



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

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



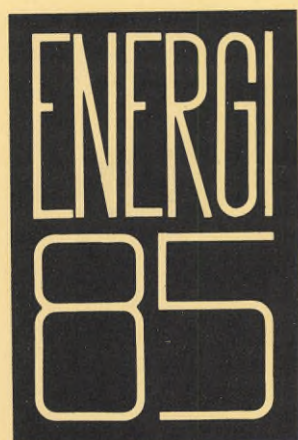
Rapport

R144:1984

Energisparande vid alternativa förutsättningar

John Gajland

K
AND



INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Flac Ser

Bygghforskningsrådet

R144:1984

ENERGISPARANDE VID ALTERNATIVA FÖRUTSÄTTNINGAR

John Gajland

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
831121-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till Resource Planning Association, RPA, Paris.

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

R144:1984

ISBN 91-540-4213-5
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Liber Tryck Stockholm 1984

Byggeforskningsrådets förord.

Målet för energisparverksamheten i byggnader är enligt riksdagsbesluten 1978 och 1981 att under tioårsperioden 1978-88 minska energianvändningen i byggnader med ca 48 TWh/år brutto (Prop 1980/81:133). I besluten ingick att en utvärdering av verksamheten skulle ske 1985.

Bostadsdepartementet har uppdragit åt Statens råd för Byggnadsforskning, Statens Planverk, Bostadsstyrelsen och Statens institut för Byggnadsforskning att utarbeta material som kan ligga till grund för en omprövning av gällande riktlinjer för energisparverksamheten i byggnader m m.

Byggeforskningsrådet har planerat och samordnat utvärderingsarbetet.

Ett antal expertgrupper har haft rådets uppdrag att ta fram underlag till utvärderingen. Gruppernas rapporter presenteras på baksidan av omslaget till denna rapport.

En styrgrupp har ansvarat för framtagning av nödvändiga underlag och genom seminarier och diskussioner följt expertgruppernas arbete och slutligen lagt synpunkter på deras resultat.

Dage Kåberger, Gränges Aluminium och medlem av Byggeforskningsrådets styrelse har varit ordförande i styrgruppen. Övriga deltagare har varit Enno Abel, CTH, Bo Adamson, LTH, Gunnar Franzén, ABV, Bengt Hidemark, KTH, Lars Ranäng, Göteborgs Bostads AB och Stefan Sandsten, KBS.

Utvärderingen skall belysa energisparpotentialen och faktiska spar-effekter i befintlig bebyggelse och hur stor del av denna som kan hänföras till byggnader som kan komma att värmas med fjärrvärme. Rådet har valt att lägga tyngdpunkten i utvärderingen vid att dels bestämma energianvändning och energistatus och dess förändring för bostäder och lokaler perioden 1978-1983, dels beräkna de återstående energisparmöjligheterna.

Utvärderingen bygger på kunskaper hämtade från ett stort antal forsknings- och utvecklingsprojekt. Såväl nya som befintliga byggnader har behandlats och stor tyngd har lagts vid teknisk utveckling och genomförandefrågor. Erfarenheter har också hämtats från Bostadsstyrelsen, Byggeforskningsinstitutet och Planverket. Utvärderingen av energihushållningsverksamheten har samordnats med utvärderingen av Byggeforskningsrådets forsknings-, utvecklings- och experimentverksamhet rörande ny energiteknik, solvärmeteknik, värmepumpar och energilager (Sol-85).

Denna rapport är en av de nämnda expertrapporterna, som bildar underlag till rapporten Energi-85-Bebyggelsens energianvändning (G26:84), som är den sammanfattning av resultaten från hela utvärderingsarbetet, som redovisas för regeringen 1984-08-01.

Stockholm i juli 1984
Byggeforskningsrådet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1.	FÖRORD.....5
2.	SAMMANFATTNING.....6
3.	METOD - ALLMÄNT.....9
3.1	GRUNDLÄGGANDE ANTAGANDEN.....13
3.1.1	Segmentering.....13
3.1.2	Energikonsumtionens åldersberoende...14
3.1.3	Energisparande åtgärder.....15
3.2	BEARBETNING AV MSA-MATERIALET.....19
3.3	SIMULERING.....23
4.	ANTAGANDEN OM AKTIVITETSNIVÅER, RIVNING OCH NYBYGGNADSTAKT.....26
4.1	AKTIVITETSNIVÅER.....26
4.2	RIVNING OCH NYBYGGNADSTAKT.....27
5.	RESULTAT.....28
5.1	ENERGIFÖRBRUKNING.....29
5.2	KÄNSLIGHETSANALYS.....39
6.	ENERGIHUSHÅLLNINGENS INVERKAN PÅ SYSTEMVALEN.....40
BILAGA	EXEMPEL PÅ ÅTGÄRDER I MSA-MODELLEN...43
LITTERATURHÄNVISNINGAR.....	44

1. FÖRORD

Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR) har av regeringen fått i uppdrag att ta fram underlagsmaterial inför omprövningen av gällande riktlinjer för energisparverksamheten i byggnader m.m. Syftet med detta projekt, som ingår som en del i EHUS85 arbetet, var att med hjälp av en datorbaserad simuleringsmodell, beräkna energispamöjligheter i byggnader vid olika förutsättningar.

Syftet med SOL85-projektet, som pågått samtidigt som EHUS85 har varit att utvärdera möjligheterna för nya energisystem att tränga in på och förändra marknaden för uppvärmningssystem under tiden fram till 2010. Under arbetet med SOL85 framkom vikten av att effekterna av energihushållning i byggnader beaktades. Detta projekt kom därför att utföras i nära anslutning till arbetet med SOL85. Den datormodell som utvecklades för EHUS85 utgör en del av den s.k. SOL85 modellen och bygger i princip på samma ingångsdata och förutsättningar. Modellen behandlar enbart bostäder (enbostads- och flerbostadshus).

Datormodellen har utvecklats av Resource Planning Associates (RPA). Programmeringen och sammanställandet av teknikbasen har AF Energikonsult ansvarat för, medan Prognoskonsult har producerat prognoser för framtida trender av vissa betydelsefulla faktorer såsom prisutveckling, bostadsbeståndets utveckling m.m. En viktig del av indata till modellen utgör det material som tagits fram och sammanställts vid Byggnadsforskningsinstitutet (SIB) och Bengt Dahlgren AB. Detta material består av beräkningar av möjliga energisparpotentialer i svenska bostadshus och utgör med vissa

modifieringar det material som redovisades till BFR inför utvärderingen 1981 (BFR-rapport T17:1981) och grundar sig på byggnader som besiktigades år 1977. Eftersom simuleringarna utgår från 1980 års bestånd kan dessa ingångsvärden vara rimliga.

I föreliggande rapport redogörs huvudsakligen för de centrala delarna av simuleringssmodellen som är modifierad för energibesparing. Vissa antaganden rörande bl a uppvärmningssystem har behandlats summariskt. För vidare information rörande modellen och använda scenarier och strategier hänvisas till "Energi 85 Energianvändning i bebyggelse" (G26:94) och de tillhörande expertrapporterna (R150:84, R151:84 och D21:84).

2. SAMMANFATTNING

För användning i energihushållsutvärderingen har SOL85-modellen utvecklats för att bättre kunna beskriva det totala energisparandet. Modellen har byggts ut med ett steg där energisparande simuleras under marknadsmässiga villkor tillsammans med nya, effektivare, tillförselsystem. Uppgifter om sparandet har tagits fram genom bearbetning av de beräkningar av energipotentialen som gjorts med hjälp av MSA-modellen 1980. Beräkningarna av energisparpotentialen 1980 och 1984 skiljer sig något vad gäller de ingående tekniska åtgärderna. Effekten av de enskilda åtgärderna är emellertid i stort sett densamma.

I den för EHUS-studien utvecklade SOL85-modellen konkurrerar energihushållningsåtgärder med byten av uppvärmningssystem. I beräkningarna genomförs dock alltid

hushållningsåtgärder först innan byte av uppvärmningssystem övervägs.

ROT-programmet beaktades i modellen genom att 3 procent av alla flerbostadshus äldre än 15 år antas moderniserade så att nettoenergibehovet sänks till det som motsvarar ett nytt hus av motsvarande typ.

De simuleringar som genomförts under arbetet med denna studie visar att energisparmålen på 25 % under perioden 1980 till 1990 och 45 % från 1980 till 2010, i bostadsbeståndet kommer att kunna uppnås om den övervägande delen av husägarna agerar ekonomiskt rationellt. Den osäkra faktorn är den hastighet med vilken energibesparande åtgärder kommer att vidtagas. I den genomförda studien har inte utretts hur ett tillräckligt stort antal husägare kan förväntas genomföra sparåtgärder. Det förefaller dock som om styrning från myndigheternas sida kan komma att krävas.

Från simuleringarna framkom även att reduceringar av nettoenergibehovet påverkar systemvalen, medan systemvalen inverkar på valet av energisparåtgärder. Med styrmedel samt forskning och utveckling kan valen av tillförselsystem och därigenom energiförbrukningen påverkas. Det nuvarande konkurrensförhållandet mellan energibesparing och några av de effektivaste tillförselsystemen kan förmodligen förväntas avtaga då dessa system når ökad användning.

Energibesparing som resulterar från rivning och nybyggnation utgör en betydande del av den totala besparingen. Lägre rivningstakter kan komma att minska betydelsen av denna form av besparing, medan framtida, striktare, byggnadsnormer kommer att öka besparingen.

En känslighetsanalys genomfördes där en lägre rivningstakt och mer omfattande ROT-verksamhet antogs. Resultatet blev att energibesparande åtgärder i befintlig bebyggelse kom att svara för en större del av besparingen. På systemsidan kom värmepumpar att installeras i något högre utsträckning.

Slutligen ska resultatet från arbetet med denna modell ses som exempel på hur energi kan sparas i bostadsbeståndet och icke såsom prognoser av framtiden. Simuleringarna visar vad som sker om ett antal antaganden görs rörande prisutvecklingar, aktivitetsnivåer, skatter m m. Genom att variera villkoren kan utvecklingen påverkas. Det är omöjligt att korrekt förutsäga framtiden, men med modellen har det varit möjligt att studera några sannolika utvecklingar. Analysen påvisar betydelsen av att husägare agerar ekonomiskt rationellt. Detta är inte lika naturligt för åtgärder, vilka resulterar i nettoenergibesparingar, som det är för ersättning av uttjänta uppvärmningssystem. Husägarna tvingas ersätta uppvärmningssystem som inte fungerar, men är inte nödgade att spara energi genom t ex tilläggsisolering. Den nivå av besparing som verkligen inträffar är betydligt intressantare än den totala potential som kan beräknas. Tyvärr är det mycket svårt att bestämma hur stor del av husägarna som kommer att utnyttja den besparingspotential som deras hus har. I den föreliggande studien har detta problem behandlats genom att ett antal olika nivåer av aktivitet från husägare har analyserats.

3. METOD - ALLMÄNT

Riksdagen har satt som mål för energisparandet att den årliga bruttoenergianvändningen i befintliga bostäder och lokaler ska minskas med 48 TWh mellan 1978 och slutet av 1980-talet. Besparingar sker på främst tre olika sätt:

- Energisparåtgärder i form av inreglering av värme- och ventilationssystem, justering av brännare, tätning av fönster, tilläggsisolering, m m reducerar nettoenergibehovet för byggnader. Mera omfattande åtgärder genomförs ofta i samband med reparation, ombyggnad eller tillbyggnad.

- Byte av uppvärmningssystem innebär att äldre system med låg verkningsgrad byts ut mot mer effektiva system, vilka reducerar bruttoenergibehovet för ett givet nettobehov.

- Rivning av äldre bebyggelse och ersättning med byggnader som uppförs enligt nya normer reducerar det genomsnittliga nettoenergibehovet i byggnadsbeståndet.

Det har inte varit möjligt att på ett tillfredställande sätt bedöma den framtida potentialen för den nya energitekniken med hjälp av de modeller som finns tillgängliga. Byggeforskningsrådet har därför låtit utveckla en ny beräkningsmodell, SOL85-modellen, speciellt lämpad för att studera bebyggelsens energianvändning och olika energitekniska systems förutsättningar att konkurrera inom olika delar av bebyggelsen. Med hjälp av modellen kan också de krav formuleras som ett visst system eller en viss teknisk lösning måste uppfylla för att bli konkurrenskraftig.

SOL85-modellen är en icke optimerande simuleringsmodell som noggrant beskriver bebyggelse och uppvärmningssystem samt simulerar avnämarnas beslutskriterier och beslutssituation vid val av värmesystem. Modellen har ursprungligen utvecklats i USA för IEAs implementeringsavtal "Advanced Heat Pumps" och har senare använts bl a för studier av den franska kol- och oljemarknaden. Byggnadsforskningsrådet har låtit vidareutveckla och anpassa modellen till svenska förhållanden. Modellen beskrivs utförligt i en särskild rapport ("SOLAR 85. Simulation Modelling", BFR D21:84).

Styrande för modellen är bebyggelsens egenskaper med avseende på hustyp, ålder, läge, energiegenskaper, typ och ålder av uppvärmningssystem m m. Den svenska bebyggelsen är i modellen uppdelad på ungefär 500 homogena marknadssegment. I vart och ett av dessa kan nya och konventionella tekniker konkurrera med varandra inom givna villkor och vid olika antaganden (simulering) beträffande beslutsfattarens agerande. Modellen hanterar ca 600 olika tekniska system för uppvärmning av byggnader och tappvarmvatten. Randvillkoren uttrycker bl a tekniska restriktioner för utnyttjandet av en viss teknik, t ex tillgång till mark för ytjordvärme eller oljepanna för spetslast.

Indata till simuleringen utgörs främst av en noggrann beskrivning av bebyggelsen och uppvärmningssystemen baserade på SCB statistik samt av en av BFRs utvärderingsgrupper och den av AF Energikonsult AB utarbetad beskrivning av nya och konventionella tekniker för byggnadsuppvärmning. Investeringskostnaderna för den nya energitekniker baseras på marknadspriser och på erfarenheter från rådets

experimentbyggnadsprojekt. Prestandauppgifter baseras i flertalet fall på mätningar och utvärdering i fullskaleanläggningar.

En annan kategori av indata utgörs av ansatta randvillkor (scenarier) för priser på olja, kol, el, inhemska bränslen samt för energiefterfrågan i stort. I dessa villkor ligger antaganden om produktionsmix för el och fjärrvärme. Dessa indata gäller inom vissa ramar och resultat från simuleringar måste stämmas av mot ramarna.

Modellen kostnadsminimerar inte under simuleringen utan beskriver vad som händer på marknaden vid vissa givna förutsättningar. Resultaten utgör inte ett försök att beskriva en trolig framtid utan beskriver samband mellan olika faktorer som påverkar utvecklingen. Värdet i analysen ligger i detaljeringsgraden. Resultaten ger en bild av vilka tekniker som kan tränga in på vilken marknad, varför och när detta kan inträffa, vilka kostnader som är förknippade med detta och vilka energislag och energibärare som utnyttjas. Omvänt kan modellen beskriva vilka krav som bör ställas på en viss teknik för att den skall ha utsikt, att erövra en viss marknad. Behov och kostnader för fortsatt forskning och utveckling kan på så sätt relateras till ett framtida värde på marknaden av dessa insatser.

Ett ytterligare resultat är en beskrivning av risker i energisystemet, t ex beroende av olja eller beroende av el, och kostnader för att minska dessa risker. På en aggregerad nivå ger modellen en bild av emissioner förknippade med skilda typer av energisystem till ledning för en bedömning av miljöeffekterna.

Lisom i SOL85-modellen bygger EHUS85-modellen på användandet av olika scenarier och strategier. En enda bild av den framtida utvecklingen är inte möjlig att förutse med tillfredställande precision. En förståelse av de mekanismer som styr skeendet kan endast skapas om ett antal utvecklingslinjer vid olika förutsättningar studeras. I modellen har ett antal besparingsnivåer studerats. Dessa nivåer har använts på ett av de scenarie och strategiekombinationer som analyserats i SOL85 arbetet.

Modellen söker beskriva de individuella husägarnas beslutssituationer och resultaten av deras beslut. Att simulera beslutsfattarens beteenden i frågor så komplexa som energibesparande åtgärder för byggnader är naturligtvis svårt. Individerna påverkas av en mängd faktorer, av vilka vissa kan vara komplexa och svåra att identifiera. Alla beslut är inte att betrakta som rationella beslut. De irrationella besluten kan inte enkelt simuleras. Det är dock möjligt att fånga upp större delen av skeendet genom att beskriva de rationella beslutsfattarna. Genom att göra känslighetanalyser kan sedan större säkerhet i bedömningarna erhållas.

Det är betydande fördelar förknippade med en analys som bygger på många individuella beslut från vilka totala resultat skapas. Därigenom kan variationer i val identifieras.

3.1 GRUNDLÄGGANDE ANTAGANDEN

3.1.1 Segmentering

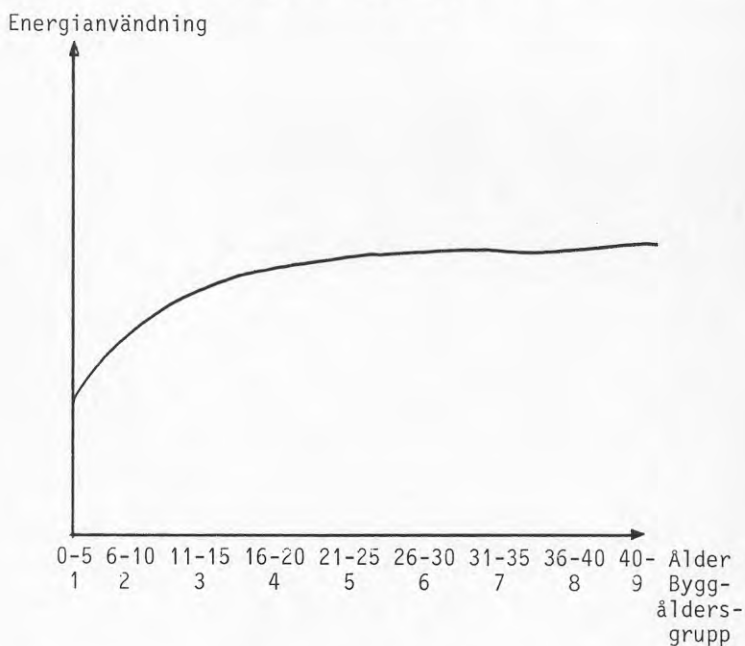
Varje beslutsfattare styrs av de villkor under vilka han befinner sig. Storlek på hus, geografiskt läge, ägarform, bygnadsålder, ålder på uppvärmningssystemet etc varierar från fall till fall. Att anta att alla beslut fattas under samma förhållanden innebär en alltför grov förenkling. Det är därför nödvändigt att söka beskriva många olika förutsättningar. I modellen behandlas detta genom en mycket fin indelning (segmentering) av bygnadsstocken för en- och flerfamiljshus. Segmenteringen innebär att byggnaderna grupperas med hänsyn till storlek, ålder på uppvärmningssystemet m m. Inom varje segment antas de styrande villkoren för beslutsfattarna vara relativt likartade. Ett segment kan t ex se ut på följande sätt: enfamiljshus, egen panna, oljeeldning, privat ägare, region 1 (Norrland), bygnadsålder 5 (byggd 1955-60).

Dessa segmenteringsvariabler styr valet av energibesparande åtgärder på olika sätt:

Variabel	Inverkan
Hustyp	Inverkar på diskonteringsfaktorn
Ägarform	Inverkar på diskonteringsfaktorn
Uppvärmnings- system	Styr verkningsgraden
Bränsle	Påverkar bränslekostnaden
Geografiskt läge	Inverkar på nettoenergibehovet
Byggnads- ålder	Relaterat till nettoenergibehovet och besparingspotentialen

3.1.2 Energikonsumtionens åldersberoende

Det har framkommit från de databaser som använts att energianvändningen i bostadsbebyggelsen är åldersberoende. Höjda energipriser och striktare byggnadsnormer under de senaste tio åren har gjort att de nyaste husen i byggnadsstocken byggts betydligt energisnålare än de äldre husen. För de äldre åldersgrupperna i modellen (20 år och äldre) är energikonsumtionens åldersberoende inte lika entydigt, eftersom många hus inom dessa grupper har åtgärdats från energisynpunkt. Hänsyn tas till detta i beräkningarna.



Figur 3.1 Exempel på energibehovet för byggnader med hänsyn till ålder inom ett specifikt område.

Byggnadsåldern används som indelningsgrund för byggnadsstocken på samma sätt som i SOL85-modellen. Istället för byggnadsålder skulle energikonsumtionsintervall kunna användas som segmenteringsvariabel. Exempelvis skulle i ett specifikt segment byggnadsålder nr 1 stå för hus med en årlig energikonsumtion uppgående till mellan 13 och 15 MWh.

3.1.3 Energibesparande åtgärder

Under 1977 genomförde SIB besiktningar av 2200 bostadshus i syfte att beskriva bebyggelsens energistatus. Detta material har använts för att med hjälp av den s k Minisystem-analys-modellen utvärdera potentialen för energibesparande åtgärder. För varje byggnad noterades vid besiktningarna upp till 500 uppgifter; bl a byggnadernas ålder, energitekniska status, uppvärmningsform, ålder hos uppvärmningssystemet m m. I MSA-modellen ingick en lista över åtgärder med energispareffekter, kostnader och villkor för åtgärdernas tillämpbarhet. För varje byggnad registrerades vilka åtgärder som skulle kunna vidtagas.

Detta material utgör den mest detaljerade översyn av energibesparingspotentialen i den svenska byggnadsstocken för närvarande. Den förnyade MSA-studien som grundar sig på 1500 hus som genomförts parallellt med detta projekt har av tidsskäl ej kunnat användas. För modellen utvecklades en metod så att det material som tagits fram genom MSA-studien kunde användas.

För varje åtgärd kan en nuvärdesberäkning göras för att bedöma dess lönsamhet. Ur nuvärdeskalkylen kan man bryta energipriset och identifiera det energipris vid vilket en åtgärd är lönsam. I Ds Bo 1980:7, "Totala energisparmöjligheter i bostäder", Expertbilaga 4 till SOU 1980: 43, "Program för energihushållning i befintlig bebyggelse" har denna kalkylmetod använts. Gränsvärdet för energikostnaderna benämns där besparingskostnad (B_K). Definitionen av B_K är:

$$B_K = \frac{\text{Investering} + P_1 \cdot \text{årlig underhållskostnad}}{P_2 \cdot \text{årlig underhållskostnad}} \quad \text{Kr/KWh}$$

där

$$P_1 = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^T}{r} \quad \text{och} \quad P_2 = \frac{1 - \left(\frac{1+q}{1+r}\right)^T}{r-q}$$

Följande värden på r , q och T har använts vid beräkningarna:

- r = real kalkyränta (5% för flerfamiljshus; 2% för enfamiljshus)
- q = den av beslutsfattaren förväntade årliga ökningen av bränslepriset (satt till noll)
- T = åtgärdens brukstid (varierande med typ av åtgärd)

Således kan för varje energibesparande åtgärd ett Bk bestämmas. En rationell beslutsfattare bör vidtaga en åtgärd om bränslekostnaderna per kWh överstiger besparingskostnaden Bk. MSA beräknade Bk-värden för samtliga tillämpbara åtgärder i 2200 byggnader. Totalt uppgår antalet åtgärder i rapporten till över 20000.

Materialet i rapporten är organiserat så att de mest kostnadseffektiva åtgärderna (de med de lägsta Bk) antas vidtagas först, varefter de övriga följer i ordning efter stigande Bk.

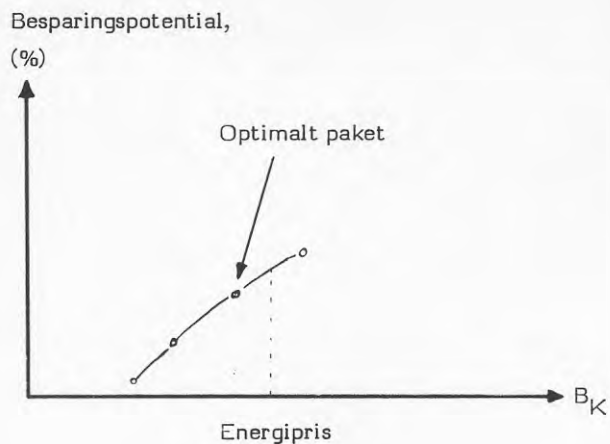
Materialet kan redovisas på följande vis för en viss byggnad:

Åtgärd nummer	Bk (öre/kWh)	Energi besparing
5	4,8	3,2
21	5,7	7,1
41	7,9	5,9
30	12,2	8,7

De olika åtgärdsnumren står för åtgärder som t ex fönsterbyten eller tilläggsisolering. I bilagan finns en lista över några av de åtgärder som förekommit. Åtgärdspaketen sammanställs enligt följande:

Åtgärdspaket nummer	Åtgärder nummer	Bk (öre/kWh)	Energi- besparing
1	5	4,8	3,2 %
2	5+21	5,7	10,3 %
3	5+21+41	7,9	16,2 %
4	5+21+41+30	12,2	24,9 %

Sambandet mellan Bk och energibesparingen (i texten benämnt besparingsfunktion) är åskådliggjort i figur 3.2.



Figur 3.2

En optimerande beslutsfattare ska välja det paket som har det högsta B_K under hans rådande energikostnad. Åtgärdspaketens B_K är marginalvärden för varje paket och ej genomsnittsvärden för dem.

Förklaringen till detta är att det inte finns anledning att utföra ytterligare en åtgärd (t ex att välja paket 4 istället för 3 i exemplet ovan) om den tillkommande åtgärden har ett B_K som överstiger byggnadens bränslekostnad per kWh. Det innebär att kostnaden för den sista åtgärden är högre än värdet av den energi som den spar in.

3.2 BEARBETNING AV MSA-MATERIALET

Besparingspaketen i MSA-materialet varierar mellan byggnaderna. Den ovan beskrivna besparingsfunktionen har en form som varierar mellan byggnaderna. Besparingsfunktionerna är likartade för byggnader vilka har vissa karakteristika gemensamt. För att kunna ta tillvara den information som finns i MSA-materialet krävdes att det inpassades till simuleringsmodellerna för SOL85 och EHUS85 studierna. Detta åstadkoms genom att MSA-materialet delades upp i samma segmenteringsvariabler som de vilka användes i modellerna.

Det fanns två syften med segmenteringen. Det var dels nödvändigt att gruppera "MSA-hus" med likartade besparingskurvor, dels att anpassa dem till den uppdelning av byggnadsstocken som råder i modellen. De segmenteringsvariabler som användes var följande:

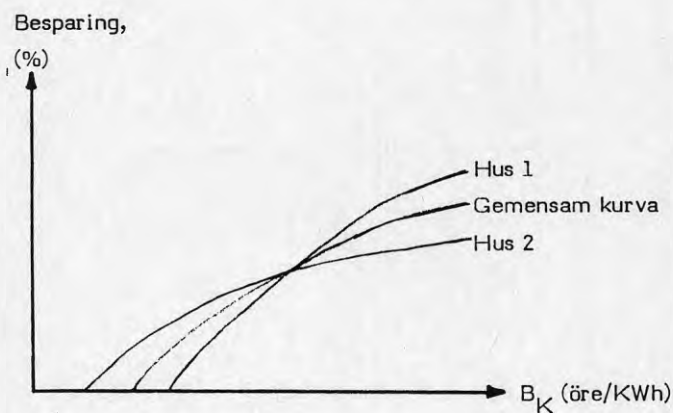
Segmenteringsvariabel	Indelning
Byggnadskategori	- Enfamiljshus - Flerfamilj
Storlek	- Enfamiljshus - 5 lägenheter - 20 lägenheter - 40 lägenheter - 0,5 MW block-centraler - 1 MW block-centraler - 2 MW block-centraler - 4 MW block-centraler - 7 MW block-centraler

Typ av uppvärmning	- Egen panna - Blockcentral - Direkt Värme - Fjärrvärme
Region	- Norra Norrland - Södra Norrland - Svealand - Götaland
Byggnadsålder	- 1 (hus uppfört 1976-80) - 2 (hus uppfört 1971-75) - 3 (hus uppfört 1966-70) - 4 (hus uppfört 1961-65) - 5 (hus uppfört 1956-60) - 6 (hus uppfört 1951-55) - 7 (hus uppfört 1946-50) - 8 (hus uppfört 1941-45) - 9 (hus uppfört 1940 eller tidigare)

Totalt resulterade detta i 448 segment, eftersom vissa kombinationer av variablerna ovan inte existerar. Dessa segment är ytterligare uppdelade i SOL85-modellen för att ta hänsyn till faktorer vilka är betydelsefulla för valet av uppvärmningssystem, men ej påverkar besparingspotentialen för byggnaderna. Ett exempel på en sådan variabel i modellen är ägarformen.

Användandet av fler segmenteringsvariabler skulle ha inneburit att MSA-materialet spritts alltför tunt med för få av de 2200 byggnaderna fallande i varje segment. Färre variabler skulle slätat ut en del intressanta extremsituationer, i vilka potentialen för omfattande besparing återfinns.

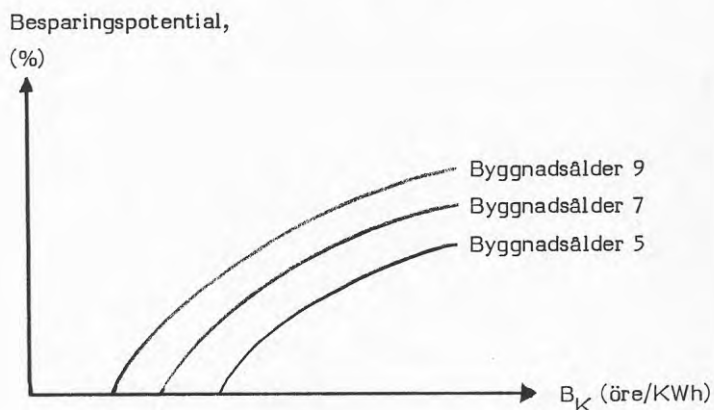
De 2200 byggnader som besiktigades i SIB-studien sorterades in i de 448 segmenten. Ett eller flera MSA-hus kom att falla i 223 av segmenten. För dessa segment skapades en representativ besparingsfunktion genom att snittvärden beräknades.



Figur 3.3 Exempel på ett segment med två hus för vilka en besparingskurva skapats.

Härigenom skapades besparingsfunktioner för 223 segment.

Vid analys av besparingsfunktionerna framkom, icke oväntat, att besparingspotentialen i allmänhet var högre i äldre byggnader än i nyare (se figur nedan).



Figur 3.4

För de 225 segment i vilka inga MSA-hus blev sorterade och som således var tomma i utgångsläget, användes de beräknade besparingsfunktionerna för att uppskatta de besparingsfunktioner som saknades. Exempelvis förekom att vissa byggnadsåldrar inte var representerade. Deras besparingsfunktioner kunde uppskattas med god noggrannhet då funktionerna för närliggande byggnadsåldrar fanns tillgängliga.

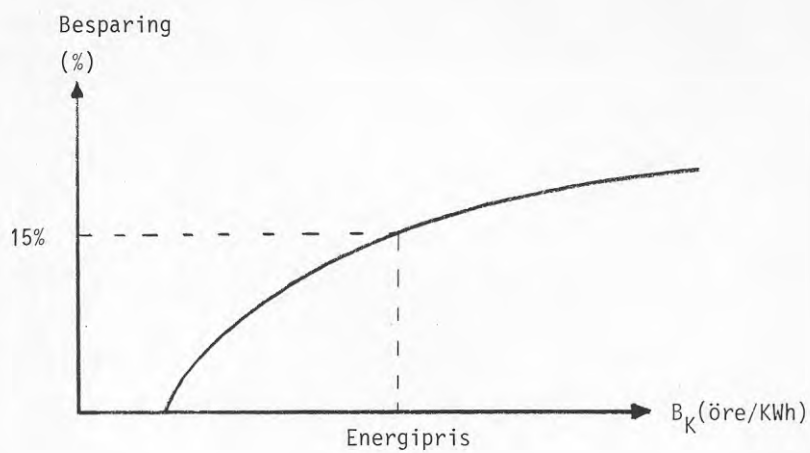
Med den ovan beskrivna metoden bestämdes besparingsfunktioner för samtliga 448 segment. Dessa besparingsfunktioner kom att bli gällande för alla undersegment, för vilka ytterligare segmenteringsvariabler använts (såsom ägarform m m).

3.3 SIMULERING

Grundidén för simuleringen är att husägaren ställs inför valet att genomföra energibesparande åtgärder eller att inte göra någonting alls. I det första fallet reduceras husets energiförbrukning. Kostnaden för den valda åtgärden registreras (i 1983 års pennigvärde). I det andra fallet sker ingen förändring.

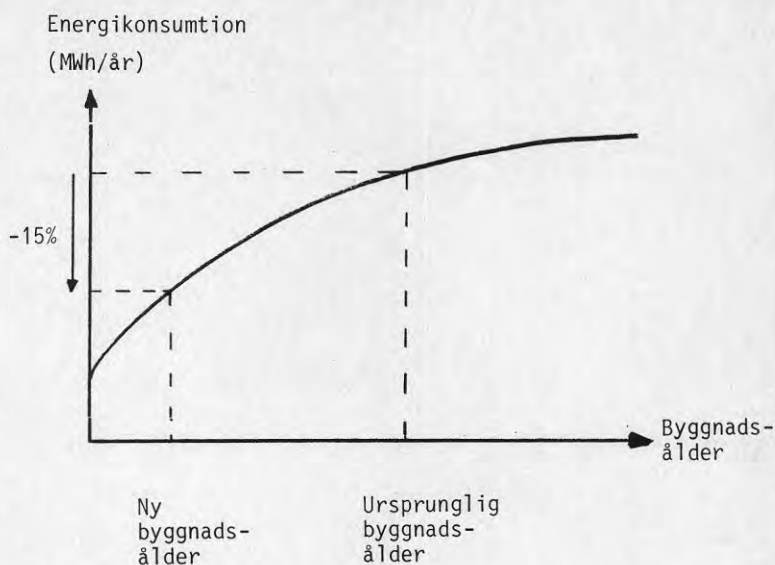
Simuleringen genomförs baserad på de antaganden som beskrivits i avsnitt 3.1. Applicering till verkliga data åstadkoms genom användandet av Statistiska Centralbyråns databas, vilken läses av SOL85-modellen samt MSA-materialet, som bearbetas enligt avsnitt 3.2.

Den optimerande beslutsfattaren väljer det besparingspaket som har det högsta energibesparingskostnaden (Bk) under husets bränslekostnad (se exempel nedan).



Figur 3.5

Det valda paketet medför att husets energiförbrukning reduceras. Den nya energiförbrukningen motsvarar den för yngre byggnader (exempel nedan).



Figur 3.6

Modellen flyttar då huset från dess ursprungliga byggnadsålder till en lägre, samt registrerar investeringen i energibesparande åtgärder inför nästa simuleringsperiod (nästa femårsintervall). Antalet byggnader i de äldre åldersgrupperna reduceras medan det ökar i de yngre. Detta förfarande förklaras i avsnitt 3.1.2, där det påpekas att byggnadsåldrarna representerar energibehovsintervall.

Exemplet i figur 3.6 kan ses som om byggnaden flyttas från energibehovsintervallet 17,5-18,5 MWh/år till intervallet 14,5-15,5 MWh/år efter det att ett åtgärdspaket motsvarande en 15-procentig energibesparing genomförts. I den nya byggnadsåldern gäller en besparingsfunktion med lägre potential, vilket minskar sannolikheten att ytterligare åtgärder kommer att vidtagas för samma hus under den nästföljande simuleringsperioden.

Den ovan beskrivna metoden simulerar att energisparande åtgärder vidtas endast om de är ekonomiskt lönsamma och upp till den optimala nivån. I modellen antas att husägarna först överväger energibesparande åtgärder och sedan byte av uppvärmningssystem. Detta sker i varje 5-års period som simuleras. Valet av uppvärmningssystem påverkar omfattningen av energisparande åtgärder, liksom det omvända.

4. ANTAGANDEN OM AKTIVITETSNIVAER, RIVNING OCH NYBYGGNADSTAKT

4.1 AKTIVITETSNIVAER

Vid simuleringarna måste aktivitetsnivån, dvs antalet husägare som vidtar någon form av åtgärd varje femårsperiod, bestämmas. Vid diskussioner framkom olika synpunkter på vilken nivå av aktivitet som kunde anses sannolik. Som en följd av förda diskussioner valdes ett antal alternativ att studeras. De kan betraktas som scenarie och strategikombinationer. Aktivitetsnivån är en scenarievariabel så tillvida att den kan förändras utan myndigheternas inverkan t ex genom den internationella prisutvecklingen. Den kan även bli en del av en strategi om myndigheterna väljer att påverka takten för energibesparingen genom styrmedel av någon form.

De fyra olika alternativ som valdes att analyseras var följande:

Alternativ	Aktivitetsnivå
A	En sådan att det av regeringen uppsatta sparmålet uppnås 1970.
B	En låg nivå, som speglar en begränsad energimedvetenhet.
C	Samma som alternativ B, men med val av mer omfattande besparingspaket för att belysa inverkan av ekonomiska styrmedel.
D	Samma som alternativ B, men med höjda skatter på bränslen.

Dessa antaganden förklaras mer ingående i samband med resultatredovisningen i avsnitt 5.

4.2 RIVNING OCH NYBYGGNADSTAKT

I modellen borttas 1,5 % av byggnaderna i de äldsta åldersgrupperna så att det totala antalet når 37.000 per år (se sid 40 för ytteligare detaljer). Detta görs för att simulera rivning. Då energibesparande åtgärder vidtas på en byggnad flyttas byggnaden till en yngre åldersgrupp vilket beskrivits i avsnitt 3.3. De hus som på detta sätt flyttas från åldersgrupp 9 undanhålls från rivning, eftersom det är osannolikt att energibesparingsinvesteringar görs under samma femårsperiod som ett hus rivs. Energibesparande åtgärder åstadkommer således en reduktion av rivningen.

De byggnader som uppförs i framtiden antas byggas enligt de nya normer som utarbetats av Statens Planverk. Nybyggnationen överstiger i varje period rivningen. De byggnader som rivs har normalt ett betydligt högre nettoenergibehov per lägenhet än de nya som byggs. Det genomsnittliga energibehovet per enhet sjunker som en följd av denna förändring i byggnadstocken. För en tänkt period, där 20.000 hus och 50.000 byggs, påverkas det genomsnittliga energibehovet på följande vis:

	Antal enheter	Genomsnittligt energibehov (MWh/år)
Ursprunglig bebyggelse	1.000.000	30
Rivna hus	20.000	32
Nybyggda hus	50.000	20
Bebyggelse efter perioden	1.030.000	29.4

5. RESULTAT

Endast en- och flerfamiljshus genomgår simuleringen av energibesparing, eftersom MSA-materialet är begränsat till dessa byggnadstyper. Som redogjorts för tidigare, har huvudsakligen fyra olika scenarie och strategikombinationer simulerats. De beskrivs nedan något mer i detalj än tidigare. Samtliga simuleringar har genomförts på den scenarie/strategikombination som i Energi85-rapporten utmärks av en moderat fjärrvärmeutbyggnad (33 TWh/år) och höga framtida energipriser (se BFR rapporten R151:84 för detaljer).

5.1 ENERGIFÖRBRUKNING

Storleken på bruttoenergiförbrukningen för bostadsuppvärmning är i högsta grad beroende av var gränsen dras för det studerade systemet. I modellen har gränsen dragits vid byggnadernas yttervägg. Härigenom framstår en övergång från en oljeeldad panna med en verkningsgrad av 70 % till en elpanna med en verkningsgrad på 95 % som en åtgärd vilken reducerar bruttoenergiebehovet. Den totala verkningsgraden för elpannan bör inkludera förluster i elgenerering och distribution. Ett sådant betraktelsesätt skulle emellertid kräva omfattande studier av framtida elproduktionsmetoder, samt beräkningar av föga meningsfulla verkningsgrader för kärn- och vattenkraftverk. Dessa frågor har ansetts ligga utanför syftet med denna studie. Varken valet av uppvärmningssystem eller energibesparingsåtgärder påverkas av detta betraktelsesätt. Det bör dock påpekas att den kraftiga reducering av bruttoenergiebehovet som framkom vid simuleringarna delvis beror på övergång till elbaserade uppvärmningssystem, för vilka bruttoenergiebehovet kan beräknas på olika sätt.

Det bör betonas att de beslutsfattare som väljer mellan energibesparande åtgärder och byte av uppvärmningssystem ej har som primärt mål att minska energianvändningen men att minimera den totala uppvärmningskostnaden. Följden av detta blir ibland val av mindre effektiva uppvärmningssystem eller val av enklare energisparåtgärder. Skälet till detta är att vissa uppvärmningssystem kräver ganska stora anläggningar för att vara lönsamma. Bland system av detta slag märks markbaserade värmepumpar. Investeringskostnaderna blir alltför stora för att göra dessa system lämpliga

för uppvärmning av energisnåla byggnader. Energibesparande åtgärder kan därför medföra att de mest energieffektiva uppvärmningssystemen ej kan komma till användning inom vissa segment. Situationen kan även vara den omvända. För en byggnad som uppvärms med ett system som resulterar i en låg energikostnad är inte omfattande energibesparing intressant.

Det föreligger således i några segment en konkurrenssituation mellan energibesparing och energieffektiva uppvärmningssystem.

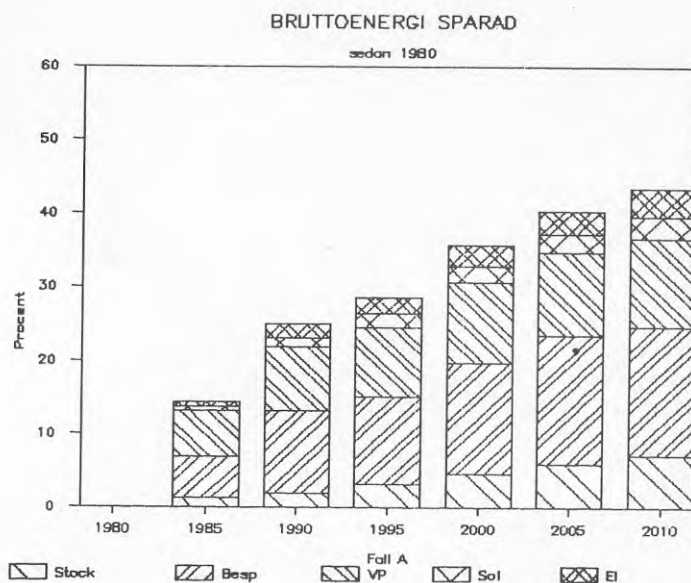
ALTERNATIV A

Avsikten med alternativ A simuleringen var att söka identifiera den nivå av aktivitet som krävs från beslutsfattarna för att nå det sparmål som satts upp av myndigheterna. De faktorer som varierades var dels aktivitetsnivån (den andel av beslutsfattarna som överväger att genomföra någon form av energibesparing), dels fördelningen av åtgärdsval, den andel beslutsfattare som valde det optimala paketet (se avsnitt 3.1.3 för definition), det näst optimala osv .

Från simuleringen framkom att sparmålet skulle kunna uppnås om det för 100 byggnader gällde att följande antal genomförde respektive besparingspaket:

Typ av åtgärd	Tidsperiod					
	1980-85	86-90	91-95	96-00	01-05	06-10
Ett paket över det optimala	7	14	3	3	3	3
Det optimala paketet	14	7	2	2	2	2
Ett paket under det optimala	29	4	1	1	1	1
Totalt antal byggnader	50	25	6	6	6	6

Resultatet innebär att energibesparingsmålet för 1990 kan nås genom en nästan lika sammansättning av energisparande åtgärder och systembyten. Inledningsvis svarar systembyten för en något större del av besparingen. Detta är en följd av att oljesystemen fasas ut. Från 1980 till 1990 sparas ca 25 % av bruttoenergin genom en kombination av förändringar i byggnadsstocken, systembyten och energisparande åtgärder i befintlig bebyggelse. Av systembytena svara värmepumparna för den mest betydande besparingen.



Figur 5.1

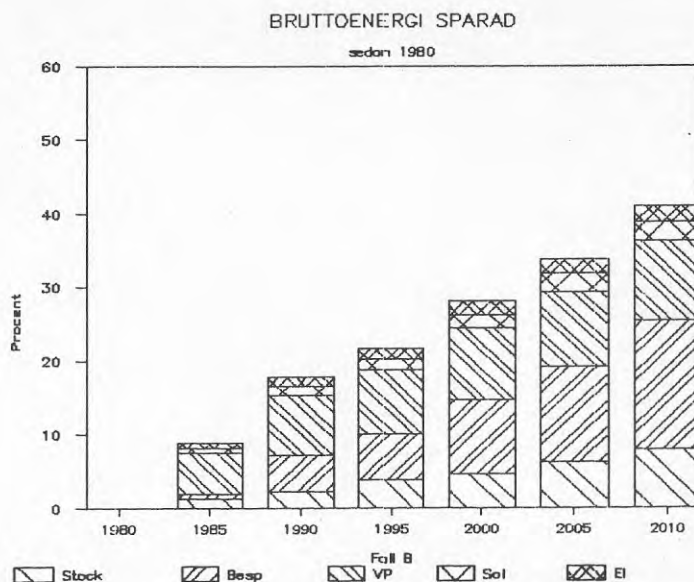
För att nå denna besparingsnivå krävs investeringar i sparåtgärder uppgående till 17,6 miljarder kronor mellan 1980 och 1990 och ytterligare 12,3 miljarder fram till 2010. Till detta kommer kostnaderna för byten av uppvärmningssystem.

ALTERNATIV B

En något lägre nivå av aktivitet än den som krävs för att nå det uppsatta energimålet är mer sannolik under de rådande förhållandena. För alternativ B avsattes en aktivitetsnivå som ansågs ligga närmare vad som kan förväntas om inga ytterligare incentives skapas. Fördelningen över de 6 perioderna blev då den följande:

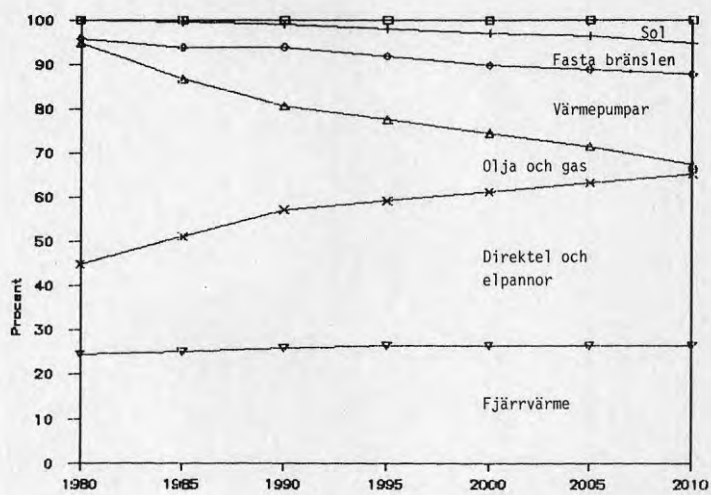
Typ av åtgärd	Tidsperiod					
	1980- 85	86- 90	91- 95	96- 00	01- 05	06- 10
Ett paket över det optimala	4	4	2	2	2	2
Det optimala paketet	8	8	4	4	4	4
Ett paket under det optimala	13	13	6	7	6	7
Totalt antal byggnader	25	25	12	13	12	13

Resultatet av denna simulering blev en lägre nivå av energibesparing än i alternativ A. Detta är avbildat i figur 5.2.



Figur 5.2

De totala investeringarna i energibesparande åtgärder enligt MSA-paketen kom att uppgå till 6,8 miljarder kronor under perioden 1980 till 1990 och totalt 17,6 miljarder under de 30 år som simulerades.



Figur 5.3 Förändring i sammansättningen av energikonsumtionen.

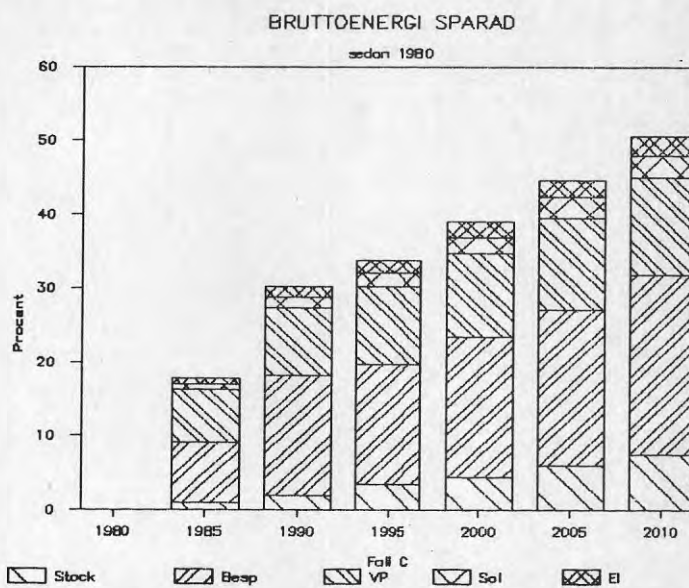
ALTERNATIV C

Under vissa förhållanden kan det, av nationella säkerhetsskäl m m, vara motiverat att reducera energibehovet utöver vad som gäller i alternativ B. Det kan åstadkommas med bidrag. I alternativ C simulerades en situation där myndigheterna förmått husägarna att välja mer omfattande paket än i alternativ B.

Av 100 byggnader genomförde följande respektive besparingspaket:

Typ av åtgärd	Tidsperiod					
	1980-85	86-90	91-95	96-00	01-05	06-10
Två paket över det optimala	4	4	2	2	2	2
Ett paket över det optimala	8	8	4	4	4	4
Det optimala paketet	13	13	6	7	6	7
Totalt antal byggnader	25	25	12	13	12	13

Som en följd av den högre besparingsnivån kom mer omfattande besparingar att genomföras, vilket illustreras i grafen nedan.

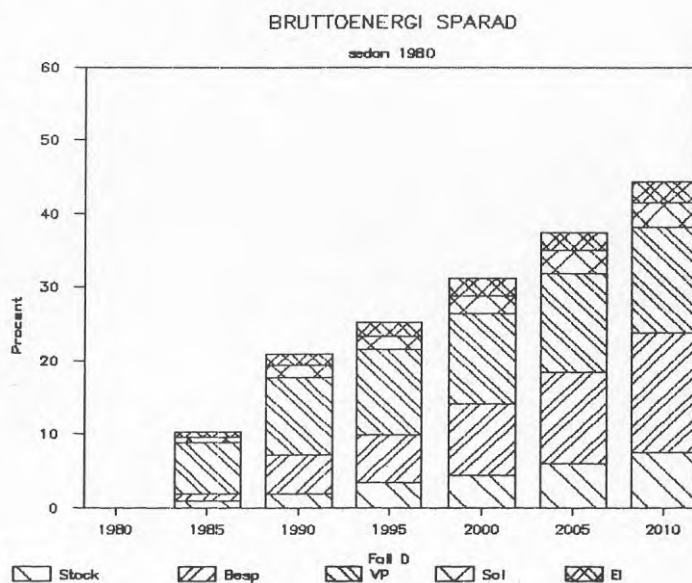


Figur 5.4

ALTERNATIV D

För att studera effekten av höjda bränsleskatter genomfördes en simulering vilken var identisk med alternativ B; förutom att skatten ökades med 6,8 öre/KWh på samtliga bränslen utom ved och gas.

Förändringen av bränslepriserna kom att påverka både energibesparing och systemval. Mer omfattande energibesparingsåtgärder blev lönsamma, samtidigt som tillförselsystem med låga andelar rörliga kostnader kom att gynnas. Den totala inverkan kom att bli komplex. I varje simuleringsperiod genomfördes energisparåtgärder först (bland de som antagits aktiva), därefter följde eventuella systembyten. Den omfattande energibesparingen som genomfördes som en följd av de ökade skatterna kom att motverka val av kapitalintensiva uppvärmningssystem såsom värmepumpar och solvärmesystem. De höjda bränslekostnaderna kom dock att ha motsatt inverkan. Resultatet är redovisat i diagrammet nedan.



Figur 5.5

De kapitalintensiva tillförselsystemen blir konkurrenskraftiga för lägre energibehov då bränsleskatter införs. Inledningsvis medför de högre skatterna en mer omfattande energibesparing i den befintliga bebyggelsen än fall B. Över tiden kommer detta att avta eftersom effektivare tillförselsystem installeras.

5.2 KÄNSLIGHETSANALYS

För att studera effekten av varierande nybyggnadstakter genomfördes en simulering med en reducerad nybyggnadstakt, 25.000 enheter per år istället för 37.000. Även rivningstakten reducerades från 20.000 enheter per år till 13.000, medan ROT-programmet expanderades från 11.000 enheter per år till 20.000.

Det expanderade ROT-programmet medförde att energibesparingen i befintlig bebyggelse kom att öka. Samtidigt minskade effekten av byggnadsersättningen, eftersom färre hus kom att rivas. Den senare förändringen är proportionell mot reduceringen av nybyggnationen.

Den lägre rivningstakten och nybyggnationen medför att det genomsnittliga energibehovet kom att bli något högre, vilket resulterade i att en något större del av marknaden för uppvärmningssystem kom att täckas av värmepumpar, medan färre elpannor kom att installeras.

6. ENERGIHUSHÅLLNINGENS INVERKAN PÅ SYSTEMVALEN

Hur omfattande energisparåtgärder som väljs av de "aktiva" beslutsfattarna, är beroende av den minskade bränslekostnad en åtgärd medför. Ett hus med oljepanna har således en större ekonomisk sparpotential än ett identiskt hus med en värmepump.

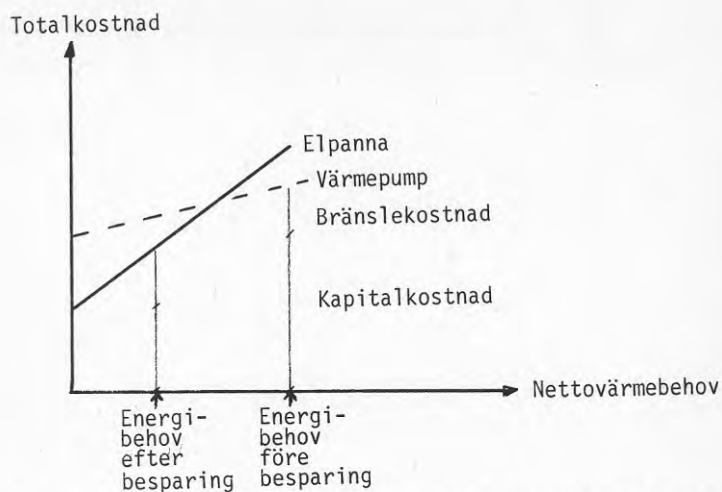
System	Sparad netto-energi kWh	Verkningsgrad resp värme-faktor	Sparad brutto energi kWh	Bränsle-kostn. kr/kWh	Värdet av besp. kr
Oljepanna	1	0,70	1,4	0,20	0,34
Värmepump	1	2,50	0,4	0,24	0,10

Tabell 6.1 Exempel på ekonomisk sparpotential i byggnad med oljepanna respektive värmepump.

Av exemplet i tabell 6.1 framgår att uppvärmningssystemen påverkar energisparpotentialen. Detta medför således att ett tidigt införande av uppvärmningssystem med låga energikostnader minskar möjligheterna till att senare genomföra energisparåtgärder. Detta gäller oavsett om värmepumpen finns i en enskild byggnad, eller i ett gruppcentralsystem eller i ett fjärrvärmesystem.

Ett genomförande av den av riksdagen beslutade energisparplanen medför att energibehovet i byggnader minskar. På kort sikt kan detta minska de små värmepumparnas konkurrensförmåga. Utveckling av nya värmepumpar påverkas således väsentligt av energisparande i byggnaderna. I den simulering som redovisas i figur 5.2 genomfördes i 25 procent av samtliga byggnader äldre än 5 år med dessa förutsättningar, någon form av åtgärd (alla åtgärds paket är ekonomiskt försvarbara, men få når upp till optimal omfattning) under var och en av de första två femårsperioderna. Den återstående halvan av byggnadsbeståndet genomförde någon form av åtgärd före 2010. Trots att sparmålet med dessa förutsättningar inte nås medför denna besparingsnivå att marknaden för värmepumpar mer än halveras om inte värmepumpstekniken anpassas till de lägre energi- och effektbehoven.

Som framgår av figur 5.2 påverkas bruttoenergianvändningen med de antaganden som gjorts ungefär lika mycket av energisparåtgärder som av byte av uppvärmningssystem. Med de system som finns i databasen föreligger, som tidigare redovistas, en konkurrenssituation mellan energisparande i byggnaderna och installation av värmepumpar. Ett mindre omfattande energisparande i byggnaderna innebär inte att den totala energianvändningen blir större. Fler värmepumpar kommer istället att installeras. Det omvända synes bli fallet vid mer omfattande energibesparing.



Figur 6.1 Illustration av konkurrensituationen mellan elpannor och värmepumpar i småhus.

Simuleringarna visar att:

- Energisparande konkurrerar med de effektiva uppvärmningssystemen.
- Accelererad energibesparing kan minska energianvändningen på kort sikt, men kan, om inte värmepumparna utvecklas och anpassas till lägre energibehovsnivåer, resultera i högre bruttoenergianvändning på lång sikt än vid lägre besparingsnivå. En utveckling av värmepumparna mot anpassning till lägre energibehov är pågående

BILAGAEXEMPEL PÅ ATGÄRDER SOM FÖREKOMMER I
MSA-MODELLEN:

Utvändig isolering vind
Invändig isolering vind
Tilläggsisolering uppvärmd vind
Tilläggsruta, fönster
Fönsterbyte
Tilläggsisolering yttervägg
Tilläggsisolering källarvägg ovan mark
Tilläggsisolering källarvägg under mark
Flödesbegränsning varmvatten
Temperatursänkning varmvatten
Tempreglering nyinstallation
Tempreglering, komplettering
Tempreglering, el
Injustering, värme
Termostatventiler
Start/stopp cirkulations pump
Injustering, ventilation
Driftsstyrning, ventilation
Värmeåtervinning FT-system
Värmeåtervinning S & F
Frånluftsvärmepump
Brännarbyte
Dragregulator
Spjällregulator
Drifttidsstyrning torkrumsfläkt

LITTERATURHÄNVISNINGAR

Nilsson A, Bäck L, Fischer M & Stadler C-G, 1984 - "Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse". BFR R143:84.

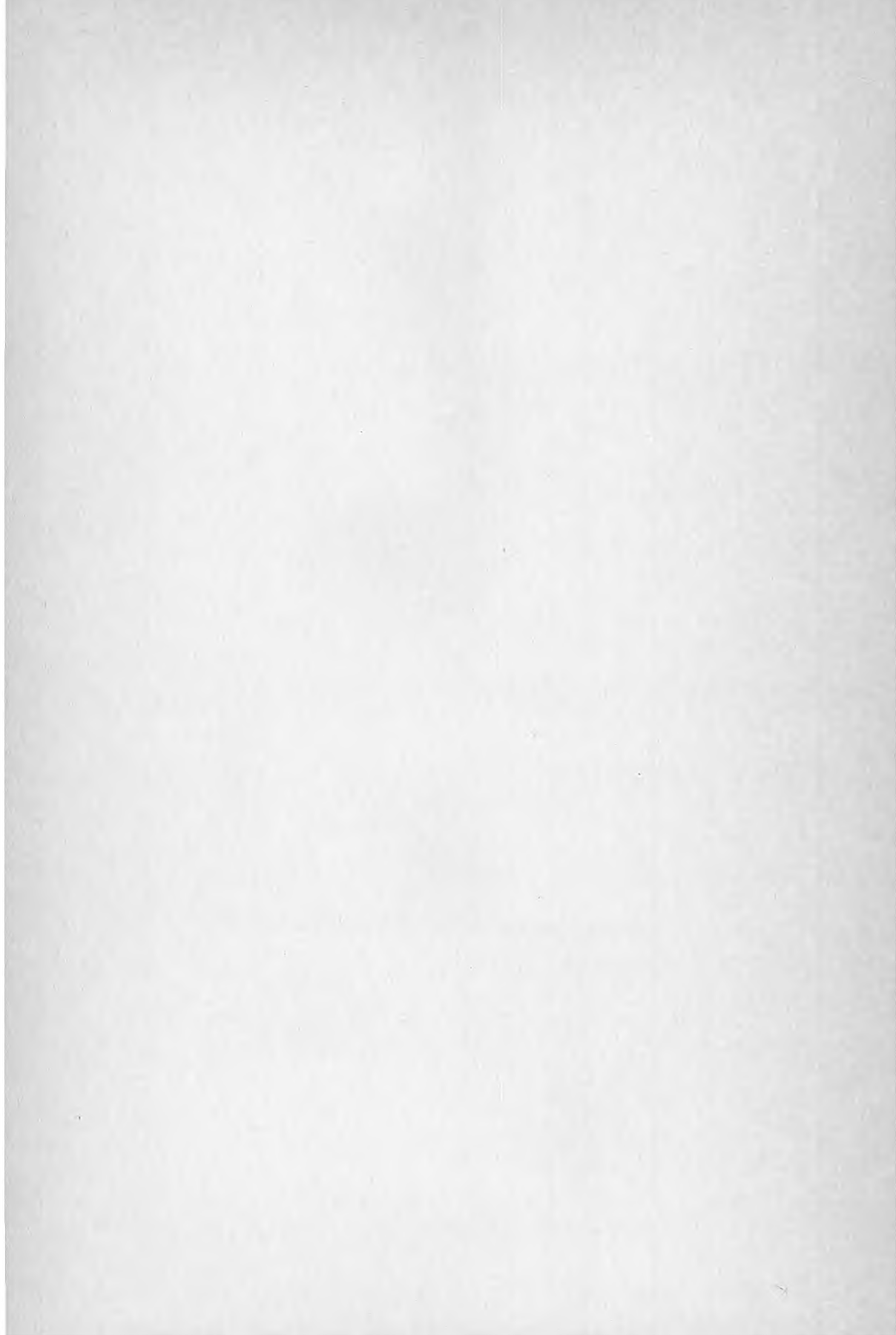
Mead K, et al, 1984 - "Solar 85, Simulation modellering". BFR D21:1984.

Cordi I & Lundgren G, 1984 - "Strategier och scenarios använda i SOL85-modellen". BFR R151:84.

Carlsson L-G, 1984 - "Energianvändning i bostäder och lokaler 1970-82". BFR R132:84.

Hansson T, 1981 - "Rätt åtgärds paket i rätt byggnad vid rätt tidpunkt". BFR T17:1981.





Bygghörskningsrådet har av regeringen fått i uppdrag att ta fram underlagsmaterial inför omprövning av gällande riktlinjer för energipolitiken och energisparverksamheten i byggnader.

Resultatet av detta arbete redovisas i Bygghörskningsrådets skrift G26:1984 — ENERGI 85. Energi användning i bebyggelse. I arbetet har ett antal expertgrupper varit verksamma. Deras resultat, som utgör ett viktigt underlag för ENERGI 85, redovisas i följande rapporter:

- M84:8 Nikolay Tolstoy, Christer Sjöström & Tommy Waller — **Bostäder och lokaler från energisynpunkt** (Utgivet som Meddelande från Statens institut för byggnadsforskning, Gävle)
- R131:84 Lee Schipper — **Internationell jämförelse av bostädernas energiförbrukning**
- R132:84 Lars-Göran Carlsson — **Energi användningen i bostäder och lokaler 1970—82**
- R133:84 Hans Erik Forsell & Jan Nöid — **Energisparande i statliga myndigheter m fl**
- R134:84 Bostadsstyrelsen — **Bostadsstyrelsens lån- och bidragsgivning till energisparåtgärder i bostäder m m**
- R135:84 Statens planverk — **Utvärdering av bestämmelserna om energihushållning i svensk byggnorm — effekterna på nya byggnader**
- R136:84 Sten-Ivan Bylund & Jan Lindelöf — **Energisparinformation från bygghörskningsrådet, bostadsstyrelsen och planverket 1978—84**
- R137:84 Ulf Lillengren & Folke Peterson — **Effektiva uppvärmningssystem**
- R138:84 Lennart Thörnqvist & Bo I Olsson — **Energisparande inom fjärrvärmda områden**
- R139:84 Tore Hansson, Anders Nilson & Claes-Göran Stadler — **Energisparteknik i befintlig bebyggelse**
- R140:84 Gunnar Anderlind, Claes Bankvall & Karl Munther — **Energibehov i nya byggnader**
- R141:84 Gunnar Essunger & Håkan Andersson — **Förutsättningar för genomförande av energisparåtgärder i befintlig bebyggelse**
- R142:84 Hans Alfredson — **Kunskap om energisparåtgärder**
- R143:84 Anders Nilson, Lars Bäck, Magnus Fischer & Claes-Göran Stadler — **Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse**
- R144:84 John Gajland — **Energisparande vid alternativa förutsättningar**
- R145:84 Folke Peterson, Stefan Sandsten — **Solvärmt tappvatten**
- R146:84 Per Isakson, Knut-Olof Lagerkvist — **Solsystem för uppvärmning och varmvatten med korttidslager**
- R147:84 Erik Wahlman m fl — **Sol till fjärrvärme och gruppcentraler**
- R148:84 Enno Abel — **Solvärmesystem med årlagring**
- R149:84 Kjell Larsson m fl — **Gruppcentraler — nuläge och utvecklingsmöjligheter**
- R150:84 Carl Mattsson m fl — **Energisystem behandlade i SOL-85 modellen**
- R151:84 Ilja Cordi, Göran Lundgren — **Strategier och scenarios använda i SOL-85 modellen**
- R152:84 Anders Göransson, Peter Wennerhag m fl — **Bebyggelsedata för energiplaneringen — Underlagsrapporter**
- D21:84 Kirtland Mead et al — **SOLAR 85. Simulation modelling**
- D22:84 Anthony Hardacre — **Solar energy research outside Sweden**

Dessa rapporter beställs genom Svensk Byggtjänst, Box 7853, 103 99 Stockholm, tel 08/730 51 00.

R144: 1984

ISBN 91-540-4213-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704144

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms