



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

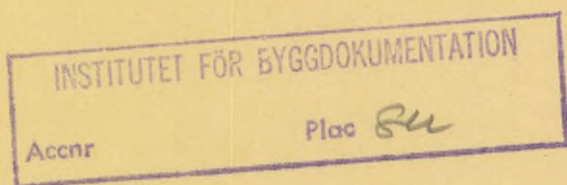
R87:1984

Aktiv effektstyrning i distribu- tionsnätet

Principbeskrivning och planering

**Ingmar Carlsson
Czeslaw Kiluk
P G Magnusson**

K
A/N



Byggeforskningsrådet

R87:1984

AKTIV EFFEKTSTYRNING I DISTRIBUTIONSNETET
Principbeskrivning och planering

Ingmar Carlsson
Czeslaw Kiluk
P G Magnusson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811235-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Scandia-
consult AB, Stockholm

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

R87:1984

ISBN 91-540-4172-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

AKTIV EFFEKTSTYRNING I DISTRIBUTIONSNÄT

Delprojekt 3.2 t.o.m 3.9 samt principbeskrivning och planering.

- Belastnings- och Nätmodeller
- Dataprogram och Datamodell
- Simulering och Analys
- Anläggnings- och Funktionsprinciper

Stockholm 1983 07 25

Ingmar Carlsson
Czeslaw Kiluk
P G Magnusson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811235-8 från Statens Råd för byggforskning till Scandiaconsult AB, Stockholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1.	INLEDNING 1
1.1	Bakgrund 1
1.2	Utredningens syfte 2
1.3	Tidigare utfört utredningsarbete 3
1.4	Valt system för aktig styrning av komplett energisystem 4
2.	BELASTNINGS- OCH NÄTMODELLER 9
2.1	Allmänt 9
2.2	Belastningar 10
2.3	Nät 11
3.	DATAPROGRAM OCH DATAMODELL 13
3.1	Bakgrund 13
3.2	Grundläggande begrepp 13
3.3	Definitioner av i det komplexa energisystemet förekommande laster 17
3.4	Metoder att beskriva händelsestyrda laster 18
3.5	Metoder att beskriva värmelaster 20
3.6	Övriga beräkningsprocedurer 23
3.7	Exekvering av simuleringsmodellen 24
4.	SIMULERING OCH ANALYS 29
4.1	Allmänt 29
4.2	Prioriteringsgrader 29
4.3	Driftfall 30
5.	ANLÄGGNINGS- OCH FUNKTIONSPRINCIPER 33
5.1	Kommunikationssystem 33
5.2	Förslag till tillämpat system 35
6.	DISKUSSION OCH KOMMENTARER 37
7.	FORTSATT UTVECKLINGSARBETE 42

BILAGOR

<u>Bilaga nr</u>	<u>Innehåll</u>
1	Förteckning över abonnenter och laster. Skiss över relation mellan verkligheten och modellen.
2.	Metod att beskriva händelsestyrda laster. Exempel; villa-spis.
3.	Metod att beskriva händelsestyrda laster. Exempel; kontorshus - fläktar.
3A.	Datarepresentation av händelsestyrda lasternas statistik.
4.	Förslag till prioriteringar vid olika driftfall.
5.	Beskrivning av abonnenter.
6.	Principskiss över praktiskt aktiv effektstyrningssystem enligt koncept presenterad i rapporten.
7.	Skiss till termisk värmebalans.
8.	Simuleringsmodellen.
9.	Presentation av simuleringsresultat.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Energiförsörjning är en alltmer resurskrävande del av kommunernas verksamhet. Tillgången av fossila bränslen är begränsad vilket i framtiden troligtvis även gäller tillgången av elenergi. Produktions- och distributionsanläggningarna förändras och utbygges till stora kostnader. Effektiv utnyttjning av anläggningar och användning av lämpligaste energislag är betydelsefullt ur kostnadssynpunkt och energipolitisk synvinkel.

I tillförselsystemen bestäms produktions- och distributionsresurserna av efterfrågan samt dimensioneringen så att tillräcklig effektreserv finns i de flesta driftfallen.

Effektbehovet varierar tidsmässigt kraftigt för belastningsobjekten. Variationernas storlek och tidsmässiga fördelning bestäms av belastningsobjektens egenskaper. Vissa variationer är årstids-, dygns- eller väderleksberoende medan andra är knutna till brukarbeteende och arbetstider. Då flera konsumenters effektbehov sammanlagras i ett avgränsat distributionsnät erhålls en viss resulterande utjämning av belastningsvariationerna.

För att begränsa maximeffektuttaget och abonnerad effektgräns har t ex vissa industrier lastkontrollutrustningar. Varje dylik abonnent bevakar alltså sitt eget effektuttag oberoende av övriga abonnenter i systemet. Energidistributörer påverkar vissa belastningskategorier genom tariffomkoppling samt in- och urkoppling enligt förprogrammerad tidsinställning. Något samordnat system förekommer inte för optimal energiutnyttjning och styrning av effektuttagen i ett distributionsområde.

Behov föreligger av centraliserad belastningsstyrning i samband med störningar i tillförseln. Vid uppstartning efter tillfälliga avbrott skulle det också vara till fördel att centralt styra inkoppling av belastningarna tills driften åter stabiliserats.

Många lokala distributionssystem har begränsad kapacitet. Genom bättre kontroll och styrning av belastningarna skulle ytterligare anslutningar kunna göras utan nätförstärkningar. Detta är speciellt angeläget för att möjliggöra snabb övergång till annat energislag t ex för att minska ett för stort oljeberoende eller vid en framtida kärnkraftavveckling.

På sikt kommer ökad användning av värmepumpar att förändra produktions- och belastningsmönstret. Troligtvis kommer alternativa energislag och förbättrade energilagringmöjligheter till användning vilket skulle väsentligt öka möjligheterna att aktivt styra nätbelastningarna.

Det ovanstående har lett till behov av effektiv och praktiskt genomförbar metod för centraliserad aktiv effektstyrning. Försök har påbörjats på flera ställen i Sverige och utomlands.

Så har t ex Stockholms Energiverk utfört försök med styrning av fjärrvärmeabonnenters uttag. Sydkraft planerar en anläggning för styrning av elförbrukning och skiftning mellan olika energislag för värme.

I USA har flera försök gjorts med skiftande framgång. Särskilt bör nämnas det utvecklingsarbete som Minnkota Power Cooperative utfört. Inom Minnkotas distrikt har man bl a intensivt utnyttjat möjligheten att optimera energiförsörjningen genom att växla mellan el och olja eller fasta bränslen för uppvärmning.

1.2 Utredningens syfte

Mot denna bakgrund syftar föreliggande projekt till att utveckla principerna för en centraliserad effektövervaknings- och styrmetod enligt vilken energileverantören centralt skall kunna styra belastningar även efter abonnenternas mätare i distributionsnät för el, fjärrvärme eller gas.

Med en dylik metod, benämnd "Aktiv Effektstyrning i Distributionsnät" skall man kunna

- begränsa det totala effektuttaget genom att koppla bort vissa belastningar tidvis

- växla energislag t ex skifta mellan el, värmepumpar, fjärrvärme och oljeeldning eller andra bränslen med hänsyn till optimal utnyttjning och totalekonomi
- omfördela effektuttaget mellan dygnets timmar genom att t ex ackumulera värmeenergi under låglasttider.

1.3 Tidigare utfört utredningsarbete

Projektet Aktiv Effektstyrning i Distributionsnät påbörjades år 1977 av Scandiaconsult AB.

De två första delprojekten benämnda 2A och 2B avsåg inventering och utvärdering av styrvärda objekt hos abonnenter i ett stort och ett litet distributionsnät.

Med erfarenheter vunna under delprojektarbeten 2A och 2B utarbetades år 1979 en Programutredning för fortsatt utredning.

Första utredningsdelen 3.1 enligt Programutredningen benämnd Databehandling och Signalöverföringsystem utfördes under 1980-81 av Hans Jonsson och Staffan Stillesjö varvid utarbetades principerna för ett dataprogram för simulering av belastningen i ett avgränsat distributionsnät.

Här föreliggande delprojekt "3.2 till 3.9 samt principbeskrivning och planering" omfattar

- belastnings- och nätmodeller
- dataprogram och datamodell
- simulering och analys
- anläggnings- och funktionsprinciper

1.4 Valt system för aktiv styrning av komplett energisystem

All styrning syftar till att genom målmedvetna påverkningar av någon storhet eller funktion i ett system åstadkomma förutsedda ändringar av vissa andra storheter eller funktioner i systemet.

Påverkningens karaktär (storlek och varaktighet) bestämmer omfattningen av systemets reaktion. Samverkan mellan påverkan och svar resulterar i att systemet efter ett antal svängningar antar ett tillstånd som ligger inom gränser för det åsyftade "börvärdet".

Som framgår av ovanstående sammanfattning pågår en kontinuerlig signalöverföring mellan systemet och styrande enhet och vice versa.

Kommunikation mellan styrande enhet och systemet är grundläggande villkor för styrning.

Kommunikation från systemet till styrande enhet behövs också, dock inte med absolut nödvändighet för att kunna påverka systemet.

Kompleta energisystem består av tusentals abonnenter och mångfald fler enskilda laster.

Det är de enskilda lasterna hos slutabonnenten som styrenheten har behov av att påverka och övervaka.

Dagens möjligheter att överföra information i detta sammanhang är begränsade till låga hastigheter, ca 30 till 50 baud vilket översatt till vanligt språk betyder en överföring av 3 respektive 5 alfabettecken per sekund.

Däremot är möjligheten att behandla information mycket stor genom den snabba utveckling av datorer som skett under senare år.

Vårt koncept till styrsystemet beaktar ovan beskrivna svårigheter och tar tillvara befintliga möjligheter.

Styrsystemet är uppbyggt kring tre element.

1. Parallell, enkelriktad informations (signal) överföring från styrenhet till abonnenter (laster).
2. Övervakning av energisystemet via effektindikatorer.
3. Dynamisk uppföljning av energisystemets momentana tillstånd via "observation" med en datamodell av det verkliga energisystemet.

Dessa tre element tillsammans utgör ett komplett styrsystem med möjligheter att göra olika slags optimeringar och utan risk för instabilitet eller "blint" urval av åtgärder.

Element 1

Med parallell, enkelriktad kommunikation mellan styrenhet och slutabbonenter menas, att varje signal utsänd från centralen når till alla abonnenter samtidigt (parallellt). Signalerna skickas i grupper. En grupp av signaler utgör ett meddelande.

Meddelandet börjar med starttecken, sedan följer ett antal siffror, vilka utgör adressinformation. Därefter följer information som innehåller kommando och sluttecken. Meddelandet når fram till alla abonnenter, men bara de vilkas individuella adressnummer "passar" med adresskombinationen i meddelandet genomför mottaget kommando.

På detta sätt kan man skicka dispositioner till enskilda abonnenter eller utvalda abonnentgrupper.

Fysisk överföring av signalerna kan ske via det medium som finns tillgängligt beroende på när och var systemet skall byggas upp. Televerkets personsöknings-system MBS skulle t ex kunna utnyttjas.

Elnät eller telefonät kan också utnyttjas för signalöverföring.

Framtiden kommer troligtvis att erbjuda nya kommunikationsmedier. Satelliter kan t ex vara en ny möjlighet.

Element 2

Det resulterande, totala effektuttaget kontrolleras med hjälp av vanliga effektindikationer. De placeras ute i fältet på sådant sätt att man får en bild av hur geografiskt utvalda abonnentgrupper belastar energisystemet. Kommunikation mellan styrcentralen och indikatorerna sker via fast dubbelriktat förbindelse.

Element 3

Den obefintliga kommunikationen (signalöverföringen) i styrsystemet från abonnenter till styrcentralen ersätts av energisystemets datamodell.

Datamodellen innehåller representation av varje abonnent och abonnentens laster. Representationen utgörs av information om abonnentens byggnadsdata, värmeanläggning, reglering av värme och varje lasts effektbelopp samt beteendemönster.

Simuleringen (körning av modellen) pågår i realtid, dvs i samma tempo som det verkliga energisystemet.

Dispositioner (kommandon om åtgärder) från styrcentralen till abonnenter överförs samtidigt till simuleringsmodellen, likaså informationer om den aktuella utetemperaturen, solstrålningen etc.

Statistiskt sätt uppför sig och reagerar simuleringsmodellen på kommandon på samma sätt som det verkliga energisystemet. Modellen rapporterar kontinuerligt de enskilda lasternas tillstånd till styrcentralen. Styrenheten använder denna information för att välja optimala åtgärder, införa begränsningar eller att upphäva dessa.

Simuleringsmodellen verifierar sin funktion genom jämförelse mellan egna effektindikatorer (beräkningsmässiga) och de effektindikatorer som utgörs av mätinstrument utplacerade i det verkliga energisystemet.

De verkligt uppmätta effekternas avvikelse från simuleringsmodellens förutsägelser kan användas också som information om att energi konsumeras på statistiskt onormalt sätt, t ex skada i nätet.

Ovan beskriven samverkan mellan modellen och verkligheten utgör garanti att systemet inte går att överstyra, dvs att det t ex inte blockerar flera laster än nödvändigt. Systemet följer angivna driftvillkor med minsta möjliga avvikelse.

Simuleringsmodellen behandlar egen och utifrån kommande information (t ex temperatur, uppmätta effektbelopp) och kan på detta sätt anpassa sig till förändringar som pågår i verkligheten (årstidsväxlingar, utbyggnad av energisystemet etc).

Den prognos om kommande effektuttag som ställs enligt någon sorts regression av uppmätta effektbelopp ersätts i simuleringsmodellen av prognoser som ställs genom att köra modellen i "förväg".

Korttidsprognosen som baseras på regressionsprincipen är konsekvensen av den tidigare tendensen i utvecklingen av effektuttaget.

Modellens långtidsprognos bygger på detaljerad avbildning av kommande tillstånd i energisystemet, som statistiskt sätt är lika signifikant som det aktuella tillståndet.

Detta förfarande är särskilt värdefullt vid prognoser för längre tid framöver. Simuleringsmodellen utgörs fysiskt av ett dataprogram.

På grund av att styrenheten i styrsystemet också är ett dataprogram, kan de båda programmen köras på samma datamaskin. Sådan lösning förbilligar konstruktionen och underlättar kommunikation mellan verkligheten och modellen.

Under utredningen gjordes tester vilka bekräftar att det finns portabla datamaskiner vilka klarar av uppgiften både vad gäller kapacitet (mycket stora datamängder) och exekveringshasitghet (mycket omfattande beräkningar).

Beträffande abonnentens valfrihet i användning av sina energikonsumerande apparater, föreslås en utbyggnad av terminalen hos abonnenten. Terminalen skall innehålla en förbigångsomkopplare. Abonnenten själv, manuellt, skall kunna koppla bort styrsystemets relädel och på det sättet få fritt tillgång till effektresurser. Detta skulle samtidigt innebära att en annan tariff (energipris) börjar gälla till abonnenten återlämnar kontrollen till styrsystemet. Det högre energipriset skulle täcka högre produktionskostnader och stimulera till aktivt deltagande i hushållningen med effektresurserna.

2. BELASTNINGS- OCH NÄTMODELLER

2.1 Allmänt

I praktiken stöter man på stora problem vid valet av vilka objekt som skall styras, särskilt på elnätet. Det finns ett antal större objekt, t ex hos industrier, som lätt kan bedömas som värda att styra. En mycket stor del av belastningen på ett elnät utgörs dock av mindre laster, t ex villornas elvärme. Varje last är liten, men lasternas antal är stort.

En anläggning, som skall fjärrstyra alla dessa laster, blir med nödvändighet omfattande. Det måste, för varje abonnent eller i vissa fall abonnentgrupp, finnas en terminal till ett centralt styrsystem. Det stora antalet sådana gör, att man måste finna billiga lösningar.

För att kunna bedöma resultatet av styrningen har nu konstruerats en matematisk/statistisk modell av ett nät med ett stort antal laster, som varierar slumpmässigt dock inom ramen för sin normala dygnsrytm, vilket fastställts med hjälp av mätningar eller känd statistik.

Avsikten med modellen är att

prova olika förutsättningar för driften som t ex simulering av drift med ett tak för effektuttaget, varvid systemet kopplar bort laster i prioritetsordning för att begränsa totaleffekten till den tillåtna.

Resultatet av simuleringarna blir dygnskurvor för totala effektuttaget och för de olika energislagen.

Vi kan även erhålla dygnskurvor för olika dellaster t ex summan av effektuttaget för samtliga ventilationsanläggningar. Detta ger en unik möjlighet att uppskatta olika lasters betydelse för totala effektuttaget.

Eftersom modellen ger denna möjlighet, har vi även studerat blockering av laster, som ur kostnadssynpunkt är tveksamma objekt för central styrning, t ex tvättstugor i bostäder.

Modellen är händelsestyrd men kan kompletteras med realtidsuppföljning, dvs i ett praktikfall kan den anslutas till ett styrsystem och arbeta parallellt med det verkliga nätet.

Modellen kan då ge den kompletterande information, som saknas på grund av att kommunikationen styranläggning - abonnent är enkelriktad. Det är också möjligt att köra modellen snabbare än i realtid för att ställa prognoser.

2.2 Belastningar

Till grund för modellen ligger statistik över enskilda belastningars variationer under ett normaldygn (se bilaga nr 2 och 3).

Effekten på nätet utgör summan av abonnenternas effekt, som i sin tur utgör summan av de momentana effekterna hos ett antal belastningsobjekt (värme, varmvatten, belysning, maskiner etc).

Ett hittills vanligt sätt, att angripa problemet att avbilda belastningen på ett nät, är att utgå från en medeleffekt och anta, att lasterna alltid har detta belopp, när de är tillkopplade. Lasterna sammanlagras sedan statistiskt dvs man låter dem slumpmässigt kopplas till och från. På detta sätt får man en totaleffekt.

För att bygga upp vår modell har vi istället valt följande princip.

Effekten för en viss last är ej en konstant medeleffekt utan en variabel, som har en empirisk fördelning. Detta redovisas enligt bilaga nr 2 och 3.

För att bättre avbilda verkligheten kan en och samma last delas upp i effektsteg, som vart och ett behandlas som en statistisk variabel enligt ovan. (Se bilaga nr 2)

En belastning inkopplas slumpmässigt, fördelat kring en viss tidpunkt. En sådan last kan vara t ex ventilationen i ett kontorshus, som startas och stoppas

vid arbetstidens början och slut. Som ett annat mycket typiskt exempel kan nämnas spisar i hushåll som har en inkopplingsperiod på morgonen, en kring lunchtid och en på eftermiddagen/kvällen. (Se bilaga nr 2)

Belastningarnas inkopplingstid varierar, empiriskt fördelat kring en medeltid. (Se bilaga nr 2)

Den effekt, som tas i anspråk för uppvärmning följer andra regler. Här är dygnsrytmen bestämd av temperatur- och vindvariationer samt solinstrålning.

I modellen varierar uttemperaturen efter den för årstiden och orten fastställda sinuskurvan.

K-värdet behandlas som en statistisk variabel baserad på de olika huskonstruktioner, som förekommer. En procentuell fördelning av husen på grupper med olika isolering och förhållande fönsteryta/väggyta har antagits.

Värmetröghet som varierar beroende på om husen har tung eller lätt konstruktion, framräknas av byggnadens konstruktionsdatasom presenteras i statistisk form, dvs medelvärde och standardavvikelse. Den så kallade passiva ackumuleringen av värmeenergi är resultat av denna.

En annan variabel, som modellen tar hänsyn till, är typ av reglering som t ex manuell eller styrning med rumstermostat och yttertemperaturtermostat.

Modellen tillåter även studium av aktiv värmeackumulering, t ex värme lagrad i isolerade vattentankar som tas i anspråk under t ex höglast på nätet.

2.3 Nät

Utöver nätet för el och fjärrvärme kan, i modellens mening, även försörjning med olja och fasta bränslen betraktas som distributionsnät.

Modellen innehåller kopplingar mellan de olika näten. I byggnader finns det t ex en koppling mellan el för andra ändamål än uppvärmning och det nät, t ex fjärrvärmenätet, som försörjer värmeanläggningarna genom att en viss del av den tillförda elenergin övergår i värme. Effektuttaget på fjärrvärmenätet sjunker, om elförbrukningen ökar.

Det finns möjlighet att aktivt variera fördelningen av effektuttaget för uppvärmning mellan olika energikällor, dvs koppla om mellan elpanna och oljepanna för en viss del av abonnenterna, som kan tänkas ha dubbla utrustningar.

Värmepumpar uppträder också som en koppling mellan näten. De har olika karakteristik, om de är utförda som luftvärmepumpar eller mark- respektive sjövärmepumpar. Detta kan åstadliggöras i modellen.

3. DATAPROGRAM OCH DATAMODELL

3.1 Bakgrund

Här nedan beskrivs modellens uppbyggnad, konstruktion, funktion och tillämpningar.

Behovet av modellen uppkom när styrsystemets koncept skapades.

För att avhjälpa brister i kommunikationsutrustningen kom man på idén att ersätta abonnenternas kommunikation till styrcentralen med kommunikation från simuleringsmodellen till styrcentralen. Dagens datamaskiner gjorde sådan tanke realistisk.

Villkor för att kunna använda modellen i praktiken var att den måste kunna exekveras på en portabel datamaskin. Datorns geometriska storlek och anskaffningskostnad måste vara relativt liten för att kunna användas på regional nivå i energisystem. Valet blev en minidator baserad på Motorolas mikroprocessor MC 68000.

3.2 Grundläggande begrepp

Det verkliga energisystemet består av fysiska (materiella) och abstrakta (icke materiella) element.

Abstrakta delen av systemet utgörs av relationer, funktioner etc som genom sin närvaro påverkar profilen av energikonsumtion. Sådant som energipriser, prognoser, strategiskt val och optimering är avgörande för utnyttjningsgraden av energisystemets materiella element.

Datateknik skapar nya möjligheter till förbättringar i den abstrakta delen. Datorns beräkningskapacitet möjliggör att använda nya, sofistikerade informationer som grund för optimering. Tillgängliga energiresurser kan vägas samman och användas på lämpligaste sätt.

Fysiska delen av systemet är energiproduktionsapparater, alla slags distributionskanaler och konsumtionsapparater. Denna utredning ägnas i stort sätt åt konsumtionsapparater då det är här som det huvudsakligen brister i kontroll av energisystemets funktion.

Produktionsdelen anpassar sin kapacitet till den aktuella efterfrågan. Detta leder till att produktion och distribution dimensioneras efter maximala värden i efterfrågan. Större del av tiden utnyttjas utrustningen endast delvis förorsakande både stora kostnadsposter i bundet kapital som nyttjande av dyra energikällor. På produktionssidan görs vissa arrangemang för att avhjälpa problemen. Som exempel kan nämnas pumpkraftverket Juktan där nattetid vatten pumpas till en högre belägen sjö för att kunna producera mer el dagtid.

Målsättningen i detta utvecklingsprojekt är att respektera energiproduktionens villkor och bibehålla största möjliga energiförbrukning men uttagen under längre tid.

I vårt sätt att formulera modellen, utgör abonnenten ett viktigt grundelement. Varje abonnent i det verkliga systemet har egen datarepresentation i modellen. "Datarepresentationen" av abonnenten innehåller all information som är väsentlig ur energiförbrukningssynpunkt.

Abbonentgrupper har egna benämningar i programmet. Olika medlemmar i respektive grupp har sina ordningsnummer. På detta sätt kan man särskilja varje abonnent. I praktiken ger det möjlighet att observera funktioner hos laster och värmebalanstillstånd hos abonnenter. En sådan insyn är värdefull vid modellens verifiering men även vid studier av vilka konsekvenser olika enskilda styråtgärder innebär.

I abonnentens datapaket (representation av abonnenten i programmet) finns variabler som återspeglar vilket energislag abonnenten använder för sin värmeenergiförsörjning, vilken typ av temperaturregulator hans värmeanläggning har och vilken storlek en aktiv värmeackumulator har. Dessa variablers värden ansätts vid inledning till simulering och kan sedan i studiesyfte ändras under pågående exekvering.

Variablerna omfattar följande alternativ:

Energislag: El, olja, fjärrvärme, luftvärmepump, jordvärmepump.

Temperaturregulator: Autom. innetemperatur, utetemperatur eller manuellt.

Värmeackumulatör: Ett tal som uttrycker ackumulatorns värmelagringsförmåga i $J/^\circ C$. Nollvärde betyder att abonnenten saknar ackumulatör. Ackumulatorns aktuella temperatur registreras.

Värden hos de ovan beskrivna variablerna användes under exekvering för att kunna omräkna nettovärmeeffektbehov till bruttoeffekt med hänsyn till olika verkningsgrader (eller värmefaktor) som värmeanläggningen har och sedan inregistrera uttagen effekt i respektive energislags "konto".

Information om temperaturregulator behövs vid värmebalansberäkningar för att individuellt bestämma för varje abonnent temperaturnivåer och dödsonsområden för regulator. Uppgift om regulatortyp och energislag bestämmer hur värmeanläggningens disponibla effekt utnyttjas. Till exempel elförsörd anläggning tillför sin effekt i några steg enligt ON-OFF-principen.

Förekomsten av värmeackumulatör medför att framräknat effektbehov i första hand täcks från ackumulatören och i andra hand kompletteras från primär energikälla. Under tillåtna perioder av dygnet sker uppladdning av ackumulatören om dess temperatur är under en viss nivå. Härvid kan olika principer provas. Stort antal ackumulatörer inom ett område kan utgöra stor belastning för nätet. Tester med modellen kan vara till hjälp att utvärdera risker och att planera kontrollerad uppladdning av ackumulatörer. Styrsystemets möjlighet att adressera dispositioner till enskilda eller grupper av abonnenter borde vara till hjälp för att lösa problemet.

Akkumulatör kan även enbart utnyttjas för energiförsörjning vid förutsedda perioder med "toppbelastning" i systemet. På det sättet kan man minska erforderlig ackumulatörstorlek medförande mindre utrymmesbehov och lägre investering som konsekvens. Simuleringar med modellen kan ge underlag för dimensionering av värmeackumulatörer i en konkret energiregion.

En viktig information om abonnenter finns i en post om lasterna. Alla laster specifika för abonnentgruppen specificeras. Lastens aktuella effektbelopp registreras. Nolleffektvärde uppkommer när lasten är fränkopplad. Denna information kan utnyttjas under simuleringen för inventering av aktiva laster och dessas effektuttag under olika utvalda moment. Dessa uppgifter behövs för att verifiera modellens funktion och för att användas vid strategisk optimering av åtgärder.

En viktig post i "abonntdatapaket" utgörs av värmebalansvariabler och konstanter med vilka värden abonntdatarepresentationen uppbygges. Med dessa indata framställs detaljerad information om varje abonnent. Den omfattar alla värmetekniska uppgifter, byggmaterial, densitet, tjocklek, värmeledningsförmåga, golv-, vägg- och fönsterytor etc.

Dessa uppgifter omräknas sedan till värmegenomgångstal, värmeackumuleringskoefficient för byggnadsstomme, värmeflöden med ventilation och genom ytterväggar till det fria etc. En del av konstanterna har enbart beräkningsmässig innebörd (ej en fysisk mening).

Variablerna i "abonntens data" innehåller värden för innelufttemperatur, väggtemperatur på insidan, temperatur hos det värmeackumulerande skiktet i byggnadsstommen, värmeanläggningens maximala effekt, effekttillskott via solinstrålning och från elutrustning, nettoeffektbehov för uppvärmningsändamål.

Enhetsvärmeflöden ($J/grad\ K$) för abonnenten är också representerade av variablerna. Ovan beskriven uppsättning av information utnyttjas och uppdateras vid periodvis beräkning av värmebalans. Abonnentens beteende i det komplexa energisystemet avgörs av informationen om byggnaden med värmeanläggning och information om de enskilda lasternas funktioner.

3.3 Definitioner av i det komplexa energisystemet förekommande laster

Föremålet för styrsystemets agerande är de enskilda lasterna. För att målmedvetet välja åtgärder är det nödvändigt att själva lasterna och dess funktionsmönster utgör byggstenar i modellen. Storheter av typ medeleffekt för abonnenten är inte lämpliga.

Lasterna kan generellt uppdelas i följande grupper.

1. Händelsestyrda ellaster

Lastens beteende kan beskrivas med tid och effektfaktor. Man kan urskilja två tillstånd - lasten är antingen inkopplad eller fränkopplad. Tillståndsändringar betraktar vi som händelser. Tillståndsändring från bortkopplad till inkopplad betecknas som händelse PÅ (ON) och den motsatta ändringen, händelse AV (OFF). Aktiv effektstyrning kan verkställas här genom tidsförflyttningar av energikonsumtion eller begränsningar i effektuttag.

På sikt bör användarnas brukarvanor komma att anpassas till styrsystemets åtgärder - behovet av styrsystemets ingripanden kommer att bli mindre.

2. Värmetransmissionsstyrda laster

Till denna kategori hör anläggningar vars uppgift är att täcka byggnaders värmebehov.

Deras funktion är styrd av utetemperatur och påverkas av reglerutrustning, värmeackumuleringsmöjligheter, värmestillskott från ellaster etc. Dessa laster kan förbruka olika energislag. Utrymme för aktiv effektstyrning är stor genom möjligheter till skiftning mellan olika energislag och tidsförflyttningar av energikonsumtion.

3. Industriella, processtyrda laster

Utmärkande för dessa laster är att effektuttaget påverkas av processen. Några generaliseringar är svåra att göra utan detaljerad kunskap

om specifika processer. Möjligheter att styra sådana laster bör utarbetas i samarbete med branschfolk.

I denna grupp ingår laster som förbrukar olika energiformer.

Möjligheten att skifta mellan olika energislag i delprocesser samt transfereringar av energi och tidsmässigt planera förbrukning av energi skapar stora manöverutrymmen för aktiv effektstyrning.

Lasterna beskrivs i fortsättningen i abstrakta termer. Bara de i effektstyrningssammanhang väsentliga storheterna skall användas. Övriga lasters egenskaper som exempelvis vikt, geometriskt mått eller lokalisering tas inte med i datamodellen. Här bör dock påpekas att i vissa situationer dylika storheter utgör grunden för lasternas energikonsumtionsprofil. Som exempel kan nämnas uppgifter om byggnadens konstruktion, byggmaterialets densitet, värmeledningstal, fönsteryta och värmegenomgångstal. Dessa värden är nödvändiga för beräkning av värmetransmissionsförluster, inverkan av passiv värmeackumulering och därefter momentant värmeeffektbehov för byggnaden.

3.4 Metoder att beskriva händelsestyrda laster

Ellasterna hos sådana abonnenter som hyreshus, villor etc är händelsestyrda, dvs det är svårt att hitta någon bestämd formel för beskrivning av inkoppling och fränkoppling av laster till nätet.

Vid användning av större antal laster av samma typ kan statistiska metoder användas. Fördelning av påslagningstidpunkt, inkopplingsperiodens längd samt inkopplade effektens storlek för olika lastgrupper har inventerats och studerats. En del externt material har även utnyttjats.

Det visade sig att utfallen inte är normalt fördelade. Då bestämdes att de verkligt uppmätta fördelningarna skulle användas i stället för någon standardiserad fördelning. Hur inventeringsfakta omarbetas till fördelningskurvor och sedan till indatainformation beskrivs med hjälp av några exempel i bilaga nr 2 och 3.

Indata förberett på detta sätt, skrivs in i indatafilen. Indatafilen innehåller en del ledande text för att underlätta hantering av chifferinformation t ex ändring eller utökning av antal laster.

Chifferinformationen är upplagd i två kolumner. Den första kolumnen innehåller procenttal, och den andra kolumnen motsvarande ackumulerade värden av påslagningstidpunkt, inkopplingsperiod eller effektbelopp. Påslagningstidpunkt uttrycks i tidsintervall mellan bastid och inkopplingsmoment, så att den verkliga inkopplingstidpunkten fås genom summering av bastid och värde från högra kolumnen. Tiderna i sin helhet uttrycks i minuter. Effektbelopp uttrycks i procent.

Den verkliga inkopplade effekten fås genom att multiplicera lasternas "nominella effekt" med procenttalet i den högra kolumnen. Om lasten inkopplas vid flera tillfällen under dygnet anges ny "bastid" i filen.

I den takt som lasterna inkopplas och fränkopplas under simuleringen inhämtas ny fakta via slumpalsgenerator från ovan beskrivna indata. För att exekveringen skall kunna gå snabbt innehåller modellen egen representation av indata från indatafilen. Tack vare det behöver man bara en gång före simuleringen läsa av filen. Modellens representation av denna statistik är uppbyggd på så sätt att det är indatafilens innehåll som är styrande och avgörande för datastrukturen, dvs t ex antal referenspunkter i beskrivning av kumulativ frekvenskurva kan godtyckligt variera. Det ger frihet för framtida förbättringar i det statistiska underlaget.

Datarepresentation av statistisk information i modellen presenteras i bilaga nr 3A.

Lasternas beteckningar är gemensamma i modellens alla etapper. Samma namn används i indatafilen, modellens datarepresentation av statistik och vid modellens hantering av lasterna. Dessa namn används också vid presentation av lasternas effektuttag i resultatutskriften. Sammanställning av i simuleringsmodellen representerade abonnent- och lastgrupper samt lasternas beteckningar finns redovisad i bilaga nr 1.

3.5 Metoder att beskriva värmelaster

Grunden för värmeeffektuttag för täckning av transmissionsförluster och uppvärmning av ventilationsluften utgörs av den byggnadstekniska informationen om byggnaden och värmeanläggningen med dess temperaturregulator. Detta finns beskrivet under punkt 3.2.

Beskrivning av värmelastens funktion under simuleringen baseras inte på statistiskt förlopp utan på det resulterande, framräknade effektbehovet, som konsekvens av utetemperaturen, interna värmetillskott och byggnadstekniska förutsättningar. Sådan beräkning utförs för varje enskild abonnent efter beräkningsperiodens utgång. Beräkningsperiodens längd är beroende av byggnads- och värmeanläggningens karakteristiska konstanter. För att undvika instabilitet i beräkningarna sattes periodens längd till ett värde mindre än 30 minuter.

Vid val av metod för värmebalansformulering, var det viktigt att hitta en snabb beräkningsalgoritm med tanke på det stora antalet beräkningar under simuleringen. Formeln borde återspegla byggnadens termiska dynamik dvs dess termiska tröghet. Det var viktigt med tanke på att huvudmålen med simuleringen var frågan vilka potentiella resurser som finns i den passiva ackumuleringen av värme i byggnadsstommen. Dessutom var det viktigt att beräkningen skulle återge det verkliga förloppet t ex vid framtida användning av modellen som ett av de tre elementen i ett verkligt aktivt effektstyrningssystem.

Den av oss tillämpade formuleringen av värmebalansen för en byggnad baseras på en metod utarbetad vid Danmarks Ingeniörakademi av dr. teckn. Poul Becher och civilingenjör Bo Anderssen.

Värmebalansen är uppbyggd kring byggnadsstommens ytemperatur på insidan. All värmetransport och energitransferering (t ex omsättning av belysningens strålningsenergi till värme) sker via stommes inre ytor. Skiss över i värmebalansen delaktiga effekter visas i bilaga nr 7.

Värmefflöde (effekt) till det fria

Enligt skissen är värmeutbytet mellan inre ytan och uteförhållandet.

$B_u = K_u \times A; (W/K)$ K_u - värmegenomgångstalet gemensamt för alla byggnadens ytor. Inre värmeövergångstalet medtages.
 A - yttre väggars samlade yta. Värmeförluster genom fönster är här av stor betydelse.

Värmefflöde (effekt) till det fiktiva värmeackumulerande skiktet

$B_a = K_a \times A; (W/K)$ K_a - värmegenomgångstalet mellan inre ytan och värmeackumulerande skikt, utan inre och yttre värmeövergångstalet.

Värmefflöde (effekt) mellan inre yta och inneluften

$B_o = \gamma \times A, (W/K)$ γ - värmeövergångstalet för vertikala och horisontella ytor.

Värmefflöde till ventilationsluften

$B_l = 0,35 V; (W/K)$ V - ventilationsluftflöde i m³/h

B_P och B_t betecknar pannans respektive ackumulatoruppladdnings nominella effekt.

Temperaturbeteckningar

T_u - utetemperatur
 T_i - innelufttemperatur
 T_l - ventilationsluftens temperatur
 T_o - inre ytans temperatur
 T_a - temperatur i det fiktiva värmeackumulerande skiktet

Byggnadsstommens värmelagringsförmåga uttrycks med formeln:

$$S = C \times D \times A \times L; (J/K)$$

C	-	specifika värmnet
D	-	densitet
A	-	area
L	-	skiktjocklek

Formeln för beräkning av temperaturer är följande:

Värmeackumulerande skikt:

$$T_{an} = a_1 \times T_a(n-1) + (1 - a_1) \times T_o(n-1);$$

Inre ytans temperatur:

$$T_{on} = b_1 \times T_{an} + b_3 \times T_{un} + b_4 \times T_{In} + b_5 \times Q_k + b_6 \times (Q_s + Q_b);$$

Inneluftens temperatur:

$$T_{in} = c_1 \times T_{on} + c_2 \times T_{In} + c_3 \times Q_k;$$

n	-	indexet för aktuell period
(n-1)	-	indexet för föregående period

Konstanterna får sina värden enligt formler:

a_1	=	$1 - (B_a \times \text{ber.period}) / S;$
b_1	=	$(B_a \times (1 + B_l/B_o)) / ((B_a + B_u) \times (1 + B_l/B_o) + B_l);$
b_3	=	$b_1 \times B_u/B_a;$
b_4	=	$1 - b_1 - b_3;$
b_5	=	$b_4 / B_l;$
b_6	=	$b_1 / B_a;$
c_1	=	$1 / (1 + B_l/B_o);$
c_2	=	$1 - c_1;$
c_3	=	c_1 / B_o

Konstanterna får sina värden tilldelade vid uppbyggnad av "abonnentbeståndet" i början av simuleringen.

Framräknad innelufttemperatur jämförs med för varje abonnentkategori specifika nominella innetemperaturen. Beroende på avvikelens storlek och abonnentens temperaturregleringsutrustning (dödzon och reglerband) ökas eller minskas behovet av det effektbelopp som rådde i tidigare perioden. Det framräknade effektbehovet kan täckas från värmeackumulator eller från primär energikälla.

Inverkan av husets värmetröghet (passiv värmeackumulering) ger sig till känna under beräkning av temperaturer.

3.6 Övriga beräkningsprocedurer

I simuleringsmodellen används tre stycken slumpvalsgeneratorer. Två generatorer för rektangulärt fördelade slumpval och en generator för normalfördelade slumpval.

För framställning av slumpval (pseudoslumpval) tillämpas Power Residue Method. Denna metod är mest uppskattad bland datatillverkare och matematiker, därför att den ger mycket lång repetitionsperiod och genererade slumpval uppfyller väl statistiska tester.

Algoritmen enligt den metoden tillämpas på JBM datorer system 360 och 370. Bakgrunden till metoden och numeriska aspekter finns beskrivna i JBM publicatation "Randon Number Generation and Testing" - nr C20-8011.

För korttidsprognosen och kontroller av tendenser i effektuttagets utvecklingen tillämpas linjär regression enligt minsta kvadratmetoden. Prognosen bygger på utvecklingen under de tre sista perioderna (ca 15 minuter) och har i syfte att förutse effektbelopp i slutet av påbörjad kvart (15 minuter).

Prognoser som omfattar längre tidsintervall ställs enligt information från händelsekö. Genom att avläsa vilka laster som väntar på att bli inkopplade är det möjligt att bygga upp belastningsbilden i förväg.

3.7 Exekvering av simuleringsmodellen

Exekveringar av simuleringsmodellen (programkörningar) måste förberedas i förväg.

Det verkliga energisystemet skall särskiljas från angränsande objekt. Energitillförseln beskrivs vad avser levererade energislag och leverantörens resurser i fråga om disponibla effekter. Distributionsvägar till konsumenter måste inventeras. Det kan gälla elnät, fjärrvärmenät, gasdistributionsnät eller oljeleveranser. Nätets nominella och maximala kapacitet är här av intresse.

Det mest omfattande arbetet krävs dock för att inventera konsument (abonment) beståndet. Alla abonnentkategorier skall definieras, likaså de individuella lasterna. Vissa fysiska laster måste definieras och omskrivas som om det var fråga om några laster i stället för en enda last för att kunna hantera lastens beteende med hjälp av statistiska ON-OFF händelser. För varje lasttyp skall statistisk beskrivning av dess funktion (effektuttag under dygnet) upprättas. Som grund kan egna mätningar användas eller tillgängliga resultat från externa undersökningar om undersökningsunderlaget stämmer med den aktuella abonnentens karakteristik.

Byggnaders värmetekniska egenskaper skall inventeras och på lämpligt sätt införas i modellen. Här är det viktigt att göra avväganden om man skall använda någon statistisk fördelning för att överföra information från verkligheten till modellen eller om vid mindre antal abonnenter varje byggnad skall behandlas individuellt och få sin exakta kopia i modellen.

På motsvarande sätt behandlas också byggnaders värmeförsörjningsanläggningar.

Simuleringsmodellen (dataprogrammet) anpassas i inledningsdelen till den utarbetade formen för indatapresentation. Detta gäller huvudsakligen information om byggnader och värmeförsörjningsanläggningar.

Ett viktigt moment i förberedelserna är val av utförhållanden. Dagsmedeltemperatur och amplituden hämtas ur meteorologiska data för regionen. Här måste man också välja årstid och därefter beskriva solinstrålningen.

Förberedelserna kan avslutas med definiering av förutsättningar - driftfall. Det kommer att bestämma modellens åtgärder mot konsumenter under simuleringen.

Alla tester som man vill genomföra måste definieras. Det gäller mål, medel, strategi och resultatpresentation.

Modellen (programmet) anpassas till de fastställda förutsättningarna.

Efter förberedelserna kan indata skrivas in på indatafilen med hjälp av texteditor. Man skall lägga upp filestrukturen enligt regler beskrivna i bilaga 2.

Själva modellen (programmet) skall kontrolleras. Syntaxa fel fångas upp av kompilatorn. Logiska och funktionella delar måste kontrolleras genom testkörningar med kontrollindata och mot ett i förväg känt resultat.

I fortsättningen sker referens till respektive punkt i bilaga 8:1 med inom parentes angiven siffra.

Efter startkommando inleds simuleringen med att indatafiler öppnas och filer för lagring av resultat skapas.

Initialvärden för vissa variabler tilldelas. Det gäller t ex temperaturer i byggnader, starteffekt för värmeanläggningar, nollställning av tidsräknare, nollställning av effektregister, etc. Startvärden för slumptalsgeneratorer tilldelas.

Programmet fortsätter att i nästa steg bygga upp abonnentdata representation (4). För en bestämd energiregion reserveras ett antal datablock vilket motsvarar antal abonnenter - byggnader i det verkliga systemet. Storleken av byggnader bestäms genom att generera normalfördelade slumptal med statistiskt angivet

medelvärde och standardavvikelse för respektive storheter. Enligt denna metod tilldelas värden för golvyta, K-värde, Byggnadsmaterial, värmeanläggningens typ och temperaturregulator bestäms genom att generera rektangulärt fördelade slumpstal för den, enligt statistiskt, angivna procentuella fördelningen. Bilaga 5 visar exempel på statistisk beskrivning av några abonnentkategorier. På detta sätt skapade för varje abonnent byggnadstekniska informationer används att räkna fram storheter för byggnadens värmebalans.

I fortsättningen läser programmet in statistik från indatafilen om de händelsestyrda lasternas effektuttag (2). Statistiken innehåller information om tidpunkt för varje inkopplingstillfälle, periodlängd då lasten är inkopplad och effektbelopp som tas i anspråk vid respektive tillfälle. Statistikinnebörd och framställning har beskrivits tidigare. Se även bilaga nr 2 och 3. Indata placeras i datablock uppbyggda enligt bilaga 3A.

Som nästa exekveringsmoment kommer uppbyggnad av händelsekö (6). Händelsekö är nödvändigt för att samordna händelserna (inkopplings- resp fränkopplings-tillfällen) enligt ökande tidpunkt för aktivering av händelsen.

Genom ett sådant förfarande åstadkomms pseudoparallell exekvering som närmast motsvarar de verkliga aktiviteterna i energisystemet. Programmet skapar för varje enskild last hos varje enskild abonnent första händelsen för kommande dygn. Fysiskt i programmet är det ett datablock som innehåller information om lasttyp, abonnentkategori, abonnentordningsnummer, tid för första inkoppling, inkopplingsperiodens längd och effektbelopp.

Allt detta behövs för att programmet under senare exekvering skall kunna exakt identifiera vilken bestämd last informationen skall hänföras till och vilken aktivitet som skall utföras.

Tidpunkt för inkoppling utgör sorteringsstorhet för att placera händelsen på rätt plats i kön. Händelserna i kö är sammankopplade med varandra med pekare (adressvariabel) till föregående händelse och till nästa händelse. Genom dessa pekare sammanfogas händelserna i en ringstruktur.

Från början har alla händelser "ON"-status dvs första inkopplingstillfälle.

Programmet har möjligheter att peka ut enstaka händelser i ringen, separera de ur ringen och återigen placera dem i ringen enligt ny aktiveringstidpunkt, se bilaga 8.2.

Den egentliga simuleringen börjar när "exekveringspekare" separerar första händelsen ur körningen (7). Den aktuella tiden avläses från händelsens inkopplings-tid. Tidsintervallet sedan sista händelsen exekverades jämförs med cykliska perioder för värmebalansberäkningar, uppdatering av effektindikatorerna för energislag och lastkategorier samt prognos av effektuttagutvecklingen.

Vid behov dvs om perioden mellan den sista och den aktuella händelsen är större än någon av de cykliska perioderna, utförs procedur och upprepas så många gånger tills kontinuitetsvillkor för dessa procedurer uppfylls.

Här skall påpekas att värmrebalansen räknas separat för varje abonnent vid varje beräkningscykel.

Därefter kan den akutella händelsen verkställas.

Vid händelsen "ON" utförs kontroll av gällande prioritetsstatus för aktuell lasttyp. Det är grunden för beslut om lasten kan inkopplas i enlighet med den statistiskt förutsedda informationen eller om lasten är blockerad och därmed dess inkoppling blir fördröjd till senare tillfälle. Om händelsen kan verkställas då effektsummeratorerna ökar sitt värde med lastens effektbelopp och om lasten alstrar värme i byggnaden samt det finns temperaturregulator för innetemperaturen då ökas också värdet av effekttillskottet i värmebalansen. Sedan registreras händelsen också i abonnentens datablock. I och med det blev händelsen "ON" verkställd.

Händelsens beteckning ändras från "ON" till "OFF". Tidpunkt för första kontroll av lasten under inkopplingen fås genom att öka aktuell tid med konstant värde för kontrollperiod. Tidpunkten för avstängning av lasten får man genom att till aktuell tid addera värdet av inkopplingsperioden. På detta sätt uppdaterad händelse placeras åter i hänselsekön. Om händelsen inte verkställs kan kontrolleras hur många gånger händelsen blev fördröjd. Vid ett visst antal försök upphör händelsen och en ny händelse, som avser inkoppling av lasten vid senare statistiskt tillfälle skapas. Om antalet försök inte är större än maximalt tillåtet ökas inkopplingstiden med fördröjningsintervallet och placeras tillbaka i ringen.

Vid händelsen "OFF" kan två sorts aktiviteter förekomma, kontroll om lasten kan fortsätta att vara inkopplad eller verkställande av händelsen.

Vid verkställandet av händelsen "OFF" minskar effektsummatorerna sitt värde med händelsens effektbelopp liksom effekttillskottet till värmebalansen hos vissa abonnenter. För samma laster skapas ny händelse "ON" enligt statistik för nästkommande inkopplingstillfälle för denna lasttyp.

Ny händelse placeras i ringen. Vid kontroll av inkopplad last ökas tidpunkten för nästa kontroll om lastens prioritetstatus tillåter att lasten är inkopplad. Tidpunkten för kontroll kan inte bli större än avstängningstidpunkten. Om lasten är blockerad enligt prioritetsstatus avstängs lasten på samma sätt som vid ovan beskrivet verkställande av händelsen "OFF".

Det skall här påpekas att i hela tiden finns samma antal händelser i ringen. De får sina status fastställda under exekveringen dels genom statistik, dels genom logiskt samspel med övriga komponenter i modellen.

Simuleringen avbryts när tid för aktuell händelse blir större än angiven maximal simuleringstid.

4. SIMULERING OCH ANALYS

4.1 Allmänt

Som tidigare nämnts har avsikten varit att genom att koppla till och från abonnenternas laster åstadkomma en utjämning av effektuttaget under dygnets timmar samt med hänsyn till kostnaderna optimera driften genom att välja energislag.

Modellen mottar samma styrimpulser, som de verkliga lasterna i nätet skulle få.

Lasterna påverkas så, att de fortfarande kopplas till och från slumpmässigt, men inom ramen för de begränsningar, som styrsystemet sätter med hjälp av prioriteringsgrader och driftfall.

Som tidigare nämnts, kan lasternas status i modellen registreras, vilket ger möjlighet att studera hur de olika lasterna påverkas av driftfallen och prioriteringarna, liksom hur stor betydelse olika laster har för det totala effektuttaget.

4.2 Prioriteringsgrader

En skala med exempelvis prioriteringsgraderna 0 till 5 innebär att objekt med prioritet 0 ej får kopplas bort, att objekt med prioritet 5 kopplas bort först, därefter objekt med prioritet 4 osv till dess att belastningen på nätet motsvarar det tak styrsystemet satt. Inkoppling sker i omvänd ordning.

Prioriteringsgraderna för en och samma last varierar beroende på driftfallet. Ett enkelt exempel på tilldelning av prioriteringsgrader följer nedan.

Energislag: EI

Abonnent: Kontorshus med elvärme och elvärt varmvatten. I byggnaden finns kök för personalmatsal. Ventilationen kan reduceras. Köket kan arbeta med reducerad effekt.

Driftfall	0	1	2	3
	Prioriteringsgrader			
Värme 20°C	0	5	5	5
Värme 18°C	0	3	4	5
Värme 16°C	0	1	3	4
Varmvatten	0	3	4	4
Ventilation 1/1	0	5	5	5
Ventilation baslast	0	0	0	0
Kök 1/1	0	2	3	5
Kök 1/2	0	0	0	0

I bilaga 4 har aktuella prioriteringar redovisats. De skiljer sig något från ovanstående förenklade tabell som enbart är avsedd att illustrera förfaringsättet.

4.3 Driftfall

Nedanstående figur visar en vinterdygnskurva för eleffekten i en medelstor svensk stad.

Den tjocka streckade linjen är den verkliga, uppmätta kurvan. Den tjocka heldragna linjen visar en tänkbar verkan av ett tak för uttaget. Effekttuttaget minskar och en omfördelning sker. Troligen kommer man, i en verklig anläggning, att få en ökning av effektnivån jämfört med den opåverkade kurvan både före och efter skärningspunkten mellan den opåverkade kurvan och taket. I försök med modellen kommer en höjning att ske enbart efter skärningspunkten tills det statistiska underlaget tar hänsyn till abonnenternas ändrade vanor.

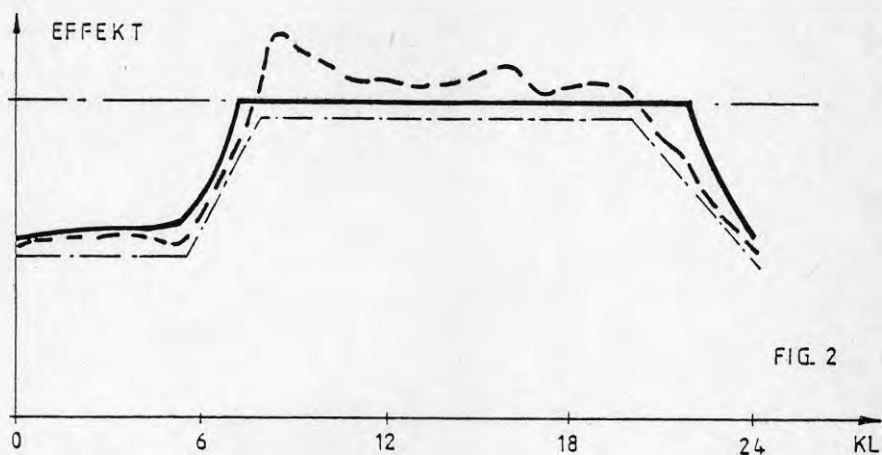


FIG. 2

- Tak vid driftfall 1.
- · - · - Ransonering till en nivå som hela tiden ligger under potentiellt behov.
- Resulterande effekt vid driftfall 0, dvs opåverkat effektuttag (potentiellt behov).
- Resulterande effekt vid driftfall 1.

Anm: Taket för effektuttaget vid normaldrift kan eventuellt variera under dygnet. En ransonering kan även genomföras med konstant tak.

Den resulterande effekten vid driftfall 1 kan förklaras med att ett visst fördröjt behov av t ex värme tillfredsställs när begränsningen tillåter detta. En viss ackumulering av värme kan förutses varvid en del energi uttages "i förskott". Detta verkar utjämnande på nätets belastning. I den mån det görs lönsamt att investera i ackumulerande system för värme, t ex varmvattentankar, kan denna tendens till utjämning av belastningen väntas förstärkas.

Driftfallen definieras enligt nedan:

- 0 Systemet lämnar nätet opåverkat. Effektuttaget beror endast på abonnenterans vanor. Simuleringen blir summeringen av lasterna med angivna sannolikheter för inkoppling, varaktighet och effektbelopp.

- 1 Systemet sätter en gräns för maximalt effektuttag. Gränsnivån fastställs utanför styrsystemet och kan ändras under dygnets respektive simuleringens gång. Detta driftfall innebär inte någon avsiktig begränsning av energiuttaget. Nivån på effekttaket kan fastställas med ledning av kortsiktiga marginalkostnader.

- 2 Detta driftfall har, liksom driftfall 1, ett konstant tak för effektuttaget men på en lägre nivå vilket kan kräva en annan prioritering av lasterna.

- 3 Ransonering.

Detta innebär en maximigräns för effektuttaget som i driftfall 1, dessutom en begränsning av effekten, t ex till en viss procent under den effekt som statistiskt sett annars skulle ha varit uttagen vid den aktuella tidpunkten. Procentsatsen fastställs utanför systemet och kan variera under dygnet.

- 4 Rekonstruktion

Man kan tänka sig ett speciellt driftfall som träder i kraft efter strömavbrott. Detta kan möjliggöra blockering av samtliga laster samt gradvis inkoppling av lasterna efter en förutbestämd plan upp till ett effektbelopp som motsvarar det normalt rådande driftfallet. Detta är en möjlighet, som uppkommer i och med att ett styrsystem för fjärrstyrning av flertalet laster installeras. Detta driftfall behandlas ej i modellen.

5. ANLÄGGNINGS- OCH FUNKTIONSPRINCIPER

5.1 Kommunikationssystem

System för aktiv effektstyrning förutsätter en omfattande och pålitlig kommunikationsmöjlighet mellan laster i nätet och den centrala styrdatoren.

Det finns flera tänkbara tekniska lösningar, dels för enkelriktad, dels för dubbelriktad kommunikation. Med dubbelriktad kommunikation avses att utöver signaler från den centrala utrustningen till de enskilda lasterna, även signaler i andra riktningen kan sändas. Det är med ett sådant system möjligt att centralt ta emot felsignaler, mätvärden såsom temperaturer och effektuttag från abonnenterna samt indikeringar om enskilda laster är till eller frånslagna. Det skulle även vara möjligt att fjärravläsa mätare. Dubbelriktade system blir dock avsevärt dyrare än de enkelriktade.

Nedan följer en kortfattad översikt av tänkbara system.

Radioöverföring

Tvåvägskommunikation är möjlig och kan ske via sändare och mottagare som ägs av distributören.

En annan lösning är att utnyttja Televerkets mobilsökningssystem MBS-systemet. Systemet täcker praktiskt taget hela landet. Det finns f.n ingen utrustning framtagen för detta ändamål, men försöksanläggningar planeras. I denna tillämpning är kommunikationen i huvudsak enkelriktad. Eftersom mottagarna hos abonnenterna kan göras relativt billiga med denna lösning, har vi valt att förutsätta, att ett sådant system används.

Överföring via rikstelefonnätet

Tvåvägskombination är möjlig. I Sverige är telefonnätet vältäckande. Det är möjligt att ansluta praktiskt taget varje abonnent.

Metoden skulle dock kräva ett stort antal telefonlinjer varför den blir relativt dyrbar. Telefonlinjer till ett fåtal punkter i systemet där tvåvägskommunikation är önskvärd kombinerade med ett annat system, t ex ett modifierat MBS-system är en tänkbar lösning.

Telefonledningen kan i så fall t ex utnyttjas för dubbelriktad kommunikation mellan olika datorer i samma system.

Överföring på egna signalkablar

2-vägskommunikation är möjlig. Metoden är ur kostnadssynpunkt begränsat till signalöverföring mellan olika datorer i samma system eller där signalkablar redan finns för andra ändamål.

Rundstyrning

Detta är en metod som innebär att man överför signaler på eldistributionsnätet vid tonfrekvens (110-725 Hz). Systemet är sedan länge beprövat och har mycket god driftsäkerhet. Systemet har hittills inte tillåtit 2-vägskommunikation. Utveckling av kompletterande system för kommunikation från abonnentanläggning till distributör pågår.

Bärfrekvens på kraftnätet

2-vägskommunikation är möjlig.

System enligt denna princip är under utveckling. Signalerna överförs vid radiofrekvens på kraftnätet. Frekvensområdet blir troligen 85-150 Hz.

Signaler vid dessa frekvenser kan ej passera transformatorer. De dämpas mer eller mindre starkt och utsätts för störningar i luftlinjer beroende på hur kraftnätet ser ut. Signalerna matas därför in på såväl högspännings- som

lågspänningsnätet. Bärfrekvenssystemet tilldrar sig f.n stort intresse och bedöms av många som den lämpligaste lösningen i framtiden. Stockholms Energiverk avser att genomföra ett prov 1983 med bärfrekvens för effektbegränsning inom sitt fjärrvärmenät.

Bärfrekvenssystemen är för närvarande ej tillräckligt testade i praktisk drift. De torde bli relativt kostsamma. För dubbelriktade system kan de dock få stor användning.

Sammanfattning

Som nämnts tidigare krävs ett mycket stort antal terminaler, varför det torde bli allt för dyrt med dubbelriktad kommunikation.

Vi har därför utarbetat det förslag till modell och styrprogram som redovisats i det föregående.

Ett lämpligt kommunikationssystem för en styranläggning enligt ovanstående koncept torde vara ett rundradiosystem där styrsignaler från centralanläggningen radieras till samtliga abonnenter med sådana anslutna laster, som skall fjärrstyras.

Det är möjligt att det finns sådana system t ex televerkets MBS-system något modifierat. Man bör då överväga lönsamheten i en egen sändarutrustning i stället för att utnyttja P3-sändarna, om kravet på räckvidd är begränsat.

5.2 Förslag till tillämpat system

Systemet består av en central dator med styrprogram och simuleringsmodell, samt terminaler hos abonnenterna.

Styrprogrammet kopplar via kommunikationssystemet till och från belastningar för att hålla effektuttaget inom den ram som motsvaras av det aktuella driftfallet. (Se bilaga 6)

Signalerna överför ett meddelande som innehåller adress, status för utgångarna hos abonnentens mottagarutrustning och eventuellt någon kontrollfunktion av att meddelandet är oförvanskat.

Någon returkommunikation från abonnenterna är i princip ej nödvändig.

Den uttagna effekten uppföljs centralt och, där så erfordras, på andra ställen i nätet. Denna kommunikation kan t ex ske på fast kabelförbindelse.

Utomhustemperaturen uppföljs centralt och på andra platser där variationer kan förekomma.

Till- och frånslagsorder för de enskilda lasterna vidarebefordras via modem och t ex telefonlinjer till radiosändare, varifrån signalerna når mottagare hos de olika abonnenterna. Mottagarna är försedda med en decoder som styr ett antal reläutgångar, förslagsvis 5 st, som i sin tur påverkar hjälpreläer, kontakter eller mätkretsar för lokala utrustningar.

En mottagare kan i vissa fall vara gemensam för flera abonnenter, t ex i ett radhusområde, där husen ligger i anslutning till varandra, så att styrledningar lätt kan dragas mellan dessa.

Det är i princip möjligt att styra vilka laster som helst via mottagarnas reläutgångar. Eftersom en reläutgång kan användas för att göra omkopplingar i mätkretsar kan även temperaturregleringen i en fastighet påverkas. Det är alltså möjligt att sätta gränser för den högsta tillåtna temperaturen och att variera dessa gränser med hänsyn till aktuellt driftfall. Av praktiska skäl måste man för mindre fastigheter använda sig av en styrning i två eller tre steg, medan det för större anläggningar kan vara lönsamt med en mer sofistikerad styrning.

Det är även tänkbart att systemet kombineras med lokala datorer hos vissa större abonnenter. Industrier, sjukhus, större kontorshus etc kan mycket väl ha egna utrustningar som fungerar som undercentraler till den centrala datorn.

6. DISKUSSION OCH KOMMENTARER

Simuleringsmodellen av ett komplext energisystem har testats med avseende på de principiella funktionerna.

Modellens noggrannhet avseende korrekt fungerande programfunktioner och procedurer är helt beroende av kvalitet och signifikans i det statistiska materialet, som utgör indata till simuleringar. Dessa indata utgörs inte bara av statistik beträffande händelsestyrda lasters beteende utan även av den statistiska informationen avseende byggnadstekniska data såsom värmeanläggningars kapacitet, temperaturregulatorernas kvalitet och funktioner etc.

Det nyttjade underlaget till ovannämnda uppgifter har inte varit av tillräcklig teknisk och statistisk kvalitet för att tjäna som indatabaser för detaljerade noggranna studier och analyser.

Huvudinriktningen av det i denna rapport redovisade utvecklingsarbetet har varit att utveckla metoder och instrument varmed abstrakta modeller av komplexa verkliga energidistributionssystem kan skapas, aktiv effektstyrning simuleras och studeras samt betydelsen av tänkbara utrustnings- och systemförändringar i energidistributionssystem kan analyseras och utvärderas.

Utförda här beskrivna försöks(test)körningar med den utvecklade metoden och instrumentet (datamodellen) fungerar principiellt väl och simuleringsförloppen följer tillfredsställande verkliga skeenden i komplexa regionala energidistributionssystem.

Simuleringsmodellens konstruktion och funktion är svår att överskåda utan god kunskap i datateknik, simuleringsteknik, händelseköhantering, byggnadsteknik, värmetransmission och elkraftteknik.

En populärvetenskaplig version av rapporten skulle måhända bidra till att ge bättre insikt i hur dessa datatekniska tillämpningar för simulerings- och styrningsteknik kan nyttjas för säkrare investeringsbeslut, bättre anläggningsutnyttning samt effektiv och målinriktad energiresursutnyttning.

Såsom underlag för modelltesterna har använts abonnenter och laster redovisade i bilaga nr 1. Statistisk information framställdes dels genom inventeringar och mätningar, dels genom kvalificerade bedömningar (exempelvis med externa källmaterial som grund).

Sammansättningen av testregionen valdes sålunda:

<u>Abonnenter</u>	<u>Antal</u>
Villor	70 st
Hyreshus	1
Kontroshus	1
Sjukhus	1
Reningsverk	1
Vattenverk	1

Underlaget är tillräckligt stort för att testa modellens principfunktion, men det är för litet för att kunna betraktas som statistisk efterbildning av något verkligt energisystem. Det är t ex svårt att uppnå den procentuellt riktiga fördelningen mellan olje- och elvärme.

I presentationen av resultatet, bilaga 9, används i "Händelsekön" nummerbeteckningar på abonnentkategorier och lasttyper. Numreringen är uppgjord enligt följande:

<u>För</u> <u>abbonentkategorier</u>	<u>nummerbeteckning</u>
Villor	0
Kontor	1
Sjukhus	2
Hyreshus	3
Vattenverk	4
Reningsverk	5

<u>För</u> <u>lasttyper</u>	<u>nummerbeteckning</u>
FLAKT01	0
FLAKT02	1
KOKUN01	2
MATLA01	3
MATLA02	4
MATLA03	5
DISKU01	6
BELKO01	7
OLAST01	8
BELUI01	9
SPISU01	10
TVATT01	11
DISKU02	12
VARMU01	13
VARMU02	14
VARMU03	15
BELTK01	16
BELOP01	17
BELOP02	18
BELUA01	19
BELUA02	20
OLAST02	21
VENTA01	22
LASTA01	23
LASTB01	24
LASTC01	25
LASTD01	26
HISSA01	27
LAGNH01	28

<u>För lasttyper</u>	<u>nummerbeteckning</u>
LAGNH02	29
BELAL01	30
BELAL02	31
TVATT02	32
TVATT03	33
PUMPA01	34
PUMPA02	35
PUMPA03	36
OLAST03	37

Inom varje abonnentkategori kan finnas flera enskilda abonnenter. Dessa har egna ordningsnummer från 1 och upp till antalet abonnenter inom respektive kategori.

Med hjälp av dessa tre nummer kan man identifiera varje enskild last i systemet.

Kolumnen "händelse" innehåller information om vilken typ av händelse som står i raden. Plustecken och "1" betecknar "ON"-händelse, minustecken och "0" betecknar "OFF"-händelse.

Såsom tidigare beskrivits utgör "händelserna" i själva verket information om vad som skall hända härnäst med respektive last.

Händelse "ON" innehåller information om den närmaste tidpunkten för inkoppling av lasten - lasten är fränkopplad "just nu".

På motsvarande sätt skall också händelsen "OFF" tolkas - lasten väntar på fränkoppling och är inkopplad "just nu".

Kontrolltidpunkt utgör det moment då den inkopplade lasten med "OFF"-status och fränkopplingstiden längre fram i tiden skall kontrolleras om den kan fortsätta att vara inkopplad. Vid t ex effektbegränsningar kan lasten behöva fränkopplas trots att det inte är dess ordinarie fränkopplingstidpunkt.

I bilagan presenteras två listor av händelseköer. En vid simuleringstid 0-minuter och en efter 12-timmarssimulering.

I den andra listan ser man att det redan har skapats händelser (information) för nästkommande dygn. Dessa skall exekveras när exekveringspekaren genomlöper alla händelserna fram till "baspekare" (slutet av det aktuella dygnet) och börjar igen med första händelsen i återuppbyggd kö. Se bilaga 8:1 och 8:2.

Följande försöks(test)körningar av modellen redovisas i bilaga 9

- sortering på energislag
- sortering på abonnentkategori (villor)
- sortering på lasttyper (villor)

Resultat finns redovisade för

- opåverkat (ej styrt) nät
- påverkat (styrt) nät, driftfall 1, ca 10 % max effektbegränsning
- påverkat (styrt) nät, driftfall 1, ca 30 % max effektbegränsning

Dessa resultat skall först och främst ges principiellt värde med tanke på vad som tidigare beskrivits.

7. FORTSATT UTVECKLINGSARBETE

I det nu slutförda här redovisade utvecklingsprojektet har metoder skapats för att avbilda energidistributionssystem i form av belastningsmodeller.

En dynamisk datamodell (dataprogram) med vilken belastningsmodeller (distributionssystem) kan analyseras och styrning simuleras har utvecklats och beskrivits.

Analys- och styrningssimulerings teorierna har prövats på varierande belastningsmodeller, driftfall, prioriteringsgrader etc. Några av dessa "provkörningar" har beskrivits och kommenterats i rapporten.

I ett nästa steg skulle lämpligtvis en fullständig belastningsmodell av ett kommunalt energidistributionssystem kunna skapas. Belastningsmodellen av prototypsystemet skulle analyseras och simuleras med datamodellen. Mätningar av de verkliga del- och totalbelastningarna i prototypenergidistributionssystemet skulle registreras och jämföras med modellen. Modellen justeras tills god överensstämmelse erhålls med verkligheten.

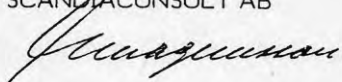
Därefter utförs med hjälp av datamodellen (dataprogrammet) analyser hur totalbelastningen sammansättes av olika belastningskategorier respektive belastningsobjekt. Studier genomförs hur bättre belastningsutjämning skulle kunna åstadkommas genom förändringar och kompletteringar av belastningsobjekt såsom installation av värmepumpar eller överkoppling av belastningsobjekt från ett energislag till ett annat.

En vidareutveckling av dataprogrammet skulle även möjliggöra sådana simuleringsstudier och analyser som

- automatiskt val av effektgränsnivå
- optimering av energislagsnyttjande baserat på faktorer såsom aktuellt pris på olika energislag, energitillförselsystemens tillstånd etc.

Erforderliga och kompletterande tekniska utrustningar vid införande av ett på så sätt planerat aktivt effektstyrningssystem i prototypområdet skulle projekteras och teknisk-ekonomiska analyser och utvärderingar utföras. En dylik "feasibility study" skulle sedan ge beslutsunderlag för realiserandet av en prototypanläggning.

Stockholm 1983-07-25
SCANDIACONSULT AB

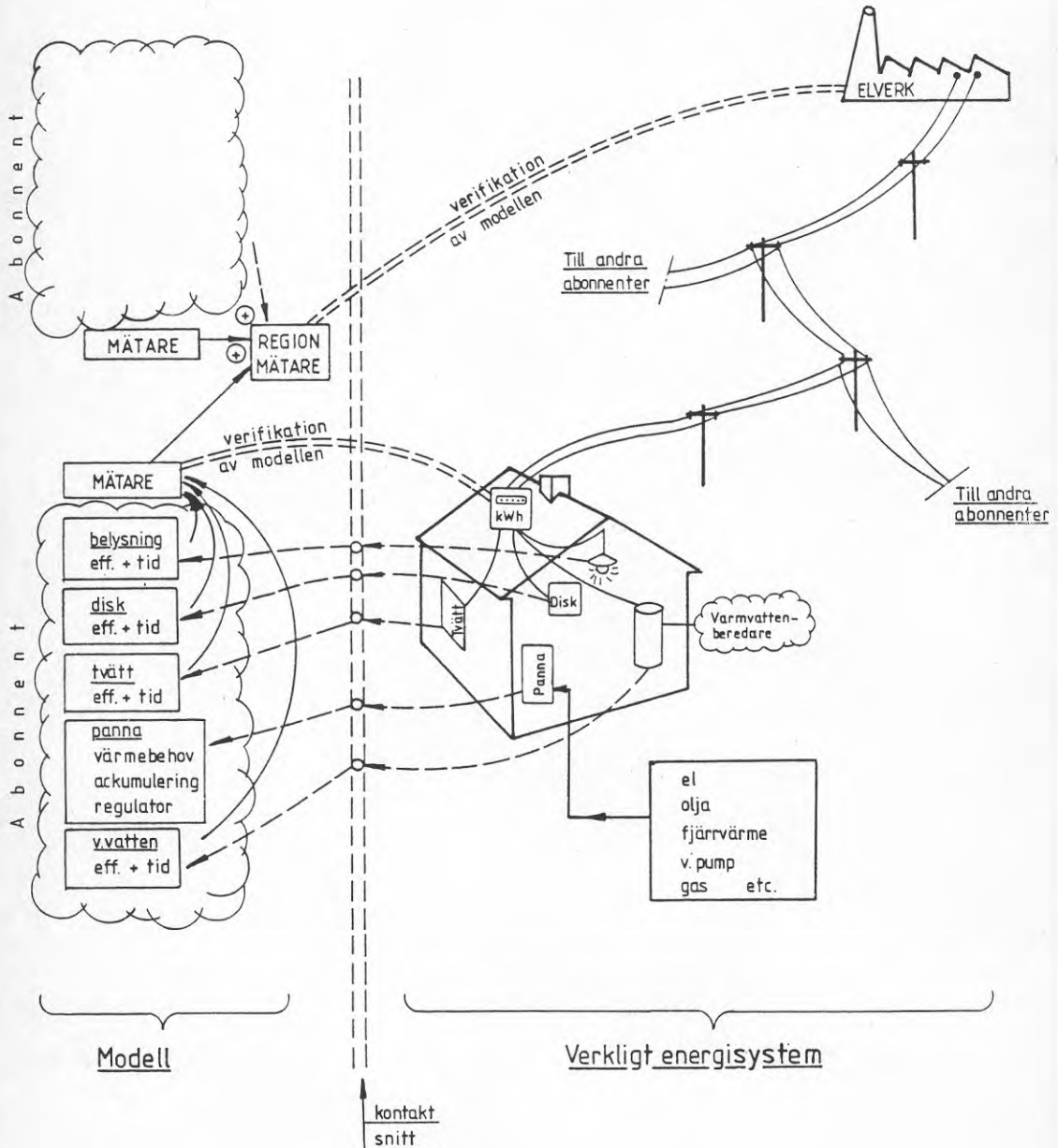
A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Stenbjörn', written in a cursive style.

BILAGA
Nr 1

ABONNENTKATEGORIER OCH HÄNDELSESTYRDA LASTER REPRESENTERADE I SIMULERINGSMODELLEN

<u>Abonnent</u>	<u>Last</u>	<u>Namn i programmet</u>
Kontorshus	Fläktar steg 2	FLAKT02
	Fläktar steg 3	FLAKT03
	Storkök underhållsvärme	KOKUN01
	Matlagning steg 1	MATLA01
	Matlagning steg 2	MATLA02
	Matlagning steg 3	MATLA03
	Diskutrustning	DISKU01
	Belysning kontorsrum	BELKO01
	Övrig utrustning steg 2	OLAST01
Villor	Belysning	BELVI01
	Spis	SPISV01
	Tvättmaskin	TVATT01
	Diskmaskin	DISKU02
	Tappvarmvatten steg 1	VARMV01
	Tappvarmvatten steg 2	VARMV02
	Tappvarmvatten steg 3	VARMV03
Sjukhus	Belysning mm tekniska lokaler steg 2	BELTK01
	Belysning mm operations- och behandlingsavd steg 2	BELOP01
	Belysning mm operations- och behandlingsavd steg 3	BELOP02
	Belysning mm vårdavdelningar steg 2	BELVA01
	Belysning mm vårdavdelningar steg 3	BELVA02
	Övrig utrustning steg 2	OLAST02
Ventilation steg 2	VENTA01	
Kök i sjukhus eller liknande	Last A	LASTA01
	Last B	LASTB01
	Last C	LASTC01
	Last D	LASTD01
Flerfamiljshus	Hissar, pumpar, fläktar mm steg 2	HISSA01
	Lägenheter steg 2	LAGNH01
	Lägenheter steg 3	LAGNH02
	Allmän belysning steg 2	BELAL01
	Allmän belysning steg 3	BELAL02
	Tvättstuga steg 1	TVATT02
	Tvättstuga steg 2	TVATT03
Vattenverk	Pumpar steg 1	PUMPA01
	Pumpar steg 2	PUMPA02
Reningsverk	Avloppspumpar	PUMPA03
	Övrig utrustning steg 1	OLAST03

RELATION MELLAN DET VERKLIGA ENERGISYSTEMET OCH SIMULERINGSMODELLEN



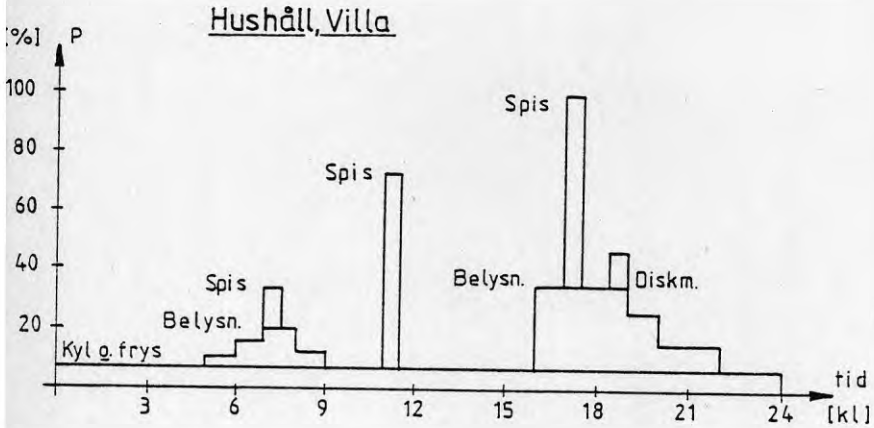
Konstanta laster

Kontorshus	Fläktar steg 1 Storkök, kyla Belysning, baslast Datautrustning Övrig last steg 1
Villor	Kyl och Frys
Sjukhus	Belysning mm tekniska lokaler steg 1 Belysning mm operations- och behandlingsavd steg 1 Belysning mm vårdavdelningar steg 1 Övrig utrustning steg 1 Ventilation steg 1
Flerfamiljshus	Hissar, pumpar, fläktar m m steg 1 Lägenheter steg 1 Allmän belysning steg 1
Vattenverk	Övrig utrustning
Reningsverk	Luftare Övrig utrustning steg 2

BILAGA
Nr 2

Stapeldiagrammen grundar sig på värden som har mätts upp med hjälp av en amperemeter med skrivare. Sedan har en tolkning av de olika staplarnas innebörd gjorts.

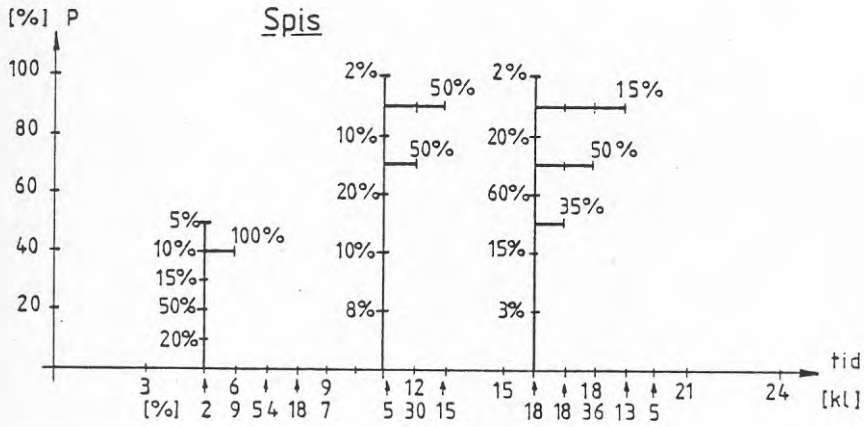
Gränser för de olika effektstegen har satts ut. Se figur.



Figur. Hushåll villa.

För enkelhetens skull visar vi bara spisen i fortsättningen.

Här har en bedömning av tillslagstid, inkopplad tid och effekt i procent av nominell effekt gjorts. Resultatet åskådliggörs enligt figuren nedan.



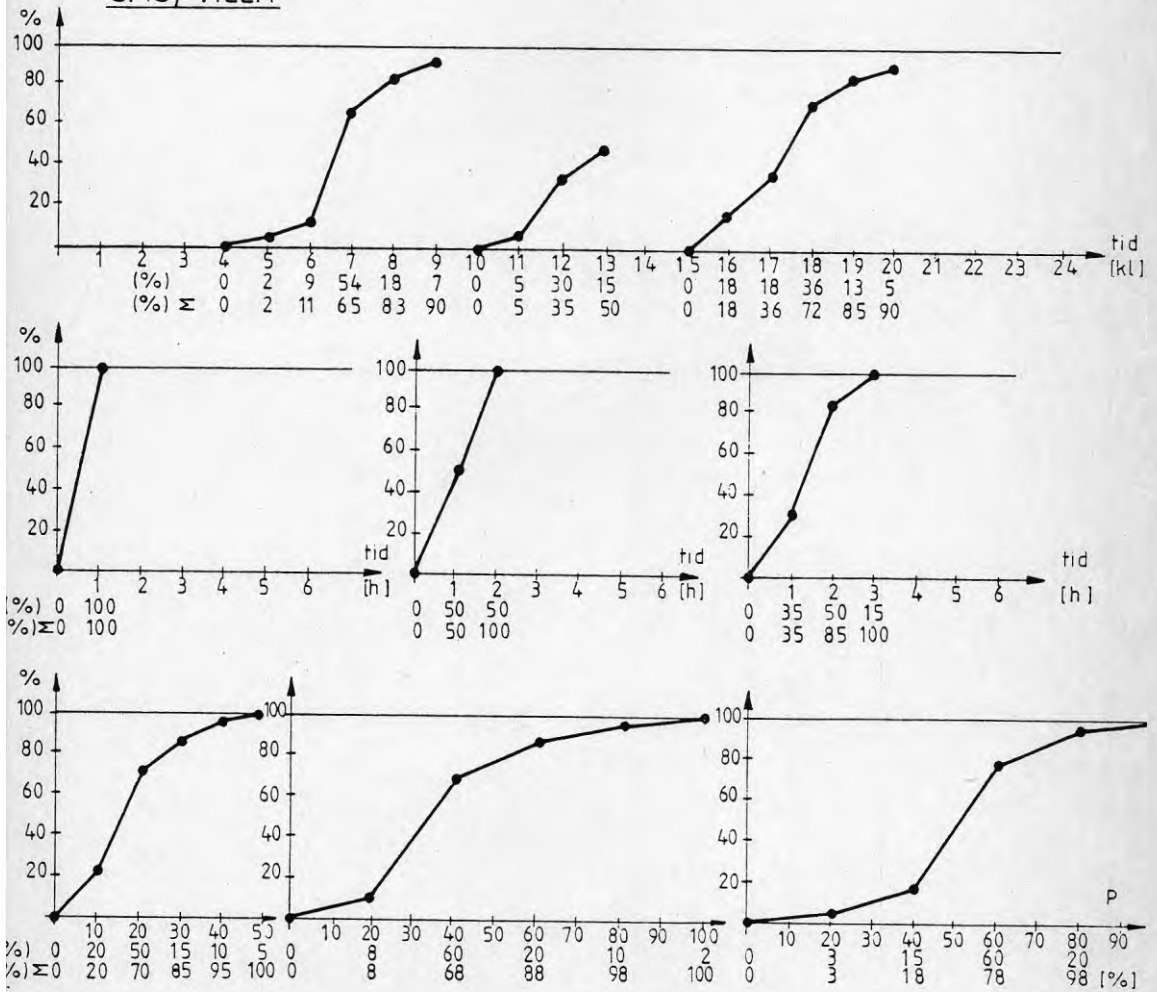
Figur. Spis

De vertikala staplarna med vidstående procentsatser beskriver effekten.

De horisontella staplarna beskriver inkopplad tidsperiod och siffrorna under diagrammet beskriver tid för tillslag. Summan för sannolikheten för första tillslaget blir 90 %. Detta beror på att 10 % av beståndet aldrig slås på på morgonen. För lunchen gäller att 50 % av beståndet ej kopplas på.

Diagrammet enligt föregående figur här översatt direkt till kumulativa kurvor, se figur nedan. De konstanta lasterna har inte tagits med eftersom de inte är intressanta i fråga om till- och frånslagstider.

SPIS, VILLA



Figur. Spis, villa

Det översta diagrammet beskriver tid för tillslag, det mellersta beskriver inkopplad tidsperiod, det understa beskriver effekt i procent av den nominella effekten.

Klockslagen 04.00, 10.00 och 15.00 är bastider för lasten.

Med hjälp av de kumulativa kurvorna har lasterna matats in på en datafil. Här nedanför visas en utskrift av en del av filen.

```

NYLAST
SPISV01          (spis i en villa)
7000            (nominell effekt)
240             (bastid)
TIDPEK          (tidpekare)
 2  60         (sannolikhet tillslagstid)
11 120
65 180
83 240
90 300
SLUTTID
PERPEK          (periodpekare)
 0  0         (sannolikhet inkopplingstid)
100 60
SLUTPER
EFFPEK          (effektpekare)
 0  0         (sannolikhet effekt i procent av nom. effekt)
20 10
70 20
85 30
95 40
100 50
SLUTEFF
600             (bastid)
TIDPEK
 5  60
35 120
50 180
SLUTTID
PERPEK
 0  0
50 60
100 120
SLUTPER
EFFPEK
 0  0
 8  20
68 40
88 60
98 80
100 100
SLUTEFF
900            (bastid)
TIDPEK
18 60
36 120
72 180
85 240
90 300
SLUTTID
PERPEK
 0  0
35 60
85 120
100 180

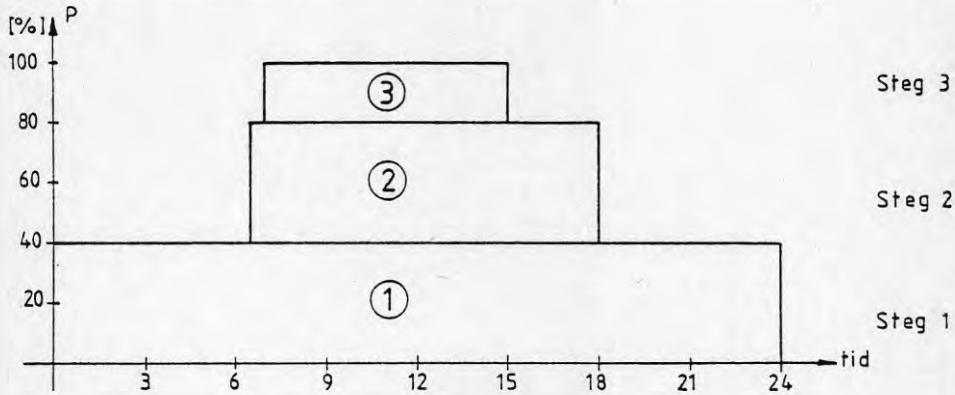
```

SLUTPER
EFFPEK
0 0
3 20
18 40
78 60
98 80
100 100
SLUTEFF

BILAGA
Nr 3

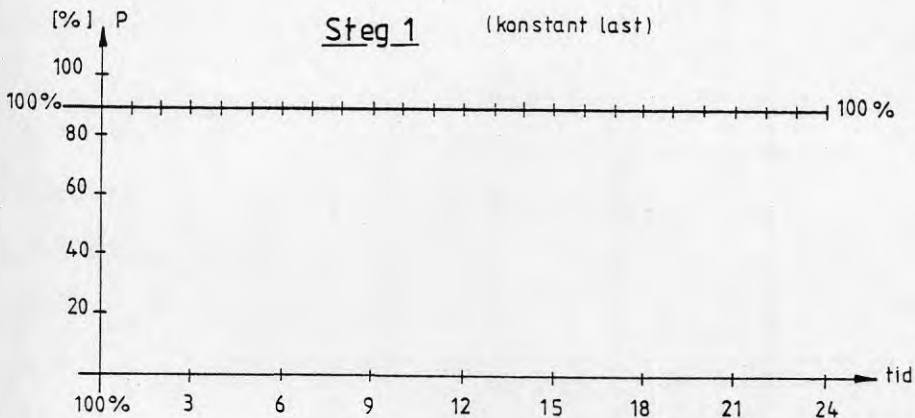
Här ses ett exempel på hur fläktarna i ett kontorshus varierar i effekt under ett dygn.

Fläktar i ett kontorshus



Figur. Fläktar i ett kontorshus.

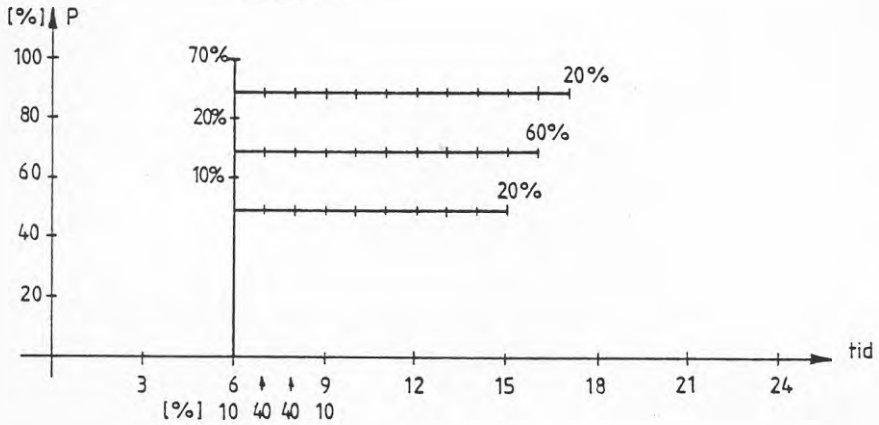
Steg 1 är en konstant last och behöver ej behandlas mera eftersom den kan betraktas som en baslast i modellen.



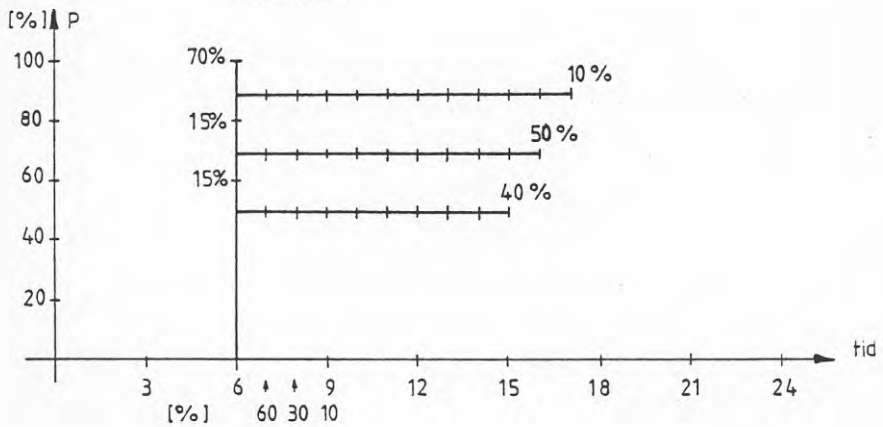
Figur. Steg 1

Steg 2 och 3 varierar i tiden. Därför måste vi göra en bedömning av sannolikheter för tiden för tillslag. Längd på inkopplad period och effekt i procent av nominell effekt.

Steg 2



Steg 3

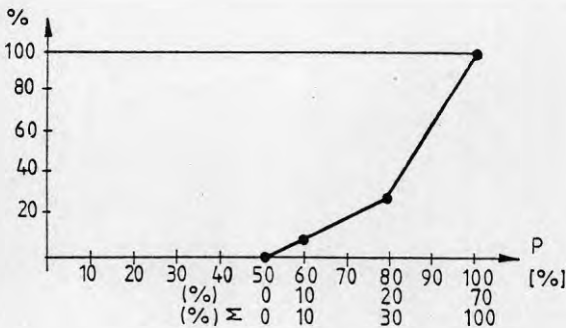
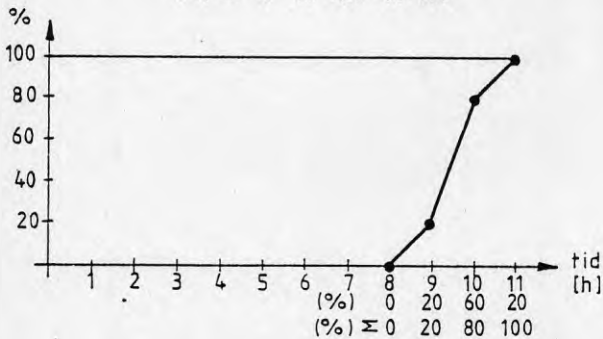
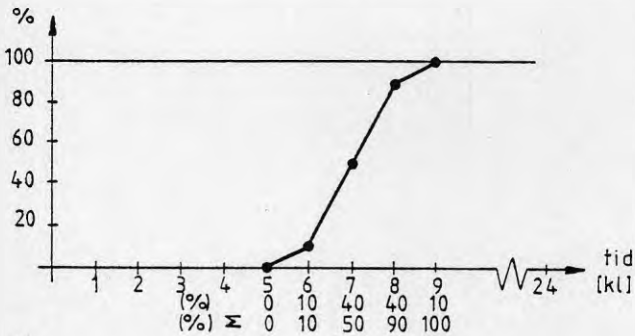


K1 05.00 är bastid för tillslag. 10 % av lasterna skall ha slagits till efter en timme. 50 % efter två timmar osv.

Alla laster är inkopplade minst 8 timmar. 20 % av lasterna är inkopplade upp till 9 timmar osv.

Inga laster körs med mindre än 50 % av nominell effekt. 10 % av lasterna körs med upp till 60 %, 30 % med upp till 80 % osv.

FLÄKTAR STEG 2

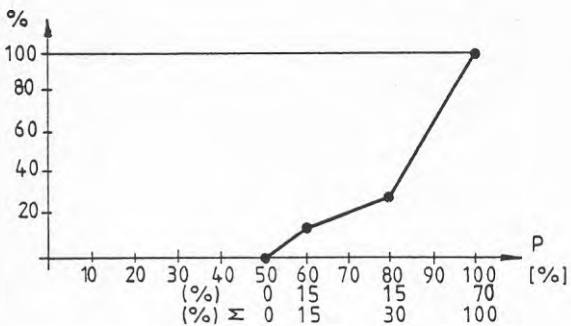
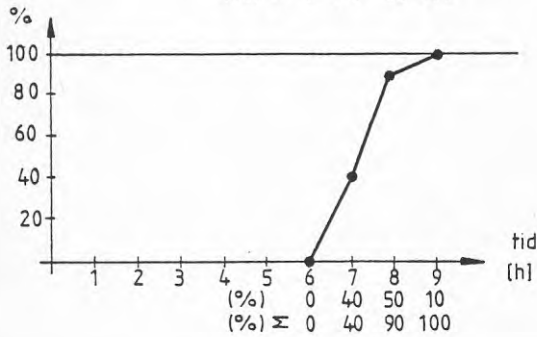
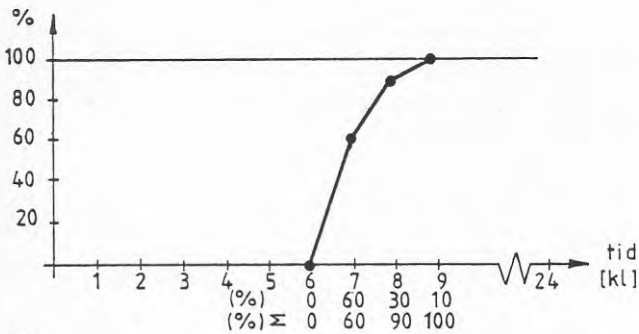


Det översta diagrammet beskriver tid för tillslag, det mellersta beskriver inkopplad tidsperiod och det understa beskriver effekt i procent av den nominella effekten.

Betydelsen av kurvorna är samma som för steg 2. Bastiden kommer 1 timme senare än för steg 2. Vi ser också att 90 % av lasterna är inkopplade mindre än 8 timmar.

Märk väl att effekten syftar på den egna lastens nominella effekt. Vi kan därför inte jämföra effektkurvorna för två laster på samma sätt som tillslags- och inkopplingstidskurvorna.

FLÄKTAR STEG 3



NYLAST
 FLAKT02
 19200
 300
 TIDPEK
 10 60
 50 120
 90 180
 100 240
 SLUTTID
 PERPEK
 0 480
 20 540
 80 600
 100 660
 SLUTPER
 EFFPEK
 0 50
 10 60
 30 80
 100 100
 SLUTEFF

(fläktar i ett kontorshus steg 2)
 (nominell effekt)
 (bastid)
 (tidpekare)
 (sannolikhet tidpunkt för tillslag)

(periodpekare)
 (sannolikhet inkopplad tid i minuter)

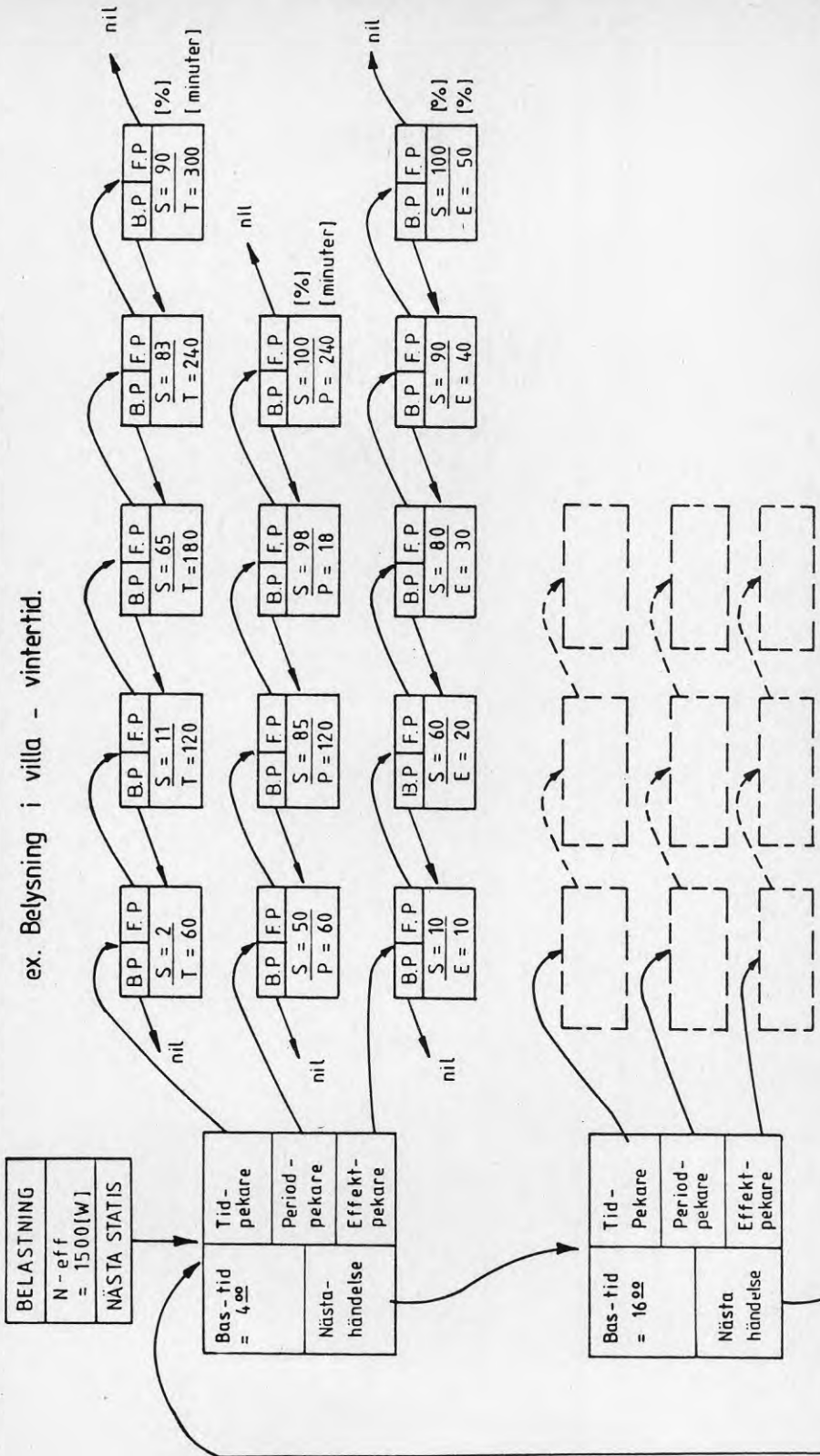
(effekt pekare)
 (sannolikhet effekt i procent av nominell effekt)

NYLAST
 FLAKT03
 9600
 360
 TIDPEK
 60 60
 90 120
 100 180
 SLUTTID
 PERPEK
 0 360
 40 420
 90 480
 100 540
 SLUTPER
 EFFPEK
 0 50
 15 60
 30 80
 100 100
 SLUTEFF

(fläktar i ett kontorshus steg 3)

BILAGA
Nr 3.A

DATA REPRESENTATION AV STATISTISKT EFFEKTUTTAG UNDER ETT DYGN



ex. Belysning i villa - vintertid.

-nil betecknar att pekare ej har objekt att repetera.

BILAGA
Nr 4

Driftfall 1Prioritet 0

Storkök underhållsvärme
 Matlagning steg 1
 Matlagning steg 2
 Storkök diskutrustning
 Belysning kontorsrum
 Belysning, villa
 Spis, villa
 Diskmaskin, villa
 Belysning tekniska lokaler steg 2
 Belysning operationssalar steg 2
 Belysning operationssalar steg 3
 Belysning vårdssalar steg 2
 Belysning vårdssalar steg 3
 Last A
 Last B
 Last C
 Hissar, pumpar, fläktar mm steg 2
 Lägenheter steg 2
 Lägenheter steg 3
 Allmän belysning steg 2
 Tvättstugor steg 1
 Pumpar steg 1
 Pumpar steg 2
 Avloppspumpar
 "Värme avstängt"

Prioritet 1

Tvättmaskiner, villa
 Tappvarmvatten, villa steg 1
 Tvättstugor steg 2
 Reningsverk, övrig utrustning steg 1
 Värme 16 °C

Prioritet 2

Matlagning steg 3
 Kontorshus, övrig utrustning steg 2
 Sjukhus, övrig utrustning steg 2

Prioritet 3

Fläktar steg 2
 Tappvarmvatten villa steg 2
 Last D
 Värme 18 °C

Prioritet 4

Sjukhus, ventilation steg 2
Allmän belysning steg 3

Prioritet 5

Fläktar steg 3
Tappvarmvatten villa steg 3
Värme 20 °C

Driftfall 2Prioritet 0

Matlagning steg 1
Belysning kontorsrum
Belysning villa
Belysning operationssalar steg 2
Belysning operationssalar steg 3
Belysning vårdssalar steg 2
Last A
Last B
Pumpar steg 1
Värme avstängt

Prioritet 1

Matlagning steg 2
Allmän belysning steg 2
Pumpar steg 2
Avloppspumpar

Prioritet 2

Storkök, underhållsvärme
Spis, villa
Last C
Lägenheter steg 2
Tvättstugor steg 1

Prioritet 3

Storkök, diskutrustning
Tvättmaskin, villa
Tappvarmvatten, villa steg 1
Belysning teniska lokaler steg 2
Belysning vårdssalar steg 3

Hissar, pumpar, fläktar m m steg 2
Tvättstuga steg 2
Reningsverk, övrig utrustning steg 1
Värme 16^oC

Prioritet 4

Fläktar steg 2
Matlagning steg 3
Kontor, övrig utrustning steg 2
Diskmaskin, villa
Tappvarmvatten, villa steg 2
Sjukhus, övrig utrustning steg 2
Last D
Lägenheter steg 3
Värme 18^oC

Prioritet 5

Fläktar steg 3
Tappvarmvatten, villa steg 3
Sjukhus, ventilation steg 2
Allmän belysning steg 3
Värme 20^oC

Driftfall 3

Prioritet 0

Matlagning steg
Belysning kontorsrum
Belysning villa
Belysning operationssalar steg 2
Belysning operationssalar steg 3
Belysning vårdssalar steg 2
Last A
Pumpar steg 1

Prioritet 1

Last B
Värme avstängt

Prioritet 2

Matlagning steg 2
Avloppspumpar

Prioritet 3

Storkök, underhållsvärme
Spis, villa
Last C
Lägenheter steg 2
Allmän belysning steg 2
Pumpar steg 2

Prioritet 4

Tappvarmvatten, villa steg 1
Belysning tekniska lokaler steg 2
Reningsverk, övrig utrustning steg 1
Värme 16⁰C

Prioritet 5

Fläktar steg 3
Fläktar steg 2
Matlagning steg 3
Storkök diskutrustning
Kontor, övrig utrustning steg 2
Tvättmaskin, villa
Diskmaskin, villa
Tappvarmvatten, villa steg 3
Tappvarmvatten, villa steg 2
Belysning vårdssalar steg 3
Sjukhus, övrig utrustning steg 2
Sjukhus, ventilation steg 2
Last D
Hissar, pumpar, fläktar m m steg 2
Lägenheter steg 3
Allmän belysning steg 3
Tvättstugor steg 2
Tvättstugor steg 1
Värme 18⁰C

BILAGA
Nr 5

ABONNENTBESKRIVNING

Denna beskrivning ligger till grund för statistisk bestämning av storlek, värmebehov, bränsleslag mm hos abonnenten. Vi visar här 2 st exempel på abonnentbeskrivningar, villor och kontorshus. Beräkningsoperationerna ligger i dataprogrammet.

Villor

Material i procent av beståndet:

<u>Trä</u>	<u>Tegel/Betong</u>		
50 %	50 %		
Golvyta:	min 90 m ²	med: 130 m ²	max: 190 m ²
Fönsteryta i procent av golvyta ca 15 %.			

K-värden

Trä:	min: 0,5	med: 0,6	max: 1,0
Tegel/Betong:	min: 0,3	med: 0,5	max: 0,9
Fönster	min: 2	med: 3	max: 5

Värmesystem

Olja	Direktel	Indirektel	Fjärrvärme
50 %	24 %	24 %	2 %

Reglering

Manuell	Uttemp.	Innetemp.	Ute + innetemp.
50 %	15 %	25 %	10 %

Ventilation

Självdug	Mekanisk
98 %	2 %

Flöde (m³/h m²): 0,21 m³/h m².

Kontorshus

Material i procent av beståndet:

<u>Trä</u>	<u>Tegel/Betong</u>		
10 %	90 %		
Golvyta:	min 1 000 m ²	med: 5 000 m ²	max: 20 000 m ²
Fönsteryta i procent av golvyta ca 10 - 15 %.			

K-värden

Trä:	min: 0,5	med: 0,6	max: 1,0
Tegel/Betong:	min: 0,3	med: 0,6	max: 1,3
Fönster	min: 2	med: 3	max: 5

Värmesystem

Olja	Direktel	Indirektel	Fjärrvärmre
50 %			50 %

Reglering

Manuell	Utetemp.	Innetemp.	Ute + innetemp.
0 %	30 %	25 %	45 %

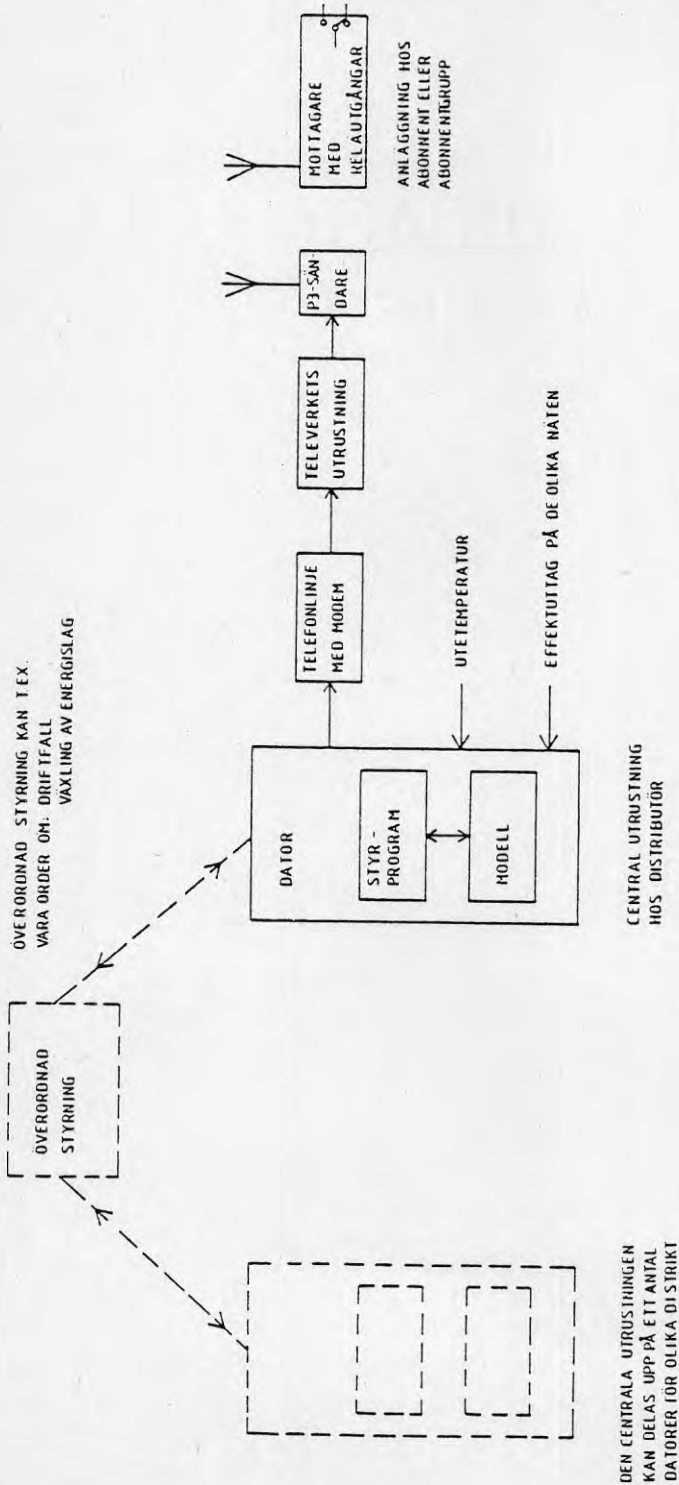
Ventilation

Självdrag	Mekanisk
	100 %

Flöde (m³/h m²): 0,3 m³/h m².

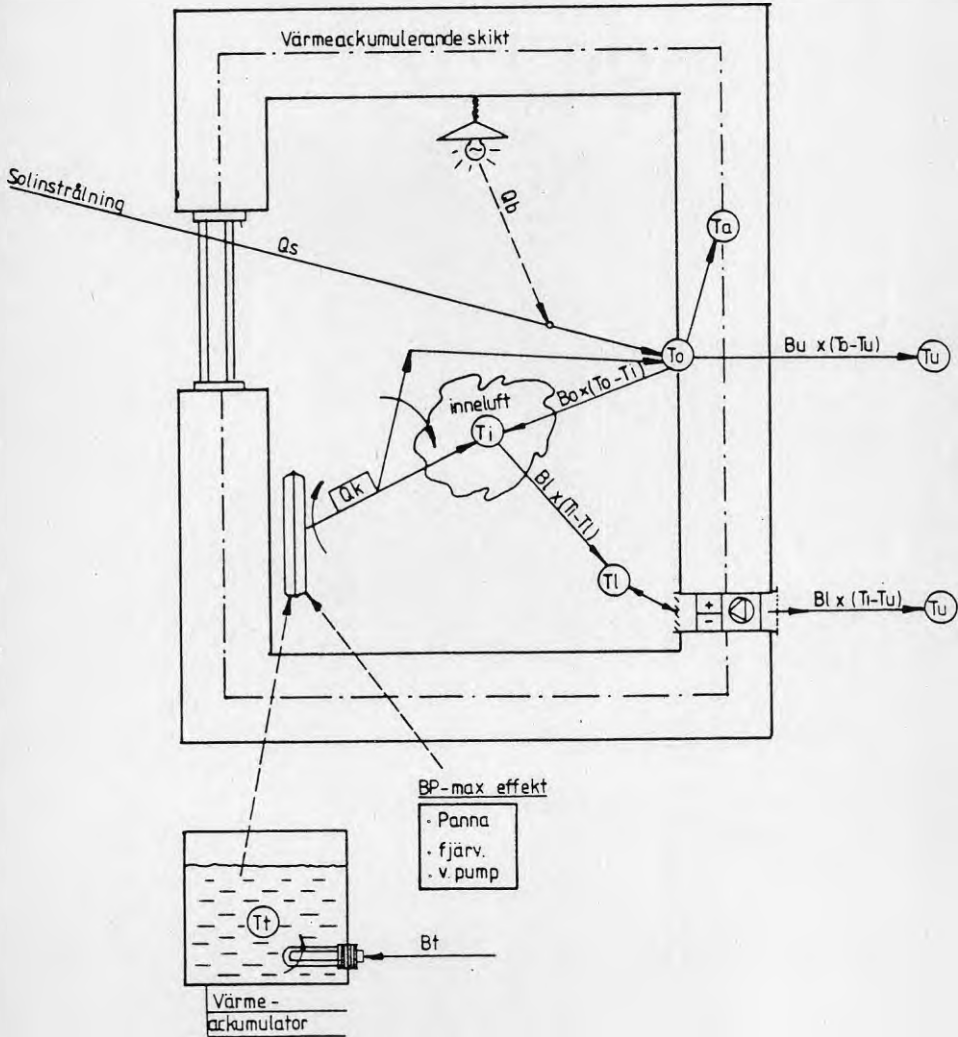
BILAGA
Nr 6

AKTIV EFFEKTSTYRNINGSSYSTEM ENLIGT TRE-ELEMENTS KONCEPT



BILAGA
Nr 7

MODELLEN AV TERMISK VÄRMEBALANS
FÖR EN BYGGNAD



BILAGA
Nr 8

(Elnät, radslänk)

3

"CENTRALSTYRENHET"
här finns:

- information om- driftfall
- prioritetfördelning
- procedurer - larmer
- analysavprognoser
- val av driftfall
- dispositioner till abonnent-fer

2

LASTERNAS STATISTIK

- inkopplingsmoment
- inkopplingsperiodens längd
- fördelning av EFFEKT BELÖPP

1

KLIMAT-DATA

- temperatur
- solinstrålning

4

hus terminal
ab nr: "sis"

hus terminal
ab nr: 1
varmeanlägg
beräknings-
data:
laster:

ABONNENT-
KATEGORI
TEX. I VILLA

5

HÄNDELSE GENERATOR

- ON event
- OFFevent
- fördrojning
- förlängning

8

El	Olja	Fj.v.	Luft	Berg	All
			Vp	yp	energi

EFFEKT
SUMMATORER:

9

Klockslag	El	Olja	Fj.v.	Luft	Berg	All
			Vp	yp	energi	

MÄTARNA

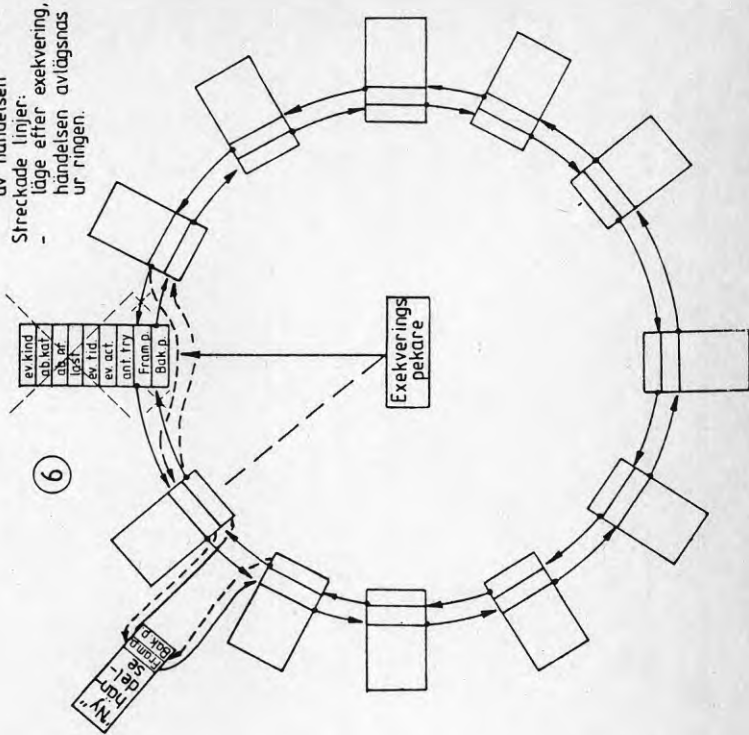
7

VERKSTÄL-LANDE AV HÄNDELSER

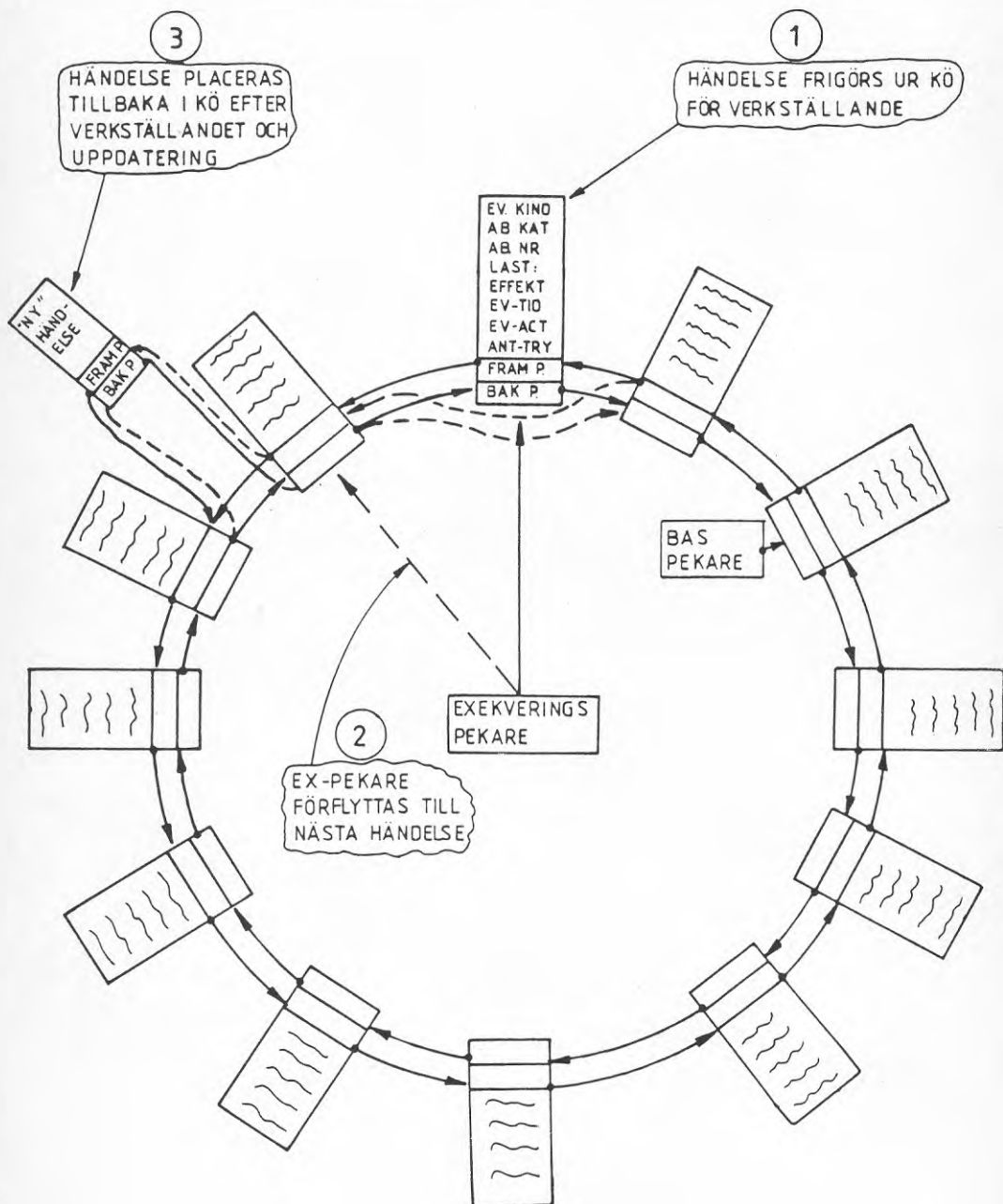
- tid kontroll
- värmebalansberäkningar
- uppdateringar av - abonnenter
- effektsummat
- dispositioner till händelsegenerator
- samordning med centr. styrenhet

HÄNDELSENINGEN

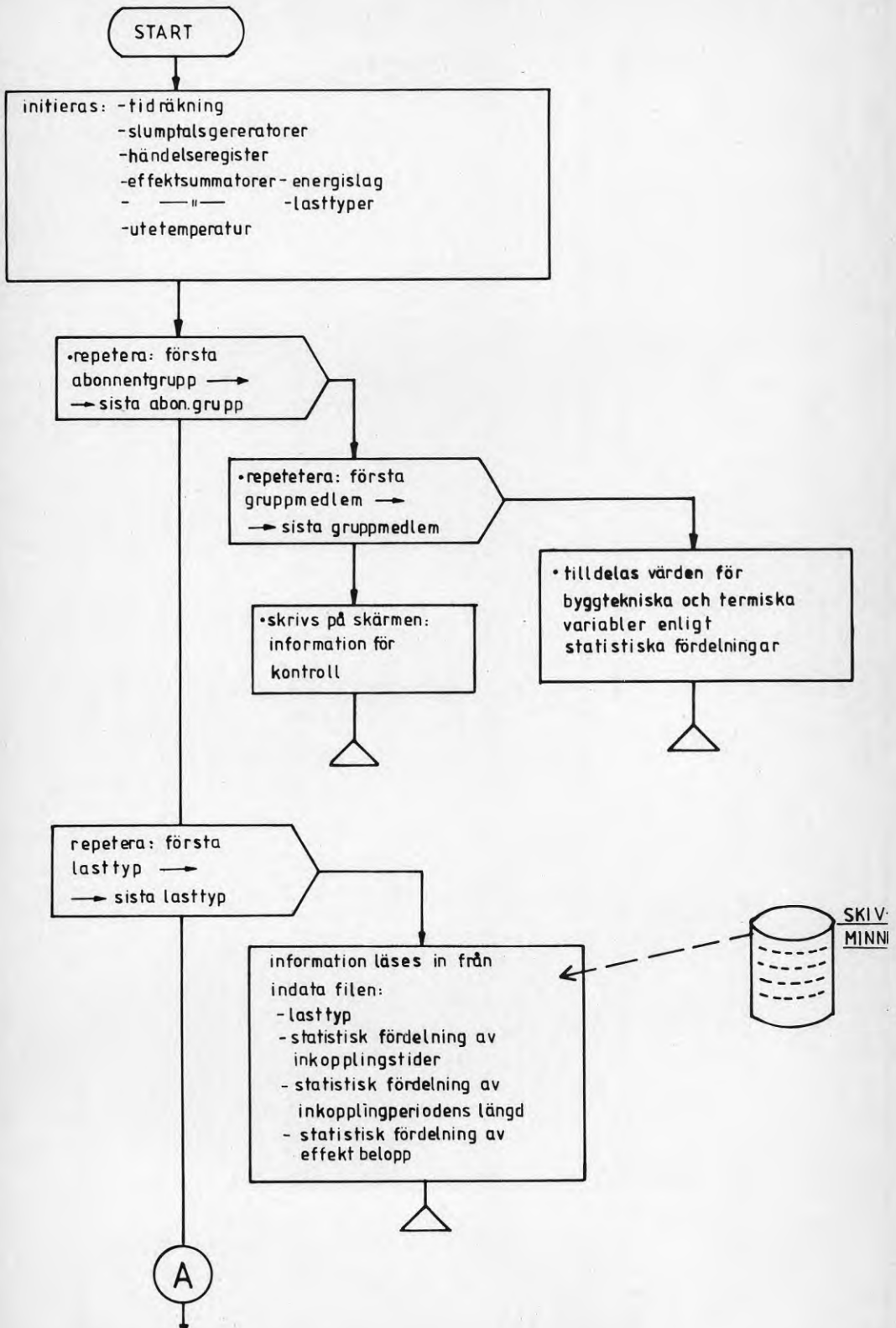
- Heldragna linjer:
- läge före exekvering av händelsen
- Streckade linjer:
- läge efter exekvering, händelsen avlägsnas ur ringen.

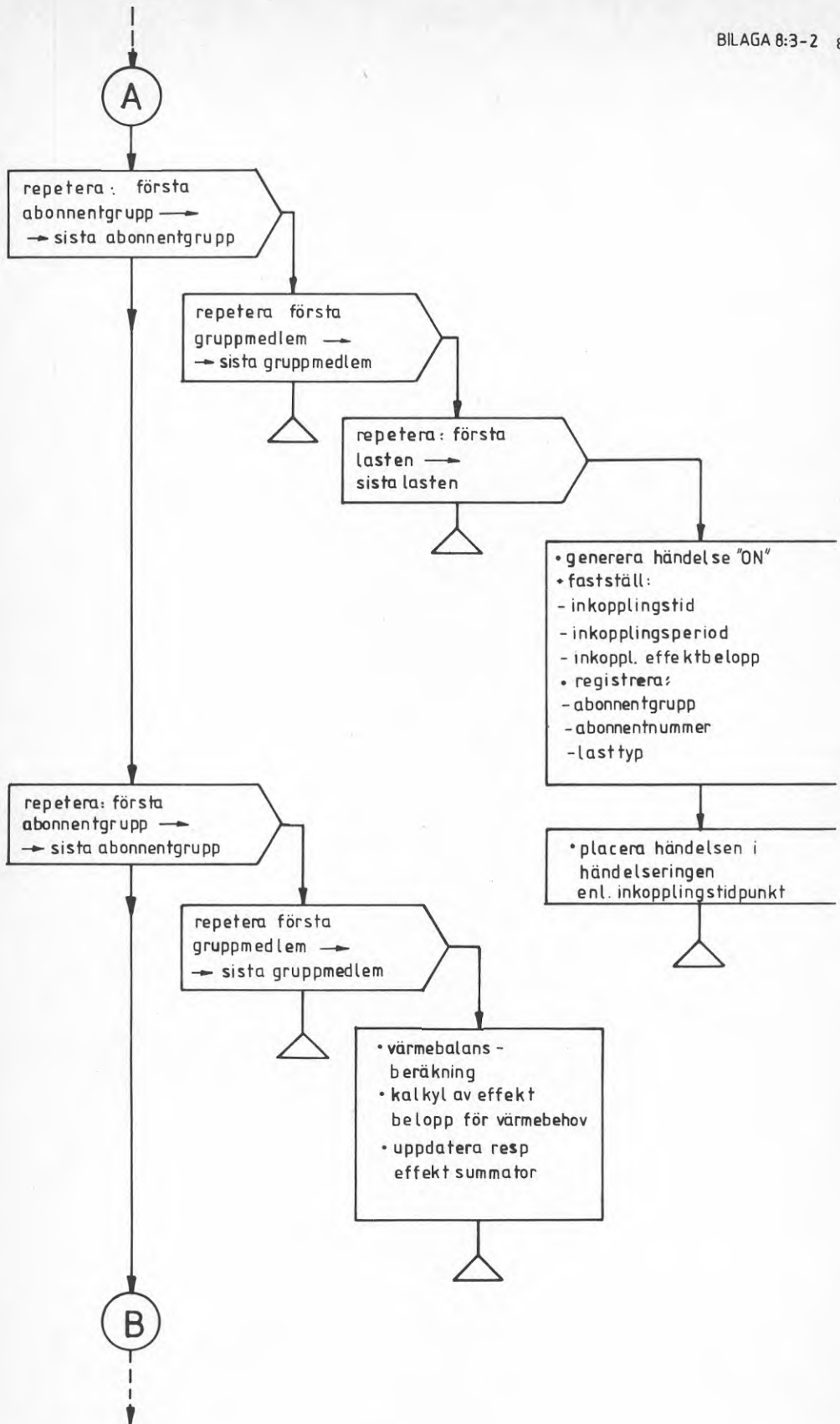


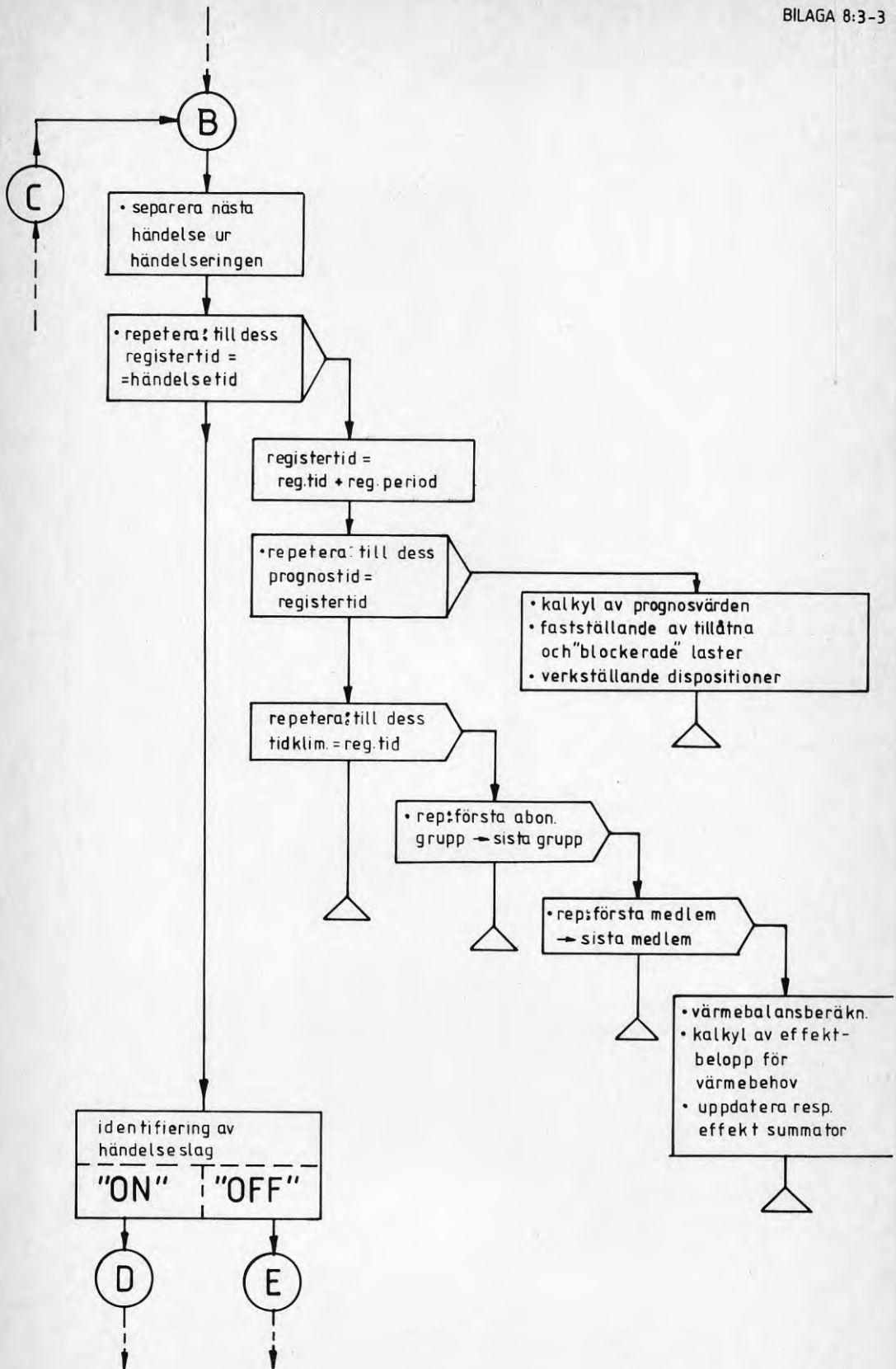
HÄNDELSEKÖ



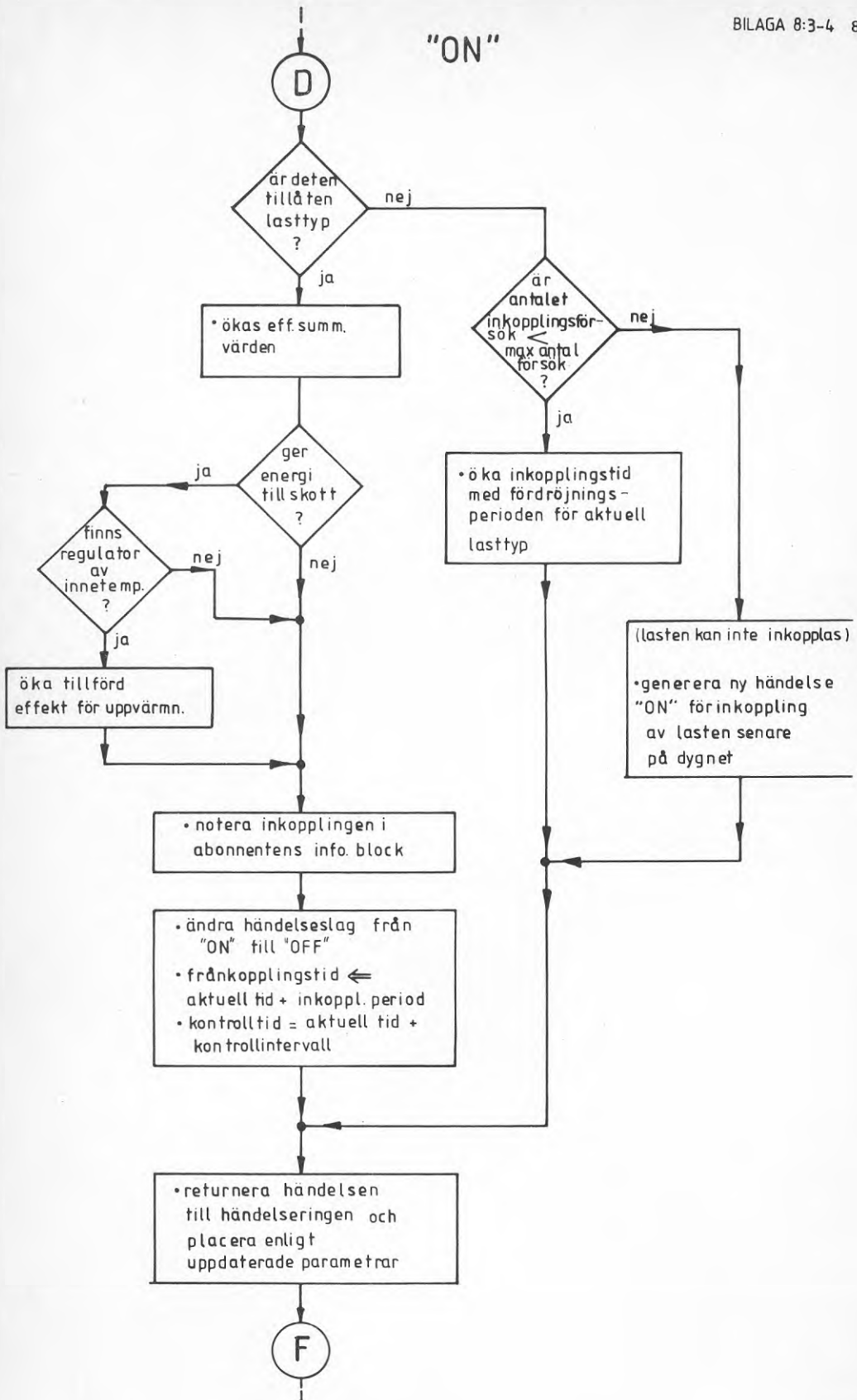
EXEKVERINGSFLÖDESSCHEMA



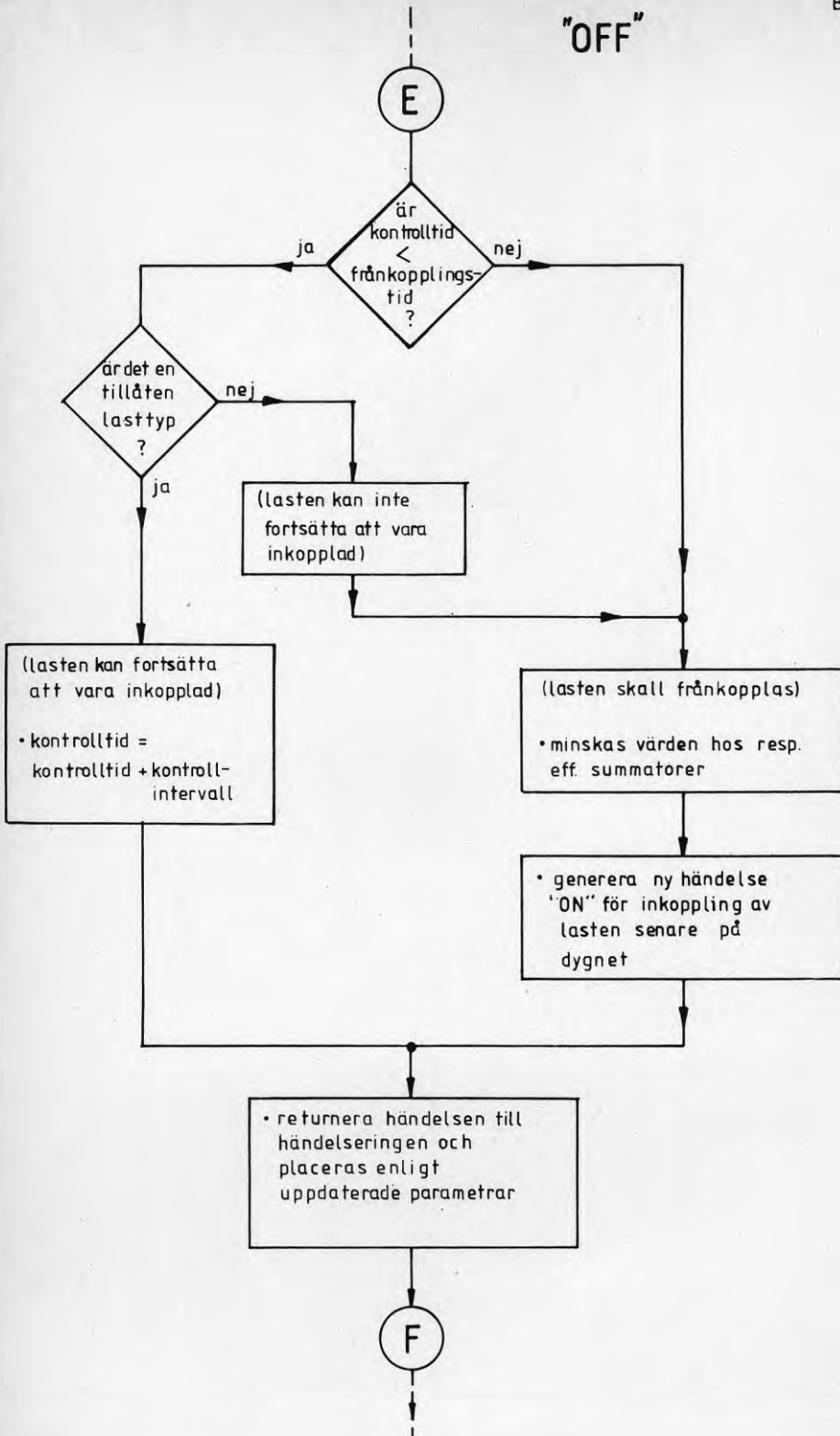


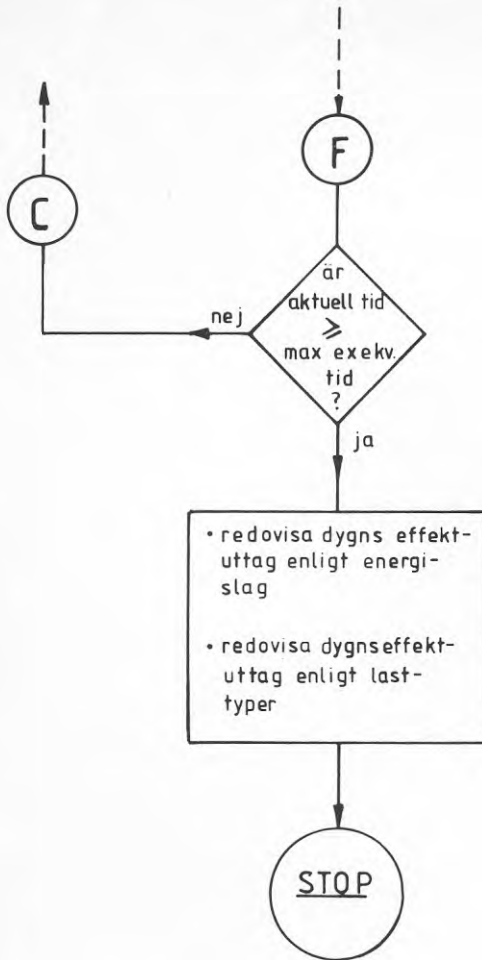


"ON"



"OFF"





BILAGA
Nr 9

HÄNDELSEKÖ
vid simuleringens minut nr 0000

(händelsestatus i kö före exekvieringen)
(tid anges i minuter; effekt i Watt)

händelse	första inkoppl dygnet minut nr	ink periodens längd	abonnemangskategori nr beteckn.	abonnent ordn.nr	last typ nr beteckn.	inkopplad effekt
+ev= 1	ink.tid= 69	ink.per.= 77	abn.k= 4	ab.nr= 1	lst= 34	eff= 30000
+ev= 1	ink.tid= 87	ink.per.= 46	abn.k= 0	ab.nr= 12	lst= 11	eff= 4000
+ev= 1	ink.tid= 99	ink.per.= 137	abn.k= 5	ab.nr= 1	lst= 37	eff= 50000
+ev= 1	ink.tid= 210	ink.per.= 11	abn.k= 5	ab.nr= 1	lst= 36	eff= 110000
+ev= 1	ink.tid= 242	ink.per.= 68	abn.k= 0	ab.nr= 70	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 246	ink.per.= 97	abn.k= 0	ab.nr= 47	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 246	ink.per.= 150	abn.k= 0	ab.nr= 56	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 250	ink.per.= 20	abn.k= 0	ab.nr= 29	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 254	ink.per.= 68	abn.k= 0	ab.nr= 2	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 254	ink.per.= 65	abn.k= 0	ab.nr= 31	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 254	ink.per.= 76	abn.k= 0	ab.nr= 41	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 254	ink.per.= 89	abn.k= 0	ab.nr= 58	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 254	ink.per.= 87	abn.k= 0	ab.nr= 62	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 258	ink.per.= 76	abn.k= 0	ab.nr= 52	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 258	ink.per.= 65	abn.k= 0	ab.nr= 60	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 266	ink.per.= 78	abn.k= 0	ab.nr= 42	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 270	ink.per.= 148	abn.k= 0	ab.nr= 50	lst= 9	eff= 225
+ev= 1	ink.tid= 270	ink.per.= 110	abn.k= 0	ab.nr= 52	lst= 9	eff= 345
+ev= 1	ink.tid= 270	ink.per.= 16	abn.k= 0	ab.nr= 61	lst= 10	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 274	ink.per.= 936	abn.k= 3	ab.nr= 1	lst= 27	eff= 10000
+ev= 1	ink.tid= 278	ink.per.= 162	abn.k= 0	ab.nr= 13	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 278	ink.per.= 81	abn.k= 0	ab.nr= 20	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 278	ink.per.= 65	abn.k= 0	ab.nr= 22	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 282	ink.per.= 66	abn.k= 0	ab.nr= 15	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 282	ink.per.= 87	abn.k= 0	ab.nr= 16	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 286	ink.per.= 174	abn.k= 0	ab.nr= 5	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 286	ink.per.= 71	abn.k= 0	ab.nr= 46	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 286	ink.per.= 114	abn.k= 0	ab.nr= 48	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 290	ink.per.= 78	abn.k= 0	ab.nr= 11	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 290	ink.per.= 114	abn.k= 0	ab.nr= 61	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 290	ink.per.= 126	abn.k= 0	ab.nr= 64	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 294	ink.per.= 105	abn.k= 0	ab.nr= 54	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 298	ink.per.= 65	abn.k= 0	ab.nr= 27	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 298	ink.per.= 103	abn.k= 0	ab.nr= 33	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 306	ink.per.= 102	abn.k= 0	ab.nr= 3	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 306	ink.per.= 74	abn.k= 0	ab.nr= 7	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 306	ink.per.= 105	abn.k= 0	ab.nr= 8	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 306	ink.per.= 105	abn.k= 0	ab.nr= 51	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 310	ink.per.= 130	abn.k= 0	ab.nr= 65	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 314	ink.per.= 76	abn.k= 0	ab.nr= 50	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 316	ink.per.= 923	abn.k= 3	ab.nr= 1	lst= 30	eff= 3900
+ev= 1	ink.tid= 318	ink.per.= 87	abn.k= 0	ab.nr= 32	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 320	ink.per.= 16	abn.k= 0	ab.nr= 6	lst= 10	eff= 2520
+ev= 1	ink.tid= 320	ink.per.= 175	abn.k= 0	ab.nr= 55	lst= 9	eff= 345
+ev= 1	ink.tid= 320	ink.per.= 33	abn.k= 0	ab.nr= 69	lst= 10	eff= 560
+ev= 1	ink.tid= 322	ink.per.= 20	abn.k= 0	ab.nr= 12	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 322	ink.per.= 110	abn.k= 0	ab.nr= 63	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 326	ink.per.= 114	abn.k= 0	ab.nr= 30	lst= 13	eff= 900
+ev= 1	ink.tid= 330	ink.per.= 74	abn.k= 0	ab.nr= 10	lst= 13	eff= 900







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811235-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Scandiaconsult AB, Stockholm.**

R87: 1984

ISBN 91-540-4172-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704087

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 35 kr exkl moms