.1301E+05
A 2	VKRT 3	0.1256E+05
A 2	VKRT 4	0.9300E+04
A 2	VKRT 5	0.6407E+04
A 2	VKRT 6	0.3720E+04
A 2	VKRT 7	0.2435E+04
A 2	VKRT 8	0.2755E+04
A 2	VKRT 9	0.4650E+04
A 2	VKRT10	0.7752E+04
A 2	VKRT11	0.9982E+04
A 2	VKRT12	0.1217E+05
A 3	OBJ	0.1052E+04
A 3	LIKA	0.1000E+01
A 3	VKRT 1	0.1617E+05
A 3	VKRT 2	0.1527E+05
A 3	VKRT 3	0.1474E+05
A 3	VKRT 4	0.1092E+05
A 3	VKRT 5	0.7521E+04
A 3	VKRT 6	0.4367E+04
A 3	VKRT 7	0.2858E+04
A 3	VKRT 8	0.3234E+04
A 3	VKRT 9	0.5459E+04
A 3	VKRT10	0.9100E+04
A 3	VKRT11	0.1172E+05
A 3	VKRT12	0.1429E+05
A 4	OBJ	0.1135E+04
A 4	LIKA	0.1000E+01
A 4	VKRT 1	0.1771E+05
A 4	VKRT 2	0.1672E+05
A 4	VKRT 3	0.1614E+05
A 4	VKRT 4	0.1196E+05
A 4	VKRT 5	0.8237E+04
A 4	VKRT 6	0.4783E+04
A 4	VKRT 7	0.3130E+04
A 4	VKRT 8	0.3542E+04
A 4	VKRT 9	0.5979E+04
A 4	VKRT10	0.9967E+04
A 4	VKRT11	0.1283E+05
A 4	VKRT12	0.1565E+05
A 5	OBJ	0.1217E+04
A 5	LIKA	0.1000E+01
A 5	VKRT 1	0.1878E+05
A 5	VKRT 2	0.1773E+05
A 5	VKRT 3	0.1712E+05
A 5	VKRT 4	0.1268E+05
A 5	VKRT 5	0.8736E+04
A 5	VKRT 6	0.5073E+04
A 5	VKRT 7	0.3320E+04
A 5	VKRT 8	0.3757E+04
A 5	VKRT 9	0.6341E+04
A 5	VKRT10	0.1057E+05

A 5	VKRY11	0.1361E+05
A 5	VKRY12	0.1660E+05
A 6	OBJ	0.1299E+04
A 6	LIKA	0.1000E+01
A 6	VKRY 1	0.1957E+05
A 6	VKRY 2	0.1848E+05
A 6	VKRY 3	0.1784E+05
A 6	VKRY 4	0.1322E+05
A 6	VKRY 5	0.9104E+04
A 6	VKRY 6	0.5286E+04
A 6	VKRY 7	0.3460E+04
A 6	VKRY 8	0.3915E+04
A 6	VKRY 9	0.6608E+04
A 6	VKRY10	0.1102E+05
A 6	VKRY11	0.1418E+05
A 6	VKRY12	0.1730E+05
D 1	OBJ	0.7925E+02
D 1	LIKA1	0.1000E+01
D 1	KEH 1	0.3843E+03
D 1	MEF 1	0.1862E+01
D 1	KEL 1	0.4666E+03
D 1	KEH 2	0.3878E+03
D 1	MEF 2	0.1862E+01
D 1	KEL 2	0.4156E+03
D 1	KEH 3	0.3837E+03
D 1	MEF 3	0.1862E+01
D 1	KEL 3	0.3920E+03
D 1	KEH 4	0.2681E+03
D 1	KEL 4	0.3064E+03
D 1	KEH 5	0.1872E+03
D 1	KEL 5	0.2085E+03
D 1	KEH 6	0.1123E+03
D 1	KEL 6	0.1175E+03
D 1	KEH 7	0.6792E+02
D 1	KEL 7	0.8247E+02
D 1	KEH 8	0.8417E+02
D 1	KEL 8	0.8600E+02
D 1	KEH 9	0.1404E+03
D 1	KEL 9	0.1468E+03
D 1	KEH10	0.2163E+03
D 1	KEL10	0.2626E+03
D 1	KEH11	0.3015E+03
D 1	MEF 4	0.1862E+01
D 1	KEL11	0.3152E+03
D 1	KEH12	0.3558E+03
D 1	MEF 5	0.1862E+01
D 1	KEL12	0.3962E+03
D 2	OBJ	0.8658E+02
D 2	LIKA1	0.1000E+01
D 2	KEH 1	0.5551E+03
D 2	MEF 1	0.2689E+01
D 2	KEL 1	0.6740E+03
D 2	KEH 2	0.5602E+03
D 2	MEF 2	0.2689E+01

D 2	KEL 2	0.6002E+03
D 2	KEH 3	0.5542E+03
D 2	MEF 3	0.2689E+01
D 2	KEL 3	0.5662E+03
D 2	KEH 4	0.3873E+03
D 2	KEL 4	0.4426E+03
D 2	KEH 5	0.2705E+03
D 2	KEL 5	0.3012E+03
D 2	KEH 6	0.1623E+03
D 2	KEL 6	0.1697E+03
D 2	KEH 7	0.9810E+02
D 2	KEL 7	0.1191E+03
D 2	KEH 8	0.1216E+03
D 2	KEL 8	0.1242E+03
D 2	KEH 9	0.2028E+03
D 2	KEL 9	0.2121E+03
D 2	KEH10	0.3124E+03
D 2	KEL10	0.3793E+03
D 2	KEH11	0.4354E+03
D 2	MEF 4	0.2689E+01
D 2	KEL11	0.4552E+03
D 2	KEH12	0.5139E+03
D 2	MEF 5	0.2689E+01
D 2	KEL12	0.5723E+03
D 3	OBJ	0.9391E+02
D 3	LIKA1	0.1000E+01
D 3	KEH 1	0.6516E+03
D 3	MEF 1	0.3157E+01
D 3	KEL 1	0.7912E+03
D 3	KEH 2	0.6577E+03
D 3	MEF 2	0.3157E+01
D 3	KEL 2	0.7046E+03
D 3	KEH 3	0.6506E+03
D 3	MEF 3	0.3157E+01
D 3	KEL 3	0.6647E+03
D 3	KEH 4	0.4546E+03
D 3	KEL 4	0.5195E+03
D 3	KEH 5	0.3175E+03
D 3	KEL 5	0.3536E+03
D 3	KEH 6	0.1905E+03
D 3	KEL 6	0.1992E+03
D 3	KEH 7	0.1152E+03
D 3	KEL 7	0.1398E+03
D 3	KEH 8	0.1427E+03
D 3	KEL 8	0.1458E+03
D 3	KEH 9	0.2381E+03
D 3	KEL 9	0.2489E+03
D 3	KEH10	0.3667E+03
D 3	KEL10	0.4453E+03
D 3	KEH11	0.5112E+03
D 3	MEF 4	0.3157E+01
D 3	KEL11	0.5344E+03
D 3	KEH12	0.6032E+03
D 3	MEF 5	0.3157E+01

D 3	KEL12	0.6718E+03
D 4	OBJ	0.1012E+03
D 4	LIKA1	0.1000E+01
D 4	KEH 1	0.7136E+03
D 4	MEF 1	0.3458E+01
D 4	KEL 1	0.8666E+03
D 4	KEH 2	0.7203E+03
D 4	MEF 2	0.3458E+01
D 4	KEL 2	0.7717E+03
D 4	KEH 3	0.7125E+03
D 4	MEF 3	0.3458E+01
D 4	KEL 3	0.7280E+03
D 4	KEH 4	0.4979E+03
D 4	KEL 4	0.5690E+03
D 4	KEH 5	0.3477E+03
D 4	KEL 5	0.3873E+03
D 4	KEH 6	0.2086E+03
D 4	KEL 6	0.2181E+03
D 4	KEH 7	0.1261E+03
D 4	KEL 7	0.1532E+03
D 4	KEH 8	0.1563E+03
D 4	KEL 8	0.1597E+03
D 4	KEH 9	0.2608E+03
D 4	KEL 9	0.2727E+03
D 4	KEH10	0.4016E+03
D 4	KEL10	0.4877E+03
D 4	KEH11	0.5599E+03
D 4	MEF 4	0.3458E+01
D 4	KEL11	0.5853E+03
D 4	KEH12	0.6607E+03
D 4	MEF 5	0.3458E+01
D 4	KEL12	0.7358E+03
D 5	OBJ	0.1086E+03
D 5	LIKA1	0.1000E+01
D 5	KEH 1	0.7569E+03
D 5	MEF 1	0.3667E+01
D 5	KEL 1	0.9191E+03
D 5	KEH 2	0.7639E+03
D 5	MEF 2	0.3667E+01
D 5	KEL 2	0.8185E+03
D 5	KEH 3	0.7557E+03
D 5	MEF 3	0.3667E+01
D 5	KEL 3	0.7722E+03
D 5	KEH 4	0.5281E+03
D 5	KEL 4	0.6035E+03
D 5	KEH 5	0.3688E+03
D 5	KEL 5	0.4107E+03
D 5	KEH 6	0.2213E+03
D 5	KEL 6	0.2313E+03
D 5	KEH 7	0.1338E+03
D 5	KEL 7	0.1624E+03
D 5	KEH 8	0.1658E+03
D 5	KEL 8	0.1694E+03
D 5	KEH 9	0.2766E+03

D 5	KEL 9	0.2892E+03
D 5	KEH10	0.4260E+03
D 5	KEL10	0.5173E+03
D 5	KEH11	0.5938E+03
D 5	MEF 4	0.3667E+01
D 5	KEL11	0.6208E+03
D 5	KEH12	0.7007E+03
D 5	MEF 5	0.3667E+01
D 5	KEL12	0.7804E+03
D 6	OBJ	0.1159E+03
D 6	LIKA1	0.1000E+01
D 6	KEH 1	0.7888E+03
D 6	MEF 1	0.3822E+01
D 6	KEL 1	0.9578E+03
D 6	KEH 2	0.7961E+03
D 6	MEF 2	0.3822E+01
D 6	KEL 2	0.8530E+03
D 6	KEH 3	0.7875E+03
D 6	MEF 3	0.3822E+01
D 6	KEL 3	0.8047E+03
D 6	KEH 4	0.5503E+03
D 6	KEL 4	0.6289E+03
D 6	KEH 5	0.3843E+03
D 6	KEL 5	0.4280E+03
D 6	KEH 6	0.2306E+03
D 6	KEL 6	0.2411E+03
D 6	KEH 7	0.1394E+03
D 6	KEL 7	0.1693E+03
D 6	KEH 8	0.1728E+03
D 6	KEL 8	0.1765E+03
D 6	KEH 9	0.2883E+03
D 6	KEL 9	0.3014E+03
D 6	KEH10	0.4439E+03
D 6	KEL10	0.5390E+03
D 6	KEH11	0.6188E+03
D 6	MEF 4	0.3822E+01
D 6	KEL11	0.6469E+03
D 6	KEH12	0.7302E+03
D 6	MEF 5	0.3822E+01
D 6	KEL12	0.8132E+03
B	OBJ	0.4327E+03
B	VKRT 1	0.7895E+04
B	VKRT 2	0.7031E+04
B	VKRT 3	0.6633E+04
B	VKRT 4	0.5184E+04
B	VKRT 5	0.3528E+04
B	VKRT 6	0.1987E+04
B	VKRT 7	0.1395E+04
B	VKRT 8	0.1455E+04
B	VKRT 9	0.2484E+04
B	VKRT10	0.4443E+04
B	VKRT11	0.5332E+04
B	VKRT12	0.6703E+04

RHS

RHS	KEH 1	0.1179E+06
RHS	KEL 1	0.1035E+06
RHS	VKRY 1	0.3404E+06
RHS	SOPE 1	0.6500E+02
RHS	KOLE 1	0.1250E+03
RHS	SPIE 1	0.3000E+02
RHS	HPE 1	0.4000E+02
RHS	KEH 2	0.1221E+06
RHS	KEL 2	0.9492E+05
RHS	VKRY 2	0.3231E+06
RHS	SOPE 2	0.6500E+02
RHS	KOLE 2	0.1250E+03
RHS	SPIE 2	0.3000E+02
RHS	HPE 2	0.4000E+02
RHS	KEH 3	0.1310E+06
RHS	KEL 3	0.9851E+05
RHS	VKRY 3	0.3129E+06
RHS	SOPE 3	0.6500E+02
RHS	KOLE 3	0.1250E+03
RHS	SPIE 3	0.3000E+02
RHS	HPE 3	0.4000E+02
RHS	KEH 4	0.1057E+06
RHS	KEL 4	0.9412E+05
RHS	VKRY 4	0.2393E+06
RHS	SOPE 4	0.6500E+02
RHS	KOLE 4	0.1250E+03
RHS	SPIE 4	0.3000E+02
RHS	HPE 4	0.4000E+02
RHS	KEH 5	0.8785E+05
RHS	KEL 5	0.6960E+05
RHS	VKRY 5	0.1739E+06
RHS	SOPE 5	0.6500E+02
RHS	KOLE 5	0.1250E+03
RHS	SPIE 5	0.3000E+02
RHS	HPE 5	0.4000E+02
RHS	KEH 6	0.8857E+05
RHS	KEL 6	0.6508E+05
RHS	VKRY 6	0.1132E+06
RHS	SOPE 6	0.6500E+02
RHS	KOLE 6	0.1250E+03
RHS	SPIE 6	0.3000E+02
RHS	HPE 6	0.4000E+02
RHS	KEH 7	0.6813E+05
RHS	KEL 7	0.5677E+05
RHS	VKRY 7	0.8418E+05
RHS	SOPE 7	0.6500E+02
RHS	KOLE 7	0.1250E+03
RHS	SPIE 7	0.3000E+02
RHS	HPE 7	0.4000E+02
RHS	KEH 8	0.9674E+05
RHS	KEL 8	0.7088E+05
RHS	VKRY 8	0.9142E+05
RHS	SOPE 8	0.6500E+02
RHS	KOLE 8	0.1250E+03

RHS	SPIE 8	0.3000E+02
RHS	HPE 8	0.4000E+02
RHS	KEH 9	0.1072E+06
RHS	KEL 9	0.8099E+05
RHS	VKRT 9	0.1343E+06
RHS	SOPE 9	0.6500E+02
RHS	KOLE 9	0.1250E+03
RHS	SPIE 9	0.3000E+02
RHS	HPE 9	0.4000E+02
RHS	KEH10	0.1115E+06
RHS	KEL10	0.9954E+05
RHS	VKRT10	0.2044E+06
RHS	SOPE10	0.6500E+02
RHS	KOLE10	0.1250E+03
RHS	SPIE10	0.3000E+02
RHS	HPE10	0.4000E+02
RHS	KEH11	0.1298E+06
RHS	KEL11	0.9840E+05
RHS	VKRT11	0.2547E+06
RHS	SOPE11	0.6500E+02
RHS	KOLE11	0.1250E+03
RHS	SPIE11	0.3000E+02
RHS	HPE11	0.4000E+02
RHS	KEH12	0.1356E+06
RHS	KEL12	0.1112E+06
RHS	VKRT12	0.3043E+06
RHS	SOPE12	0.6500E+02
RHS	KOLE12	0.1250E+03
RHS	SPIE12	0.3000E+02
RHS	HPE12	0.4000E+02
RHS	MEF 1	0.4431E+03
RHS	MEF 2	0.4192E+03
RHS	MEF 3	0.4075E+03
RHS	MEF 4	0.4335E+03
RHS	MEF 5	0.4553E+03
RHS	LKA	0.1000E+01
RHS	LKA1	0.1000E+01
BOUNDS		
BV BOUNDS	INTH 1	
BV BOUNDS	INTL 1	
BV BOUNDS	INTH 2	
BV BOUNDS	INTL 2	
BV BOUNDS	INTH 3	
BV BOUNDS	INTL 3	
BV BOUNDS	INTH 4	
BV BOUNDS	INTL 4	
BV BOUNDS	INTH 5	
BV BOUNDS	INTL 5	
BV BOUNDS	INTH 6	
BV BOUNDS	INTL 6	
BV BOUNDS	INTH 7	
BV BOUNDS	INTL 7	
BV BOUNDS	INTH 8	
BV BOUNDS	INTL 8	

```
BV BOUNDS    INTH 9
BV BOUNDS    INTL 9
BV BOUNDS    INTH10
BV BOUNDS    INTL10
BV BOUNDS    INTH11
BV BOUNDS    INTL11
BV BOUNDS    INTH12
BV BOUNDS    INTL12
BV BOUNDS    A 1
BV BOUNDS    A 2
BV BOUNDS    A 3
BV BOUNDS    A 4
BV BOUNDS    A 5
BV BOUNDS    A 6
BV BOUNDS    D 1
BV BOUNDS    D 2
BV BOUNDS    D 3
BV BOUNDS    D 4
BV BOUNDS    D 5
BV BOUNDS    D 6
BV BOUNDS    B
ENDATA
```