



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

R7:1989

Bostäder som brukarstyrda energisystem

Thomas Lundgren

R
Jull

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Se

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
Tel 08-34 01 70
Telex 125 63. Telefax 08-32 48 59

Byggeforskningsrådet

R7:1989

BOSTÄDER SOM BRUKARSTYRDA ENERGISYSTEM

**Studier av variationen i energianvändning
i ett lågenergihusområde i Taberg**

Thomas Lundgren

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851090-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för
Byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska Högskola.**

REFERAT

Rapporten är en doktorsavhandling framlagd vid Arkitektursektionen vid Lunds Tekniska högskola. Avhandlingen analyserar variationen i energianvändning inom grupper av tekniskt sett identiska bostäder i ett experiment- och demonstrationsområde för energisnål bostadsbebyggelse, uppfört 1981. Lägenheterna, radhus- och trapphuslägenheter, har separata system för uppvärmning (direktel), ventilation (FTX) och varmvattenberedning. Statistiska energianalyser grundas på veckoavläsningar av elförbrukning, innemedeltemperatur och vattenförbrukning under en treårsperiod. SMHI:s klimatdata för den närbelägna Jönköpings flygplats ligger till grund för beräkning av utetemperatur och solinstrålning mellan avläsningstillfällena.

Vid för uppvärmningssäsongerna genomsnittlig utetemperatur och solinstrålning förklaras hälften av elförbrukningens variation av skillnader i innetemperatur och vattenförbrukning. Residualförbrukningen analyseras. Genomsnittlig solspareffekt under uppvärmningssäsong beräknas till ca 190 W för radhuslägenheterna och ca 140 W för trapphuslägenheterna, vilket motsvarar ca 65 resp 75% i solutnyttjandegrad.

Utgående från intervjuer och observationer påvisas att reglersystemet för innetemperatur inte är särskilt välanpassat till hyresgästernas vardagsverklighet. Tre olika förhållningssätt till energisparande porträtteras och analyseras: (1) det sparengagerade, (2) det ignoranta och (3) det pragmatiska. Hinder för energisparande diskuteras.

R7:1989

ISBN 91-540-4998-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Spångbergs Tryckeri, Stockholm 1989

FÖRORD

Som slutanvändare av energisystem har brukare av bostäder en nyckelroll för energihushållningen; en roll som emellertid ofta kommer i skymundan i energiforskningen. Förhoppningsvis kan den undersökning som här redovisas bidra till ökad insikt om dels brukarnas betydelse för bostäders energianvändning, dels betydelsen av teknikens utformning och karaktär för det sätt på vilket bostäder som energisystem används. En ambition har varit att slå en brygga mellan två synsätt, mellan ett tekniskt orienterat och ett mer brukarorienterat synsätt.

Avhandlingen har kommit till inom ramen för mitt arbete som forskningsassistent vid institutionen för byggnadskonstruktionslära vid Tekniska högskolan i Lund. Jag vill gärna rikta ett tack till min handledare professor Bo Adamson och till institutionsassistent Mona Åhlund vid institutionen för byggnadsfunktionslära, vilka gett mig värdefullt stöd i avgörande skeden av mitt arbete. Ett tack också till dem som under olika skeden varit behjälpliga, Eric Clark, Bengt Emanuelsson, Hans Follin, Bertil Fredlund, Hasse Kvist, Kerstin Larsson, Urban Lundh. Till sist ett särskilt tack till forskningsassistent Maria Wall för hennes medverkan i fältarbetet.

Tryckningen av avhandlingen har skett med stöd från Statens råd för byggnadsforskning.

Lund i december 1988

Thomas Lundgren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 1 INLEDNING 1
 - 1.1 Erfarenheter från några områdesstudier 2
 - 1.2 Allmänt om Taheundersökningen och dess förutsättningar 7
 - 1.3 Problemanalys och frågeställningar för undersökningen 8

- 2 UNDERSÖKNINGSOMRÅDET 13
 - 2.1 Bostadsområdet 13
 - 2.1.1 Bostadshusen 15
 - 2.1.2 Lägenhetstyperna 15
 - 2.2 Teknisk beskrivning 18
 - 2.2.1 Byggnaderna 18
 - 2.2.2 Elvärmesystem 18
 - 2.2.3 Ventilationssystem 20
 - 2.2.4 Varmvattenberedning 21
 - 2.3 Förvaltning 22
 - 2.3.1 Hyror och elpriser 22
 - 2.3.2 Lägenhetsförmedling 23
 - 2.4 Hyresgästinformation 23
 - 2.4.1 Information om förbrukning 24
 - 2.5 Hyresgästerna 25
 - 2.5.1 Hyresgästerna i radhuslägenheterna 26
 - 2.5.2 Hyresgästerna i trapphuslägenheterna 27
 - 2.5.3 Flyttningar under mätperioden 27

- 3 FÄLTUNDERSÖKNINGEN 28
 - 3.1 Mätdata 28
 - 3.1.1 Mätfel 30
 - 3.1.2 Standardisering av mätdata 30
 - 3.1.3 Variabelförteckning 31
 - 3.1.4 Datorprogram 31
 - 3.2 Intervju och observation 31

- 4 MÄTVÄRDESANALYS PÅ GRUPPNIVÅ 34
 - 4.1 Säsongvariationen 34
 - 4.1.1 Utetemperatur och solinstrålning 35
 - 4.1.2 Elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning 35

- 4.2 Regressionsanalys - vinterfallet 39
 - 4.2.1 Yttre driftsförhållanden 39
 - 4.2.2 Inre driftsförhållanden 41
 - 4.2.3 Yttre och inre driftsförhållanden 42
- 4.3 Regressionsanalys - sommarfallet 45
- 4.4 Solspareffekt och solutnyttjande 47
 - 4.4.1 Solklasser och solspareffekt 49
 - 4.4.2 Potentiell solspareffekt 53
 - 4.4.3 Solutnyttjandegrad 54
- 5 MÄTVÄRDESANALYS PÅ LÄGENHETSNIKIVÅ 56
 - 5.1 Årsselförbrukning 56
 - 5.1.1 Beräkning av normaliserad årsselförbrukning 56
 - 5.1.2 Variationen i årsselförbrukning 59
 - 5.1.3 Stabiliteten i årsselförbrukning 61
 - 5.2 Innetemperatur och vattenförbrukning 63
 - 5.2.1 Innetemperatur 63
 - 5.2.2 Vattenförbrukning 64
 - 5.2.3 Prediktorer för årsselförbrukning 65
 - 5.3 Konsumtion och residualförbrukning 66
 - 5.4 Driftslinjer 68
- 6 SYSTEMEGENSKAPERNAS PÅVERKBARHET 71
 - 6.1 Restposter/periodmedelvärdet (β_0) 71
 - 6.1.1 Restposternas nettoeffekt - en sammanfattning 78
 - 6.2 Specifika transmissions- och ventilationsförluster/
elförbrukningens temperaturberoende (β_1) 79
 - 6.2.1 Transmissionsförluster 79
 - 6.2.2 Ventilationsförluster 81
 - 6.3 Specifika avloppsförluster/vattnets åtgångstal (β_2) 83
 - 6.4 Solspareffekt/solutnyttjande (β_3) 87
- 7 ENERGIBALANSER 89
 - 7.1 Energibalanser på grupp nivå 89
 - 7.2 Energibalanser på lägenhetsnivå 93
 - 7.2.1 Extrem lågförbrukning 93
 - 7.2.3 Hög residualförbrukning 95
 - 7.2.3 Byte av hushåll 97

- 8 ERFARENHETER AV LÄGENHETERNAS TEKNISKA UTRUSTNING
 - 8.1 Elvärmesystemet 101
 - 8.1.1 Kalibrering av termostater 101
 - 8.1.2 Det centrala styrsystemet 104
 - 8.2 Ventilationssystemet 106
 - 8.2.1 Aggregatets åtkomlighet 106
 - 8.2.2 Injustering av normalventilation 106
 - 8.2.3 Eftervärmaren 109
 - 8.2.4 Frostskyddsautomatik 110
 - 8.2.5 Manövrering - val av driftsfall 111
 - 8.3 Varmattenberedaren 111
 - 8.4 kommentar 113

- 9 VILJAN TILL ENERGISPARANDE - OCH HINDER 114
 - 9.1 Viljan till energisparande 114
 - 9.1.1 Förhållningssätt till energisparande 115
 - 9.1.2 Tre förhållningssätt - tre poler 120
 - 9.1.3 Randanmärkningar 121
 - 9.2 Hinder för energisparande 122

- 10 RATIONELLA RUTINER 127
 - 10.1 Temperaturreglering 127
 - 10.1.1 Termostatsystemet 127
 - 10.1.2 Tiduret 129
 - 10.1.3 Profylaktisk värme 131
 - 10.1.4 Det ideala temperaturregleringssystemet - en diskussion 131
 - 10.2 Ventilationssystemet 133

- 11 SLUTORD 136
 - TABELLBILAGA 138
 - LITTERATUR 143
 - SUMMARY 145

1 INLEDNING

Strax före oljekrisen 1973-74 gjordes en omfattande undersökning av elförbrukningens variation i 93 eluppvärmda gruppbyggda småhusområden uppförda i slutet av 60-talet. Totalt omfattade undersökningen 3201 småhus (Lindström & Lundström, 1973).

Undersökningens resultat framgår av FIG.1.1. Där visas sambandet mellan spridningen i årselförbrukning och beräknad specifik transmission för hustypen. Det senare är en teknisk storhet som speglar betydelsen av husets storlek och dess isolerstandard för energiförbrukningen.

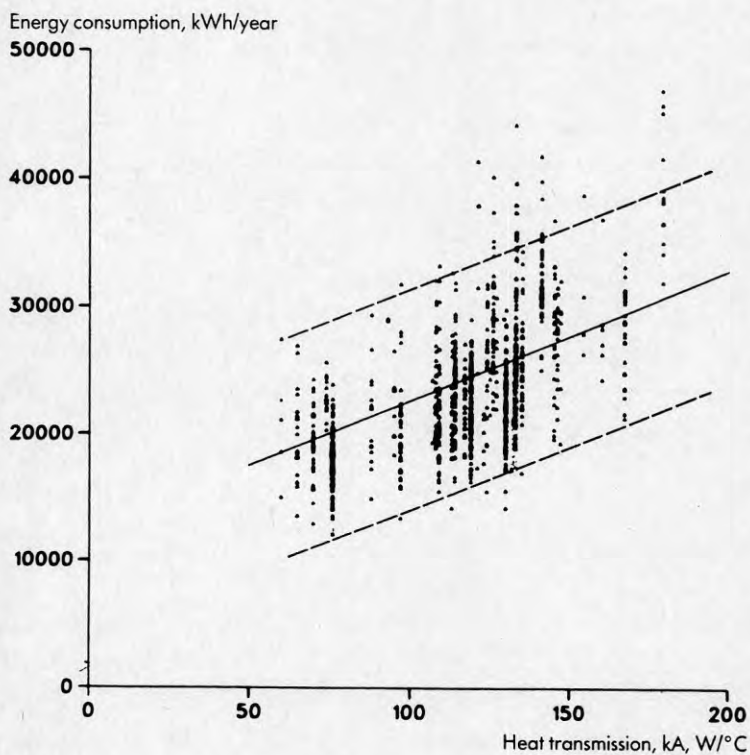


FIG.1.1 Normaliserad energiförbrukning och teoretiskt beräknad specifik transmission för 3201 elvärmade småhus. Det linjära sambandet är $E = 10932 + 90.0 \Sigma kA$. Den övre och undre linjen anger variationsvidden för 95% av observationerna. Figuren är hämtad från Lundström (1986).

Den dubbla standardavvikelsen längs regressionslinjen är närmare ± 8000 kWh/år, vilket kan tolkas som variationsvidden i energiförbrukning för 95% av de undersökta husen. Ett av undersökningens intressanta rön var att det inte gick att påvisa något statistiskt samband mellan standardavvikelse och medelförbrukning. Energiförbrukningens spridning var densamma i områden med låg som i områden med hög medelförbrukning; ett resultat som emellertid väcker vissa frågor, t ex om det kan generaliseras till 1980-talets bostadsområden uppförda med energisnål teknik.

Onekligen framstår förbrukningsvariationen som mycket stor. Om husen tekniskt sett är identiska och utsatta för samma yttre klimat, måste förklaringen till förbrukningsvariationen sökas i det sätt bostäderna används. På många sätt är det lätt att förstå varför "beteendefaktorer" alltmer kommer att uppmärksammas i samband med bostäders energihushållning. Brukarnas beteende utgör naturligtvis en betydande osäkerhetsfaktor när det gäller att förutsäga en byggnads energiförbrukning. Beteendet uppfattas inte sällan som en "störningsfaktor", bl a i samband med försök att under verkliga förhållanden testa spareffekter av tekniska åtgärder i befintliga byggnader.

I den utsträckning som förbrukningsvariationen blott är en spegling av det förhållandet att människor är olika - har olika behov, förutsättningar och intresse för energisparande - kan variationen uppfattas som naturlig. Att den likväl fångar vårt intresse, torde bero på att vi tolkar variationen som att vissa "sparar" medan andra "slösar"; att det med andra ord ryms en *besparingspotential* inom det av tekniken och klimatet betingade spelrummet för individuell variation; en besparingspotential som kan aktualiseras inte bara i kristider utan också redan nu för att nå en effektivare energihushållning - utan att människors levnadsstandard för den skull behöver äventyras.

1.1 Erfarenheter från några områdesstudier

Lundström har vid ett senare tillfälle närmare undersökt ett av de grupphusområden - 78 elvärmda småhus - som ingick i den större undersökningen från början av 70-talet (Lundström, 1986). Eftersom hans undersökningsmetodik varit mönsterbildande för senare undersökningar, finns det anledning att se närmare inte bara på resultaten utan också på själva metodiken.

Den uppgift som Lundström hade förelagt sig var att försöka förklara variationen i elförbrukning med i första hand *registerdata*, dvs med sådana uppgifter om husen och hushållen som är åtkomliga i offentliga register och arkiv. Undersökningen

gällde en 10-årsperiod med 28 avläsningsintervall (mätperioder). Vissa kompletterande data samlades in på platsen genom dold observation, dvs utan hushållens vetenskap.

Totalt konstruerades 21 variabler baserade på registerdata. Efter faktoranalys och korrelationsberäkningar kvarstod 8 variabler som lämpliga för klassificering av objekten:

- x_1 = makens ålder
- x_2 = hustruns inkomst
- x_3 = hushållsstorlek
- x_4 = antal tonåringar (13-17 år)
- x_5 = total hushållsinkomst
- x_6 = totala skatteavdrag
- x_7 = husets inköpspris
- x_8 = total belåning

Genom stegvis multipel regression testades för varje mätperiod den linjära modellen:

$$E = f(x_1 \dots x_8)$$

Resultatet blev negativt. De socioekonomiska variabelernas förklaringsgrad (determinationskoefficienten, R^2) varierade mellan 0.06 och 0.28 för de 28 undersökta avläsningsperioderna. Störst korrelation med elförbrukningen visade hushållsstorleken. Sambandet var genomgående positivt och relativt stabilt över tiden.

För att testa effekten av vissa kända tekniskt-strukturella skillnader mellan husen, t ex av tillbyggnader, konstruerades ett antal variabler:

- u_1 = teoretiskt beräknad transmission för huset
- u_2 = golvyta
- u_3 = orientering av fönster
- u_4 = garagetyp
- u_5 = förekomst av bastu
- u_6 = förekomst av eldstad

Variablerna ($u_1 \dots u_6$) infördes i den tidigare testade modellen varefter den stegvisa regressionen upprepades. Även detta resultat utföll negativt. Förklaringsgraden ökade endast obetydligt.

Slutligen kontrollerades garagetemperaturen genom termografering vid utetemperaturen -4°C i mitten av mars det sista mätåret. Garagetemperaturen överskred utetemperaturen med mer än 4°C endast i fem fall. Inte heller garagetemperaturen kunde påvisas ha någon signifikant effekt på elförbrukningen för den aktuella mätperioden.

Författarens slutsats är att "the energy consumption level in a specific single-family dwelling cannot be predicted on the basis of records relating to the house and household, and that the significance of technical/structural modifications in the form of extensions are of minor significance in comparison with those of occupancy." Man frågar sig onekligen vari består då "occupancy". Ett svar lämnar Lundström när han konstaterar den starka korrelation som fanns mellan elförbrukning och vattenförbrukning:

$$E = 16300 + 28 KV$$

där E = årselförbrukning, kWh/år

KV = årsvattenförbrukning, m^3 /år

Vattenförbrukningen förklarade mellan 37 och 52% av elförbrukningens variation beroende på mätår. Den beräknade koefficienten för vattenförbrukningen motsvarar en genomsnittlig temperaturhöjning av tappvattnet på ca 24 °C. Vattenförbrukning är alltså en viktig "beteendefaktor". Men vad innebär det att vara hög- eller lågförbrukare av vatten? Är vattenförbrukning associerat med mer än avloppsförluster?

Lundström kan visa att vattenförbrukningen är en mellanliggande variabel mellan hushållstorlek och elförbrukning. Det statistiska sambandet mellan hushållstorlek och vattenförbrukning är sedan länge också väldokumenterat och måhända inte heller särskilt svårt att inse.

Stabiliteten i elförbrukning för kvarboende hushåll är anmärkningsvärd. Korrelationen i årselförbrukning mellan åren är ca 0.90. Detta visar Lundströms undersökning, och det har också andra undersökningar visat. Vid byte av hushåll däremot, "minns" inte huset det tidigare hushållets förbrukning; då är korrelationen i det närmste noll. Detta måste ses som en mycket kraftfull demonstration av bostadsvanornas betydelse för energiförbrukningen.

Lundströms undersökning sträckte sig fram till hösten 1980. Det följande mätåret gjordes en ny undersökning i området (Palmberg, 1986). Denna gång samlades data in genom en intervjuundersökning strax efter mätårets slut. Analysmetodiken är i princip densamma. Men det finns en viktig skillnad i frågeställning. Medan Lundström sökte prediktorer i socioekonomiska förhållanden och i tekniskt-strukturella skillnader, ville Palmberg försöka identifiera faktiska beteenden. Han frågar vad hushållen brukar *göra* i sina bostäder. Speciellt intressanta är frågorna om energisparande beteende:

- Brukar ni sänka inomhustemperaturen när ni är på ferier?
- Försöker ni hålla skilda rumstemperaturer i olika rum?
- Drar ni för gradiner/persiennor på kvällen?
- Har ni ändrat varmvattenberedarens temperaturinställning?
- Brukar ni använda sparprogram för diskmaskinen?
- Har ni motorvärmaren ansluten till timer?
- Brukar ni slå av elradiatorer när ni vädrar?
- När ni handdiskar, brukar ni skölja i upptappat vatten?
- Stänger ni av varmvattenberedaren när ni är på ferier?
- Sänker ni temperaturen under natten?

Som framgår är det fråga om sparbetenden som regelmässigt brukar återfinnas i sparkampanjer riktade till hushåll. De positiva svarsfrekvenserna varierade mellan 22 och 77%. För den statistiska analysen konstruerar Palmborg ett endimensionellt index för energisparande beteende genom att räkna antalet positiva svar, från 0 till 10. 83% av hushållen angav mellan 3 och 6 positiva svar.

Det kan förefalla förbluffande, men det visade sig vara ett noll samband ($r = 0.01$) mellan "sparbeteende" och energiförbrukning. Visst finns det anledning att ifrågasätta intervjuarens trovärdighet och indexeringen. Men än viktigare torde vara att ifrågasätta valet av undersökningsmetodik. För att ett "sparbeteende" statistiskt inte förmår reducera variationen i energiförbrukning, betyder ju inte att beteendet i sig är oviktigt för energiförbrukningen. Den senare frågan kan formuleras som en kontrafaktisk hypotes: om hushåll som har för vana att t ex slå ifrån elradiatorerna när man vädrar, inte hade haft den vanan, hur pass mycket större skulle då energiförbrukningen ha varit? Det senare är en hypotes av substantiellt slag - den uttalar sig om verkliga förhållanden och den kan testas mot observationer (eller med hjälp av simuleringar). Först därefter kan man uttala sig om vanans betydelse som "energibeteende". Frågan om vanans förekomst i olika situationer och för olika kategorier av hushåll är sedan en helt annan fråga, som naturligtvis också den kan besvaras med hjälp av empiriska undersökningar.

Louise Gaunt har också undersökt elförbrukningens variation i elvärmda småhus i den sk Engstaundersökningen (Gaunt, 1984). Metodiken är densamma som i de båda andra undersökningarna. Skillnaden ligger främst i att Gaunt definierar begreppet "occupancy" som bostadsvanor, som ett komplex av vardagsrutiner. Med hjälp av enkäter och intervjuer har hypotetiskt viktiga bostadsvanor kartlagts och åsatts kvantitativa värden.

Gaunts viktigaste resultat är upptäckten av "duschandets" stora betydelse för att förklara energiförbrukningens variation. Skillnaden mellan de som duschar mest och de som duschar minst är 5500 kWh/år och 140 m³/år i vattenförbrukning. "Badandet" har däremot marginell betydelse. "Maskindiskande" hushåll har i genomsnitt 1600 kWh/år högre elförbrukning än "handdiskande" hushåll. (Siffrorna

avser kvarstående skillnader i elförbrukning efter korrigeringar med hänsyn till vissa kända och ovidkommande skillnader mellan jämförelsegrupperna.)

Hur ska dessa resultat rent allmänt tolkas? Ingen torde tvivla på att Gaunt är viktiga vanor på spåren - men här måste en distinktion göras, nämligen mellan viktiga *orsaker* till variationen och viktiga *vanor*. För att en vana i en statistisk analys ska kunna ge en partiell förklaring till variationen i elförbrukning krävs att vanan, såsom den är operationaliserad, varierar inom gruppen av undersökta hushåll. I den händelse att t ex "termostatinställning" är densamma för alla hushåll, är det en variabel som inte kan ge någon som helst partiell förklaring till variationen i elförbrukning av det enkla skälet att den är konstant i det undersökta urvalet. Men detta utesluter naturligtvis inte att inomhustemperaturen är viktig för energiförbrukningen. Man måste alltså noga skilja mellan faktorer som har betydelse för energiförbrukningens *storlek* och sådana som har betydelse för energiförbrukningens *variation*. Detta må vara elementärt - men beaktas inte denna distinktion, är risken för felaktiga slutsatser betydande. I Engstaundersökningen framstår t ex hushållens reglering av inomhustemperatur och ventilation som mindre viktiga vanor i förhållande till vanor som medför vattenförbrukning. En anledning har naturligtvis varit svårigheten att i efterhand få fram tillförlitliga mått på temperatur- och ventilationsbeteende under uppvärmningssäsongen. Alltför osäkra mått reducerar förklaringskraften. (Det lokala vattenverket kunde däremot lämna tillförlitliga uppgifter om individuell vattenförbrukning.)

I boken *Theory and Methods of Social Research* gör Johan Galtung en viktig distinktion mellan substantiella hypoteser "which is about social reality and to be tested by means of data" och generaliserande hypoteser "which is about data" (Galtung, 1967). De här refererade undersökningarna är av det senare slaget, dvs de syftar till att förklara data, i det här fallet variationen i elförbrukning. Det finns en fara när denna typ av undersökningar begränsas till *homogena områden*, till urval som är homogena inte bara i tekniskt-strukturellt avseende utan också socio-ekonomiskt som fallet ofta är i gruppbyggda småhusområden. När man i ett sådant område finner att t ex socio-ekonomiska förhållanden inte har någon betydelse för energiförbrukningen, är det ett resultat som naturligtvis inte utan vidare kan generaliseras. Empiriska generaliseringar kräver statistiskt dragna urval och dessutom urval av en helt annan storleksordning än vad som är möjligt att uppbringa i enstaka småhusområden.

1.2 Allmänt om Taheundersökningen och dess förutsättningar

Den undersökning som redovisas här, är också den en områdesstudie, utförd i Taheområdet, ett bostadsområde i Smålands Taberg. Bostadsområdet, som har fått ge namn åt undersökningen, beskrivs närmare i kapitel 2.

Taheområdet skiljer sig i viktiga avseenden från de bostadsområden som undersökts i de tidigare refererade områdesstudierna, främst genom att vara ett experiment- och demonstrationsområde för energisnål bostadsbebyggelse uppfört i början av 1980-talet. I Taheområdet är de tekniska förutsättningarna för hushållen att hålla en låg energiförbrukning avsevärt gynnsammare än i hus uppförda på 1960-talet. En annan viktig skillnad är att förbrukningsenheterna (bostäderna) i Taheundersökningen inte utgörs av enbostadshus utan av lägenheter i flerbostadshus, förvaltade av ett allmännyttigt bostadsföretag och upplåtna med hyresrätt. Dock tillämpas individuell mätning och debitering av energi- och vattenförbrukningen.

Till skillnad från lägenheter i centralvärmdda och centralt fläktventilerade flerbostadshus är Tahehusens lägenheter att betrakta som autonoma och sinsemellan oberoende förbrukningsenheter eftersom lägenheterna är utrustade med individuella system för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning. Lägenhets-skiljande väggar och bjälklag är extra värmeisolerade för att begränsa eventuell värmetransport mellan angränsande lägenheter, vilket är en förutsättning för att lägenheterna ska kunna betraktas som sinsemellan oberoende förbrukningsenheter. Detta är också en förutsättning för att individuell energidebitering grundad på mätning ska vara rättvis.

Taheområdet är ett förhållandevis litet bostadsområde. Där finns totalt 32 lägenheter fördelade på 4 grupper med 8 lägenheter vardera, vilka tekniskt är att se som identiska förbrukningsenheter. Det är alltså fråga om relativt små grupper av jämförbara bostäder jämfört med de gruppstorlekar som undersökts i de tidigare refererade områdesstudierna. Men i gengäld har Taheundersökningens analysförutsättningar varit avsevärt mycket bättre tack vare tillgången på tidssamlade mätdata (veckoavläsningar) av hög kvalitet under en period av närmare tre år för såväl inre driftsförhållanden (innetemperatur och vattenförbrukning) som för yttre driftsförhållanden (utetemperatur och solinstrålning). Dessa mätdata har erhållits genom samarbete med ett annat samtidigt pågående forsknings- och mätprojekt i området, vilket ansvarat för den tekniska utvärderingen av *byggnaderna* som energi- och klimatsystem, se vidare kapitel 3.

Det finns bland många en undran inför den till synes "oförklarligt" stora förbrukningsvariation som regelmässigt kan iakttas i områden med tekniskt sett identiska bostäder (Byggforskningsrådet, G16:1987). I denna undran, såsom den ofta kommer till uttryck bland lekmän och energiforskare och andra med intresse och ansvar för bostäders energihushållning, kan ofta spåras inslag inte bara av förundran utan också av irritation. Irritationen torde böttna i variationsorsakernas dolda natur. Variationsorsakerna kan ju inte avläsas i energiförbrukningen. Det ligger därför en lockelse i att avmystifiera förbrukningsvariationen genom att peka ut och göra reda för dess orsaker. Detta är själva upptakten till Taheundersökningen. Dess kunskapsintresse är emellertid vidare än så. Syftet är inte bara att förklara förbrukningsvariationen i "ett stycke verklighet" utan också att i denna verklighet analysera brukarnas villkor och förutsättningar för energisparande i driftsskedet. Ambitionen är att få tekniker att se bostäders energiförbrukning ur andra infallsvinklar än rent tekniska och fysikaliska men också att bibringa mer brukarorienterade forskare en förståelse för hur bostäder opererar som energisystem.

Kommentar om språkbruket: I fysikalisk bemärkelse är det oegentligt att tala om energiförbrukning eftersom energin i princip är oförstörbara. Vid energianvändning i t ex bostäder omvandlas tillförd energi från en högre till en lägre form. Energiförluster för bostaden resulterar i energitillskott för omgivningen. Den avgörande skillnaden är skillnaden i entalpi, vilket fysikaliskt sett är resultatet av energianvändningen. När det i undersökningen talas om energiförbrukning avses energianvändningens resultat såsom detta kan avläsas i t ex mätarställning, vilket är en konvention i litteraturen om den byggda miljöns energianvändning.

1.3 Problemanalys och frågeställningar för undersökningen

En bostads energiförbrukning kan ses i analogi med en klockas tickande. Ett sätt att förklarara tickandet är att plocka isär klockan och visa hur den är konstruerad. Vissa klockor går fortare än andra. För att förklara detta, måste man visa på olikheter i klockornas konstruktion. Men analogin med klockor haltar. Ty bostäder är som förbrukningsenheter öppna, självreglerande system, vilka styrs av brukarna. Dessa är systemets både beslutare och operatörer.

Energiförbrukningen determineras av tre faktorer:

- (1) bostadens tekniska egenskaper ("teknikfaktorn")
- (2) omgivningsklimatet ("klimatfaktorn")
- (3) det sätt på vilket bostaden används ("beteendefaktorn")

Takeundersökningens kunskapsintresse är fokuserat på "beteendefaktorn". Det är den som är "the ghost in the machine" i driftsskedet.

Att bebo en bostad är att intervensera i ett energisystem. Därför kan beteendefaktorn kopplas till energiförbrukningen genom begreppet *intervention*. Blotta närvaron innebär en form av intervention i energisystemet eftersom kroppsvärmen bidrar till rumsuppvärmningen. Underlåtenhet att vidtaga erforderliga underhållsåtgärder för att hålla bostaden och dess installationer i "trim" är också en form av intervention. Men det man kanske i första hand tänker på är utnyttjandet av tekniska system för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning, användning av elförbrukande apparater och varmvattenförbrukning. Ytterst kan dessa interventionsbeteenden reduceras till beteendeaakter, till "handgrepp" såsom termostat- och fläktinställningar, öppnande/stängande av kranar, ventiler, fönster mm. Det är alltså beteendeaakter som i sista hand kontrollerar energiförbrukningen. Energisystemet frågar inte efter beteendets avsiktlighet.

Interventionsbeteende som *explikandum*, dvs som det som förklarar energiförbrukningen, kan naturligtvis undersökas experimentellt genom att variera enstaka eller kombinationer av specifika energibeteenden (beteendefaktorer) i ett experimentfält. Men Takeundersökningen är ingen experimentell undersökning i klassisk mening, dvs med försöksledare som under kontrollerade betingelser manipulerar förklarande variabler (interventionsbeteendet). Den är en fältundersökning där själva poängen är att beteendet utspelas i ett naturligt sammanhang; ett sammanhang som det är önskvärt att undersökningen ingriper i och påverkar så lite som möjligt. Energianalysernas primära syfte kan formuleras så här: att kartlägga interventionsbeteendet inom grupper av typlika lägenheter och att påvisa interventionsbeteendets betydelse för energiförbrukningen.

För en eluppvärmd bostad kan energibalansen för en observationsperiod skrivas som en ekvation:

$$\text{TEL} + \text{PV} + \text{SV} = \text{TF} + \text{VF} + \text{AVL} + |\text{dL}|$$

där TEL = total elförbrukning

PV = personvärme

SV = solvärme

TF = transmissionsförluster

VF = ventilationsförluster

AVL = avloppsförluster

|\text{dL}| = värmelagring (nettoförändring)

Ekvationen är en fysikalisk modell av verkligheten. För bostäder i drift är det som regel inte praktiskt möjligt att mäta andra energiflöden än de som tillförs energiförbrukande apparater. För att fastställa energibalansens övriga delposter är man hänvisad till andra förfaranden än direkt mätning. Vid analyser av energisystem simuleras verkligheten, där simulering är en metod att med hjälp av matematiska modeller försöka efterlikna verkliga skeenden. Sådana modeller kan i princip göras oändligt komplexa. Men för att vara användbara, måste simulering-modeller, även de mest sofistikerade, arbeta med förenklingar av verkliga förhållanden.

För statistiska analyser av energiförbrukningen i en Tahlägenhet kan vi simulera en modell av verkligheten där mätvariablerna, dvs innetemperatur, vattenförbrukning, utetemperatur och potentiell solinstrålning, varierar mellan observationstillfällena medan allt annat är oförändrat. Ett sätt att undersöka hur lägenheten som energisystem opererar i denna modell av verkligheten är att statistiskt undersöka matematiska samband, t ex den linjära modellen:

$$\text{TEL} = |\beta_0| + \beta_1(T_i - T_u) + \beta_2 Q - \beta_3 I_p$$

där TEL = total elförbrukning

T_i = innetemperatur

T_u = utetemperatur

Q = vattenförbrukning

I_p = potentiell solinstrålning

och där β -koefficienterna är energisystemets parametrar, dvs dess systemegenskaper, vilkas statistiska egenskaper kan undersökas genom regressionsanalys för olika randvillkor (giltighetsområden). Avsikten är att speciellt analysera spelrummet för systemegenskapernas variation i driftsskedet inom grupper av typlika

lägenheter.

Vid givna yttre driftförhållanden (utetemperatur och potentiell solinstrålning) bestäms energiförbrukningen av systemegenskaperna och konsumtionen (inomhustemperatur och vatten). Hushållens energianvändningssätt i driftsskedet kan alltså beskrivas i termer av systemegenskaper och konsumtion.

Den för Taheundersökningen särskilt intressanta frågan är i vad mån systemegenskaperna och konsumtionen är *resultatet* av brukarnas intervention i energisystemet. Ett sätt att belysa den frågan är att jämföra systemegenskaper och konsumtion mellan hushåll inom grupper av typiska lägenheter.

Energianalyserna är så upplagda att de först utförs på gruppnivå, dvs för grupper av typiska lägenheter. Energiförbrukningens variation på gruppnivå är alltså en variation både i tid (mellan observationstillfällena) och i rum (mellan typiska lägenheter). Det sätt på vilket det (sammansatta) energisystemet opererar på gruppnivå kan uppfattas som "medellägenhetens/medelhushållets" sätt att operera. Med detta som jämförelsegrund kan de individuella hushållens energianvändning undersökas och beskrivas i termer av avvikelser. Analysernas slutmål är att försöka visa hur variationen i energiförbrukning mellan hushåll och lägenheter är beskaffad.

Det är en sak att undersöka interventionsbeteende som *explikandum*, dvs som det som förklarar energiförbrukningen, en helt annan att undersöka interventionsbeteende som *explikatum*, dvs som det som ska förklaras. I det senare fallet är det en fråga om att undersöka interventionsbeteende inte som beteendakter utan som handlingar med innebörd för människor; handlingar som är invävda i sociala, psykologiska, fysiologiska, tekniska, ekonomiska, administrativa, ja även historiska sammanhang. Interventionsbeteenden som handlingar kan man reflektera över och också samtala om. Man kan söka motiv och skäl för att ett visst interventionsbeteende och inte ett annat blivit en del av bostadsvanorna.

I en områdesstudie som denna, där antalet jämförbara undersökningsenheter är så pass litet, är det inte fruktbart att arbeta med kvantitativ faktoranalys för att *testa* hypotetiska förklaringar till skillnader i interventionsbeteende. Trots möjligheten att statistiskt undersöka samband mellan t ex inomhustemperatur och data om hushållet, är detta ett förfaringssätt som vi avstått från. Undersökningens karaktär av fallstudie gör den lämpligare för kvalitativ undersökningsmetodik. Det innebär att vi söker förklaringar till interventionsbeteendet i förståelsetermer snarare än i kausalitetstermer.

Ett sätt att förstå människors interventionsbeteende är att se beteendet i ett problemorienterat perspektiv, dvs som "lösningar" på problem som hushållet som brukare ställs inför i bostaden. Exempelvis ställer de tekniska systemen för uppvärmning och ventilation brukarna inte bara inför "utövande problem" utan också

inför beslutsproblem: vilka rutiner ska man välja för att hålla bostaden varm och ventilerad? I det perspektivet kan en rad frågor ställas för att belysa interventionsbeteendet: Hur ser hushållens problemvärld ut? Vad hindrar ett sparsammare beteende? Vad karaktäriserar de "lösningsstrategier" som kan iakttas?

Vissa hushålls interventionsbeteende framstår som mer energieffektiva/energisparsamma än andra. Man kan tänka sig två olika typer av förklaringar, dels "motivationsförklaringar", dels "situationsförklaringar". Energieffektivitet och energisparsamhet kan, enkelt uttryckt, undersökas som en fråga om "att vilja" och "att kunna". Det är i detta dubbla perspektiv som vi vill begripliggöra och förstå inte bara uppkomsten utan också förändringar av individuella interventionsbeteenden.

Av särskilt intresse är att i detalj granska interventionsbeteendets *tekniska* sammanhang. Att tekniken, dess utformning och karaktär, är anpassad till brukarnas behov och förutsättningar är naturligtvis ett generellt brukarkrav som motiveras inte endast av energisparskäl. Dessa skärper snarare kraven på en insiktsfull brukaranpassning av ingenjörskonsten.

Redan vid planeringen av Taheundersökningen beslöts att energianvändningen skulle följas upp inte bara genom mätvärdesanalys utan också genom besök i lägenheterna och intervjuer med de boende. Den uppmärksamhet som därigenom ofrånkomligen ägnas hushållens interventionsbeteende riskerar naturligtvis att påverka beteendet och därigenom mätresultatet. I experimentsammanhang är detta en ovidkommande "instrumenteffekt" som det finns anledning att uppmärksamma.

2 UNDERSÖKNINGSOMRÅDET

2.1 Bostadsområdet

Taheområdet ligger i utkanten av Smålands Taberg, alldeles intill landsvägen mot E4-an. Det började planeras i slutet av 70-talet som ett experiment- och demonstrationsområde för flerbostadshus med glasverandor och passiv energisparteknik. Byggnaderna har utformats i ett samarbete mellan professor Bo Adamsson och professor Bengt Hidemark. Den senare är områdets arkitekt. Området uppfördes 1980-81 och rön-te redan från början stor uppmärksamhet. Studiebesöken i området har varit många sedan dess.

Utformningsprinciper som varit vägledande för projekteringen av bostadshusen med hänsyn till energihushållningen är:

nord-sydlig orientering och generös uppglasning mot söder för passivt solutnyttjande

fast solavskärmning optimerad med hänsyn till å ena sidan passivt solutnyttjande och å andra sidan risken för besvärande övertemperaturer i lägenheterna vintertid

individuella glasverandor mot söder för att öka lägenheternas brukbarhet under vår och höst och för att öka sol- och himmelstrålningens spareffekt under uppvärmningssäsongen

direktverkande termostatstyrda elvärmesystem för ett effektivare utnyttjande av "gratisvärme" från elapparater, personer och solinstrålning

fläktstyrd till- och frånluftsventilation med värmeåtervinning för att minska ventilationsförlusterna

högre isolerstandard i yttreväggar, fönster, golv och tak än byggnormens föreskrifter

individuell mätning och debitering av energiförbrukningen som incitament för hushållens medverkan i energihushållningen

Taheområdet består av fyra tvåvånings flerbostadshus med tillsammans 32 lägenheter, en kvarterslokal och garagebyggnader. I kvarterslokalen finns tvättstuga, bastu och en samlingslokal. Området är omgivet av tät barrskog. Skogskaraktären har man till stora delar lyckats bevara inne i området.

En kvarts promenad och man når centrum. Än närmare är det till idrottsanläggningen och till en liten badsjö i närheten. Taheområdet är ändhållplats för en bussförbindelse till Jönköping, ca 15 km norrut.



Taheområdets södersida sett från landsvägen ut mot E4-an

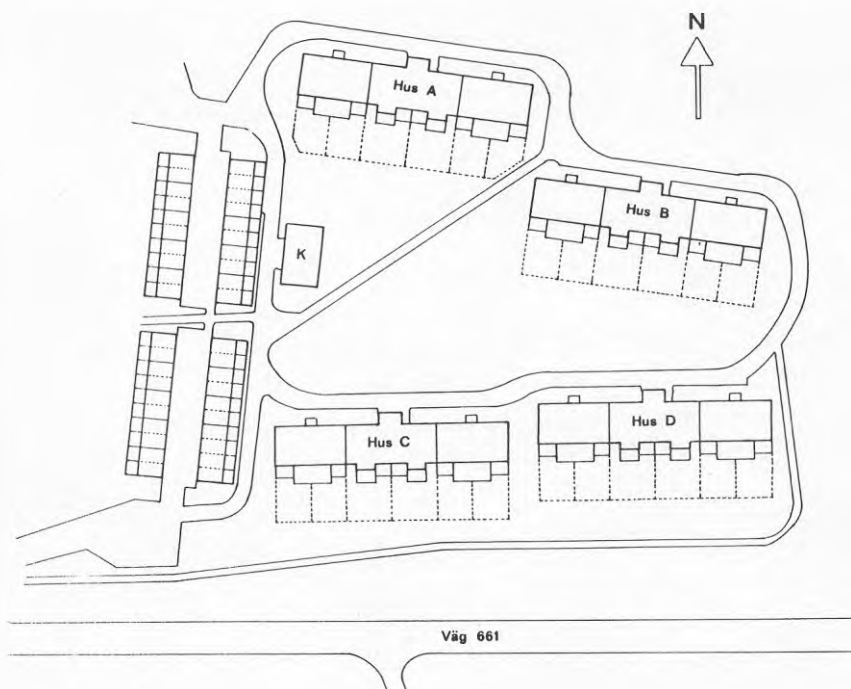


FIG.2.1 Taheområdets situationsplan

2.1.1 Bostadshusen

Bostadshusen består av huslängor som innehåller både lägenheter i trapphus och radhuslägenheter. En huslänga kan ses som sammansatt av tre block; ett mittblock och två sidoblock. Mittblocket består av ett trapphus med fyra lägenheter, två i vardera våningsplanet. Sidoblocken består vardera av två tvåvånings radhuslägenheter med entré från markplanet. Genom förskjutningar i höjded av blocken har huslängorna smidigt anpassats till terrängen.

Lägenheterna är försedda med glasverandor, vilka konstruktionsmässigt är att se som inglasade uterum/balkonger. I radhuslägenheterna sträcker sig glasverandorna över andra våningsplanets balkong. Golvytan i bottenplanet är där ca 16 m^2 , och för trapphuslägenheterna ca 10 m^2 .

Bostadshusen är källarlösa och saknar vindsförråd. Radhuslägenheterna har kallförråd i anslutning till entréerna medan trapphuslägenheterna har uppvärmda förråd i trapphusen. Hyr man garageplats, ingår ett extra kallförråd. Soprummen ligger i anslutning till trapphusentréerna. Särskilda förråd för glas- och pappersavfall finns vid en av garagebyggnaderna.

2.1.2 Lägenhetstyperna

Lägenheterna i de fyra bostadshusen är fördelade på:

16 radhuslägenheter på 4 RK, 106 m^2 (Typ 1 och 2)

8 trapphuslägenheter på $2\frac{1}{2}$ RK, 68 m^2 (Typ 3)

8 trapphuslägenheter på 2 RK, 62 m^2 (Typ 4)

I undersökningen har radhuslägenheterna delats in i lägenhetstyper, där typ 1 betecknar radhuslägenheter i gavelläge och typ 2 i mellanliggande ("inbäddat") läge. Trapphuslägenheterna på $2\frac{1}{2}$ RK i markplan betecknas typ 3 och de på 2 RK i ovanplan för typ 4. De två typerna av radhuslägenheter skiljer sig endast åt i energitekniskt hänseende. Typ 1 har en yttervägg (gavel) mot det fria medan motsvarande vägg för typ 2 är en lägenhetsskiljande vägg.



Närbild av några trapphuslägenheters glasverandor en solskensdag med öppna vädringsluckor och fällda solsnyddsgardiner. På eget initiativ har hyresgästerna i markplanslägenheterna satt upp "cafégardiner".



Entrésida mot norr. I det främre blocket inryms två tvåplanslägenheter på vardera sidan om det utskjutande förrådet. I mittblocket är det de fyra smålägenheternas trapphusentré som skjuter ut.

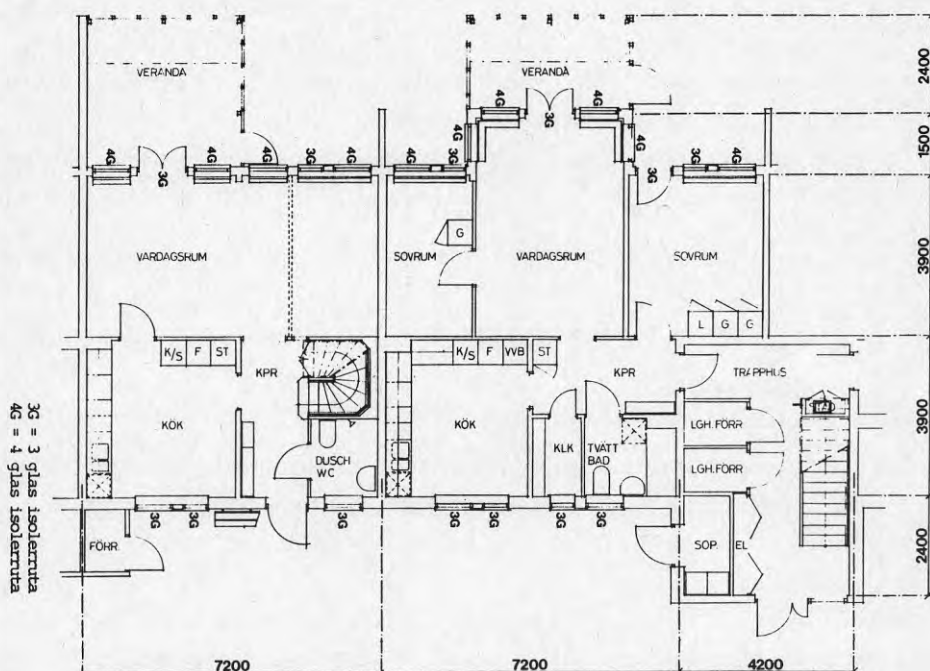
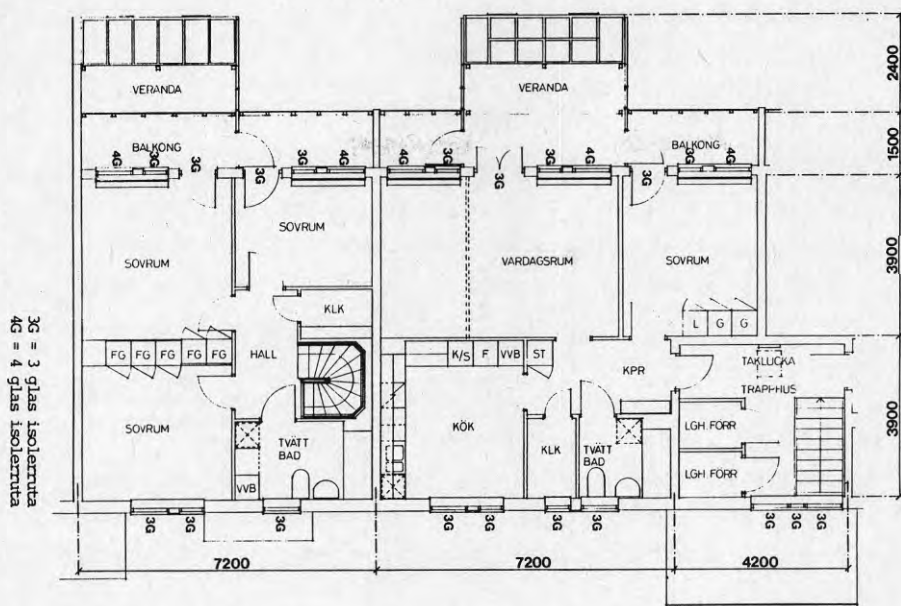


FIG.2.2 Lägenhetsplaner. Överst radhuslägenheternas ovanplan samt trapphuslägenhet 2 RK (typ 4). Nederst radhuslägenheternas bottenplan samt trapphuslägenhet 2½ RK (typ 3).

2.2 Teknisk beskrivning

2.2.1 Byggnaderna

Isolerstandarden är hög, men inte extremt hög. Vindsbjälklaget är isolerat med 350 mm mineralull och ytterväggarna med 240 mm i norrfasad, 170 mm i söderfasad och gavelväggarna med 200 mm. Bottenbjälklaget har 120 mm markskiva. Alla öppningsbara fönster har 3 glas isolerrutor medan fasta fönster har 4 glas. Teoretiska värmeövergångskoefficienter för alla ingående byggnadsdelar redovisas av Fredlund (1987), bilaga A.

Söderfasaderna är generöst uppglasade. Av den anledningen är specifika transmissionsförluster inte extremt små totalt sett för byggnaderna.

Lägenhetskiljande bjälklag och väggar är isolerade med 45 mm mineralull. Mellanbjälklag är byggda i betong liksom lägenhetskiljande väggar i bottenvåningar. I ovanvåningar är takbjälklag och lägenhetskiljande väggar utförda som regelkonstruktioner.

Verandornas inglasning är utförd med 4 mm enkelglas monterade i aluminiumprofiler burna av en fristående stålkonstruktion. De nedre snedtakens glas byttes mot härdat glas efter första vintern. Då hade tung blötsnö glidit av från de övre glasade snedtaken och brakat igenom snedtaken nedanför. Allt skedde på några timmar och väckte stor uppståndelse i området.

Glasverandorna har manuellt styrda vädringsluckor av konventionell växthustyp både i snedtak och väggar. För solskydd finns mot söder enkla bomullsgardiner som kan rullas ner.

2.2.2. Elvärmesystemet

Lägenheterna är försedda med direktverkande elradiatorer av fabrikat SIEMENS med inbyggda termostater. Termostatreglage och strömbrytare är placerade i elradiatorernas nedre högra hörn. Termostatreglaget är utformat som en ratt inskjuten i panelplåten.

Till alla elradiatorer, utom i badrum, klädkammare och entrérum, finns möjlighet att koppla in temperatursänkingsdon. Beroende på inkopplingsläge sänks rumstemperaturen 2, 4 eller 6°C. Temperatursänkningen erhålls genom att radiatorns inbyggda termostat värms med en konstant effekt, vilken styrs via en centralenhet av fabrikatet ETERMO. Centralenheten är placerad i hallen .

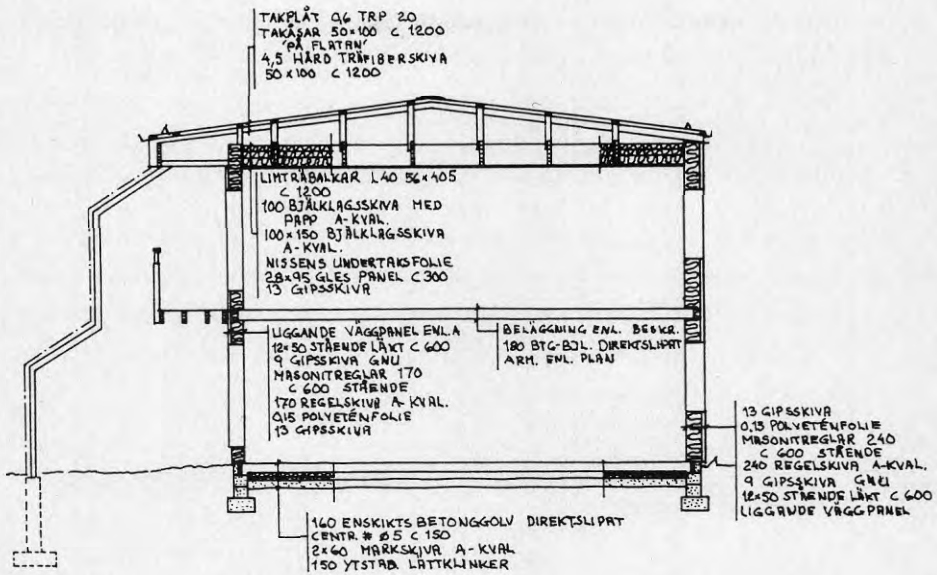


FIG.2.3 Sektion genom tvåvånings radhuslägenhet med glasveranda

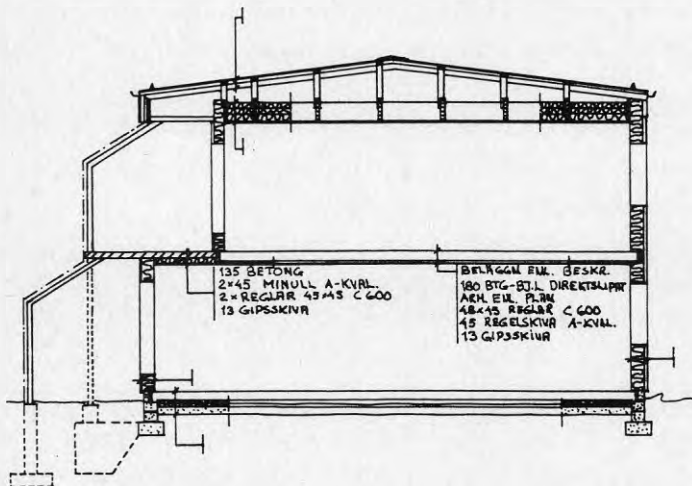


FIG.2.4 Sektion genom trapphuslägenhet, 2 RK i ovanplan samt 2½ RK i markplan

Den automatiska temperatursänkningen styrs av tidur (veckour). Tidpunkterna för in- och urkoppling av temperatursänkningen programmeras genom att fästa gröna respektive röda plasttryttare på urtavlans periferi. Med hjälp av vippomkopplare kan ettdera av tre driftsfall väljas:

- manuellt urkopplad temperatursänkning
- manuellt inkopplad temperatursänkning
- automatisk in- och urkoppling av temperatursänkning (tidur)

Elradiatorernas installerade effekt är stor, 5,7 kW i trapphuslägenheterna och 8,7 kW i radshuslägenheterna, vilket täcker värmebehovet för utemperaturer ned till ca - 60°C. Elvärmesystemets överdimensionering är fördelaktig vid intermittent drift. När all tillgänglig eleffekt kopplas in efter en period med värmen avstängd, värms rumsluften upp mycket snabbt.

2.2.3 Ventilationssystemet

Bacho System Minimaster är installerat i varje lägenhet. Detta är ett system för balanserad bostadsventilation med värmeåtervinning avsett i första hand för villor men marknadsförs också för lägenheter i flerbostadshus. Ventilationsaggregatet är en komplett enhet med fläktar, eftervärmare, luftfilter och spiskåpa. Aggregatet är placerat i överskåpet ovan spisen.

Vid injusteringen bör man, enligt fabrikantens anvisningar, försöka få tilluftsflödet ca 10% lägre än frånluftsflödet, vilket ger ett svagt undertryck. Därmed minskar risken för att (fuktig) rumsluft tränger in och kondenserar i tak, väggar och fönster.

Normalventilationen kan ställas in efter lägenhetens storlek genom att justera varvtalsinställningen för normalventilation. Därutöver kan hyresgästerna själva välja mellan tre fläkthastigheter: min, normal och max.

Tilluften tas in genom kökets norrfasad. Tilluftskanalen är värmeisolerad och leds ovan väggskåpen fram till ventilationsaggregatet. Före värmeväxlaren passerar tilluften ett rengöringsbart luftfilter för att därefter via en ljudfälla kanaliseras till vardagsrum, sovrum och klädkammare. Frånluften tas från kök och hygienrum genom överströmning från övriga rum.

Plattvärmeväxlaren är inbyggd i ventilationsaggregatet. Den innehåller ett stort antal korsvis lagda luftkanaler av tunn aluminiumplåt. Eftersom till- och frånluften strömmar i ett stort antal intill varandra liggande kanaler, blir den sammanlagda värmeväxlingsytan stor, vilket är av betydelse för återvinningseffekten.

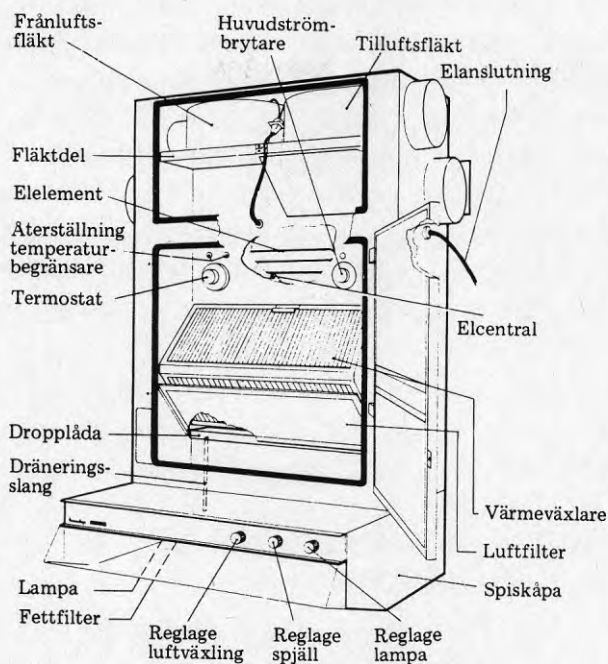


FIG.2.5 System BACHO Minimaster med värmeåtervinningsaggregat

Undersökningar av ventilationssystemets energiverkningsgrad vid olika driftsfall. indikerar att man bör kunna räkna med en genomsnittlig energiverkningsgrad på ca 50% under uppvärmningssäsong. Energiverkningsgradens känslighet för obalanser och igensättningar i filter har inte närmare undersökts.

Tilluftsdonen är placerade för bakkantsinblåsning, dvs i det inre av rummen och riktade mot yttervägg. Strypdonen utgörs av perforerade plåtar fasspikade i tilluftskanalernas utlopp. Luftspridningen sker i tilluftsdonet (ett poröst filter plus perforerad plåt).

2.2.4 Varmvattenberedning

Varje lägenhet är försedd med en egen elförsörd varmvattenberedare. Fabrikatet är PARCA NORRAHAMMAR, typ M300 VS. Magasinet är på 276 liter. Värmaren har två effektsteg, 1500 och 3000 W, som kan väljas individuellt.

Varmvattenberedningen styrs av ett antal termostater och ett tidur. Under perioder med den lägre natt-taxan laddas varmvattenberedaren maximalt upp till 80°C. Under dagtid tillåts temperaturen sjunka ned till 50°C. I radhuslägenheterna står varmvattenberedaren i badrummet, i trapphuslägenheterna i köket intill frysskåpet. Beredarna är isolerade med 30 mm polyuretanskum.

Tappvarmvattnet tempereras genom termostatstyrd inblandning av kallvatten i varmvattnet från beredaren. Termostatterperaturen ställs in individuellt av hyresgästen. Varmvattenberedarsystemet är utrustat med en termostatstyrd säkerhetsventil, som enligt anvisningarna manuellt bör utlösas emellanåt för att hålla ventilen i trim. Blandarna i kök och hygienrum är av snålspolande en-greppstyp. Dusch och badkar har termostatblandare. Lägenheterna är förberedda för installation av tvätt- och diskmaskin.

2.3 Förvaltning

Bostadsområdet förvaltas av stiftelsen Tabergshem. Det är en äldre stiftelse som tidigare endast förvaltade ett litet antal lägenheter i Taberg.

2.3.1 Hyror och elpris

Det första året var lägenhetshyrorna:

4 RK	2.120 kr/mån
2½ RK	1.320 kr/mån
2 RK	1.240 kr/mån

Hyrorna är kallhyror. För garageplats tillkommer 100 kr/mån.

Hyresgästerna abonnerar själva på elström hos Jönköpings elverk. I området tillämpas dag- och natt-taxa. 1981 var elpriset 16 resp 11 öre/kWh och energiskatten 4 öre/kWh. Elverket avläser elmätarna endast en gång per år. Tre av fyra kvartalsdebiteringar är alltså schablondebiteringar. Den fasta avgiften var 520 kr/år (16 ampere).

Efter förhandlingar med hyresgästföreningen tillåts individuell debitering även av vattenförbrukningen. Av olika skäl gjordes detta aldrig det första året.

2.3.2 Lägenhetsförmedling

Lägenheterna har förmedlats med hjälp av exploateringskontorets bostadsavdelning i Jönköpings kommun, som bl a ordnade en utställning av Taheområdet under uppförandetiden. Området uppmärksammades bl a av lokalpressen. Vid förmedlingen upplystes hyresgästerna om att området var föremål för vetenskapliga undersökningar.

Då Tahehusen stod inflyttningsklara i maj 1981 var fyra radhuslägenheter och en trapphuslägenhet ännu outhyrda och förblev så över sommaren. Först i oktober var alla lägenheter uthyrda utom en, en radhuslägenhet, som stod outhyrd ända till april året därpå. En av lägenheterna, en 2-rumslägenhet, disponerades av institutionen som experimentlägenhet (mätlägenhet) fram till sommaren 1983.

Förvaltningen hade alltså vissa svårigheter att få samtliga lägenheter uthyrda, särskilt radhuslägenheterna. Till en del förklaras detta av att det just vid den tidpunkten fanns gott om outhyrda lägenheter i regionen. Den personal som handlagt ansökningar och förfrågningar hos Stiftelsen Tabergshem menade att Taheområdet allmänt uppfattades som ett mycket attraktivt bostadsområde men att bostadskostnaden (kallhyra, garagehyra och förväntade vatten- och energikostnader) av många ansågs vara alltför hög. Detta gällde i synnerhet för radhuslägenheterna. Presumptiva hyresgäster hade tyckt att de lika gärna kunde vända sig till villamarknaden. Inte sällan framfördes uppfattningen att Taheområdet var mer lämpat för bostadsrätt än för hyresrätt. Den uppfattningen fanns även företrädd bland de som kom att flytta till Tahehusen, i synnerhet bland radhuslägenheternas hyresgäster.

Vid några tillfällen hade förvaltningen avslagit ansökningar från hushåll som man av en eller annan anledning inte ville ha in i området, vilket givetvis haft en viss inverkan på det hyresgästurval som ingår i undersökningen.

2.4. Hyresgästinformation

Något improviserat inbjöds hyresgästerna mitt i sommaren till en träff i kvarterslokalen där Bo Adamson och Bengt Hidemark berättade om principerna för områdets utformning och om förväntningar vad gällde energihushållningen. Tyvärr kom inte så många. Men det gjorde det däremot till det informationsmöte som hölls i början av november i Tabergs-Salen. Då hade hyresgästerna också hunnit få vissa erfarenheter av att bo i området. Det blev ett ganska livligt möte. En del hyresgäster passade på tillfället att vädra sitt missnöje med allsköns brister som man menade

sig ha upptäckt i lägenheterna och inte minst i glasverandorna, som man menade var alldeles för otäta. De flesta klagomålen rörde redan protokollförda besiktningss-
anmärkningar, vilka så småningom kom att rättas till. Eftersom stämningen på
mötet var en aning irriterad, kom dess informativa del, där representanter för fab-
rikanterna detaljerat berättade om hur elvärme- och ventilationssystemet samt
varmvattenberedningen fungerade, inte att nå fram i den utsträckning som mötes-
ledningen haft förhoppningar på.

Tveklöst blev det så att den viktigaste informationen till hyresgästerna bibringades
i samband med de intervjuer som gjordes en kort tid därefter i lägenheterna. Då
kunde var och en ställa sina frågor och informationen anpassas efter behovet, och
kanske viktigast av allt: vi som utförde intervjuerna kunde då *förevisa* hur de tek-
niska delsystemen och komponenterna fungerade. Se vidare avsnitt 3.2.

I lägenheterna hade installatörerna lämnat kvar informationsstenciler och diverse
broschyrer om lägenheternas tekniska utrustning. Men som informationsmaterial
var detta alldeles för omfattande och för tekniskt för att alla skulle kunna tillgodo-
göra sig det. Många läste det aldrig utan nöjde sig med att stoppa undan det i en
byrålåda. Risken för att nästa hyresgäst aldrig får se det var uppenbar.

Hyresgästerna har alltid kunnat kontakta förvaltningen per telefon eller genom
personligt besök. Efter förmäga har vaktmästaren i området hjälpt en del hyresgäs-
ter, särskilt de äldre, med att få ordning på lägenhetens tekniska utrustning.

Taberg är ett litet samhälle, och Taheområdet är ett litet bostadsområde. Grann-
kontakterna är där inte lika anonyma som de ofta är i storstadsregionernas bostads-
områden. Förvånansvärt många hyresgäster kände eller kände till varandra sedan
tidigare, vilket naturligtvis var gynnsamt för informationsspridningen i området.
Värdet av grannkontakter för energihushållningen ska inte underskattas. Genom
samtal och besök hos varandra utbyter man erfarenheter om hur saker och ting
fungerar och bör vara.

2.4.1 Information om förbrukning

Under den första uppvärmningssäsongen fick hyresgästerna ingen information om
elförbrukningen, inte annat än elverkets schablondebiteringar. I början av den
andra uppvärmningssäsongen, hösten 1982, fick de genom vår försorg med posten
datorritade diagram som visade elförbrukning, inomhustemperatur och vatten-
förbrukning vecka för vecka för den gångna tolv månadersperioden, dels för den

egna lägenheten, dels för jämförelselägenheten, dvs för gruppen av typiska lägenheter. Årsförbrukningen av el och vatten samt medeltemperaturen inomhus under vinterperioden både för den egna lägenheten och för jämförelselägenheten redovisades i tabellform.

I slutet av samma uppvärmningssäsong våren 1983, strax innan den upphörde, fick hyresgästerna ånyo information om sin förbrukning. Men den gången skedde det i samband med att de intervjuades en andra gång.

2.5 Hyresgästerna

De hyresgäster som bott i Tahehusen under mätperioden representerar hushåll med olika erfarenheter, behov och livsstilar. Men ett har de alla gemensamt, nämligen att ha flyttat just till Tahehusen.

De flesta kom från kommunalägda hyreshus. I ansökan till Stiftelsen Tabergshem angavs "vantrivsel", "otrygghet", "barnvänlig miljö" och liknande synpunkter som flyttningsorsak. Endast i två fall nämndes "trångboddhet" som skäl för att flytta.

TAB.2.1 Hushållssammansättning (hushållstyp) fördelad på lägenhetstyper för de först inflyttade i Tahehusen.

	Typ 1+2 (4RK)	Typ 3 (2½RK)	Typ 4 (2RK)	ALLA
<u>Barnhushåll:</u>				
två vuxna med barn	16	5		21
en vuxen med barn		1		1
<u>Pensionärshushåll:</u>				
samboende par		2	3	5
ensamboende			1	1
<u>Övriga hushåll:</u>				
yngre samboende par			1	1
yngre ensamstående			2	2
(måtlägenhet)			1	1
	16	8	8	32

TAB.2.1 visar hushållssammansättningen fördelat på lägenhetstyper för de först inflyttade i Tahehusen. Uppgifterna är hämtade från intervjuundersökningen. Hushållen i radhuslägenheterna är alla barnfamiljer. Barnfamiljerna är också flest i den näst minsta lägenhetstypen, typ 3. Där finns dock två pensionärshushåll. I den minsta lägenhetstypen, typ 4, finns inga barnhushåll. Men där är i gengäld hushållens ålderssammansättning mest varierad.

2.5.1 Hyresgästerna i radhuslägenheterna

Endast två hushåll hade nybildats i samband med inflyttningen. Alla inflyttade kom från Jönköpings kommun eller, som i ett fall, från en angränsande kommun. Fyra av dem bodde redan sedan tidigare i Taberg. Sex kom från Norrahammar, en tätort som gränsar till Taberg. Fem hade tidigare bott i egen villa. På frågan varför man flyttat, nämndes:

- hade fått chansen att sälja (2 hushåll)
- hade blivit änka
- för mycket jobb med villan som man inte var road av
- klarade inte skötseln pga yrkesskada

Antalet barn i radhuslägenheterna varierar mellan ett och fyra (med 2.3 barn i medeltal). Familjerna representerar något olika ålderstadier. I närmare hälften av dem fanns inga småbarn (barn under 7 år).

Kvinnornas ålder vid inflyttningen varierade mellan 24 och 44 år och männens mellan 27 och 43 år. Kvinnornas medianålder var 30 år och männens 33 år. Även om ålderskillnaderna inte är så stora, så framstod under intervjuerna vissa föräldrars livsstil som mer "ungdomlig" än andras.

Alla män är yrkesarbetande på heltid eller, som i ett fall, studerande. I fem hushåll är kvinnorna hemma och passar barn, i de övriga förvärvsarbetar de, mestadels på halvtid, som

- dagbarnvårdare
- hemsamarit
- sjukvårdsbiträde
- kontorsanställd
- affärsanställd
- restauranganställd

En viss uppfattning om teknisk kompetens och socialgruppsstillhörighet ger männens yrken:

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| - metallarbetare | - städledare |
| - chaufför | - vävmästare |
| - elmontör | - högskolestuderande ekonom |
| - rörmontör | - representant |
| - montör | - egenföretagare |
| - plåtslagare | - verkmästare |
| - vårdare | - avdelningsföreståndare |
| - byggnadsarbetare | - personalchef |

2.5.2 Hyresgästerna i trapphuslägenheterna

Barnfamiljerna i trapphuslägenheterna är alla mycket unga och bor på bottenvåningen i 2½ RK (typ 3). Endast i ett fall förvärvsarbetar kvinnan i familjen utanför hemmet.

Pensionärshushållen består av pensionärspar och ensamboende änkor. Pensionärernas ålder varierade mellan 62 och 78 år vid inflyttningstillfället. Pensionärerna utgör ingen enhetlig grupp. Bland dem finns de som är högst vitala och kompetenta, men också några som måste ha viss hjälp (hemsamararit) för att överhuvudtaget kunna bo kvar.

I gruppen övriga hushåll bor alla på ovanvåningen i 2 RK (typ 4). Hushållsmedlemmarna är här mycket unga, mellan 20 och 25 år, och saknade barn när de flyttade in.

2.5.3 Flyttningar under mätperioden

Påfallande många flyttade under mätperioden, särskilt från radhuslägenheterna. Efter två år, vid början av uppvärmningssäsongen för det tredje mätåret, hade närmare hälften av radhuslägenheterna bytt hyresgäster och i trapphuslägenheterna närmare en fjärdedel.

Varför flyttade man? Någon systematisk undersökning har inte gjorts. Av grannar, förvaltningspersonal och några av utflyttarna har vi förstått att det för de flesta har handlat om att flytta till eget hus. I två fall är utflyttningen en direkt följd av skilsmässa och i ett av dödsfall.

Trots de många in- och utflyttningarna i området har hushållssammansättningen för de olika lägenhetstyperna i stort sett bibehållits mellan mätåren.

3 FÄLTUNDERSÖKNINGEN

Den undersökning som här redovisas är att se som en delstudie till forskningsprojektet "Smålands Taberg". Detta projektet har slutredovisats av Bertil Fredlund i byggforskningsrapporten R106:1987, *Flerbostadshus med glasverandor, Taberg*. I denna redovisas studier av byggnaderna som energi- och klimatsystem baserade huvudsakligen på sk intensivmätningar av fysikaliska tillstånd och processer i fyra lägenheter i en hushalva, vilken instrumenterats för automatisk mätning varje timma; mätvärden som via telefonnätet överförts till institutionens centraldator. Därutöver har en serie kompletterande experiment och punktmätningar utförts i enstaka lägenheter, i synnerhet i den lägenhet, en trapphuslägenhet (lägenhetstyp 4), som institutionen disponerade som speciell mätlägenhet under de två första mätåren och som då stod obebodd.

Utöver intensivmätningarna i de fyra mätlägenheterna har elförbrukningen, inomhustemperaturen och vattenförbrukningen registrerats varje vecka i Taheområdets samtliga lägenheter under en mätperiod av närmare tre år. Inom forskningsprojektet "Smålands Taberg" analyseras dessa mätdata endast på byggnadsnivå och således inte på lägenhetsnivå, vilket görs i den undersökning som här redovisas, vars huvudtema är variationen i energianvändning mellan lägenheter och hushåll. Denna har planerats och utförts som ett självständigt forskningsprojekt men i samarbete med mätprojektets forskningspersonal. I undersökningen utnyttjas inte bara insamlade mätvärden utan också andra rön och insikter som gjorts i mätprojektet. Då så sker, hänvisas till huvudrapporten (byggforskningsrapporten R106:1987).

3.1 Mätdata

Taheundersökningens statistiska energianalyser grundas på manuella veckoavläsningar av lägenheternas inre driftsförhållanden avseende:

- total elförbrukning
- vattenförbrukning
- medeltemperatur inomhus

Den mätperiod som här utnyttjas för analyser startar den 20 oktober 1981 och upphör den 27 juni 1984, dvs den totala mätperioden sträcker sig över närmare tre år.

Lägenheternas inomhustemperaturer har registrerats med hjälp av TT-mätare (tid-temperaturmätare), som är en elektronisk temperaturmätare med givare av NTC-motstånd (termistor). Mätarnas display består av lysdioder med en skenbart "vandrande punkt" som tänds i halvgradssteg inom intervallet 18.5 - 26.5 °C. Utsignalen, som är proportionell mot givartemperaturen, integreras över tid i ett impulsräkneverk. Markeringarna mellan två avläsningstillfällen omräknas till medeltemperaturen för avläsningsperioden enligt:

$$T = C_1 M/h + C_2$$

där T = medeltemperatur

C_1, C_2 = konstanter (mätarens karaktäristika)

M = antal markeringar mellan avläsningstillfällena

h = antal timmar mellan avläsningstillfällena

Trapphuslägenheterna har givarpunkten placerad i hallen som står i öppen förbindelse med kök och vardagsrum. Radhuslägenheterna har två givarpunkter, i hallen på vardera våningsplanet.

Lägenheternas elförbrukning har mätts uppdelad på dag- och nattel. Elmätarna har liksom vattenmätarna varit anslutna till slavräkneverk i trapphus. Vattenförbrukningen har mätts med vinghjulsmätare. (Mätutrustningen beskrivs närmare i huvudrapporten, kap.4.3.) Samtliga mätarställningar har lästs av i början av varje vecka av vaktmästaren i området och postats till institutionen, där de inlästs i dator, varefter vissa rutinkontroller utförts.

Eftersom den speciella TT-mätare som användes under mätperioden för registrering av utomhustemperaturen brast i tillförlitlighet, som det senare kom att visa sig, har vi som mått på utetemperaturen i stället valt att använda SMHI:s registreringar av dygnsmedelvärden för utetemperaturen vid den närläggna Jönköpings flygplats.

Det mått på solinstrålning som används vid de statistiska analyserna av elanvändningen grundas på soldata beräknade enligt SOLTIMSYN-modellen för SMHI:s klimatdata för Jönköpings flygplats. Timvärden för solinstrålningen genom ett modellfönster (1 m²) har beräknats och summerats för varje avläsningsintervall. Modellfönstret utgörs av ett söderorienterat 4-glasfönster på 1 m² med bredden 0.71 m och höjden 1.40 m med ett oändligt långt överhäng med djupet 1.4 m placerat 0.4 m över glasets överkant. Modellfönstret avser att på ett förenklat sätt repre-

sentera det genomsnittliga solinstrålningsförhållandet för de olika lägenhetstyperna. I huvudrapporten redogörs utförligt för de teoretiska modeller som använts vid beräkning av modellfönstrets solinstrålning.

3.1.1 Mätfel

Alla lägenheternas elmätare har gått utan avbrott under hela mätperioden. Vattenmätarna har också fungerat utan synbarliga fel, så när som på en, som mestadels stått stilla under hela mätperioden. På grund av sin konstruktion kan TT-mätarna inte registrera lägre temperaturer än 10°C . Mätaren stannar vid lägre temperaturer. Detta har kunnat iakttas i lägenheter som stått ouppvärmda (outhyrda) under kalla perioder. Detta har emellertid inte haft någon betydelse för de statistiska analyserna, eftersom obebodda lägenheter uteslutits i analysurvalen.

Avläsningarna i Tahehusen har oftast skett på förmiddagen, omkring klockan 10, medan SMHI:s medeltemperaturer avser dygn mellan klockan 00 - 24. Det förekommer därför en viss tidsförskjutning mellan den tidsperiod för vilken utomhustemperaturen registrerats och avläsningsperioderna i området. Men det är en typ av mätfel som i sig inte innebär något systematiskt fel, eftersom avvikelserna jämnar ut sig. Ett för högt värde ena veckan kompenseras av ett lägre nästa. Det mått på solinstrålning som används, modellfönstrets solinstrålning, är inte konstant proportionellt mot solinstrålningen för de verkliga lägenheterna över uppvärmningssäsongen. Det finns en tendens till att modellfönstret relativt sett underskattar solinstrålningen något för observationer i slutet av uppvärmningssäsongen. Detta framgår av huvudrapporten, kap.9.2. För de regressionsanalyser som senare ska utföras torde detta mätfel emellertid sakna nämnvärd betydelse.

3.1.2 Standardisering av mätdata

Vid manuell avläsning under en mätperiod som sträcker sig över närmare tre år är det ofrånkomligt att avläsningsintervallens längd kommer att variera något. Därför har alla observationsperioder standardiserats till samma antal timmar. Vi har här valt tiden 1 timme. Det innebär att uppmätt elförbrukning och beräknad solinstrålning uttrycks som medeleffekter (W) och vattenförbrukningen som medelvattenflöde (l/h). Under mätår 3 kom avläsningsintervallet vid två tillfällen att utsträckas till två veckor och vid ett tillfälle till tre veckor. I observationsurvalen för de statistiska analyserna har dessa observationer dubblerats respektive tredubblats. På så sätt representerar alla observationer i det närmaste exakt en vecka.

3.1.3 Variabelförteckning

Undersökningen av hushållens elanvändning grundas på en statistisk analys av elförbrukningens beroende av inne- och utetemperatur, vattenförbrukning och solinstrålning. Variablerna betecknas:

TEL = total elförbrukning uttryckt som medeleffekt, W

TEMP = medeltemperaturskillnad inne-ute, °C

INNE = medeltemperatur inomhus, °C

KV = vattenförbrukning uttryckt som medelvattenflöde, l/h

SOL = modellfönstrets medelsolinstrålning, W/m²

3.1.4 Datorprogram

För statistiska analyser har använts datorprogrammet MINITAB (Ryan, 1982), som är ett interaktivt datorprogram särskilt lämpat för regressions- och tidsserieanalys. Variabelbeteckningarna är anpassade till MINITAB:s utskriftsmanér. Boken *Regressions- och tidsserieanalys med och utan datorstöd* (Anderson et al, 1983) har legat till grund för tolkning av regressionsberäkningar.

3.2 Intervju och observation

Under mätperioden har hushållen besökts och intervjuats vid två olika tillfällen, första gången kring årskiftet det första mätåret. Då hade de flesta hunnit bo in sig en tid, mellan två och åtta månader beroende på successiv inflyttning. Ett år senare, under våren det andra mätåret, har hushållen besökts och intervjuats en andra gång.

Intervjuerna utfördes av rapportförfattaren med assistans av forskningsassistent Maria Wall, som även förde protokoll och stod för viss fotodokumentation. Kontakten med hushållen togs på platsen genom att vi ringde upp och avtalade om tid för ett besök, oftast samma dag eller dagen därpå.

För hushåll med två vuxna eftersträvade vi att bägge skulle delta i intervjun. Men så blev det inte alla gånger. Av praktiska skäl var vi tvungna att intervjua även på dagtid vid våra besök i Taberg.

Endast i två fall släpptes vi aldrig in för en intervju. I det ena fallet var det frågan om regelrätt vägran och i det andra om sjukdom. Annars har hyresgästerna varit utomordentligt tillmötesgående. Att vi förr eller senare skulle kontakta dem, visste

de. Det hade vi informerat om på informationsmötena.

Inför det *första intervjutillfället* utarbetades ett frågeformulär som stöd för intervjuerna. Frågeformuläret var uppdelat på ett antal frågeområden, såsom hushållsmedlemmarnas tidigare boendefarenheter, temperatur- och ventilationsvanor, synpunkter på lägenhetens tekniska utrustning. Att det senare - interventionsbeteendets *tekniska* sammanhang - skulle engagera hushållen under intervjuerna, var vi inte alldeles oförberedda på. Det hade vi förstått av det informationsmöte som föregick intervjuerna. Däremot var vi, när den första intervjuomgången påbörjades, inte riktigt förberedda på att vi så självklart skulle komma att uppfattas som "experter", som införstådda med hur installationerna var tänkta att fungera. Detta var i och för sig inte så förvånande, eftersom vi legitimerade vår närvaro och vår frågvishet med att det handlade om att samla in hyresgästernas synpunkter och erfarenheter av att bo i experimentområdet. Dessutom var vi efter de båda informationsmötena och våra förberedande besök i området av många igenkända som på ett eller annat sätt medansvariga för den vetenskapliga utvärderingen av Tahehusen. Man kom därför att uppfatta oss som ombudsmän eller instruktörer snarare än som intervjuare.

Intervjuerna kom därför inte att genomföras riktigt på det bundna och strikta sätt som ursprungligen hade planerats. De fick snarare karaktär av öppenhjärtiga samtalsintervjuer - inte så att frågeområdena förlorades ur sikte, utan snarare så att dessa fördjupades och förde oss närmare intervjupersonernas känslor och föreställningsvärld än vad vi ursprungligen vågat hoppas.

Intervjuerna kom främst att struktureras av de observationer som systematiskt gjordes av fläktinställningar, luftfilter, värmeväxlare, termostatinställningar, tidursprogram, varmvattentemperatur och annat som visade hur bostaden användes vid intervjutillfället. Dessa observationer, som gjordes tillsammans med de hushållsmedlemmar som deltog i intervjun, kunde inte göras vid köksbordet utan fick göras genom något som närmast liknade en rundvandring i lägenheten. Observationerna väckte nyfikenhet och föranledde frågor, inte bara från vår sida utan också från hushållets, vilket gav naturliga utgångspunkter för uppföljande samtal om hushållets konkreta problemvärld och handlingsstrategier.

Med den inriktning intervjuundersökningen kom att få, var det omöjligt att utföra intervjuerna i en anda av opartiskhet och oberördhet från vår sida. Det hade inte heller varit fruktbart när syftet, som i vårt fall, inte bara vara att samla fakta om personer, beteenden och händelser utan också att bli delaktiga i den problemvärld som var hushållens. Under intervjuerna har vi - förutom vid några enstaka tillfällen - inte dolt vår inlevelse och förståelse för intervjupersonernas känslor av irritation när fel och brister i lägenheternas tekniska utrustning uppdagades. Detta

kan vara en av anledningarna till att intervjupersonerna visade oss ett förtroende och en öppenhet som ibland kunde kännas en aning besvärande genom de inblickar vi därigenom fick i hushållens privata förhållanden.

På en punkt har vi emellertid eftersträvat strikt neutralitet, och det gäller hållningen till energisparande, som vi betraktat som en privatsak. Vi har försökt undvika att påverka hyresgästens motivation för energisparande genom att endast visa intresse för energisparandets *tekniska* betingelser. Om vi därigenom väckt till liv ett intresse för energisparande, så är det inte avsiktligt.

Hushållens benägenhet att i intervjusituationen utnyttja oss som instruktörer, ställde oss inför kravet att snabbt bli "kompetenta" brukare. För att svara upp mot det kravet använde vi oss av den obebodda mätlägenheten som "träninglägenhet". Den process genom vilken vi kom att praktiskt lära känna energisparandets tekniska betingelser - genom successivt självupplevda erfarenheter - utgör ett viktigt inslag i undersökningsmetodiken.

Den *andra intervjuomgången* planerades som i stort sett en upprepningen av den första, men med den skillnaden att för kvarboende hushåll fokuserades intresset på de förändringar som skett i hushållets situation, interventionspraxis och målsträvanden sedan förra besöket. Dessutom ville vi denna gång särskilt studera hushållets spontana reaktioner i det ögonblick då det konfronterades med uppgifter om lägenhetens energiförbrukning. Vi såg detta som en intressant metod att få inblick i hushållets energimedvetenhet och inställning till energisparande.

Alltsedan fältarbetets första dag har en viktig källa till information varit personalen vid den lokala förvaltningen, som bland annat har hållit oss underrättade om vad som tilldragit sig i området mellan våra besök i Taberg. Den vägen har vi också fått tillgång till ansökningshandlingar och hjälp med att spåra utflyttade hyresgäster för att efterfråga flyttningsmotiv.

Genom rundvandringar i området vid olika årstider har mer eller mindre systematiska observationer gjorts av glasverandornas utnyttjande, fönstervädring och användningen av solskydd.

Alla intervjuer med hushållen spelades in på band. Att avlyssna dessa har på många sätt varit fascinerande. Man upptäcker att tonfall och pauseringar ofta avslöjar mer än ord. Bandutskriften har samlats i *dossierer*, där förbrukningsuppgifter förts in tillsammans med observationsprotokollen. Till dossiererna har också fogats egna iakttagelser och reflektioner från intervjutillfällena. Detta är det grundmaterial som de tolkningar och analyser som görs i undersökningens andra resultatdel baseras på.

4 MÄTVÄRDESANALYS PÅ GRUPPNIVÅ

De statistiska analyserna är så uppplagda att de först utförs på gruppnivå, dvs för grupper av typiska lägenheter. På gruppnivån uppträder förbrukningsvariationen således som en variation *både* i rum, dvs mellan typiska lägenheter, och i tid, dvs mellan observationstillfällen.

På gruppnivå framstår respektive lägenhetstyp som *ett* av flera lägenheter sammansatt energisystem. På gruppnivå utgör energisystemet ett referenssystem för jämförande analyser på lägenhetsnivå, dvs för energianvändningens variation mellan lägenheter och hushåll. Det senare görs i nästföljande kapitel.

Undersökningen avser bebodda lägenheter och är uppdelad på vinter- och sommarfall.

Eftersom vi har tillgång till soldata av hög kvalitet, tages tillfället i akt att i ett särskilt avsnitt (avsnitt 4.4.) närmare undersöka sambandet i vinterfallet mellan elförbrukning och solinstrålning. Tahehusen har ju planerats för tillgodogörande av passiv solvärme.

4.1 Säsongvariationen

Inledningsvis redovisas hur utetemperatur, solinstrålning, elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning för undersökta lägenheter varierar över *medelåret* för mätperioden i sin helhet. I FIG 4.1 t o m FIG 4.4 är säsongvariationen konstruerad medelst centrerade glidande medelvärden. Principen är att bilda medelvärdet av närliggande observationer. Fem på varandra följande avläsningsperioder ingår i medelvärdesbildningen. Beräkningsgången har varit följande: först har varje avläsningsperiod omkodats till kalenderveckonummer. Eftersom mätperioden varat i närmare tre år, representeras varje kalendervecka av tre avläsningsperioder. Undantaget är v27 t o m v42, vilka endast representeras av två avläsningsperioder.

Det centrerade glidande medelvärdet för vecka nr n beräknas som medelvärdet för observationerna under veckorna $n-2$, $n-1$, n , $n+1$ och $n+2$. För t ex vecka v1 bildas medelvärdet av observationerna v51, v52, v1, v2 och v3. På så sätt har säsongvariationen för mätperiodens medelår beräknats. Glidande medelvärden ger en klarare bild av den genomsnittliga säsongvariationen, eftersom tillfälliga variationer därigenom dämpas.

4.1.1 Utetemperatur och solinstrålning

Utetemperaturens och solinstrålningens variation över medelåret framgår av FIG. 4.1. Solinstrålningen avser modellfönstrets solinstrålning, se avsnitt 3.2. Den horisontella avskärmningens effekt sommartid framgår mycket klart.

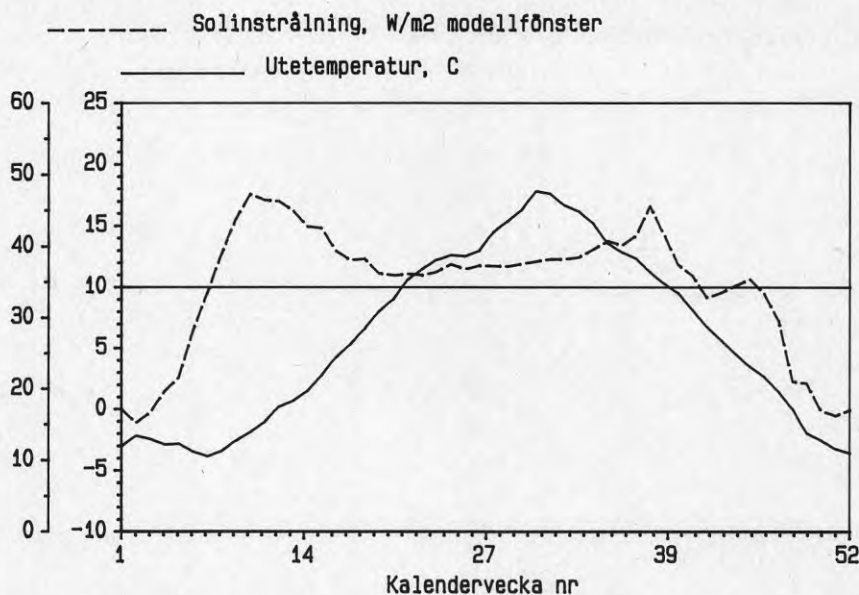


FIG.4.1 Utetemperatur och solinstrålning. Säsongsvariationen under mätperioden beräknad medelst centrerade glidande medelvärden med 5 termer. Solinstrålningen avser modellfönstret, W/m^2 .

En jämförelse med SMHI:s statistik för åren 1960-1975 visar att utetemperatur och solförhållanden för medelåret är att betrakta som i stort sett normala för orten.

4.1.2 Elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning

Vissa lägenheter har stundtals stått obebodda och ouppvärmda under mätperioden. För att endast få med observationer i bebodda lägenheter har vattenförbrukningen använts som grund för avgränsning. Gränsen har satts vid en genomsnittlig vattenförbrukning på 500 liter/vecka. Observationer i lägenheter med mindre vattenförbrukning har uteslutits ur undersökningen. Detta är det kriterium som använts för definiera "obebodda" lägenheter. Att använda vattenförbrukningen som avgränsningskriterium är praktiskt lätthanterligt. En lägenheten med stor vattenförbrukning behöver bara vara bebodd ett à två dygn under veckan utan att observationen för den skall utesluts. Men å andra sidan är risken liten för att kontinuer-

ligt bebodda lägenheter med sparsam vattenanvändning utesluts.

Säsongvariationen i genomsnittlig elförbrukning, innetemperatur och vattenförbrukning för de olika lägenhetstyperna framgår av FIG.4.2 t o m FIG.4.4, vilka visar genomsnittliga timvärden, dvs elförbrukning uttrycks som genomsnittlig eleffekt ($Wh/h = W$) och vattenförbrukning som medelvattenflöde (l/h). I FIG.4.4 kan avgränsningskriteriet, vilket motsvarar ca 3 l/h, jämföras med säsongvariationen för de olika hushållstypernas genomsnittliga vattenförbrukning.

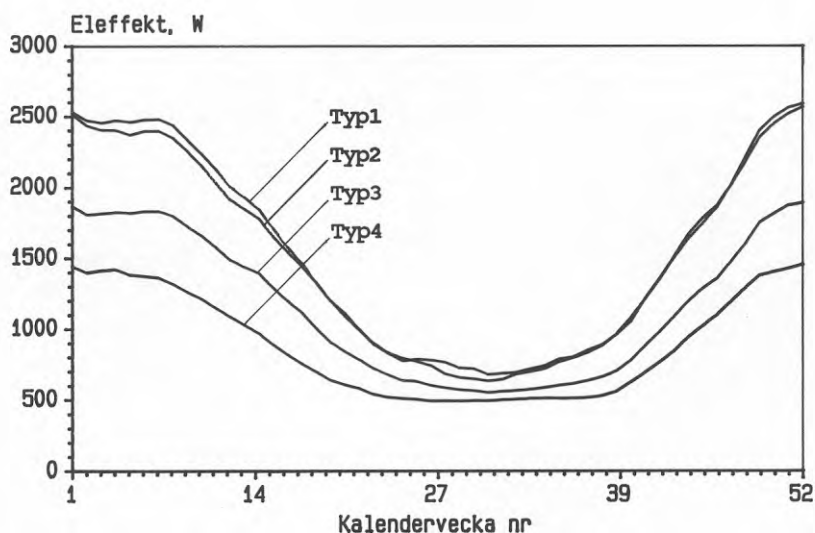


FIG.4.2 Elförbrukning. Säsongvariationen under mätperioden beräknad medelst centrerade glidande medelvärden med 5 termer för respektive lägenhetstyp. Elförbrukningen avser genomsnittliga timmedelvärden, Wh/h.

Skillnader i elanvändning mellan lägenhetstyperna framstår som skillnader i amplitud och i årsmedeleffekt. Ju större amplitud desto högre årsmedeleffekt.

Skillnaderna minskar som väntat sommartid. Då gör sig skillnader i tekniska egenskaper inte gällande på samma sätt. Medeleffekten går då ner till ca 700 W i radhuslägenheterna och till ca 500 W i smålägenheterna. Under sommaren utgörs elförbrukningen till en inte ringa del av fast förbrukning, för kyl, frys, fläktar och av varmvattenberedarens värmeförluster (värmeläckage) till det rum i vilket den står.

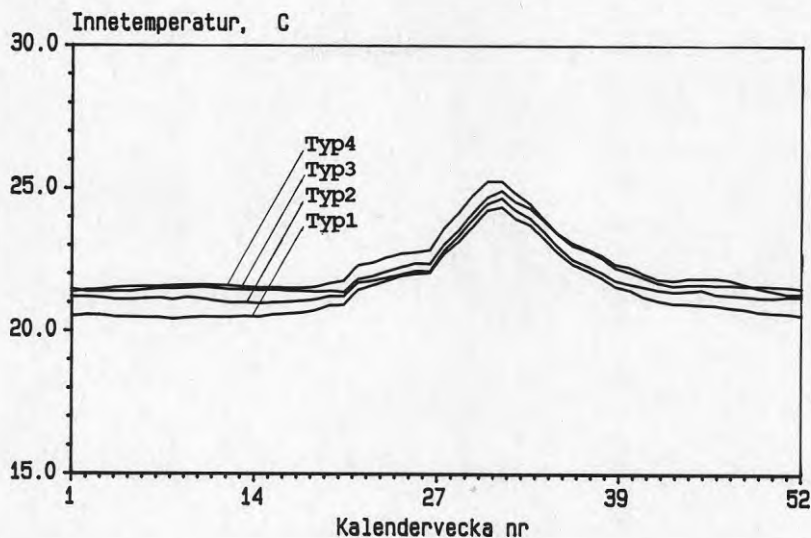


FIG.4.3 Innetemperatur. Säsongsvariationen under medelåret för mätperioden beräknad medelst centererade glidande medelvärden med 5 termer för respektive lägenhetstyp. Veckomedelvärden, °C.

Som framgår av FIG.4.3 finns det vissa små nivåskillnader i genomsnittlig innetemperatur (veckomedelvärden) mellan lägenhetstyperna. Dessa skillnader är tillfälliga i den meningen att de speglar genomsnittliga skillnader i temperaturreglering mellan lägenhetsgrupperna.

I mitten av maj närmar sig uppvärmningssäsongen sitt slut. Detta indikeras av att innetemperaturens veckomedelvärden då ökar. Under högsommaren når innetemperaturen upp mot 25 °C. När det har varit som varmast, har veckomedelvärden kring 28 °C registrerats i oboboda lägenheter, trots att söderfönsternas horisontella avskärmning är avsevärd, se sektionsritning, FIG.2.4. En bidragande orsak till höga innetemperaturer sommartid kan ha varit att ventilationssystemets värmeväxlardel varit inkopplad i alla lägenheter även sommartid under hela mätperioden. Men större betydelse för höga innetemperaturer sommartid torde glasverandorna ha haft. Om solskyddsgardinerna varit upprullade och ventilationsanordningarna stängda, har stora värmemängder transporterats in i lägenheterna under perioder med värmebölja, i synnerhet om verandadörren mot lägenheten stått öppen. Detta har många vittnat om under intervjuerna. Men allmänt sett har höga inomhustemperaturer inte uppfattats som något problem. Efter solnedgången sjunker oftast utetemperaturen till en behaglig nivå, och då har man med hjälp av korsdragsventilation kunnat modifiera inomhustemperaturen.

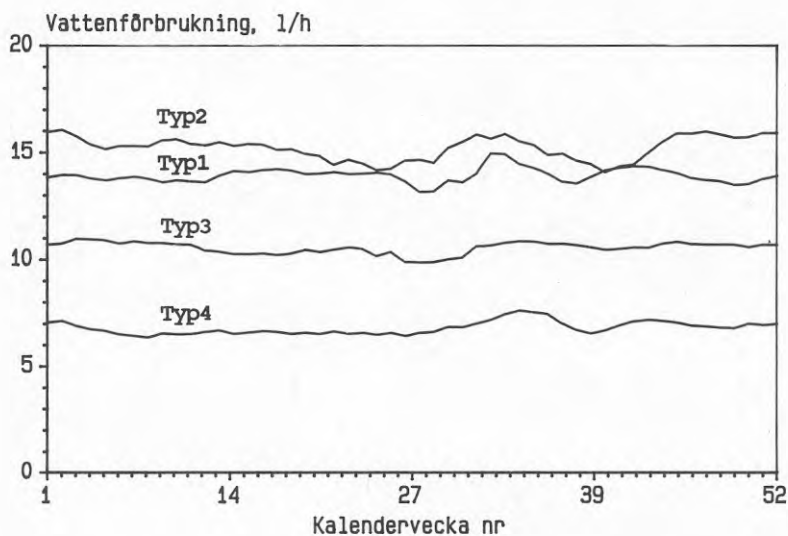


FIG.4.4 Vattenförbrukning. Säsongvariationen under medelåret för mätperioden mätperioden beräknad som glidande centrerat medelvärde med 5 termer för respektive lägenhetstyp. Vattenförbrukningen avser genomsnittliga timvärden (l/h).

Vattenförbrukningens säsongvariation - eller snarare frånvaro av säsongvariation - framgår av FIG 4.4. Observera att inga observationer är medtagna för obebodda lägenheter, dvs där vattenförbrukningen är mindre än ca 3 l/h. Därmed är eventuella effekter av säsongberoende bortvaro eliminerad, som t ex av sommarsestrar.

4.2 Regressionsanalys - vinterfallet

I detta avsnitt undersöks sambandet mellan periodmedelvärden för elförbrukning (effekt), innetemperatur, vattenförbrukning, utetemperatur samt solinstrålning med hjälp av linjär regressionsanalys. Uppvärmningssäsongen, dvs vinterfallet, är så definierad att den startar då veckomedeltemperaturen utomhus understiger 10°C och upphör då veckomedeltemperaturen överstiger 10°C . För medelåret inträffar detta vecka 39 resp vecka 21 enligt FIG.4.1. Av FIG.4.3 framgår att efter vecka 39 börjar innetemperaturens stabiliseras på en jämn nivå för att sedan börja öka markant vecka 21, vilket indikerar att uppvärmningssäsong upphör. Det är mot bakgrund av bl a dessa iakttagelser som gränstemperaturen 10°C har valts. För vinterobservationer omfattar urvalsramen totalt 94 observationsperioder (veckor) och för sommarobservationer 46 observationsperioder (veckor) hämtade från tre mätår.

I obebodda lägenheter med elvärmens avstängd har innetemperaturen sjunkit markant vid låga utetemperaturer. Värmetransporten från angränsande uppvärmda lägenheter är då inte försumbar, även om lägenhetsskiljande väggar och bjälklag är försedda med extra värmesolering. Därför har observationer i lägenheter som gränsar till en eller flera lägenheter med 3°C lägre inomhustemperatur uteslutits.

Under en decembervecka och en januarivecka var det extremt kallt det första mätåret. Medelutetemperaturerna var då -14.7 respektive -15.0°C . Många hushåll som aldrig annars använde fläktventilationens minläge, gjorde detta i stor utsträckning just dessa veckor. Då dessutom extremt kalla observationsperioder har en oproportionerligt stor inverkan på linjär regressionsanpassning mellan elförbrukning och utetemperatur, har dessa två veckor avgränsats från de observationssurval som här undersöks. (De ingår emellertid i beskrivningen av säsongvariationen i föregående avsnitt.)

4.2.1 Yttre driftsförhållanden

De mätvariabler som beskriver yttre driftsförhållanden är utetemperatur (UTE) och solinstrålning (SOL).

Sambandet:

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{UTE} + b_2 \text{SOL} \quad (4.1)$$

utnyttjas här för en regressionsanpassning av lägenheternas elförbrukning (TEL) till utetemperatur (UTE) och solinstrålning (SOL), där variablerna avser period-medelvärden uttryckta som timmedelvärden.

TAB.4.1 Samband mellan elförbrukningens medeleffekt (W) och utetemperatur ($^{\circ}C$) samt solinstrålning (W/m^2) beräknat enligt ekvation (4.1) för de olika lägenhetstyperna i vinterfallet.

R^2 = determinationskoefficient, s = residualspridning.

Lgh- typ	Antal obs.	Beräknad regressionsanpassning:	R^2	s
1	650	TEL = 2291 - 105 UTE - 5.79 SOL	.547	457
2	621	TEL = 2256 - 99.7 UTE - 6.10 SOL	.619	379
3	652	TEL = 1696 - 75.2 UTE - 4.52 SOL	.753	207
4	624	TEL = 1302 - 58.1 UTE - 4.20 SOL	.631	221

UTE-koefficienten anger elförbrukningens (medeleffektens) genomsnittliga känslighet för förändringar av utetemperaturen vid oförändrad solinstrålning inom det undersökta temperaturområdet. För t ex lägenhetstyp 1 sjunker den genomsnittliga eleffekten med 105 W när utetemperaturen ökar en grad. SOL-koefficienten anger eleffektens genomsnittliga känslighet för förändringar av solinstrålningen vid oförändrad utetemperatur. För lägenhetstyp 1 sjunker eleffekten med 5.79 W när modellfönstrets solinstrålning ökar med 1 W/m^2 .

I TAB.4.1 redovisas även determinationskoefficienten (R^2) och residualspridningen (s). Determinationskoefficienten anger regressionsmodellens förklaringsgrad, dvs den andel av den totala variationen i eleffekt som förklaras av utetemperatur och solinstrålning. Som mest förklaras 75% (lägenhetstyp 3) och som minst 55% (lägenhetstyp 1). En inte ringa del av variationen kvarstår alltså oförklarad. Residualspridningen (s) kan tolkas som eleffektens genomsnittliga avvikelse från prediktionsmodellen, dvs från den eleffekt som kan avläsas av det beräknade regressions sambandet.

Mätfel kan vara en källa till residualvariation, som t ex avläsningsfel. När det gäller mätarställningar påverkas inte mätvärdenas medelvärde av felavläsningar. Däremot minskar R^2 , likaså tenderar säkerheten i skattningar av regressionskoefficienter att sänkas. Modelfel, t ex antagandet om linjära samband, kan var en annan felkälla. Modellen beaktar inte heller t ex vind- och snöförhållanden. Men den huvudsakliga källan till residualvariationen torde vara att söka i inre driftförhållanden, som t ex skillnader i innetemperatur och vattenförbrukning.

4.2.2 Inre driftsförhållanden

Följande samband mellan residual (RESID), beräknad enligt ekv (4.1), och inne-temperatur (INNE) samt vattenförbrukning (KV) har beräknats:

$$\text{RESID} = b_0 + b_1 \text{ INNE} \quad (4.2)$$

$$\text{RESID} = b_0 + b_1 \text{ KV} \quad (4.3)$$

$$\text{RESID} = b_0 + b_1 \text{ INNE} + b_2 \text{ KV} \quad (4.4)$$

Resultatet av regressionsberäkningarna framgår av TAB.4.2. Observera att residualvariationen, liksom förbrukningsvariationen, är en variation både i rummet (mellan typiska lägenheter) och i tiden (mellan observationstillfällen). Detta försvårar naturligtvis tolkningen av regressionsberäkningarnas resultat. Styrkan är emellertid det stora antalet observationer som ingår i observationsurvalet.

TAB.4.2 Samband beräknade enligt ekv (4.2) t o m ekv (4.4) mellan residual (W) beräknad enligt ekv (4.1) och inne-temperatur °C samt vattenförbrukning (l/h). R^2 = determinationskoefficient, s = residualspridning.

Lgh- typ	Ant. obs.	Ekv.	Beräknad regressionsanpassning:	R^2	s
1	650	4.2	RESID = - 5089 + 246 INNE	.661	266
2	621		RESID = - 5914 + 279 INNE	.562	251
3	652		RESID = - 2730 + 127 INNE	.223	188
4	524		RESID = - 2535 + 117 INNE	.228	186
1	650	4.3	RESID = - 954 + 68.4 KV	.456	337
2	621		RESID = - 612 + 39.5 KV	.510	265
3	652		RESID = - 243 + 22.9 KV	.293	180
4	524		RESID = - 223 + 28.5 KV	.299	185
1	650	4.4	RESID = - 4465 + 202 INNE + 21.4 KV	.684	257
2	621		RESID = - 4221 + 183 INNE + 21.5 KV	.647	225
3	652		RESID = - 2867 + 123 INNE + 22.3 KV	.499	151
4	524		RESID = - 2731 + 116 INNE + 29.2 KV	.513	154

Innetemperaturen förklarar en betydande del av residualvariationen i radhuslägenheterna (typ 1 och 2) medan innetemperaturens förklaringsgrad är väsentligt mindre för smålägenheterna (typ 3 och 4). En jämförelse mellan ekv (4.2) och

ekv (4.1) visar att residualförbrukningens känslighet för skillnader i innetemperatur är ungefär dubbelt så stor som elförbrukningens känslighet för förändringar i utetemperatur. Variationen i innetemperatur är främst en variation mellan lägenheter och i mindre grad mellan observationstillfällen. Utetemperaturen däremot varierar endast mellan observationstillfällena.

Även vattenförbrukningen förklarar ensamt en betydande del av residualvariationen, vilket även här gäller särskilt för radhuslägenheterna (typ 1 och 2). Att vattenförbrukningen är en förhållandevis stark prediktor av elförbrukningen är ett rön som gjorts även i andra undersökningar, t ex Lundström (1986) och Gaunt (1985) som bägge undersökt grupper av elvärmda småhus.

Residualvariationens samband med *både* inomhustemperatur och vattenförbrukning visar ekv (4.4). INNE-koefficienterna minskar genomgående när vattenförbrukningen införs som en ytterligare förklarande variabel, men är fortfarande förhållandevis stora i jämförelse med UTE-koefficienterna enligt ekv (4.1). KV-koefficienterna intar värden som mycket nära torde återspegla verkliga genomsnittliga specifika avloppsförluster, möjligen med undantag för lägenhetstyp 4. KV-koefficienterna motsvarar en genomsnittlig temperaturhöjning av vattenflödet på mellan 18 och 25 °C. (I avsnitt 6.2.3 analyseras sambandet mellan varmvattenberedarens elförbrukning och varm- och kallvattenförbrukning för fyra specialundersökta lägenheter.)

4.2.3 Yttre och inre driftsförhållanden

Följande samband mellan elförbrukningens medeleffekt och temperaturdifferens inne-ute (TEMP), solinstrålning (SOL), vattenförbrukning (KV) samt innetemperatur (INNE) har undersökts:

$$TEL = b_0 + b_1 TEMP \quad (4.5)$$

$$TEL = b_0 + b_1 TEMP + b_2 SOL \quad (4.6)$$

$$TEL = b_0 + b_1 TEMP + b_2 SOL + b_3 KV \quad (4.7)$$

$$TEL = b_0 + b_1 TEMP + b_2 SOL + b_3 KV + b_4 INNE \quad (4.8)$$

TAB.4.3 Samband mellan elförbrukningens medeleffekt (W) och temperaturdifferens inne-ute ($^{\circ}C$), solinstrålning (W/m^2), vattenförbrukning (l/h) samt inne-temperatur beräknat enligt ekv (4.5) t o m ekv (4.8).

Lgh- typ	Ekv.	Beräknade regressionsanpassning:
1	4.5	TEL = - 472 + 126 TEMP
	4.6	TEL = - 259 + 124 TEMP - 5.50 SOL
	4.7	TEL = - 704 + 117 TEMP - 5.58 SOL + 41.8 KV
	4.8	TEL = - 2238 + 114 TEMP - 5.79 SOL + 21.0 KV + 91.4 INNE
2	4.5	TEL = - 291 + 112 TEMP
	4.6	TEL = - 64 + 109 TEMP - 5.70 SOL
	4.7	TEL = - 376 + 102 TEMP - 5.58 SOL + 29.5 KV
	4.8	TEL = - 1992 + 101 TEMP - 5.60 SOL + 21.4 KV + 83.1 INNE
3	4.5	TEL = - 109 + 77.3 TEMP
	4.6	TEL = + 70 + 75.9 TEMP - 4.67 SOL
	4.7	TEL = - 153 + 75.3 TEMP - 4.69 SOL + 22.3 KV
	4.8	TEL = - 965 + 74.1 TEMP - 4.79 SOL + 22.2 KV + 39.1 INNE
4	4.5	TEL = - 184 + 62.7 TEMP
	4.6	TEL = - 0.4 + 60.8 TEMP - 4.51 SOL
	4.7	TEL = - 244 + 61.4 TEMP - 4.44 SOL + 28.9 KV
	4.8	TEL = -1477 + 60.0 TEMP - 4.87 SOL + 29.2 KV + 58.9 INNE

Av TAB.4.3 framgår att TEMP-koefficienten sjunker något efter hand i den ordning som övriga förklarande variabler (prediktorer) införs. Före införandet döljs prediktorernas effekt i det konstanta periodmedelvärdet (interceptet).

SOL-koefficientens förändring, när vattenförbrukning och inne-temperatur införs som ytterligare prediktorer, saknar som synes systematisk tendens. I ekv (4.7) är interceptet i princip fysikaliskt tolkningsbart. Så är fallet knappast för ekv (4.8). Däremot visar ekv (4.8) på ett i ekv (4.7) dolt samband mellan periodmedelvärde och inne-temperatur i den riktningen att periodmedelvärdet ökar med ökad inom-hustemperatur.

Determinationskoefficienter (R_2) samt t -kvoter redovisas i TAB.4.4, där t -kvoten anger kvoten mellan regressionskoefficienten och dess slumpvariation mätt som standardavvikelse. Denna kvot är ett test av huruvida koefficienten statistiskt är signifikant skild från noll. Så är fallet med 95% sannolikhet om absolut-

värdet av *t*-kvoten är större än ca 2. I TAB.4.4 är alla regressionskoefficienterna högradigt säkerställda.

TAB.4.4 Determinationskoefficient (R^2) samt *t*-kvoter för koefficienter beräknade enligt ekv (4.5) t o m (4.8).

Lgh- typ	Antal obs	Ekv.	R^2	t-kvoter för koefficienter:			
				TEMP	SOL	KV	INNE
1	650	4.5	.744	43.4			
		4.6	.765	44.4	-7.4		
		4.7	.839	49.9	-9.3	17.4	
		4.8	.860	51.5	-10.3	6.8	9.8
2	621	4.5	.724	40.3			
		4.6	.750	41.2	-8.1		
		4.7	.855	49.9	-10.4	21.2	
		4.8	.866	50.8	-10.8	12.1	7.0
3	652	4.5	.753	44.5			
		4.6	.793	47.5	-11.2		
		4.7	.866	58.6	-14.0	18.9	
		4.8	.871	57.6	-14.5	19.1	4.9
4	524	4.5	.641	30.5			
		4.6	.690	31.6	-9.0		
		4.7	.803	40.0	-11.2	17.3	
		4.8	.823	40.9	-12.8	18.4	7.6

Av TAB.4.4 framgår att TEMP-variabeln ensam (ekv.4.5) förklarar 72-75% av variationen i elförbrukningens periodmedelvärde för lägenhetstyperna 1-3. Förklaringsgraden är något lägre, 64%, för den minsta lägenhetstypen, typ 4. Det är också den som har de minsta teoretiska transmissionsförlusterna och minsta ventilationsvolymen.

När SOL-variabeln införs (ekv.4.6) ökar förklaringsgraden något, mellan 2 och 4 procentenheter.

När KV-variabeln införs (ekv.4.7) ökar förklaringsgraden mer markant, med mellan 7 och 11 procentenheter. Änno bör uppmärksammas att vattenförbrukningens variation, liksom innetemperaturens, främst är en variation mellan lägenheter. KV-koefficienten är som väntat är densamma som föll ut i ekv (4.4) i TAB.4.2.

När INNE-variabeln slutligen införs (ekv.4.8) ökar förklaringsgraden obetydligt, som mest med 2 procentenheter. Sammanfattningsvis kan konstateras att förklaringsgraden på *gruppnivå* som mest når upp till 86-87% för lägenhetstyperna 1, 2 och 3, medan den stannar vid 83% för typ 4, den minsta lägenhetstypen.

4.3 Regressionsanalys - sommarfallet

Till sommarfallets urvalsram har förts alla observationer för vilka den genomsnittliga utetemperaturer varit högre än 10°C.

Det enda avgränsningskriterium som tillämpats i sommarfallet är kravet på en minsta vattenförbrukning, 500 liter/vecka, dvs kriteriet på bebodd lägenhet.

För sommarobservationerna har följande samband beräknats:

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{ UTE} + b_2 \text{ KV} \quad (4.9)$$

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{ UTE} + b_2 \text{ KV} + b_3 \text{ SOL} \quad (4.10)$$

Eftersom SOL-koefficienten i ekv (4.10) inte är signifikant skild från noll för någondera lägenhetstyp, ökade solinstrålningen följaktligen inte heller förklaringsgraden för någondera lägenhetstyp. Därför redovisas resultatet av regressionsberäkningarna endast för ekv (4.9) i TAB.4.5

TAB.4.5 Sommarobservationer. Samband mellan elförbrukningens medeleffekt (W) och utetemperatur (°C) samt vattenförbrukning (l/h) för bebodda lägenheter beräknat enligt ekv (4.9) för de undersökta lägenhetstyperna. R² = determinationskoefficient, s = residualspridning.

Lgh- typ	Antal obs	Beräknad regressionsanpassning	R ²	s
1	316	TEL = 717 - 29.2 UTE + 32.0 KV	.515	175
2	305	TEL = 759 - 29.7 UTE + 28.5 KV	.639	173
3	316	TEL = 652 - 16.7 UTE + 18.9 KV	.560	93
4	271	TEL = 631 - 6.8 UTE + 22.6 KV	.707	64

I sommarfallet förklarar utetemperatur och vattenförbrukning mellan 50 och 70% av variationen i elförbrukningens medeleffekt. Jämförelsen med vinterfallet (TAB.4.1) visar att eleffektens känslighet för förändringar av utetemperaturer som väntat är avsevärt mindre sommartid. UTE-koefficientens *t*-kvoter varierar mellan -4 och -9 för de olika lägenhetstyperna. UTE-koefficienterna är alltså klart signifikanta, vilket antyder att vissa har elvärmen påkopplad även sommartid, åtminstone under perioder med medelutemperaturer nära den valda gränstemperaturen 10°C för sommarobservationer, vilket även kan utläsas av skillnaden i säsongvariationens effektnivåer i FIG.4.2.

TAB.4.6 Sommarobservationer. Samband mellan elförbrukningens medeleffekt (W) och vattenförbrukning (l/h) enligt ekv (4.9) efter insättning av medelutetemperatur (UTE) i sommarfallet för respektive observationsurval.

Igh- typ	UTE °C	Transformerad regressionsanpassning:
1	13.73	TEL = 316 + 32.0 KV
2	13.68	TEL = 353 + 28.5 KV
3	13.78	TEL = 421 + 18.9 KV
4	13.80	TEL = 332 + 22.6 KV

TAB.4.6 visar att den del av elförbrukningens medeleffekt som är oberoende av vattenförbrukningen är ca 300-400 W sommartid. Minst 200 W torde utgöra systembetingade förluster (kyl, frys, fläktar och varmvattenberedarnas värmeförluster, dvs förluster vilka i princip är brukaroberoende.

Den skillnad i effektnivåer mellan lägenhetstyperna sommartid som framgår av säsongvariationen i FIG.4.2 förklaras således till stor del av skillnad i vattenförbrukning, se FIG.4.4.

4.4 Solspareffekt och solutnyttjande

Ett förfaringssätt vid *ex ante* undersökningar av nyttigjord solvärme är att simulera energibalansen för driftsfall med och utan sol. Den i det sammanhanget kritiska frågan är hur skillnaden i driftsfall skall simuleras för att uppnå realism i beräkningarna. Vilka kausala processer ska antas vara verksamma vid solinstrålning utöver risken (sannolikheten) för påtvingade övertemperaturer. Framkallar solinstrålning exempelvis ökad ventilation och ökat solskydd från brukarnas sida? Beaktas inte sådana möjliga responser på solinstrålning, riskeras att den verkliga solspareffekten överskattas.

Vid *ex post* undersökningar av solspareffekter är man hänvisad till kontrafaktiska resoneamang, dvs vad skulle energiförbrukningen ha varit utan solinstrålning. Solspareffekt kan definieras som skillnad i förbrukning mellan driftsfall utan och med sol. Detta är det angreppssätt som här ska tillämpas.

Det linjära regressions sambandet mellan eleffekt (TEL), utetemperatur (UTE) och solinstrålning (SOL) har tidigare beräknats (ekv.4.1) för de olika lägenhetstyperna:

Typ 1: $TEL = 2291 - 105 UTE - 5.79 SOL$

Typ 2: $TEL = 2256 - 99.7 UTE - 6.10 SOL$

Typ 3: $TEL = 1696 - 75.2 UTE - 4.52 SOL$

Typ 4: $TEL = 1302 - 58.1 UTE - 4.20 SOL$

SOL-koefficienten anger eleffektens genomsnittliga förändring vid en förändring av solinstrålningen med 1 W/m^2 modellfönster vid oförändrad utetemperatur i vinterfallet. Som väntat är SOL-koefficienten något större för radhuslägenheterna än för smålägenheterna.

MINITAB:s datautskrift anger även standardavvikelser för regressionskoefficienter. Konfidensintervallet ger en uppfattning om den statistiska osäkerheten i bestämningen av SOL-koefficienten. Konfidensintervall som redovisas i TAB.4.7 gäller för medelsolinstrålning.

TAB.4.7 Konfidensintervall (95%) för beräknade SOL-koefficienter vid medelsolinstrålning. m = medelvärde, s = standardavvikelse (W)

Lgh- obs	Antal obs	m	s	Konfidens- intervall
1	650	5.79	1.011	5.71 - 5.87
2	621	6.10	0.871	6.03 - 6.17
3	652	4.52	0.455	4.48 - 4.56
4	524	4.20	0.382	4.17 - 4.23

Som framgår av TAB.4.7 är konfidensintervallen för SOL-koefficienterna mycket små, främst beroende på det stora antalet observationer som ingår i de undersökta urvalen.

Genom att multiplicera SOL-koefficienten med SOL-variabelns medelvärde kan solspareffekten beräknas för genomsnittlig solinstrålning.

TAB.4.8 Beräknad solspareffekt vid medelsolinstrålning för respektive lägenhetstyp i vinterfallet.

Lgh- typ	SOL medel W/m ²	SOL- koeff. m ²	SOLSPAR- EFFEKT W
1	32.2	5.79	187
2	31.6	6.10	193
3	32.5	4.52	147
4	32.0	4.20	134

Som framgår av TAB.4.8 förekommer det vissa smärre skillnader i medelsolinstrålning mellan lägenhetstyperna. Detta är som tidigare ett resultat av avgränsningskriteriernas utfall.

Detta sätt att beräkna solspareffekt ger värden av storleken 190 W för radhuslägenheterna (typ 1 och 2) och 140 W för smålägenheterna (typ 3 och 4). Solspareffekten synes vara av samma storlek som personvärmen genomsnittligt kan uppskattas till för de olika lägenhetstyperna. Med tanke på de förhållandevis stora glasareorna mot söder är detta avsevärt mindre än vad som kanske hade förväntats.

4.4.1 Solklasser och solspareffekt

Det totala observationsurvalet för respektive lägenhetstyp har indelats i fem likstora solklasser. Solklassindelningen grundas på sortering av observationerna efter solinstrålning. Till solklass 1 förs de 20% solfattigaste observationerna och till solklass 5 de 20% solrikaste.

Medelvärden för observationsurvalens solklassindelade mätdata redovisas i TAB.4.9. Där framgår likheter och olikheter mellan solklasserna. Solinstrålningens medelvärde ökar stegvis med ca 10 W/m^2 mellan solklasserna 1 och 4. Mellan solklass 4 och 5 är ökningen större, ca 20 W/m^2 . För solklass 5 är medelsolinstrålningen ca 6 gånger större än för solklass 1. Solklass 5, de 20% solrikaste observationerna, står för ca 37% av all solinstrålning.

Intressant är att jämföra *inomhustemperaturens* medelvärden för de solrikaste observationerna med de solfattigaste. För radhuslägenheterna (Typ 1 och 2) är inomhustemperaturen inte högre i solklass 5 än i solklass 1-2, medan vi kan se en sådan tendens för smålägenheterna (Typ 3 och 4). För den minsta lägenhetstypen, typ 4, är inomhustemperaturen $0.3\text{-}0.4 \text{ }^\circ\text{C}$ högre för de solrikaste observationerna jämfört med de solfattigaste. Detta kan ses som ett tecken på att "överskottsvärme" från solen inte ventileras bort utan resulterar i en viss höjning av medeltemperaturen inomhus under solrika perioder. Lägenhetstypen är också den med det minsta värmebehovet.

Medelvärdet för *vattenförbrukningen* uppvisar endast obetydliga skillnader mellan solklasserna. Rimligtvis saknas kausala samband mellan vattenförbrukning och solinstrålning. För analyser av solspareffekt kan avloppsförlusterna betraktas som konstanta, dvs oberoende av solklass.

TAB.4.9 Mätdata för solklasser. Medelvärden

a) Lägenhetstyp 1:						
SOL- KLASS	Antal obs.	SOL ₂ W/m ²	UTE °C	TEL W	INNE °C	KV l/h
1	130	10.94	-0.62	2304	20.71	14.09
2	130	21.14	-0.02	2150	20.61	13.57
3	130	29.63	3.01	1836	20.74	14.53
4	130	39.35	3.43	1666	20.68	13.73
5	130	59.98	0.55	1898	20.65	13.83
ALLA	650	32.21	1.27	1971	20.68	13.95

b) Lägenhetstyp 2:						
SOL- KLASS	Antal obs.	SOL ₂ W/m ²	UTE °C	TEL W	INNE °C	KV l/h
1	124	10.73	-0.35	2268	21.35	16.43
2	124	20.86	-0.19	2162	21.27	15.28
3	125	28.86	2.71	1763	21.16	15.41
4	124	38.87	3.34	1645	21.04	15.00
5	124	58.97	0.76	1852	21.22	15.46
ALLA	621	31.65	1.26	1938	21.21	15.52

c) Lägenhetstyp 3:						
SOL- KLASS	Antal obs.	SOL ₂ W/m ²	UTE °C	TEL W	INNE °C	KV l/h
1	130	11.16	-0.63	1686	21.46	10.76
2	131	21.26	-0.11	1617	21.53	10.56
3	130	29.79	3.05	1333	21.40	10.55
4	131	39.90	3.47	1236	21.45	10.36
5	130	60.36	0.18	1426	21.61	10.90
ALLA	652	32.49	1.19	1460	21.49	10.63

d) Lägenhetstyp 4:						
SOL KLASS	Antal obs.	SOL ₂ W/m ²	UTE °C	TEL W	INNE °C	KV l/h
1	105	10.63	-0.82	1303	21.49	8.12
2	105	20.67	-0.24	1238	21.48	7.64
3	104	29.96	2.48	1010	21.59	7.90
4	105	39.93	3.04	969	21.65	8.04
5	105	59.47	0.44	1034	21.85	8.11
ALLA	524	31.96	0.98	1111	21.61	7.96

För observationsurvalen i solklass 1 har regressionsekvationen:

$$\text{TEL} = b_1 + b_2 \text{ UTE} \quad (4.11)$$

beräknats för respektive lägenhetstyp. Ekvationen används här som en prediktionsmodell för eleffektens samband med utetemperaturen vid solförhållanden som råder för observationerna i solklass 1. Med modellens hjälp kan alltså eleffekten beräknas för övriga solklasser i det *hypotetiska fallet* att solinstrålningen är densamma som för solklass 1. Resultatet av dessa beräkningar redovisas i TAB.4.10. Där anges differensen (TELDIFF) mellan predikterad och uppmätt medeleffekt liksom differensen i solstrålning (SOLDIFF) mellan solklassen i fråga och solklass 1. Dessutom har kvoten mellan TELDIFF och SOLDIFF beräknats, vilken i tabellhuvudet anges som T/S.

För solklass 1 anges T/S-värdet parantetiskt. Detta är beräknat på följande sätt. Först har solspareffekten (SOLSPAR) för solklass 1 beräknats som det värde som satisfierar det angivna värdet på SOLSPAREFFEKT för alla vinterobservationer enligt TAB.4.6. Därefter har T/S för solklass 1 beräknats som kvoten mellan SOLSPAR och medelsolstrålningen (SOL) för solklassen 1.

TAB.4.10 visar det förväntade mönstret. Ju solrikare observationsurval, desto större skillnad mellan predikterad och uppmätt eleffekt. T/S-värdena uppvisar inte något systematiskt samband med solklass. Solspareffekten är i stort sett proportionell mot beräknad solstrålning. Beräkningsresultatet falsifierar en eventuell hypotes om att solspareffekten relativt sett skulle avta med ökad solighet. I detta avseende tycks interventionsbeteendet vara proportionellt med solinstrålningen.

TAB.4.10 Solklasser och solspareffekt. Beräkningsresultat.

a) Lägenhetstyp 1:

SOL- KLASS	TEL: pred W	TEL: mätt W	TEL- DIFF W	SOL- DIFF W/m ²	T/S m ²	SOL- SPAR W
1	2304.2	2304.2	0.0	0.0	(5.6)	60.8
2	2216.5	2150.4	66.1	10.2	6.48	129.9
3	1927.2	1836.1	91.1	18.7	4.88	150.9
4	1869.0	1666.1	202.9	28.4	7.14	263.7
5	2166.2	1897.7	268.4	49.0	5.39	329.2
ALLA	2096.6	1970.9	125.7	21.3	5.6	186.5

b) Lägenhetstyp 2:

1	2268.2	2268.2	0.0	0.0	(5.7)	61.1
2	2217.5	2162.4	55.1	10.1	5.44	116.3
3	1915.0	1762.6	152.4	18.1	8.40	213.5
4	1830.1	1644.7	185.4	28.1	6.59	246.5
5	2120.1	1852.5	267.7	48.2	5.55	328.8
ALLA	2070.2	1938.1	132.1	20.9	6.49	193.2

c) Lägenhetstyp 3:

1	1686.0	1686.0	0.0	0.0	(3.5)	38.6
2	1656.1	1616.7	39.3	10.1	3.89	77.9
3	1435.8	1333.5	102.3	18.6	5.49	140.8
4	1409.6	1236.1	173.5	28.7	6.04	212.0
5	1653.9	1426.8	227.1	49.2	4.61	265.7
ALLA	1568.3	1459.9	108.4	21.3	5.01	147.0

d) Lägenhetstyp 4:

1	1302.8	1302.8	0.0	0.0	(2.8)	29.9
2	1258.2	1238.1	20.1	10.0	2.00	50.0
3	1126.6	1009.8	116.8	18.4	6.34	146.7
4	1105.7	968.7	137.0	29.3	4.68	166.9
5	1281.8	1034.3	247.5	48.8	5.07	277.4
ALLA	1215.0	1110.7	104.3	21.3	4.52	134.2

4.4.2 Potentiell solspareffekt

Solinstrålningen är beräknad för modellfönstret. För att kunna beräkna solinstrålningen för lägenheterna måste vi känna ekvivalent glasarea för de olika lägenhetstyperna. I huvudrapporten (kap.9.2) redovisas beräkningar av solinstrålningen månad för månad under ett mätår för modellfönstret och för modellbeskrivningar (utan glasveranda och fri horisont) av lägenhetstyperna. Ekvivalent glasarea kan därvid beräknas som kvoten mellan lägenhetens och modellfönstrets solinstrålning. Kvoten är inte konstant utan varierar något över året, vilket beror på att modellfönstret utgör en förenklad modell av lägenheternas verkliga fönstersammansättning och -orientering. De värden på ekvivalent glasarea som anges i TAB.4.11 är beräknade som genomsnittsvärden för en uppvärmningssäsong som nära överensstämmer med den genomsnittliga vinterperiod som ligger till grund för de följande analyserna. Lägenheternas solinstrålning beräknas som produkten av modellfönstrets solinstrålning och ekvivalent glasarea för lägenhetstypen:

TAB.4.11 Ekvivalent glasarea, beräknad medelsolinstrålning för modellfönster och för de olika lägenhetstyperna för vinterobservationer.

Lgh- typ	Solinstrålning _____ :		Ekvivalent glasarea m ²
	Modell- fönster W/m ²	Lägenhet W	
1	32.21	422	13.10
2	31.65	375	11.85
3	32.49	274	8.44
4	31.96	259	8.12

Till solinstrålningens beräkningsförutsättningar har hört fri horisont och lägenheter utan glasverandor. Den speciella undersökning som redovisas i huvudrapporten (kap.9.3) av förhållandet mellan uppmätt och beräknad solinstrålning visar på avskärmningseffekter som beräkningsmodellen inte beaktat. Slutresultatet av analyserna är att endast ca 60% av beräknad solinstrålning antas i verkligheten ha varit tillgängligt i lägenheterna. Detta kan förefalla vara en överraskande stor avskärmning. Till en inte ringa del är detta en effekt av glasverandornas skuggverkan, vilket effektfullt illustreras i huvudrapporten. Övrig skuggverkan är en följd av att horisontavskärmning och av att en del träd bevarats i området.

4.4.3 Solutnyttjandegrad

En intressant fråga är naturligtvis hur stor del av tillgänglig solinstrålning som i verkligheten utnyttjats för elbesparing. Solutnyttjandegraden kan definieras så här:

$$\eta_s = P_{sp} / (P_{ts} + dT_v kA_v) \quad (4.12)$$

där P_{sp} = konstaterad solspareffekt
 P_{ts} = tillgänglig solinstrålning i lägenheten
 dT_v = temperaturhöjning i veranda orsakad av sol
 kA_v = specifika transmissionsförluster mellan lägenhet och veranda

I definitionen beaktas att den teoretiskt möjliga solspareffekten sammansätts av tillgänglig solinstrålning i lägenheten och att transmissionsförluster mot glasverandan minskar som en följd av verandans soluppvärmning.

I huvudrapporten (kap.7.2) redovisas regressionsberäkningar av verandatemperatur som funktion dels av ute- och inomhustemperatur, dels av utetemperatur och sol. Dessa beräkningarna grundas på intensivmätningar i fyra lägenheter. Med hjälp av framräknade regressionsmodeller har den genomsnittliga temperaturhöjningen som solinstrålningen förorsakat i glasverandorna kunnat beräknas. Resultatet redovisas i TAB.4.12. Där anges också teoretiskt beräknade specifika transmissionsförluster för vägg- och fönsterparti mellan lägenhet och veranda för respektive lägenhetstyp.

TAB 4.12 Glasverandornas temperaturhöjning (dT_v), specifika transmissionsförluster (kA_v) mot veranda samt beräknad transmissionsvinst (P_{tv}) förorsakad av solinstrålning. Medelvärde för respektive lägenhetstyp.

Lgh- typ	T_v °C	kA_v W/°C	P_{tv} W
1	2.80	18.4	52
2	2.76	18.4	51
3	2.81	9.7	27
4	3.04	9.8	30

Som framgår av TAB.4.12 är de genomsnittliga transmissionsvinsterna, som kan hänföras till solinstrålning i glasverandorna, är relativt små. De utgör ca 20-30% av konstaterad solspareffekt.

TAB.4.13 Solutnyttjandegrad (η_s) beräknad enligt ekv (4.12) för de olika lägenhetstyperna.

P_{sp} = regressionsberäknad solspareffekt.

P_{ts}^{sp} = tillgänglig solinstrålning i lägenheten

P_{ts}^{sv} = transmissionsvinst p g a temperaturhöjning i veranda orsakad av solinstrålning

Lgh- typ	P_{sp} (W)	P_{ts} (W)	P_{tv} (W)	$P_{ts}+P_{tv}$ (W)	η_s
1	187	253	52	305	0.61
2	193	225	52	277	0.70
3	147	164	29	193	0.76
4	134	155	29	184	0.73

Av TAB.4.13 framgår att den beräknade genomsnittliga solutnyttjandegraden är varierar mellan 61% och 76% beroende på lägenhetstyp, vilket kan ses som en sammanfattning av "solstudiens" resultat. Beräkningen av solutnyttjandegrad är naturligtvis behäftad med viss osäkerhet. Detta gäller t ex skattningen av förhållandet mellan verklig och beräknad tillgänglig solinstrålning i lägenheterna. Det värde, 60%, som här generaliserats som ett genomsnittsvärde för alla lägenheter och vinterobservationerna, grundas på jämförande mätningar med och utan glasveranda (nedmonterad) i enstaka lägenheter under vissa begränsade perioder.

Påpekas bör, att såsom solspareffekten (P_{sp}) beräknats är det i realiteten knappast möjligt att nå upp till solutnyttjandegraden 1.0. Det skulle förutsätta att inomhustemperaturen var helt oberoende av solinstrålningen. Även om det inte har kunnat påvisas något samband mellan solinstrålning och innetemperatur för veckomedelvärden, mer än möjligen för smålägenheterna (TAB.4.10), vet vi av erfarenhet att solinstrålningen stundtals ger "påtvungade" övertemperaturer även under uppvärmningssäsongen.

5 MÄTVÄRDESANALYS PÅ LÄGENHETSNIKVÅ

På gruppnikvån har analysenheten varit "medellågenheten" för lågenhetstypen bebodd av ett "medelhushåll". Begreppet "medelhushåll" är att se som en teoretisk konstruktion. Rent definitionsmässigt är "medelhushållets" elanvändning den som framträder vid statistiska analyser av det undersökta observationsurvalet på gruppnikvå för lågenhetstypen. Beroende på avgränsningskriteriernas utfall och byte av hyresgåster ingår enskilda hushåll med varierande antal observationer i observationsurvalen på gruppnikvå. I det avseendet har vissa hushåll kommit att få större vikt än andra för "medellågenhetens" elförbrukning.

Når elanvändningen analyseras på lågenhetsnivå, representeras lågenheten/ hushållet av *delurval* som hämtas från observationsurvalet på gruppnikvå för olika mätår. På lågenhetsnivå gäller naturligtvis samma avgränsningskriterier som på gruppnikvå. För vissa delurval finns endast ett fåtal godtagna (icke avgränsade) observationer. Ett villkor för att ett delurval för en *vinterperiod* ska godtagas som analysenhet är att det finns minst 14 godtagna observationer (veckoavläsningar) för perioden. Är antalet observationer färre, behandlas delurvalet som bortfall. En lågenhet eller ett hushåll kan alltså representeras av ett, två eller tre delurval för respektive vinter- och sommarperiod. Att grånsen satts vid minst 14 observationer beror dels på statistiska överväganden, dels på att minst ca 50% av vinterperioden därmed täcks. I endast 7 av 80 undersökta delurval är antalet observationer färre än 20, se bilaga TAB.A1-A4.

5.1 Årsselförbrukning

Beråkningsen av årsselförbrukning grundas på vinter- och sommarobservationer. För att få jämförbarhet normaliseras årsselförbrukningarna, dvs de beråknas för de yttre driftsförhållanden som är normala för orten.

5.1.1 Beråkning av normaliserad årsselförbrukning

Beråkningsen av årsselförbrukning har gjorts stegvis och uppdelad på vinter- och sommarperiod. Beråkningsen utgår från delurvalets *residualer* för den på gruppnikvå beråknade ekvationen:

$$\text{TEL} = b_1 + b_2 \text{ UTE} + b_3 \text{ SOL}$$

vilken uppträder som ekv (4.1) i avsnitt 4.2.1. Ekvationen används här för beräkning av delurvalens residualer. Residualerna anger avvikelserna mellan uppmätt och predikterad eleffekt vid de yttre driftsförhållanden (utetemperatur och solinstrålning) under vilka observationerna för delurvalet är gjorda. På gruppnivå är summan av residualerna definitionsmässigt noll.

I ett andra steg har delurvalens residualsamband med utetemperatur och solinstrålning beräknats:

$$R_{vj} = b_{0j} + b_{1j} \text{ UTE} + b_{2j} \text{ SOL} \quad (5.1)$$

där R_{vj} = det j:te delurvalets residualer beräknade i förhållande till ekv (4.1).

Ekv (5.1) har i ett tredje steg använts som modell för beräkning av delurvalets *predikterade* residual för genomsnittliga yttre driftsförhållanden på gruppnivå, dvs för totalurvalets medelutetemperatur och medelsolinstrålning. (Medelutetemperatur och medelsolinstrålning är inte exakt lika på gruppnivå för de olika lägenhetstyperna beroende på skillnader i avgränsningar. Även om skillnaderna praktiskt sett är försumbara, har vi valt att bibehålla skillnaderna vid beräkningarna av delurvalens predikterade residualer.) Det tredje beräkningssteget innebär således en normalisering av residualmedelvärdet för delurvalet till totalurvalets genomsnittliga yttre driftsförhållanden. Endast mycket små justeringar följde av detta steg, främst beroende på små skillnader i medelutetemperatur och medelsolinstrålning mellan delurval och totalurval.

Residualernas samband med utetemperatur och solinstrålning enligt ekv (5.1) var genomgående mycket svagt för delurvalen. Endast i enstaka fall var regressionskoefficienterna signifikant skilda från noll.

För sommarobservationer har delurvalens residualer beräknats enligt motsvarande ekvation som i steg ett för vinterfallet. Därefter har residualmedelvärdena beräknats. Sommarfallets residualmedelvärden har däremot inte normaliserats på motsvarande sätt som i vinterfallet.

Normaliserad årsförbrukning ($E_{\text{år}}$) har beräknats enligt följande:

$$E_{\text{år}} = (P_v + |R_{vj}|) h_v + (P_s + |R_{sj}|) h_s \quad (5.2)$$

där P_v = medeleffekt (W) på gruppnivå för lägenhetstypen

P_s = dito för sommarobservationer

R_{vj} = predikterad residual (W) i vinterfallet för delurval (j) enligt ekv (5.1) för vinterobservationer

R_{sj} = residualmedelvärde (W) i sommarfallet för delurval (j) enligt ekv (4.1) för sommarobservationer

h_v = antal timmar för normalårets vinterperiod

h_s = antal timmar för normalårets sommarperiod

Av ekv (5.2) framgår att de enda faktorer som varierar mellan delurvalen är R_{vj} och R_{sj} . Sätts dessa lika med noll, erhålls, efter insättning av vinter- respektive sommarperiodens längd, den genomsnittliga årsförbrukningen för lägenhetstypen.

Det förhållandet att SMHI:s statistik för åren 1960-1975 visar att mätperioden i sin helhet mycket nära representerar ett normalår, ska här användas för en uppdelning av normalårets 8760 h i en vinter- och en sommarperiod. Med utgångspunkt från uppmätt genomsnittlig utetemperatur för totalurvalen kan den vinterperiod som motsvarar normalårets approximativt lokaliseras genom ett passningsförfarande. Förfarandet innebär att för en given utemedeltemperatur för uppvärmnings-säsongen söka uppvärmningssäsongens längd för normalåret.

TAB.5.1 Underlag för bestämning av vinterperiod för normalår baserat på SMHI:s statistik för Jönköpings flygplats 1960-1975. Tabellen visar medeltemperatur för två olika definitioner av vinterperiod för normalår.

Längd och tids-lokalisering	Antal veckor	Medeltemperatur (SMHI) °C
v39 - v20	34	1.0
v40 - v21	33	1.3

Av TAB.5.1 framgår att vinterperiodens medeltemperatur för normalåret varierar mellan 1.0 och 1.3 °C beroende på hur vinterperioden definieras. Jämförelsen med de medeltemperaturer som beräknats för respektive lägenhetstyps vinterobservationer visar att alla ligger inom det angivna intervallet. Vi kan därför normalisera

vinterperioden till 33-34 veckor eller till ca 235 dygn. Vid beräkningen av normaliserad årselförbrukning enligt ekv (5.2) har vinterperioden (h_w) satts till 5640 h och sommarperioden (h_s) till 3120 h.

5.1.2 Variationen i årselförbrukning

Lägenheternas normaliserade årselförbrukningar beräknade enligt ekv (5.2) redovisas i TAB.5.2 samt i FIG.5.1, där årselförbrukningen är korrelerad mot teoretiskt beräknad specifik transmission för lägenhetstypen. Observera att en lägenhet kan representeras av en, två eller tre årselförbrukningar beroende på avgränsningskriteriernas utfall, och att ett hushåll kan representeras av en, två eller tre årselförbrukningar beroende på - utöver avgränsningarnas utfall - utflyttningar under mätperioden.

TAB.5.2 Normaliserad årselförbrukning för delurval. Medelvärde (m) och standardavvikelse (s) samt median, lägsta och högsta värde för respektive lägenhetstyp, kWh/år.

Lgh- typ	An- tal	m	s	Lägsta värde	Median	Högsta värde	Lägsta: Högsta
1	19	12928	2895	6658	13233	17348	1:2.6
2	18	13211	2451	8784	12958	18044	1:2.1
3	20	9901	1155	7752	9996	12330	1:1.6
4	17	7673	1005	6365	7628	9322	1:1.5

Av TAB.5.2 framgår att årselförbrukningens spridning är relativt måttlig för smålägenheterna, typ 3 och 4, medan den är avsevärt större för radhuslägenheterna, typ 1 och 2. Där är standardavvikelsen mer än dubbelt så stor. Det lägsta värdet i total årselförbrukning, 6658 kWh/år, för radhuslägenheterna är extremt. Det kanske mest remarkabla är att elförbrukningen i denna lägenheten legat på samma låga nivå alla tre mätåren. (Hushållet representeras av de tre lägsta årselförbrukningarna för typ 1 i FIG.5.1.)

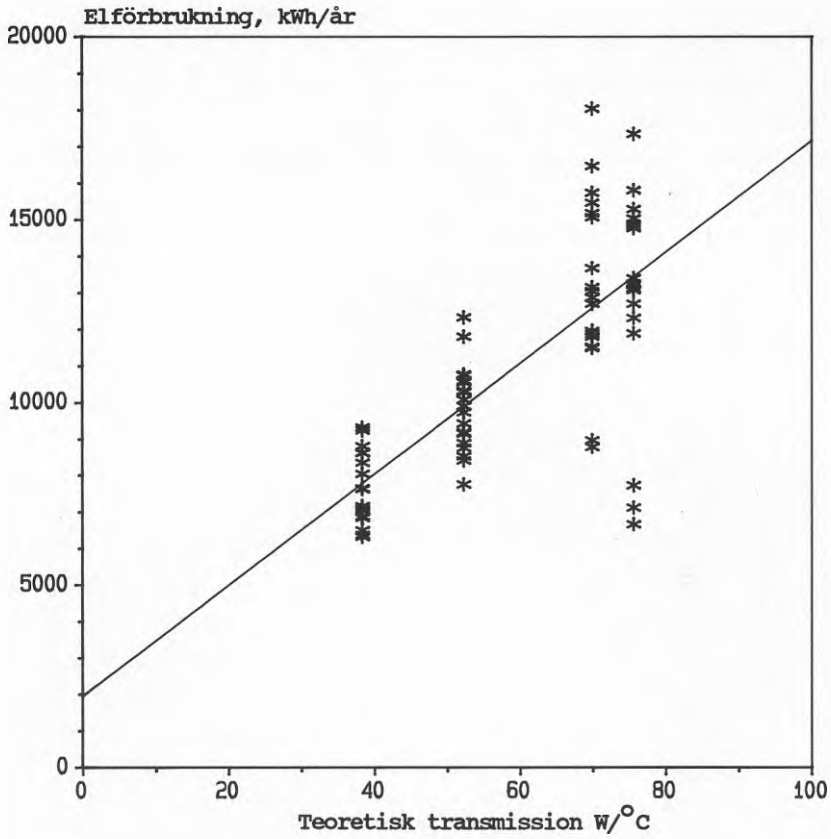


FIG.5.1 Normaliserad årsförbrukning för delurval som funktion av teoretiskt beräknad specifik transmission för lägenhetstypen. $N=74$

Det linjära sambandet i FIG.5.1 mellan årsförbrukning och teoretiskt beräknad specifik transmission har beräknats:

$$E_{\text{år}} = 1950 + 152 \Sigma kA \quad R^2 = 53.9\% \quad (5.3)$$

som kan jämföras med den regressionslinje som redovisats i inledningskapitlet:

$$E_{\text{år}} = 10932 + 90.9 \Sigma kA \quad (5.4)$$

Ekv (5.4) hänför sig till förhållandena i början av 1970-talet i elvärmda småhus uppförda i slutet av 1960-talet. Ekv (5.3) och (5.4) låter sig knappast tolkas fysikaliskt, däremot kan de jämföras som prediktionsmodeller för årselförbrukningen. TAB.5.3 visar resultatet av en jämförelse mellan ekv (5.3) och ekv (5.4) som prediktionsmodeller för Tahelägenheterna.

TAB.5.3 Jämförelse av uppmätt (normaliserad) årselförbrukning enligt ekv (5.2) med predikerad årselförbrukning enligt ekv (5.3) resp ekv (5.4), kWh/år

Lgh- typ	Uppmätt: Predikerad årselförbrukning:		
	ekv (5.2)	ekv (5.3)	ekv (5.4)
1	12928	13440	17801
2	13211	12136	17103
3	9901	9788	15681
4	7673	7704	14418

Prediktionsmodellen ekv (5.4) överskattar kraftigt Tahelägenheternas elförbrukning, som mest med 88% (typ 4) och som minst med 29% (typ 2). Till viss del beror skillnaden på att den områdesgemensamma elförbrukningen (för bl a tvättstugan) inte ingår i elförbrukningen för Tahehusens lägenheter. Men å andra sidan avser Tahelägenheternas uppmätta elförbrukning endast bebodda lägenheter. Observera att skillnaden däremot inte kan hänföras till skillnader i isolerstandard utan måste hänföras till andra skillnader mellan "äldre" småhus och Tahehusen, bl a i ventilationssystem, vattenförbrukning, solutnyttjande.

För de "äldre" småhusen var elförbrukningens standardavvikelse närmare 4000 kWh/år, medan den för Tahehusens smålägenheter endast är ca 1000 kWh/år. Den mest adekvata jämförelsen torde emellertid vara med Tahehusens radhuslägenheter. För dessa är standardavvikelsen i genomsnitt ca 2700 kWh/år, dvs inte anmärkningsvärt mycket mindre.

För de "äldre" småhusen befanns spridningen vara oberoende av medelförbrukningens storlek. Men detta är alltså ett rön som inte kan generaliseras till Tahusen. Där är spridningen i smålägenheterna avsevärt mindre än i radhuslägenheterna.

5.1.3 Stabiliteten i elförbrukning

För kvarboende hushåll med två eller tre på varandra följande årselförbrukningar har stabiliteten mellan åren undersökts. I FIG.5.2 är elförbrukningen för ett år plottad mot elförbrukningen för fjolåret för alla lägenheter. Observera att hushåll med tre årselförbrukningar representeras av två punkter i figuren.

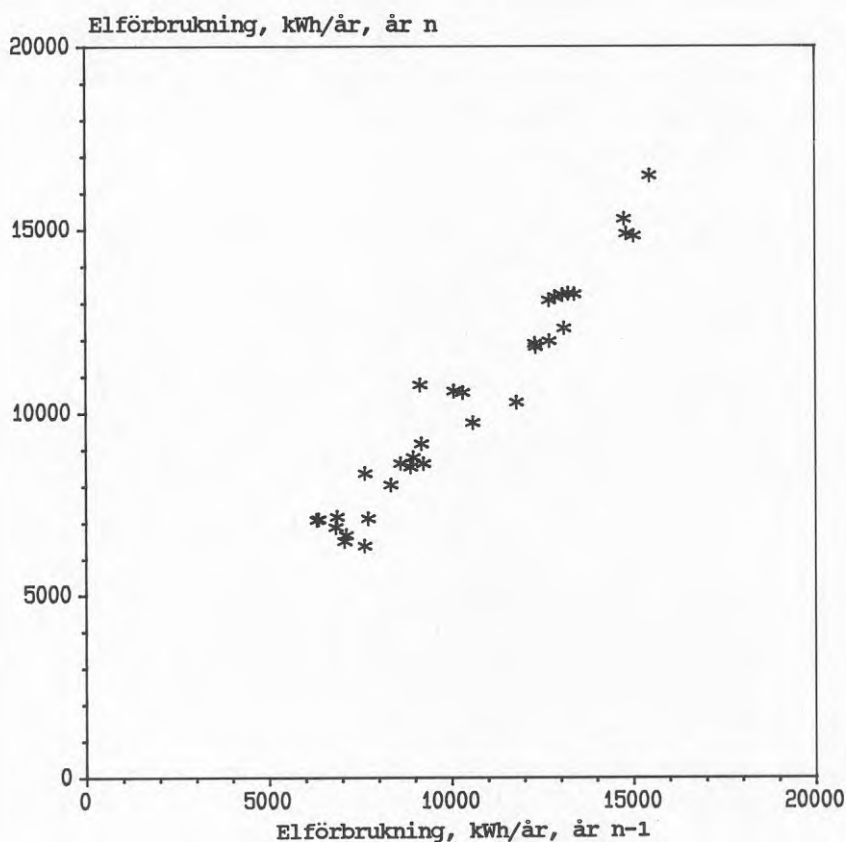


FIG.5.2 Normaliserad årselförbrukning. Samband mellan år n och år n-1 för kvarboende hushåll. N=33

Här ser vi det som man funnit även i andra undersökningar (t ex Lundström, 1986), nämligen att hushållens elförbrukning tenderar att vara oförändrad mellan åren. Korrelationskoefficienten för de undersökta Tahehushållen är 0.97. Fjolårsförbrukningen är alltså en utmärkt prediktor av årets förbrukning. Den starka korrelationen tyder på stabilitet i hushållens interventionsbeteende. Kanske kan man tala om "fastfrusna" vanor. Regressionsanpassningen (utan konstant) för observationerna i FIG.5.2 är:

$$E(n) = 0.994 E(n-1) \quad (5.5)$$

där $E(n)$ = normaliserad årselförbrukning år n

$E(n-1)$ = normaliserade årselförbrukning år n-1

Årsselförbrukningen är praktiskt taget oförändrad mellan åren för kvarboende hushåll. Därmed är emellertid inte bevisat att den påverkan som hushållen varit utsatta för genom undersökningen, genom intervjuer, instruktioner och information om individuell förbrukning, inte skulle ha haft någon effekt, utan bara att detta inte kan påvisas genom mätvärdesanalys.

5.2 Innetemperatur och vattenförbrukning

5.2.1 Innetemperatur

TAB.5.4 Innetemperatur för delurval under vinterperioder. Medelvärde (m) och standardavvikelse (s) samt median, lägsta och högsta innetemperatur för resp lägenhetstyp, °C

Lgh- typ	An- tal	m	s	Lägsta temp.	Median	Högsta temp.
1	20	20.64	1.40	17.68	20.91	22.37
2	21	21.32	0.91	19.83	21.35	23.32
3	21	21.39	0.54	20.36	21.36	22.29
4	18	21.55	0.70	20.42	21.58	22.53
ALLA	80	21.22	0.99	17.68	21.34	23.32

Inomhustemperaturerna i Taheområdet kan jämföras med SIB:s undersökning av innetemperatur i sammanlagt 67 småhus och 71 flerbostadshus spridda över landet (Holgersson & Norlén, 1982). SIB:s mätningar avser en 12-veckorsperiod våren 1982. Mätförfarandet är i övrigt jämförbart med Taheundersökningens. I småhus befanns medeltemperaturen vara 20.4°C och standardavvikelsen $\pm 1.1^\circ\text{C}$. I flerbostadshus var medeltemperaturen 21.8°C och standardavvikelsen $\pm 0.8^\circ\text{C}$. Mot den bakgrunden är innetemperaturerna i Tahelägenheterna att anse som i stort sett normala. Det lägsta värdet, 17.7°C, är dock anmärkningsvärt. Det avser det extremt lågförbrukande hushållet, för vilket inomhustemperaturen legat på samma låga nivå alla tre vinterperioderna.

5.2.2 Vattenförbrukning

Variationen i vattenförbrukning framgår av TAB.5.5. Den avser årsförbrukningen och är framräknad enligt:

$$Q_{\text{år}} = q_v h_v + q_s h_s \quad (5.6)$$

där q_v = medelvattenflöde (l/h) för vinterobservationer

q_s = medelvattenflöde (l/h) för sommarobservationer

h_v = vinterperiodens längd, 5640 h

h_s = sommarperiodens längd, 3120 h

TAB.5.5 Vattenförbrukning för delurval (helår). Medelvärde (s) och standardavvikelse (s) samt median, lägsta och högsta vattenförbrukning för resp lägenhetstyp, $m^3/\text{år}$.

Lgh- typ	An- tal	m	s	Lägsta värde	Median	Högsta värde	Lägsta: Högsta
1	19	118	33	54	121	180	1:3.3
2	18	133	54	54	123	248	1:4.6
3	20	93	41	35	96	159	1:4.1
4	17	67	32	32	57	138	1:4.3
ALLA	74	103	47	32	106	248	1:7.8

Den genomsnittliga årsvattenförbrukningen är liten, i synnerhet som den avser endast bebodda lägenheter. I radhuslägenheterna (typ 1 och typ 2) är årsmedelvattenförbrukningen ca $125 m^3/\text{år}$ eller ca 340 l/dygn. Med hänsyn till boendetätheten kan radhuslägenheternas vattenförbrukning beräknas till ca 80 l/p,d, vilket kan jämföras med att värmemätningens utredning beräknade specifik vattenförbrukning till ca 150 l/p,d i småhus med individuell mätning och debitering av vattenförbrukningen (Värmemätningens utredning, 1984). I småhuslägenheterna (typ 3 och 4) är specifik vattenförbrukning av i stort sett samma storlek som för radhuslägenheterna. Även vattenförbrukningens spridning är liten i Taheområdet, att döma av värmemätningens utredningens förbrukningstatistik. Endast i några enstaka lägenheter har vattenförbrukningen varit större än $200 m^3/\text{år}$.

Att medelvattenförbrukningen i lägenheterna inte är större, förklaras delvis av att ingen (med något enstaka undantag) har tvättat i den egna lägenheten. Inkluderas tvättstugans och övrig områdesgemensam uppmätt vattenförbrukning, ökar lägenheternas vattenförbrukning med ca 20%.

5.2.3 Prediktorer för årselförbrukning

Följande samband har beräknats:

$$E_{\text{år}} = a_0 + a_1 \Sigma kA + a_2 KV_{\text{år}} \quad (5.7)$$

$$E_{\text{år}} = a_0 + a_1 \Sigma kA + a_2 \text{INNE} \quad (5.8)$$

$$E_{\text{år}} = a_0 + a_1 \Sigma kA + a_2 KV_{\text{år}} + a_3 \text{INNE} \quad (5.9)$$

där $E_{\text{år}}$ = normaliserad årselförbrukning, kWh/år, enligt ekv (5.2)

kA = teoretiskt beräknad specifik transmission, $W/^\circ C$

$KV_{\text{år}}$ = vattenförbrukning, $m^3/\text{år}$, enligt ekv (5.6)

INNE = medelinnetemperatur för vinterperiod, $^\circ C$

Resultatet av regressionsberäkningarna framgår av TAB.5.6. Där redovisas även ekv (5.3) hämtad från avsnitt 5.1.

TAB.5.6 Beräknade regressionsekvationer enligt ekv (5.3) samt ekv (5.7) t o m ekv (5.9) för alla undersökta dehurval, $N = 74$

Ekv.		R^2
(5.3)	$E_{\text{år}} = 1950 + 152 \Sigma kA$.539
(5.7)	$E_{\text{år}} = 1607 + 92 \Sigma kA + 38 KV_{\text{år}}$.803
(5.8)	$E_{\text{år}} = -35561 + 188 \Sigma kA + 1673 \text{INNE}$.804
(5.9)	$E_{\text{år}} = -23297 + 136 \Sigma kA + 1116 \text{INNE} + 25 KV_{\text{år}}$.891

Determinationskoefficienten (R^2) ökar från ca 54% till ca 80% när vattenförbrukningen *eller* inomhustemperaturen införs som prediktor. I Taheområdet är alltså vattenförbrukning och innetemperatur jämnstarka som prediktorer för årselförbrukningen. Tillsammans ökar de förklaringsgraden till ca 89%. I ekv (5.9) är regressionskoefficienten för vattenförbrukningen $25.0 \text{ kWh}/m^3$; ett värde som mycket nära överensstämmer med vad Lundström (1986) och Gaunt (1985) fann i sina undersökta småhusområden. Konfidensintervallet för KV-koefficienten i ekv (5.9) är $24.3 - 25.8 \text{ kWh}/\text{år}$ och för INNE-koefficienten $1082 - 1150 \text{ kWh}/^\circ C$.

5.3 Konsumtion och residualförbrukning

I detta avsnitt undersöks närmare elförbrukningens variation vintertid mellan delurval (lägenheter/hushåll).

För varje delurval kan ett sammantaget konsumtionsmått (KONSUM) beräknas enligt:

$$\text{KONSUM} = (\text{INNE} - \text{INNE(m)}) b_1 + (\text{KV} - \text{KV(m)}) b_3 \quad (5.10)$$

där INNE = delurvalets innetemperatur, °C
 INNE(m) = totalurvalets innetemperatur, °C
 KV = delurvalets vattenförbrukning, l/h
 KV(m) = totalurvalets vattenförbrukning, l/h
 b_1 = TEMP-koefficient, W/°C, enligt ekv (4.8)
 b_3 = KV-koefficient, Wh/l/h, enligt ekv (4.8)

Värdet på KONSUM bestäms således av skillnaden i innetemperatur respektive vattenförbrukning och av de åtgångstal b_1 och b_3 som används. Vi har valt att använda värdena på TEMP- resp KV-koefficienten i ekv (4.8) hämtade från TAB.4.3, vilka tidigare beräknats för totalurvalet, dvs på gruppnivå.

TEMP-koefficienten kan tolkas som ett mått på genomsnittliga specifika transmissions- och ventilationsförluster och KV-koefficienten som ett mått på genomsnittliga specifika avlopps-förluster för "medelhushållet". I det sammanhang som koefficienterna här används, är den fysikaliska tolkningen emellertid av mindre betydelse, eftersom koefficienterna här endast utnyttjas som åtgångstal för att beräkna den elförbrukningens genomsnittliga känslighet för skillnader i innetemperatur och vattenförbrukning. Den teoretiskt konstruerade KONSUM-variabeln beräknad enligt ekv (5.10) är definitionsmässigt noll för "medellägenheten/medelhushållet".

Vi kan nu ansätta:

$$\text{RESFOR} = \text{DELTA} - \text{KONSUM} \quad (5.11)$$

där DELTA = skillnaden i elförbrukning mellan delurval och totalurval beräknat som R_{vj} enligt ekv (5.1), dvs det mått på vinterperiodens medelavvikelse i eleffekt som använts vid beräkningen av normaliserad årselförbrukning.

Definitions­mässigt är DELTA = noll för "medellägenheten/medelhushållet". Därmed anger RESFOR i ekv (5.11) delurvalets residualförbrukning. Variationen i elförbrukning mellan lägenheter/hushåll kan därigenom beskrivas i termer av konsumtion och residualförbrukning. För att underlätta jämförbarheten mellan olika lägenhetstyper har de beräknade värdena på KONSUM och RESFOR indexerats:

$$\text{KONSUM}' = 100 (\text{TEL}(m) + \text{KONSUM})/\text{TEL}(m) \quad (5.12)$$

$$\text{RESFOR}' = 100 (\text{TEL}(m) + \text{RESFOR})/\text{TEL}(m) \quad (5.13)$$

dvs vid indexeringen relateras värdet på KONSUM resp RESFOR till medelhushållets totala eleffekt, $\text{TEL}(m)$, för lägenhetstypen.

I FIG.5.3 är indexerade värden på konsumtion och residualförbrukning plottade för alla lägenhetstypernas delurval.

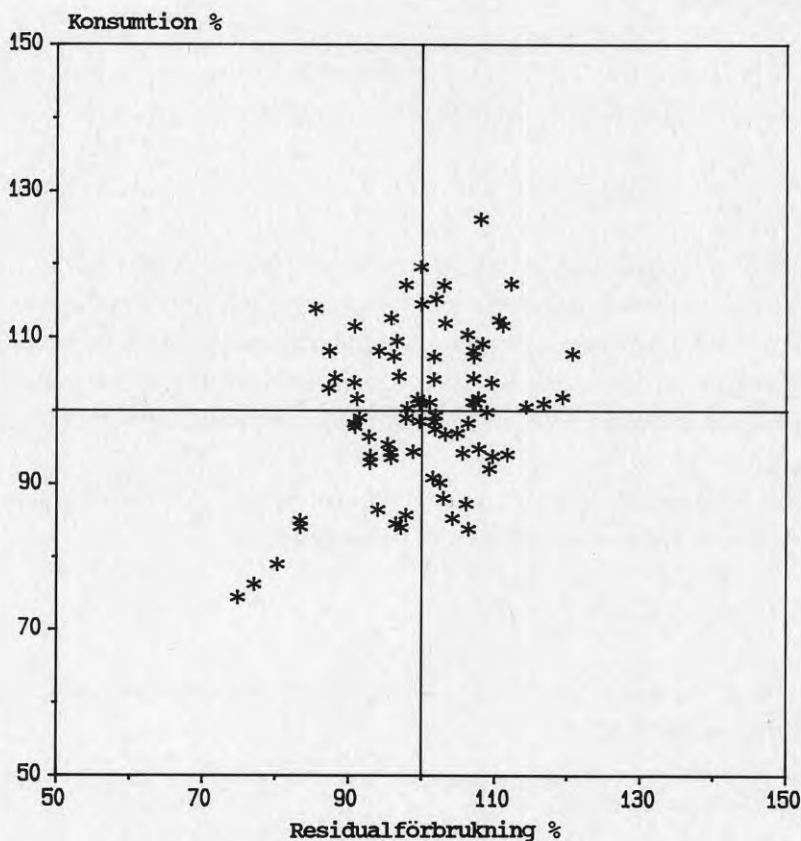


FIG.5.3 Samband mellan konsumtion och residualförbrukning för alla undersökta delurval för de fyra lägenhetstyperna. Indexering enligt ekv (5.12) och ekv (5.13). Vinterperioder, $N=80$

Det första som kan konstateras är att variationen i residualförbrukning nästan är lika stor som variationen i konsumtion. Det andra konstaterandet är att sambandet är mycket svagt mellan konsumtion och residualförbrukning. Plockar vi bort de fem delurval med lägst konsumtion och residualförbrukning, kan inte något som helst samband påvisas mellan konsumtion och residualförbrukning. (De fem delurvalen representerar de två hushåll med lägst elförbrukning i radhuslägenheterna.)

Vari består residualförbrukningen? Partiellt kan den vara ett resultat av eventuella mätfel, vilket är ett osäkerhetsmoment i tolkningen. Den intressanta frågan är emellertid: I vilken utsträckning och på vilka sätt är residualförbrukningen ett resultat av skillnader i interventionsbeteende mellan hushållen? Den frågan ligger till grund för analyserna i kapitel 6.

5.4 Driftslinjer

För varje delurval har eleffekten beräknats som funktion av temperaturskillnaden inne-ute, vattenförbrukning samt solinstrålning enligt:

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{TEMP} + b_2 \text{KV} + b_3 \text{SOL} \quad (5.14)$$

Resultatet av regressionsberäkningarna redovisas i bilaga TAB.A1-A4.

Där framgår att förklaringsgraden som väntat endast för några enstaka delurval är mindre än för totalurvalet. Det som emellertid här särskilt uppmärksammas är att bestämningen av delurvalens KV-koefficienten är mycket osäker beroende bland annat på att vattenförbrukningen är förhållandevis konstant mellan observations-tillfällena.

För att på ett enkelt sätt illustrera elförbrukningens temperaturberoende på lägenhetsnivå har valts att i stället utgå från ekvationen:

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{TEMP} + b_2 \text{SOL} \quad (5.15)$$

och låta vattenförbrukningen ingå i periodmedelvärdet (interceptet) genom att omforma ekv (5.15) till:

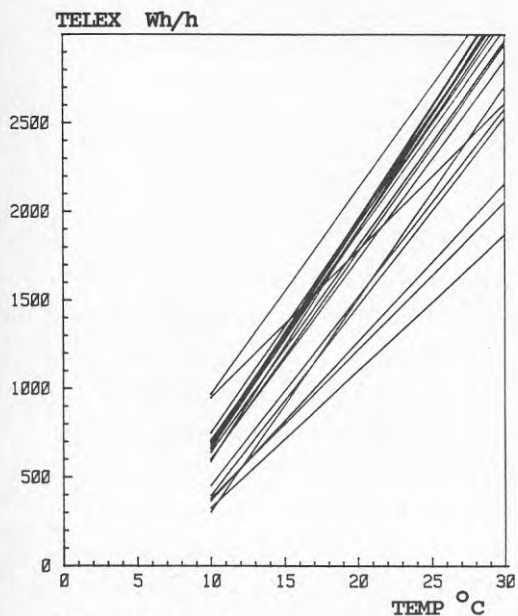
$$\text{TELEX} = k_x + b_1 \text{TEMP} \quad (5.16)$$

där TELEX = total eleffekt (TEL) exklusive beräknade avloppsförluster, varvid konstanten k_x har beräknats enligt:

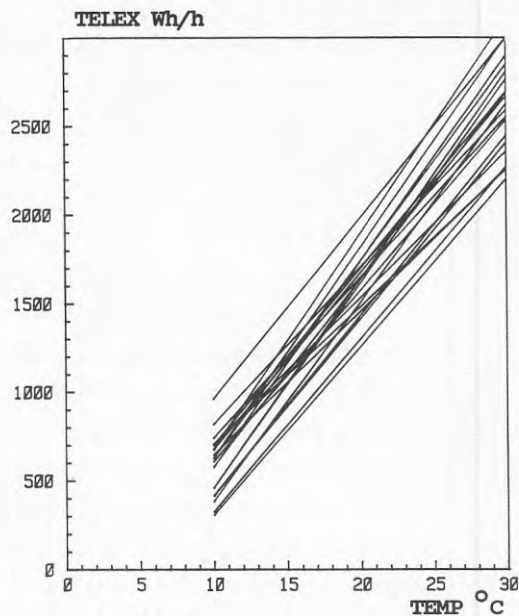
$$k_x = b_0 + b_2 \text{ SOL} - b_3 \text{ KV} \quad (5.17)$$

efter insättning av delurvalets medelvärden på SOL och KV. Koefficienterna b_0 och b_2 är hämtade från ekv (5.15) för delurvalet. För beräkningen av avloppsförlusterna har som åtgångstal (b_3) använts den KV-koefficient som beräknats på *gruppnivå* för lägenhetstypen enligt ekv (4.8), TAB.4.3.

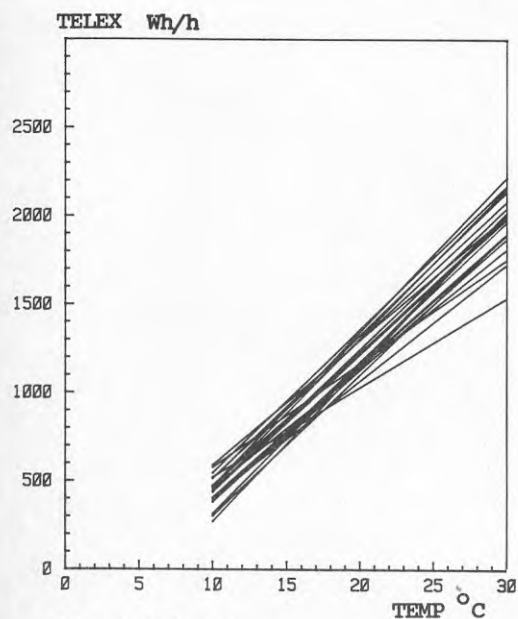
FIG.5.4 visar resultatet av beräkningarna av TELEX enligt ekv (5.16) för undersökta delurval. Elförbrukningens (exklusive beräknade avloppsförluster) linjära samband med temperaturskillnaden inne-ute vid oförändrad solinstrålning kan uppfattas som en "driftslinjer". I alla lägenhetstyper kan skönjas vissa avvikande driftslinjer, t ex linjer med mindre lutning än andra. En tänkbar förklaring kan vara att lägenhetens termiska egenskaper i driftsskedet påverkas på sätt som samvarierar med utetemperaturen, t ex att man vädrar vid mild väderlek och/eller minskar fläktventilationen vid kall väderlek. Men också många andra förklaringar kan tänkas, vilket kapitel 6 och 7 bland annat avser att belysa.



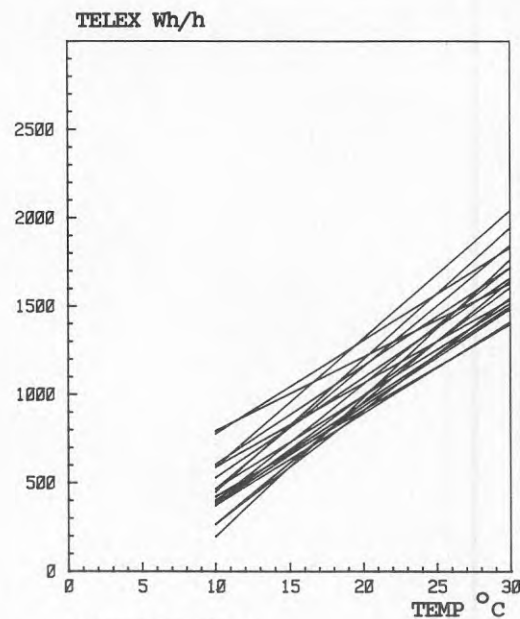
Lägenhetstyp 1



Lägenhetstyp 2



Lägenhetstyp 3



Lägenhetstyp 4

FIG. 5.4 Driftslinjer uttryckta som samband enligt ekv (5.16) mellan elförbrukning exklusive beräknade avloppsförluster (TELEX) och temperaturdifferens inne-ute (TEMP) vid oförändrad solinstrålning för delurval (lägenheter/hushåll) för olika lägenhetstyper.

6 SYSTEMEGENSKAPERNAS PÅVERKBARHET

Med utgångspunkt från undersökningens mätvariabler kan energibalansen för en lägenhet skrivas:

$$\text{TEL} = |\beta_0| + \beta_1 \text{TEMP} + \beta_2 \text{KV} - \beta_3 \text{SOL} \quad (6.1)$$

där TEL = tillförd total eleffekt (W)

$\beta_1 \text{TEMP}$ = transmissions- och ventilationsförluster (W)

$\beta_2 \text{KV}$ = avloppsförluster (W)

$\beta_3 \text{SOL}$ = nyttiggjord solvärme, dvs solspareffekt (W)

samt $|\beta_0|$ = restpostflöden (W), vilka satisfierar energibalansen.

I ekv (6.1) kan β -koefficienterna tolkas som förbrukningsenhetens systemegenskaper. Vid sidan av konsumtionen (av innetemperatur och vatten) är det dessa som förklarar elförbrukningens variation vid oförändrade yttre driftsförhållanden.

Avsikten i detta kapitel är att närmare undersöka systemegenskapernas beskaffenhet och påverkbarhet för de undersökta lägenheterna. Därvid utnyttjas de rön och insikter som utvunnits i mätprojektet, genom punktmätningar och teoretiska beräkningar som redovisats i huvudrapporten (R106:1987), och självfallet också de intervjuer och egna iakttagelser som gjorts under mätperioden. Granskningen av lägenheternas tekniska utrustning i ett mer renodlat brukarperspektiv görs i kapitel 8 och i kapitel 10, där särskilt elvärme - och ventilationssystemet som principlösningar analyseras.

6.1 Restposter/periodmedelvärdet (β_0)

De restposter som är aktuella för Tahelägenheterna är på förlustsidan:

- elförbrukning som ej tillförts lägenheten
- transmissionsförluster till trapphus och angränsande lägenheter
- ångförluster (ej nyttiggjord ångbildningsvärme)

och på tillförselsidan:

- personvärme
- värme från angränsande lägenheter (transmission)

Några andra extra energikällor bortsett från sporadiskt använda värme- och stearinljus (försumbara) har veterligen inte utnyttjats under mätperioden..

a) *Elförbrukning som ej tillförts lägenheten*

Frånluftsfläktens elförbrukning tillförs avluften och bidrar alltså inte till rumsuppvärmningen. Frånluftsfläktens effekt vid olika varvtalsinställningar har mätts i mätlägenheterna:

Minläge	20 W
Normalläge (1)	35 W
Normalläge (2)	-
Normalläge (3)	60 W
Maxläge	85 W

I glasverandorna finns fast installerad takbelysning och eluttag anlutna till lägenhetens elmätare. Men verandornas elförbrukning torde vara försumbar, speciellt vintertid. (Vid jultid har man visserligen kunnat se tända julgranar på en del verandor.) I en av trapphuslägenheterna upptäcktes vid andra intervjuomgången att hyresgästen på eget initiativ installerat infravärme (1 KW) i verandan, men enligt uppgift har infravärmen utnyttjats ytterst sporadiskt under uppvärmningssäsong. All entrébelysning är ansluten till fastighetselen. Sammanfattningsvis, som källa till residualförbrukning torde extern elförbrukning vara försumbar, möjligen med undantag för frånluftsfläkten.

b) *Transmission mellan angränsande lägenheter*

Större temperaturskillnader än 3°C mellan angränsande lägenheter har inte godtagits i undersökningen (avgränsningskriterium). Eftersom lägenhetskiljande väggar och bjälklag är försedda med extra värmeisolering, är möjliga transmissionvinster och -förluster kraftigt begränsade. För vägg och golvbjälklag på bottenvåning har k-värdet beräknats till 0.60 och för vägg på ovanvåning till 0.52 W/°C,m²

TAB. 6.1 *Specifik transmission mellan lägenheter, W/°C*

Mot lgh	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Typ 1	-	21.8	-	-
Typ 2	21.8	-	11.7	10.1
Typ 3	-	11.7	-	37.7
Typ 4	-	10.1	37.7	-
ALLA	21.8	43.6	49.4	47.8

Beräknat för maximalt tillåten temperaturskillnad (3°C) när transmissionsvinsten eller -förlusten maximalt upp till 150 W för lägenhetstyperna 2, 3 och 4. Detta är att betrakta som en teoretisk övre gräns. Eftersom skillnaderna i innetemperatur mellan angränsande lägenheter oftast varit obetydliga, torde transmissionen endast haft egentlig betydelse för radhuslägenheten med den klart lägsta innetemperaturen (ca 18°) och för grannlägenheten (ca 21°C). "Värmestölden" kan här uppskattas till ca 60 W uttryckt som medeleffekt. Den största transmissionen torde annars kunna inträffa mellan bottenvåning och ovanvåning, dvs mellan typ 3 och 4, med tanke på lufttemperaturens naturliga tendens att skiktas mot högre temperaturer vid innertak.

c) *Transmission mot trapphus*

Några mätningar av lufttemperaturen i trapphusen ingick inte i mätprogrammet. Däremot konstaterades att trapphusens elradiatorer felaktigt anslutits till 220 V i stället för avsedda 380 V. När det legat uppskottad snö framför entréerna, har trapphusens ytterdörrar ofta inte stängts till ordentligt. Vid intervju tillfällen framfördes emellertid aldrig några direkta klagomål på temperaturen i trapphusen, trots att beräkningar visar att där måste ha varit förhållandevis kallt vid låga utetemperaturer. I huvudrapporten (kap.7.1.2) redovisas beräkningar av energibalansen för trapphusen. Trapphustemperaturen (T_t) har därvid bestämts som funktion av utetemperaturen (T_u) för antagandet att angränsande lägenheters inomhustemperatur är 20°C :

$$T_t = 12.1 + 0.53T_u \quad (6.2)$$

Trapphuslägenheternas specifika transmissionsförluster mot trapphuset har beräknats till $9 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$ per lägenhet. Transmissionsförlusten (P_t) mot trapphuset för en lägenhet med innetemperaturen 20°C kan då skrivas:

$$P_t = 71.1 - 4.77 T_u \quad (6.3)$$

Transmissionsförlusten för en trapphuslägenhet kan således uppskattas till ca 70 W vid utetemperaturer nära noll, dvs vid utetemperaturer som motsvarar medeltemperaturen för vinterobservationerna. För lägenheter med högre inomhustemperatur än i beräkningarna antagna 20°C kan transmissionsförlusten antas vara något högre.

Under förutsättning att sambandet är detsamma för alla trapphuslägenheter, torde skillnaderna i "trapphusförluster" vara förhållandevis små, eftersom specifik transmission mellan lägenhet och trapphus är liten och skillnaderna i lägenhetstemperatur små för de aktuella lägenhetstyperna.

d) Ångförluster

Allt vatten som förbrukas i en lägenhet rinner inte ut i avloppet. En liten del förångas och avgår som vattenånga med frånluften. Denna del betecknas här ångförluster. Det är en förlustpost som inte explicit brukar beaktas i energibalanser för bostadshus, däremot implicit genom att vissa poster reduceras på energibalansens tillförselsida, t ex för hushållsel som inte utnyttjas för rumsuppvärmning. Ett annat förfarande kan vara att beräkna ventilationsförluster som entalpiskillnader mellan avluft och uteluft.

Ångförluster är brukarbetingade. Därmed inte sagt att ångförlusterna är noll i oboboda lägenheter, eftersom man har att räkna med ångförluster som en följd av uttorkning av byggfukt, särskilt i nyuppförda hus. Eftersom ångförluster i princip är oberoende av ventilationens storlek och temperaturskillnaden inne-ute, bör man dela upp ventilationsförlusterna i en "torr" och en "våt" del, där den "våta" delen, är att hänföra till restposten (β_0) i ekv (6.1).

Ångförluster (P_a) kan skrivas:

$$P_a = gL(1-\eta) \quad (6.4)$$

där g = intern fuktillförsel, kg/h

L = specifikt ångbildningsvärme, Wh/kg

η = värmeväxlarens "våta" verkningsgrad

Av den vattenånga som avgår genom frånluftsventilationen återvinnes i värmeväxlaren en del av värmeinnehållet som kondensvärme. I Tadelägenheterna leds kondensvattnet genom en speciell slang till avloppet. (Den del av vattenångan som avgår genom exfiltration och vädring kan bortses ifrån.)

Människans metabolism producerar ständigt värme som avgår dels som strålning och konvektion, dels via utandning och avdunstning från huden som "våt" värmeavgivning. Den senare utgör normalt 20-25% av metabolismen. Denna del av personvärmens bidrar inte direkt till rumsuppvärmningen, men däremot till en höjning av rumsluftens energiinnehåll (entalpi).

På vilket sätt personvärmens "våta" del ska beaktas i energibalansen, är en fråga om konvention. I det fall personvärmens på tillförselsidan definieras som endast metabolismens "torra" värmeavgivning, ska man naturligtvis inte heller på förlustsidan beakta metabolismens "våta" del. Men en sådan konventionen är inte helt korrekt vid värmeväxling av frånluften, eftersom det kondensvärme som återvinnes från metabolismens "våta" värmeavgivning tillförs rumsluften via tilluftsystemet.

Harderup (1983) konstaterar efter en litteraturgenomgång att avdunstningen från en vuxen person i vila kan beräknas vara 40-60 g/h samt att avdunstningen ökar med ca 10 g/h för varje grad över 20 °C. Harderup citerar ett franskt arbete som uppger den totala fuktavgivningen till ca 10 kg/dygn för ett hushåll bestående av 4 personer, men tillfogar kommentaren att detta förmodligen inte är direkt tillämpligt för svenska förhållanden, vilket torde vara en rimlig förmodan. Men det utesluter å andra sidan inte att fuktavgivningen för vissa bostadsvanor kan vara betydande.

I samband med personlig hygien, t ex vid bad och dusch, rinner inte allt bruksvatten ner i avloppet. En del förångas under användningen, och det som lämnas kvar på golvet, i handfat och på andra ytskikt, avgår förr eller senare som vattenånga. Om det torkas upp eller inte, har ingen betydelse såvida inte torkvattnet kramas ur och hamnar i avloppet. Ångförlusternas storlek i samband med personlig hygien beror naturligtvis på vanorna. Rakas inte vattnet ner i golvbrunnen sedan man duschat utan lämnas att lufttorka, torde ångförlusterna kunna bli så pass stora att man inte utan vidare kan bortse ifrån dem.

Tvätt och torkning av textilier torde vara en av de viktigaste källorna till ångförluster. Men inte i Tahlälagenheterna, eftersom nästan alla utnyttjade tvättstugan för så gott som all tvätt. Ångförluster i samband med torkning av tvätt är möjliga att beräkna. I en undersökning om tvättstugor (Kuschel mfl, 1978) bidrog institutionen genom Kurt Källblad med en laborativ undersökning av energiåtgången för tvättprocessens olika moment. Den visar att man vid vanliga hushållsmaskiner med inbyggd centrifugering kan räkna med ett kvarvarande torkbehov på ca 60% av tvättgodset torra vikt, vid droptorkning avsevärt mer. För en tvåbarnsfamilj anges tvättbehovet till ca 18 kg/vecka, dvs ett torkbehov på 10.8 kg/vecka (75 g/h) eller uttryckt som ångbildningsvärmets medeleffekt, till ca 50 W. (Vattnets specifika ångbildningsvärme kan sättas till 2473 KJ/kg eller 687 Wh/kg vid 15°C.)

Köksaktiviteter, såsom matlagning och disk ger också upphov till ångförluster, liksom avfrostning av kyl och frys. Även blombevattning kan vara en källa till fuktavgivning. En liter om dagen torde inte vara helt ovanligt i vältempererade hem med mycket växter, vilket skulle motsvara ca 30 W i ångförlust för avdunstning. Harderup anger två utländska referenser som båda uppger att fuktavgivning-

en från växter i bostäder kan beräknas till ungefär 20-30 g/h motsvarande ca 15-20 W. Som en ren kuriositet kan nämnas att vi i en av Tahelägenheterna fann ett extremt stort akvarium (800 l) tempererat några grader över rumstemperatur, dock bortsett från smärre öppningar - täckt av en glasskiva.

Det förhållandet att frånluften värmväxlas i Tahelägenheterna, gör att ångbildningsvärmnet delvis återvinns, till hälften om samma verkningsgrad antas som för den "torra" ventilationen. Vid kall väderlek kan emellertid kondensvattnet frysa till is i värmväxlarlamellerna med följd att frånluftssystemet upphör att fungera. Bacho Minimaster är därför utrustat med frostsnydd-automatik. Vid utetemperaturer lägre än ca -5°C stänger programverket av tilluftsfläkten i perioder om ca 5-6 minuter varje halvtimme enligt fabrikantens systembeskrivning. Under dessa perioder är systemverkningsgraden i praktiken noll. Vid frostfri fuktutfällning ökar systemets temperaturverkningsgrad med ca 5 procentenheter enligt fabrikanten.

Vi har emellertid inte gjort några särskilda iakttagelser i Tahelägenheterna som skulle föranleda oss att misstänka att just fuktalstringen eller frostautomatiken skulle vara viktig som källa till förbrukningsvariationen, snarare tvärtom med tanke på den allmänt sätt låga vattenförbrukningen och - inte minst viktigt - att nästan alla utnyttjade den gemensamma tvättstugan för hushållstvätt (och torkning).

e) Personvärme

Människans metabolism brukar anges per m^2 kroppsytta för olika typer av aktiviteter. Wyon anger 40 W/m^2 vid sömn, $50-60 \text{ W/m}^2$ när man sitter beroende på hur avslappnad man är, $60-80 \text{ W/m}^2$ när man står eller utför lättare arbete i bostaden, och upp till 110 W vid rörligt hushållsarbete. I normala rumstemperaturer avgår från en människa i vila 40% av värmen via strålning, 40% via konvektion och 20% via andning och avdunstning genom huden (Adamson & Hidemark, 1986, kap.5).

Kroppsytans storlek kan beräknas med hjälp av Dubois' formel:

$$A = m^{0.425} \times h^{0.725} \times 0.2024 \quad (6.5)$$

där m = kroppsikt, kg
 h = kroppslängd, m

Typiska värden för vuxna varierar mellan 1.65 och 2.00 m^2 med 1.8 m^2 som ett ungefärligt medelvärde. Dessa uppgifter liksom Dubois' formel är hämtad från

Markus & Morris (1980). Barnvårdscentralernas tillväxtdiagram anger medelvikten till 23 kg och medellängden till 1.23 m för barn i 7-årsåldern.

TAB.6.2 Personvärme. Beräkningsförutsättningar för olika kategorier av hushållsmedlemmar för metabolismens dygnsmedeleffekt som tillförs bostaden, W/p.

Kategori av hushållsmedlem:	Kroppsyta m ³	Hemmavarotid Metabolism:				Dygn h
		Sömn h	Övr. h	Sömn h	Övr. h	
Heltidsarbetande vuxen	1.8	8	7	40	70	ca 60
Deltidsarbetande vuxen	1.8	8	10	40	70	ca 75
Hemarbetande vuxen	1.8	8	13	40	70	ca 90
Barn (7 år)	0.9	10	8	40	70	ca 35

Enligt beräkningsförutsättningarna i TAB.6.2 kan metabolismens dygnsmedelvärde i bostäder för några typiska kategorier av hushållsmedlemmar uppskattas till:

Heltidsarbetande vuxen	60 (50) W/p
Deltidsarbetande vuxen	75 (60) W/p
Hemmavarande vuxen	90 (70) W/p
barn (7 år)	35 (30) W/p

där värdena inom parantes är skattning av personvärmens "torra" del, dvs den del som tillförs rumsuppvärmningen. Hushållssammansättningen för de undersökta lägenhetstyperna har tidigare redovisats i avsnitt 2.5. Där framgår att radhuslägenheternas typhushåll består av två vuxna, en heltids- och en halvtidsarbetande, och två barn. Personvärmens för detta typhushåll kan beräknas till ca 170 W.

Variationsvidden i personvärmestillskott för radhuslägenhetlägenheterna kan beräknas till mellan 120 och 260 W och för trapphuslägenheterna till mellan 50 och 180 W. Personvärmestillskotts variationsvidd är alltså ungefär lika stor i trapphuslägenheterna som i radhuslägenheterna. Hushållssammansättning och hemmavaro är betydligt mer varierad i dessa än i radhuslägenheterna. Eftersom trapphuslägenheternas värmebehov är mindre, torde personvärmens relativa betydelse för förbrukningsvariationen vara större i dessa än i radhuslägenheterna.

6.1.1 Restposternas nettoeffekt - en sammanfattning

I TAB.6.3 görs ett försök att skatta den troliga variationsvidden för de olika lägenhetstypernas restpost (periodmedelvärde för β_0) under mätperioden på basis av den information som samlats in om hushållen. Skattningen ska huvudsakligen ses som ett försök att få en ungefärlig uppfattning om den storleksordning som det kan vara fråga om.

TAB.6.3 Skattning av sannolik variationsvidd för komponenterna till restposten (β_0) i ekv (6.1). (W)

Komponent	Typ 1-2	Typ 3-4
Elspill (fläktel mm)	-(30-60)	-(30-60)
Transmission mellan lgh	± 60	± 60
Transmission mot trapphus		-(50-90)
Ångförluster ¹	-(20-40)	-(10-20)
Personvärme ²	+(120-260)	+(50-180)

1) exkl. personvärmens "våta" del samt m h t värmeväxling

2) exkl. personvärmens "våta" del

Om transmission mellan lägenheter och mot trapphus inte beaktas, kan spelrummet för restpostens medelnettoeffekt för radhuslägenheterna (typ 1-2) beräknas vara mellan +70 och +160 W och för trapphuslägenheterna (typ 3-4) mellan +10 W och +100 W. Beaktas transmissionen blir spelrummet mellan +10 och +220 W för radhuslägenheterna och mellan -50 och +160 W med hänsyn till ogynnsammast/gynnsammast fall.

Sammanfattningsvis visar överslagskalkylerna en möjlig skillnad mellan lägenheterna på ca 200 W i medeleffekt för restpostnettoflödet i driftsskedet oberoende av lägenhetstyp.

En detalj värd att uppmärksamma i sammanhanget är innetemperaturens betydelse för Tadelägenheterna: Ju högre innetemperatur, desto större sannolikhet för transmissionsförlust mot angränsande lägenhet. Detta kan vara en delförklaringen till INNE-koefficientens statistiska signifikans i ekv (4.8) i TAB.4.3. För trapphuslägenheterna ökar dessutom, som visats, transmissionsförlusten mot trapphus när innetemperaturen ökar.

6.2 Specifika transmissions- och ventilationsförluster/elförbrukningens temperaturberoende (β_1)

6.2.1 Transmissionsförluster

Det finns tre tänkbara orsaker till skillnader mellan typiska lägenheter vad gäller transmissionsförluster vid samma temperaturdifferens inne-ute. Den första kan hänföras till byggskedet. Smärre skillnader i utförandet kan inte uteslutas. Men utförandet torde ha större betydelse för klimatskalets täthet, dvs för infiltrationen, än för värmeledningen. En annan tänkbar orsak kan vara att hyresgästerna påverkat isoleregenskaperna. Men detta torde vi kunna bortse ifrån. Därtill är möjligheterna alltför begränsade, i synnerhet i så pass redan välisolerade hus som Tahehusen. Hur persienner och eventuella gardiner används, påverkar inte nämnvärt isoleregenskaperna hos tre- och fyrglasfönster. (I Tahehusen ingår persienner i den fasta inredningen. Persiennerna hänger fritt i rummet framför glasen.)

Den tredje tänkbara orsaken kan ligga i det förenklade (approximativa) sätt på vilket innetemperaturen har mätts. Mätförandet beaktar inte temperaturfördelningen i lägenheten, vilket måste göras för en mer exakt bestämning av verkliga transmissionsförluster. Dessa kan skrivas:

$$TF = \sum k_i A_i (TEMP + dT_i) \quad (6.5)$$

där k_i = k-värdet för byggnadsdelen (i), W/°C

A_i = arean för byggnadsdelen (i), m²

TEMP = registrerad temperaturskillnad mellan mät punkt i lägenheten och utetemperatur, °C

dT_i = temperaturavvikelsen med hänsyn till verklig innetemperatur för byggnadsdelen (i) (°C)

På rent teoretiska grunder kan det alltså påvisas att temperaturfördelningen inomhus kan vara en källa till variation i transmissionsförluster vid samma temperaturskillnad mellan mät punkt och ute. (I radhuslägenheterna mäts innetemperaturen i två punkter, i hallen i vardera våningsplanet och registreras som ett medelvärde, vilket något ökar reliabiliteten på mätningen av inomhustemperaturen. Den naturliga temperaturutjämnning som sker i en lägenhet sätter givetvis gränser för i vilken utsträckning temperaturskillnader kan upprätthållas mellan olika rum. För att uppnå annat än marginella skillnader i rumstemperatur torde det vara nödvändigt

att dörrarna hålls stängda. (I trapphuslägenheterna står mätpunkten i öppen förbindelse med kök och vardagsrum, vilket även gäller för en av de två mätpunkterna i radhuslägenheterna.)

I Tahehusen svarar fönster för en betydande del av lägenheterna transmissionsförluster.

TAB.6.4 Teoretiskt beräknad transmission för byggnadsdelar, $W/^\circ C$

Byggnadsdel	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Golv	11.42	11.20	13.83	-
Tak	6.09	6.18	1.89	7.08
Vägg	14.86	8.69	5.71	4.84
Fönster	41.50	40.12	30.81	26.43
Dörr	1.70	1.70	-	-
Totalt	75.57	67.89	52.24	38.35

Transmissionen vid fönster står för 55, 59, 59 och 69% av den totala transmissionen för lägenhetstyp 1, 2, 3 resp 4. Eftersom elradiatorerna är placerade under fönsterna, torde det sätt på vilket de används ha betydelse för transmissionen vid fönster. Elradiatorerna påverkar luft rörelser och lufttemperaturer vid fönster och följaktligen också det konvektiva övergångsmotståndet liksom temperaturskillnaden över fönsterna. (Transmissionen genom fönster påverkas även av strålningsutbytet mellan glasens insidor och rummets yttemperaturer.)

Några särskilt systematiska observationer av hur elradiatorerna använts har inte gjorts. Men vi har dock kunnat konstatera att många har haft för vana att låta en eller annan elradiator periodvis stå avstängd, särskilt i vardagsrummet, där antalet radiatorer är två eller tre beroende på lägenhetstyp. Eftersom specifika transmissionsförluster är störst i vardagsrummet på grund av den generösa uppglasningen, är det en effektiv sparstrategi att hålla låg temperatur just i det rummet. Detta är en praxis som tillämpats i stor utsträckning av det extremt lågförbrukande hushållet, som låtit vardagsrummet till stor del stå outnyttjat under vintern. Samvaro och teve-tittande har då förlagts till ett av rummen på övervåningen.

De verkliga transmissionsförlusterna i en lägenhet vid konstant temperaturskillnad mellan lägenhetens mätpunktstemperatur och utetemperatur kan definieras med hjälp av faktorn (a_j) i uttrycket:

$$a_j = TF_j / TF_m \quad (6.7)$$

där TF_j och TF_m är verkliga transmissionsförluster för lägenheten (j) respektive för "medellägenheten". Observera att även små avvikelser för faktorn (a_j) från 1 har stor betydelse för energiförbrukningen, eftersom transmissionsförlusterna står för en betydande del av de totala förlusterna. Men att döma av intervjuerna och våra iakttagelser vid intervjutillfällena, är det bara ett litet fåtal som har utnyttjat möjligheten att periodvis hålla värmen avstängd i vardagsrummet som en medveten sparstrategi. Att detta kan vara framgångsrikt, bevisas av elförbrukningen för det hushåll som mest ihärdigt tillämpat den. Häre torde också ligga en del av förklaringen till detta hushålls extremt låga TEMP-koefficient (se vidare avsnitt 7.2.1).

6.2.2 Ventilationsförluster

Ventilationsförlusterna kan delas upp i avluftsförluster, exfiltration och vädring.

a) Avluftsförluster

Avluftsförlusterna kan skrivas:

$$VF_a = Q_f c_p \rho (TEMP + dT_f) (1 - \eta_x) \quad (6.8)$$

där Q_f = frånluftsflödet, m^3/h

c_p = specifik värmekapacitet för torr luft, $Wh/^\circ C, kg$

ρ = luftens densitet, kg/m^3

TEMP = temperaturskillnad mellan registerad innetemperatur och utetemperatur, $^\circ C$

dT_f = avvikelse mellan verklig frånluftstemperatur och registerad inomhustemperatur, $^\circ C$

η_x = värmeväxlarens energiverkningsgrad

Vid konstant temperaturskillnad (TEMP) mellan mätpunkten i lägenheten och utetemperaturen bestäms variationen i avluftsförluster av tre faktorer; av frånluftsflödets storlek (Q_f), av skillnaden mellan verklig frånluftstemperatur och lufttemperaturen i mätpunkten (dT_f) och av värmeväxlarens energiverkningsgrad (η_x).

I huvudrapporten (kap.7.4) redovisas resultatet av några olika metoder att mäta ventilationens storlek vid olika fläktinställningar, vid minventilation, normalventilation och forcerad ventilation. Frånluftsflödet vid normalventilationen varierade

mellan ca 110 och 150 m³/h beroende på fläktinställning. Det lägre värdet avser trapphuslägenheterna och det högre radhuslägenheterna vid avsedd fläktinställning. Minventilationen gav ca 80 m³/h och den forcerade ventilationen, ca 165 m³/h i stort sett oberoende av lägenhetstyp. Tilluftsflödena har beräknats vara 85-90% av frånluftsflödena. Anmärkningsvärt är den marginella ökningen av frånluftsflödet vid forcering jämfört med frånluftsflödet för normalventilation inställd på det högre motorvarvet.

Vid stickprovsmätningar (påsmetoden, se huvudrapporten, kap.7.4) fann vi skillnader i tilluftsflödet på upp emot 20 m³/h mellan lägenheter av samma typ och fläktinställning. Men viktigare var att det framkom, att inte så få ofta använde minventilation som normalventilation, vilket motiverades med att fläktsuset då sjönk markant. Här ligger med alla sannolikhet den största källan till de skillnader i elförbrukningens temperaturberoende som påvisats av mätvärdesanalyserna. I radhuslägenheterna innebär en omställning till minventilation i stort sett en halvering av ventilationen. I trapphuslägenheterna blir sänkningen inte fullt lika stor, men likväl betydande.

Mätningar i frånluftskanaler i bebodda hus brukar visa att frånluftstemperaturen oftast ligger någon eller några grader över registerad rumstemperatur. Det förklaras av rumsluftens naturliga tendens att skiktas mot högre lufttemperaturerna vid innertak och att frånluftventilationen i köket direkt "suger" upp en del av spisvärmen. I bad- och duschrum går en del av värmeutvecklingen på motsvarande sätt direkt ut via frånluftventilationen. I badrum hålls ofta också en något högre lufttemperatur än i övriga bostadsrum. Därför kan frånluftstemperaturen i värmeväxlarna antas vara något högre än lägenheternas mätpunktstemperaturer. I obebodda lägenheter är avvikelserna, om inte noll, så ytterst ringa. Avvikelsen är alltså i allt väsentligt brukarbetingsad. Men dess betydelse för variationen i frånluftsförluster torde vara liten i jämförelse med variationen i ventilationsflöde.

Skillnader i värmeväxlarens energiverkningsgrad kan ha en viss betydelse för avluftsförlusternas variation. Inverkan av t ex obalanser och smutsavsättningar i fläktsystemet har dock inte kunnat undersökas. Däremot kunde vi konstatera att vissa noga följde skötselansvisningarna för rengöring av luftfilter och växlare, medan andra aldrig hade öppnat fläktaggregatet.

Vid konstant temperaturverkningsgrad och konstanta tillufts- och avluftsflöden kan visas att energiverkningsgraden teoretiskt i det närmaste är oberoende av utetemperaturerna. Däremot gör avfrostningsautomatiken att energiverkningsgraden sjunker under perioden då utetemperaturerna är lägre än -5°C. Att tilluftsfläkten periodvis då stannar, inverkar naturligtvis på elförbrukningens linjära temperaturberoende för det temperaturområde som vi undersöker. Däremot bidrar knapp-

past avfrostningsautomatiken till att förklara förbrukningsvariationen mellan lägenheter.

b) *Exfiltration och vädring*

När vi frågade hushållen om deras vädringsvanor, var det många som såg förvånat på oss och sade att de nästan aldrig vädrade, att det inte behövdes. Men det fanns några undantag som höll fast vid vanan att vädra sovrummen en stund på morgonen, men nämnde att de då brukade stänga av värmen i rummet. Vid våra rundvandringar i området kunde vi stundtals se fönster som stod på glänt, oftast då i kök. Men allmänt sett torde man vintertid ha vädrat i ringa utsträckning. I Tahehusen är vädringen intressant främst som respons på solinstrålning, vilket uppmärksammats i avsnitt 4.4.

I huvudrapporten redovisas resultatet av infiltrationsmätningar med hjälp av spårgas i ett par av mätlägenheterna. Därvid har infiltrationen som ett genomsnittsvärde beräknats till 0.07 oms/h. Speciellt under första mätåret förekom här och var klagomål på drag i lägenheterna. Brister i täthet förekom också som besiktningens anmärkningar, vilka så småningom dock kom att åtgärdas. Det är naturligtvis svårt att med säkerhet uttala sig om betydelsen i Taheområdet av skillnader i täthet för energiförbrukningen, allra helst som det kan tänkas ske en viss anpassning av fläktventilationen till eventuella otätheter.

6.3 Specifika avloppsförluster/vattenförbrukningens åtgångstal (β_2)

I regressionsberäkningarna för ekv (4.8) på gruppnivå anger KV-koefficienten elförbrukningens känslighet för skillnader/förändringar av vattenförbrukningen vid oförändrad temperaturskillnad inne-ute, solinstrålning samt innetemperatur.

TAB.6.5 KV-koefficienter och konfidensintervall (95%) enligt ekv (4.8).

Lgh- typ	KV-koeff. Wh/l	Konfidensintervall Wh/l
1	21.01	20.77 - 21.25
2	21.42	21.28 - 21.56
3	22.20	22.11 - 22.29
4	29.18	29.04 - 29.32

Av TAB.6.5 framgår att osäkerheten i bestämningen av KV-koefficienternas medelvärden är mycket liten. Variationen i vattenförbrukning är, som vid upprepade tillfällen framhållits, främst en variation mellan lägenheter och endast i

mindre utsträckning en variation mellan avläsningstillfällena. Man kan därför inte utan vidare tolka KV-koefficienterna som specifika avloppsförluster.

Det är anmärkningsvärt att KV-koefficienterna i det närmaste är exakt lika stora för tre av lägenhetstyperna. Men det avvikande värdet för lägenhetstyp 4 varnar för förhastade slutsatser.

I en hushalva med fyra lägenheter av vardera lägenhetstyp, har vattenförbrukningens elförbrukning specialundersökts. I dessa lägenheter har vid sidan av totalvattenförbrukningen även varmvattenförbrukningen uppmätts samtidigt som varmvattenberedarnas elförbrukning registrerats. Observationerna (normaliserade veckovärden) analyseras här på gruppnivå i vinterfallet. Observationer har uteslutits för vilka den standardiserade residualen är större än 2 för regressionskvantilen:

$$VV = b_0 + b_1KV \quad (6.9)$$

där VV = tappvarmvattenförbrukning, l/h

KV = totalvattenförbrukning, l/h

Därigenom utesluts eventuell förekomst av observationer med extrem varmvattenandel, exempelvis som en följd av avläsningsfel antingen av varmvatten- eller totalvattenförbrukningen. Den standardiserade residualen för den i:te observationen har beräknats för urvalet i sin helhet dock med den i:te observationen utesluten. Totalt har 265 observationer kvarstått, som alltså hämtas från fyra lägenheter representerande var sin lägenhetstyp.

Det linjära sambandet mellan varmvattenberedarens elförbrukning och varmvattenförbrukningen har beräknats till:

$$BEL = 172 + 36.4 VV \quad R^2 = .86 \quad (6.10)$$

där BEL = varmvattenberedarens elförbrukning, Wh/h

VV = tappvarmvattenförbrukning, l/h

Determinationskoefficienten R^2 är 86%, vilket kan förefalla lågt. Men det beror på att tappvarmvattnet mäts efter temperering, dvs efter inblandning av kallvatten. Temperaturen på det utgående varmvattnet varierar något mellan de undersökta lägenheterna, eftersom blandningsventilernas termostater varit något olika inställda.

Varmvattenberedarens konstanta elförbrukning i ekv (6.10) kan tolkas som den elförbrukning som kompenserar för värmeförlusten (värmeläckaget) till omgivningen. I verkligheten är emellertid varmvattenberedarens värmeförlust inte oberoende av varmvattenförbrukningen. Vid avtappning av varmvatten fylls automatiskt på med nytt kallvatten. Då sjunker temperaturen i beredaren med följd att värmeläckaget minskar. Om ingen avtappning sker, är värmeläckaget i genomsnitt ca 195 W vid normal rumstemperatur. Detta har kunnat konstateras i obodda lägenheter.

Det förhållandet att varmvattenberedarens värmeläckage inte är konstant utan beroende av förbrukningens storlek komplicerar tolkningen av konstanten och VV-koefficienten i ekv (6.10). För att få en uppfattning om varmvattnets specifika värmetillförsel har BEL/VV korrelerats mot 1/VV i FIG.6.2. Sambandet har beräknats till:

$$\text{BEL/VV} = 41.9 + 141/\text{VV} \quad (6.11)$$

där BEL/VV = varmvattenberedarens specifika elförbrukning, Wh/l

VV = tappvarmvattenförbrukning, l/h

Som ekv 6.11 visar går specifik elförbrukning mot 41.9 Wh/l vid mycket stora förbrukningar. Den på detta sätt beräknade specifika elförbrukningen kan jämföras med VV-koefficienten beräknad enligt ekv (6.10). Att den senare är mindre, beror alltså på att varmvattenberedarens värmeförlust minskar med ökad förbrukning. Konstanten i ekv (6.11) är således en bättre skattning av genomsnittligt tillförd specifik varmvattenenergi. Konfidensintervallet för konstanten är 40.1 - 43.7 Wh/l, vilket motsvarar en temperaturhöjning på 35 - 37°C på tappvarmvattnet efter blandningsventilen. Detta kan förefalla lite med tanke på att det inkommande kallvattnets medeltemperatur uppgavs vara 6-7°C med små säsongvariationer. De termostatstyrda blandningsventilernas funktionssätt var emellertid sådant att tappvarmvattnes medeltemperatur sannolikt är den som kan beräknas, eftersom det krävdes en viss avtappning innan inställd varmvattentemperatur uppnåddes, så även vid tappställen nära beredaren. Om man betänker att det också sker en viss värmeupptagning (temperaturhöjning) av kallvattnet i ledningen in till varmvattenberedaren, överensstämmer beräkningarna ganska väl med de stickprovsmätningar av varmvattentemperaturen som gjorts i samband med besök i de specialmätta lägenheterna.

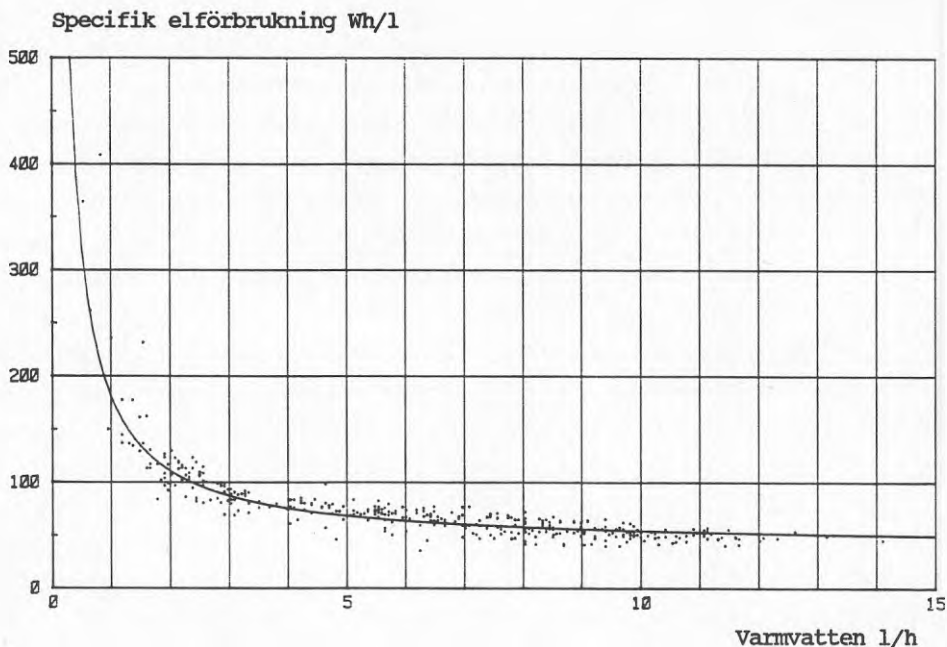


FIG.6.1 Specifik elförbrukning för varmvattenberedarna som funktion av uppmätt tappvarmvattenvolym enligt ekv (6.11)

Görs antagandet att värmeupptagning i kallvattenledningarna balanseras av varmvattenledningarnas värmeavgivning, torde alltså den beräknade konstanten i ekv (6.11) kunna tolkas som genomsnittliga specifika avloppsförluster beräknat för tappvarmvattnet. För de fyra här undersökta lägenheterna är tappvarmvattnets uppmätta andel 45% i genomsnitt av total vattenförbrukning (Varmvattenandelen låg genomsnittligt mellan 38 och 52% i de fyra undersökta lägenheterna, till en del beroende på skillnader i inställd termostatttemperatur för blandningsventilen.) Räknat på totalvattenförbrukningen (KV) blir det genomsnittliga åtgångstalet ca 19 Wh/l.

Varmvattenberedarnas specifika elförbrukning kan naturligtvis också beräknas som funktion av vattenförbrukningen (KV) på samma sätt som för varmvattnet:

$$BEL/KV = 19.5 + 127/KV \quad R^2 = .78 \quad (6.12)$$

Determinationskoefficienten R^2 för ekv (6.12) är som väntat något lägre än för ekv (6.10). Specifik elförbrukning går här mot 19.5 Wh/l vid stora vattenförbrukningar. Konfidensintervallet (95%) för konstanten är 18.6 - 20.4.

Sammanfattningsvis kan konstateras att beräkningarna för de fyra specialmätta

Sammanfattningsvis kan konstateras att beräkningarna för de fyra specialmätta lägenheterna som resultat ger värden som mycket nära överensstämmer med resultatet på gruppnivå för de olika lägenhetstyperna, möjligen med undantag för lägenhetstyp 4. För detta observationsurval avviker KV-koefficienten något jämfört med de i övrigt samstämmiga beräkningarna. Om denna avvikelse speglar reella skillnader i specifika avloppsförluster eller andra skillnader i elanvändning, är det emellertid inte möjligt att uttala sig om på basis av mätvärdesanalys.

Undersökningen av de fyra lägenheterna verifierar i och för sig inte att KV-koefficienter beräknade för andra observationsurval kan tolkas som genomsnittliga specifika avloppsförluster. Men onekligen ger undersökningen av de fyra specialmätta lägenheterna ett visst stöd åt en sådan tolkning.

Det teoretiskt möjliga spelrummet för individuell variation i specifika avloppsförluster bestäms av möjligheten att påverka sammansättningen av varmt och kallt vatten vid tappställena. För vissa aktiviteter är vattentemperaturens spelrum i praktiken mycket begränsat, t ex för bad och dusch. För toalettspolning kommer endast kallvatten ifråga. Skölja disk för hand kan man göra i både kallt och varmt vatten. Sannolikt är det så, att det är omfattningen av bad och dusch som i första hand avgör den genomsnittliga sammansättningen av varmt och kallt tappvatten i ett hushåll. Men eftersom Tahehushållen allmänt sett är sparsamma med sin vattenförbrukning (se avsnitt 5.2.2), torde variationen i specifika avloppsförluster ha spelat en relativt liten roll för residualförbrukningens variationen.

6.3 Solspareffekt/solutnyttjande (β_3)

Begreppen solspareffekt och solutnyttjandegrad har definierats i avsnitt 4.4.4. Den genomsnittliga solutnyttjandegraden för vinterperioder har där beräknats till mellan 0.61 och 0.76 beroende på lägenhetstyp. Där görs också det påpekandet att såsom solspareffekten definieras, är det knappast möjligt att i realiteten uppnå utnyttjandegraden 1.0. Detta skulle förutsätta att innetemperaturen vore helt opåverkad av solinstrålningen.

Av tabellbilagan, TAB.A1-A4, där resultatet av regressionsberäkningar redovisas för alla undersökta delurval för ekvationen:

$$\text{TEL} = b_0 + b_1 \text{TEMP} + b_2 \text{KV} + b_3 \text{SOL} \quad (6.13)$$

framgår att SOL-koefficienten inte är statistiskt signifikant för alla delurval (t -kvot < 2), vilket är en indikator på att solspareffekten varierar mellan lägenheter/hushåll. Under rundvandringar i området och vid besök i lägenheterna har kunnat konstateras att solskyddsgardinerna på somliga verandorna ofta varit nedfällda vid solsken även vintertid. Sådana dagar har vi ibland också kunnat se att verandadörren ut från vardagsrummet här och var stått på glänt. Utnyttjandet av persienner torde också ha haft en viss betydelse för solspareffekten, även om dessa hängde fritt invändigt.

Själva glasverandans besparingseffekt har särskilt analyserats i huvudrapporten, kap.7. Den slutsats man där kommer fram till är att glasverandans teoretiska besparingseffekt för lägenheten är mycket liten. Orsaken är främst:

- att glasverandans konstruktion medför en ingalunda försumbar solavskärmningseffekt för innanförliggande lägenhet
- att verandans lufttemperatur under vinterperioden i sin helhet endast ligger ett fåtal grader över utetemperaturen, varför besparingsvinsten genom minskade transmissionsförluster i förhållande till utetemperaturen blir förhållandevis liten.

I energisparhänseende är glasverandorna en aning "lömska" såtillvida att de inbjuder till att öppna mot verandan när solen skiner. Det är också inbrottssäkert sätt att vädra lägenheten. Men det är lätt hänt att glömma stänga igen dörren när verandatemperaturen sjunker under rumstemperatur.

Det sparengagerade hushåll som vi flera gånger refererat till, menade sig ha utnyttjat solinstrålningen maximalt genom att aldrig fälla ner vare sig solskyddsgardiner eller persienner. De har systematiskt försökt att utnyttja övertemperaturer på verandan på följande sätt.

Oftast har någon varit hemma vid lunchtid. Om verandatemperaturen då varit högre än innetemperaturen, har all elvärme stängts av (om den inte redan var avstängd), samtidigt som dörren ut mot verandan öppnats både nere och uppe, vilket accelererat luftutbytet. Spareffekten torde emellertid främst ligga i att elvärmestängs av.

7 ENERGIBALANSER

I detta avsnitt jämförs resultatet av regressionsberäkningarna i kapitel 4 och 5 med ex-post-konstruerade energibalanser för det driftsfall som motsvaras av mätvärdenas periodmedelvärden för vinterobservationer. Beräkningsförutsättningarna grundas därvid dels på vunna insikter vad gäller systemegenskapernas påverkbarhet, dels på uppgifter från intervjuer och observationer under mätperioden.

7.1 Energibalanser på gruppnivå

TAB.7.1 beskriver det genomsnittliga driftsfallet för vinterobservationer för respektive lägenhetstyp.

TAB.7.1 Elförbrukning (TEL), innetemperatur (INNE), vattenförbrukning (KV) samt solinstrålning för modellfönstret (SOL). Medelvärden för vinterobservationer under tre mätår för de undersökta lägenhetstyperna.

Lgh typ	TEL W	INNE °C	UTE °C	KV l/h	SOL W/m ²
1	1971	20.68	1.27	13.95	32.21
2	1938	21.21	1.26	15.52	31.65
3	1460	21.49	1.19	10.63	32.49
4	1111	21.61	0.98	7.96	31.96

Att i efterhand rekonstruera energibalansen för en lägenhet/byggnad, innebär ett passningsförfarande mellan mätta, beräknade och antagna storheter. Detta är oftast ett riskabelt företag, eftersom det är lätt hänt att anpassningen - justeringen av antagna storheter - inte upphör förrän man får det resultat som man av olika skäl förväntar sig. Vill man emellertid få en helhetsbild av energianvändningen i fysikaliska termer, finns å andra sidan knappast någon annan möjlighet än att försöka rekonstruera energibalansen. För energibalanser på gruppnivå har här det förfarandet valts att betrakta avluftsförlusterna som restpost, eftersom just ventilationen är särskilt osäker. Som framgått av avsnitt 6.2.2 har hyresgästerna i stor utsträckning utnyttjat möjligheten att välja fläkthastighet även för normalventilationen.

I TAB.7.2 sammanfattas beräkningsförutsättningarna uppdelade på uppmätta ingångsvärden, beräknade storheter och gjorda antaganden. Sedan avluftsförlusterna beräknats som energibalansens restpost, har total luftomsättning, frånluftsventilation samt specifika transmissions- och ventilationsförluster lösts ut.

TAB.7.2 Energibalanser för uppmätta periodmedelvärden på gruppnivå för vinterobservationer under tre mätår för respektive lägenhetstyp.

		Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
<u>Uppmätta ingångsvärden:</u>					
Innetemperatur	$^{\circ}\text{C}$	20.68	21.21	21.49	21.61
Tempdiff inne-ute	$^{\circ}\text{C}$	19.40	19.95	20.30	20.63
Total eleffekt	W	1971	1938	1460	1111
Vattenförbrukning	l/h ₃	13.95	15.52	10.63	7.96
Lägenhetens volym	m ³	277	281	173	161
<u>Beräknade värden:</u>					
kA (utan veranda) (1)	W/ $^{\circ}\text{C}$	75.6	67.9	52.2	38.3
Solspareffekt (2)	W	187	193	147	134
Transmission-trapphus (3)	W	-	-	70	70
<u>Antagna värden:</u>					
Personvärme (3)	W	170	170	140	120
Fläktel+ångförluster(3)	W	80	80	60	50
Spec. avloppsförl.(4)	Wh/l	20	20	20	20
Värmeväxl.verkningsgrad (5)		0.5	0.5	0.5	0.5
Exfiltration/vädning (5)	oms/h ³	0.1	0.1	0.1	0.1
Luftens spec.värme	Wh/ $^{\circ}\text{C},\text{m}^3$	0.33	0.33	0.33	0.33
<u>Restpost:</u>					
Frånluftsventilation	m ³ /h	102	113	68	61
Total luftomsättning	oms/h	0.47	0.50	0.49	0.48
Spec. trans+vent.	W/ $^{\circ}\text{C}$	101.5	95.8	69.2	52.6
<u>Ingående balans:</u>	W	2328	2301	1747	1365
TOTAL EL	W	1971	1938	1460	1111
PERSONVÄRME	W	170	170	140	120
SOLUTNYTTJANDE	W	187	193	147	134
<u>Utgående balans:</u>	W	2328	2301	1747	1365
FLÄKTEL + ÅNGFÖRLUSTER	W	80	80	60	50
AVLOPP	W	279	310	213	159
TRANSMISSION	W	1467	1355	1060	768
TRAPPHUSFÖRLUST	W	-	-	70	70
EXFILTRATION/VÄDRING	W	177	185	116	110
AVLUFTSFÖRLUSTER	W	325	371	228	208

(1) enligt TAB.6.7

(2) enligt avsnitt 4.4

(3) enligt avsnitt 6.1

(4) enligt avsnitt 6.3

(5) enligt avsnitt 6.2.2

Den sålunda restpostberäknade frånluftsventilationen är liten med tanke på de tilluftsflöden som stickprovsmässigt uppmätts i ett antal lägenheter. Lägsta möjliga luftomsättning vid minventilation torde i radhuslägenheterna vara ca 0.4 oms/h och i trapphuslägenheterna ca 0.6 oms/h inklusive infiltration, vilket ska jämföras med beräkningsförutsättningarnas resultat, ca 0.5 oms/h för alla lägenhetstyperna.

I en radhus- och i en trapphuslägenhet har luftomsättningen mätts enligt spår-gasmetoden (huvudrapporten, kap.7.4) vid väderleksförhållanden som ganska nära motsvarar en medelvinterperiod. Då uppmättes mellan 0.53 och 0.63 oms/h i radhuslägenheten vid normalventilation för avsett fläktvarv (läge 3). För trapphuslägenheten varierade luftomsättningen mellan 0.70 och 0.94 oms/h vid normalventilation (läge 1).

Sammanfattningsvis, ventilationsmätningarna tyder på att restpostberäknad ventilation enligt TAB.7.2 underskattar de verkliga ventilationsförlusterna, allra mest för trapphuslägenheterna. Huvudskälet torde vara att teoretiskt beräknade transmissionsförluster i beräkningsförutsättningarna är något för stora. Felet kan ligga i antagandena om fönsternas k-värden. Särskilt antagandena om fönsternas k-värden har stor betydelse för den teoretiska beräkningen av totala transmissionsförluster, eftersom fönsterna svarar för en stor del av de totala transmissionsförlusterna. En bidragande orsak till överskattning av verkliga transmissionsförluster kan även vara att glasverandornas isolereffekt inte beaktats vid den teoretiska beräkningen av totala transmissionsförluster. (För ytterväggar har i Statens institut för byggnadsforskning i en fältundersökning (Boman et al, 1978) påvisat att uppmätta k-värden i genomsnitt var ca 10% lägre än beräknade.)

I TAB.7.3 jämförs temperaturberoendet enligt beräkningsförutsättningarna med resultatet av regressionsberäkningarna för ekv (4.7) där TEMP-koefficienten anger elförbrukningens genomsnittliga känslighet för skillnader/förändringar av temperaturskillnaden inne-ute vid konstant vattenförbrukning och solinstrålning.

TAB.7.3 Jämförelse av sambandet $TEL = a + a \cdot TEMP$ enligt beräkningsförutsättningar (TAB.7.2) och enligt regressionsberäkningar ekv (4.7), där interceptet (a) erhålls efter insättning av periodmedelvärdet för TEL och TEMP enligt TAB.7.1.

Igh typ	Samband enligt beräkningsförutsättningar:	Samband enligt regression:
1	$TEL = 2 + 101.5 \cdot TEMP$	$TEL = - 301 + 117.1 \cdot TEMP$
2	$TEL = 27 + 95.8 \cdot TEMP$	$TEL = - 95 + 101.9 \cdot TEMP$
3	$TEL = 55 + 69.2 \cdot TEMP$	$TEL = - 69 + 75.3 \cdot TEMP$
4	$TEL = 25 + 52.6 \cdot TEMP$	$TEL = - 156 + 61.4 \cdot TEMP$

Jämförelsen visar att den regressionsbestämda TEMP-koefficienten genomgående är högre än enligt beräkningsförutsättningarna samtidigt som periodmedelvärdet för interceptet (a_0) genomgående är lägre för den regressionsbestämda, vilket är en matematisk konsekvens av jämförelsemetoden. I periodmedelvärdet enligt beräkningsförutsättningarna ingår på förlustsidan avloppsförluster, fläktel och ångförluster samt transmission till trapphus (endast typ 3-4) och på tillförselsidan personvärme och nyttiggjord solinstrålning, definierad som regressionsbestämd solspareffekt. Förklaringen till skillnaden i "driftslinje" är att söka å ena sidan i beräkningsförutsättningarna och å andra sidan i regressionssambandet.

När det gäller regressionssambandet är det uppenbart att interceptet (a_0) underskattar nettoeffekten av övriga poster på tillförsel- och förlustsidan i den händelse termen (a_1 TEMP) tolkas som transmissions- och ventilationsförluster. Frågan är varför de regressionsbestämda TEMP-koefficienterna av allt att döma något överskatta genomsnittliga specifika transmissions- och ventilationsförluster. Därtill finns flera tänkbara förklaringar. En är att infiltrationen är större vid låga utetemperaturer som en följd av naturlagarna. En annan kan vara frostautomatiken. Vid utetemperaturen lägre än ca -5°C försämras värmeåtervinningssystemets energiverkningsgrad. Tilluftsfläkten stannar då 5-6 minuter varje halvtimme med följd att energiverkningsgraden överslagsmässigt sjunker från ca 0.5 till ca 0.4. En tredje förklaring kan sökas i elradiatorernas funktionssätt. Ju lägre utetemperatur, desto högre inkopplingsfrekvens och längre drifttid för radiatorerna. Följden blir ökade luft rörelser och högre lufttemperaturer vid fönster. Eftersom transmissionen vid fönster svarar för en betydande del av lägenheternas totala transmission, har luft rörelser och lufttemperatur just vid fönster stor betydelse för de totala transmissionsförlusterna.

Intressant i sammanhanget är iakttagelser som snarare borde leda till relativt sett minskade energiförluster vid låga utetemperaturer, t ex fläktfabrikantens uppmaning att ställa om till minventilation vid låga utetemperaturer. Regressionsresultatet är upplysande också såtillvida att det kan tolkas som att hyresgästen i gemen vinnlagt sig om en viss vädringsdisciplin, vilket den förhållandevis låga energiförbrukningen vid höga utetemperaturer tyder på.

Det ovan förda resonemanget måste tas med stor försiktighet. Om inte annat, så illustreras det notoriskt problematiska att ex post tolka regressionsbestämda "driftslinjer".

7.2 Energibalanser på lägenhetsnivå

En jämförelse mellan beräknad och regressionsbestämd energibalans kan också göras på lägenhetsnivå, vilket exemplifieras nedan.

7.2.1 Extrem lågförbrukning

Exemplet gäller det extremt sparsamma hushåll som tidigare refererats till vid flera tillfällen. I energibalansberäkningen på gruppnivå lät vi frånluftventilationen utgöra en obekant storhet. Här väljes i stället att låta specifik transmission vara obekant. Beräkningsförutsättningarna framgår av TAB.7.4. Antagna värden för brukarbetingade storheter är där genomgående gynnsamt satta, dvs för att ge lägsta möjliga elförbrukning. Värdena är för den skull inte orealistiska, utan varje antagande håller sig inom det intervall som bedömts som sannolikt på basis av iakttagelser och intervjusvar för lägenheten ifråga. Skillnader i beräkningsförutsättningar mellan extremhushållet (lägenhet nr 1 i TAB.A1 i tabellbilagan) och medelhushållet är:

- solutnyttjandegrad:	1.0	(0.61)	
- personvärme:	250	(170)	W
- fläktel+ ångförluster:	60	(80)	W
- exfiltration/vädning:	0.07	(0.10)	W
- frånluftventilation:	80	(102)	m ³ /h

Värden satta inom parentes avser medelhushållets beräkningsförutsättningar enligt TAB.7.2. För extremhushållet har, som framgår, antagits att solutnyttjandet är 100%. Värdet för exfiltration/vädning motsvarar uppmätt infiltration i en mätlägenheter av motsvarande typ. Frånluftventilationen är beräknad för minläge (trots att man vid båda intervjutillfällena uppgav att man brukade ha ventilationen inställd på normalläge de timmar på dygnet när ingen var hemma, av rädsla för fukt-skador).

TAB.7.4 Energibalanser för uppmätta periodmedelvärden för vinterperioder under tre mätår för lägenhet nr 1 i TAB.A.1 i tabellbilagan.

		Mätår 1	Mätår 2	Mätår 3
<u>Uppmätta ingångsvärden:</u>				
Innetemperatur	°C	18.24	17.88	17.68
Tempdiff inne-ute	°C	16.97	16.61	16.41
Total eleffekt	W	1167	1049	970
Vattenförbrukning	l/h	7.40	6.73	6.14
Tempdiff mot grannlgh	°C	-2.13	-2.58	-2.94
Lägenhetens volym	m ³	277	277	277
Tillgänglig solspareffekt	W	305	305	305
<u>Teor. beräkn. värden:</u>				
kA (utan veranda)	W/°C	75.6	75.6	75.6
kA - grannlgh	W/°C	21.8	21.8	21.8
<u>Antagna värden:</u>				
Solutnyttjandegrad		1.0	1.0	1.0
Personvärme	W	250	250	250
Fläktel + Ångförluster	W	60	60	60
Spec. avloppsförl.	Wh/l	15	15	15
Värmeväxl.verkningsgrad		0.5	0.5	0.5
Exfiltration/vädning	oms/h ³	0.07	0.07	0.07
Luftens spec.värme	Wh/m ³	0.33	0.33	0.33
Frånluftstventilation		80	80	80
<u>Restpost:</u>				
Spec. transmission	W/°C	74.5	70.7	67.9
Spec. trans+vent	W/°C	94.1	90.1	87.6
<u>Ingående balans</u>	W	1768	1660	1589
TOTAL EL	W	1167	1049	970
PERSONVÄRME	W	250	250	250
SOLUTNYTTJANDE	W	305	305	305
TRANSMISSION FRÅN GRANNLGH	W	46	56	64
<u>Utgående balans:</u>	W	1768	1660	1589
FLÄKTEL + ÅNGFÖRLUSTER	W	60	60	60
AVLOPP	W	111	101	92
TRANSMISSION	W	1266	1178	1131
EXFILTRATION/VÄDRING	W	109	106	105
AVLUFTSFÖRLUSTER	W	224	219	217

I TAB.7.5 jämförs "driftslinjen" enligt beräkningsförutsättningar med den regressionsbestämda..

TAB.7.5 Jämförelse av sambandet $TEL = a + a TEMP$ enligt beräkningsförutsättningar (TAB.7.4) och med regressionsberäkningar enligt ekv (4.7) för lägenheten där interceptet (a) erhålls efter insättning av periodmedelvärdet för TEL och TEMP för resp mätår.

Mät- år	Samband enligt beräknings- förutsättningar:	Samband enligt regression:
År 1	TEL = -430 + 94.1 TEMP	TEL = -352 + 89.5 TEMP
År 2	TEL = -448 + 90.1 TEMP	TEL = -340 + 83.6 TEMP
År 3	TEL = -467 + 87.6 TEMP	TEL = -297 + 77.2 TEMP

På det hela taget är skillnaden i samband mellan beräkningsförutsättningar och regression inte särskilt stor. Med det är skillnadernas riktning som är intressant, ty den är motsatt medelhushållens. För extremhushållet är de regressionsberäknade TEMP-koefficienterna lägre än de restpostberäknade. Detta kan tolkas som ett resultat av speciella sparinsatser vid låga utetemperaturer, exempelvis genom att då dra ner på fläktventilationen och stänga av värmen i vissa rum. Att så har skett, bekräftas av intervjuerna med hushållet. På annat sätt är det knappast möjligt att förklara lägenhetens extremt låga elförbrukning.

Hushållet är det i särklass mest spargenerade av alla. Anmärkningsvärt är hushållets uthållighet. Det är faktiskt så att den regressionsberäknade "driftslinjen" i TAB.7.5 ligger på en lägre nivå det tredje året än det första.

7.2.2 Hög residualförbrukning

Exemplet avser lägenhet nr 8 i TAB.A1 i tabellbilagan. Lägenheten är inte bland dem med allra störst residualförbrukning, men har här valts dels för att lägenheten är av samma typ som det extremt lågförbrukande hushållets, dels för att den har varit bebodd av samma hushåll alla tre mätåren.

Avvikande beräkningsinsantaganden jämfört med antagandena för medelhushållet i TAB.7.2 är:

- personvärme: 250 (170) W
- fläktel + ångförluster: 120 (80) W
- frånluftsventilation: 150 (102) m³/h

Av dessa är det endast avvikelsen i frånluftsventilation som är av väsentlig betydelse. 150 m³/h motsvarar avsedd normalventilation för lägenhetstypen (motor-

TAB.7.6 Energibalanser för uppmätta periodmedelvärden för vinterobservationer under tre mätår för lägenhet nr 8 i TAB.A1 i tabellbilagan.

		Mätår 1	Mätår 2	Mätår 3
<u>Uppmätta ingångsvärden:</u>				
Innetemperatur	°C	20.24	21.20	21.73
Tempdiff inne-ute	°C	18.97	19.93	20.46
Total eleffekt	W	2141	2235	2256
Vattenförbrukning	l/h	17.2	15.4	17.1
Tempdiff mot grannlgh	°C	-1.10	0.31	0.24
Lägenhetens volym	m ³	277	277	277
Tillgänglig solspareffekt	W	305	305	305
<u>Teor. beräkn. värden:</u>				
kA (utan veranda)	W/°C	75.6	75.6	75.6
kA - grannlgh	W/°C	21.8	21.8	21.8
<u>Antagna värden:</u>				
Solutnyttjandegrad		0.61	0.61	0.61
Personvärme	W	250	250	250
Fläktel + Ångförluster	W	120	120	120
Spec. avloppsförl.	Wh/l	20	20	20
Värmeväxl.verkningsgrad		0.5	0.5	0.5
Luftens spec.värme	Wh/m ³	0.33	0.33	0.33
Frånluftstventilation	m ³ /h	150	150	150
<u>Restpost:</u>				
Exfiltration/vädning	oms/h	0.13	0.13	0.13
Spec. trans+vent	W/°C	112.7	112.2	108.8
<u>Ingående balans</u>	W	2602	2665	2686
TOTAL EL	W	2141	2235	2256
PERSONVÄRME	W	250	250	250
SOLUTNYTTJANDE	W	187	187	187
TRANSMISSION MOT GRÄNNLGH	W	24	-7	-7
<u>Utgående balans:</u>	W	2602	2665	2686
FLÄKTEL + ÅNGFÖRLUSTER	W	120	120	120
AVLOPP	W	344	308	342
TRANSMISSION	W	1434	1507	1547
EXFILTRATION/VÄDRING	W	234	237	251
AVLUFTSFÖRLUSTER	W	470	493	428

varvsinsällning 3). Den fläktinställningen säger man sig alltid ha haft med motive-
ringen att man är rökare.

I det här fallet har exfiltration/vädning beräknats som restpost, till 0.13 oms/h för
alla tre mätåren, vilket framgår av TAB.7.6. Det tyder på stor stabilitet i elanvänd-
ningen, såvida det inte är en ren tillfällighet - vi iakttar ju endast nettoeffekter av
beteenden. I just denna lägenhet klagade man ihärdigt på drag, vilket föranledde
kommunens ansvariga att låta kontrollera lägenhetens isolering och täthet, bl a
genom tryckprovning. Men enligt testprotokollet förelåg inga speciella brister.

I TAB.7.7 jämförs elförbrukningens samband med temperaturskillnaden inne-
ute enligt beräkningsförutsättningar och regression.

*TAB.7.7 Jämförelse av sambandet $TEL = a + a TEMP$ enligt beräkningsförutt-
ningar (TAB.7.6) och med regressionsbestämd $TEMP$ -koefficient enligt ekv.(4.7)
för lägenheten där interceptet (a) erhålls efter insättning av periodmedelvärdet för
 TEL och $TEMP$ för resp mätår.*

Mät- år	Samband enligt beräk- ningsförutsättningar:	Samband enligt regression:
År 1	$TEL = 3 + 112.7 TEMP$	$TEL = -185 + 122.6 TEMP$
År 2	$TEL = 1 + 112.2 TEMP$	$TEL = -318 + 128.1 TEMP$
År 3	$TEL = 30 + 108.8 TEMP$	$TEL = -119 + 116.1 TEMP$

Mönstret liknar gruppnivåns i det avseendet att den regressionsberäknade
 $TEMP$ -koefficienten genomgående är högre än det temperaturberonde som följer
på beräkningsförutsättningarna.

Av TAB.A1 i tabellbilagan framgår att solutnyttjandet inte är signifikant för
lägenheten (nr 8) det första mätåret. Däremot är t -kvoterna för temperaturberoend-
det mycket stora.

7.2.3 Byte av hushåll

Till sist visas hur elanvändningen kan förändras när en lägenhet byter hushåll. Det
gäller en barnfamilj (två vuxna och två barn) som efter första mätåret ersätts av ett
pensionärspär. Utflyttningen skedde inte av missnöje - tillfället att komma över ett
egnahem tidigare än planerat. Exemplet avser lägenhet nr 7 i TAB.A.2, dvs en rad-
huslägenhet av typ 2. Skillnader i beräkningsförutsättningar mellan hushåll 1 och
hushåll 2 är följande, där värdena inom parantes avser hushåll 2.

- personvärme:	200 (180) W
- fläktel + ångförluster:	120 (80) W
- frånluftsventilation:	150 (80) m ³ /h

TAB.7.8 Byte av hushåll. Energibalanser för uppmätta periodmedelvärden för vinterobservationer under tre mätår för lägenhet nr 7 i TAB.A.2 i tabellbilagan.

	Hushåll 1		Hushåll 2	
	Mätår 1	Mätår 2	Mätår 2	Mätår 3
<u>Uppmätta ingångsvärden:</u>				
Innetemperatur	°C	20.38	19.83	19.88
Tempdiff inne-ute	°C	19.12	18.57	18.62
Total eleffekt	W	1789	1325	1301
Vattenförbrukning	l/h	11.15	8.43	7.39
Tempdiff mot grannlgh	°C	-0.49	-1.06	-0.71
Lägenhetens volym	m ³	281	281	281
Tillgänglig solspareffekt	W	277	277	277
<u>Teor. beräkn. värden:</u>				
kA (utan veranda)	W/°C	67.9	67.9	67.9
kA - grannlgh	W/°C	43.6	43.6	43.6
<u>Antagna värden:</u>				
Solutnyttjandegrad		0.70	0.70	0.70
Personvärme	W	200	180	180
Fläktel + Ångförluster	W	120	80	80
Spec. avloppsförl.	Wh/l	20	20	20
Värmeväxl.verkningsgrad		0.5	0.5	0.5
Luftens spec.värme	Wh/m ³	0.33	0.33	0.33
Frånluftstventilation	m ³ /h	150	80	80
<u>Restpost:</u>				
Exfiltration/vädring	oms/h	0.05	-0.01	-0.02
Spec. trans+vent	W/°C	97.3	80.5	79.3
<u>Ingående balans</u>	W	2203	1744	1705
TOTAL EL	W	1789	1325	1301
PERSONVÄRME	W	200	180	180
SOLUTNYTTJANDE	W	193	193	193
TRANSMISSION MOT GRANNLGH	W	21	46	31
<u>Utgående balans:</u>	W	2203	1744	1705
FLÄKTEL + ÅNGFÖRLUSTER	W	120	80	80
AVLOPP	W	223	169	148
TRANSMISSION	W	1298	1261	1264
EXFILTRATION/VÄDRING	W	89	-11	-33
AVLUFTSFÖRLUSTER	W	473	245	246

Som framgår av TAB.7.8 sjunker innetemperaturen efter byte av hushåll med ungefär en halv grad. Vattenförbrukningen minskar också något. Enligt beräkningsförutsättningarna (och intervjusvar) ställs fläktventilationen om från normalläge (150 m³/h) till minläge (80 m³/h). Men detta förklarar inte ensamt elförbrukningens totala sänkning. Som en följd av beräkningsförutsättningarna får exfiltration/avvädring negativa värden för hushåll 2, vilket kan tolkas som att elanvändningen är effektivare efter byte av hushåll än vad beräkningsförutsättningarna anger.

Av TAB.A2 i tabellbilagan framgår att *t*-kvoten för solutnyttjandet är avsevärt större i lägenhet nr 7 efter bytet av hushåll, vilket måhända är ett tecken på ett effektivare och mer systematiskt solutnyttjande.

TAB.7.9 Jämförelse av sambandet $TEL = a + a_1 TEMP$ enligt beräkningsförutsättningar (TAB.7.8) och med regressionsbestämd $TEMP$ -koefficient enligt ekv (4.7) för lägenheten där interceptet (a) erhålls efter insättning av periodmedelvärdet för TEL och $TEMP$ för resp mätår.

Hushåll nr / år	Samband enligt beräkningsförutsättningar:	Samband enligt regression:
1/år 1	$TEL = -71 + 97.3 TEMP$	$TEL = -452 + 117.1 TEMP$
2/år 2	$TEL = -198 + 80.5 TEMP$	$TEL = -480 + 97.2 TEMP$
2/år 3	$TEL = -176 + 79.3 TEMP$	$TEL = -464 + 94.8 TEMP$

Den väsentligaste förklaringen till reduktionen av temperaturberoendet efter bytet av hushåll torde emellertid vara förändringen av fläktinställning - och ett minimum vädring, att döma av intervjusvaren. Än en gång visar mätvärdesanalysen ventilationens stora betydelse för variationen i elförbrukning. Förutom att "krympa" bostaden genom att hålla värmen avstängd i rum med stort värmebehov, är omställningen av ventilationen till minläge uppenbart en av de effektivare av sparåtgärder inom räckhåll för hyresgästerna.



Del av vardagsrum mot glasverandan i en radhuslägenhet vid solsken



Vardagsrum i radhuslägenhet när mörkret fallit

8 ERFARENHETER AV LÄGENHETERNAS TEKNISKA UTRUSTNING

Att Tahehusens lägenheter är utrustade med *individuella* system för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning är en intressant egenhet. Att sådana system är individuella i småhus är naturligt, däremot är det sällsynt i flerbostadshus. Där är regleringen som regel central.

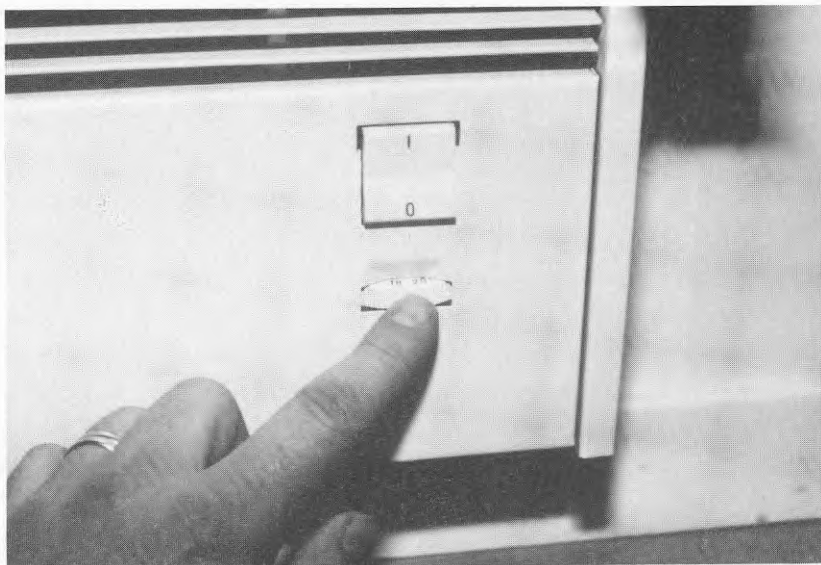
För de flesta av Tahehusens hyresgäster var det första gången som man själv fick ta ansvar för energiförbrukningen. Bara ett fåtal hade tidigare egen erfarenhet av direktverkande el, och när det gällde ventilationssystemet och systemet för varmvattenberedning, var det nytt för alla.

Redovisningen av hyresgästernas synpunkter och erfarenheter av lägenheternas tekniska utrustning är uppdelad i två kapitel. Det första, som följer här, är inriktat på en detaljerad granskning av framför allt tekniska komponenter. Analysen av de tekniska systemen som principlösningar behandlas i kapitel 10 under rubriken "Rationella rutiner".

8.1 Elvärmesystemet

8.1.1 Kalibrering av termostater

Vid det första intervjutillfället var det många som påpekade att termostaterna visade fel. "De står på 7°C fast det är 20°C i rummet", som någon sade med viss irritation. Installatören hade uppenbart lämnat åt hyresgästerna att själva kalibrera termostatvreden. Men det var inte så enkelt, visade det sig. Den informationsstencil som installatören lämnat efter sig i lägenheten gav inte mycket hjälp. I den stod det att "termostaterna kalibreras genom att den graverade termostatskalan hålles fast och termostatratten vrides". Kalibrering är ett ingenjörsbegrepp vars innebörd alla inte har klart för sig, detsamma gäller facktermen "graverad". Med det senare avsågs att temperaturskalan var ingraverad i termostatrattens justerbara del. Men värre var att instruktionen var alldeles för ofullständig för att vara till någon hjälp för den lekman som för första gången skulle kalibrera sina termostatvred. Inte så sällan bad man oss kalibrera termostaterna, vilket vi då också gjorde, trots att det egentligen inte var vår uppgift. Vi ville ogärna bli delaktiga i ansvaret för temperaturregleringen. Men vi kände att vi inte kunde dra oss undan, särskilt inte när det var pensionärer som bad oss. Men då tiden var knapp, kunde vi inte göra annat än grovkalibreringar. Samtidigt var vi måna om att berätta hur de själva kunde gå tillväga om de senare ville finjustera kalibreringen.



Strömbrytarnas och termostatvredens placering i golvnivå försvårar åtkomligheten. Det krävs dessutom bra syn och fingerfärdighet för att ändra termostatinställning, för att inte tala om kalibreringen.

Kalibrering av termostater kan av en tekniker uppfattas som en bagatellartad uppgift. För honom finns det inga "hemligheter". Han vet vad han ska göra. Han lyssnar sig fram till det termostatläge som termostaten reglerar kring vid den aktuella givartemperaturen. Därefter vrider han fram temperaturskalan i rätt läge. Den metoden är naturlig för honom eftersom han ju vet hur termostaten tekniskt fungerar. Men för lekmannen har "klickljuden" en innebörd som han i bästa fall bara kan ana sig till. När han vrider termostatratten fram och tillbaka, kan han konstatera att det är ett intervall på mellan 3 och 4°C mellan "klickljuden". Men i exakt vilket läge skall termostatratten ställas och vilken temperatur skall termostatskalan ställas in på?

Det kan tyckas att vi gör kalibreringen till ett större problem än det i verkligheten är. Men kalibreringen har betydelse för hyresgästernas tillit till elvärmesystemet och för deras känsla av att kunna behärska det.

För hyresgästerna torde det vara enklast att utföra kalibreringen i två tidsmässigt skilda steg. Till en början bortser man helt från temperaturskalan och inriktar sig bara på att finna en rumstemperatur som man spontant tycker att "så här vill jag ha det". Men det är naturligtvis bara ett beslut för stunden. Senare, när termostaten väl

är kalibrerad, är det lätt att ändra termostatinställningen på ett kontrollerat sätt. I det andra steget måste man försöka få en uppfattning om vid vilken rumstemperatur som den gjorda termostatinställningen reglerar. Ett problem i sammanhanget är att mätnoggrannheten ofta är dålig hos hyresgästernas egna termometrar. Men, som några hyresgäster påpekade, man kan få en viss uppfattning om den egna termometerns felvisning genom att hänga den intill den elektroniska termometern i hallen. (Metoden är dock något osäker i tvåplanslägenheterna, eftersom det som där mäts är medeltemperaturen hos två givare, en i vardera våningsplanet.)

Men på ett eller annat sätt måste gjorda termostatinställningar kvantifieras. Sen är det bara att vrida fram temperaturskalan så att den visar det rätta gradtalet. Rent praktiskt är detta emellertid inte så enkelt. En viss fingerfärdighet krävs. Genom att trycka med ena handens tumme håller man fast termostatratten samtidigt som man med en liten skruvmejsel petar temperaturskalan i rätt läge. Tumgreppet måste vara fast, annars riskerar man att rubba termostatinställningen och då får man göra om proceduren från början. Till saken hör också att arbetsställningen inte är den bekvämaste, eftersom reglagen sitter nära golvet, inte så sällan bakom en soffa eller gardin. "Det där skulle jag aldrig klara själv", sa några spontant när de såg oss kalibrera deras termostater.

Vardagsrummen har två elradiatorer i trapphuslägenheterna och tre i radhuslägenheterna. Att inga är slavkopplade, förenklar inte kalibreringen. I några lägenheter fann vi att en eller ett par elradiatorer i vardagsrummet var permanent frånslagna. Att detta inte var så lyckat alla gånger, hade några upptäckt. När det var som kallast ute, saknades inte bara elradiatorns värmestrålning utan också den uppåtgående varmluftsströmmen, som kunde ha gett ett visst bidrag till uppvärmningen av tilluftsflödet (bakkantsinblåsning). I ett fall kunde vi härleda klagomål på kalluftsnedslag till just den omständigheten (i kombination med för lågt inställd termostatterperatur på tilluftens värmebatteri).

Ett sätt att undvika kalibreringsproblem är naturligtvis att uttrycka termostatinställningsvärdena i ett symbolspråk utan direkt referens till fysikaliska storheter, som fallet ofta är för termostatventiler i vattenburna system. Men finessen med verkliga temperaturskalar är att de är lättfattliga och naturliga för hyresgästerna, vilket gör det lättare att kontrollera att termostaterna är inställda så som man avser.

8.1.2 Det centrala styrsystemet

I kök, vardagsrum och sovrum är termostaterna försedda med speciella kontakter för inkoppling av temperatursänkingsdon. Man kan välja mellan tre lägen motsvarande 2, 4 eller 6°C temperatursänkning. Temperatursänkningen styrs centralt antingen manuellt eller automatiskt med hjälp av tidur.

De först inflyttade uppdagade en del brister i det centrala styrsystemet, bl a var det många temperatursänkingsdon som inte fungerade som avsett. Temperatursänkingsdonen var inte heller särskilt enkla att ansluta. Eftersom kontakten satt monterad på elradiatorernas underkant, behövdes det en spegel för att förvissa sig om att inkopplingsläget blev det avsedda. Felaktiga eller missledande instruktioner gjorde inte det hela enklare för hyresgästerna.

Att somliga blev konfunderande över elvärmesystemets sätt att fungera, kan illustreras av en episod som vi själva var med om. Redan i början av intervjun framkom att man inte kunde få nån ordning på rumstemperaturen. Vi ställde oss själva frågande, tills vi kom på att anledningen var att temperatursänkningen var inkopplad samtidigt som man försökt ställa in elradiatorernas termostater. Vippomkopplarna hade man ställt i läget för LÅGTEMPERATUR i tron att det innebar normaltemperatur. Det alternativ som betecknades HÖGTEMPERATUR var man inte intresserad av - man ville ju vara energimedveten! Den episoden visar, om inte annat, att man bör reflektera över sina beteckningar så att man inte bäddar för missförstånd.

En annan detalj, som också föranledde viss förvirring, var att det skulle behövas två omkopplingspackar för att välja mellan tre möjliga driftsfall:

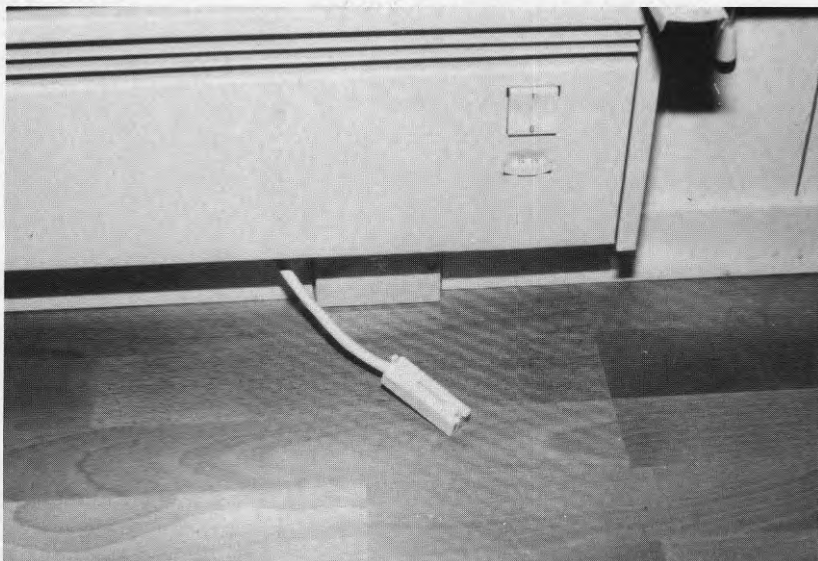
- manuellt urkopplad temperatursänkning
- manuellt inkopplad temperatursänkning
- automatisk in- och urkoppling av temperatursänkning (tidur)

En av spaklägeskombinationerna var alltså tom. Dessutom missförstod många symbolmarkeringen. Visst lär man sig så småningom vad som är rätt och fel, men det är irriterande att man ska behöva tänka efter varje gång man ändrar inställning.

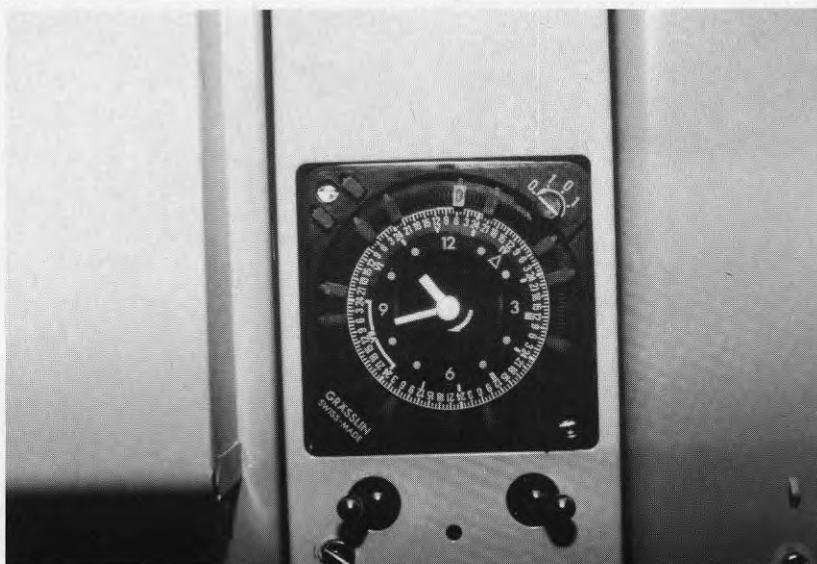
I informationsstencilen till hyresgästerna angavs att tiduren vid installationen hade programmerats för temperatursänkning mellan kl. 21.15 och 07.00. Men i några lägenheter var tiden omkastad, så att sänkningen inträffade på dagtid.

Det centrala styrsystemet var installerat i hallen intill elmätarna för dag- och nattel, men så högt placerat att de flesta behövde ta fram en stol för att nå upp. För att programmera om tiduret krävdes både fingerfärdighet och bra syn.

Stängdes elvärmen av centralt, så stannade tiduret, vilket alla förr eller senare upptäckte. Att slå av elvärmen soliga dagar var en sparstrategi som alltså inte var möjlig utan att sabotera automatiken.



Om temperatursänkingsdonet inte ansluts, hänger det löst ner mot golvet som bilden visar.



Den centrala styrenheten är placerad i hallen i anslutning till elmätaren och elvärmens huvudströmbrytare. Bilden visar tiduret och de båda vippomkopplarna.

8.2 Ventilationsystemet

8.2.1 Aggregatets åtkomlighet

Man måste öppna ventilationsaggregatet för att

- rengöra luftfilter och värmeväxlingsaggregatet
- ställa in normalventilationens varvtal (3 alternativ)
- ändra termostatterperatur på eftervärmningsbatteriet
- återställa säkring (eftervärmningsbatteriet)
- läsa instruktionsskylten

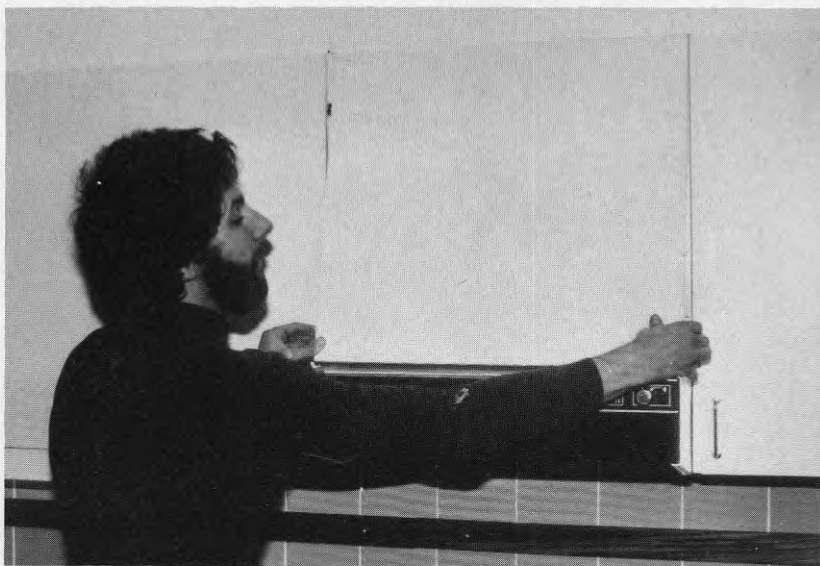
För att öppna ventilationsaggregatet måste först skåpluckan ovanför spiskåpan tas bort. Luckan saknade gångjärn. Den var fäst med magneter och, visade det sig, svår att få på plats igen. Det var inte heller helt riskfritt att ta ner luckan och sedan sätta upp den igen, eftersom den övre luckan, en spånplatta som täckte aggregatets övre inspektionslucka, då lätt ramlade ner. Också den luckan var magnetiskt uppsatt på ett alltför improviserat sätt. Plåtluckan bakom, in till själva aggregatet, var däremot upphängd på gångjärn och låst med plåtskruvar (kryssmejsel) för att säkra täthet och ljudisolering.

Innanför den yttre skåpluckan fanns instruktionsskylten uppklistad på plåtluckan till aggregatet. Den var i och för sig välstrukturerad och instruktiv. Man behövde dock stå på en stol och luta sig fram över spiskåpan för att kunna läsa den. Vad vi kunde förstå av intervjuerna, var det många som aldrig hade läst den utan nöjt sig med att konstatera att den fanns där.

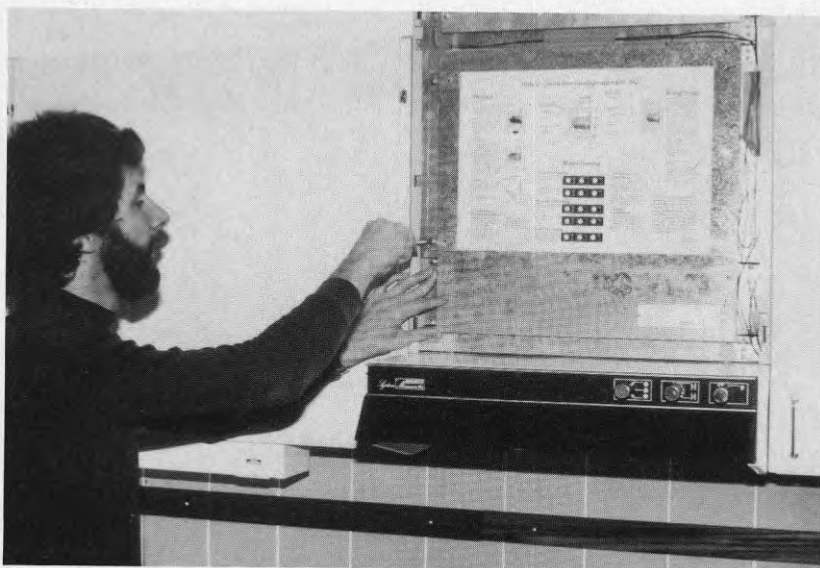
De flesta utnyttjade ovansidan på spiskåpan framför skåpluckan som hylla för kryddor och pynt, vilket inte heller det underlättade åtkomligheten. Att många aldrig eller inte på länge hade öppnat ventilationsaggregatet kunde vi lätt konstatera vid våra besök, om inte annat så av tilluftsfiltret. När vi fann att det behövdes, vilket det inte så sällan gjorde, visade vi hur man kunde lyfta ur filtret och värmeväxlaren och hur rengöringen utfördes enligt instruktionen.

8.2.2 Injustering av normalventilation

Fläktventilationens strömbrytare har, förutom ett noll-läge, tre olika lägen markerade 1, 2 och 3 som avser alternativa varvtalsinställningar för normalventilation. Varvtalen för min- och maxventilation är däremot inte möjliga att ändra utan är fast inbyggda. Den avsedda varvtalsinställningen för lägenhetens normalventilation skall, enligt instruktionen, finnas angiven på instruktionsskylten. Men det gjorde den inte i något aggregat. Det hade tydligen glömts bort vid installationen.



*Skåpsluckan framför ventilationsaggregatet är magnetupphängd och därför
vanskelig att ta bort och sätta tillbaka.*



*Bakom skåpsluckan döljer sig instruktionsskylden och luckan till ventilationsag-
regatet som öppnas med hjälp av kryssmejsel. Bilden visar också manöverpanelen
ovan spiskåpan.*



Med det övre vredet till vänster regleras normalventilationens storlek (3 steg). Med det högra vredet justeras eftervärmarens termostatterperatur. På bilden är luftfiltret på väg att tagas ut för rengöring.



Man måste stå på en stol framför spisen för att plocka ur värmväxlaren som är ganska tung. För rengöring kan den spolas med hjälp av handduschen över badkaret.

När de första intervjuerna gjordes, hade ännu inga ventilationsmätningar utförts. Därför var också vi osäkra om det "rätta" inställningsläget. Osäkerheten blev inte mindre av att vi, när vi kontrollerade, fann olika varvtalsinställningar i lägenheter av samma typ. Men för att inte stå handfallna, antog vi att läge 1 var avsett för trapphuslägenheterna och läge 3 för radhuslägenheterna, och det sade vi till hyresgästerna. Fann vi att inställningen avvek från detta, ändrade vi om man så önskade. Situationen var en aning absurd. Samtidigt som vi nämnde det inställningsläge som vi förmodade var det avsedda, underlät vi inte att påpeka att det i sista hand var hyresgästen själv som hade att välja ventilationsinställning eftersom det var de som stod för ventilationens energikostnader. Mer eller mindre oavsiktligt kom vi alltså att bibringa hyresgästerna föreställningen att det fanns ett visst spelrum inom vilket de själva kunde välja storlek på normalventilationen. Nu kom detta i praktiken inte att ha så stor betydelse, eftersom många gick ett steg till, nämligen att använda minventilationen som normalventilation, trots att instruktionen uttryckligen angav att minventilation endast skulle användas när bostaden stod oanvänd. Anledningen till att man gärna ställde om till minventilation var att ventilationsuset i tilluftsdonen då minskade markant.

Ljudnivån vid olika fläktinställningar har inte mätts. Vår egen subjektiva bedömning var att ljudnivån kunde variera påtagligt mellan olika lägenheter vid samma fläktinställning. I vissa lägenheter kunde vi väl förstå att hyresgästerna fann ljudnivån vid normalventilation oacceptabelt hög. Till saken hör att Tahehusens omgivning är mycket tysta och att husen är välisolerade. När det är tyst i lägenheterna, är det mycket tyst. Det gör dem extra känsliga för internt buller. Fast många sade att man så småningom vänjer sig.

8.2.3 Eftervärmaren

När det är kallt ute räcker återvunnen värme från avluften inte till för att ge tilluften tillräckligt hög temperatur för att det inte ska kännas obehagligt kallt i inblåsningssonerna. Vid sådana tillfällen inkopplas automatiskt ett elektriskt eftervärmningsbatteri som höjer tilluftstemperaturen. Termostatvredet för eftervärmaren sitter intill huvudströmbrytaren inne i ventilationsaggregatet. Inställningsområdet är från 0 till 20°C. Instruktionen gav vissa anvisningar för val av termostattemperatur: "För att 'Minimastersystemet' inte ska ta över rumsuppvärmningen och för att utnyttja återvunnen värme och gratisvärme från solen på bästa sätt är det lämpligast att göra så här: Låt termostaten normalt stå på 0. Den elektriska eftervärmaren är då frånkopplad. När det börjar bli minusgrader ute kan eftervärme behövas. Ställ i så fall termostaten på 12-17 °C. Vid sträng kyla (-20°C) eller lägre)

är det lämpligt att dessutom ställa om till 'liten luftväxling'. Energiförbrukningen för eftervärmning blir då mindre."

Instruktionen åstadkom viss förvirring. Vad menades med att termostaten normalt skulle stå på 0? Kunde man inte en gång för alla ställa in eftervärmarens termostat på ett lämpligt värde? Måste man vänta tills det blev minusgrader? Varför satt termostativredet så svåråtkomligt om avsikten var att man skulle välja termostatinställning efter utetemperatur?

Eftersom vi inte hade några direkta svar, kunde vi inte annat än uppmana dem att pröva sig fram, gärna börja med en lägre termostattemperatur för att sedan eventuellt höja vid behov. Det vi framhöll var, att det gällde att undvika att tilluften övertog regleringen av rumstemperaturen. Men man skulle naturligtvis inte heller behöva känna något obehag av kalla luftströmmar från tilluften. Där sådana klagomål förekom, uppmanade vi till höjning av eftervärmarens termostattemperatur.

8.2.4 Frostskyddsautomatik

När utetemperaturen är lägre än ca -5°C startar aggregatets avfrostningsautomatik. Inblåsningstätten stannar då ca 5 min varje halvtimme. "Det beror alltså inte på något fel" som instruktionen upplyser om. Många berättade för oss om när de första gången uppmärksammade att tätten stannade. Det blev alldeles tyst - och då, om inte förr, blev de medvetna om den ljudnivå som de normalt hade att leva med. De som inte läst instruktionen och som inte heller varit uppmärksamma under informationsmötet blev förbryllade. Varför stannar tätten ibland? Men det lärde de sig snart, om inte av annat, så av sina grannar. För det var, upptäckte vi, ett kärt samtalsämne grannarna emellan. Och det är inte oviktigt socialpsykologiskt. Att vara delaktig i "vad alla vet" ger en speciell sorts trygghet, även om man inte förstår orsaksammanhanget i alla dess detaljer.

En annan företeelse som förbryllade många var att det ibland kunde uppstå egendomliga "kluckljud" i vasken. Så småningom kom vi på att man vid installationen hade glömt bort att dra dräneringsslangen för kondensvattnet i en slinga (öglå) före anslutningen till avloppet på det sätt som var föreskrivet. Det "baksug" som uppstod i dräneringsslangen kunde vid vissa tillfällen ge upphov till konstiga ljud som tycktes härröra från vasken. I några lägenheter hade man helt sonika kopplat loss dräneringsslangen och lett ner den i en flaska som man ställt under diskbänken. Den fick man sen tömma med jämna mellanrum. Men man slapp att lyssna till "kluckandet".

8.2.5 Manövrering - val av driftsfall

På spiskupans framkant sitter två vred, ett för inställning av fläkttmotorernas varvtal och ett för omkoppling av köksspjället. När spjället öppnas omfördelas frånluften så att en större del tas genom spiskupan. Den inställningen är avsedd för matlagning. Då spjället är "stängt" tas bara så mycket luft in genom spiskupan att köket får tillfredsställande grundventilation.

Instruktionsskylten gav klara besked om hur fläktsystemet var avsett att användas:

- 1 Minventilation med stängt köksspjäll ("semesterläge")
- 2 Normalventilation med stängt köksspjäll (grundventilation)
- 3 Normalventilation med öppet spjäll (normal matlagning)
- 4 Forcerad ventilation med öppet spjäll (matosventilation)

Av de två övriga möjliga kombinationerna är det endast forcerad ventilation med stängt spjäll som måhända kan vara ändamålsenlig, t ex vid hög fuktbelastning i hygienrum. Men det driftsfallet kommenteras inte av instruktionen. För manövreringen av fläktsystemet hade det naturligtvis varit enklare med endast ett vred för val av driftsfall i stället för som nu två.

Köksspjället ska normalt vara stängt. Men att det är stängt är inte så lätt att kontrollera utan att gå fram till vredet, eftersom vredet är så utformat att man bara kan avläsa inställningsläget på nära håll. Som handtag för den mekaniska omställningen av spjället kändes vredet dessutom som alldeles för klent.

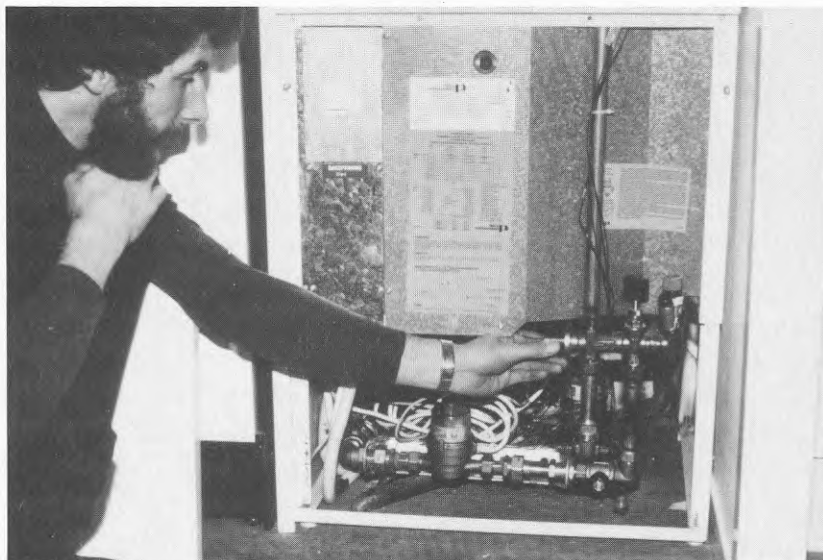
8.3 Varmvattenberedaren

I trapphuslägenheterna är varmvattenberedaren placerad i köket intill frysskåpet medan den i radhuslägenheterna står i badrummet på andra våningsplanet.

Beredarens uppvärmningstemperatur styrs genom en inbyggd automatik som hyresgästerna inte kan påverka. Däremot kan utgående varmvattentemperatur regleras genom blandningsventilens termostatinställning. Vid det första intervjuutfället var det emellertid få som kände till detta. Vi gjorde vissa stickprovsmätningar av det utgående tappvarmvattnets temperatur. Då framkom att den oftast var kring 60°C. Det temperaturvalet hade inte gjorts av hyresgästerna, utan hade - avsiktligt eller oavsiktligt - gjorts antingen i samband med installationen eller på fabriken. Då vi upplyste om möjligheten för hyresgästen att själv välja varmvattentemperatur, blev vi som regel ombudade att sänka termostatterperaturen, vilket vi då gjorde. (För att komma åt termostatinställningen var man tvungen att dra loss varmvat-

tenberedarens nedre frontplåt.) Samtidigt var vi måna om att temperaturvalet skulle vara deras. Det föranledde inte sällan en diskussion om vad som var att anse som lämplig varmvattentemperatur. Vår ståndpunkt var att det fick man söka sig fram till. Vid några tillfällen kan det uppfattas som att vi bröt mot regeln att inte påverka hyresgästernas interventionsbeteende som när vi vid några tillfällen nämnde att Konsumentverket visat att de flesta fetter som förekommer i ett hushåll löses redan vid 45 °C, och att det därför knappast fanns anledning att hålla en högre varmvattentemperatur.

Beredarna var utrustade med effektväljare. Knapp märkt med II gav hel effekt och knapp I gav halv effekt. Effektvalens innebörd var oklar för många. Endast ett fåtal uppgav att man någon gång hade erfarit att varmvattnet hade "tagit slut".



Justerering av blandningsventilens termostatttemperatur. Till höger skymtar säkerhetsventilen som bör "lättas" en gång i kvartalet enligt instruktionen.

Alldeles intill termostatinställningen fanns en säkerhetsventil. Enligt instruktionen bör säkerhetsventilen "lättas" en gång i kvartalet. Det sker genom att vrida säkerhetsventilens handtag ett ögonblick så att en vattenstråle kan skölja genom ventilen. Vi fann att man fick vrida ganska hårt för att övervinna ett inbyggt fjädrande motstånd. Det "knäppte" då till samtidigt som handtaget återgick till sitt ursprungsläge. Många hyresgäster blev uppenbart oroadade när de insåg att ansvaret för säkerhetsventilens funktion låg på dem. De menade att det ansvaret rimligen måste vara förvaltningens. Detta är också vår ståndpunkt.

8.4 Kommentar

När den första intervjuomgången påbörjades, var vi inte alldeles oförberedda på att de tekniska installationerna var behäftade med fel och brister. Det hade vi förstått redan efter det välbesökta informationmötet som föregick intervjuerna. Men det ska inte förnekas att vi likväl överraskades av att finna så många detaljer i den tekniska utrustningen, vilka det fanns anledning att kritisera. En del var fel och brister som uppkommit på grund av slarv eller förbiseende vid installationen. Man kan tycka att det är förvånande, att de installationsansvariga inte vinnlade sig om att ägna de tekniska detaljerna en större omsorg, allrahelst som Taheområdet avsågs vara ett experiment- och demonstrationsområde.

Det är de kritiska synpunkterna som framhävts vid granskningen, vilket är naturligt eftersom syftet främst har varit att få kunskap om de problem som hyresgästerna mötte när de tog tekniken i bruk. Det som kanske överraskade oss mest - och även hyresgästerna - var att elvärmsystemet var så pass bristfälligt och komplicerat. Direktverkande elvärme anses ju allmänt som det mest brukarvänliga av uppvärmningssystem.

När man, som vi gjort, ställer samman synpunkter och erfarenheter från flera lägenheter, får man måhända en överdriven bild av förhållandena i genomsnittslägenheten. Visst fanns det brister i nästan alla lägenheter, men inte desto mindre lärde sig alla, om än med viss hjälp, att någorlunda bemästra tekniken, vissa till och med på ett mycket energisparsamt sätt. Detta bekräftas av mätningarna.

En viktig fråga är naturligtvis i vad mån tekniska komplikationer har påverkat interventionsbeteendet under mätperioden. Frågan är ingalunda lättbesvarad. Vissa hyresgäster var påtagligt irriterade, medan andra tog bristfälligheterna med stort jämnmod. Att det är fråga om hyreslägenheter har betydelse för hur man ser på de tekniska installationerna. Detta framkom i många intervjuer liksom uttryck för en viss maktlöshet.

Teknikens inverkan på interventionsbeteendet har karaktär av "urvalsmekanism" snarare än rena kausalsamband. Vissa missgynnas i högre grad än andra av tekniska komplikationer. I det avseendet kan man tala om att tekniken selekterar brukare. Detta är en mycket viktig aspekt, inte minst för hyreshus som är avsedda för olika kategorier av brukare. Tekniken selekterar också beteende. Det kritiska för energihushållningen är naturligtvis om tekniken missgynnar energieffektiva och -sparsamma interventionsbeteenden, vilket är det underliggande temat för det avslutande kapitel 10. Men dessförinnan ska vi se närmare på motivations- och situationsförklaringar till interventionsbeteendet.

9 VILJAN TILL ENERGISPARANDE - OCH HINDER

9.1 Viljan till energisparande

Våren 1983, dvs i slutet av det andra mätårets uppvärmningssäsong, konfronterades hushållen med uppgifter om energiförbrukningen. Detta skedde i samband med den andra intervjuomgången. Besöket inleddes då med att vi samlade de närvarande hushållsmedlemmarna kring ett bord och lade fram diagram och tabeller som visade lägenhetens elförbrukning, inomhustemperatur och vattenförbrukning under den senaste 12-månadersperioden. Det var med en viss ängslan, och också nyfikenhet, som de tog del av mätresultatet. "Hur ligger vi till?" ville de veta. Och det fick de i form av relativa positioner. Av diagrammen och tabellerna framgick även mätresultatet för jämförelselägenheten, dvs medelvärdena för den lägenhetsgrupp som hushållet tillhörde. Ingen ifrågasatte mätningarnas tillförlitlighet, därtill fanns heller ingen grund vad vi vet. Känslan av tillförlitlighet stärktes sannolikt också av att mätvärdena redovisades vecka för vecka. Man kunde lätt förvissa sig om att vattenförbrukningen, om inte annat, minskade under perioder då man varit bortrest.

Det ligger i sakens natur att hyresgästerna främst intresserade sig för förbrukningsuppgifternas relativa storlek. Det är först vid jämförelse, i det här fallet med jämförelselägenheten, som förbrukningsuppgifterna får någon egentlig innebörd. Det intressanta som hände vid konfrontationen var att hushållen insåg att det nu fanns en *objektiv* grund för klassificering av dem i termer av sparsamhet. När det gällde känslan av personligt ansvar, fann vi att somliga ville markera en åtskillnad mellan å ena sidan inomhustemperaturen och vattenförbrukningen och å den andra sidan elförbrukningen. För inomhustemperaturen och vattenförbrukningen var ansvaret ytterst deras, men för elförbrukningens del kunde det finnas, tycktes de mena, orsaker som de inte kände till eller inte kunde kontrollera på samma sätt.

Även om de flesta hade en ganska vag föreställning om sin relativa position, fanns det också de som hade en klar uppfattning. Det gällde inte oväntat extremförbrukarna och bland dem i synnerhet lågförbrukarna. Ingen hade utnyttjat möjligheten att själv följa upp sin förbrukning av el och vatten genom egna avläsningar med undantag för två svågrar som bodde grannar och som under en period jämförde varandras mätvärden. Däremot visste alla på ett ungefär vilken inomhustemperatur man normalt hade haft. Ingen kunde undgå, som man sade, att då och då kasta ett öga på den elektroniska temperaturmätaren. Den var också mycket uppskattad och dess tillförlitlighet betvivlade ingen.

Vid konfrontationen med förbrukningsuppgifterna - som var något av "sanningens minut" för hushållen - kunde vi inte undgå iakttagelsen att "högförbrukarna" blev en aning förlägna, om inte rent av skamsna, över vad mätresultatet "skvallrade" om dem. Anledningen till sådana reaktioner finns det skäl att något begrunda. En anledning kunde vara att man var rädd för att det kunde uppfattas som att man hade svikit *våra* förväntningar på ett lyckat resultat. Ofrånkomligen identifierades vi inte bara med experimentbyggnadsprojektet utan också med det allmännas sparintresse. Även om hushållen själva är kostnadsansvariga för elförbrukningen är denna inte uteslutande en rent privat angelägenhet. Så uppfattades det också i ett slags tyst samförstånd från bägge parterna i intervjusituationen. Annars hade vår närvaro och vårt intresse för deras elförbrukning varit obegripligt.

För de flesta kan det säkert göras gällande att deras "överförbrukning" inte är annat än resultatet av måhända tanklösa men i grund och botten oskyldiga vardagshandlingar; vardagshandlingar som de dessutom själva får betala för genom den individuella debiteringen. Men elström är inte en bytesvara vilken som helst. Elanvändning har samhällliga implikationer. De känslor av obehag som kan upplevas då man ertappas som "högförbrukare" torde bottna i en osäkerhet om vilka konsekvenserna är utanför privatbostaden - för omgivningen och för samhället. I det enskilda hushållets perspektiv kan situationen upplevas som något paradoxal. Man kan aldrig vara absolut säker på att ens förbrukning inte är "ödesdiger". Det kan ju vara den som får bågaren att rinna över, eller som - för att ta det som kan föresväva elanvändare - förhindrar kärnkraftens avveckling. Johan Asplund har påpekat att det paradoxala i en sådan situation ligger i den groteska disproportionen mellan "brott" och "straff" (Asplund, 1979).

9.1.1 Förhållningssätt till energisparande

När man försöker tolka hushållens reaktioner ligger det nära till hands att man betraktar hushållet som en person även i de fall där hushållet består av flera hushållsmedlemmar. Sådana hushåll borde snarare betraktas som en organisation än som en person. Vill man undersöka förhållningssätt till energisparande är det organisationens målsträvanden och beteenderegler som är det primära snarare än de enskilda individernas attityder. Attitydbegreppet är ett individbegrepp och inte ett grupp- eller organisationsbegrepp.

I en intervjusituation kan man inte a priori utgå från att hushållsmedlemmarna alltid talar som representanter för hushållet. Det kan mycket väl hända att de talar i egen sak. Åsiktskillnader inom ett hushåll är som alla vet inget ovanligt. Men det behöver inte nödvändigtvis tolkas som oklara eller motsägelsefulla målsträvanden

och beteenderegler hos hushållet som organisation. Åsiktsskillnader kan motverkas av de dominans- och auktoritetsförhållanden som råder inom hushållet. Det ligger nära till hands att jämföra ett hushåll som organisation med företag, men analogin får naturligtvis inte härddras, därtill är målsträvanden och "driftsvillkor" alltför olika, men poängen är att hushåll och företag ställs inför besläktade "driftsproblem".

Under samtalen som följde på konfrontationen fann vi uppenbara skillnader i målsträvanden och beteenderegler mellan olika hushåll; skillnader som intuitivt föreföll oss ha haft avgörande betydelse för energiförbrukningen. Målsträvanden och beteenderegler för energiförbrukningen kan vi uppfatta som förhållningssätt till energi och energisparande. Men förhållningssätt är liksom attityder en mångdimensionell företeelse och alltför komplex för att vara meningsfull att *mäta* i en begränsad fallstudie, i synnerhet om man i förväg endast har vaga begrepp om företeelsen. För att råda bot på det senare kan man gå fram på lite olika vägar. Vi har gjort så, att vi kontrasterat de undersökta hushållen med varandra. Genom upprepade genomläsningar av dossiererna (se avsnitt 3.2) har vi försökt kartlägga de viktigaste skillnaderna mellan låg- och högförbrukande hushåll i syfte att skapa *begrepp* om företeelsen som sådan, dvs om förhållningssätt som kan sättas i samband med energiförbrukningen. Valet av metod har inspirerats av Glaser & Strauss (1967) men också av Bo Eneroths grundbok i kvalitativ metodik: Hur mäter man "vackert"? (Eneroth, 1984).

Vid analysen av de undersökta hushållens förhållningssätt försöker vi bortse från sådant som vi uppfattar som tillfälligheter för att istället inrikta oss på sådant som vi uppfattar som typiskt kontrastiva drag för det låg- resp högförbrukande hushållet. Resultatet av analysen har formen av beskrivningar. Dessa går inte i första hand ut på att vara "sanna", utan sanningen ligger snarare i att beskrivningarna syftar till att vara träffande. De försöker fånga de centrala dragen hos förhållningssätten. Metoden är ett sätt att sammanfatta observationer och iakttagelser i vad som brukar betecknas *idealtypiska* konstruktioner, som ingalunda är ideala i normativ mening utan ideal står här för att konstruktionen är renodlad. Den kan jämföras med en karikatyrteckning, där just de utmärkande dragen är poängterade. I verkligheten är det inget hushåll som exakt motsvarar idealtypen, däremot kan en idealtyp vara mer eller mindre träffande för ett hushåll. Resultatet av den kvalitativa analysen är att vi har identifierat tre olika idealtypiska förhållningssätt, vilkas porträtt kan tecknas så här:

(1) *det sparengagerade förhållningssättet*

Det kanske mest utmärkande draget för det engagerade förhållningssättet är energisparandets starka inslag av *självändamål*, som ett värde i sig. Det är inte i första hand en fråga om att spara pengar utan energisparandet är en symbol för andra värden; värden som är viktiga för hushållets självvärdering. Sparandet är förbundet med känslor av fullödighet och personlig tillfredsställelse. Det uppfattas inte som en objektiv nödvändighet, tvärtom - det är ett personligt val. Men när valet väl är träffat, är det förpliktande för hushållet, som fångas av sitt eget engagemang.

Visst kan det finnas inslag av lek eller sport, men sparandet är viktigare än så, eftersom själva livsstilen och självkänslan står på spel. Därför är det sparengagerade hushållets priselasticitet i hög grad oförutsägbar. Ett minskat energipris kan uppfattas som en trivialisering av energisparandets mening.

Det engagerade förhållningssättet stimulerar till fantasifulle och uppfinningsrika sparstrategier. Det såg vi inte minst hos det mest extremt sparengagerade hushållet. Där var problem och svårigheter till för att övervinnas. Uppoffringar och ansträngningar tog man lätt på samtidigt som man bemödade sig om den inre solidariteten hushållsmedlemmarna emellan.

I det sparengagerade hushållet finns lusten och tilliten till den egna kompetensen att "genomskåda" och behärska den tekniska utrustningen. Man låter sig inte hejdas av tekniska brister, och man roas av att ägna tid och uppmärksamhet åt uppföljning, kontroll, justering och skötsel av de tekniska systemen.

Men det är *inte* socialt riskfritt att vara sparengagerad. Om man överskrider gränsen för det socialt acceptabla, kan man riskera bli ansedd som alltför extrem, ja rent av som besatt eller förryckt av sitt sparengagemang. Det såg vi tecken på i Taheområdet. Sparengagerade hushåll måste värna om sin frihet att få vara sparengagerade, framför allt genom att övertyga omgivningen om att man har sitt "förnuft" i behåll.

- Vi håller en låg inomhustemperatur, ja det gör vi. Men vi har upptäckt att man mår bra av det. När vi kommer bort så märker vi att man inte mår bra av att sitta i värme. Man våndas närapå. Vår minsta pojke blir dålig rentav. Han mår illa.

- Vintertid har vi alltid en kofta på oss och tofflor och sockor. Vi tänker inte på det, det är ingenting som är jobbigt. Många säger att det måste vara jobbigt att *tänka* på det jämt. Men det är det ju inte, då man gjort det till en vana.

- Vi stänger av värmen på nätterna och när jag åker till jobbet (kvinnan i familjen är den som på morgonen sist lämnar bostaden). Sen har vi försökt vara på övervåningen så mycket som möjligt. När det varit kallt ute, har vi bara behövt värma upp två rum. Det har vi vant oss vid så har vi också varit friska.

Det engagerade förhållningssättet har alltså sitt pris. Både för sig själv och för sin omgivning måste man bevisa att sparbetendet inte är irrationellt utan i grunden ett rationellt beteende. Det sker genom att man *uppvärderar* energisparandets värde utöver dess ekonomiska värde samtidigt som alla problem och risker som kan förknippas med sparbetendet *nedvärderas*. Det framgår tydligt av citaten.

När vi talar om sociala risker med att vara engagerad aktualiseras betydelsen av olika sociala referensgrupper. Den mest närliggande är vän- och släktgruppen. Det var förmodligen ingen tillfällighet att hushåll med vän- eller släktrationer till varandra hade ungefär samma sparengagemang. Den andra är grannskapsgruppen. Där finns Jantelagen, om inte annat så latent, allrahelst i ett bostadsområde av Tahes typ och storlek. Elaka tungors "grannskvaller" kan mycket effektivt hålla ett alltför observerbart energisparande i schack.

(2) det ignoranta förhållningssättet

För det ignoranta förhållningssättet saknar energin helt relevans för beteendet. "Det får bli som det blir" med energiförbrukningen. Energin uppfattas som tom på både symbolvärde och ekonomiskt värde, man agerar som om energin tillhandahölls till noll-pris.

Hushåll med ett ignorant förhållningssätt är osäkra om sin energiförbruknings storlek men "anar det värsta". Man beivrar inga informationsmöten, läser inga tekniska instruktioner, de läggs olästa i en byrålåda. Inte heller söker man på eget initiativ hjälp eller bistånd hos förvaltningspersonal.

Tron på den egna kompetensens otillräcklighet gör att man saknar nyfikenhet på att utforska den tekniska utrustningen. Inte heller tanken på att utforska de egna behoven föresvävar en - behoven liksom kompetensen tas för givna. Tryggheten finns i de invanda beteendemönstren. Framtiden saknar aktualitet. Man tar var dag som den kommer.

Men även det ignoranta förhållningssättet är utsatt för ett socialt tryck - om än latent och i motsatt riktning. Också detta förhållningssätt måste psykologiskt försvaras. Det märkte vi mycket tydligt under intervjuerna. Det skedde genom att nedvärdera betydelsen av energisparandet, både för egen del och för samhällets. Även den egna kompetensen nedvärderades, samtidigt som man uppvärderade sina egna behov av komfort och frihet, t ex att få gå barfota och iklädd endast T-tröja året om. Men också genom att skylla på tekniken. Det senare är inte minst viktigt att uppmärksamma.

(3) det pragmatiska förhållningssättet

Inslag av ett engagerat eller ett ignorant förhållningssätt kunde vi spåra även bland vissa normalförbrukare, men ingetdera av dessa två förhållningssätt förmår fånga det centrala inslaget i normalförbrukarnas förhållningssätt. Att beskriva det som varken engagerat eller ignorant är i och för sig inte helt poänglöst, men alltför substanslöst som idealtypisk konstruktion.

I de flesta normalförbrukarnas förhållningssätt fanns starka inslag av pragmatism som framför allt var det som skilde deras förhållningssätt från extremförbrukarnas. Deras förhållningssätt har vi därför valt att kalla för pragmatiskt. Det utmärks av att energisparandet inte har andra värden än det rent privatekonomiska. Energin saknar symbolvärden och uppfattas som en marknadsvara vilken som helst.

Det pragmatiska förhållningssättet är ett beräknande förhållningssätt. Man vill därför varken övervärdera eller undervärdera energisparandets vikt. Energisparande är inte mer värt än det man kan spara. Beteendet är därmed priskänsligt. För egen del skulle man gärna se att elpriset sjönk.

Det pragmatiska hushållet nöjer sig med "begränsad" rationalitet. Man söker inte mer information om möjliga handlingsalternativ och sparstrategier än man behöver. Inte heller vill man ägna mer tid och uppmärksamhet åt kontroll, justering och skötsel av den tekniska utrustningen än vad som är nödvändigt. En ledstjärna är att undvika problem. Man värdesätter därför kompetens, och man gillar "smarta" lösningar som t ex tidur. Man är mottaglig för "vettiga" spartips, men däremot måttligt intresserad av "motivationsskapande" sparkampanjer.

Skulle händelsevis det pragmatiska hushållet bli spareengagerat, är det endast på lek eller som en sport, drivet av nyfikenhet. Men engagemanget kommer efter beteendet och det upprätthålls av beteendet. När leken upphör, slocknar engagemanget. Energisparande som ett spel om pengar är alltför trivialt som grund för ett "äkta" engagemang. Men spelet i sig har ett pedagogiskt, kompetenshöjande värde som inte ska förringas. Det pragmatiska förhållningssättet uppfattas som det normala, det mest "förnuftiga". Det är det "enda realistiska när allt kommer omkring" som en representant för förhållningssättet uttryckte det. Så uppfattades det också av de flesta av Tahehusens normalförbrukare. De kände sig inte heller utsatta för något socialt tryck att förändra sitt beteende. Att vara spareengagerad uppfattades som en "livsstil" som inte var deras, ja som att ha en annan "världsåskådning".

9.1.2 Tre förhållningssätt - tre poler

Vi kan uppfatta de idealtypiska förhållningssätten som poler eller som hörn i en triangel inom vilken de verkliga hushållens förhållningssätt placeras. Positionen - avstånden till polerna - beror på hur pass träffande de idealtypiska förhållningssätten är. Positionen för ett hushåll vars förhållningssätt exakt stämde överens med ett idealtypiskt förhållningssätt skulle då sammanfalla med dess pol. Ett sådant hushåll finns knappast i verkligheten, men skulle kunna göra det - det är en av metodens poänger.

Redan i karaktäristiken av de olika förhållningssätten kommenterades polerna i termer av sociala och normativa risktillstånd. På goda grunder kan hävdas att det endast är det pragmatiska förhållningssättet som är balanserat i den meningen att det står i samklang med normativa ideal som är förhärskande i ett marknads- och industrisamhälle av Sveriges typ. Mot det pragmatiska förhållningssättet framträder det sparengagerade som en motrörelse som kämpar för sina ideal, för en uppvärdering av energins och energiförbrukningens betydelse. Som alla motrörelser behöver den bundsförvanter. Sviker dessa eller blir det sociala trycket mot konformism alltför starkt, så riskerar naturligtvis engagemanget att tunnna ut, och viljestyrkan hos engagerade individer och grupper sätts på prov. Resultatet kan bli vad som numera ofta kallas för ontologisk osäkerhet, att man börjar tvivla på att ens sparengagemang är välgrundat när allt kommer omkring. Grogrund för tvivel kan uppstå om samhällets energipolitik inrymmer motsägelsefulla budskap. Är energisparande en "ödesfråga" eller en "plånboksfråga"?

Inte heller det ignoranta förhållningssättet är socialt oproblematiskt. Det uppfattas inte som ett självklart och naturligt förhållningssätt. Det gör visserligen inte heller det sparengagerade, men detta väcker åtminstone respekt (så länge det inte passerar det acceptablas gränser). Men respekt väcker däremot inte det ignoranta förhållningssättet. Det befinner sig i gränslandet till det socialt oacceptabla.

Det pragmatiska förhållningssättet behöver inte motiveras med annat än privat-ekonomisk rationalitet - i det avseendet är både det sparengagerade och det ignoranta förhållningssättet avvikande. Hos socialt avvikande företeelser finns alltid ett latent tryck mot normalitet. För att hålla fast vid ett avvikande beteende måste man iscensätta ett försvar. Sviktat försvaret förskjuts beteendet mot normalitet. Det finns alltså immanenta spänningar i såväl det sparengagerade som i det ignoranta förhållningssättet som gör att båda riskerar att konvergera mot det pragmatiska förhållningssättet. Om man så vill, kan man se detta som en liten teori om relationerna mellan de tre idealtypiska förhållningssätten.

Följande episod kan illustrera teorin. En av barnfamiljerna berättade för oss att man strax efter inflyttningen hade gripits av ett sparengagemang samtidigt som man sade att man hade varit väldigt slösaktig där man hade bott tidigare (i höghus med direktverkande el och kollektiv debitering). Det första mätåret var deras energisparande i den nya lägenheten framgångsrikt att döma av mätningarna. Men redan andra året låg elförbrukningen avsevärt högre än väntat. Lite skamset förklarade de för oss att de "inte orkade längre" och att "det var för besvärligt" och att de "hade tappat intresset". De hade sedan en tid börjat fundera på att flytta till en egen villa, vilket de senare också gjorde. Energisparandet uppfattades i efterhand som ett "kvaddat" projekt. Det engagerade förhållningssättet uppfattades inte längre som ett naturligt och självklart förhållningssätt. Frågan är om det ens hade gjort det tidigare.

9.1.3 Randanmärkningar

I det föregående har de olika förhållningssätten illustrerats genom hänvisningar till konkreta hushåll för vilka ettdera av förhållningssätten ger en träffande karaktäristik av hushållet. Det är viktigt att uppmärksamma, att det samband mellan förhållningssätt och energiförbrukning som påvisas har formen av cirkelbevis även om det uppenbart finns kausalsamband, vilka vi emellertid avstått ifrån att testa. Anledningen är följande. För det första ställs man inför svårigheten att klassificera hushållen efter förhållningssätt på ett sätt som är oberoende av energiförbrukningen. Även om man lyckas lösa validitets- och reliabilitetsproblemen på ett acceptabelt sätt, vore det knappast meningsfullt att statistiskt testa sambandet mellan förhållningssätt och energiförbrukning, i varje fall inte i Taheområdet, eftersom det urval som testet då skulle utföras på skulle vara alltför litet för att tillåta några egentliga generaliseringar. Men en kanske än viktigare invändning mot kvantitativ analys av en sådan företeelse som förhållningssätt till energi och energisparande är att den berör ett verklighetsområde där det med vanligt "vardagsförnuft" är lätt att avgöra om mer eller mindre av "förhållningssättsdimensionen" är konsistent med hög eller låg energiförbrukning. Antag att man fann ett visst statistiskt samband och att det också passerade "vardagsförnuftets" test. Sådana empiriska rön har ofta ett viss "sanningsvärde" men också den egenheten att oftast vara triviala och intetsägande. Det intressanta är de avvikande fallen. Det är snarare de som bör förklaras. Att folk som inte vill röka inte heller röker, är inget konstigt. Däremot kan det te sig anmärkningsvärt om man röker trots att man inte vill.

Ur energisparsynpunkt är det givetvis det ignoranta förhållningssättet som är det problematiska. Det förhållningssättet är av relativt sent datum. Långt in på 1950-talet var sparsamhet och försiktighet med saker och ting bland de primära sociala dygderna. Men det är dygder som under 1960- och 70-talen alltmer kom att förlora i betydelse och ersättas av en "slit-och-släng"-kultur. Men på senare tid har det uppstått motströmmar sprungna ur ett uppvaknat natur- och miljöintresse. Allt fler ser värdet av hushållning ur nya perspektiv. Medan sparsamhet i äldre tider bottnade i hårda livsvillkor, är sparsamhet i det moderna samhället i hög grad en fråga om livstil och personliga värderingar (Sellerberg, 1987).

En intressant fråga är om det finns metoder med vars hjälp man kan skapa spar-engagerade förhållningssätt. Försök har gjorts på olika håll. Det har ofta handlat om att på ett eller annat sätt manövrera in hushållet i en position där det känner sig förpliktigt att ägna sig åt energisparande, t ex genom s k "foot-in-the-door"-teknik. Ett exempel på tekniken kan man finna i den amerikanska National Research Council's skrift: *Energy Use - the Human Dimension* (Stern & Aronson, 1984). Man börjar med att erbjuda hushållet gratis information om olika energisparmöjligheter. Om erbjudandet accepteras, ber man om tillstånd att på ytterdörren få sätta upp en dekal med texten "We Save Energy". Sedan frågar man om man i lokalpressen får publicera namnet på hushållet tillsammans med alla andra hushåll i området som engagerat sig i energisparande. Detta är ett exempel på en ganska aggressiv metod, som också är etiskt diskutabel. Metoden kan förvisso ge vissa sparresultat, åtminstone kortsiktigt. Men det som gör att metoden måste ifrågasättas som metod, är naturligtvis det manipulativa inslaget. Om det genomskådas, är risken för en motreaktion uppenbar. Så länge ett förhållningssätt inte är betingat av nödvändighet, måste det - för att vara livskraftigt - upplevas som en del av ens livsstil och ytterst som personligt val.

9.2 Hinder för energisparande

I Tahehusen är handlingsfriheten och självbestämmandet på lägenhetsnivå avsevärt mer vidsträckt än i centralvärmdda flerbostadshus, där hyresgästernas kontroll av rumstemperatur, ventilation och varmvattentemperatur som regel är *underordnad* en central reglering. I sådana hus har driftspersonalen ett avgörande inflytande på energiförbrukningen.

Störst handlingsfrihet och självbestämmande finner man i egnahem, där ägare, förvaltare och brukare är samma person. Egnahemsägare är fria att investera i

t ex energisparande teknik, vilket inte hyresgäster är, bortsett från i sådant som inte tillhör den fasta installationen. Mycket talar för att det just är autonomi - handlingsfriheten och självbestämmandet - som är den egentliga grunden till varför egna hem är så högt värderade som boendeform.

Men autonomi har liksom myntet dubbla sidor. Autonomi är också en *existentiell* realitet som man på ett eller annat sätt måste hantera. Skulle man drabbas av handlingsförlamning, är existentiell ångest nära. Det är mot den klangbotten som det sociala livet tar form på olika arenor, så också i den egna bostaden, och i det perspektivet har vi försökt förstå den generella problematik som ligger bakom hushållens interventionspraxis.

Vare sig det sker spontant eller överlagt, utvecklas i ett hushåll mer eller mindre klara regler för hur man vill att skeendet i ens bostad ska vara ordnat; regler som manifesteras i normer och rutiner för vardagslivet. Det är så som boendet struktureras, som "ordning och reda" skapas. Utan normer och rutiner skulle boendet framstå som kaotiskt. Men visst kan variationen vara stor. Det som för ett hushåll framstår som "ordning och reda" kan för andra te sig som antingen alltför kaotiskt eller alltför perfektionistiskt. Familjedispyter handlar ofta om "ordning och reda", om vems normer och rutiner som ska gälla, något som alla torde ha erfarenhet av. Familjerna i Tahehusen utgjorde i det fallet inget undantag.

Även om normer och rutiner för hemlivet kan te sig som ytterst personliga, framspringer de inte i ett socialt vakuum utan är mer eller mindre starkt präglade av det omgivande samhället, av massmedia och av den sociala miljö som man växer upp i och identifierar sig med.

Ann Oakley har pekat på hushållsarbets paradoxala karaktär (Oakley, 1974). Även om normer och rutiner som man håller sig till är ens egna, dvs subjektiva i den meningen att de ytterst är ett personligt val, får de en slags objektiv karaktär. De blir externa "måsten" som man tvingas anpassa sig till för att upprätthålla sina ambitioner. Denna objektiviseringsprocess får det paradoxala resultatet att hushållsarbetet psykologiskt berövas mycket av sin högt värderade autonomi. I realiteten kan hushållsarbete upplevas som lika tvingande som arbetsinstruktioner och tidplaner i arbetslivet.

Det intressanta i ett energisparsammanhang är vilka kriterier/relevansområden som hushållen hänvisar till för att motivera de normer och rutiner man håller sig till när det gäller interventionsbeteendet. För att få en djupare förståelse för vilka kriterier/relevansområden som i dag är viktiga för olika hushållskategorier, måste de undersökas i ett historiskt perspektiv. Så har t ex kvinnors ökade engagemang i arbetslivet för många drastiskt minskat den tid som kan ägnas hushållsarbetet, vilket tvingat fram rationaliseringar. För dubbelarbetande hushåll är det delvis andra

kriterier/relevansområden som aktualiseras än för t ex pensionärshushåll. Med utgångspunkt från handlingsfrihetens mer generella problematik diskuteras i det följande vissa inslag i hushållens situation som vi kommit att uppmärksamma som viktiga relevansområden för att förstå uppkomsten av skillnader i interventionsbeteende.

Ekonomi

Även om interventionsbeteendet har ekonomiska konsekvenser för hushållet, är hushållsekonomi ett relevansområde som vi emellertid avstått ifrån att problematisera i undersökningen. Ett skäl är att interventionsbeteendets priskänslighet är bättre ägnat att undersöka med kvantitativa metoder, t ex genom budgetspel.

Hälsa

Ett hushåll bör naturligtvis inte ägna sig åt energisparande på ett sådant sätt att någon av hushållsmedlemmarnas hälsa äventyras. I den meningen är hälsotillståndet att se som en grundläggande restriktion för interventionsbeteendet.

En intressant iakttagelse är att extremhushållen, både det med lägst (17.7 °C) och det med högst inomhustemperatur (23.3 °C), motiverade temperaturen med hälso-skäl. För högtemperaturhushållet var det uttryckligen omtanken om hushållets småbarn. Detta gjorde oss uppmärksamma på betydelsen av människors *trosföreställningar* vad gäller sambandet mellan rumstemperatur och hälsa. En del intervjupersoner talade om sig själva såsom varande "frusna" av sig som en kroppslig egenskap snarare än som en personlighetsegenskap. Hur pass välgrundade är sådana uppfattningar? Detta är en fråga som, inte minst i energisparsammanhang, vore intressant att också närmare få undersökt.

Klädvanor

Hushållsmedlemmarnas klädvanor kan uppfattas som en restriktion för temperaturhållningen. Klädvanor kan förändras. Ja, att ändra sina klädvanor vid en lägre temperatur kan vara nödvändigt för att slippa frysa. Att ändra klädvanor kan emellertid upplevas som en inskränkning av den personliga friheten. "Vi har alltid gillat att få gå barfota och lätt klädda hemma", som någon uttryckte sig.

Kompetens

Hushållsmedlemmarnas kompetens att klara av att hantera den tekniska utrustningen kan vara avgörande för hur handlingsfriheten och självbestämmandet upplevs. Bland de undersökta hushållen fanns två äldre ensamboende pensionärer som hade uppenbara svårigheter att själva klara av att reglera värmen och ventilationen. De fick båda hjälp av utomstående, i det ena fallet av en hemsamarit och i det andra av en närboende släkting.

Det är naturligtvis ett dilemma: Å ena sidan finns det goda skäl att låta hushåll även i hyreshus själva ta ansvar för sin energianvändning, men å andra sidan klarar inte alla av det på grund av ålder, sjukdom eller andra handikapp. Detta är emellertid ett sätt att resonera som bottnar i ett synsätt på kompetens som en individegenskap, vilket i vissa sammanhang kan vara relevant. Men oftast är det mer fruktbart att se kompetens som ett *relationsbegrepp*, som en fråga om anpassning mellan människa och teknik. Det är också med det synsättet som vi tidigare har granskat lägenheternas tekniska utrustning.

Kompetensen är naturligtvis särskilt viktig när man ställs inför ny teknik eller teknik som man saknar erfarenhet av. En viss kompetens är också en förutsättning för att kunna förstå teknisk information och bruksanvisningar. I dessa avseenden tedde sig de undersökta hushållens kompetens endast i undantagsfall problematisk. Den bedömningen gäller emellertid inte hushållens *tilltro* till den egna kompetensen. Hos inte så få fanns en benägenhet att nedvärdera den egna kompetensen, att inte sätta tilltro till förmågan att på egen hand lära sig bemästra tekniken. Av våra erfarenheter att döma, är skriftlig information otillräcklig för att övervinna bristande tillit till den egna förmågan. Det behövs personlig information och förevisningar, helst i den egna lägenheten. Det är i varje fall den lärdom vi har gjort.

Tid och uppmärksamhet

Ju mer man engagerar sig i energisparande, desto mer av ens tid och uppmärksamhet tas då i anspråk. Följden kan bli att man dras in i en process där ens rutiner för drift och skötsel av tekniska system alltmer förfinas och utvidgas. Det kan uppfattas av t ex pensionärer som en - om inte direkt välkommen, så inte heller ovälkommen - utfyllnad av disponibel tid. För andra, för vilka tid och uppmärksamhet är knappa resurser, kan det däremot upplevas som ett intrång i ett vardagsliv redan uppfyllt av allt som "måste" göras.

För hushåll med ett "hektiskt" vardagsliv måste tid och uppmärksamhet för kontroll av tekniska system konkurrera med alla andra aktiviteter som man är engagerad i. Frihetsgraden för sådana hushåll att engagera sig i energisparande är naturligtvis mindre än för hushåll som lever ett mera "stillsamt" liv. Louise Gaunt (a.a) citerar en opublicerad amerikansk fallstudie av "a handfull of cases" som just häri sett en skillnad mellan hushåll med hög och låg energiförbrukning. Även om vi bland våra undersökta hushåll saknar representanter för utpräglat "hektiska" hushåll, kan vi spåra samma tendens, som också Gaunt gör i sin undersökning.

För hushåll där tid och uppmärksamhet är knappa resurser, är det alltså särskilt viktigt att styr- och kontrollsystem för bostadens installationer utformas på sätt som kräver ett minimum av brukarnas involvering för energimedveten drift och skötsel.

Ansvarsfördelning

Under intervjuerna med Tahehushållen fann vi att det ofta rådde *osäkerhet* om vem i hushållet som egentligen ansvarade för regleringen och skötseln av de tekniska systemen för uppvärmning, ventilation och varmvattenberedning. Påfallande var kvinnornas obenägenhet att vilja ta det ansvaret. "Det är alltför tekniskt för mig", var ett svar som vi ofta fick, underförstått att det egentligen var männens ansvarsområde. Men var det så också i praktiken? Inte alla gånger. Vi upptäckte ett tydligt ointresse bland vissa män, företrädesvis i hushåll där kvinnan ansvarade för hushållsarbetet och mannen huvudsakligen ryckte in och bistod vid behov. Följden blev att ingen egentligen tog ansvar för regleringen och skötseln av de tekniska systemen, utan det fick "bli som det blev".

Att det för många kvinnor inte faller sig naturligt att åta sig ansvaret för drift och skötsel av tekniska installationer, kan ses som en återspeglning av en traditionell könsrollsuppfattning. Detta är, om inte annat, ett memento för energispar kampanjer och för sparinformation som riktas till hushåll.

10 RATIONELLA RUTINER

Vid granskningen av de tekniska installationerna i kapitel 8, riktades uppmärksamheten främst mot komponenternas detaljutformning. I detta kapitel görs ånyo en granskning av installationerna, men denna gång som principlösningar för temperaturreglering och för ventilationsreglering. Mot bakgrund av hushållens situation och den reglerpraxis som vi kunnat iaktta bland hushållen, analyseras installationssystemen som förutsättning för rationellt beteende.

10.1 Temperaturreglering

10.1.1 Termostatsystemet

Elvärmesystemet i Tahelägenheterna är av konventionell typ, vars principiella konstruktion är grundad på ett rationalitetsideal som enkelt uttryckt innebär att man en gång för alla ställer in termostaterna och tiduret. Sedan sköts temperaturregleringen helt automatiskt, och man kan ägna sin tid åt annat. Detta är själva finessen med systemet, i teorin vill säga, för i praktiken ställs man inför svårigheter; svårigheter som måste övervinnas för att rationalitetsidealet ska kunna förverkligas.

För att få lite inlevelse i analysen, låt oss tänka oss att det sker ett byte av hushåll i en lägenhet. När det nya hushållet övertar lägenheten, övertar det också det utflyttade hushållets kalibreringar, termostatinställningar och tidsprogram. Till en början har man förmodligen så mycket att stå i att man knappast hinner fundera över inomhustemperaturen. Eventuella justeringar av termostatinställningar uppfattas som endast temporära anpassningar till här-och-nu-situationen.

Men så en dag börjar någon att reflektera över de temperaturregleringsrutiner som är på väg att etableras i hushållet.

- Ska vi ha det så här?
- Eller ska vi agera mer planmässigt?

Impulsen att vilja reglera innetemperaturen på ett mer överlagt och mindre spontant sätt är första steget till ett medvetandegörande. Vissa hushåll kommer aldrig längre än så; hushåll som undviker att ställa sig frågan: Hur ska vi ha det, inte just nu - men framgent, som rutin? De som tar denna fråga på allvar upptäcker att de - åtminstone inte omedelbart - kan ge några precisa svar. Det finns knappast heller några "färdiga" svar, och om så vore, kan giltigheten alltid ifrågasättas. *Hur*

man vill ha det, måste man undersöka, och för att komma underfund med sina preferenser finns det ingen annan metod än genom "försök-och-misstag". Man måste pröva sig fram. (I det fenomenologiska perspektiv som här utvecklas är människors preferenser inte givna på förhand utan endast element i deras verklighetsuppfattning, som i sista hand är konstruerad av dem själva. Preferenser är till sin natur instabila och endast operativa så länge man håller fast vid dem.)

Att komma underfund med hur man vill ha det, kan göras till ett formligt projekt, t ex så här: Man låter någon av hushållsmedlemmarna ta kommandot och vara den som ansvarar för programmeringen av elvärmesystemet samtidigt som övriga hushållsmedlemmar förbinder sig att inte sabotera termostatinställningarna. Redan här kan vi göra en viktig iakttagelse. En sådan strategi förutsätter att man - åtminstone temporärt - kan göra överenskommelser inom hushållet. Det krävs alltså ett visst minimum av disciplinering. En komplikation i sammanhanget kan vara uppdelningen av lägenheten i gemensamma och privata rum. Att komma överens om temperaturregleringsrutiner i gemensamma rum är en sak, men måhända en helt annan för privata rum.

Rationalitetsidealet förutsätter en rationell strategi, dvs att man förr eller senare kommer fram till en tidpunkt då man upphör att ifrågasätta det temperaturprogram som man har här-och-nu och låter automatiken (termostater och eventuellt tidur) ta över. Den uppmärksamhet som därefter måste ägnas elvärmesystemet inskränker sig till att övervaka att det fungerar som programmerat och att inget oförutsett inträffar.

För att förverkliga rationalitetsidealet måste hushållsmedlemmarna underkasta sig regeln att inte ändra termostatinställningar och tidursprogram. Tillfälligtvis får man gärna slå ifrån en eller annan elradiator eller manuellt koppla om den centrala styrenheten till lågtemperatur. Detta saboterar inte temperaturprogrammet, eftersom det lätt kan återställas.

Rationalitetsidealets logik innebär alltså inte bara förbud mot att höja termostattemperaturen, utan också mot att sänka den. Men - och detta är analysens poäng - denna förbudsregel är endast rationell i den meningen att den gör att man kan "glömma" de en gång för alla inställda termostaterna. Men ser vi förbudsregeln som en absolut regel för beteendet till vardags, så kommer dess rationalitet i en annan dager. Det är lätt att tänka sig situationer då det måste uppfattas som oförnuftigt att inte tillfälligtvis tillåta avsteg. Att *temporärt* suspendera en regel är ofta ett förnuftigt sätt att undvika problem/irritationer som annars skulle kunna uppstå. Att styvnackat i alla situationer hålla fast vid förbudsregeln och av alla kräva anpassning till det temperaturprogram som gäller, innebär - för att nu spetsa till formuleringen - att underkasta sig teknologins diktat.

Det är exakt detta som är elvärmsystemets skilleshäl. Rationalitetsidealet konsekvent tillämpat får absurda konsekvenser. Det ställer hushållet inför ett dilemma: å ena sidan kan vilket temperaturprogram som helst som man för tillfället har inställt betraktas som temporärt - det kan alltid ifrågasättas - men å andra sidan är det rationellt att försöka komma fram till en tidpunkt då man upphör att ifrågasätta det. Vad man än väljer att göra, kan det leda till problem. Däri ligger dilemmat.

10.1.2 Tiduret

Vid jämförelse med hur modern elektronik har revolutionerat och förenklat en mångfald bruksfunktioner i hemmen, måste tiduret med dess kringutrustning i Tahehusens lägenheter betraktas som tämligen osofistikerat, för att inte säga primitivt, vilket redan torde ha framgått av detaljgranskningen i kapitel 8.

I marknadsföringen betonas att själva vitsen med tidur är att det ger möjlighet till automatisk temperatursänkning. Detta utesluter inte att automatiken kan kombineras med manuell in- och urkoppling av temperatursänkning, som fallet är i Tahelägenheterna. Sålunda är det inget som hindrar att man manuellt kopplar in temperatursänkningen vid ett klockslag tidigare än programmets automatik, dvs sätter automatiken ur spel, men man får då inte glömma att återinkoppla automatiken innan man går och lägger sig, annars kvarstår temperatursänkningen. Motsvarande gäller också om man vill uppskjuta tidpunkten för automatisk temperatursänkning. Då är det bara att manuellt koppla ur temperatursänkningen. Men inte heller då får man glömma att senare koppla in automatiken.

Det var märkbart svårt att få något riktigt klart besked av Taheborna i vilken utsträckning som de använde sig av tiduret. "Det ska man väl, när det nu finns där", var en typisk kommentar. De flesta utgick alltså ifrån att det förväntades av dem att de skulle använda sig av tiduret. De som tillämpade nattsänkning, undrade om det var ekonomiskt motiverat med tanke på den lägre eltaxan nattetid.

Tidur är en symbol för effektivitet - och effektiva människor omger sig gärna med effektiva apparater. För effektiva människor är det naturligt att se framtiden som planerbar. En del av förklaringen till försäljningsframgångar för tidur ligger nog i tidurets symboliska funktion och att "effektivitet" i vår kultur gärna förknippas med "duktighet". Men "effektivitet" i den bemärkelsen var inget särskilt viktigt inslag i självuppfattningen för mer än ett fåtal av Tahehushållen, vilket måhända är en av anledningarna till det ljumma intresse som de flesta visade för tiduret. "Det kan man både ha och mista", som någon uttryckte det.

Till saken hör att tidurets ändamålsenlighet kan ifrågasättas för lägenheter i välisolerade och tunga byggnader där värmetrögheten (tidskonstanten) är stor. Vid

nattsänkning hinner rumstemperaturen normalt inte sjunka så mycket under natten, allra helst om termostatinställningarna i rum som klädkammare, hall, bad- och duschrum inte berörs av automatiken, som fallet är i Tahehusen.

Möjligheten att enkelt kunna sänka innetemperaturen är naturligtvis värdefull vid tillfällen då ingen är hemma. Men frågan är om tidur behövs för att temperaturnivån ska hinna återställas tills man återkommer. Knappast i Tahehusens lägenheter, eftersom tillgänglig eleffekt för "återuppvärmning" är mycket stor. Vi roade oss med att en kväll vid niotiden stänga av *all* elvärme i den mätlägenhet som vi disponerade. Det försöket utföll så här: Vid avstängningstillfället var det 0.5°C utomhus och vindstilla. Temperaturen i vardagsrummet uppmättes då till 20.8°C. Fläktventilationen ställdes i minläge och eftervärmaren på 15°C. När vi återkom elva timmar senare, klockan åtta på morgonen, hade temperaturen i vardagsrummet sjunkit till 18.0°C. Utetemperaturen var då -4.0°C. Under den period då elvärmen var avstängd tillfördes i genomsnitt ca 160 W från ventilationen (värmebatteri och fläkt) och ca 40 W från kylskåpet (frysen var fränkopplad). Transmissionen från varmvattenberedaren kan beräknas till ca 200 W. Totalt tillfördes således ca 400 W. (Hade lägenheten varit bebodd under natten och frysen inkopplad, hade lägenheten totalt tillförts ca 600 W, vilket motsvarar det stationära uppvärmningsbehovet vid 10°C temperaturskillnad inne-ute för lägenhetstypen.)

När elvärmen slogs på, steg lufttemperaturen förbluffande snabbt. Då fanns 5.7 kW i installerad effekt att tillgå i elvärmesystemet. För att åskådliggöra luft rörelserna vid elradiatorerna fäste vi ovankanten av ett A4-papper med en bit tejp på mitten av fönstret ovanför en av radiatorerna. Papperet formligen lyftes av den uppåtgående varma luftströmmen och hängde rakt ut. Bara efter några minuter försvann den råhet i rumsluften som vi tyckte oss förnimma innan vi slog på elvärmen.

När väl elradiatorerna går för fullt, stiger alltså lufttemperaturen snabbt. Däremot stiger inte den operativa temperaturen lika snabbt, eftersom höjningen av ytemperaturerna tar längre tid. (Ytemperaturerna värms dels via strålning från elradiatorerna, dels konvektivt via värmeövergång från rumsluften.)

Det förhållandet att tillgänglig eleffekt var så stor utnyttjades i synnerhet av det extremt lågförbrukande hushållet, som i stället för att använda sig av centralenhetens omkopplare, använde elvärmens huvudströmbrytare för intermittent drift. Deras motivering var just att "återuppvärmningen" hade visat sig gå så snabbt att det obehag som det eventuellt kunde vara att vistas i lägenheten under uppvärmningsfasen var lättöverkomligt. Deras sparstrategi var, som vi tidigare berättat om, att så mycket som möjligt hålla rum ouppvärmda som ingen vistades i.

10.1.3 Profylaktisk värme

Rationalitetsidealet strikt tillämpat innebär en *suboptimal* anpassning vid tillfällen då termostatemperaturen inte överensstämmer med de egentliga temperaturpreferenserna här-och-nu. Ju mer de senare varierar, desto sämre anpassning till rationalitetsidealet. Lösningen för att minimera risken för att hamna i situationer med för låg temperatur är att en gång för alla programmera in elvärmesystemet för *profylaktisk* värme. Skulle det bli för varmt kan man ju alltid stänga av värmen utan att för den skull behöva sabotera systemet och/eller öppna ett fönster.

I en artikel som diskuterar skillnader i människors förhållningssätt till värme-komfort i klimatlaboratorier och under verkliga förhållanden har McGeevor lanserat just begreppet profylaktisk värme (McGeevor, 1982). I centralvärmda hyreshus där den individuella värmeregleringen är underordnad den centrala regleringen kan man förstå hyresgästernas reglerbeteende som ett *försvarsbeteende*. Eftersom man inte kan vrida ner värmen utan att samtidigt öka risken för att senare hamna i en situation med för låg temperatur, anpassar man sig hellre till en "övertemperatur", allrahelst om man av erfarenhet lärt att det kan ta tid innan temperaturen återkommer, om man skulle ha vridit ner värmen. Den erfarenheten har däremot inte Taheborna. De vet - eller borde åtminstone veta - att det alltid finns erforderlig effekt i värmesystemet, när än det skulle behövas.

10.1.4 Det ideala temperaturregleringssystemet - en diskussion

Ett självklart krav är att lufttemperaturen i bostadsrum ska kunna regleras på ett bekvämt sätt. Man ska inte behöva sätta sig på huk bakom gardiner och annat för att komma åt termostatinställningar och strömbrytare, och man ska inte heller behöva uppsöka mer än ett ställe i rummet - det måste man om radiatorerna inte är slavkopplade.

Termostatinställningen för ett rum bör placeras lättåtkomligt, förslagsvis på väggen intill dörrposten ovanför belysningsströmbrytaren. Då är den också lätt observerbar. Ett ögonkast är allt som behövs för att kontrollera att termostatinställningen är den avsedda. Elvärmens strömbrytare bör vara lika lättåtkomliga. Att stänga av elvärmen, när man t ex vädrar, bör vara förenat med minsta möjliga besvär.

Det är alltid känsligt att aptera teknisk utrustning på ett iögonenfallande sätt. Men att utforma och infoga ett don - en instrumentpanel - för termostatinställning och strömbrytare på ett vackert sätt i rummet är en fråga om design. Det senare gäller också hänsynen till brukare med t ex nedsatt synförmåga och fingermotorik.

En fördel vore om en och samma temperaturskala kunde utnyttjas för termostatinställningen och för visningen av aktuell givartemperatur (rumstemperatur). Ett enkelt sätt att åskådliggöra ett sådant system är att utgå från Tachelägenheternas elektroniska termometrar och tänka sig att börvärdestemperaturen ställs in genom att "peka" på önskad rumstemperatur. Tekniskt kan detta lösas på olika sätt, t ex genom att förskjuta en markör i höjdlängs temperaturskalan.

Principlösningen kan kompletteras med en möjlighet till alternativ rumstemperatur utan att behöva ändra termostatinställning genom att temperaturskalan förses med extra markör för lågtemperatur. Genom att trycka på en knapp skulle man enkelt kunna skifta mellan två temperaturnivåer. Ytterligare en tryckning skulle kunna innebära att systemet kopplades till ett centralt tidur, som på ett förprogrammerat sätt styrde växlingen mellan temperaturnivåerna i de rum som var inkopplade för detta. Frågan är om ett sådant tidur skall vara ett veckour. Enklare vore att ha det dygnsbaserat. Det viktiga är att man enkelt kan gå in och ur automatiken utan att "sabotera" systemet vid de tillfällena då man vill avvika från tidursprogrammet.

Vid tillfällena då bostaden står tom längre perioder, under helger och sportlovsveckor, torde det vara enklare att manuellt ställa om till lågtemperatur i rummen än att ändra i tidursprogrammet. Av det skälet kan behovet av veckour ifrågasättas. Vid sådana tillfällen, då det ändå bör ske en viss kontroll av lägenheten innan man lämnar den (att elektriska apparater är avstängda och att fönster och kranar är stängda), kan man också passa på att ställa om till lågtemperatur, eventuellt också att sänka lågtemperaturens termostatinställning ytterligare. Utan tidursautomatik kan man riskera att inomhustemperaturen är alltför låg när man återkommer. Men som tidigare påpekats, vid elvärmesystem går återuppvärmningen som regel fort. Det eventuella obehag som kan upplevas under uppvärmningsfasen kan tänkas uppvägas av tillfredsställelsen i att inte ha haft bostaden uppvärmd i onödan.

Med hjälp av modern elektronik är det möjligt att samla reglerfunktionerna för styrning och kontroll av lufttemperaturen i bostadens olika rum i en överordnad instrumentpanel placerad i t ex köket. Men en allmän princip bör vara att regleringen görs i det rum som regleringen avser. Det är ett av skälen till varför sådana system är tveksamma. Det andra skälet är att de gärna blir alltför sofistikerade - och sofistikerade system kräver sofistikerade brukare för att fungera i praktiken. Av framställningen torde ha framgått att det knappast finns *ett* idealt reglersystem för direktverkande elvärme - därtill är människors teknikförståelse och intressen alltför olika. Själva vitsen med komplexa reglersystem är att de möjliggör ett stort antal programmerbara handlingsalternativ (reglerstrategier). Men sådana handlingsalternativ efterfrågas i allmänhet inte av hyresgäster, att döma av erfaren-

heterna från Taheundersökningen. De talar i stället för behovet av enkla och lätthanterliga system; system som inte komplicerar beslutssituationen och beteendet för hyresgästerna. När allt kommer omkring är det hyresgästerna som ska behärska tekniken och inte tvärtom.

11.2 Ventilationsreglering

Det ventilationsystem (Bacho Minimaster) som installerats i Tahehusens lägenheter träder inte fram för de boende på samma sätt som elvärmesystemet. Elradiatorerna ser man, medan ventilationssystemets motorer, värmeväxlare och kanaler är dolda. Det är endast till- och frånluftsdonen som syns (och hörs).

Vid det första intervjutillfället försökte vi komma till klarhet om vad man visste om ventilationssystemet och dess krav på skötsel. De flesta var ganska väl införstådda med hur systemet fungerade. Men det fanns även de som endast hade vaga föreställningar. "Måste man veta det?", som någon lite ängsligt uttryckte det. I åtminstone ett fall trodde man att tilluften var centralt reglerad. Där hade man tagit fläktaggregatet för en vanlig köksfläkt utan att reflektera över sambandet mellan lägenhetens till- och frånluft.

Men den viktigaste iakttagelsen var den allmänna osäkerhet som rådde i Tahehusen om det "rätta" sättet att reglera ventilationen. Vi var, som redan påpekats, delvis medskyldiga till denna osäkerhet. Eftersom vi under intervjuerna aldrig uttryckligen nämnde ventilationens "rätta" inställningsläge, bibringades många den uppfattningen att det fanns ett visst valfritt spelrum för individuell reglering av normalventilationen. Därigenom kom vi mer eller mindre oavsiktligt att iscensätta ett slags experiment som ger anledning till vissa reflektioner kring frågan om brukarstyrd grundventilation i hyreshus.

Först en liten tillbakablick. Bostäder har i alla tider ventilerats genom självdrag och vädring. Det är ett "ventilationssystem" som alltid varit det naturliga. Att det inte alltid är problemfritt, torde också uppfattas som naturligt. Ibland kan ventilationen vara otillräcklig eller alltför kraftig, eftersom de naturliga drivkrafterna (termik och vindtryck) är instabila. Vid system med fläktstyrd frånluft är det sätt på vilket lufttillförseln ordnas ofta en kritisk faktor i systemet. Dragproblem resulterar inte sällan i försvarsåtgärder från hyresgästers sida vilka ofta ger upphov till funktionsstörningar i ventilationssystemet. Med balanserad ventilation, som i Tahehusen, försvinner dragproblem av det slaget. Men i stället aktualiseras nya problem, såsom ventilationssus och besvärande luftnedslag i vistelsezoner. Sådana problem förekom också i Tahelägenheterna. Men det är inte detta som är analysens

egentliga poäng, utan den är att hyresgästerna inte uppfattar det som något självklart att det är de som i sista hand ska styra och reglera ventilationens drivkrafter. (Forcerad köksventilation är ett undantag. Det uppfattas som endast ett komplement till normalventilationen.)

De hyresgäster i Tahehusen som uppfattade normalventilationen som brukarstyrd, ställdes i en beslutssituation där de hade att ta ställning till frågan om "rätt" inställning av normalventilation. Den frågan är inte alls lika enkel att besvara som frågan om vad som är "rätt" inomhustemperatur. Förvisso kan den senare frågan vara nog så svår för ett sparengagerat hushåll, men skillnaden är att "temperaturmisstag" inte är svåra att identifiera. Blir det för kallt, så fryser man. Men "ventilationsmisstag" är inte lika lätta att upptäcka. Felaktig ventilation upptäcks kanske först när det är för sent.

Osäkerhet om vad som var "rätt" normalventilation kom till olika uttryck under intervjuerna. Alla insåg att ventilationens ljudnivå i och för sig var irrelevant som kriterium vid val av fläktinställning - men likväl kom detta för många i realiteten att vara utslagsgivande. De som valde läget för minventilationen, lät sig uppenbart inte hindras av eventuella förnimmelser av dålig luftkvalitet, inte heller av risken för fukt- och mögelskador. Skulle det senare hända, så är det ett problem som får lösas då, tycktes en del resonera. Här ligger det egentliga problemet. I hyreshus är hyresgästernas ansvar för fukt- och mögelskador ofta oklart. Detta är en viktig skillnad gentemot egnahem, vilken ger anledning att ifrågasätta om brukarstyrd grundventilation är önskvärd i hyreslägenhet.

Förutsättningen för brukarstyrda ventilationssystemens existensberättigande är, för det första, att det finns beaktansvärda skillnader i ventilationsbehov mellan olika kategorier av hyresgäster, och för det andra, att de kan göra rationella val mellan möjliga ventilationsalternativ.

Det första villkoret kan antas vara uppfyllt. Det andra villkoret - hyresgästernas möjligheter att fatta rationella beslut om val av grundventilation - finns det anledningen att ifrågasätta. Vid våra samtal med Tahehushållen framkom att de saknade *bedömningsbara* kriterier för val av ventilation, annat än fläktljudet.

Det finns inte heller något enkelt sätt att kontrollera (mäta) om ventilationen verkligen är den avsedda. Även om det fanns mätinstrument, saknar lekmän kunskap att utvärdera mätresultatet. Det är en fråga för experter.

Om brukarstyrd ventilation skall tillämpas i hyreshus, måste ventilationens nedre gräns vara *säkrad* så att hyresgästerna kan välja ventilation utan att behöva oroas av risken för oförutsedda skadeverkningar på sin hälsa och på byggnaden. Denna gräns måste förvaltningen ta ansvar för. Med jämna mellanrum måste man kontrollera att gränsen inte manipulerats av hyresgästerna, avsiktligt eller oavsiktligt,

t ex genom igensättningar i filter och luftkanaler.

Möjligheten till minventilation (halvering av normalventilationen) under perioder då bostaden inte används framstår i det här sammanhanget som problematisk, eftersom minventilationen kan missbrukas. Här bör emellertid uppmärksammas, att det missbruk som förekom i Tahehusen i stor utsträckning var föranlett av en önskan att minska ljudnivån i ventilationssystemet. Om normalventilationen hade varit tystare, hade med all sannolikhet minventilationen i större utsträckning använts som avsetts.

När hyresgästerna själva svarar för energikostnaderna, finns det ett ekonomiskt intresse för dem att hålla nere ventilationen. Men frågan är vilken relevans som energisparintresset bör ha vid val av fläktinställning. Det finns en uppenbar risk att kriterier som minimering inte bara av fläktljud utan också av energikostnaden blir utslagsgivande på bekostnad av rimliga säkerhetsmarginaler. Ur både förvaltningens och hyresgästernas synpunkt borde *normalventilationens* energiförbrukning betraktas som en kollektiv kostnad snarare än en individuell. Sparintresset bör i stället inriktas mot systemets effektivitet, dess skötsel och underhåll, vilket ytterst är ett förvaltningsansvar. Det ansvaret kan rimligen inte övervältras på enskilda hyresgäster.

Sammanfattningsvis kan alltså lämpligheten av individuella ventilationssystem av typen Bacho Minimaster ifrågasättas i hyreshus. Även om avsikten aldrig hade varit att det skulle finnas något spelrum för individuella val av normalventilations storlek i Tahehusens lägenheter, fanns möjligheten där - om inte på annat sätt så genom att välja minventilation som normalventilation. Den risken finns alltid så länge detta är den enklaste metoden att minska ljudnivån i ventilationssystemet. Och så länge man inte kan eller vill - av ekonomiska skäl eller andra - installera avsevärt tystare ventilationssystem, bör man i hyreslägenheter avstå från individuella ventilationssystem. Risken för "missbruk" och bristfällig skötsel är alltför stor.

SLUTORD

Ur fysikalisk synpunkt finns det ingen variation i elförbrukning som är oförklarlig. Svårigheten är bara att identifiera variationens källor och få kunskap om dessas betydelse för elförbrukningen. Detta har varit huvuduppgiften för undersökningen.

Beräkningen av solspareffekt och solutnyttjande hör till undersökningens intressantare resultat. I den utsträckning som hyresgästerna är representativa för hyresgäster i allmänhet, är solutnyttjandegraden, såsom denna definierats, på ett helt annat sätt än solspareffekten generaliserbar till andra typer av bostadshus. Solutnyttjandet är ju huvudsakligen ett resultat av hushållens interventionsbeteende. Detsamma gäller vattenförbrukningens åtgångstal, eftersom detta är en effekt av hushållens kall- och varmvattenvanor.

Genomsnittligt motsvarar solspareffekten ca 25% av fönsternas transmissionsförluster. Uttryckt som inomhustemperatur motsvarar solspareffekten uppvärmningsbehovet för ca 2°C. Detta kan förefalla vara alltför lite för att motivera lägenheternas generösa uppglasning. Men man får då inte glömma att denna tillförlägenheterna en extra kvalitet som hyresgästerna i Tahehusen uttryckligen uppskattade. Överhuvudtaget gavs mycket beröm åt rumsgestaltningen och områdets arkitektoniska utformning.

När Tahehusen byggdes var glasverandor av växthustyp något nytt. Synintrycket domineras onekligen av "glasburarna" - ett uttryck som med förkärlek användes av folk som inte bodde i området. Att glasverandorna uppväckte känslor, fick vi många belägg för. "Men här gillar vi våra verandor" lyder ett citat från intervjuerna som sammanfattar den allmänna meningen om glasverandorna, även om det fanns kritiska röster, företrädesvis bland de äldre.

Stor uppmärksamhet har ägnats brukarstyrningens *tekniska* betingelser. Som påvisats, speglar reglersystemet för innetemperatur ett rationalitetsideal som inte är speciellt välanpassat till hushållens vardagsverklighet. För att undvika problem fanns hos många en tendens att välja enkla lösningar, även om dessa inte alltid var de mest energieffektiva eller - som för ventilationen - var riskfyllda, men som inte desto mindre speglade hushållens egna uppfattningar om rationalitet.

Projektörer och produktutvecklare har ett stort ansvar för brukaranpassningen av bostäders tekniska installationer. I Sverige är en miljon människor reumatiker. För många av dem är det ett problem bara att öppna och stänga en vanlig vattenkran (Eriksson 1980).

Installationstekniken måste ge var och en möjlighet till energieffektiva regler-rutiner utan att för den skull bli tidskrävande för hushållet. Tekniken måste anpassas till människor med nedsatt synförmåga och fysisk rörlighet, och inte kräva speciell teknisk kompetens, även om det naturligtvis är bra om reglerfunktioner är så lösta att de lockar till energisparinriktad självverksamhet.

I hyreshus (och bostadsrättsföreningar) har förvaltningen också ett ansvar för energihushållningen; ett ansvar som emellertid kompliceras, för att inte säga motverkas, av individuell energidebitering. Den omständigheten att kostnadsansvaret för energihushållningen övervältras på hyresgästerna, fritar naturligtvis inte förvaltningen från dess ansvar för tekniken. Förvaltningen har att se till att lägenheternas tekniska utrustning är i trim. Den ska också vara hyresgästerna behjälplig med instruktioner och information om för energiförbrukningen kritiska beteenden.

Elverkens praxis, att endast ge årsbesked om elförbrukning, anses av många vara otillräckligt som "incitamentssystem". För att förbrukningsinformation skall vara meningsfull för hyresgäster, måste den kopplas till en jämförelselägenhet, exempelvis på det sätt som gjordes genom vår försorg vid några tillfällen under mätperioden. Men frågan är om liknande metoder kan tillämpas rutinmässigt av eldistributörer. Det torde inte vara omöjligt, men det måste i så fall ske på sätt som respekterar hushållens integritet, eftersom individuell energianvändning åtminstone i mätsammanhang måste betraktas som en privatsak. Information om innetemperatur, vattenförbrukning och - om möjligt ventilation - torde emellertid vara väl så viktig för att ge interventionsbeteendet en högre grad av avsiktlighet.

Med tanke på den betydelse som Tahehushållen tillskrev den elektroniska termometern, är frågan om inte någon form av temperaturmätare borde tillhöra bostäders fasta installationer. Vattenmätare, när sådana finns, bör vara lättåtkomliga för avläsning, och varför inte försedda med "trippmätare", så att man själv lätt kan skaffa sig en uppfattning om vad ens vanors betyder för vattenförbrukningen.

* * *

I undersökningens fokus har stått brukarstyrningen av bostäderna som energisystem. Det som särskilt lyfts fram är energisystemets *påverkbarhet*. Distinktionen mellan konsumtion (av innetemperatur och vatten) och systemegenskaper (β -koefficienter) har i det hänseendet varit viktig. I energisystemets påverkbarhet ligger nyckeln till energisparande i driftskedet. Påverkbarheten är det nav kring vilket framtida teknisk och brukarorienterad forskning om bostäders energihushållning bör kunna samordnas och inriktas mot.

TABELLBILAGA

I TAB.A1-A4 redovisas resultatet av regressionsberäkningar enligt avsnitt 5.4 för delurval (lägenheter/hushåll/mätår) för godtagna vinterobservationer under mätperioden.

TAB.A1 Lägenhetstyp 1: radhuslägenhet (gavel) 4 RK
Regressionskoefficienter och t-kvoter för ekvation:

$$TEL = b_0 + b_1TEMP + b_2KV + b_3SOL$$

samt determinationskoefficient (R^2) och residualspridning (s)
för vinterperioder (veckomedelvärden), Wh/h

* = nytt hushåll

- = bortfall (<14 observationer)

Lgh nr	Mät- år	An- tal	Regressionskoefficienter:				R^2	s	t-kvoter:			
			b_0	b_1	b_2	b_3			b_0	b_1	b_2	b_3
1	1	28	-367	89.5	39.9	-9.21	.937	111	-1.21	14.70	1.05	-5.35
	2	30	-24	83.6	-11.7	-6.91	.920	84	-0.19	17.21	-0.66	-7.81
	3	32	-215	77.2	30.5	-8.41	.905	112	-0.94	12.81	0.88	-7.25
2	1	27	-299	112	15.5	-4.29	.964	118	-1.02	22.95	0.86	-3.00
	2	31	-245	116	17.5	-7.62	.943	114	-1.04	21.54	1.03	-6.59
	3	32	85	117	-6.5	-8.30	.971	106	0.33	26.01	-0.45	-7.08
3	1-											
	2*	31	263	82.9	21.8	-5.28	.891	126	0.97	14.94	1.67	-4.19
4	1	28	-568	107	23.6	-4.85	.962	120	-2.46	23.75	2.60	-3.46
	2	31	-388	106	18.6	-7.63	.933	122	-2.10	19.36	2.76	-5.92
	3	24	44	120	-18.5	-10.9	.948	153	0.13	14.93	-1.36	-5.80
5	1-											
	2	24	44	120	18.5	-10.90	.948	153	0.13	14.93	-1.36	-5.80
	3	31	-355	130	7.8	-4.88	.915	162	-1.87	16.39	0.83	-2.91
6	1	28	-827	116	48.7	5.89	.799	274	-1.99	9.93	3.44	1.79
	2	28	-557	127	22.3	-1.84	.948	136	-3.69	18.88	3.31	-1.33
	3-											
7	1	28	-293	128	4.5	-4.82	.979	106	-1.62	30.57	0.31	-3.76
	2	31	-207	120	17.2	-6.56	.967	93	-1.43	28.17	1.43	-7.05
	3*	32	-604	119	50.5	-8.56	.942	150	-2.10	18.11	2.42	-5.47
8	1	28	-486	123	20.0	-0.82	.939	172	-1.26	16.76	1.16	-0.40
	2	27	-252	128	10.5	-6.94	.960	101	-1.48	23.77	1.32	-6.74
	3	32	-131	116	15.6	-6.93	.949	133	-0.52	20.62	1.13	-4.84
ALLA ¹	649	-704	117	41.8	-5.58	.839	273	-12.23	49.93	17.34	-9.26	

1) = totalurvalet, dvs på gruppnivå

TAB.A2 Lägenhetstyp 2: radhuslägenhet 4 RK
Regressionskoefficienter och t-kvoter för ekvation:

$$TEL = b_0 + b_1TEMP + b_2KV + b_3SOL$$

samt determinationskoefficient (R^2) och residualspridning (s)
för vinterperioder (veckomedelvärden), Wh/h

* = nytt hushåll

- = bortfall (<14 observationer)

Lgh nr	Mät- år	An- tal	Regressionskoefficienter:				R^2	s	t-kvoter:			
			b_0	b_1	b_2	b_3			b_0	b_1	b_2	b_3
1	1	28	-389	111	22.1	-3.18	.976	105	-3.14	25.28	3.39	-2.53
	2	18	-617	120	38.1	-8.10	.924	131	-1.94	12.35	2.52	-4.16
	3*	32	40	112	-15.3	-9.53	.936	155	0.16	16.81	-0.85	-5.75
2	1	28	-146	102	38.0	-5.74	.902	195	-0.47	12.99	2.29	-2.48
	2*	26	147	80.8	17.0	-8.08	.837	157	0.86	10.39	2.68	-4.22
	3	30	-372	99.6	28.7	-9.28	.957	115	-2.33	20.65	5.20	-7.37
3	1	22	-108	96.2	8.7	-1.72	.947	134	-0.31	13.71	0.51	-0.79
	2	22	186	90.5	5.1	-4.60	.933	111	0.94	15.77	0.48	-2.98
	3-											
4	1	26	242	82.6	11.9	-4.06	.844	193	0.61	9.80	0.92	-1.78
	2	31	1394	53.7	-6.3	-1.16	.673	166	3.92	6.15	-0.67	-0.70
	3*	23	-440	100	34.4	-9.00	.939	137	-1.68	14.24	1.79	-5.48
5	1-											
	2	31	-184	99.6	17.2	-1.30	.892	154	-0.95	11.46	1.78	-0.85
	3*	26	-269	88.6	90.8	-6.41	.894	185	-1.19	10.26	5.24	-2.68
6	1	28	-96	116	3.5	1.37	.908	200	-0.25	15.06	0.33	0.59
	2	19	-99	105	9.5	-3.81	.976	70	-0.76	24.84	2.17	-4.55
	3-											
7	1	28	-792	117	42.3	-4.66	.939	158	-2.23	16.82	1.91	-2.45
	2*	31	-325	97.2	14.6	-8.72	.952	91	-2.05	23.10	0.85	-9.74
	3	32	-489	94.8	43.6	-9.22	.935	136	-1.54	16.71	1.21	-6.14
8	1	28	-575	103	43.7	-3.46	.934	151	-2.08	16.42	3.75	-1.93
	2	17	-771	121	42.4	-2.67	.954	124	-2.93	16.45	3.28	-1.79
	3*	24	-25	99.7	18.5	-7.18	.951	113	-0.17	13.33	1.52	-5.69
ALLA ¹	620	-376	102	29.5	-5.58	.855	234	-7.71	49.59	21.15	-10.38	

1) = totalurvalet, dvs på gruppnivå

TAB.A3 Lägenhetstyp 3: trapphuslägenhet 2% RK på bottenplan
Regressionskoefficienter och t-kvoter för ekvation:

$$TEL = b_0 + b_1TEMP + b_2KV + b_3SOL$$

samt determinationskoefficient (R^2) och residualspridning (s)
för vinterperioder (veckomedelvärden), Wh/h

* = nytt hushåll

- = bortfall (<14 observationer)

Lgh nr	Mät-år	An-tal	Regressionskoefficienter:					t-kvoter:				
			b_0	b_1	b_2	b_3	R^2	s	b_0	b_1	b_2	b_3
	1-											
1	2*	30	7	58.8	42.5	-3.58	.948	54	0.10	22.20	3.73	-6.54
	3	29	32	67.7	6.4	-5.13	.950	78	0.23	19.21	0.27	-5.48
	1	28	-237	77.8	22.9	-3.47	.971	77	-1.25	24.35	1.95	-3.66
2	2	31	-324	81.1	36.0	-4.76	.933	90	-1.54	19.62	2.35	-5.33
	3	32	4	85.0	-10.1	-4.21	.942	108	0.02	18.89	-0.72	-3.21
	1	28	158	50.7	18.6	-3.22	.915	86	1.10	14.41	2.01	-3.20
3	2*	22	-376	75.5	42.0	-4.90	.974	63	-3.08	23.43	3.91	-5.64
	3-											
	1	23	63	66.1	8.5	-5.06	.861	158	0.31	8.11	0.68	-2.45
4	2*	18	195	74.6	-64.9	-5.67	.948	76	1.41	16.54	-2.05	-5.34
	3-											
	1	19	-315	75.0	26.5	-2.96	.965	82	-1.16	19.17	1.80	-2.42
5	2	31	-202	74.5	21.3	-4.79	.917	95	-1.30	14.67	2.25	-5.07
	3	19	-424	79.3	29.2	-4.36	.966	78	-1.85	14.66	2.72	-3.48
	1	28	-155	80.0	6.4	-3.40	.963	98	-1.15	22.83	0.40	-2.92
6	2	30	9	70.8	12.0	-2.59	.824	134	0.06	11.20	0.48	-1.96
	3	30	-215	81.2	49.8	-6.34	.926	134	-1.23	14.96	2.56	-4.42
	1	28	-317	87.4	21.8	-2.49	.941	122	-1.39	18.46	1.89	-1.68
7	2	31	-92	78.4	19.8	-4.56	.961	102	-0.63	16.77	2.45	-4.45
	3	24	-487	87.4	28.9	-6.69	.948	111	-1.87	17.19	2.06	-5.26
	1	27	-130	77.9	8.9	-1.56	.960	86	-0.85	21.61	1.06	-1.54
8	2	27	-17	84.7	-0.7	-4.48	.946	86	-0.15	20.38	-0.07	-4.76
	3*	23	-358	79.7	48.9	-10.04	.952	91	-1.44	13.21	2.19	-8.36
ALLA ¹	651		-153	75.3	22.3	-4.69	.866	152	-4.81	58.62	18.88	-13.99

1) = totalurvalet, dvs på gruppnivå

TAB.A4 Lägenhetstyp 4: trapphuslägenhet 2 RK på ovanplan
Regressionskoefficienter och t-kvoter för ekvation:

$$TEL = b_0 + b_1TEMP + b_2KV + b_3SOL$$

samt determinationskoefficient (R^2) och residualspridning (s)
för vinterperioder (veckomedelvärden), Wh/h

* = nytt hushåll

- = bortfall (<14 observationer)

Lgh nr	Mät- år	An- tal	Regressionskoefficienter:				R^2	s	t-kvoter:			
			b_0	b_1	b_2	b_3			b_0	b_1	b_2	b_3
1	1	28	-259	63.4	8.7	-4.43	.934	97	-1.49	15.92	0.30	-3.80
	2	31	-277	68.8	11.4	-6.41	.917	88	-1.33	16.09	0.31	-7.31
	3	32	90	51.9	-14.2	-5.09	.960	55	0.79	20.88	-0.73	-8.71
2	1-											
	2-											
	3-											
3	1	26	-405	78.3	-3.7	-4.79	.942	129	-1.82	16.39	-0.11	-2.91
	3*	32	-118	72.6	35.4	-14.3	.837	210	-0.34	8.39	1.83	-6.41
4	1	21	97	48.8	26.5	-2.99	.952	66	-1.12	15.92	4.31	-3.34
	2	14	-175	59.0	28.4	-4.09	.969	53	-2.44	16.74	3.46	-5.01
	3	15	-125	55.1	25.9	-4.77	.911	86	-0.58	7.94	1.17	-3.54
5	1-											
	2-											
	3	32	-393	74.7	26.6	-2.46	.908	116	-1.73	14.46	1.29	-2.00
6	1	27	-285	52.7	34.7	0.12	.840	137	-1.49	9.94	4.51	0.07
	2	30	21	41.8	28.3	-1.17	.676	137	0.12	6.62	3.86	-0.76
	3	32	-219	55.7	34.6	-2.74	.929	83	-2.13	16.38	4.79	-3.08
7	1	28	207	47.7	-0.5	-3.63	.695	177	0.77	6.34	-0.03	-1.71
	2	31	-540	59.0	51.2	-3.58	.941	74	-4.72	20.98	4.83	-4.76
	3	31	43	56.4	13.3	-7.46	.844	149	0.29	9.00	1.45	-4.76
8	1	27	-368	66.2	29.2	-3.16	.798	198	-1.29	8.64	1.06	-1.38
	2	24	-317	54.8	64.5	-3.97	.912	64	-2.74	14.59	3.87	-5.61
	3	24	55	52.8	16.8	-5.49	.880	97	0.38	9.38	0.66	-5.01
ALLA ¹	523	-244	61.4	28.9	-4.44	.803	161	-6.29	40.00	17.31	-11.17	

1) = totalurvalet, dvs på grupp nivå

LITTERATUR

- Adamson, B & Hidemark, B (1986). *Sol, energi, form. Utformning av lågenergi-hus*. Byggeforskningsrådet, T2:1986.
- Andersson, G; Jorner, U; Ågren A (1983). *Regressions- och tidsserieanalys med och utan datorstöd*. Lund: Studentlitteratur.
- Asplund, J (1979). *Teorier om framtiden*. Stockholm: LiberFörlag.
- Byggeforskningsrådet (1987). *Energi i byggd miljö -90-talets möjligheter*. Byggeforskningsrådet, G16:1987.
- Eneroth, B (1984). *Hur mäter man "vackert"? Grundbok i kvalitativ metodik*. Stockholm: Akademilitteratur.
- Eriksson, O (1980). *Teknik och byggnadsskick. Makt, energi och form inför 80-talet*. Byggeforskningen, T3:1980.
- Fredlund, B (1987). *Flerbostadshus med glasverandor, Taberg. Energi- och inneklimatanalys*. Byggeforskningsrådet, R106:1987.
- Galtung, J (1967). *Theory and Methods of Social Research*. London: Allen and Unwin.
- Glaser, B G & Strauss, A L (1967). *The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine Publishing Company.
- Gaunt, L (1985). *Bostadsvanor och energi - om vardagsrutinernas inverkan på energiförbrukningen i elvärmda småhus*. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande M85:14.
- Harderup, L-E (1983). *Luftfuktighet i bostäder*. Institutionen för byggnadsteknik. Tekniska Högskolan i Lund. Rapport TVBH-3009.
- Holgersson, M & Norlén U (1982). *Inomhustemperaturer i bostäder. En undersökning i nio svenska kommuner 1982*. Statens Institut för byggnadsforskning. Meddelande M82:27.
- Kuschel, A; Pedersen, B; Wärn, H (1978). *Gemensam närtvättstuga - planeringsunderlag med hänsyn till mänskliga och tekniska resurser*, Byggeforskningen, R71:1978.
- Lindström, P-O & Lundström, E (1973). *Energiförbrukning i eluppvärmda småhus*. Institutionen för byggnadsteknik. Tekniska högskolan i Stockholm. Examensarbete.
- Lundström, E (1986). *Occupant influence on energy consumption in single-family dwellings*. Swedish Council for Building Research, D5:1986.
- Markus, T A & Morris E N (1980). *Buildings, Climate and Energy*. London: Pitman.
- McGeever, P A (1982). *The Active Pursuit of Comfort: Its Consequences for Energy Use in the Home*, *Energy and Building*, 1982:5.

- Boman, C-A; Hammarsten, S; Norberg, R (1979). *Undersökning av husbeståndet ur energisynpunkt. Delrapport 5: Fältmätning av värmeflöde i ytterväggar*. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande/bulletin M78:25.
- Oakley, A (1974). *The Sociology of Housework*. London: Martin Robertson.
- Palmborg, C (1986). *Social habits and energy consumer behavior in single-family homes*. Swedish Council for Building Research, D24:1986.
- Ryan, Jr et al (1982). *MINITAB. Reference Manual*. Boston: Duxbury Press.
- Sellerberg, A-M (1987). *Avstånd och attraktion. Om modets växlingar*. Uddevalla: Carlssons.
- Stern, Paul & Aronson (ed.) 1984. *Energy Use - the Human Dimension*. National Research Council. New York: W H Freeman and Company.
- Värmemätning utredningen (1983). *Mätning och debitering av varmvatten*. Principbetänkande. Bostadsdepartementet, Ds Bo, 1983:4

Några inspirationskällor till vilka ej refererats:

- Asplund, J (1980). *Socialpsykologiska studier*. Stockholm: AWE/Gebers.
- Berger, P & Luckman, T (1966). *The Social Construction of Reality. A Treatise in the Sociology of Knowledge*. London. Penguin Books (reprinted 1972).
- Douglas, J (ed.) (1971). *Understanding Everyday Life*. London: Routledge & Kegan Paul (paperback 1974)
- McCormick, E & Sanders, M (1983). *Human Factors in Engineering and Design*. Fifth edition. Tokyo: McGraw-Hill.
- Proshansky, H; Ittelson, W; Rivlin, L (ed) 1976. *Environmental Psychology. People and Their Physical Settings*. 2nd Edition. New York: Holt, Rinehart and Winston.

SUMMARY

DWELLINGS AS USER CONTROLLED ENERGY SYSTEMS

Studies of variation in energy use in an area for low energy housing

1

The origin of this study is found in a puzzlement over the large variation in energy use which is commonly observed within groups of nominally identical dwellings exposed to the same climate. This variation can in principle only be explained by the ways in which the dwellings are used.

To inhabit a dwelling is to intervene in an energy system. Ultimately, intervention behavior may be reduced to concrete acts. Intervention behavior as *explanans* can of course be studied experimentally. In contrast, the point with a field study is that the intervention behavior under investigation takes place in natural contexts - as an integral part of the act of dwelling.

The purpose of the study is not only to explain variation in energy use, but also to analyze constraints and opportunities for users to save energy. An ambition has been to bring technicians to view energy use from other perspectives than purely technical and physical, and to convey to user-oriented researchers an understanding of how dwellings function as energy systems. Energy analyses are therefore complemented with interviews and observations in the field during the period of measurement.

2

The study is carried out in an experimental demonstration area for low energy housing which was developed in the beginning of the 1980's. It consists of both row houses (106 m²) and apartments (60-68m²) in four two-story buildings with 32 dwellings in all.

The dwellings are autonomous units of energy use with direct-acting electric heating and separate systems for mechanical ventilation (with heat recovery) and for hot-water supply. Adjacent walls and floors are extra insulated in order to restrict heat transmission between adjoining dwellings. Each dwelling has a glazed veranda. Electric energy supply and water consumption are individually measured and debited, and the form of tenure is rental. The row houses are inhabited by families with children. In the apartments the composition of households is more varied.

3

Energy analyses in the study are based on manual weekly readings of electric energy use, internal temperature and water consumption. Internal temperatures have been registered by a device which integrates time and temperature. Data from the Swedish Meteorological and Hydrological Institute's station at the nearby Jönköping airport were employed to calculate mean external temperature and solar radiation during periods between readings. Solar radiation has been calculated for a model window oriented and shaded so that solar radiation would correspond to the actual intake of the dwellings. Measurements of the following variables have been standardized to hourly averages:

- TEL = total electric energy supplied, Wh/h
 INNE = internal temperature, °C
 UTE = external temperature, °C
 TEMP = temperature difference internal-external, °C
 KV = water consumption, l/h
 SOL = solar radiation, Wh/h,m² for model window

Readings were initiated in the autumn of 1981 and continued almost three years until the summer of 1984. For statistical analyses, observations are divided into summer and winter data according to whether the mean external temperature during the period of measurement was above or below 10°C. Data for each dwelling covering periods when not inhabited (e.g. vacation weeks) are excluded from analyses. Water consumption is used as criterium for inhabitancy (> 500 liters/week). Observations from dwellings where internal temperature differed more than 3°C from adjacent dwellings are also excluded from analyses.

4

In terms of theoretical heat demand, there are four types of dwellings. Analysis is first carried out at the group level of dwelling types. At this level, variation in energy use appears *both* in space, between dwellings of the same type, and in time, between observation periods.

Linear multiple regression at the group level shows that external temperature and solar radiation in the case of winter explain between 55 and 75% of variation in weekly electric energy use, depending on type of dwelling. Internal temperature and water consumption explain 65-68% of residual variation in the row houses (two types) and 50-51% in the apartments (two types).

In terms of measured variables, the energy balance in the case of winter may be expressed:

$$\text{TEL} = |\beta_0| + \beta_1 \text{TEMP} + \beta_2 \text{KV} - \beta_3 \text{SOL}$$

where TEL = total electric energy supplied (W)

β_1 TEMP = heat loss by transmission and ventilation (W)

β_2 KV = heat loss by waste water (W)

β_3 SOL = utilized solar radiation (W)

and $|\beta_0|$ = residual flows (W), which satisfy the energy balance.

The equation, as a predictive model, explains between 84 and 87%, depending on dwelling type. Of special interest is the sensitivity of electric energy use to solar radiation. Average saving effect in the case of winter is calculated to be 190 W for the row houses and 140 W for the apartments, which corresponds to a difference in internal temperature of 2°C. Solar utilization, i.e. actual saving from solar radiation as compared to potential, is estimated to be 65% for the row houses and 75% for the apartments. Solar utilization is roughly the same during periods of little sun as during sunny periods.

Analyses in the case of summer show that external temperature and water consumption explain between 50 and 70% of variation in electric energy use. What is interesting here however is that over 200 W can be explained by systemic losses independent of user, by fridge, freezer, fans and not least heat leakage from the hot-water heater. These losses are not utilized during summertime.

5

At the level of individual dwellings, normalized annual electric energy use, calculated as if inhabited year-round and neutralized with regard to climate variations, reveals large differences between dwellings of the same type, between 6 700 and 18 000 kWh/year for row houses. Variation among apartments is less, between 7 700 and 12 300 kWh/year for the larger apartments and between 6 400 and 9 300 kWh/year for the smaller ones. Differences in internal temperature during heating season and yearly water consumption explain half of the variation in annual electric energy use.

The stability of energy use among households is remarkable. The correlation coefficient between yearly values is 0.97. No trend can be established. On the average, the normalized annual electric energy use lies at the same level the third year as the first year.

Data on energy use in individual dwellings for different winter periods are analyzed by means of regression calculations. The results are presented in the form of "operation lines" (FIG.5.4) which show the linear relation between electric energy supply minus calculated heat loss by waste water and the difference between internal and external temperature with water consumption and solar radiation held constant.

6

As a basis for interpretation of differences between operation lines, a special study was carried out focusing on the possibilities of the residents to influence the dwellings' system characteristics, i.e. on the β -coefficients in the above equation. A crucial finding was the actual range within which residents could manipulate the mechanical ventilation. Furthermore, four dwellings were examined in detail, whereby electricity flow to hot-water heaters and volume of hot and cold tap water were measured. The results show that average heat leakage from hot-water heaters is 140 W during inhabited periods and 200 W during uninhabited periods. Estimated average heat loss by waste water is 20 kWh/m³, which accords well with calculated regression coefficients at the group level for the different types of dwellings.

7

The energy analyses are concluded with a comparison of physically calculated and regressionally determined energy balances. For the average dwelling the regressionally determined temperature dependency tends to overestimate transmission and ventilation losses. For dwellings with extremely low energy use, the pattern is reversed, evidently a result of heat being turned off in certain rooms during periods of low external temperature.

8

The study includes a report on the inhabitants' experiences of technical installations. Most surprising - also for the inhabitants - was that the control system for electric heating was so defective and complicated, especially the device for automatic timing. Direct-acting electric heating is generally considered to be the easiest heating system for the user. The ventilation system and the hot-water heater were also found to be impaired by shortcomings with consequences on the intervening behavior of the inhabitants.

9

The intervening behavior of some households stands out as more energy efficient than that of others. This difference is analyzed in terms of motivational and situational explanations. Energy conservation can, simplified, be studied as a matter of "willingness" and "ability". Observed differences in intervention practices and routines between households are interpreted within the framework of this double perspective. Three different types of attitudes towards energy saving are identified and portrayed as ideal type constructs: the committed, the ignorant and the pragmatic. The analysis shows that those who adhere to the pragmatic attitude, for which energy saving is not worth more than what can be saved, consider this standpoint to be the only sensible one. Both the committed and the ignorant attitudes are deviant. Seemingly conscious of this, their adherents reveal a need to individually motivate and defend them as sensible standpoints. If the defense wavers, behavior and attitude may shift towards normality. The committed attitude may need support to stay firm. From the perspective of economizing on energy it is of course the ignorant attitude which is problematic.

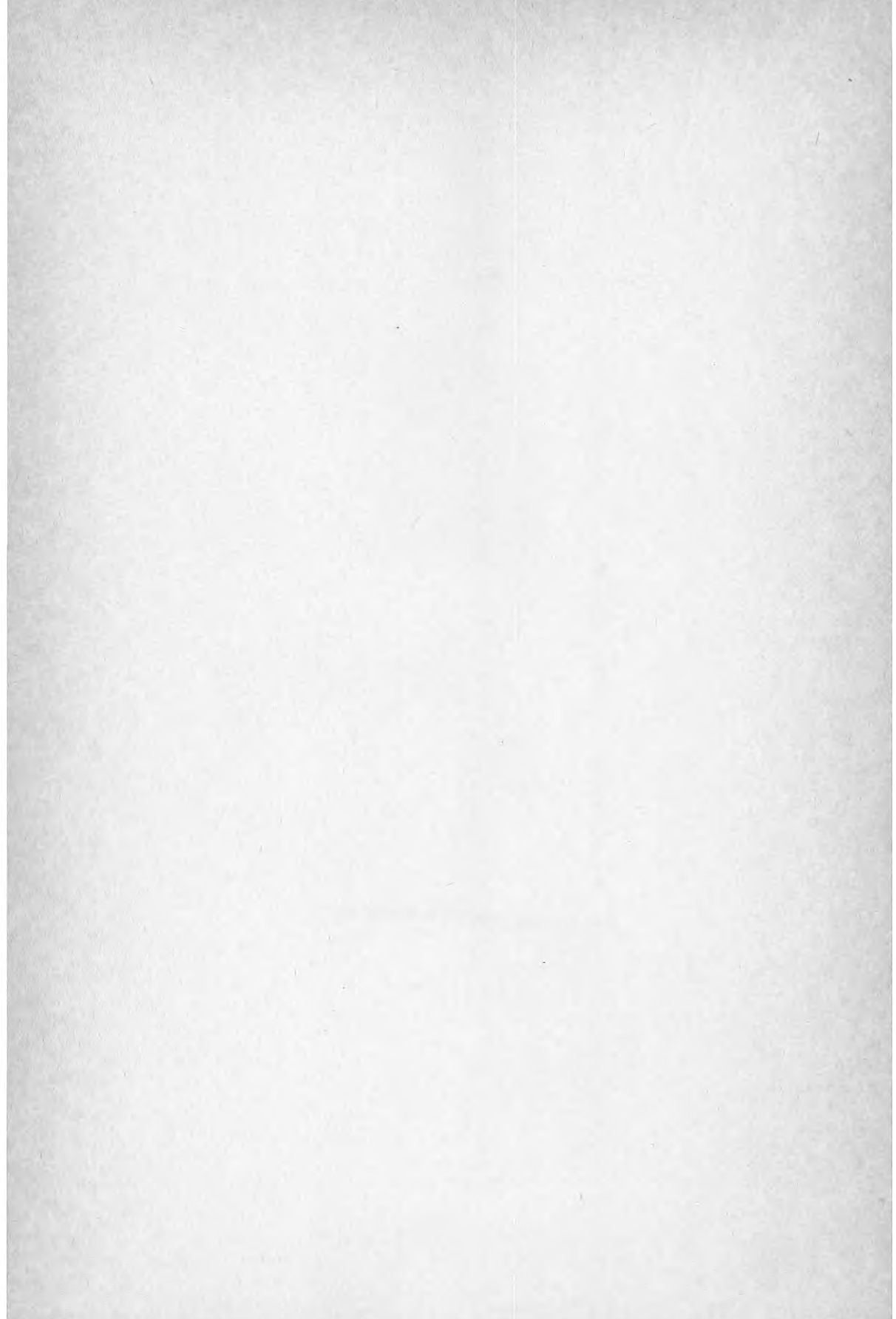
Energy conservation as a matter of "ability" is analyzed in the light of those problems and difficulties which households are faced with - as decision makers and operators of the energy system they inhabit. Various factors of relevance, e.g. health, competence, time and life style, are analyzed as constraints to energy conservation.

10

Finally, household experiences of the examined heating och ventilation systems as technical type solutions are analyzed. It is shown that the system of internal temperature control reflects an ideal of rationality which is not especially well adapted to the everyday reality of the households. In order to avoid problems, many resorted to practices which may be seen as escape routes. Not always the most energy efficient, these practices nevertheless reflect the inhabitants' understanding of rationality.

Design criteria for temperature control systems in dwellings with direct-acting electric heating are discussed.

The question if user controlled mechanical ventilation is at all desirable is examined, focusing especially on the difficulty - not to say impossibility - for inhabitants to reach rational decisions on ventilation.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851090-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för
Byggnadskonstruktionslära, Lunds tekniska högskola**

R7:1989

ISBN 91-540-4998-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.Nr: 6709007

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirkapris: 60 kr exkl moms