



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

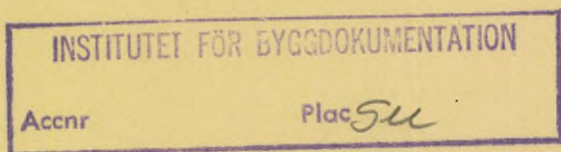
R91:1984

**Optimeringsmodell för
kommunal energihushållnings-
planering (KEB)**

Beskrivning och tillämpningsexempel

Georg Saros

R
AD/2



Byggforskningsrådet

R91:1984

OPTIMERINGSMODELL FÖR KOMMUNAL ENERGIHUSHÅLLNINGSPLANERING (KEB)

Beskrivning och tillämpningsexempel

Georg Saros

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 801282-2 från Statens råd för byggnadsforskning till Studsvik Energiteknik AB, Nyköping

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

R91:1984

ISBN 91-540-4180-5
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
SAMMANFATTNING	1
1. INLEDNING	5
2. ANVÄNDNINGSSOMRÅDE	6
2.1 Samordning mellan värmeförsörjning och energisparande	7
2.2 Lönsamhetskalkyler av energisparåtgärder	10
2.3 Ekonomisk utvärdering av olika värmeförsörjningsalternativ	10
2.4 Utformning av energitaxor	11
3. BESKRIVNING AV MODELLEN	12
3.1 Beräkningsmetodiken	12
3.2 Datainsamling och bearbetning	17
3.3 Erhållna beräkningsresultat	21
4. TILLÄMPNINGSEXEMPEL: EN STUDIE FÖR STADSDELEN TRANDARED I BORÅS	22
5. TILLÄMPNINGSEXEMPEL: TYPOMRÅDEN FRÅN STOSEB 80	29
BILAGOR	
1. Ekvationssystemet	
2. Exempel på resultatutskrift	
3. Optimala uppvärmningssystem och planerad ledningsdragning vid utbyggnad av fjärrvärme i Trandared	Karta
Referenser	

FÖRORD

Denna rapport utgör en sammanfattande slutredovisning på ett forskningsanslag från byggforskningsrådet till Studsvik Energiteknik AB. Syftet med projektet, som pågått sedan 1981, har varit att utveckla och utvärdera en optimeringsmodell, KEB, för kommunal energihushållningsplanering.

Modellen utvecklades 1975 som en delmodell i ett stort energiprognosmodellsystem på uppdrag av statens industriverk. Utvecklingsarbetet genomfördes på Ekonomiska Forskningsinstitutet (EFI) vid Handelshögskolan i Stockholm. Projektledare var Klas-Göran Mäler och Lars Bergman. Byggforskningsrådet bidrog med finansieringen i utvecklingsarbetet av delmodellen.

1979 togs en kopia av modellsystemet över till Studsvik Energiteknik med godkännande av statens industriverk. I Studsvik har delmodellen vidareutvecklats och anpassats för tillämpningar på bl a regioner, kommuner, stadsdelar och enskilda fastigheter i några forskningsprojekt med finansiering från byggforskningsrådet.

Erfarenheterna från forskningsprojekten har därefter använts för tillämpning av modellen i ett flertal kommersiella uppdrag för kommuner och energiverk. Med interna medel har dessutom Studsvik vidareutvecklat modellen för att bättre anpassa den till behoven.

Projektledare har fram till februari 1983 varit Georg Saros, då han övergick till VBB, därefter Per Ingre. Ansvarig för utvecklingen av datasystemet har varit Clas Grägg på Studsviks dataenhet. Huvudförfattare till denna rapport är Georg Saros.

Studsvik i oktober 1983

Per Ingre

Georg Saros

SAMMANFATTNING

I rapporten beskrivs en datorbaserad optimeringsmodell för ekonomisk utvärdering av olika energiinvesteringar samt redovisas två tillämpningar av modellen.

Inom såväl den kommunala energiplaneringen som för ägare och förvaltare av byggnader är det viktigt att det tas fram ett brett beslutsunderlag avseende bl a ekonomiska kalkyler så att värmeförsörjnings- och energisparåtgärder genomförs på ett sådant sätt att dessa ger största avkastningen. Modellen kan användas för att på ett systematiskt sätt beakta osäkerheter om bl a:

- framtida energipriser
- val av kalkylränta
- uppskattningar för investeringsutgifter för ny energiteknik

Modellen omfattar en metod för insamling av uppgifter om bebyggelse samt ett databaserat beräknings- och optimeringsprogram för ekonomiska utvärderingar samt kompletterande finansieringskalkyler.

Modellen kan huvudsakligen användas för att belysa bl a följande typer av frågeställningar:

- Studier av avvägningen, dvs samordningen mellan värmeförsörjning och energisparande.

Hur skall energisparandet prioriteras vid införandet av nya uppvärmningssystem i ett område? Skall frånluftsvärmepumpar installeras i fastigheter som är anslutna till fjärrvärme?

Hur skall tillgängliga investeringsresurser inom en region, kommun eller ett bostadsbolags byggnadsbestånd fördelas mellan olika energispar- och värmeförsörjningsalternativ, så att bästa totalekonomi erhålls?

- Ekonomisk utvärdering av olika värmeförsörjningsalternativ.

Hur skall en befintlig oljeeldad panncentral byggas om? Skall nya oljepannor, elpannor eller värmepumpar installeras eller skall centralen anslutas till fjärrvärme?

Vilka oljeersättande investeringar skall genomföras i ett fjärrvärmesystem? Skall man välja en fastbränsleeldad anläggning, en koleldad eller värmepumpar?

Ytterligare användningsområden avser ekonomisk utvärdering av olika systemlösningar och tillämpningar på ny energiteknik.

- Lönsamhetskalkyler av energisparåtgärder.

Vilka energisparåtgärder och paket av åtgärder är ekonomiskt lönsamma att genomföra i olika byggnadstyper och för olika uppvärmningsformer när antagande om framtida energipriser och kalkylräntor varierar?

Modellen är konstruerad så att den bland existerande handlingsalternativ i varje typ av bebyggelse väljer de alternativ som innebär att nuvärdet av totalkostnaden minimeras under ett valt tidsspann och vid givna förutsättningar.

Möjligheten finns att i modellen på ett enkelt sätt bygga in restriktioner som begränsar det teoretiskt möjliga resultatet. Det är t ex inte möjligt att åtgärda alla hus samtidigt p g a begränsade investeringsresurser eller p g a kulturhistoriska och konstruktionsmässiga begränsningar. Restriktioner som tar hänsyn till detta och andra förhållanden kan mycket lätt tillföras modellen.

Modellresultatet tillkommer genom en avvägning mellan investering i värmeproduktion och energisparande med utnyttjande av tillgängliga investerings- och förbrukningsresurser (bränsle m m).

I modellen kan det studerade tidsspannet, antalet åtgärdsalternativ som studeras samt beräkningsförutsättningar som antaganden om framtida energipriser, kalkylränta och resursbegränsningar varieras i känslighetsanalyser.

En utredning enligt modellen kan genomföras på följande sätt:

Den studerade bebyggelsen t ex en stadsdel indelas i ett antal homogena grupper. För varje byggnadsgrupp tas genom inventering och besiktning fram ett antal åtgärds paket av aktuella värmeförsörjnings- och energisparåtgärder samt kombinationer av dessa. Kostnadskrävande energisparåtgärder genomförs huvudsakligen i samband med underhåll och ombyggnad av fastigheter vilket beaktas i kalkylerna. Därefter genomförs beräkningarna och resultaten erhålls.

Ingångsdata till optimeringsprogrammet är följande:

- nettoenergiförbrukning per år i byggnader
- nettoenergiesparing för åtgärder
- verkningsgrad och distributionsförluster
- drift- och underhållskostnader exkl bränsle
- investeringsutgifter
- eventuella begränsningar i t ex tillgängliga investeringsresurser
- livslängder
- antaganden om energipriser under det studerade tidsspannet
- kalkylränta

Vid utvärdering av olika energihushållningsåtgärder ger modellen t ex svar på vilket värmeförsörjningssystem i kombination med energisparåtgärder som för det studerade tidsspannet ger den lägsta uppvärmningskostnaden för kommunen respektive fastighetsägarna.

Följande beräkningar redovisas i resultaten för varje grupp av bebyggelse:

- Nuvärdet av uppvärmningskostnaderna för samtliga värmeförsörjnings- och energisparalternativ

- De lönsammaste, dvs fördelaktigaste värmeförsörjnings- och energisparalternativen
- Energiförbrukning samt energisparnivå som innebär en minimering av uppvärmningskostnaderna.

I kompletterande finansieringskalkyler beaktas villkoren för olika låneformer, t ex energisparlån.

I rapporten redovisas en tillämpning av modellen avseende stadsdelen Trandared i Borås. Syftet med studien var främst att studera samordningen mellan utbyggnad av fjärrvärme och investeringar i energisparande. Resultaten från studien skulle användas som beslutsunderlag vid utarbetande av värmeplan för stadsdelen samt vid prioritering av energihushållningsåtgärder i kommunens energisparrådgivning- och informationsverksamhet.

Resultaten visar att det inte finns någon konflikt mellan en fjärrvärmeanslutning och genomförande av enkla energisparåtgärder. Det optimala energisparandet i Trandared visade sig ligga mellan 30-35 procent, vilket överensstämmer bra med energisparplanens målsättning.

Andra erfarenheter från Trandared var att:

- Modellen är ett bra hjälpmedel när det gäller att finna den billigaste lösningen för kommunen som helhet
- Datainsamlingen är ett omfattande arbete, men kan samordnas med övrig datainsamling i kommunens energiplaneringsarbete
- Modellen kan fungera som ett kommunikationsinstrument mellan olika grupper inom kommunen och underlätta förståelsen mellan olika intressen.

Det andra exemplet på tillämpning med den kommunala uppvärmningsmodellen avser ett antal typområden från STOSEB 80, en regional energiplan för Stockholm, utarbetad av Stor-Stockholms Energi AB (STOSEB). Typområdena utgjordes av homogena områden med flerbostadshus och småhus med varierande värmtäthet. Ett antal konverterings- och energisparalternativ har utvärderats ekonomiskt med hänsyn tagen till olika kylräntor och olika antaganden om framtida energipriser.

Resultaten visar att fjärrvärme är den lönsammaste uppvärmningsformen i de värmätätaste områdena och att optimal energisparnivå år 2020 i samtliga områden varierar mellan 21 och 35 procent av 1981 års nettoenergiförbrukning. Det är ungefär samma resultat som erhållits i STOSEB 80.

I båda de redovisade exemplen har modellen fungerat väl och visat sig vara en flexibel metod. Modellen har visat sig vara ett värdefullt utvärderingsinstrument i det övergripande kommunala energiplaneringsarbetet.

1 INLEDNING

Lagen om kommunal energiplanering har funnits sedan 1977 och energisparplanen tillkom 1978. Från och med 1 juli 1982 har lagen om kommunal energiplanering ändrats på så sätt att det numera i varje kommun skall finnas en av kommunfullmäktige beslutad oljereduktionsplan.

Energiplanering är för kommuner en förhållandevis ny uppgift. Det saknas fortfarande praktiskt användbara planeringsmetoder som kan användas i den kommunala energiplaneringen. Den kommunala uppvärmningsmodellen är en beräkningsmetod som har utvecklats i syfte att användas som ett hjälpmedel vid framtagna av beslutsunderlag i det övergripande kommunala energiplaneringsarbetet. Nuvarande och framtida handlingsalternativ inom kommunen kan ekonomiskt utvärderas vid olika energipriser och kalkylränta.

Modellen utvecklades ursprungligen för tillämpningar på nationell nivå (se ref 1, 5). Därefter har modellen anpassats för den regionala och kommunala nivån. Modellen har tidigare tillämpats på kvarter, stadsdelar, storstadsregioner och typområden (se ref 2, 3, 4, 6, 7).

I rapporten beskrivs först den kommunala uppvärmningsmodellen. Därefter redovisas två exempel på genomförda tillämpningar med modellen.

2 ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Den kommunala uppvärmningsmodellen är ett utvärderingsinstrument när det gäller att prioritera alternativ av värmeförsörjnings- och energisparåtgärder. Åtgärderna kan indelas i två grupper. Den första typen av åtgärder avser olika konverteringssåtgärder, dvs åtgärder som innebär att uppvärmningsformen förändras, t ex från individuell oljeuppvärmning till elvärme eller fjärrvärme. Den andra typen av åtgärder är energisparåtgärder, dvs åtgärder som innebär att energianvändningsstandarden förbättras i byggnaderna utan sänkning av inomhustemperaturen, t ex tätningar av fönster och dörrar, inreglering av värmesystemet samt tilläggsisoleringar.

Den kommunala uppvärmningsmodellen är ett hjälpmedel när det gäller att på ett systematiskt sätt beakta några av de osäkra faktorer som utgör förutsättningar för energiplanering i kommuner. Det råder osäkerhet om flera av dessa förutsättningar, bl a följande:

- framtida energipriser
- tillförsel av energi i framtiden
- utveckling av ny energiteknik
- de energipolitiska målen i framtiden.

Modellen kan användas i syfte att på ett enkelt sätt öka kunskapen om hur de samband ser ut som är relevanta för de problem man önskar studera. Det bör påpekas att användbarheten av modellresultaten som underlag för beslutsfattande i den kommunala energiplaneringen är starkt avhängigt kvaliteten i indata materialet.

Metoden är speciellt lämplig att användas för att belysa frågeställningar i sådana komplexa planerings- (besluts) situationer då det finns flera möjliga handlingsalternativ tillgängliga samt när det råder osäkerhet om den framtida utvecklingen för vissa viktiga parametrar, t ex energipriserna.

Modellen kan huvudsakligen användas för bl a följande typer av beräkningar:

- Studier av avvägningen, dvs samordningen mellan värmeförsörjning och energisparande.
- Lönsamhetskalkyler av energisparåtgärder.
- Ekonomisk utvärdering av olika värmeförsörjningsalternativ.
- Utformning av energitaxor.

2.1 Samordning mellan värmeförsörjning och energisparande

I den kommunala energiplaneringen finns det behov av samordning mellan bl a:

- energiplanering och övrig kommunal planering
- värmeförsörjnings- och energisparplanering
- lokala och centrala värmeförsörjningssystem

Här skall huvudsakligen behandlas behovet av samordning inom den kommunala energiplaneringen.

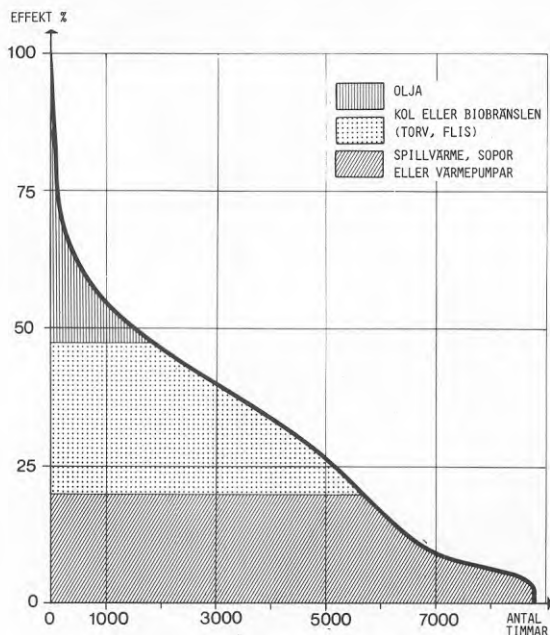
Värmeförsörjnings- och energisparåtgärder bör genomföras där dessa ger största avkastning. I den övergripande kommunala energiplaneringen bör värmeförsörjningsplaneringen samordnas med energisparplaneringen så att bästa helhetslösning uppnås för kommunerna.

Behovet att samordna värmeförsörjningsplaneringen med energisparplaneringen har ökat under de senaste åren. Detta beror bl a på att fler fjärrvärmesystem förändras i riktning mot flerbränslesystem baserade huvudsakligen på fasta bränslen till följd av ökade oljepriser och statsmakternas krav på oljeersättning. Det innebär att bränslekostnaden för fjärrvärmeproduktion kommer att variera under året.

Lönsamheten för energisparåtgärder kommer därigenom också att variera under året, vilket bör beaktas i en kostnadskalkyl.

I följande figur redovisas ett varaktighetsdiagram för ett typiskt fjärrvärmesystem under 80-talet.

Figur 2.1 Ett varaktighetsdiagram för ett typiskt fjärrvärmesystem under 80-talet



En annan förklaring till det ökade behovet av samordning är att det under 80-talet kommer att finnas ett överskott på elkapacitet under framförallt låglasttid (höst och vår). Den rörliga avgiften i eltaxan kommer att variera under året i syfte att stimulera till minskad efterfrågan på el under dagtid på vintern. Under låglasttid kommer däremot den rörliga elavgiften att vara låg i syfte att öka efterfrågan. Förändringen av eltarifferna kommer att öka antalet kombinerade värmeproduktionssystem där elpannor eller värmepumpar svarar för produktionen under huvudsakligen låglasttid.

Kostnadskalkyler avseende alternativ av värmeförsörjningssystem i kombination med energisparåtgärder är komplicerat att genomföra när kostnadsstrukturen för värmeproduktion varierar under året och förändras under en längre tidsperiod. Den kommunala uppvärmningsmodellen kan vara ett hjälpmedel när det gäller att utföra sådana kalkyler.

Samordningsproblematiken avseende värmeförsörjning och energisparande är framför allt aktuell i kommuner med utbyggd eller planerad utbyggnad

av ledningsbunden värmeförsörjning. Investeringar i fjärrvärmeutbyggnad är förenat med mycket höga fasta kostnader i framförallt kulvertledningar. Fjärrvärme kräver oavsett om det produceras i kraftvärmeanläggningar eller i anläggningar som enbart producerar värme en viss värmeförbrukningsintensitet (bebyggelseintensitet). Fjärrvärme är därigenom t ex känslig för kombination med energihushållningsåtgärder. Dessutom kan underlag för mottrycksproduktion minska vid genomförande av energisparåtgärder. Om effekterna av t ex en kraftig energikonsumtionsminskning i en stadsdel skulle leda till ett förhållandevis dåligt utnyttjande av fjärrvärmekapaciteten bör man söka finna en lämplig avvägning mellan energisparåtgärder och uppbyggnad av fjärrvärmenet.

Energihushållning på ett planerat sätt innebär möjligheter att i ett t ex befintligt kommunalt fjärrvärmesystem ansluta nya områden utan att bygga ut produktionskapaciteten. Detta kan vara ett alternativ att beakta med tanke på de svårigheter som råder när det gäller att finansiera kommunala utbyggnadsprojekt. Ett näraliggande problemområde är förtätning av befintlig bebyggelse. Samordningsaspekterna bör i detta sammanhang beaktas i mera övergripande analyser.

Samordningsaspekterna är också aktuella i ett annat sammanhang som avser energisparåtgärder. Vid genomförande av energisparåtgärder ökar möjligheterna att övergå till fjärrvärmesystem baserade på lågtemperaturtekniken. En förutsättning för detta är bl a att det finns kapacitetsöverskott i värmeväxlare och radiatorsystem. Fastigheterna kan i vissa fall anslutas till retursidan på ett fjärrvärmenet.

Ett annat exempel på samordningsproblem mellan värmeförsörjning och energisparande avser finansiering av olika typer av åtgärder. Enligt nuvarande bestämmelser är lånevillkoren olika för värmeförsörjnings- och energisparåtgärder. Bostadsbolag kan utnyttja energisparlån till mycket låg ränta (för närvarande 3 % första året och därefter ökning med 0,25 % per år) vid genomförande av energibesparande åtgärder. Energiverk och kommuner kan för värmeförsörjningsåtgärder däremot erhålla lån till betydligt högre ränta (för närvarande 13-14 %). I vissa fall kan effekten av de olika lånevillkoren leda till ett dåligt utnyttjande av de samhällseliga resurserna. Ett annat sätt att uttrycka detta är att det i vissa fall kommer att uppstå diskrepans mellan vad som är samhälls-ekonomiskt och företagsekonomiskt lönsamt att göra.

I kommuner med planerat eller pågående utnyttjande av sk spillvärme aktualiseras också problematiken med samordning av energiförsörjning och

energihushållning. En omfattande sparverksamhet kan leda till ett dåligt utnyttjande av spillvärme.

Ännu ett exempel där samordningsproblem kan uppstå är kommuner med planer på ersättning av bränsle för värmeproduktion (t ex från eldningsolja till kol och sopor), dvs bränslen som prismässigt är billigare än olja. Det gäller då att i energisparplaneringen beakta eventuella förväntade kostnadsförändringar i kommunens värmeproduktionsverksamhet.

2.2 Lönsamhetskalkyler av energisparåtgärder

Lönsamhetskalkyler kan genomföras med hjälp av den kommunala uppvärmningsmodellen i syfte att bedöma och värdera energisparande åtgärds paket vid olika kalkylräntor och energipriser. Lämpliga åtgärder och åtgärds kombinationer (besparingspaket) för varje hus eller grupp av hus kan rangordnas efter lönsamhet vid de givna förutsättningarna (kostnader, besparingseffekt, energiförbrukning, verkningsgrader etc).

Optimal energisparnivå kan dessutom beräknas med hjälp av modellen för olika byggnadstyper och uppvärmningsformer. För t ex fjärrvärmeanslutna fastigheter kan i beräkningarna beaktas förändringar i kostnadsstrukturen för fjärrvärme pga planerad omstrukturering av produktionssystemet.

2.3 Ekonomisk utvärdering av olika värme-försörjningsalternativ.

Modellen kan användas för ekonomisk utvärdering av olika värmeförsörjningsalternativ. Olika systemlösningar med t ex värmepumpar kan utvärderas utifrån vad som är bäst för kommunen som helhet. Skall värmepumpar installeras i fastigheter, i gruppcentraler eller i fjärrvärmesystem? Det är sådana frågeställningar som kan belysas med hjälp av modellen.

Ett alternativ till utbyggnad av fjärrvärme kan vara någon typ av närvärmesystem, dvs ett system bestående av gruppcentraler. Gruppcentralerna kan bestå av t ex värmepumpar eller fastbränsleeldade anläggningar. Modellen kan användas till ekonomisk utvärdering av sådana olika uppvärmningsalternativ.

Ytterligare användningsområden med modellen avser ekonomisk utvärdering av olika systemlösningar och tillämpningar på ny energiteknik i befintlig och nytillkommande bebyggelse.

Det är t ex möjligt att med hjälp av modellen ekonomiskt utvärdera olika systemlösningar avseende markvärmetekniken.

2.4 Utformning av energitaxor

Modellen kan även användas som underlag vid utformning av energitaxor. Flera fjärrvärmesystem förändras som tidigare nämnts i riktning mot flerbränslesystem och därvid kommer produktionskostnaderna att variera under året. Det är viktigt att taxorna är kostnadsriktiga när det gäller att styra energisparandet mot åtgärder som ger störst effekt när produktionskostnaden är högst, dvs under vinterhalvåret.

Lönsamheten för energisparande kan beräknas med hjälp av modellen vid olika utformningar av t ex fjärrvärmesystem i en kommun. En fjärrvärmesystemavgift som består av en proportionell hög andel rörliga avgifter stimulerar till ökat energisparande. Det är möjligt att utforma sådana taxor i kommuner med etablerade fjärrvärmesystem eftersom de tidigare investeringarna huvudsakligen är avskrivna. Den fasta delen i taxan utgör ersättning för investeringsutgifterna och kan i en etablerad fjärrvärmesystem utgöra en låg andel av den totala avgiften.

3 BESKRIVNING AV MODELLEN

3.1 Beräkningsmetodiken

Den kommunala uppvärmningsmodellens ekvationssystem redovisas i bilaga 1. Modellsystemet är en kombinerad simulerings- och optimeringsmodell. Modellen löses som ett linjärt programmeringsproblem (LP) enligt ett färdigt dataprogram.

Modellen är konstruerad på så sätt att bland existerande handlingsalternativ inom kommunen för den framtida energiförsörjningen samt möjliga energihushållningsinsatser i varje kategori av bebyggelse som ingår i en modellberäkning, väljs de alternativ som innebär att nuvärdet* av de totala kostnaderna för värmeförsörjning och energihushållning (drift, underhåll och investeringar) minimeras under den studerade tidsperioden vid de valda förutsättningarna (energipriser, kalkylränta, etc).

Detta kan uttryckas på ett något annorlunda sätt. Det åtgår vissa insatsresurser för uppvärmning såsom olja, el, hetvatten etc för att hålla en bestämd inomhustemperatur. Dessutom kan energiförbrukningen förändras genom byte av uppvärmningssystem samt genomförande av energibesparande åtgärder vid insats av kapitalresurser. En modellkalkyl ger då svar på frågan hur man till lägsta totalkostnad kan hålla en bestämd inomhustemperatur.

Modellkalkylerna kan vara samhällsekonomiska, kommunalekonomiska eller fastighetsekonomiska. Samtliga kostnader för energiproduktion, distribution och användning av energi beaktas i den kommunalekonomiska kalkylen utan uppdelning mellan t ex energiverk och fastighetsägare. Den kommunalekonomiska kalkylen kan ges olika förutsättningar vad avser bl a värdering av spillvärme (se avsnitt 2.1). Härigenom kan kalkylen utformas som en partiell samhällsekonomisk kalkyl.

Restvärdet, dvs nuvärdet av en tidigare gjord investering i slutet av den studerade tidsperioden beräknas i modellen för de beaktade åtgärderna med utgångspunkt från de livslängder som antagits. I modellen beaktas också återinvesteringar under den studerade tidsperioden.

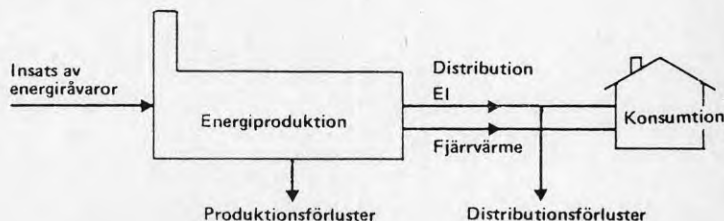
* Nuvärdet är lika med summan av de diskonterade kostnaderna för värmeförsörjning och energihushållning under den studerade tidsperioden (nuvärdemetoden).

Modellkalkylerna är att betrakta som realekonomiska investerings-(lönsamhets)kalkyler. I en modellberäkning utförs en serie av investeringskalkyler varvid lönsamheten för alla alternativen av åtgärder jämförts samtidigt och det fördelaktigaste väljs ut.

De realekonomiska kalkylerna bör kompletteras med finansieringskalkyler i syfte att beakta villkor för energisparstöd, fjärrvärmelån, skatteeffekter etc samt även fördelning i tiden av utgifter och intäkter (minskade utgifter för uppvärmning pga energisparande).

En fördel med modellansatsen är att åtgärdernas inbördes lönsamhet kan jämföras i samma kalkyl samt att förutsättningarna kan ändras på ett enkelt sätt genom känslighetsanalyser.

En annan fördel är att den totala direkta energiåtgången från energiproduktion till konsumtion kan beaktas för varje alternativ som ingår i modellkalkylen på t ex följande sätt:

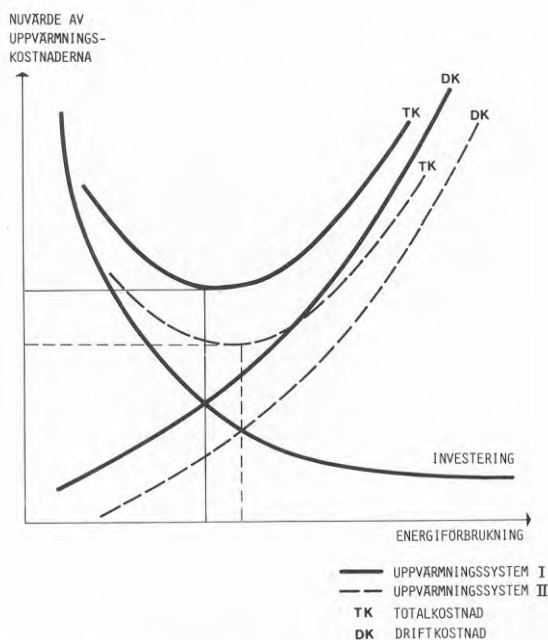


Den kommunala uppvärmningsmodellen är flexibel avseende bl a följande punkter:

- val av den studerade tidsperioden
- antalet byggnadstyper och uppvärmningsformer som studeras
- antalet alternativ av uppvärmningssystem och energisparåtgärder som studeras
- variationer i beräkningsförutsättningar (känslighetsanalys).

I följande figur redovisas drift- och investeringskostnader avseende den studerade tidsperioden för alternativa uppvärmningssystem och energisparåtgärder. Det alternativ som ger lägsta totalkostnad väljs ut med hjälp av modellen.

Figur 3.1 Optimering av nuvärdet av uppvärmningskostnaderna under den studerade tidsperioden.



Resultaten tillkommer genom en avvägning mellan värmeförsörjning och energisparande. Det innebär att låga kostnader för värmeförsörjning, t ex spillvärme (uppvärmningssystem II) ger ett lågt energisparande medan höga kostnader, t ex oljebaserad uppvärmning (uppvärmningssystem I) ger ett högt energisparande enligt det betraktelsesätt som används i modellen.

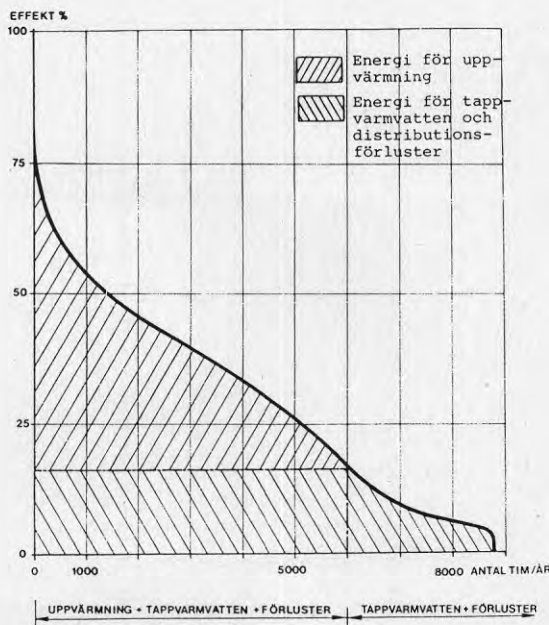
Modellkalkylen kan kompletteras med känslighetsanalyser. Energipriser, kalkylränta och investeringsuppgifter kan t ex varieras. Effekten av ökade energipriser illustreras i figuren genom en förflyttning av kurvan för driftkostnader från uppvärmningssystem II till I och därigenom erhålls nya optimala uppvärmningssystem och energisparåtgärder.

Det är viktigt att i modellkalkylerna klarlägga hur energisparande påverkar ett befintligt fjärrvärmesystem där flera bränslen används med varierande

de kostnader. Olja kommer huvudsakligen att användas för att täcka spetslastbehovet, dvs under kallaste vintertid (se figur 2.1). Åtgärder som huvudsakligen spar energi under denna period blir givetvis mycket lönsamma. Däremot gäller motsatsen för energisparåtgärder med störst effekt under lågladdtid, dvs under vår, höst och sommar.

Vid beräkning av energisparande i en modellkalkyl särskiljs åtgärder som påverkar energibehovet för uppvärmning och tappvarmvatten. Det kan t ex genomföras på så sätt att då sparatet avser tappvarmvatten, t ex flödesreglering av tappvarmvatten, förutsätts att denna åtgärd påverkar i genomsnitt hela fjärrvärmeproduktionen eftersom tappvarmvattenbehovet i stort sett är konstant under året. Då blir fördelningen av sparatet på energislag samma som för energiåtgången under hela året. Installation av frånluftsvärmepumpar som ersätter bränsleförbrukningen för hela tappvarmvattenbehovet påverkar fjärrvärmesystemet på ett något annorlunda sätt. Hela bränslebehovet ersätts under perioden när det ej finns något uppvärmningsbehov. Under uppvärmningssäsongen sparas bränsle i relation till bränsleslagens andelar. Mängden bränslebesparing beror på hur stora frånluftsvärmepumpar som installeras. Åtgärder som minskar behovet av uppvärmningsenergi, t ex inreglering av värmesystemet, tätning av fönster och dörrar samt tilläggsisoleringsringar, påverkar dock endast den genomsnittliga produktionen under uppvärmningssäsongen. Detta illustreras i följande figur.

Figur 3.2 Varaktighetsdiagram för ett fjärrvärmesystem uppdelat på uppvärmning och tappvarmvatten



I tabell 3.1 redovisas ett exempel på hur energisparande påverkar ett fjärrvärmesystem.

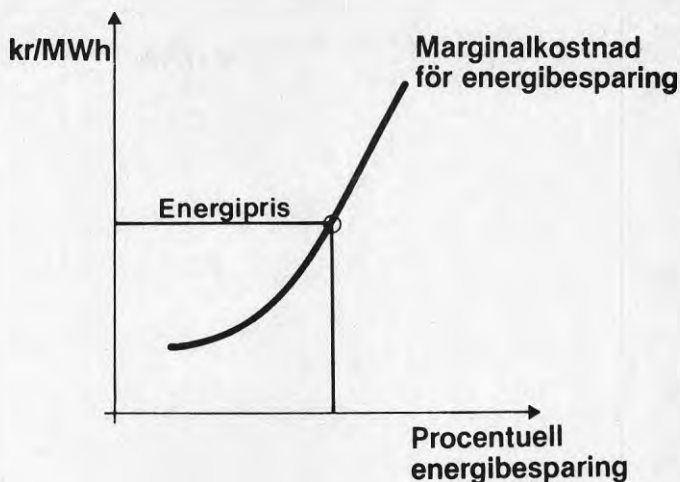
Tabell 3.1 Exempel på procentuell fördelning av energislag i ett fjärrvärmesystem samt effekter vid energisparande

Energislag	Fördelning av värme- produktion	Energisparande	
		Uppvärmning	Tappvatten
Olja	10	20	10
Kol	60	80	60
Spillvärme	30	-	30

Med hjälp av ett varaktighetsdiagram kan det beräknas hur den sparade energin fördelas på energislag. Det innebär exempelvis, enligt tabell 3.1, att om 1 MWh sparas i genomsnitt genom en tilläggsisolering i ett fjärrvärmesystem så utgör den sparade energin 0,2 MWh olja och 0,8 MWh kol. En besparing av 1 MWh genom flödesreglering av tappvarmvatten i samma fjärrvärmesystem innebär på motsvarande sätt att 0,1 MWh olja, 0,6 MWh kol samt 0,3 MWh spillvärme sparas.

Vid beräkning av optimal energisparnivå samt lönsamhetsberäkningar av energisparåtgärder, beaktas i modellen implicit marginalkostnadskurvan för energibesparing på följande sätt:

Figur 3.3 Marginalkostnadskurva för energibesparing

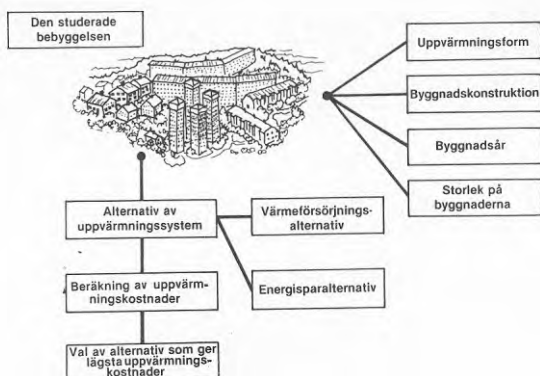


En marginalkostnadskurva framtages genom att beräkna årlig investeringsutgift, d v s annuiteten, uttryckt i kronor per inbesparad megawattimme för varje energisparåtgärd under åtgärdens livslängd. Procentuell energibesparing anges i förhållande till en ursprunglig nivå och ackumuleras för varje tillkommande åtgärd. Åtgärderna rangordnas efter ökande årlig investeringsutgift per besparad MWh. Marginalkostnadskurvorna tas fram genom att sammanbinda ett antal punkter. Det förutsätts därigenom att det finns ett antal energisparåtgärder som i stort sett följer kurvan.

Marginalkostnaden för energibesparing är låg för åtgärder av typen tätning av fönster och inreglering av värmesystemet men däremot hög för tilläggsisolering av yttervägg. Investeringsutgiften för tilläggsisolering kan sjunka om dessa åtgärder genomförs i samband med renovering och ombyggnad av fastigheter. Detta kan beaktas i modellkalkylerna.

3.2 Datainsamling och bearbetning

En studie med hjälp av den kommunala uppvärmningsmodellen genomförs efter indelning av den studerade bebyggelsen, t ex en stadsdel, i homogena grupper på t ex följande sätt:



Den studerade bebyggelsen kan t ex avse ett befintligt eller planerat bostadsområde, en stadsdel eller flera större bebyggelseområden med gemensam värmeförsörjning eller som planeras att anslutas till fjärrvärme eller en gruppcentral.

Data insamlas för de homogena bebyggelsegrupperna avseende bl a:

- Energiförbrukning i fastigheter eller i blockcentraler.
- Ytuppgifter och antal våningar.
- Genomförda energisparåtgärder och återstående åtgärder som är möjliga att genomföra. Här beaktas fastigheternas underhållscykel varvid åtgärder av typen tilläggsisolering av fasad endast genomförs vid renovering av fasaden.
- Investeringskostnader i produktion, distribution samt i fastigheterna för de aktuella värmeförsörjningsalternativen samt för de energisparåtgärder som är möjliga att genomföra.
- Värmeförluster i produktionsanläggningar och distributionsledningar.
- Övriga uppgifter som behövs för att beräkna produktionskostnaderna för ledningsbunden värmeöverföring inom kommunen.

Uppgifterna som behövs för modellkalkylerna varierar beroende på vilket problem som exakt skall belysas. Åtgärds paket konstrueras för de homogena bebyggelsegrupperna och uppgifterna matas in i beräkningsprogrammet enligt ett standardformulär som redovisas nedan.

Index J, I och R återfinns i redovisning av modellens ekvationssystem i bilaga 1 (j, i, r) samt i exemplen på resultatutskrift i bilaga 2.

Vissa åtgärder är kanske inte aktuella att genomföra under hela den tidsperiod som studeras i modellkalkylen. Detta kan beaktas i modellen genom att ändra uppsättningen åtgärds kombinationer enligt vad som är aktuellt för varje studerad tidsperiod.

Formulär för uppställning av indata till en modellkalkyl

Databas:

Panncentral:

Delområde (J):

Nettoenergiförbrukning för delområde år 1982:

Nuvarande värmeförsörjning:

Uppvärmningssystem Åtgärdskombination (I)	Investe- rings- kostnad	Livslängd antal år	Verknings- grad prod anläggning	Bruttoenergiförbrukning vid panncentral Energislag (R)				
				1 Eldn olja	2 Fjärr- värme	3 El- sommar	4 El-dag övr år	5 El-natt övr år

1. Ingen åtgärd
2. Tätning av
fönster
3. 2+inst flödes-
regl tappvarm.
vatten
4. 3+tilläggsiso-
lering vind
5. 4+tilläggsisole-
ring fasad
6. Konvertering
till elvärme
7. 6+2
8. 6+3
9. 6+4
10. 6+5
11. Anslutning till
fjärrvärme
12. 11+2
13. 11+3
14. 11+4
15. 11+5

Exempel på alternativ av uppvärmningssystem inom kommunen kan vara följande:

Värmeförsörjnings- alternativ	Energispar- alternativ
Individuell värme- anläggning	Tätning av fönster
Gruppcentral	Tilläggsisolering av vindsbjälklag
Fjärrvärme	Tilläggsisolering av yttervägg
Elvärme	Injustering av värmesystem
	Installation av termostatventiler

Alternativ av värmeförsörjningssystem och energisparåtgärder kan kombineras i åtgärdspaket. Energisparåtgärderna sorteras efter den ordning som åtgärderna vanligen genomförs.

De alternativ av värmeförsörjnings- och energisparalternativ som beaktas kan variera under den studerade tidsperioden. I en optimeringskalkyl beräknas, som tidigare redovisats, nuvärdet av uppvärmningskostnaderna för samtliga alternativ som studeras. Modellen kan även användas för simuleringar av olika utvecklingar avseende genomförande av de studerade åtgärderna.

Övriga ingångsdata till modellen är bl a:

- Besparingseffekt för energibesparande åtgärder.
- Livslängder.
- Prognos över energipriser för den studerade tidsperioden.
- Kalkylränta.

3.3 Erhållna beräkningsresultat

En beräkning med modellen ger bl a följande resultat för varje grupp av bebyggelse:

- Nuvärdet av uppvärmningskostnaderna för samtliga värmeförsörjnings- och energisparalternativ.
- De lönsammaste, d v s fördelaktigaste värmeförsörjnings- och energisparalternativen.
- Energiförbrukning samt energisparnivå som innebär en minimering av uppvärmningskostnaderna.

Exempel på utskrifter av modellresultat redovisas i bilaga 2.

I följande avsnitt redovisas några genomförda tillämpningar med den kommunala uppvärmningsmodellen.

4 TILLÄMPNINGSEXEMPEL:
EN STUDIE FÖR STADSDELEN TRANDARED I BORÅS

Detta avsnitt är en kortfattad redovisning av en tidigare utarbetad rapport (2).

Syftet med studien var huvudsakligen att studera avvägningen (samordningen) mellan utbyggnad av fjärrvärme och investeringar i energisparande för stadsdelen Trandared med hjälp av den kommunala uppvärmningsmodellen. Ett alternativ till utbyggnad av fjärrvärme i småhusområdena är konvertering till elvärme. Det ansågs därför intressant att för dessa områden även studera avvägningen mellan elvärme och fjärrvärme.

Resultaten från studien skulle användas som beslutsunderlag vid utarbetande av en värmeplan för Trandared samt vid prioritering av energihushållningsåtgärder i kommunens energisparrådgivnings- och informationsverksamhet.

Det finns i Trandared ungefär 3 000 lägenheter, varav ungefär 80 % finns i flerbostadshus. Flerbostadshusen byggdes huvudsakligen under perioden 1950-60 och småhusen under perioderna 1930, 1940 samt 1950-60. Här redovisas några vanliga förekommande hustyper i Trandared.



Bild 1 1-plans enbostadshus med
källare byggt under
1930-talet



Bild 2 1-plans enbostadshus
byggt under 1960-talet



Bild 3 Punkthus med 8 våningar
och källare byggt under
1950-talet



Bild 4 3-3 1/2-plans flerbostads-
hus med källare byggda
under 1950- och 60-talen
med putsade fasader

Energiförbrukningen i Trandared motsvarar för närvarande 10 % av hela årsförbrukningen i centralorten. 58 % av värmebehovet i centralorten täcks för närvarande med fjärrvärme (56 % av lägenheterna är anslutna).

Den planerade ledningsdragningen vid utbyggnad av fjärrvärme i Trandared framgår av kartan, bilaga 3. Flerbostadshusen värmeförsörjdes vid tidpunkten för studien från 18 oljeeldade panncentraler. Flertalet av de befintliga pannanläggningarna var aktuella för utbyte eller renovering under de närmaste åren. Nuvarande uppvärmningssystem i småhusen var huvudsakligen individuell oljeuppvärmning. Direktverkande elvärme fanns huvudsakligen installerat i några radhusområden samt även insprängt i de övriga områdena.

Den studerade tidsperioden i modellkalkylerna var 1982-1999 uppdelat på perioderna:

1981 basår
1982-85
1986-89
1990-99

Dessa perioder valdes för att det i beräkningarna skall kunna beaktas effekterna av en antagen energiprisökning under den studerade tidsperioden. Ett annat motiv var att huvudbränslet för energiproduktionen i Borås som för närvarande är olja planeras att ersättas med kol under mitten av 1980-talet. Detta innebär att kostnadsnivån för den producerade energin i Borås beräknas sjunka om nuvarande prisrelationer kvarstår och påverkar därför de lönsamhetsberäkningar som genomfördes i studien.

Beräkningarna genomfördes under några olika förutsättningar. De förutsättningar för modellkalkylerna som varierades var olika handlingsalternativ som bedömdes aktuella för Trandared.

Syftet med att variera beräkningsförutsättningarna var att i modellkalkylerna beräkna de energiekonomiska konsekvenserna för de olika handlingsalternativen. Följande handlingsalternativ utformades:

- I Fortsatt individuell oljeuppvärmning i Trandared. Fjärrvärme byggs ej ut till Trandared och konvertering till elvärme förbjuds i småhusen.
- II Konvertering till elvärme tillåts i småhusen och fjärrvärme byggs ut i Trandared. Den lönsammaste uppvärmningsformen väljs i varje område.

- III Konvertering till elvärme förbjuds i Trandared. Fjärrvärme byggs ut till småhusen om det är lönsamt.
- IV Konvertering till elvärme tillåts och fjärrvärme byggs ej ut till småhusen i Trandared. Småhusen konverteras till vattenburen elvärme om det är lönsamt.

Gemensamt för handlingsalternativ I-IV är att fastighetsägarna antas genomföra lönsamma energisparåtgärder.

Modellkalkylerna var av två slag:

1. Kommunalekonomiska investeringskalkyler: Samtliga kostnader i produktions-, distributions- och konsumtionsledet beaktades (total- eller självkostnadskalkyl).
2. Fastighetsekonomiska investeringskalkyler: Gällande energitaxor i Borås under 1981 beaktades i kalkylerna.

Val av handlingsalternativ för Trandared bör grundas på resultaten från de kommunalekonomiska kalkylerna. Det kan dock inte bortses från att fastighetsägarna endast kan motiveras till att genomföra åtgärder som är lönsamma för dem själva. Syftet med de fastighetsekonomiska kalkylerna var därför att stämma av i vilken utsträckning energitaxorna i Borås är konstruerade på så sätt att åtgärder som är kommunalekonomiskt lönsamma även är fastighetsekonomiskt lönsamma.

Modellkalkylerna genomfördes vid följande antagande om energiprisernas ökningstakt under den studerade tidsperioden och real kalkylränta:

Energiprisernas reala ökningstakt	2 %/år
Real kalkylränta	6 %

Dessa beräkningsförutsättningar har använts i några statliga energiutredningar samt i de anvisningar till oljereduktionsplanering som SIND tidigare utarbetat.

Fastigheterna i Trandared indelades i 53 homogena grupper enligt följande kriterier:

- Typhustillhörighet
- Kategori av förbrukare (låg, medel eller hög)
- Uppvärmningssätt

Ungefär 10 alternativ av åtgärds kombinationer d v s olika värmeförsörjningssystem och energibesparingsåtgärder beaktades för varje grupp av fastigheter.

Fastigheterna i Borås kommun har inom ramen för kommunens energisparverksamhet kategoriindelats genom inventeringar i 19 typhus efter husens storlek, byggnadsår, konstruktionssätt och typ av fasadmateriäl. Dessutom har med utgångspunkt från uppgifter om energiförbrukningen i ett stort antal fastigheter tre förbrukningsnivåer upprättats (låg, medel och högförbrukare). Skillnaderna i förbrukningsnivåerna hänför sig huvudsakligen till husens skötsel av pannanläggningarna.

Samtliga fastigheter i Trandared har klassificerats efter typhus och kategori av förbrukare. Borås Energiverk har insamlat uppgifter från fastighetsägarna om antal lägenheter, uppvärmd yta och nuvarande oljeförbrukning i flerbostadshusen.

Investeringskostnader för utbyggnad av fjärrvärme i Trandared samt konvertering till elvärme i småhusen beräknades för varje bebyggelseområde. Produktionskostnaderna för fjärrvärme i Borås under den studerade tidsperioden beräknades också. Kostnaderna för förstärkning av elnätet uppskattades dessutom.

När det gäller den eventuella utbyggnaden av fjärrvärme till småhusen i Trandared var principen för kostnadsfördelning att den planerade utbyggnaden av fjärrvärme till Trandared skulle genomföras för att i första hand ansluta flerbostadshusen. Fjärrvärme kunde byggas ut till småhusen om detta visade sig vara ett lönsamt projekt på marginalen, d v s om projektet kunde bära de direkta kostnaderna.

Investeringar i ny produktionskapacitet beaktades av ovan angivna skäl ej i beräkningarna av kostnaderna att bygga ut fjärrvärme till småhusen i Trandared. Enligt uppgift från Borås Energiverk fanns det dessutom tillräckligt produktionsöverskott för att försörja även småhusen i Trandared med fjärrvärme.

Resultaten från modellberäkningarna finns delvis redovisade på kartan över Trandared i bilaga 3. Anslutning till fjärrvärme samt enkla och lättillgängliga besparingsåtgärder av typen tätning av fönster, inreglering av värmesystem samt tilläggsisolering av tak, är både kommunal- och fastighetsekonomiskt de lönsammaste åtgärderna att genomföra i flerbostadshusen vid de givna beräkningsförutsättningarna.

I följande tabell redovisas det optimala, d v s det lönsammaste energisparandet i flerbostadshusen enligt modellberäkningarna.

Tabell 4.1 Optimal energisparnivå (procent) i flerbostadshusen

Typ av kalkyl	Fastighets-ekonomisk	Kommunal-ekonomisk	Fastighets-ekonomisk
Handlingsalternativ	I	II	II
Energisparande	16	35	35

De olika handlingsalternativen redovisades tidigare. Det framgår av tabellen att en fjärrvärmeanslutning av flerbostadshusen i Trandared enbart leder till energibesparing motsvarande ungefär 20 procent.

I småhusområdena är enligt modellberäkningarna en anslutning till fjärrvärme i 44 % av husen samt konvertering till elvärme i resten av husen kommunalekonomiskt lönsamt vid de givna beräkningsförutsättningarna. Enkla och lättåtkomliga besparingsåtgärder är också lönsamma åtgärder att genomföras i kombination med konverteringsåtgärder i småhusen.

I följande tabell redovisas optimalt energisparande i småhusen.

Tabell 4.2 Optimal energisparnivå i småhusen (procent)

Typ av kalkyl	Fastighets-ekonomisk	Kommunal-ekonomisk			Fastighets-ekonomisk
Handlingsalternativ	I	II	III	IV	II
Energisparande, %	15	29	24	28	29

Det optimala energisparandet är enligt modellberäkningarna något lägre i småhusen än i flerbostadshusen. Det beror framför allt på att marginalkostnaden för energisparåtgärder är högre för småhusen.

Resultaten från studien för Trandared visar för det första att det inte finns någon konflikt mellan en fjärrvärmeanslutning av fastigheterna och genomförande av enkla energisparåtgärder. För det andra visar modellberäkningarna att det optimala energisparandet i Trandared är ungefär 30-35 %, vilket överensstämmer bra med energisparplanens målsättning att 30 % av energiförbrukningen i bostäder och lokaler skall reduceras fram till 1988.

Erfarenheterna från studien för Trandared var följande:

- 1) Den kommunala uppvärmningsmodellen är ett bra hjälpmedel när det gäller att finna den billigaste lösningen för kommunen som helhet.
- 2) Datainsamlingen för modellberäkningarna är ett omfattande arbete, men kan samordnas med övrig datainsamling i det kommunala energiplaneringsarbetet.
- 3) Modellen kan fungera som ett kommunikationsinstrument mellan planerare inom energiverket och kommunens ansvariga för planering av energisparverksamheten när det gäller att arbeta mot ett gemensamt mål för hela kommunen.

5 TILLÄMPNINGSEXEMPEL:
TYPOMRÅDEN FRÅN STOSEB 80

Detta avsnitt är en kortfattad redovisning av en tidigare utarbetad rapport (7).

Modellberäkningarna genomfördes i syfte att jämföra resultat från den kommunala uppvärmningsmodellen med STOSEB 80-utredningen*. Modellkalkylerna utformades för det första i syfte att beräkna optimala konverteringsalternativ (uppvärmningsformer), d v s de fördelaktigaste alternativen i områden med olika värmetätheter samt för det andra liksom i STOSEB 80 i syfte att beräkna optimal energisparnivå i de studerade områdena.

STOSEB 80 är en regional energiplan med syfte att redovisa den från samhällsekonomisk synpunkt optimala lösningen av energitillförseln vid olika förutsättningar.

Uppläggningsen och genomförandet av STOSEB 80 liknar på flera punkter modellmetodikerna.

I den kommunala uppvärmningsmodellen, liksom i STOSEB 80, beräknas nuvärdet av samtliga kostnader för uppvärmning under den studerade tidsperioden. Den studerade tidsperioden var i STOSEB 80 1981-2020 och uppdelades i modellen på följande perioder:

1. 1981-88
2. 1989-96
3. 1997-2004
4. 2005-2012
5. 2013-2020

Samtliga beräkningsförutsättningar i modellberäkningarna är samma som i STOSEB 80. STOSEBs beräkningsunderlag när det gäller ledningsbunden energi, ej ledningsbunden energi samt energisparkonsekvenser har kunnat användas för modellkalkylerna.

Två olika antaganden eller prognoser om energiprisernas ökningstakt användes i STOSEB 80. Samma antaganden har använts i modellkalkylerna. De är följande:

* En regional energiplan för Stockholm utarbetad av Stor-Stockholms Energi AB (STOSEB)

Tabell 5.1 Antaganden om energiprisernas ökningstakt uttryckt i fasta priser under tidsperioden 1980-2020

Antagande	%/år
Hög	3,7
Låg	1,9

I STOSEB 80 användes två reala kalkylräntor för beräkningarna nämligen 4 % och 10 %. De har även använts i modellkalkylerna. Kalkylräntan 10 % är högt för kalkyler i detta sammanhang men kan användas i känslighetsanalys samt för att studera prioritering av tillgängliga resurser.

De genomförda modellkalkylerna avser några typområden med varierande värmetätheter i befintlig bebyggelse. Nuvarande uppvärmningssystem i typområdena är följande:

Typområde	Nuvarande uppvärmningssystem
Friliggande flerbostadshus	Individuellt oljeeldade pannor - vattenburen värmedistribution
Friliggande flerbostadshus	Oljeeldad blockcentral - vattenburen värmedistribution
Friliggande småhus	Individuellt oljeeldade pannor - vattenburen värmedistribution

De beaktade åtgärdspaketerna för energibesparing i modellkalkylerna (och STOSEB 80) är följande:

Flerbostadshus med självdragsventilation

1. Inreglering + tidsstyrning av värme
2. 1 + Tätning av fönster
3. 2 + Tilläggsisolering av vind
4. 3 + Tilläggsisolering av yttervägg
5. 4 + Installation av 3-glasfönster

Flerbostadshus med fläktstyrd frånluftsventilation

1. Inreglering + tidsstyrning av värme paket
2. 1 + Inreglering + tidsstyrning av ventil
3. 2 + Tätning av fönster
4. 3 + Tilläggsisolering av vind
5. 4 + Tilläggsisolering av yttervägg
6. 5 + Installation av 3-glasfönster

Småhus med självdragsventilation

1. Tätning av fönster
2. 1 + Tilläggsisolering av vind
3. 2 + Installation av motorshunt
4. 3 + Installation av termostatventiler
5. 4 + Tilläggsisolering av yttervägg
6. 5 + Installation av 3-glasfönster

Följande konverteringsalternativ har beaktats för friliggande flerbostadshus:

Nuvarande uppv system	Ind oljeeldade pannor	Blockcentral.
Konverteringsalternativ	1. existerande system	1. existerande system
	2. ind olja	2. blockc olja
	3. blockc olja	3. blockc olja
	4. ind el	4. värmepump
	5. värmepump	5. sol utan lager blockc olja
	6. blockc olja	6. blockc olja
	7. ind fjärrv	7. blockc fjärrv
	8. blockc fjärrv	

Ind = individuell värmeanläggning

Blockc = blockcentral

För friliggande småhus:

Konverteringsalternativ

1. Existerande system
2. Ind olja
3. Blockc olja
4. Ind el
5. Värmepump ytjordv
6. Sol tappvarmvatten
7. Ind fjärrv
8. Blockc fjärrv

De studerade alternativen har av modelltekniska skäl uppdelats i två typer av kalkyler.

Följande alternativ har beaktats i modellkalkylerna:

Kalkyl	Beaktade alternativ
1	Endast konverteringsalternativ (byte av uppvärmningsform)
2	Endast energisparalternativ (samtliga energisparpaket enligt STOSEB)

Detta innebär att först beräknas den optimala uppvärmningsformen i de studerade områdena, d v s den uppvärmningsform som uppvisar lägst totalkostnad under den studerade tidsperioden och därefter beräknas den optimala energisparnivån för de givna beräkningsförutsättningarna.

Optimala konverteringsalternativ har beräknats med hjälp av modellen i varje område enligt de givna förutsättningarna samt även nuvärden för samtliga kostnader** under den studerade tidsperioden (1981-2020) uttryckt i kr/MWh. Resultaten redovisas i följande tabell.

Tabell 5.2 Optimala konverteringsalternativ i de studerade typområdena vid kalkylräntan 4 % (kalkyl 1)

Område	Värmetäthet kWh/m ²	Kalkyl Nuvarande uppv system	Beräkningsförutsättningar			
			LÅG*		HÖG*	
			Optimalt alternativ	Nuvärde kr/MWh	Optimalt alternativ	Nuvärde kr/MWh
Flerbosthus	10	Ind oljeeldade	Värmepump	4237	Värmepump	5522
"	50	"	Ind fjärrv	3644	Ind fjärrv	4740
"	100	"	"	3313	"	4342
"	10	Oljeeldad blockcentral	Värmepump	3460	Värmepump	4718
"	50	"	Exist system	3022	Blockc fjärrv	4334
"	100	"	"	2860	"	4110
Småhus	1	Ind oljeeldade pannor	Ind olja	5854	Värmepump ytjordsv	7455
"	10	"	"	5854	Ind fjärrv	6973
"	20	"	Exist system	5358	Värmepump ytjordv	7401
"	30	"	Ind fjärrv	5080	Ind fjärrv	6262
"	60	"	"	4228	"	5323

* Ökningstakt i energipriserna

** Produktionskostnader för energi, investeringskostnader i distributionsledningar och installationer inom området samt drift- och underhållskostnader inom området

Modellberäkningarna som genomförts uppvisar i stort sett samma resultat som erhållits i STOSEB 80-utredningen när det gäller optimala konverteringsalternativ i de studerade områdena. Fjärrvärme är den lönsammaste uppvärmningsformen i de värmestätaste områdena enligt modellkalkylerna, vilket också framkommit i STOSEB 80-utredningen. Däremot blir fjärrvärme inte lönsamt enligt modellkalkylerna i friliggande bostadsområden när nuvarande uppvärmningsform är oljeeldad blockcentral.

Modellresultaten vid 10 % kalkylränta och den höga prisprognosen uppvisar i stort sett samma optimala konverteringsalternativ som vid 4 % kalkylränta.

Samtliga konverteringsåtgärder tycks däremot vara lönsamma på marginalen vid den låga prisprognosen när kalkylräntan är 10 %.

Optimal sparnivå år 2020 för uppvärmning i procent jämfört med 1981 års specifika nettoförbrukning enligt de givna beräkningsförutsättningarna samt nuvärde för samtliga kostnader (kr/MWh) under perioden 1981-2020 för samtliga områden redovisas i följande tabell.

Tabell 5.3 Optimal energisparnivå år 2020 i de studerade typområdena vid kalkylräntan 4 % (kalkyl 2)

Område	Värmetäthet kWh/m ²	Kalkyl Nuvarande, uppv system	Beräkningsförutsättningar			
			LÅG		HÖG	
			Opt spar- nivå %	Nu- värde kr/kWh	Opt spar- nivå %	Nuvärde kr/kWh
Flerbosthus	10	Ind oljeeldade pannor	22	3882	34	4807
"	50	"	22	3268	34	4117
"	100	"	22	2971	22	3774
"	10	Oljeeldad blockcentral	22	3070	34	4013
"	50	"	22	2747	34	4549
"	100	"	22	2601	34	4303
Småhus	1	Ind oljeeldade pannor	21	5388	27.5	7338
"	10	"	21	5388	27.5	7338
"	20	"	21	5388	27.5	7338
"	30	"	21	4996	21	5945
"	60	"	21	4166	21	5068

Optimal sparnivå år 2020 varierar i samtliga områden mellan 21 och 34 procent av 1981 års nettoenergiförbrukning enligt modellkalkylerna. Den antagna högre ökningstakten i energipriserna innebär att den optimala sparnivån ökar något i de studerade områdena.

Detta är ungefär samma resultat som erhållits i STOSEB 80-utredningen.

Den högre kalkylräntan (10 %) påverkar modellresultaten på två sätt. För det första är energisparande lönsamt på marginalen i de områden som konverterar till fjärrvärme, d v s de värmetätaste områdena. Detta innebär att lönsamheten för energisparande minskar något i dessa områden när kalkylräntan höjs från 4 till 10 %. Modellresultaten antyder att konflikt mellan fjärrvärme och energisparande kan uppstå i tider med knapphet på kapital, d v s när kalkylräntan är hög.

För det andra medför den högre kalkylräntan att det optimala energisparandet förskjuts något i tiden. Enligt modellen uppnås den optimala energisparnivån mellan 1 och 4 modellperioder senare (8-32 år) i flertalet studerade områden. Detta återspeglas i modellresultaten genom att nuvärdet för samtliga kostnader (investeringar, drift och underhåll) under den studerade tidsperioden (1981-2020) minskar när kalkylräntan höjs från 4 till 10 %.

Sammanfattningsvis kan konstateras att modellkalkylerna uppvisar i stort sett samma resultat som erhållits i STOSEB 80 avseende lönsamma konverteringsalternativ i typområdena samt optimal energisparnivå. Detta var givetvis vad som kunde förväntas, men det är ändå intressant att jämföra resultaten från två olika utredningsmetoder med samma ansats, d v s den traditionella beräkningsmetoden (STOSEB 80) som innebär ett stort antal beräkningar och simuleringar samt modellmetoden som innebär att ett stort antal beräkningar kan genomföras med ett begränsat antal simuleringar.

Det kan dessutom konstateras att modellresultaten avseende typområdena från STOSEB 80 stämmer väl överens med resultaten från studien avseende stadsdelen Trandared. Slutligen kan konstateras att den kommunala uppvärmningsmodellen är en flexibel beräkningsmetod och fungerar väl i de hittills genomförda modelltillämpningarna, varför slutsatsen kan dras att modellen är ett värdefullt utvärderingsinstrument i det kommunala energiplaneringsarbetet.

1. BESKRIVNING AV EKVATIONSSYSTEMET

Modellens ekvationssystem ges nedan. Matematiskt kan problemet som löses beskrivas som en linjär funktion som minimeras och är beroende av ett antal linjära restriktioner för variablerna.

1.1 Objektsfunktionen

I objektfunktionen beräknas nuvärdet av drift- och investeringskostnaderna under den studerade tidsperioden för de beaktade värmeförsörjnings- och energisparalternativen.

Objektsfunktionen som minimeras kan skrivas:

$$F(T+1) = \sum_{t=1}^{T+1} \{ \phi(t) (\sum_{r=1}^{MAXR} P_r(t) L_r(t) + \sum_{r=1}^{MAXR} \sum_{i=1}^{IS} P_{ir}^F(t) \cdot x_i(t) + \psi(t) P_h(t) L_h(t) \} - \psi(T+2) P_h(T+1) S(T+1)$$

där de ingående beteckningarna har följande betydelse:

$F(T+1) = \sum_{t=1}^{T+1}$ Objektsfunktion	Summering över alla tidsperioder	$\{ \phi(t) (\sum_{r=1}^{MAXR} P_r(t) L_r(t) + \sum_{r=1}^{MAXR} \sum_{i=1}^{IS} P_{ir}^F(t) \cdot x_i(t) + \psi(t) P_h(t) L_h(t) \}$	Diskonteringsfaktor	$(\sum_{r=1}^{MAXR} P_r(t) \cdot$	Kostnader för förbrukningsresurserna
$\cdot L_r(t) + \sum_{r=1}^{MAXR}$ Arlig förbrukning av resurser	Summering över alla system (kombinationer av försörjnings- och energisparåtgärder)	$\sum_{i=1}^{IS}$	Summering över alla förbrukningsresurser	$\cdot P_{ir}^F$	Antalet enheter av systemet i som används under period t

$+ \psi(t)$ Diskonterings- faktor	$P_h(t)$ Kostnader för investerings- resurser	$\cdot L_h(t)$ Summan av samtliga inve- steringar under tidsperiod t	} - $\psi(T+2)$ Diskonterings- faktor
$\cdot P_h(T+1)$ Kostnaden för investerings- resurser		$S(T+1)$ Restvärde av alla investerings- resurser vid slutet av period (T+1)	

Diskonteringsfaktorerna definieras enligt följande:

$$\phi(t) = (1+r)^{-IDT(t-1)} \left(\sum_{\tau=1}^{IDTX} (1+r)^{-(\tau-1)} \right)$$

$$IDTX = \begin{cases} IDT \text{ för } t \leq T \\ IDTL \text{ för } t = T+1 \end{cases}$$

$$\psi(t) = (1+r)^{-IDT(t-1)}$$

där

r = kalkylräntan

IDT = tidsperiodernas längd

$IDTL$ = sista tidsperiodens längd

1.2 Restriktioner

$$\sum_{i \in I_j} x_i(t) = B_j(t) \quad (\text{ekv 1})$$

Summan av alla system som används i byggnader av typ j skall vara lika med antalet byggnader av typ j .

(T+1) MAXJ ekvationer, det vill säga en för varje kombination av tidsperioder ($t = 1, \dots, T+1$) och byggnadskategori ($j = 1, \dots, \text{MAXJ}$).

$$x_i(t) - \sum_{\tau=1}^t \sum_{q \in Q_i} \Delta y_{qi}(\tau) - \sum_{\tau=1}^t \sum_{i \in J \cap I_j} \Delta x_i(\tau) + \quad (\text{ekv 2})$$

$$+ \sum_{\tau=1}^t \sum_{l \in Q_1} \Delta y_{il}(\tau) = y_i(0)$$

Det totala antalet system av typ i som används under period t , minus konvertering från ett annat system till system i , minus nettotillskott (nettotillskott = nybyggnation - rivning) av bebyggelse med system i , plus konvertering från system av typ i till ett annat system skall vara lika med antalet byggnader med åtgärds kombinationen i under startåret.

(T+1) · IS ekvationer, det vill säga för alla kombinationer av tid ($t = 1, \dots, T+1$) och system ($i = 1, \dots, IS$)

$$-L_r(t) + \sum_i e_{ri} x_i(t) \leq 0 \quad (\text{ekv 3})$$

Den totala mängden av förbrukningsresurser r som finns tillgängliga under tidsperioden t skall vara (större än eller) lika med den totala mängd förbrukningsresurser r som används av alla system i under tidsperioden t .

(T+1) · MAXR ekvationer, det vill säga en för varje kombination av tidsperioder ($t = 1, \dots, T+1$) och förbrukningsresurser ($r = 1, \dots, MAXR$).

$$-L_h(t) + \sum_q \sum_i (a_{qi} + a'_{qi} (1+r)^{-L_i}) \cdot \Delta y_{qi}(t) \leq 0 \quad (\text{ekv 4})$$

Det totala mängden av investerat kapital som finns tillgängligt under period t skall vara (större än eller) lika med de investeringar som är knutna till konvertering till nya system (eller återinvesteringar) under tidsperiod t.

T+1 ekvationer, d v s en för varje tidsperiod (t = 1, ..., T+1)

$$S(T+1) - \sum_{t=1}^{T+1} \sum_{j=1}^{\text{MAXJ}} \sum_{q, i \in I_j} a_{qi} \Delta y_{qi}(t) f_i(t) = 0 \quad (\text{ekv 5})$$

Alla investeringar i nya system som är gjorda gånger en faktor (terminalfaktorn) skall vara lika stor som restvärdet av alla investeringar vid slutet av den studerade tidsperioden (terminaltidpunkten). Terminalfaktorn f_i ges som indata och varierar mellan olika system samt är beroende av systemens återstående livslängd vid tidpunkten T+1 (terminaltidpunkten)

En ekvation.

$$\sum_{\tau=1}^t \left[\sum_{i \in I_j \cap FV_j} \left(\Delta x_i(\tau) + \sum_{\substack{q \in Q_i \\ q \neq FV_j}} \Delta y_{qi}(\tau) \right) - \sum_{i \in I_j \cap FV_j} \sum_{\substack{\ell \in Q_\ell \\ \ell \neq FV_j}} \Delta y_{i\ell}(\tau) \right] \leq HL6_j(t) \quad (\text{ekv 6})$$

Det totala antalet byggnader som konverterar till fjärrvärme plus nettotillskottet av byggnader som använder fjärrvärme får inte överstiga den planerade kapaciteten för fjärrvärmesystemet avseende byggnader typ j under tidperioden t .

1.3 Indexförklaring

Index i storheterna ovan har följande betydelser:

- h = Investeringsresurser
- i = Uppvärmningssystem. Ett uppvärmningssystem består av en kombination av värmeförsörjnings- och energihushållningsalternativ.
- j = Homogena bebyggelseområden eller enskilda byggnadstyper.
- l = Uppvärmningssystem till vilket ett system typ i kan konvertera.
- q = Uppvärmningssystem vilket kan konvertera till ett system typ i .
- r = Förbrukningsresurser (bränslen, drift- och underhållsresurser etc).

1.4 Delmängdsförklaring

- I_j = De åtgärds kombinationer som är tänkbara i bebyggelseområde eller byggnadstyp med index j . Hela mängden av olika åtgärds kombinationer betecknas med bokstaven I .
- Q_i = De åtgärder eller åtgärds kombinationer som kan modifieras från uppvärmningssystem enligt alternativ med index q till i . Bestäms automatiskt i modellen genom att ange alla möjliga kombinationer av parametern a_{qi} (se ekvations systemet), som anger investeringskostnaden för en åtgärd.
- Q_l = De åtgärder eller åtgärds kombinationer som kan modifieras från uppvärmningssystem enligt alternativ med index i till l . För övrigt analogt med Q_i .

$J \cap I_j =$ Delmängden av åtgärder och åtgärds kombinationer i befintliga bebyggelseområden eller byggnadstyper med index j som existerar vid starttidpunkten.

$FV_j =$ De bebyggelseområden eller byggnadstyper som planeras att anslutas till ett fjärrvärmenät.

1.5 Variabelförklaring

Optimala värden beräknas vid de givna förutsättningarna för de ingående variablerna i modellen. Det innebär att samtliga variabler antar värden som ger lägsta uppvärmningskostnad under den studerade tidsperioden.

- F Objektsfunktionen
- $L_r(t)$ Den totala användningen av förbrukningsresurs typ r (energi samt övrig drift och underhåll) per år under tidsperiod t .
- $L_h(t)$ Summan av samtliga investeringar under tidsperiod t .
- $S(T+1)$ Det återstående värdet eller restvärdet av samtliga investeringar vid terminaltidpunkten (i slutet av tidsperiod $T+1$).
- $x_i(t)$ Antal utnyttjade enheter av uppvärmningssystem av typ i under tidsperiod t .
- $\Delta y_{qi}(t)$ Antal uppvärmningssystem av typ q
 $\Delta y_{il}(t)$ respektive i inom kategori av bebyggelse av typ j som under tidsperiod t modifieras (konverteras eller åtgärdas) till uppvärmningssystem av typ i respektive l .
- $\Delta x_i(t)$ Nettoförändring av antalet uppvärmningssystem av typ i under tidsperiod t på grund av rivning och nyproduktion.

1.6 Indata

T	Antal tidsperioder. Antal perioder som modellen önskas genererad för fås som T+1 där $T \leq 5$.
r	Räntesatsen
IS	Antal uppvärmningssystem* i varje kategori av bebyggelse. $IS \leq 25$.
IDT	Periodlängd, d v s antal år för period 1..., T.
IDTL	Sista periodens längd, d v s för period T+1.
MAXR	Maximalt antal förbrukningsresurser r. $MAXR \leq 7$.
MAXJ	Maximalt antal j. $MAXJ \leq 40$.
L_i	Livslängd för uppvärmningssystem eller åtgärd typ i uttryckt i antalet år.
$f_i(t)$	Terminalfaktorvärde, d v s den andel av den ursprungliga investeringen under tidsperiod t som återstår vid terminaltidpunkten ($t = T+1$) för åtgärd av typ i. $f_i(t) \leq 1.0$.
$P_r(t)$	Kostnader för förbrukningsresurser (bränsle, drift och underhåll).
$P_h(t)$	Kostnaden för investeringar. $P_h(t)$ är definitionsmässigt lika med 1 under förutsättning att alla priser och kostnader är uttryckta i samma penningvärde.
$B_j(t)$	Totala antalet kategorier av bebyggelse** av typ j under period t.

* Antalet uppvärmningssystem måste vara lika stort i varje kategori av bebyggelse.

** En kategori av bebyggelse kan t ex vara ett homogent bostadsområde, grupper av eller enskilda fastigheter med samma konstruktion och byggda under samma tidsperiod.

$HL6_j(t)$	Maximalt antal kategorier bebyggelse av typ j som planeras att anslutas till fjärrvärmenätet under period t .
$y_i(0)$	Antalet kategorier bebyggelse med åtgärds kombination i under startåret (0).
a_{qi}	Initiala investeringsutgifter när en kategori av bebyggelse j med uppvärmningssystem q modifieras till system av typ i .
a'_{qi}	Utgifter för återinvestering, för övrigt analogt med a_{qi} .
e_{ri}	Användning av förbrukningsresurser av typ r för uppvärmningssystem i .
P_{ir}^F	Fasta delen i el- och fjärrvärmes taxan (årlig abonnemangsavgift).

EXEMPEL PÅ RESULTATUTSKRIFT

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

DRIFT(ENERGI)- OCH INVESTERINGSKOSTNADER (NUVÄRDEN) FÖR UPPVÄRMNING (MKR) FÖR SAMTLIGA ALTERNATIV AV RTGÅRDER (I) I VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J) UNDER VARJE TIDSPERIOD (T). INVESTERINGEN GENOMFÖRES UNDER TIDSPERIOD 1. T=1,...,T+1. SUMMA FÖR T=1,...,T+1.

TIDSPERIOD (T)		1	2	3	SUMMA	
		INV K	DRIFTK	DRIFTK	DRIFTK	TOTALK
J= 1	I= 1	0.000	2.730	2.432	5.854	11.016
J= 1	I= 2	.069	2.448	2.181	5.250	9.947
J= 1	I= 3	.722	2.169	1.932	4.650	9.472
J= 1	I= 4	2.196	1.807	1.609	3.874	9.486
J= 1	I= 5	.423	2.427	2.038	4.353	9.241
J= 1	I= 6	.492	2.189	1.838	3.927	8.446
J= 1	I= 7	1.145	1.950	1.633	3.499	8.231
J= 1	I= 8	2.619	1.628	1.367	2.920	8.534
J= 1	I= 9	4.000	2.730	2.432	5.854	15.016
J= 1	I=10	4.000	2.730	2.432	5.854	15.016
J= 1	I=11	4.000	2.730	2.432	5.854	15.016

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

OPTIMAL RTGÅRD (I) I VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J) UNDER VARJE TIDSPERIOD (T). T=1,...,T+1. ANTAL UTNYTTJADE ENHETER AV UPPVÄRMNINGSSYSTEM.

TIDSPERIOD (T)		1	2	3
J= 1	I= 6	1.00	1.00	1.00
J= 2	I=10	1.00	1.00	0.00
J= 2	I=12	0.00	0.00	1.00
J= 3	I= 6	1.00	1.00	1.00
J= 4	I= 4	1.00	1.00	1.00
J= 5	I= 1	1.00	1.00	0.00
J= 5	I= 4	0.00	0.00	1.00
J= 6	I= 8	1.00	1.00	1.00

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

ENERGIFÖRBRUKNING (GWH/ÅR) FÖR VARJE TIDSPERIOD (T), VARJE ENERGISLAG (R) OCH GRUPP AV BEBYGGELSE (J). T=0(STARTÅR),1,...,T+1.

TIDSPERIOD (T)		0	1	2	3
R= 1	J= 1	5.940	0.000	0.000	0.000
R= 3	J= 1	0.000	4.261	4.261	4.261
R= 1	J= 2	30.531	7.934	7.934	5.859
R= 4	J= 2	0.000	6.980	6.980	6.270
R= 1	J= 3	13.625	0.000	0.000	0.000
R= 3	J= 3	0.000	9.520	9.520	9.520
R= 1	J= 4	22.026	0.000	0.000	0.000
R= 3	J= 4	0.000	17.891	17.891	17.891
R= 1	J= 5	9.395	9.395	9.395	0.000
R= 2	J= 5	20.590	20.590	20.590	0.000
R= 3	J= 5	0.000	0.000	0.000	26.987
R= 1	J= 6	12.316	0.000	0.000	0.000
R= 3	J= 6	0.000	9.839	9.839	9.839

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

FAST RRSavgift (MKR/ÅR) FÖR VARJE TIDSPERIOD (T), VARJE UPPVÄRMNINGSSYSTEM (R) OCH VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J). T=0(STARTÅR),1,...,T+1.

TIDSPERIOD (T)		0	1	2	3
R= 3	J= 1	0.000	.196	.196	.196
R= 4	J= 2	0.000	.195	.195	.195
R= 3	J= 3	0.000	.382	.382	.382
R= 3	J= 4	0.000	.545	.545	.545
R= 3	J= 5	0.000	0.000	0.000	.922
R= 3	J= 6	0.000	.340	.340	.340

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

NUVÄRDET AV SAMTLIGA DRIFTKOSTNADER (MKR) UNDER VARJE TIDSPERIOD (T) I VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J). T=1,...,T+1. SUMMA FÖR T=1,...,T+1.

TIDSP. (T)	1	2	3	SUMMA
J= 1	2.189	1.838	3.927	7.955
J= 2	8.033	7.028	13.514	28.574
J= 3	4.733	3.974	8.490	17.197
J= 4	8.404	7.056	15.075	30.535
J= 5	13.401	11.943	23.242	48.586
J= 6	4.736	3.976	8.495	17.207

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

NUVÄRDET AV INVESTERINGARNA (MKR) I VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J)
UNDER VARJE TIDSPERIOD (T). T=1,...,T+1. SUMMA FÖR T=1,...,T+1.

TIDSP. (T)	1	2	3	SUMMA
J= 1	1.155	0.000	0.000	1.155
J= 2	19.603	0.000	4.816	24.419
J= 3	4.257	0.000	0.000	4.257
J= 4	5.644	0.000	0.000	5.644
J= 5	0.000	0.000	5.028	5.028
J= 6	3.087	0.000	0.000	3.087

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

NUVÄRDET AV RESTVÄRDET (MKR) I VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J).
T=T+1.

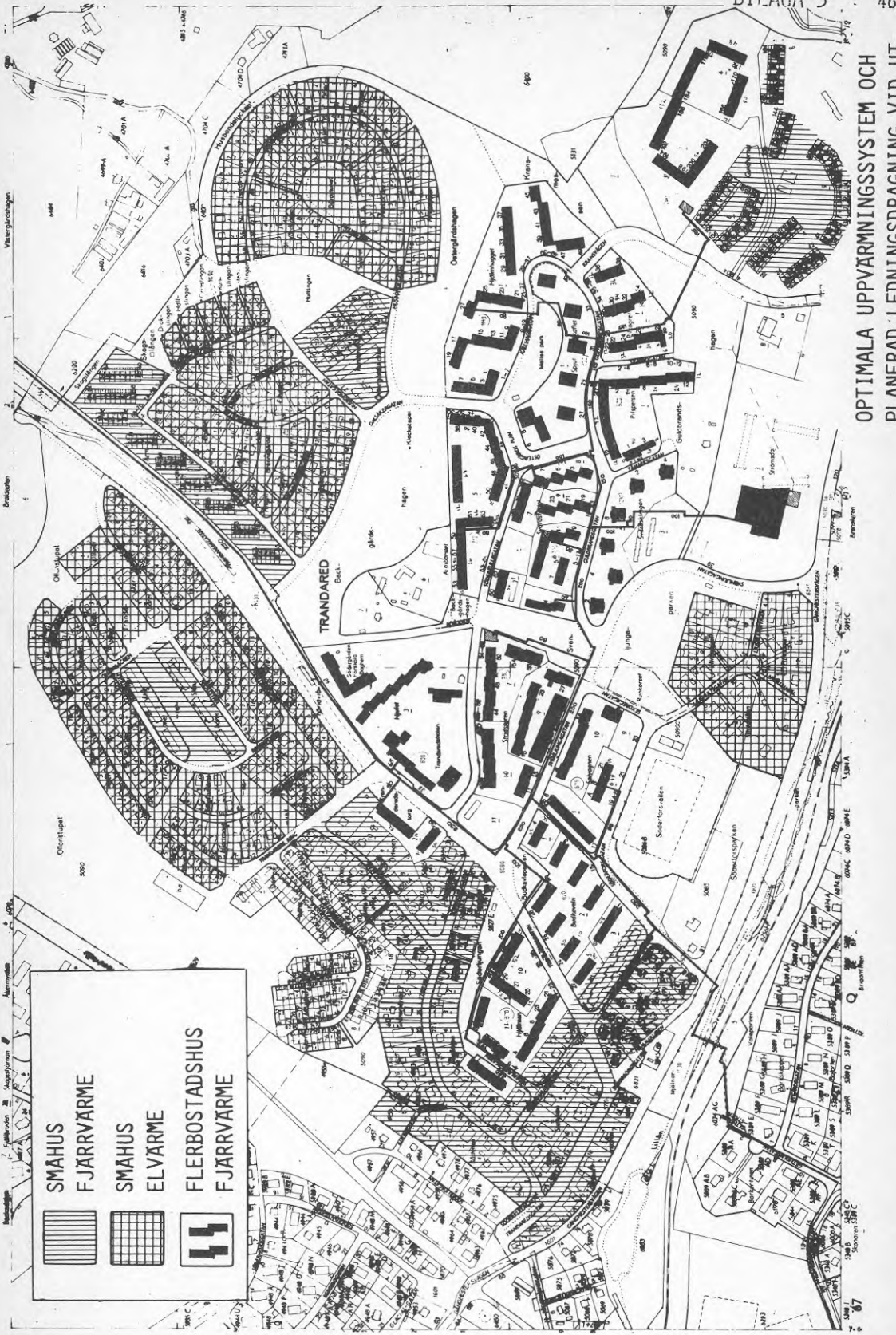
J= 1	.291
J= 2	7.352
J= 3	1.073
J= 4	1.423
J= 5	2.517
J= 6	.778

GBG15 FJV ALT 1 FAST EK KALKYL R=6.0%

DE TOTALA DRIFT- OCH INVESTERINGSKOSTNADERNA FÖR UPPVÄRMNING UNDER HELA
DEN STUDERADE TIDSPERIODEN FÖR VARJE GRUPP AV BEBYGGELSE (J).

	DRIFT- KOSTNAD STARTÅR	TOTALKOSTNAD (MKR) HELA PERIODEN		SUMMA	ÅRLIG GENOMSNITTLIG KOSTNAD (MKR) HELA PERIODEN
		DRIFT- KOSTNAD	INVESTÉRINGS- KOSTNAD MINUS RESTVÄRDE		
J= 1	.926	7.955	.864	8.818	.588
J= 2	4.760	28.574	17.067	45.641	3.043
J= 3	2.124	17.197	3.184	20.381	1.359
J= 4	3.434	30.535	4.221	34.756	2.317
J= 5	4.545	48.586	2.511	51.097	3.406
J= 6	1.920	17.207	2.309	19.516	1.301

OPTIMALA UPPVÄRNINGSSYSTEM OCH
PLANERAD LEDNINGSDRAGNING VID UT-
BYGGNAD AV FJÄRRVÄRME I TRANDARED

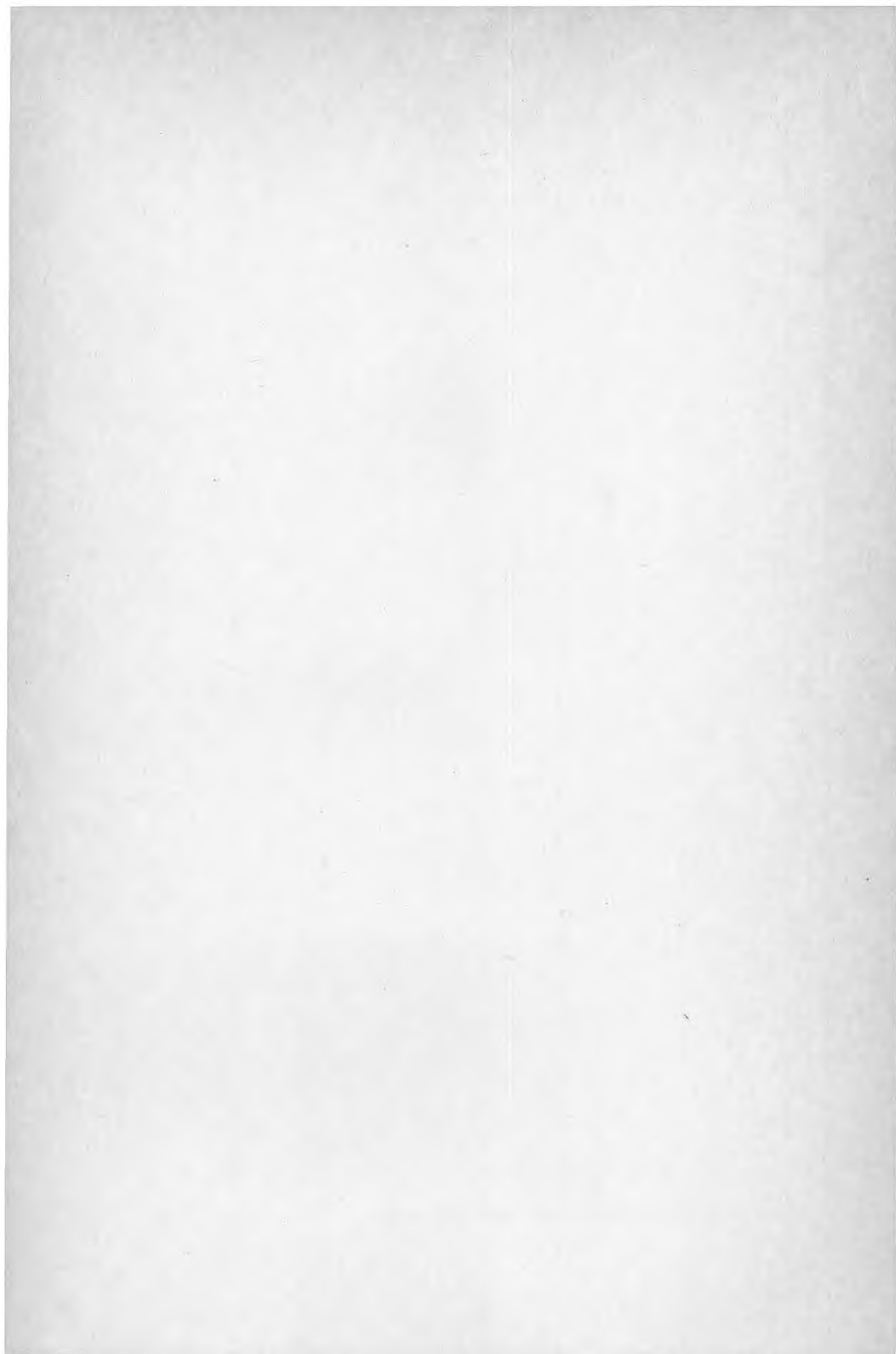


	SMAHUS FJÄRRVÄRME
	SMAHUS ELVÄRME
	FLERBOSTADSHUS FJÄRRVÄRME

REFERENSER

1. Bergman, Lars, 1976, An Energy Demand Model for the Swedish Residential Heating Sector. (Statens råd för byggnadsforskning.) Document D:4 1976. Stockholm.
2. Cronholm, Lars-Åke, Saros, Georg, 1982, Avvägningen mellan olika energihushållningsåtgärder för stadsdelen Trandared i Borås. (Studsvik Energiteknik AB.) Arbetsrapport EI-82/47.
3. Ingre, Per, Saros, Georg, 1982, En ekonomisk utvärdering av olika energihushållningsåtgärder för stadsdelen Högsbo i Göteborg. (Studsvik Energiteknik AB.) Report Studsvik/EI-82/189.
4. Ingre, Per, Saros, Georg, 1983, Optimal energisparnivå i befintlig bebyggelse. (Studsvik Energiteknik AB.) Report, Studsvik/EI-83/47.
5. Saros, Georg, 1977, Energibesparing i bostäder för perioden 1976-2000. Några räkneexempel med hjälp av energiprognosmodellen. (Statens råd för byggnadsforskning). T25:1977. Stockholm.
6. Saros, Georg, 1980, Energisparande i befintliga bostäder inom Nyköpings kommun. En samhällsekonomisk lönsamhetsstudie med hjälp av en optimeringsmodell. (Studsvik Energiteknik AB.) Report Studsvik/EP-80/13.
7. Saros, Georg, 1982, Den kommunala energihushållningsmodellen för bostäder tillämpad på data framtagna i STOSEB 80-utredningen. (Studsvik Energiteknik AB.) Arbetsrapport EI-82/79.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
801282-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till Studsvik Energiteknik AB, Nyköping.**

R91: 1984

ISBN 91-540-4180-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704091

**Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms