



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**

**R29:1991**

**Resurssnåla småhus i  
Umeå och Malmö**

**Jan-Åke Jonson  
Margareta Gisselberg  
Jan Nordlander  
Ronny Östin**

**Byggforskningsrådet**

R29:1991

RESURSSNÅLA SMÅHUS I UMEÅ OCH MALMÖ

Jan-Åke Jonson  
Margareta Gisselberg  
Jan Nordlander  
Ronny Östin

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840042-5  
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Norrlands  
Byggtjänst, Umeå.

## REFERAT

Grupper med tolv exakt likadana hus byggdes i Umeå och Malmö. Husen var projekterade som resurssnåla och omfattade fyra olika hustyper med lösningar inom ramen för känd, utprovad teknik.

Genomsnittligt under två års uppföljning var energiförbrukningen per år 14.380 kWh för hus i Malmö och 16.981 kWh för hus i Umeå, omräknat till normalförhållanden.

Byggnadstekniskt hade alla hustyperna hög standard. En hustyp med god isolering och direktverkande eluppvärmning fungerade bäst och hade energiförbrukning som motsvarade teoretiskt uppställda mål. Hustyper med varmluftssystem och frånluftsvärmepumpar gav många problem och effekten av värmepumparna motsvarade inte förväntningarna. En bidragande orsak till detta var dålig installation, dålig intrimning och dåliga instruktioner till de boende. De boendes problem speglas i en boendevaneundersökning.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R29:1991

ISBN 91-540-5334-X  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**gotab** 93567, Stockholm 1991



## INNEHÅLL

FÖRORD		5
SAMMANFATTNING		6
1	<u>BAKGRUND, SYFTE, METODIK</u>	11
1.1	PROJEKTETS TILLKOMST	11
1.2	SYFTE	11
1.3	PROJEKTETS OMFATTNING	11
1.4	UPPFÖLJNING, UTVÄRDERING	11
1.4.1	Omfattning	11
1.4.2	Datainsamling	12
1.4.3	Bearbetning av data	14
2	<u>BESKRIVNING AV Huset</u>	15
2.1	TÄVLINGEN "DET RESURSSPARANDE TRÄHuset"	15
2.1.1	De valda husen	15
2.2	HUSENS PLACERING OCH UTFORMNING	16
2.2.1	Situationsplaner	17
2.2.2	Planer och fasader	18
2.2.3	Areor och volymer	18
2.3	TEKNISK BESKRIVNING	18
2.3.1	Byggteknik	18
2.3.2	Installationer	27
2.4	UPPFÖRANDET AV HUSEN	28
2.4.1	Upphandling	28
2.4.2	Tidplaner	28
2.4.3	Kostnader	30
2.4.4	Täthetsprovning	31
3	<u>KLIMAT</u>	32
3.1	UTEKLIMAT	32
3.1.1	Utetemperaturer	32
3.1.2	Nederbörd	33
3.1.3	Solstrålning	34
3.2	INNEKLIMAT	35
3.2.1	Medeltemperaturer	35
3.2.2	Lokala temperaturer	37
3.2.3	Ventilation	37
3.3	VATTENFÖRBRUKNING	39
3.4	GRADDAGAR	40

4	<u>ENERGIFÖRBRUKNING</u>	41
4.1	TEORETISK FÖRBRUKNING	41
4.1.1	Energibalansberäkning	41
4.2	FÖRBRUKAD ENERGI	42
4.2.1	Beräkningsmodell	42
4.2.2	Köpt energi i olika hus	43
4.2.3	Totalförbrukning i olika hustyper	53
4.2.4	Hushållsenergi	55
4.2.5	Varmvatten	56
4.2.6	Värme. Uppvärmning	56
4.2.7	Jämförelse med teoretisk förbrukning	58
4.2.8	Jämförelse mellan Malmö och Umeå	59
5	<u>HUSENS TEKNISKA FUNKTION</u>	60
5.1	TRÄ KRONOR	60
5.2	WATTSTUGAN	64
6	<u>BOENDEVANOR</u>	68
6.1	HUSHÄLLEN	68
6.2	VATTEN- OCH VARMVATTENFÖRBRUKNING	69
6.2.1	Schabloner och verklig förbrukning	69
6.2.2	Varmvattenförbrukning - boendevanorna	71
6.3	HUSHÅLLSFÖRBRUKNINGEN	74
6.4	HÖG- OCH LÅGFÖRBRUKARE	75
6.5	HUSEN OCH TEJNIKEN. BOENDES ERFARENHETER	77
6.6	ATT SKÖTA TEJNIKEN	80
6.7	DE BOENDE OCH ENERGISPANDET	81
7	SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	83
	LITTERATUR	84
	BILAGA	

## FÖRORD

Idén till detta projekt skapades i samverkan med Jan Söderlind, Träinformation, Umeå. I det inledande arbetet medverkade Björn Eriksson och Jag Hagstedt, Träinformation, Stockholm.

Projektet har genomförts inom Norrlands Byggtjänst med Jan-Åke Jonson som projektledare. Boendevaneundersökningen har gjorts av Margareta Gisselberg, Umeå Universitet. Ronny Östin, Umeå Universitet har genomfört mätprogram. Jan Nordlander, Umeå Universitet har samlat in, sammanställt och statistiskt bearbetat datamaterialet. Sven Strömberg, Skånsk Byggtjänst har ansvarat för mätdata i Malmö. Kjell Wikström, Byggtermografering AB och Roland Johansson, Byggnadsinspektionen, Umeå har medverkat. Gunnar Anderlind, Gullfiber (tidigare LTH) har lämnat synpunkter.

## SAMMANFATTNING

Den ursprungliga avsikten var att fyra hustyper som valdes ut från Träinformations tävling "Det resurssparande trähuset" skulle utgöra grunden för bostadsmässor i Umeå och Malmö 1985. Istället byggdes på båda orterna grupper med husen 1986 och de visades på bomässorna 1986 och 1987. I projektet har tre hus av varje typ på respektive ort ingått. Totalt 24 hus har följts upp och utvärderats. Uppföljningen omfattade byggskedet och två år med bebodda hus då ett mätprogram för temperaturer och energiförbrukningar genomfördes, liksom en boendevaneundersökning.

### Husen

De hustyper som valdes i samarbete mellan Träinformation och byggherrarna i Malmö och Umeå hade relativt enkla resurssparande åtgärder och ansågs vara lämpade för en normal byggmarknad.

"Kuben" är ett tvåvånings trähus med 124 m<sup>2</sup> bruksarea. Husen har 245 mm isolering i väggar och 400 mm i vindsbjälklag. Ebergiglas i fönster. Husen värms med direktverkande el. Frånluftsvärmeväxlare.

"Megaron" är ett envånings trähus med 95 m<sup>2</sup> bruksarea. Husen har 245 mm isolering i väggar och 400 mm i vindsbjälklag. Energiglas i fönster. Husens uppvärmning, varmvattenberedning och ventilation sker i ett system med kombinationen värmepump, luftvärmare, växlare med direktverkande el som tillskottsvärme.

"Trä Kronor" är ett tvåvånings trähus - i Malmö kopplat som parhus - med 117 m<sup>2</sup> bruksarea. Husen har 245 mm isolering i ytterväggar och 400 mm i vindsbjälklag. Energiglas i fönster. Husen värms upp med ett varmluftssystem med återanvändning av frånluft. I huset ingår ett solrum i två våningar. Rummet har ingen uppvärmning och har inget distributionssystem för värmeutbyte mellan solrummet och övriga huskroppen.

"Wattstugan" är ett 1½-plans trähus med 120 m<sup>2</sup> bruksarea. Husen har 315 mm isolering i ytterväggarna, 450 mm på handbjälklag och 370 mm i snedtak. Fönster med energiglas. Wattstugan har samma system för uppvärmning som Megaron.

Husen uppfördes av samma generalentreprenör på båda orterna (ABV). Upphandlingen skedde genom förhandling. Byggherrar var Fastighetskontoret i Malmö och Stiftelsen Bostaden i Umeå. Projekteringen var samordnad mellan orterna. Stommarna uppfördes med element tillverkade av Borohus.

Kostnaden för huset varierade mellan 548 och 749 tusen kronor, vilket med indexuppräknig motsvarar 770-1.050 tusen kronor 1990. Trä Kronor var dyrast och Megaron billigast. Husen i Umeå kostade 20-25 % mer än husen i Malmö.

Husen täthetsprovades och värmefotograferades. Den uppmätta tätheten var god med i genomsnitt mindre än hälften av tillåtet antal luftomsättningar vid provningen. Vid termograferingen konstaterades att de läckage som förekom var summan av flera mycket små läckage.

### Klimat

Uteklimatet under första vintern var lägre än normalt, i Umeå mycket lägre. Andra vintersäsongen var något varmare än normalt, både i Umeå och Malmö. Nederbörden var större än normalt båda perioderna i båda orterna. Solstrålningen var något mindre än normalt, särskilt i Skåne, där den under första året endast var 75 % av den normala.

Genomsnittliga innetemperaturen under eldningssäsongen var 21,9° i Malmö och 21,1° i Umeå. Högsta medeltemperaturen i ett enskilt hus var i Malmö 24° och i Umeå 22,1.

Någon specifik temperaturskillnad i de olika hustyperna förekom inte.

Luftomsättningen i husens ventilation har mätts vid ett tillfälle i Malmö och två i Umeå. Vid första mättillfället i samband med inflyttning var ventilationen genomgående omkring 0,45 l/s m<sup>2</sup>. Vid andra mätningen efter drygt ett år hade ventilationen sjunkit under 0,35 l/s m<sup>2</sup> i flera av husen. I ett hus rengjordes filtren och efter rengöringen var ventilationen tillbaks i ursprungsläget.

Den genomsnittliga vattenförbrukningen under eldnings-säsongen var 0,5 m<sup>3</sup>/dygn i Malmö och 0,44 m<sup>3</sup>/dygn i Umeå.

### Energiförbrukning

Den teoretiska energiförbrukningen har beräknats med hjälp av programmet ENORM. Den uppmätta energiförbrukningen har anpassats till den teoretiska modellen och omräknats till normalår och +20° innetemperatur.

Den genomsnittliga, totala energiförbrukningen i samtliga hus i Malmö var 14.380 kWh och i Umeå 16.981 kWh med för-



brukningen i de olika hustyperna enligt följande:

	Malmö	Umeå	Samtliga	
Kuben	15.066	17.190	16.128	kWh/år
Megaron	12.890	15.835	14.363	kWh/år
Trä Kronor	15.776	18.491	17.134	kWh/år
Wattstugan	13.790	16.411	15.691	kWh/år
Medelvärde	14.380	16.981	15.681	kWh/år

Megaron hade den lägsta och Trä Kronor den högsta totala förbrukningen och skillnaden både i Malmö och Umeå var av storleksordningen 2.750 kWh.

Hushållsförbrukningen i Malmö-husen var i genomsnitt drygt 1000 kWh större än i Umeå-husen, 5.895 kWh mot 4.860 kWh. En orsak var att man i Malmö-husen vid olika tillfällen värmt upp solrummen i Trä Kronor med hushållsel. Även om denna hustyp räknas bort var dock förbrukningen 600 kWh högre i Malmö än i Umeå. Kuben och Wattstugan hade genomgående högre förbrukning än Megaron.

Även varmvattenförbrukningen var högre i Malmö än i Umeå, c:a 700 kWh per hushåll. I genomsnitt i samtliga hus var förbrukningen c:a 3000 kWh. Effekten av värmepumpen i hälften av husen sänkte totalsiffran med c:a 1000 kWh.

Den köpta energin för uppvärmning innefattar även tillskott från hushållsenergi och varmvatten. Förbrukningen av energi för uppvärmning var för samtliga hus 10.584 kWh. De olika hustyperna hade sammantaget nästan samma förbrukning. Skillnaden mellan högsta, Trä Kronor, och lägsta, Megaron, var endast 780 kWh. I Malmö var medelförbrukningen 8.600 kWh och i Umeå 12.600 - 46 % högre i Umeå.

Den köpta energin till värmesystemet var hela 71 % högre i Umeå än i Malmö, vilket i jämförelsen med 46 % är logiskt då hushålls- och varmvattenförbrukningen var högre i Malmö. Största energimängden till värmesystemet krävde Megaronhusen i Umeå, 10.500 kWh, och den lägsta Trä Kronor i Malmö, 4000 kWh.

Om den uppmätta totalförbrukningen jämförs med den beräknade har Kuben-husen i genomsnitt 2 % lägre förbrukning än beräknat (370 kWh), medan de övriga hustyperna alla har 12-19 % högre förbrukning än beräknat. Största avvikelserna har Wattstugorna i Malmö, som har 29 % högre verklig förbrukning. Om jämförelsen istället görs med den köpta energin för uppvärmning har fortfarande Kubenhusen något lägre förbrukning än beräknat, medan övriga hustyper har 6-17 % högre förbrukning än beräknat. Här avviker Wattstugan i Umeå mest med 19 %.

En jämförelse av förbrukningen av graddagsberoende energi visar att Malmö-husen förbrukat 2,29 kWh per graddag mot 2,19 i Umeå.

### Husens tekniska funktion

En koncentrerad mätinsats har gjorts i ett Trä Kronor-hus och en Wattstuga i Umeå för att närmare kartlägga det tekniska klimatet.

Genom mätningarna konstaterades att temperaturskillnaden i bottenvåningen mellan golv och tak (temperaturgradienten) i Trä Kronor-huset var  $2,7^{\circ}$  vid  $\pm 0^{\circ}$  utetemperatur och  $3,6^{\circ}$  vid  $-20^{\circ}$  ute. Inblåsningstemperaturen i varmluftssystemet ökade vid stigande temperatur men genom dålig placering och justering av donen blev fördelningen dålig. I övervåningen fick man övertempning. Under en period med plustemperatur ute steg inblåsningstemperaturen kraftigt (till  $+60^{\circ}$ ) när utetemperaturen steg. Felet åtgärdades, men felplacerade givare i reglerutrustningen gav ojämna temperaturer. Mätningen i solrummet visade att "anordningen" med utformningen utan distributionssystem för energin snarast var en belastning ur resurssynpunkt.

I Wattstugan var temperaturgradienterna försumbara. I detta hus minskade inblåsningstemperaturen när utetemperaturen sjönk, men erforderligt energitillskott gavs då från elradiatorerna. I huset uppmättes lokalt relativt låga golvtemperaturer i bottenvåningen - som lägst  $11,5^{\circ}$  vid  $-18^{\circ}$  utetemperatur. Mätning av temperaturer i värmepumpen visade att den tillsammans med växlaren fungerade bra när den var i drift. Värmeffaktor 2-2,5 uppmättes och stilleståndstiden var låg, vilket vittnar om anpassad dimensionering av anläggningen.

### Boendevanor

Boendevaneundersökningen genomfördes dels för att konstatera om extrema beteenden påverkade förbrukningarna, dels för att kartlägga de boendes upplevelse och hantlande av husen och anordningarna.

Enkätresultat kombinerade med schablonberäkning visar att dessa hushåll helt normalt har hög-, medel- och lågförbrukare av energi. Några stora avvikelser från det normala förekommer inte. Endast i Trä Kronor-hus, där man använt hushållsel för uppvärmning av solrummen, avviker den uppmätta förbrukningen markant från den rimliga förbrukningen.

### Husen och tekniken. De boendes erfarenheter

De erfarenheter som kom fram under intervjuundersökningarna och som väl stämmer överens med erfarenheter som samlats vid den tekniska uppföljningen ger en delvis skrämmande bild av hur nyproducerade hus fungerar.

Speciellt många anmärkningar fanns när det gällde hus-typerna Megaron och Trä Kronor och nästan genomgående gällde problemen uppvärmnings- och ventilationssystemen. Kraftiga luftrörelser (och sänkt tilluftstemperatur när utetemperaturen faller) gör att man upplever husen dragiga. I nästan alla hus anmärkte man på kalla golv, kalla våtutrymmen och drag från fönster, dörrar och ventiler. Samtidigt klagade man på dålig ventilation. Under sommarhalvåret hade man besvärande övertemperaturer.

I 10 av de 12 husen hade man problem som man knappast kunde avhjälpa själv. Värmepumparna eller andra komponenter i systemet fungerade dåligt eller inte alls. I två fall var värmepumparna helt enkelt inte inkopplade elektriskt - det upptäcktes på grund av hög förbrukning. Felkopplingar förekom och värmeväxlare läckte. Det var svårt att få felen åtgärdade och instruktioner om hur anläggningarna skulle skötas saknades och olika inblandade fackmän gav motstridande information.

I hustypen Trä Kronor hade man problem med drag, fläktbuller och stora luftrörelser. I "normala fall" fungerade ventilationen bra i de flesta hushåll. Kallt i våtutrymmena var en vanlig upplevelse och i flera hus har man kompletterat med elradiatorer i dessa utrymmen. Solrummen var avsedda för energibesparing, men istället har de blivit energislukare, eftersom man värmer dem med el under vissa tider. Rummens funktion är oklar och särskilt i Umeå är tveksamheten att använda dem stor.

I Kuben-husen var klagomålen få. De brister som fanns rörde i första hand ventilationssystemen, värmeväxlarna där buller och kondensproblem registrerats.

#### Några viktiga slutsatser

I stort har husen låg energiförbrukning. Byggtekniskt är husen välbyggda och fungerar väl. Värmepumpar och andra tekniska anordningar har fungerat dåligt och detta har gjort att förväntad besparing inte erhållits i Megaron-husen och Wattstugan. I huvudsak dålig installation, dålig injustering och brist på bra skötselinstruktioner bär skulden. Kuben-husen, som är direkteluppvärmda och saknar t ex värmepump, har fungerat bäst och energiförbrukningen motsvarar den förväntade.

I "Villa 80"-projektet i Umeå 1977-78 konstaterades att anordningen fungerade dåligt och gav dålig effekt. Förhållandena har inte förändrats.

## 1 BAKGRUND. SYFTE. METODIK

### 1.1 PROJEKTETS TILLKOMST

Den ursprungliga avsikten var att projektet skulle utgöra grunden för bostadsmässan i Umeå och Malmö 1985. Genom kollision i tiden med bostadsmässan i Upplands Väsby kom dock byggandet av husen att istället utgöra delar av bostadsmässorna i Malmö 1986 och Umeå 1987. Dock byggdes det aktuella undersökningsområdet i Umeå redan 1986 och ytterligare fyra hus - ett av varje typ - byggdes och visades där 1987. Utvärderingen av husen i Malmö och Umeå skedde därigenom under samma tidsperiod.

Eftersom husen byggdes för att vara visningshus ingick informationsavsnitt i det totala projektet. I Malmö och Umeå visades husen på mässan. I Umeå kunde också preliminära värden för energiförbrukning och funktion presenteras vid olika seminarier i anslutning till mässan.

Det slutgiltiga byggforskningsprojektet kom att omfatta ett utvärderingsprojekt som beskrivs i denna rapport.

### 1,2 SYFTE

Syftet med projektet var att prova några olika enkla, resurssnåla hustyper och nya lösningar för småhus samt följa upp husen samtidigt under liknande villkor i norra och södra Sverige.

### 1.3 PROJEKTETS OMFATTNING

Projektet har omfattat 12 hus i vardera Malmö och Umeå. Fyra olika hustyper har förekommit och av varje hustyp byggdes tre hus per ort.

Under byggtiden skedde uppföljning, varvid husdata och skeende registrerades. Utvärderingen av husen startade direkt sedan man flyttat in i husen och pågick i två år. Utvärderingen har omfattat en teknisk undersökning, kombinerad med en boendevaneundersökning.

### 1.4 UPPFÖLJNING OCH UTVÄRDERING

#### 1.4.1 Omfattning

Uppföljningen under **byggskedet** innebar redovisning av husdata, beskrivning av husen och dokumentation av uppförandet. Det tekniska utförandet registrerades översiktligt och bedömdes.

Målet vid uppläggnings av undersökningens **mätprogram i boendeskedet** var inte att söka ett antal

signifikanta samband mellan olika inverkanse faktorer utan att praktiskt, i stort undersöka hur olika hus med olika byggteknik och anordningar fungerade.

Uppföljningen i boendeskedet påbörjades i samband med inflyttningen i husen och pågick under två eldningssäsonger.

Period 1 oktober 1986-sept 1987

Period 2 oktober 1987-sept 1988

För att undersöka den tekniska funktionen hos två av hus typerna med anordningar genomfördes koncentrerade mätinsatser under begränsade tidsperioder i två Umeå-hus.

En undersökning av **boendevanorna** med inriktning på användningen av energi genomfördes som komplement till den tekniska undersökningen. Den omfattade samtal med de boende och enkäter.

#### 1.4.2 Datainsamling

##### **Klimatdata**

Temperaturer i husen har mätts fortlöpande med enkel mikrodata-baserad utrustning av samma typ som tidigare använts i det s k "Högskoleprojekt II". Utrustningen, som hade mätkroppar utomhus och i en central punkt (1,4 m från golv) inomhus gav medeltemperaturer inne och ute samt gradtimmar. Avläsningen av utrustningen skedde veckovis och gjordes i huvudsak av de boende.

För bedömning av klimatet under de två mätperioderna i förhållande till normalår har klimatdata från SMHI utnyttjats - månadsmedeltemperaturer, nederbörd och solstrålning.

##### **Energiförbrukning**

Mätare för energiförbrukningen - elmätare - installerades i sådan omfattning att det var möjligt att separat registrera

- Total energiförbrukning
- Energi för varmvatten
- Hushållsenergi
- Energi för uppvärmning
- Energi till garage

I hus med frånluftsvärmepumpar som gav energi både för varmvatten och värme mättes dock inte varmvatt-net separat. Fördelningen mellan varmvatten och värme gjordes med schabloner. Förbrukningarna av energi registrerades av de boende, samtidigt som man registrerade klimatdata.

##### **Ventilation**

Luftflöden i ventilationen mättes med anemometer.



### Vattenförbrukning

Vattenförbrukningen registrerades med hjälp av husens ordinarie vattenmätare.

### Teknisk funktion

Avsikten med mätinsatsen var att kartlägga det termiska inomhusklimatet med avseende på fördelningar och gradienter av innetemperaturen vid varierande utetemperaturer.

En mikroprocessor-baserad datalogger med internt minne har mätt temperaturer varje minut för timvis lagring av medelvärden. Mätdata har tömts till persondatorer för analys och grafisk presentation.

Temperaturgivare - termoelement K - har registrerat luft- och golvtemperaturer. Samtliga givare för mätning av lufttemperaturer har placerats i prober som avskärmat värmestrålning. Noggrannheten för mätsystemet har kalibrerats till  $0,2^{\circ}$  C.

Vertikala gradienter har mätts 10, 140 och 200 cm från golvplanet.

Temperaturen hos inblåsningsluften vid luftburen uppvärmning och avkylning i frånluftvärmepump och luft/vattenväxlare har mätts.

### Boendevanor

Den första kontakten med de boende togs i inflyttningsskedet, i september-oktober 1986. Varje hushåll besöktes och intervjuades om familjestorlek, åldrar, sysselsättning och utnyttjande av hus, garage mm. Även tidigare boende diskuterades, liksom valet av hus, intresse för energifrågor och av teknik samt hur man fått information om den tekniska utrustningen och dess skötsel. Ett viktigt syfte med detta besök var att etablera kontakt med hushållen och förbereda den fortsatta datainsamlingen.

Efter nyåret 1987 besvarade hushållen en enkät, där boendevanorna närmare beskrevs: Frekvens av diskande, duschande, tvättande, användning av torkskåp mm. Hur garage och förråd användes gav man uppgift om, liksom om de första erfarenheterna av inomhusklimatet, av den tekniska utrustningen samt om ev åtgärder hade vidtagits.

I samband med en första summering av resultaten i augusti 1987, togs kontakt med vissa hushåll. Bland annat ville vi ha erfarenheter av sommarboendet i Trä Kronor med glashuset. Delresultaten redovisades vid ett branschseminarium i samband med BO 87-Mässan i Umeå.

Den sista uppföljningen av boendevanorna och de boendes erfarenheter gjordes i oktober 1988, dels via en enkät, dels via telefonsamtal med de hushåll som vi-

sat anmärkningsvärda avvikelser från genomsnittsförbrukningen. Bortfallet i denna uppföljning var tre hushåll som hade flyttat under senaste året.

#### 1.4.3 Bearbetning av data

Bestämningen av normalårsförbrukningar har skett med hjälp av gradtimmar och energisignaturer.

2 BESKRIVNING AV HUSEN

## 2.1 TÄVLINGEN "DET RESURSSPARANDE TRÄHUSET"

De fyra hustyperna som ingått i projektet kom fram vid den nordiska privtävling som anordnades av Träinformation 1983. I tävlingen deltog totalt 130 förslag.

Vid tävlingen gavs de tävlande fria händer att utforma resurssparande trähus utan att behöva tänka på gällande normer och föreskrifter.

Tävlingen avgjordes av en brett sammansatt jury med generaldirektör Lennart Holm som ordförande. Juryn beslutade att uppmärksamma nio förslag i form av pris, inköp och hedersomnämningen.

2.1.1 De valda husen

Ur tävlingsmaterialet valdes de fyra hustyperna i samarbete mellan Träinformation och byggherrarna i Malmö och Umeå. De hus som bedömdes vara mest lämpade för projektet och som kunde accepteras av alla parter blev:

- KUBEN - Processbyggarna AB genom Olle Volny  
Kuben hade tilldelats 2:a pris

**Juryns motivering:**

"En grupp bland tävlingsbidragen företräder en huvudsakligen traditionell byggnadsteknik och är följaktligen också den grupp, vars förslag lättast kan finna direkta tillämpningar i dagens produktion. Inom denna grupp finns många väl genomarbetade förslag som redovisar intressanta detaljlösningar. Juryn har dock särskilt velat framhålla ett idéförslag med stora miljömässiga värden - förslaget 113 KUBEN. Det redovisar en stadsplaneprincip som nära ansluter till det traditionella kedjehusets men som i varierande tillämpningar ger övertygande illustrationer på hur den mycket lilla tomten kan disponeras. Den är i detta avseende tävlingens mest stimulerande resultat. Bostadsplanen är god och enkel, möjlig att variera på ett fritt sätt. Förslaget illustrerar tekniskt och driftsekoniskt en intelligent tillämpning av termosprincipen. Även arkitektoniskt illustrerar förslaget skickligt hur lätta skivkonstruktioner kan hanteras. Förslagets huvudidé, en succesiv utbyggnad, baserad på självbyggeri inom ett enkelt skal, har prövats med framgång i många hus i form av vindsinredningar. Det presenterade förslaget är inte helt förenligt med gängse brandbestämmelser men kan lätt anpassas till skiftande önskemål och framstår som tävlingens kanske mest utvecklingsbara."

- MEGARON - Atrio Arkitektkontor i Kalmar AB  
Megaron hade erhållit ett Hedersomnämmande.

**Juryns motivering:**

"Förslaget MEGARON har en stadsplan som inte illustrerar förslagets möjligheter till tät gruppering men visar en rad bostadsplaner, där ett centralt allrum samlar bostadsrummen till trivsamma, mångsidigt användbara och resurssnåla bostäder. Framför allt bör noteras att inskränkningarna huvudsakligen gällt de traditionella mörka kommunikationsutrymmena, inte de viktiga sovrummen. Vissa problem är dock förbundna med behovet av avskildhet även i den lilla bostaden."

- TRÄ KRONOR - VBB  
Trä Kronor hade inte tilldelats pris.

**Utdrag ur presentationstexten:**

"Trä Kronor förestår en parhuslösning med zonerade planer i två våningar. Kvadratisk planyta med solrum, vinterträdgård i två våningar mot söder. Förslaget för en mycket förtjänstfull diskussion om stadsplaneförutsättningar som bör beaktas i resurssparande syfte. Framför allt bör noteras förslagets påpekande om lokalklimat, blåst och vindskydd - för värmeekonomi i äldre hus avgörande faktorer om också inte lika påtagliga med nya, välisolerade konstruktioner."

- WATTSTUGAN - Byggningen Arkitektkontor AB och ABV, bostadsavdelningen  
Wattstugan hade erhållit Hedersomnämmande.

**Juryns motivering:**

"En tekniskt väl genomtänkt lösning av ventilationsproblemen ges i förslaget WATTSTUGAN, i detta avseende det mest stimulerande förslaget i tävlingen. Systemet har tillämpats på en konventionell bostadsplan och borde kunna utvecklas inom ramen för dagens produktion."

## 2.2 HUSENS PLACERING OCH UTFORMNING

Med utgångspunkt från tävlingsförslagen utformades husen för de två områdena - Segevång i Malmö och Ersboda i Umeå.

I huvudsak fick husen samma utformning för båda områdena. Några skillnader förekom dock. Hustypen Trä Kronor utformades som två parhus i Malmö men som tre friliggande enl.genhetshus i Umeå. Samtliga hustyper i Umeå kompletterades med varmgarage och uppvärmda förråd, medan Malmö-husen fick carport och kallförråd.

### 2.2.1 Situationsplaner

#### **Malmö**

Husen i Malmö byggdes i det småhusområde i Segevång som var visningsområde för småhus vid bostadsmässan BO 86.

Inom området byggdes totalt 22 lägenheter med de fyra hustyper som presenteras här och av dessa ingick 12 lägenheter i denna undersökning. För mässan byggdes ytterligare samtidigt ett femtiotal småhus med annan utformning i samma område. FIG 1. Husen i området skulle ha eluppvärmning.

Tomtstorlekar:	Kuben	c:a	210 m <sup>2</sup>
	Megaron	"	330 "
	Trä Kronor	"	250 "
	Wattstugan	"	240 "

#### **Umeå**

Husen i Umeå byggdes i ett småhusområde i stadsdelen Ersboda. Inom området byggdes totalt 23 hus med de fyra hustyperna. Området, som låg inne bland tidigare uppförd bebyggelse med färdiga, hårdgjordagator, bebyggdes med dessa hus med hänsyn till undersökningen. Av de 23 husen ingick 12 i undersökningen. FIG 2.

I anslutning till bostadsmässan BO 87 byggdes ytterligare för visning ett hus av varje typ i området. Ersmark ett år senare. Dessa hus ingick inte i undersökningen. Husen i området skulle ha eluppvärmning.

Tomtstorlekar:	Kuben	c:a	455 m <sup>2</sup>
	Megaron	"	540 "
	Trä Kronor	"	540 "
	Wattstugan	"	600 "

### 2.2.2 Planer och fasader

**Kuben** är ett tvåvåningshus med kök och vardagsrum i bottenvåningen och fyra sovrum i övervåningen. Grannens garage- och förrådsbyggnad är byggd mot bostadshuset. I Malmö har husen balkong från det största sovrummet i övervåningen. FIG 3.

**Megaron** är ett enplanshus med mycket begränsade markerade kommunikationsytor. Huset har tre sovrum och ett stort vardagsrum. FIG 4.

**Trä Kronor** är ett tvåvåningshus med vardagsrum och kök i bottenvåningen och tre sovrum i övre våningen. Ett solrum i två våningar ligger utanför kök, matplats och ett sovrum i söderläge. Solrummet är delat av en balkong i övervåningen. FIG 5.



**Wattstugan** är ett tvåvåningshus som har vardagsrum, kök och ett sovrum i bottenvåningen. I övre våningen finns tre sovrum. Spegelvända former och några olika lösningar för placering av förråd, garage etc förekommer. FIG 6.

### 2.2.3 Areor och volymer

Den sekundära bruksarean kan vara olika men i övrigt gäller samma ytor och volymer för husen på båda orterna. TAB 1 och 2.

TAB 1. Areor m<sup>2</sup>

Hus	Prim bruksarea	Byggn area	Fönster- procent	Sek bruksarea	
				Malmö	Umeå
Kuben	124,4	145,5	17,2	13 +1)	36,9
Megaron	95,0	109,3	14,5	8,3 +2)	32,1
Trä Kronor	116,6	131,3	13,1	24,7 +3)	45,4
Wattstugan	119,7	137,3	12,6	8,6 +4)	31,2

1) + carport 15 m<sup>2</sup>

2) + gemensamt garage 17,2 m<sup>2</sup>

3) + gemensamt garage 17,2 m<sup>2</sup>

4) + carport 21,6 m<sup>2</sup>

TAB 2. Volymer m<sup>3</sup>

Hus	Husvolym	Ventilerad
		volym
Kuben	280	234
Megaron	228	194
Trä Kronor	274	233 1)
Wattstugan	287	244

1) Per lägenhet

## 2.3 TEKNISK BESKRIVNING

### 2.3.1 Byggteknik

Samtliga ingående hus har trästommar och fasader av trä.

Husen har genomgående grundlagts på liknande sätt med platta på mark. Ytterväggarna levererades till byggplatserna som förtillverkade element. De tillverkades av Boro-Hus.

#### **Grundläggning**

Samtliga hus:

Kantelement med cellplastisolering. Betongplatta på isolering av 100 mm cellplast (i några hus mineralull) på dräneringslager av makadam.

#### **Ytterväggar**

Kuben:

Regelstomme av 245 mm lättreglar med mellanliggande

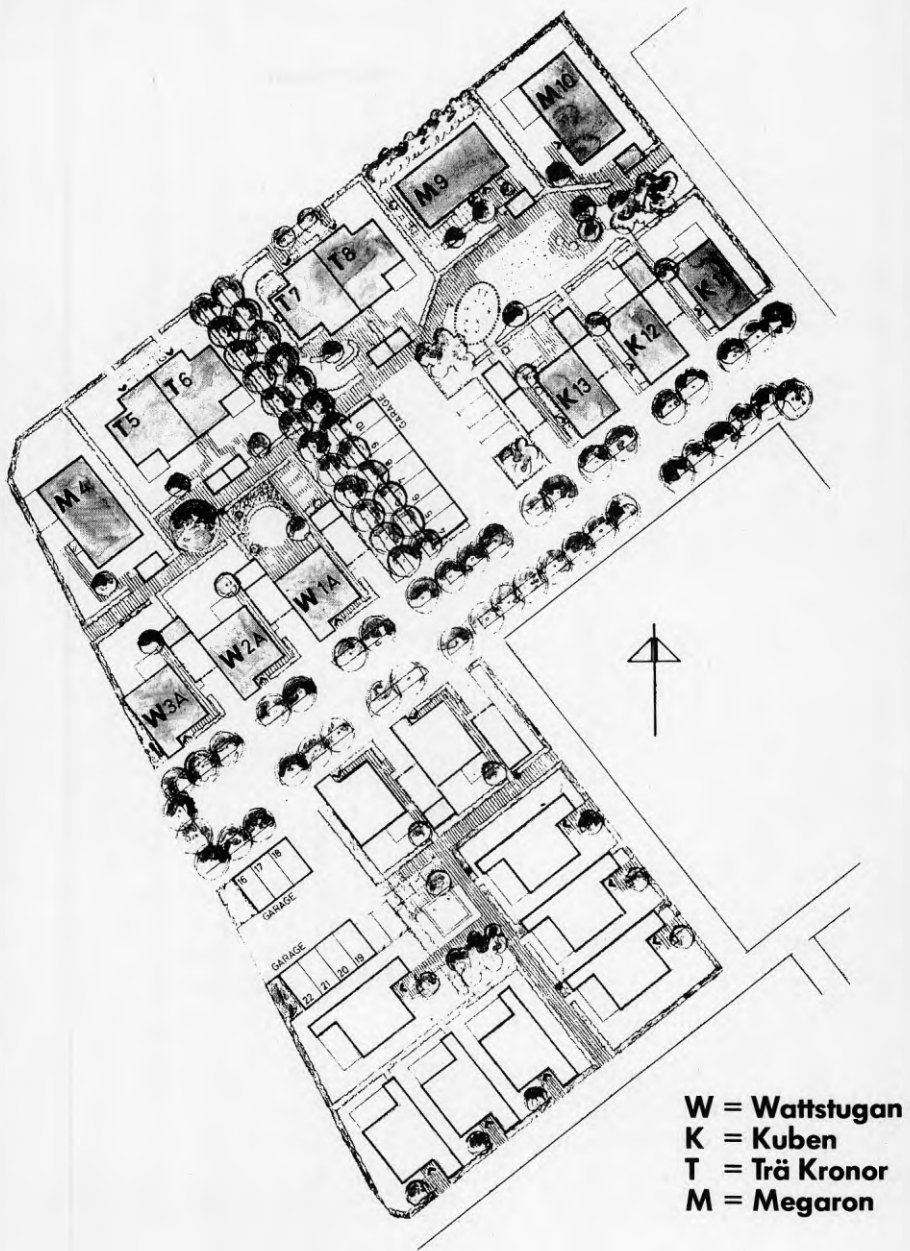


Fig 1 Situationsplan, Malmö

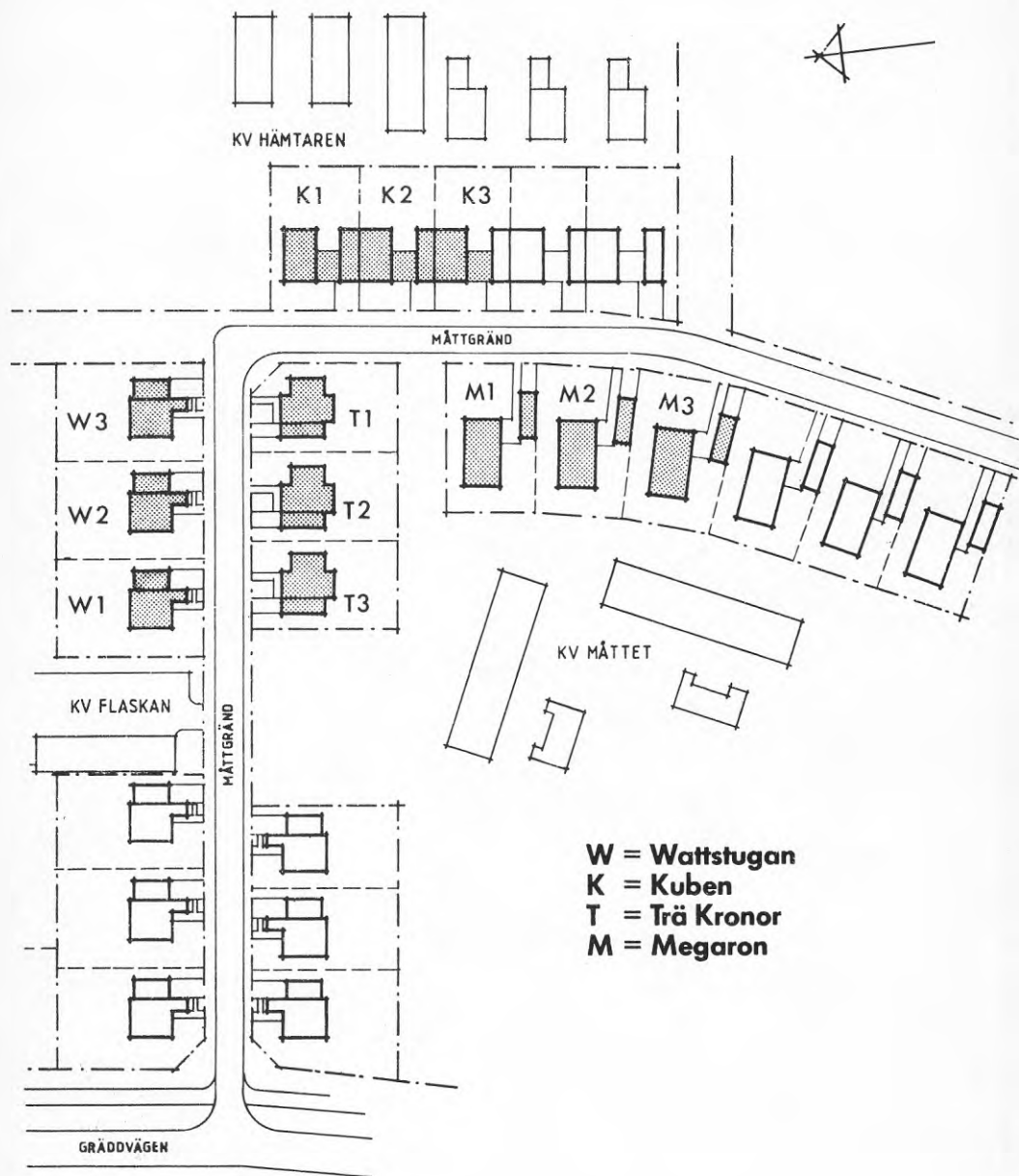


Fig 2 Situationsplan, Umeå

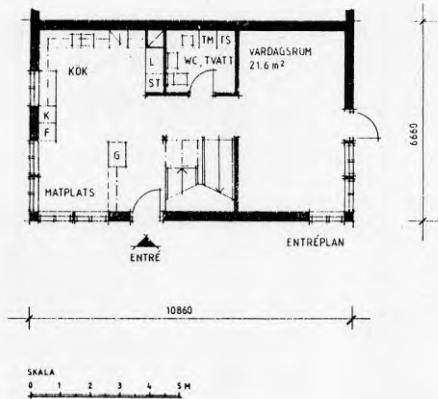
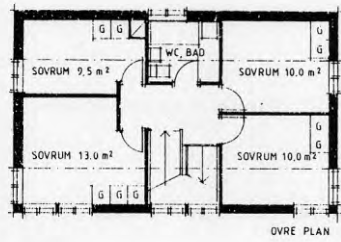
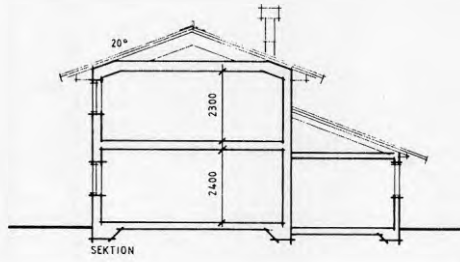
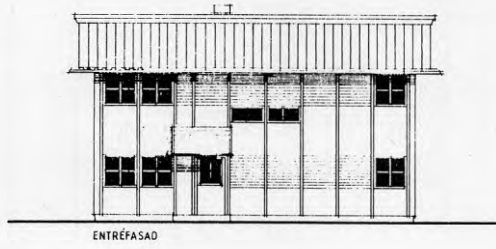


Fig 3  
Kuben. Planer, sektion, fasad

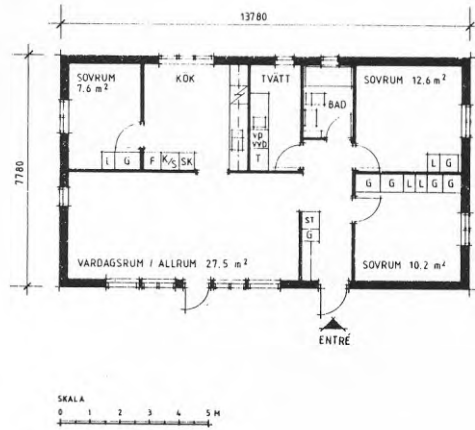
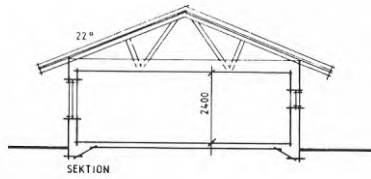
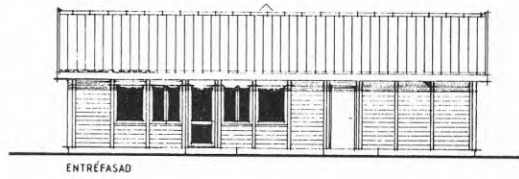


Fig 4  
Megaron. Planer, sektion, fasad



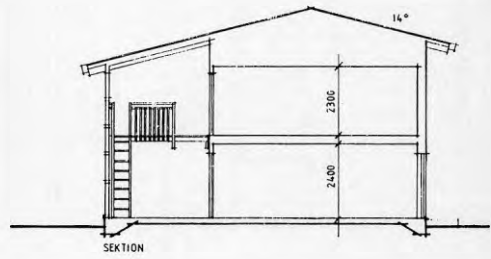
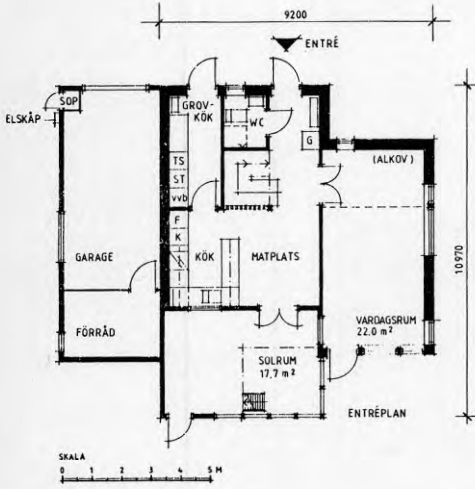
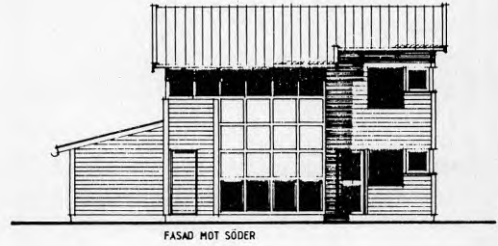
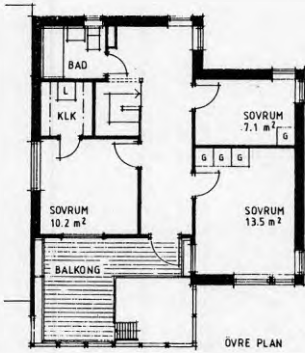


Fig 5  
Trä Kronor. Planer, sektion, fasad

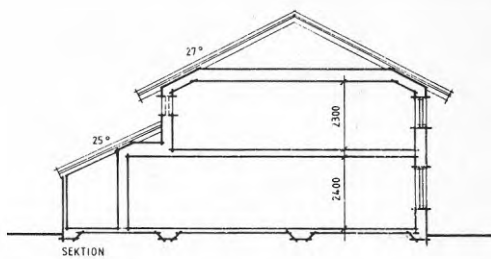
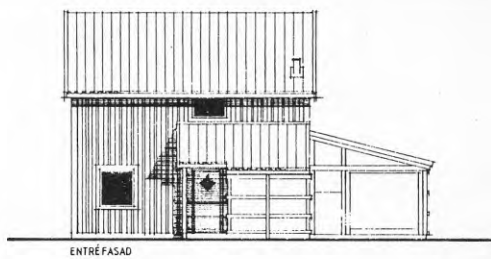
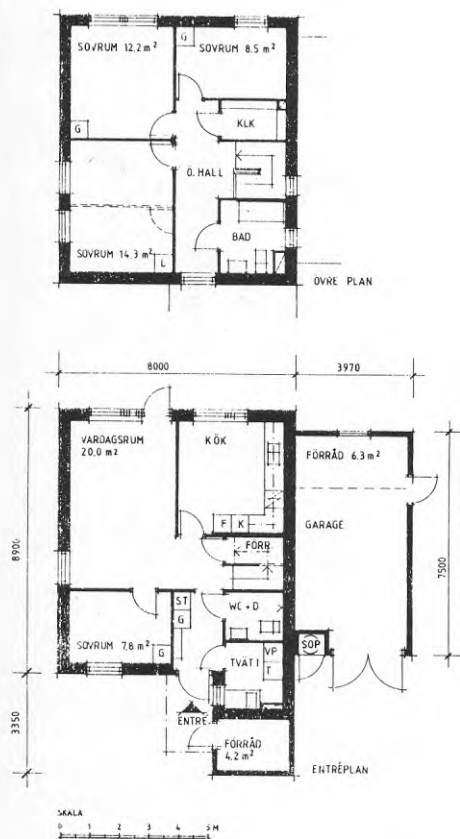


Fig 6  
Wattstugan. Planer, sektion, fasad

mineralull. Utvändig liggande träpanel och skivmaterial på spikreglar. Vindskydd av 9 mm gipsskiva. Invändig beklädnad med 13 mm gipsskiva. Fuktspärr av 0,2 mm plastfolie.

#### Megaron och Trä Kronor:

Regelstomme av 245 mm lättreglar med mellanliggande mineralull. Utvändig, liggande träpanel på spikreglar. Vindskydd av 9 mm gipsskiva. Invändig beklädnad med 13 mm gipsskiva. Fuktspärr av 0,2 mm plastfolie.

#### Wattstugan:

Regelstomme av 245 mm lättreglar och 70 mm träreglar. 315 mm mineralull. Utvändig stående lockpanel på spikreglar. Vindskydd av 9 mm gipsskiva. Invändig beklädnad med 13 mm gipsskiva på fuktspärr av 0,2 mm plastfolie.

#### Innerväggar

##### Samtliga hus:

Träregelstomme beklädd med 13 mm gipsskiva.

#### Mellanbjälklag

##### Kuben, Trä Kronor, Wattstugan:

220 mm träreglar, 22 mm spånskivegolv med golvbeläggning. 9 mm gipsplank på undersida.

#### Vindsbjälklag

##### Kuben, Megaron:

Trätakstol, 9 mm gipsplank på glespanel på fuktspärr av plastfolie. 400 mm mineralullsisolering.

##### Trä Kronor:

Trätakstol, 9 mm gipsplank på glespanel på fuktspärr av plastfolie. 400 mm mineralullsisolering, i snedtak 370 mm.

##### Wattstugan:

Trätakstol, 9 mm gipsplank på glespanel på fuktspärr av plastfolie. 450 mm mineralullsskiva, i snedtak 370 mm.

#### Yttertak

Kuben, Megaron, Wattstugan, Trä Kronor i Umeå: Betongtakpannor på bärläkt, underlagstak av armerad takboard, trätakstolar.

##### Trä Kronor i Malmö:

Betongtakpannor, läkt, underlagspapp på råspont, trätakstolar.

#### Fönster

##### Samtliga hus:

Öppningsbara, trippel, gasfyllda isolerglas, s k energiglas.

##### Solrum i Trä Kronor:

Fasta och öppningsbara förseglade 2-glas (inte gasfyllda).

### Isolering, k- och kA-värden

De isolertjocklekar som förekommer i de olika konstruktionerna i de olika husen framgår av ovanstående beskrivning och nedanstående sammanställning. Genomgående har isolering av A-kvalitet använts.

De angivna k- och kA-värdena är teoretiskt beräknade i anslutning till energibalansberäkning med datorprogrammet ENORM. TAB 3:

TAB 3. Isolertjocklekar, k- och kA-värden

	Isoler- tj. lek mm	k-värde W/°C m <sup>2</sup>	kA-värde W/°
<b>Kuben</b>			
Tak	400	0,12	7,6
Vägg	245	0,17	22,0
Golv	100	0,24	14,5
Fönster		1,20	30,0
Dörr		1,00	3,0
			S:a kA = 77,1
<b>Megaron</b>			
Tak	400	0,12	11,4
vägg	245	0,17	13,6
Golv	100	0,21	20,2
Fönster		1,20	19,0
Dörr		1,00	2,1
			S:a kA = 66,3
<b>Trä Kronor</b>			
Tak	400	0,12	6,9
Vägg	245	0,17	17,5 1)
Golv	100	0,23	13,1
Fönster		1,20	20,6 2)
Dörr		1,0	8,1
			S:a kA = 66,2 3)
<b>Wattstugan</b>			
Tak	450	0,10	6,1
Vägg	315	0,14	16,0
Golv	100	0,22	13,4
Fönster		1,20	20,8
Dörr		1,00	2,6
			S:a kA = 59,0

- 1) kA i Umeå = 23,1  
 2) kA i Umeå = 22,4  
 3) S:a kA i Umeå = 73.6

### 2.3.2 Installationer - uppvärmning, varmvatten, ventilation

Både i tävlingssammanhanget och vid den slutliga utformningen av husen fanns uppenbart målsättningen att skapa enkla, tekniska lösningar. Under den tid som förflöt mellan tävlingen och byggstart (1982-85) blev det vanligt att använda varmluft för uppvärmning i småhus. I några fall var avsikten inledningsvis att använda vattenburna system, bl a för att tillvarata värme från värmepumpen till uppvärmning. Slutgiltigt installerades istället luftvärmsystem i dessa hus.

Det förefaller logiskt att i hus, där mekanisk ventilation är nödvändig och där tilluften ur komfortsynpunkt på något sätt måste förvärmas, utnyttja ventilationssystemet också för uppvärmning. I tre av hustyperna används kombinationssystem där ventilation och uppvärmning är integrerade. I två av hustyperna sker också uppvärmningen av varmvatten i samma kombination. Den fjärde hustypen har ett mer traditionellt system med direktverkande el.

#### **Kuben**

Husen värms med direktverkande el. Värmeåtervinning med värmeväxlare - typ "Bahco Minimaster". Balanserad ventilation FTX. Uppvärmning av varmvatten med separat varmvattenberedare.

#### **Megaron**

Husens uppvärmning, varmvattenberedning och ventilation sker i ett system med kombination av värmepump, luftvärmare, växlare och direktverkande el. Husen har frånluftsventilation från WC, bad, tvätt, kök och klädkammare. Den varma frånluften passerar en värmepump som avger energi till vattnet i en varmvattenberedare. Luften som avkyls till 1<sup>o</sup> C förs ut genom en takhuv. Från varmvattenberedaren förs varmvatten dels till tappställena i huset, dels till en luftvärmare. Friskluft utifrån uppvärms i luftvärmaren och förs sedan i kanaler som tilluft i sovrum och vardagsrum. System "Electro Standard". Kompletterande energitillskott sker genom elradiatorer.

#### **Trä Kronor**

Husen värms upp med ett varmluftssystem - typ "Bahco Luftvärme". Varmluften fördelas till de olika rummen genom ett system av luftkanaler. Sedan luften avgivit sin värme återförs den till luftvärmeaggregatet för förnyad uppvärmning. Den återförda luften blandas med renad, frisk uteluft från ett FT-system - typ "Bahco Minimaster" - innan den värms i ett elbatteri och åter fördelas till rummen.

Temperaturen på varmluften anpassas efter värmebehovet genom en temperaturkännare i den återförda luften. Denna känner av en medeltemperatur för hela bostaden. Önskad temperatur kan ställas in via en

manöverpanel. Fläktvarvstalet, och därmed det cirkulerande luftflödet, anpassas automatiskt i två steg efter det aktuella värmebehovet. Varmvatten erhålls från en separat varmvattenberedare.

#### **Wattstugan**

Wattstugorna har samma system för uppvärmning, varmvattenberedning och ventilation som Megaron.

#### 2.3.3 Sammanfattning av tekniska faktorer som påverkar resurssnålheten

Samtliga hus har i grunden en relativt god isolering. Wattstugan har ytterligare höjd isolerstandard. Alla hus har "energi-fönster" som anges minska energibehovet. Tätningen av husen har ägnats viss extra omsorg, även om det är standardlösningar vid elementbyggande (Boro-Hus) som använts. De installations-tekniska lösningarna innehåller värmepumpar i ett par fall och värmeväxlare har använts för att minska ventilationsförlusterna. TAB 4.

TAB 4. Bygg- och installationstekniska lösningar med särskild betydelse för energiförbrukningen

Hustyp	Isolering vägg/vind	"Energi-fönster"	Uppv	VV	Vent	Övr
Kuben	245-400	x	el-rad	ber	FTX	
Megaron	245-400	x	varml,VP	VP	FT	
Trä Kronor	245-400	x	el-rad varml	ber	FTX	sol-rum
Wattstugan	315-450	x	varml,VP	VP	FT	
			el-rad			

#### 2.4 UPPFÖRANDET AV HUSEN

##### 2.4.1 Upphandling

I Malmö var kommunens Fastighetskontor byggherre och i Umeå det lokala bostadsbolaget "Stiftelsen Bostaden". Entreprenaderna på respektive ort upphandlades separat och i båda fallen som totalentreprenader. Både i Malmö och Umeå var ABV generalentreprenör och antogs efter förhandling.

På båda orterna ingick provhusen i grupper som innehöll ytterligare hus. Malmöhusen byggdes med självständig styrning från ABV:s Malmö-kontor och Umeåhusen på liknande sätt från Umeå-kontoret. Viss samordning skedde dock mellan de två entreprenaderna. Det gällde t ex projekteringen, vilket var viktigt för att erhålla liknande jämförbara hus på båda orterna.

##### 2.4.2 Tidplaner

Husen i Malmö skulle vara färdiga som visningshus till bostadsmässan BO 86, som invigdes den 30 augusti 1986 och pågick till 21 september.



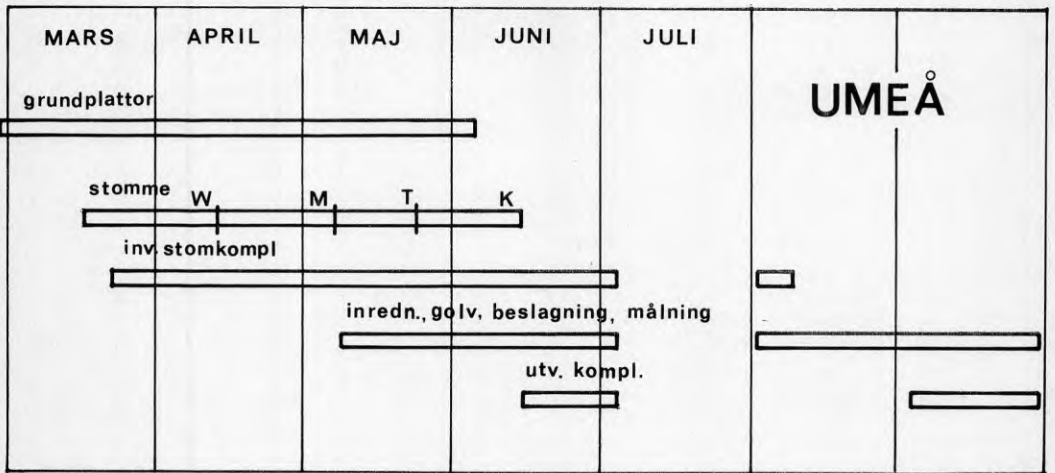
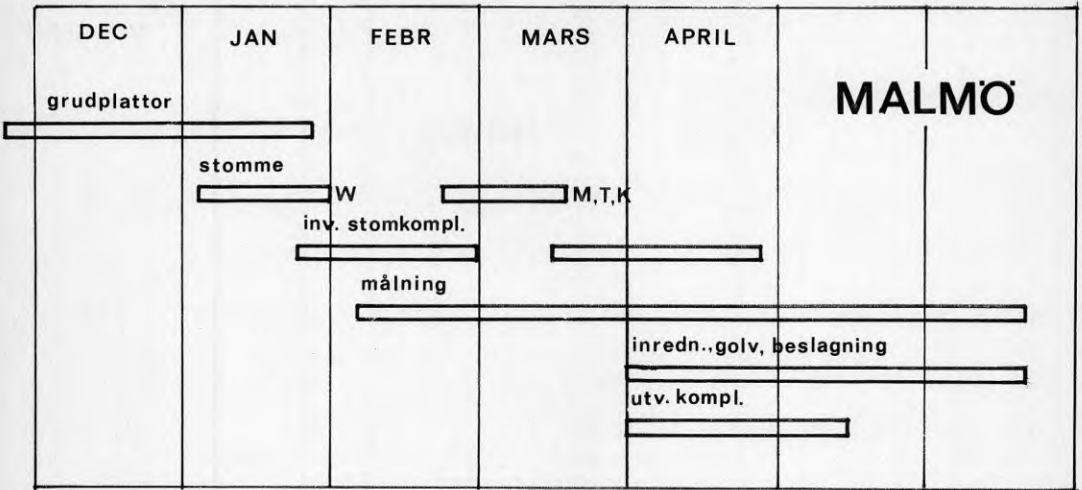


Fig 7 Tidplaner

Umeå-husen skulle vara färdiga innan eldningssäsongen började på hösten 1986.

Den egentliga byggtiden var ungefär sju månader i Malmö och sex i Umeå. I Malmö skedde byggstarten i mitten av november och husen var helt färdiga för visning till midsommar. Inflyttning skedde i oktober. Stommarna byggdes under perioden januari-mars. I Umeå startade byggandet i mars, stommarna monterades från mars till juni och husen var färdiga för inflyttning i slutet av september. FIG 7.

#### 2.4.3 Kostnader

Husen har statlig belåning. I samband med besluten i låneärendena godkändes kostnaderna i Malmö, medan länsbostadsnämnden i Umeå ansåg att husen hade för höga överkostnader med hänsyn till belåningsvärdena (10-12 %). Detta ansågs särskilt allvarligt, eftersom det rörde sig om en förhandlingsentreprenad. Mot den bakgrunden beslutades att husen skulle byggas och även förvaltas av Stiftelsen Bostaden. De kom alltså att överlätas med äganderätt i Malmö och med hyresrätt i Umeå. Fördelningen av husen i Umeå skedde dock till människor som stod i kommunens "tomtkö" för att komma över ett småhus. De som tilldelades husen fick redan vid tilldelningen erbjudande att senare - efter utvärderingen - friköpa husen om de så önskade.

Husen i Malmö byggdes på mark med tomträtt, medan marken i Umeå överläts med äganderätt.

##### **Produktionskostnader**

Husen i Umeå fick genomgående en högre produktionskostnad än Malmö-husen. Trä Kronor, som hade högsta produktionskostnaden, kostade (1986) 749.000 kronor, medan motsvarande hus i Malmö kostade 619.000 kronor. Lägsta kostnaden hade Megaron, som kostade 538.000 kronor i Malmö och 680.000 kronor i Umeå. Husen i Umeå kostade 125.000 - 142.000 kronor (20-24 %) mer än Malmö-husen. TAB 5.

En orsak till att husen i Umeå var dyrare än motsvarande Malmö-hus var tomtkostnaden, en annan var att varje Umeå-hus försågs med varmgarage. En tredje orsak kan ha varit att överhettningen på byggmarknaden i Umeå var markant. Genom att husen i Malmö byggdes till BO-mässan kom Malmö-husen att ingå som en del i en större uppgörelse mellan kommunen och byggföretaget. Även detta kan ha inverkat och gett lägre produktionskostnader i Malmö.

TAB 5. Redovisade produktionskostnader (1986)

	1000 - kr	
	Malmö	Umeå
Kuben	586	728
Megaron	548	680
Trä Kronor	619	749
Wattstugan	609	734

Räknas de i TAB 5 redovisade kostnaderna om till juni 1990 med hjälp av index för gruppbyggda småhus, så har kostnaden ökat med c:a 40 %.

#### Boendekostnader

Att jämföra boendekostnaderna i husen på de olika orterna är svårt, eftersom boendeformen är olika. De boendekostnader för första året, som producenten presenterade när husen visades på BO 86, kan vara ett exempel. Vid 50 % marginalskatt angav man att boendekostnaden varierade mellan 2.428 kronor per månad för Megaron till 2.588 kronor per månad för Trä Kronor.

#### 2.4.4 Tätthetsprovning och värmefotografering

I ett hus av varje typ på varje ort bestämdes lufttätheten med hjälp av över- respektive undertryck med standardiserad metod (SP-met 1977:1).

De uppmätta luftomsättningstalen vid 50 Pa varierade mellan 0,4 och 2,0 oms/h. Medelvärdet för husen i Malmö blev 1,3 oms/h och för husen i Umeå 1,2 oms/h. Sammantaget hade Kuben bästa och Trä Kronor sämsta uppmätta tätheten. TAB 6.

I samband med täthetsprovningen undersöktes husen också med värmekamera. Man konstaterade då att få samlade, stora läckage förekom och att de uppmätta läckagen är summan av ett flertal mycket små läckage. Få egentliga köldbryggor förekom.

Enligt den byggnorm som gällde fick ett småhus ha 3 oms/h vid en tryckskillnad av 50 Pa.

TAB 6. Uppmätt lufttäthet. Antal luftomsättningar vid 50 Pa. Mätningarna har gjorts i ett hus på varje ort.

	Antal luftomsättningar, oms/h	
	Malmö	Umeå
Kuben	1,3	0,4
Megaron	1,2	1,3
Trä Kronor	1,4	2,0
Wattstugan	1,2	1,2
Medelvärde	1,3	1,2

3 KLIMAT3.1 UTEKLIMAT3.1.1 Utetemperaturer

Den första perioden, oktober 1986 - september 1987, hade temperaturunderskott både i Malmö och Umeå. Månadsmedeltemperaturens årsmedelvärde var 1,4 grader lägre än den normala temperaturen i Malmö och 2,3 grader lägre i Umeå. Även under perioden oktober-maj (eldningssäsongen) förekom motsvarande underskott 1,2 grader i Malmö och 2,3 grader i Umeå. TAB 7.

Den andra perioden, oktober 1987 - september 1988, hade en högre genomsnittlig temperatur än normalt på båda orterna. Under eldningssäsongen, oktober - maj, var överskottet i medeltemperaturen 1,4 grader i Malmö och 0,4 grader i Umeå.

Förutom att man under den första perioden hade ett sammantaget temperaturunderskott hade man i Umeå under december och januari en ovanligt lång period när temperaturen hela tiden var extremt låg. Dygnsmedeltemperaturen låg under  $-20^{\circ}\text{C}$  i sexton dagar. Den uppmätta min.temperaturen under perioden var  $-35^{\circ}\text{C}$  och månadsmedeltemperaturen var  $-18,2^{\circ}\text{C}$ . FIG 8. Även i Malmö förekom dagar i januari med ovanligt låga dygnsmedelvärden.

TAB 7. Månadsmedeltemperaturer i Malmö och Umeå  
Okt 1986 - sept 1988 och normalvärden 1931-1960  
Enligt SMHI.  $^{\circ}\text{C}$

	PERIOD 1 Okt 1986 - sept 1987				PERIOD 2 Okt 1987 - sept 1988				NORMAL 1931 - 1960	
	MALMÖ		UMEÅ		MALMÖ		UMEÅ		Malmö	Umeå
	Medel	Avv.	Medel	Avv.	Medel	Avv.	Medel	Avv.		
Okt	9,4	0,2	4,4	1,0	9,9	0,7	6,5	3,1	9,2	3,4
Nov	7,2	2,0	0,8	1,8	5,9	0,7	-1,2	-0,2	5,2	-1,0
Dec	2,3	0	-8,9	-4,4	3,3	1,0	-7,2	-2,7	2,3	-4,5
Jan	-5,9	-5,6	-18,2	-10,2	3,5	3,8	-5,6	2,4	-0,3	-8,0
Febr	-1,1	-0,6	-10,0	-2,1	2,4	2,9	-7,3	0,6	-0,5	-7,9
Mars	-1,8	-3,4	-7,5	-2,9	1,8	0,2	-4,5	0,1	1,6	-4,6
April	6,1	-0,2	0,8	-0,4	6,1	-0,2	0,1	-1,1	5,9	1,2
Maj	9,8	-1,6	5,7	-1,7	13,1	1,7	7,7	0,3	11,4	7,4
Juni	12,8	-2,3	10,7	-1,9	17,1	1,8	14,4	1,8	15,3	12,6
Juli	15,6	-1,8	14,4	-0,6	17,7	0,3	17,7	1,5	17,4	16,2
Aug	14,9	-2,3	10,5	-4,0	16,6	-0,6	12,9	-1,6	17,2	14,5
Sept	13,2	-0,8	7,5	-1,9	14,1	0,1	10,0	0,6	14,0	9,4
Medelvärde										
okt-sept	6,8	-1,4	0,9	-2,3	9,2	1,0	3,6	0,4	8,2	3,2
okt-maj	3,2	-1,2	-4,1	-2,3	5,8	1,4	-1,4	0,4	4,4	-1,8

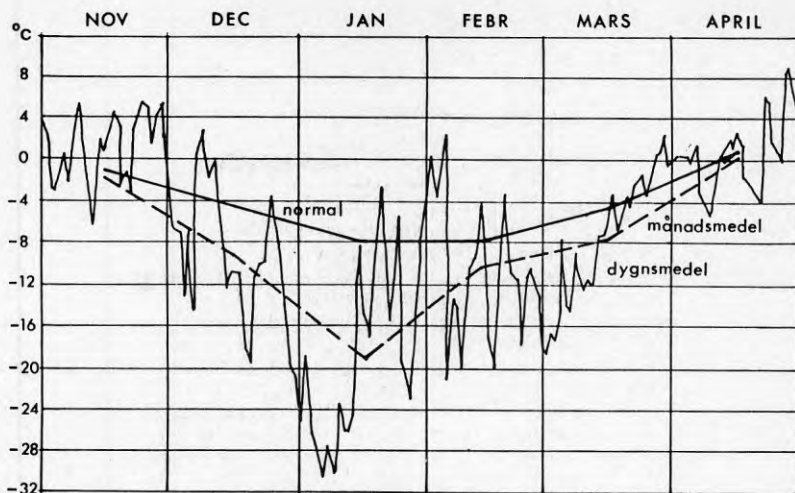


Fig 8

Dygnstemperaturer i Umeå vintern 1986-87 samt månadsmedeltemperatur i jämförelse med normalår

Under den första sommarperioden hade man ett underskott i månadsmedeltemperatur som var  $1,8^{\circ}\text{C}$  i Malmö och  $2,1^{\circ}\text{C}$  i Umeå. Andra sommaren hade inte dessa temperaturunderskott.

### 3.1.2 Nederbörd

I Malmö hade man under den första perioden, oktober 1986 - september 1988, en nederbördsmängd som var 117 % av den normala. I Umeå var under den perioden nederbörden 128 %.

Under den andra perioden, oktober 1987 - september 1988, var nederbörden i Malmö 98 % av normal och i Umeå 139 % av normal. TAB 8.

Under första sommarperioden var regnmängden 120 % av normal i Malmö och 154 % av normal i Umeå. Motsvarande siffror under andra sommaren var 83 % i Malmö och 124 % i Umeå.

Vintern 1987-88 var extremt snörik i Umeå. I januari - mars var nederbörden 232 % av den normala och i februari hela 389 %.

TAB 8. Nederbörd olika månader i mm och procent av normal i Malmö och Umeå oktober 1986 - sept 1988. Normalvärden 1931 - 1960. Enligt SMHI

	PERIOD 1 Okt 1986 - sept 1987				PERIOD 2 Okt 1987 - sept 1988				NORMAL	
	MALMÖ		UMEÅ		MALMÖ		UMEÅ		Malmö	Umeå
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	mm
Okt	85	146	76	129	14	24	72	134	59	59
Nov	52	110	107	159	71	151	126	188	47	67
Dec	81	171	61	107	42	89	51	90	47	57
Jan	30	61	11	22	84	174	76	155	48	49
Febr	27	68	43	144	58	149	117	389	39	30
Mars	32	100	54	207	40	126	51	195	32	26
April	44	125	8	22	20	58	12	36	35	34
Maj	48	116	25	84	18	45	15	50	41	29
Juni	93	190	125	255	42	86	37	76	49	49
Juli	89	112	47	74	99	139	73	116	71	63
Aug	57	84	97	126	32	47	145	188	68	77
Sept	68	115	116	191	69	117	59	97	59	61
Hel period	706	117	770	128	589	98	834	139	603	601

### 3.1.3 Solstrålning

Solstrålningen som globalstrålning i kWh/m<sup>2</sup> var under första perioden oktober 1986 - september 1988 78 % av medelvärdet för perioden 1961-80 i Malmö och 88 % i Umeå.

Under den andra perioden, oktober 1987 - september 1988, var motsvarande solstrålning 93 % av medelvärdet i Malmö och 93 % av medelvärdet i Umeå. TAB 9.

Under månaderna mars - maj var solstrålningen under första perioden i Malmö 92 % av medelvärdet och i Umeå 94 % av medelvärdet. Under andra perioden 104 % resp 101 %.

Under höstmånaderna var värdena i Malmö lika med medelvärdet under period ett och något lägre än medelvärdet under period två. I Umeå var värdena betydligt över medelvärdet båda åren.

Den redovisade solstrålningen är SMHI:s mätvärden. I Umeå utförs kontinuerlig sådan mätning. Värdena för "Malmö" är mätta i Lund resp Svalöv (medelvärdet). Mätvärden från Malmö finns inte i SMHI:s material.



TAB 9. Solstrålning. Globalstrålning i kWh/m<sup>2</sup> resp månad och i % av medelvärde (perioden 1961-1981). Enligt SMHI

	PERIOD 1 Okt 1986 - sept 1987				PERIOD 2 Okt 1987 - sept 1988				NORMAL 1961 - 1981	
	MALMÖ kWh	%	UMEÅ kWh	%	MALMÖ kWh	%	UMEÅ kWh	%	Malmö kWh	Umeå kWh
Okt	42	95	28	93	51	115	20	67	44	30
Nov	17	94	8	89	12	67	7	7	18	9
Dec	11	100	3	100	11	100	3	100	11	3
Jan	18	129	8	160	3	21	8	160	14	5
Febr	31	103	24	104	23	77	16	70	30	23
Mars	77	110	58	83	63	90	45	64	70	70
April	100	89	115	103	110	98	131	117	112	112
Maj	137	86	148	92	183	114	169	105	160	161
Juni	119	67	150	85	158	89	183	97	177	188
Juli	141	91	171	98	144	93	160	91	155	175
Aug	114	85	98	77	123	92	91	71	134	128
Sept	84	100	50	71	58	69	74	106	84	70
Hel period	761	75	861	88	939	93	907	93	1009	974

### 3.2 INNEKLIMAT

#### 3.2.1 Medeltemperaturer

Medeltemperaturer har bildats för de två perioderna och för sommarperioderna. Medelvärdet för innetemperaturen under de två uppvärmningsperioderna var 22°C i Malmö och 21°C i Umeå. Den högsta medeltemperaturen hade Wattstugorna i Malmö, 22,5°C, och den lägsta Wattstugorna i Umeå 20,8°C. TAB 10.

TAB 10. Medeltemperaturer inomhus under de två eldningssäsongerna sammantagna, i olika hustyper

Hustyp	Medeltemperaturer °C	
	Malmö	Umeå
Kuben	21,1	20,9
Megarön	22,2	21,1
Trä Kronor	21,2	21,7
Wattstugan	22,5	20,8
Samtliga	21,9	21,1

Huset i Malmö med den högsta innetemperaturen under

en eldningssäsong var en Wattstuga, där medelvärdet var 24° C. TAB 11.

Huset med lägsta temperaturen i Malmö var ett Kubenhus med 20,2° C. I Umeå var högsta temperaturen under eldningssäsongen 22,1° C, som förekom i ett Megaronhus. Lägsta medeltemperaturen under eldningssäsongen i Umeå 20,2° C höll man i ett Megaronhus.

TAB 11. Medeltemperaturer inomhus i enskilda hus under de två eldningssäsongerna och under sommarperiod 1

	Medeltemperaturer °C								
	Hus 1			Hus 2			Hus 3		
	Period 1	Period 2	Sommar 1	Period 1	Period 2	Sommar 1	Period 1	Period 2	Sommar 1
<u>Malmö</u>									
Kuben	21,2	22,0	22,4	21,5	21,5	21,9	20,2	20,2	22,2
Megaron	22,0	21,2	23,1	21,6	22,3	23,4	22,8	23,3	23,0
Trä Kronor	21,7	21,4	22,1	21,1	21,4	23,2	20,7	20,8	22,7
Wattstugan	21,2	21,1	22,0	23,0	22,9	23,3	24,0	22,8	22,8
<u>Umeå</u>									
Kuben	20,9	21,0	21,3	20,4	21,6	22,4	20,7	20,5	22,5
Megaron	20,9	20,6	21,9	21,2	20,2	22,6	22,1	21,3	22,4
Trä Kronor	21,0	21,8	23,5	21,5	22,0	22,9	21,8	22,0	23,3
Wattstugan	21,2	21,1	21,5	20,0	20,6	21,6	20,3	20,9	22,0

Förutom att medeltemperaturen varit högre i Malmö än i Umeå är det svårt att urskilja att någon speciell hustyp eller grupp skulle ha haft högre eller lägre temperatur än andra grupper. Spridningen är relativt stor och något mönster går inte att skönja. Husen med luftburen värme har t ex inte högre medeltemperaturer än husen med direktverkande el.

I alla Megaronhus i Umeå sänktes medeltemperaturen från första till andra eldningssäsongen. I alla Trä Kronor i Umeå höjdes temperaturen mellan de två perioderna. I samtliga övriga fall förekom temperaturhöjning i några hus och sänkning i andra. Sammantaget höjdes temperaturen från period ett till period två i 11 av husen, medan den sänktes i 10 och hölls oförändrad i 2. Den jämna fördelningen mellan höjning och sänkning förekom på båda orterna.

Under sommarperioden (den första sommaren) var medeltemperaturen inomhus 22,7° C i Malmö och 22,0° C i Umeå. I Malmö var variationerna mellan hustyperna små, 22,2- 23,1° C. I Umeå var spridningen något större. Trä Kronor-husen höll som medel 23,2° C, medan de övriga hade 21,6° C.

### 3.2.2 Lokala temperaturer

Olika lokala temperaturer inomhus har mätts i samband med att husens funktion undersöktes och resultaten redovisas i kap 5.

### 3.2.3 Ventilation

Luftomsättningen i husens ventilationssystem har mätts, dels i samband med att husen togs i bruk, dels i en del av husen under period 2 - den andra eldningssäsongen. TAB 12.

Normkravet var att husen skulle ventileras med  $0,35 \text{ l/s m}^2$  lägenhetsyta, vilket i hus med 240 cm takhöjd motsvarar  $0,5$  luftomsättningar per timme.

Enligt de mätningar som gjordes i period 1 klarade samtliga hus både i Malmö och Umeå det normerade lägsta frånluftsflödet. Det uppmätta flödet var i de flesta husen av storleksordningen  $0,45 \text{ l/s m}^2$ . När frånluftsflödet mättes efter ytterligare ett år hade flödet sjunkit till storleksordningen  $0,35 \text{ l/s m}^2$  i flera av husen. Sänkningen var mest generell i hus typerna Kuben och Trä Kronor. Båda har FTX-ventilation.

I två hus, där det sammanlagda flödet hade sjunkit från period 1 till period 2, gjordes en ny mätning sedan filter rengjorts och mätvärdena gav då en luftomsättning som var något större än vid den första mätningen  $> 0,45 \text{ l/s m}^2$ .

Frånluftsflödena från enskilda utrymmen har också i några fall blivit lägre än de normerade och projekterade under det första året. Denna snedhet i systemen har då samband med att det totala flödet sjunkit.

Tillluftsflödena som uppmättes är genomgående lägre än motsvarande frånluftsflöden - husen har haft ett svagt undertryck vid dessa tillfällen.

TAB 12. Uppmätta luftflöden

Hustyp	Ort	Hus	Peri- od	Frånluft						Tilluft			
				l/s						1/s m <sup>2</sup>	1/s		
				Bad	WC	Kök	Tv	Klk	S:a				
Kuben	M	1-3	1	17	17	10	-	-	44	0,45	40	0,41	
	U	1-3	1	17	-	11	16	-	44	0,45	39	0,40	
			1	2	-	-	-	-	33	0,34			
			2	2	10	-	4	19	-	33	0,34		
			3	2	14	-	4	17	-	35	0,36		
Megaron	M	1-3	1	12	1	11	14	-	37	0,46	29	0,36	
	U	1	1	13	-	11	14	-	38	0,47	31	0,38	
			2	1	11	-	11	15	-	37	0,46	29	0,36
			3	1	12	-	10	14	-	36	0,45	30	0,37
			2	11	-	4	12	-	27	0,33			
Trä Kronor	M	1-3	1	10	10	11	12	2	45	0,46			
	U	1	1	11	10	12	13	2	48	0,49			
			1	2	10	5	6	8	6	35	0,36		
			2	1	10	10	12	11	3	46	0,47		
			2	2	10	11	12	8	2	43	0,44		
			3	1	10	10	12	13	3	48	0,49		
Wattstugan	M	1-3	1	10	10	11	11	2	44	0,43	35	0,34	
	U	1	1	12	11	11	11	3	48	0,47	37	0,36	
			2	10	10	8	14	3	45	0,44			
			2	1	11	11	10	10	3	45	0,44	36	0,35
			2	8	15	7	10	4	44	0,43	36	0,35	
			3	1	10	10	11	10	2	43	0,42	32	0,31
			2	13	14	12	14	4	57	0,56			

## 3.3 VATTENFÖRBRUKNING

Vattenförbrukningen i ett hus är starkt kopplad till boendevanorna och familjesammansättningen hos de som brukar huset. Det finns klarlagt, att det finns ett samband mellan vatten- och energiförbrukning.

Vattenförbrukningens storlek kan variera mellan olika perioder, t ex mellan sommar och vinter, men också mellan två eldningssäsonger.

Årsförbrukningen i Malmö-husen är i genomsnitt 180 m<sup>3</sup> och i Umeå-husen 160 m<sup>3</sup>. TAB 13.

Den högsta uppmätta årsförbrukningen i ett enskilt hus är 272 m<sup>3</sup> (Trä Kronor 1) i Malmö och 246 m<sup>3</sup> i Umeå (Kuben 3). Den lägsta i Malmö är 66 m<sup>3</sup> (Megaron 2) och den lägsta i Umeå 95 m<sup>3</sup> (Trä Kronor 1).

Sommarförbrukningen i Malmö är i genomsnitt 0,43 m<sup>3</sup> per dygn och i Umeå 0,45 m<sup>3</sup> per dygn. Genom att sommarperioden i Malmö är lägre än i Umeå blir den totala sommarförbrukningen högre i Malmö än i Umeå - 57 m<sup>3</sup> i Malmö med eldningssäsongen 232 dagar och 40 m<sup>3</sup> med eldningssäsongen 273 dagar i Umeå.

TAB 13. Genomsnittlig årsförbrukning av vatten  
Period 1 och Period 2

Hus	Vattenförbrukning m <sup>3</sup> /år			
	Malmö		Umeå	
	Period 1	Period 2	Period 1	Period 2
Kuben 1	168	177	149	155
2	216	186	198	191
3	195	204	246	246
Megaron 1	149	124	96	104
2	68	66	117	114
3	124	131	146	141
Trä Kronor 1	251	272	95	133
2	183	181	146	146
3	170	189	184	160
Wattwtugan 1	153	167	165	162
2	248	267	192	214
3	210	217	165	181

TAB 14. Genomsnittlig dygnsförbrukning av vatten  
Eldningssäsonger och sommarsäsong

Ort	Hus	Vattenförbrukning m <sup>3</sup> /dygn				
		Period 1	Period 2	Sommar		
Malmö	Kuben	1	0,46	0,50	0,46	
		2	0,61	0,48	0,56	
		3	0,33	0,42	0,33	
	Megaron	1	0,62	0,51	0,04	
		2	0,18	0,17	0,20	
		3	0,34	0,37	0,34	
	Trä Kronor	1	0,66	0,50	0,47	
		2	0,75	0,49	0,55	
		3	0,74	0,50	0,46	
	Wattstugan	1	0,39	0,73	0,56	
		2	0,45	0,76	0,59	
		3	0,47	0,68	0,60	
	Umeå	Kuben	1	0,46	0,48	0,26
			2	0,53	0,50	0,59
			3	0,69	0,69	0,63
Megaron		1	0,26	0,29	0,27	
		2	0,33	0,32	0,29	
		3	0,38	0,36	0,46	
Trä Kronor		1	0,24	0,38	0,32	
		2	0,41	0,41	0,37	
		3	0,54	0,45	0,40	
Wattstugan		1	0,45	0,44	0,46	
		2	0,49	0,57	0,63	
		3	0,45	0,51	0,46	

### 3.4 GRADDAGAR

Graddagsbegreppet har använts för registrering av temperaturer, temperaturskillnader i tiden och för omräkning av energiförbrukningar till normalförhållanden.



4 ENERGIFÖRBRUKNING

## 4.1 TEORETISK FÖRBRUKNING

4.1.1 Energibalansberäkning

De teoretiska beräkningarna för att bestämma varje enskild hustyps energibalans och teoretiska förbrukning av betald energi har primärt gjorts med hjälp av datorberäkning (ENORM). Beräkningarna har kompletterats med handberäkningar, dels för att er hålla anpassning till beräkningsmodellen för verklig förbrukning, dels för att ta hänsyn till värmepumpars kapacitet.

**Använda "indata"**

Areor, volymer och transmissionsdata som redovisas i kap 2 har använts.

## Brukarberoende data:

Hushållsel	5000 kWh/år, 80% tillg för uppv
Varmvatten	4000 kWh/år, 20%    "-"
Personvärme	1300 kWh/år, (inkl sommar)
Fläktaförluster	400 kWh/år

## Ventilationsdata:

Luftomsättning	0,5 ggr/tim vid basvent under 24 tim
	0,7 ggr/tim vid fullventilation
Värmeåtervinning	60 % vid balanserad ventilation (Kuben. Trä Kronor)
Läckage	0,1 ggr/tim vid balanserad vent
	0 ggr/tim vid frånluftsvent

## Fönsterdata:

Solfaktor	0,75
Skuggn.faktor	0.60

## Graddagar:

Innetemperatur + 20° C	
Eldn.säsong, Malmö	133 dagar (8.5 - 27.9)
Umeå	273 " (1.6 - 1.9)
Utetemp, normal under eldn.säsong	
Malmö	+ 3,84° C
Umeå	- 1,02° C
Graddagar Malmö	3749 = 89.976 gradtimmar
Umeå	5738 = 137.712 "

## Värmepumpar:

Om effekten av värmepumparna för värmning av tappvarmvatten och rumsluft beräknas med ENORM med faktorn 2,0 som vinterkonstant, 0,2 som konstant på sommaren och med vintersäsongreduktionen 70 dygn blir besparingen:

Megaron	Malmö	3088 kWh/år
	Umeå	3919 "
Wattstugan	Malmö	3356 "
	Umeå	4176 "

**Beräkning**

Energibalansberäkning utan hänsyn tagen till värmepumparna ger relativt likvärdigt behov av köpt energi i de olika hustyperna - 6 % skillnad mellan högsta och lägsta värde i Malmö och 10 % i Umeå. TAB 15.

Med värmepumparnas antagna effekt medräknad för Megaron och Wattstugan blir motsvarande värde i Malmö 33 % och 27 % i Umeå. TAB 16.

TAB 15. Energibalansberäkning. Årsvärden kWh

	Förluster			Utnyttj energi HH + VV	Gratis		Energi	
	helår	vinter	transm. vent		pers	sol	rad	köpt
<u>Malmö</u>								
Kuben	12.272	6915	2290	4232	1146	2123	4771	14.171
Megaron	11.220	5976	2883	4188	1134	1426	4472	13.872
Trä Kronor	10.730	5946	2070	4097	1110	1551	3973	13.373
Wattstugan	11.248	5317	3622	4197	1137	1261	4653	14.053
<u>Umeå</u>								
Kuben	17.271	10681	3513	4535	1228	2952	8156	17.556
Megaron	15.820	9429	4420	4019	1224	1895	8682	19.082
Trä Kronor	14.850	9173	3171	4441	1203	2189	7017	16.417
Wattstugan	15.930	8382	5549	4523	1225	1578	8604	18.004

TAB 16. Energibalansberäkning inkl besparing med värmepump för varmvatten och varmluft. Årsvärden Slutligt behov av köpt energi, kWh

<u>Malmö</u>	
Megaron	10.784
Wattstugan	10.647
<u>Umeå</u>	
Megaron	14.163
Wattstugan	13.828

## 4.2 FÖRBRUKAD ENERGI

## 4.2.1 Beräkningsmodell

För att kunna göra jämförelse mellan olika eldnings-säsonger och olika hus krävs att förbrukningsvärdena räknas om till likartade förhållanden.

Den köpta energi som tillförs husen är dels köpt energi till värmesystemet ( $W_v$ ), dels köpt energi som hushållsel ( $W_{hh}$ ) och för varmvatten ( $W_{vv}$ ).

Dessutom förekommer i Umeå köpt energi för uppvärmning av garage ( $W_{\text{garage}}$ ). Genom att separat mätning av energin till garagen gjorts kan den förbrukningen räknas bort.

$$W_{\text{köpt}} = W_{\text{v}} + W_{\text{hh}} + W_{\text{vv}}$$

I energibalansberäkningen förutsattes att en del av energin till hushåll och varmvatten också utnyttjades för husens uppvärmning. Den resterande hushålls- och varmvattenenergin betraktas som förluster - hushållsförluster ( $F_{\text{hh}}$ ) och varmvattenförluster ( $F_{\text{vv}}$ ). Den betalda energin för uppvärmning kan skrivas:

$$W_{\text{u}} = W_{\text{köpt}} - F_{\text{hh}} - F_{\text{vv}}$$

Utnyttjningen av hushållsenergin för uppvärmning antogs i energibalansberäkningen vara 80 % och utnyttjningen av varmvattenenergin 20 %. Om detta uttrycks som förluster erhålls:

$$F_{\text{hh}} = 0,2 W_{\text{hh}} \text{ och } F_{\text{vv}} = 0,8 W_{\text{vv}}$$

Både transmissionsförlusterna och ventilationsförlusterna är beroende av temperaturskillnaden ute och inne. Korrigeringen till liknande förutsättningar för olika hus eller eldningssäsonger kan göras med graddagar. Här har valts att räkna om all energi för uppvärmning till normalförhållanden för utetemperaturen (enligt SMHI) och med innetemperaturen + 20° C. Detta motsvarar samma förutsättningar som använts för energibalansberäkningen. Den köpta energin till uppvärmningssystemet och den för uppvärmning utnyttjade energin av vinterförbrukningen till hushåll och varmvatten graddagskorrigeras.

Sommarförbrukningen av energi har för båda perioderna baserats på första sommarens förbrukning. Efter det egentliga mätprogrammet gjordes sommarmätning i 10 av Umeå-husen. Relativt stora variationer i sommarförbrukningen i enskilda hus kan förekomma. BILAGA 1.

#### 4.2.2 Köpt energi i olika hus

Energiförbrukningen har registrerats för de 24 husen under två eldningssäsonger 1986/87 och 1987/88. Omräkning av den köpta energin med hänsyn till klimatet och antagna fördelningar har skett enligt de förutsättningar som anges i 4.2.1.

TAB 17-24. FIG 9-16

##### **Beteckningar**

Hushåll	= köpt energi - hush.förbrukn ( $W_{\text{hh}}$ )
Varmvatten	= köpt energi - varmvatten ( $W_{\text{vv}}$ )
Värme	= köpt energi - värmesystemet ( $W_{\text{v}}$ )
Betald energi	= all köpt energi (exkl garage) ( $W_{\text{köpt}}$ )
Uppv. vinter	= all tillförd, köpt energi för uppvärmning under eldningssäsongen ( $W_{\text{u}}$ )
Temp.diff.grad	= Skillnad mellan ute- och innetemp. Temperaturdifferensen är för normalår vid 20° C innetemperatur:

Malmö 16,16° C  
Umeå 21,02° C

Uppv. +20, normal = "Uppv. vinter",  $W_u$ , korrigerad  
till normalår och +20° C innetemp.

Tot +20, normal = All köpt energi,  $W_{köpt}$ , med kor-  
rigering till normalår och +20° C  
innetemp.

Värme, normal = Köpt energi till värmesystemet,  
 $M_v$ , korrigerad till normalår och  
20° C innetemp.

TAB 17. Kuben i Malmö. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 16,16° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	5785	6070	3440	3605	4631	3082
sommar	1881	1881	1379	1379	1273	1273
s:a	7666	7951	4819	4984	5904	4355
<b>varmvatten</b>						
vinter	2402	2455	3305	2743	1810	2179
sommar	1130	1130	1453	1453	1026	1026
s:a	3532	3585	4758	4196	2836	3205
<b>värme</b>						
vinter	7020	5303	7229	5925	5914	5513
sommar	368	368	174	174	192	192
s:a	7388	5671	7403	6099	6106	5705
<b>Betald energi</b>	18586	17207	16981	15281	14846	13265
uppv, vinter	12128	10650	10642	9358	9980	8415
temp.diff.grad	19.82	16.15	19.53	16.18	18.25	17.26
uppv+20.normal	9886	10653	8805	9345	8839	7879
tot+20.normal	16344	17211	15144	15267	13703	12729
värme.normal	5146	5674	5566	6086	4964	5169

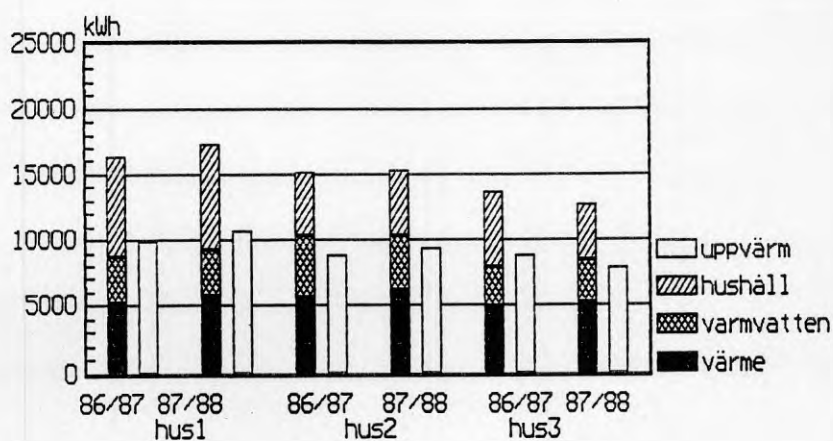


FIG 9. Kuben i Malmö. Köpt energi normalår, + 20° C

TAB 18. Kuben i Umeå. Hus 1-3. Köpt energi  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 21,02° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	3514	4324	4025	4426	5379	4977
sommar	530	530	1044	1044	1201	1201
s:a	4043	4854	5069	5470	6580	6178
<b>varmvatten</b>						
vinter	2339	2428	2615	2421	4370	4044
sommar	361	361	794	794	1135	1135
s:a	2700	2789	3409	3215	5505	5179
<b>värme</b>						
vinter	10510	9734	9460	9571	8488	7480
sommar	259	259	304	304	42	42
s:a	10769	9993	9764	9875	8530	7522
<b>Betald energi</b>	17513	17636	18242	18559	20616	18879
uppv, vinter	13789	13679	13203	13596	13666	12270
temp.diff,grad	24.48	22.49	23.91	22.84	25.00	22.13
uppv+20,normal	11839	12784	11605	12509	11490	11654
tot+20,normal	15562	16741	16644	17473	18440	18262
värme,normal	8819	9098	8166	8788	6354	6906

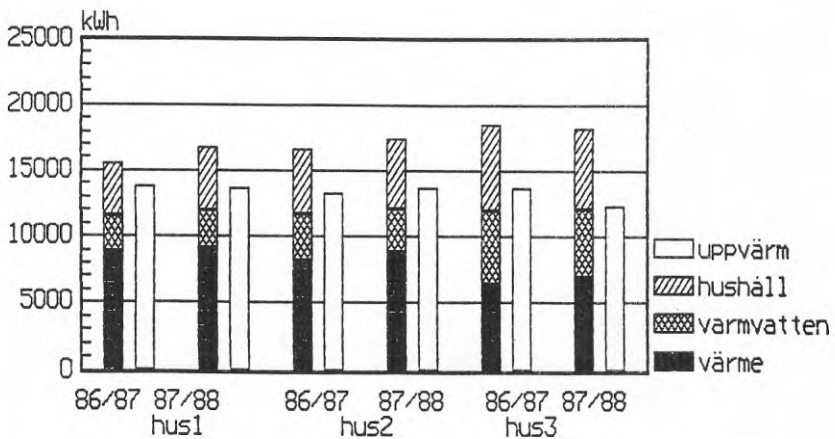


FIG 10. Kuben i Umeå. Köpt energi normalår, + 20° C



TAB 19. Megaron i Malmö. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 16,16° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	5121	4383	3490	2978	2722	3040
sommar	1303	1303	551	551	1083	1083
s:a	6424	5686	4041	3529	3805	4128
<b>varmvatten</b>						
vinter	1273	1273	1273	1273	1273	1273
sommar	727	727	727	727	727	727
s:a	2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>värme</b>						
vinter	6135	4113	6728	7390	7587	5280
sommar	829	829	2868	2868	715	715
s:a	6964	4942	9596	10258	8302	5995
<b>Betald energi</b>	15388	12628	15635	15786	14109	12118
uppv, vinter	10486	7874	9775	10027	10019	7966
temp.diff.grad	19.74	17.16	19.42	17.34	21.85	18.58
uppv+20,normal	8581	7416	8134	9344	7410	6930
tot+20,normal	13481	12168	13995	15102	11499	11083
värme,normal	5057	4482	7953	9573	5694	4960

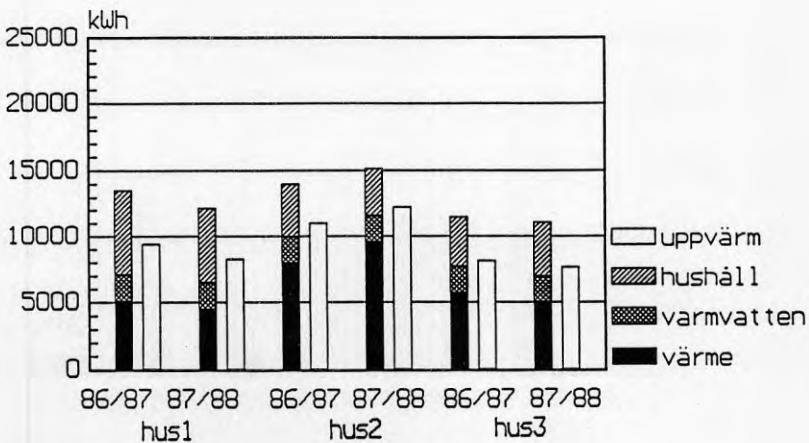


FIG 11. Megaron i Malmö. Köpt energi normalår, + 20° C

TAB 20. Megaron i Umeå. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 21,02° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	1499	2086	2764	3036	3475	3863
sommar	433	433	694	694	588	588
s:a	1932	2519	3458	3730	4063	4451
<b>varmvatten</b>						
vinter	1495	1495	1495	1495	1495	1495
sommar	505	505	505	505	505	505
s:a	2000	2001	1997	2000	2000	2000
<b>värme</b>						
vinter	11582	9857	11023	8725	13206	12933
sommar	785	785	742	742	847	847
s:a	12367	10642	11765	9467	14053	13780
<b>Betald energi</b>	16299	15163	17221	15202	20115	20233
uppv, vinter	13080	11825	13533	11454	16285	16323
temp.diff,grad	24.86	21.83	25.25	21.46	26.21	22.44
uppv+20.normal	11060	11388	11266	11220	13057	15286
tot+20.normal	14279	14726	14955	14967	16888	19196
värme.normal	10347	10205	9499	9233	10826	12743

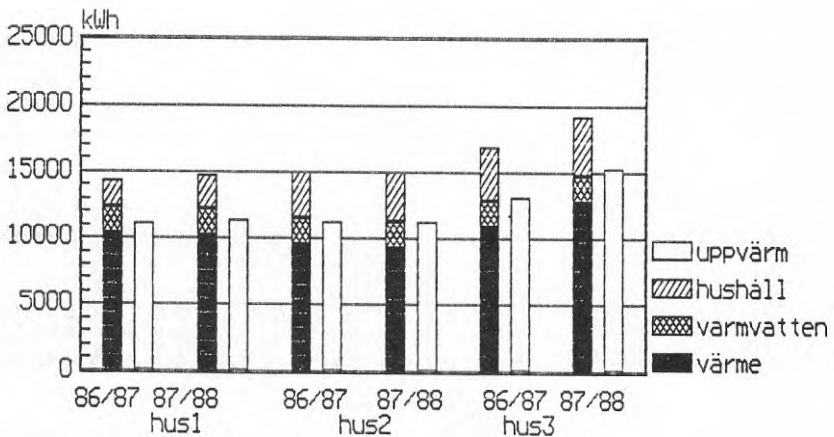


FIG 12. Megaron i Umeå. Köpt energi normalår,  
+ 20° C

TAB 21. Trä Kronor i Malmö. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh.  
(Temp diff normalår, + 20° C = 16,16° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	5762	7154	4055	7856	3475	4897
sommar	2649	2649	1686	1686	1458	1458
s:a	8411	9803	5741	9542	4933	6355
<b>varmvatten</b>						
vinter	3603	3995	2239	2141	2768	2919
sommar	1819	1819	1049	1049	1264	1264
s:a	5422	5814	3288	3190	4032	4183
<b>värme</b>						
vinter	5452	2785	5612	3155	5619	2882
sommar	273	273	242	242	268	268
s:a	5725	3058	5854	3397	5886	3150
<b>Betald energi</b>	19559	18676	14883	16129	14851	13688
uppv, vinter	10782	9307	9304	9868	8952	7384
temp.diff.grad	20.27	15.70	18.54	15.28	18.18	15.29
uppv+20,normal	8594	9582	8108	10433	7956	7802
tot+20,normal	17371	18951	13687	16694	13855	14106
värme.normal	3537	3333	4657	3962	4891	3568

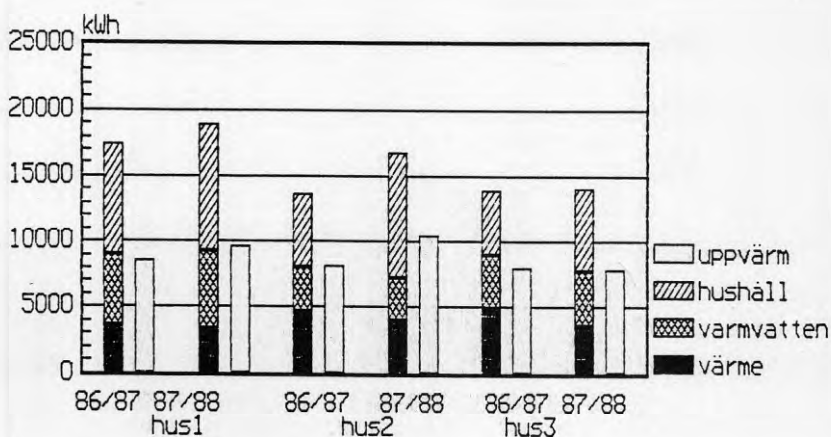


FIG 13. Trä Kronor i Malmö. Köpt energi normalår,  
+ 20° C

TAB 22. Trä Kronor i Umeå. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 21,02° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	3674	4708	3665	3280	4758	5771
sommar	800	800	1114	1114	782	782
s:a	4474	5508	4779	4394	5540	6553
<b>varmvatten</b>						
vinter	1505	2461	2209	2268	3516	2852
sommar	416	416	590	590	551	551
s:a	1921	2877	2799	2858	4067	3403
<b>värme</b>						
vinter	11790	10775	12147	11679	11061	8747
sommar	2103	2103	755	755	700	700
s:a	13893	12878	12902	12435	11761	9447
<b>Betald energi</b>	20288	21263	20480	19687	21368	19404
uppv, vinter	15031	15034	15521	14757	15570	13935
temp.diff.grad	24.91	22.76	25.61	23.00	25.35	23.21
uppv+20.normal	12679	13879	12739	13484	12908	12620
tot+20.normal	17937	20108	17698	18414	18705	18089
värme.normal	11542	11723	10121	11161	9098	8132

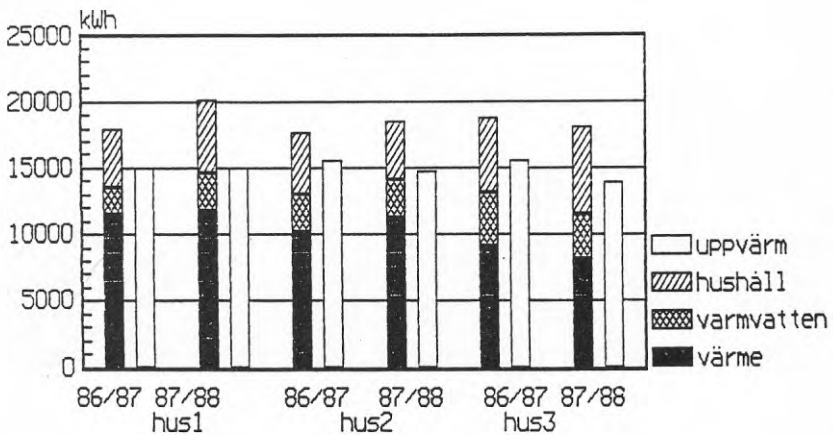


FIG 14. Trä Kronor i Umeå. Köpt energi normalår  
+ 20° C

TAB 23. Wattstugan i Malmö. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 16,16° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
<b>hushåll</b>						
vinter	2909	2230	4796	3984	4531	4690
sommar	1028	1028	1880	1880	2268	2268
s:a	3937	3258	6675	5863	6799	6958
<b>varmvatten</b>						
vinter	1270	1270	1270	1270	1270	1270
sommar	730	730	730	730	730	730
s:a	2000	2000	2000	2000	2000	2000
<b>värme</b>						
vinter	8918	8172	5834	4809	6460	3954
sommar	1458	1458	767	767	1046	1046
s:a	10376	9630	6601	5575	7506	5000
<b>Betald energi</b>	16312	14888	15276	13439	16303	13958
uppv, vinter	11499	10211	9925	8250	10338	7961
temp.diff,grad	20.40	16.05	20.62	17.15	21.11	16.28
uppv+20,normal	9107	10277	7778	7773	7915	7901
tot+20,normal	13920	14955	13130	12962	13879	13899
värme,normal	7982	9696	4454	5098	5080	4941

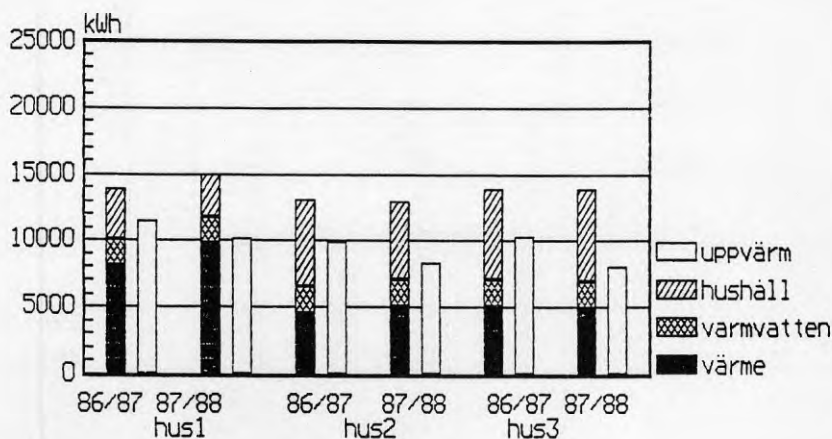


FIG 15. Wattstugan i Malmö. Köpt energi normalår,  
+ 20° C

TAB 24. Wattstugan i Umeå. Hus 1-3. Köpt energi.  
Uppmätt förbrukning under två perioder. kWh  
(Temp diff normalår, + 20° C = 21,02° C)

	hus 1		hus 2		hus 3	
	86/87	87/88	86/87	87/88	86/87	87/88
hushåll						
vinter	4612	4281	4954	5264	4185	4066
sommar	1046	1046	957	957	845	845
s:a	5658	5327	5911	6221	5030	4911
varmvatten						
vinter	2990	1495	1495	1495	1495	1495
sommar	1010	505	505	505	505	505
s:a	4000	2000	2000	2000	2000	2000
värme						
vinter	16641	7961	10417	10978	10827	8821
sommar	744	744	530	530	575	575
s:a	17385	8705	10947	11508	11401	9396
Betald energi	26537	16032	18859	19730	18430	16308
uppv. vinter	20928	11685	14679	15488	14473	12373
temp.diff.grad	25.50	22.75	25.28	22.91	24.60	22.27
uppv+20.normal	17247	10794	12203	14208	12366	11680
tot+20.normal	22855	15141	16383	18450	16323	15615
värme.normal	13703	7814	8472	10228	9294	8703

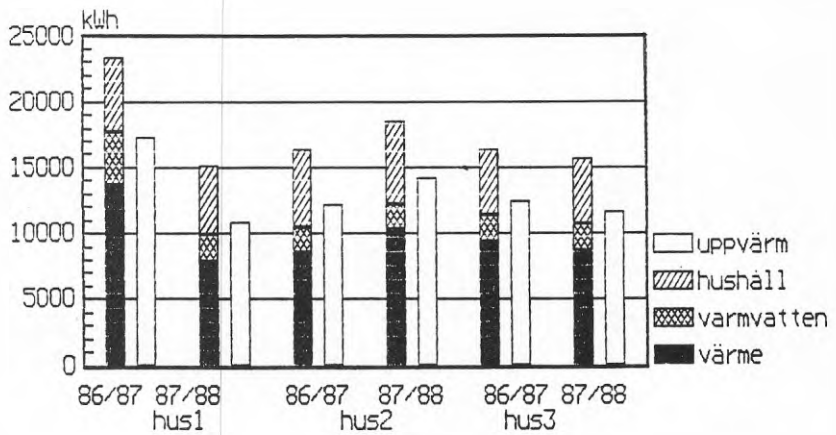


FIG 16. Wattstugan i Umeå. Köpt energi normalår,  
+ 20° C

4.2.3 Totalförbrukning i olika hustyper

Räknat i kWh i betald energi vid normalår och 20° C inne är medelvärdet av förbrukningen för samtliga hus 15.681 kWh. Megaron har den lägsta förbrukningen både i Malmö och Umeå. Rangordnade kommer sedan Wattstugan, Kuben och Trä Kronor. Skillnaden i medelförbrukningen mellan Megaron och Trä Kronor är 2771 kWh/år - ungefär lika i både Malmö och Umeå. TAB 25.

De redovisade värdena är medelvärden av förbrukningen i tre hus under två år. Variationsvidden för de enskilda uppmätta årsvärdena varierar mellan 13 och 33 % av medelvärdet. FIG 17.

TAB 25. Totalförbrukning av betald energi i de olika hustyperna. Medelvärden i Malmö och Umeå. kWh, normalår, + 20°C innetemp

	Malmö	Umeå	Samtliga
<b>KUBEN</b>			
Hushåll	5.947	5.366	
Varmvatten	3.685	3.800	
Värme	<u>5.434</u>	<u>8.024</u>	
Totalt	15.066	17.190	16.128
<b>MEGARON</b>			
Hushåll	4.602	3.359	
Varmvatten	2.000	2.000	
Värme	<u>6.288</u>	<u>10.476</u>	
Totalt	12.890	15.835	14.363
<b>TRÄ KRONOR</b>			
Hushåll	7.464	5.208	
Varmvatten	4.321	2.987	
Värme	<u>3.991</u>	<u>10.296</u>	
Totalt	15.776	18.491	17.134
<b>WATTSTUGAN</b>			
Hushåll	5.581	5.509	
Varmvatten	2.000	2.000	(2.333) 1)
Värme	<u>6.209</u>	<u>8.902</u>	(9.707)
Totalt	13.790	16.411	(17.549) 15.100
<b>SAMTLIGA</b>	14.380	16.981	15.681

1) Värden inom parentes gäller om värdena för det hus (1) där frånluftsvärmepumpen var ur funktion första året räknas in i materialet.

Första årets förbrukning var 7714 kWh högre i huset än andra året.



1000 kWh

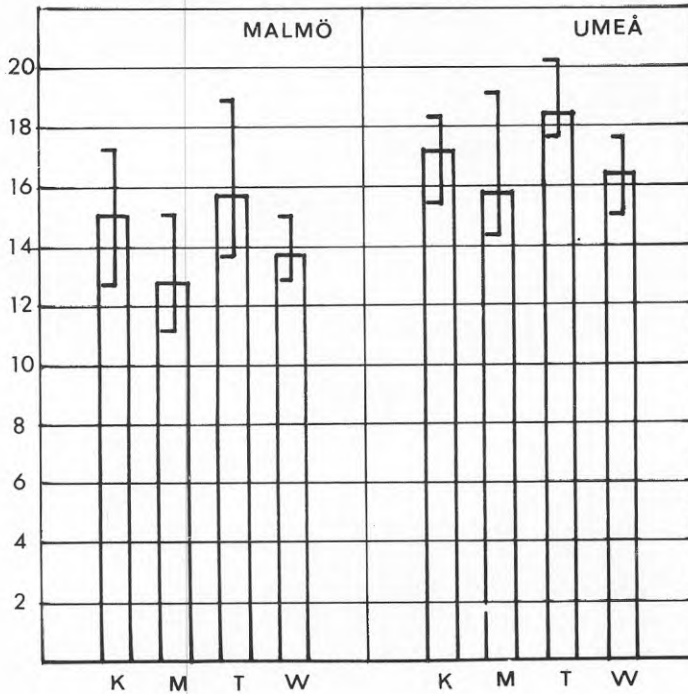


Fig 17

Totalförbrukning av betald energi korrigerad till normalår och 20<sup>o</sup> innetemperatur. Medelvärde för respektive hustyp samt högsta och lägsta uppmätta årsförbrukning

Om energiförbrukningen ställs i relation till husens storlek blir Wattstugan hustypen med lägsta förbrukning per enhet. Detta gäller båda orterna och både om förbrukningen sätts i relation till area och volym. Rangordningen blir sedan Kuben, Trä Kronor, Megaron. TAB 26.

TAB 26. Total förbrukning av betald energi per yt- och volymsenhet. Medelvärden i Umeå och Malmö. kWh, normalår, + 20<sup>o</sup> C innetemp

	kWh/m <sup>2</sup> bruksarea		kWh/m <sup>3</sup> byggn.volym	
	Malmö	Umeå	Malmö	Umeå
Kuben	121	138	54	61
Megaron	136	167	56	69
Trä Kronor	135	159	58	67
Wattstugan	115	137	48	57

En tidigare erfarenhet är att energiförbrukningen brukar vara något högre under första användningsåret än senare (c:a 10 % har angivits). I detta material är förhållandet det motsatta. Endast i ett fall har förbrukningen sjunkit från första till andra året (Megaron i Malmö). Mest markant är ökningen i Trä Kronor i Malmö, där samtliga hus har ökat förbrukningen. För övriga husgrupper är ökningen mer blygsam. TAB 27. En anledning till att förbrukningen inte minskat utan ökat andra året kan vara de boendes beteende "Man flyttade in i ett resurssnålt småhus och betedde sig där-efter. Andra året hade motivationen avtagit".

TAB 27. Total förbrukning av betald energi år 1 och år 2  
Medelvärden. kWh, normalår, + 20<sup>o</sup> C innetemp

	Malmö		Umeå	
	År 1	År 2	År 1	År 2
Kuben	15.063	15.069	16.882	17.492
Megaron	12.978	12.784	15.374	16.296
Trä Kronor	14.971	16.583	18.113	18.870
Wattstugan	13.643	13.939	16.363	16.402
Medelvärde	14.163	14.593	16.683	17.265

#### 4.2.4 Hushållsenergi

Förbrukningen av hushållsenergi i de enskilda husen resp år redovisas i TAB 17-24. Analys av boendevanornas inverkan på hushållsförbrukningen redovisas i kap 6.4.

Vid jämförelse mellan hustyperna har Megaron i genomsnitt markant lägre förbrukning per hushåll än övriga. Trä Kronor har den högsta snittförbrukningen, 6.336 kWh, vilken är hög också i jämförelse med resultat från andra undersökningar. De höga värdena i Malmö - som höjer det sammantagna medelvärdet - kan förklaras av att man utnyttjat hushållsenergi för att värma upp "glasburen". Vid jämförelse med de övriga husen kan denna uppvärmning i Malmö-husen uppskattas till i genomsnitt 2500 kWh.

Förbrukningen av hushållsenergi ligger genomgående för samtliga hustyper något högre i Malmö än i Umeå - i genomsnitt drygt 1000 kWh/år inklusive och drygt 600 kWh/år exklusive Trä Kronor-husen. Variationsskillnaden mellan enskilda hus är större i Malmö än Umeå - 111 % av medelvärdet respektive 96 %. TAB 28.

TAB 28. Förbrukning av hushållsenergi i de olika hustyperna i Umeå och Malmö. Medelvärden. kWh

	Malmö	Umeå	Samtliga
Kuben	5.947	5.366	5.648
Megaron	4.602	3.359	3.981
Trä Kronor	7.464	5.208	6.336
Wattstugan	5.581	5.509	5.545
Samtliga	5.895	4.860	5.377
Variationsvidd 111 %		96 %	146 %

#### 4.2.5 Varmvatten

Förbrukningen av varmvatten i de enskilda husen respektive år framgår av TAB 17-24. Analys av boendevanornas inverkan på varmvattenförbrukningen redovisas i kap 6.4.

I husen Megaron och Wattstugan har varmvattnet producerats via en frånluftsvärmepump som också medverkat i uppvärmningen. Fördelningen mellan energi för varmvatten respektive uppvärmning har inte mätts. För varmvattnet har valts schablonen 2000 kWh köpt energi, vilket förutsätts motsvara 4000 kWh använd energi och årsvärmefaktorn 2,0.

Medelvärdet av samtliga uppmätta årsförbrukningar för Kuben och Trä Kronor var 3.698 kWh. Spridningen är stor. Den lägsta uppmätta årsförbrukningen var 1.921 kWh och den högsta 5.800 kWh. Det motsvarar variationsvidden 105 % av medelvärdet.

Totalt sett är skillnaden i förbrukning mellan hus typerna liten. Förbrukningen av varmvatten är i genomsnitt 15 % lägre i Umeå än i Malmö. Variationsvidden mellan enskilda hus är större i Umeå än i Malmö - 105 respektive 74 % av medelvärdet. TAB 29.

TAB 29. Förbrukning av energi till varmvatten i de olika hus typerna i Malmö och Umeå. Medelvärden. kWh. Värden (2000) avser schablonvärden som valts i hus med värmepump för bode varmvattenberedning och uppvärmning

	Malmö	Umeå	Samtliga
Kuben	3.685	3.799	3.742
Megaron	(2.000)	(2.000)	(2.000)
Trä Kronor	4.322	2.987	3.654
Wattstugan	(2.000)	(2.000)	(2.000)
Samtliga	4.003 (3001)	3.393 (2321)	3.698 (2849)
Variationsvidd	74 %	105 %	105 %

#### 4.2.6 Värme. Uppvärmning

Den köpta energin för värmesystemet kan anses som den tilläggsenergi som behövs sedan annan tillförd energi och gratisenergin utnyttjats. Värmeenergin varierar därför bl a med den förbrukade mängden hushållsenergi.

Värmeenergin vid normalår och 20°C innetemperatur ("Värme, normal") är högst i Megaronhusen. Kuben har låga värden. Medelvärdet för samtliga hus är 7.451 kWh - 5.481 kWh för Malmöhusen och 9.424 för Umeå-husen. TAB 30.

Medelvärdet av all den köpta energin för uppvärmning vid normalförhållanden ("Uppv. + 20, normal") är av samma storlek för samtliga hus typer. Medelvärdet för samtliga hus är 10.584 kWh och skillnaden mellan hus typ med högsta och lägsta värde 778 kWh - variationsvidden 7 % av medelvärdet. Värdet för Malmö-husen är 8.602 kWh och för

Umeå-husen 12.566 kWh. Spridningen är liten - med variationsvidden 15 % av medelvärdet i Malmö och 9 % i Umeå. TAB 30.

TAB 30. Köpt energi för uppvärmning i de olika hustyperna i Malmö och Umeå. Medelvärden. kWh. Normalår, + 20° C innetemp.  
 "Värme, normal" = köpt energi till värmesystemet  
 "Uppv +20, normal" = All tillförd, köpt energi till uppvärmning

	"Värme, normal"			"Uppv + 20, normal"		
	Malmö	Umeå	Samtliga	Malmö	Umeå	Samtliga
Kuben	5.434	8.022	6.728	9.234	11.980	10.607
Megaron	6.287	10.476	8.381	7.969	12.213	10.091
Trä Kronor	3.991	10.296	7.143	8.746	12.991	10.869
Wattstugan	6.208	8.902	7.555	8.458	13.083	10.770
Samtliga	5.480	9.424	7.451	8.602	12.566	10.584

Den procentuella delen köpt energi till värmesystemet av all köpt energi till uppvärmning varierar för de olika hustyperna mellan 63 - 83 %, räknat på medelvärdena. Sambandet mellan hushållsförbrukningen och energin till värmesystemet är uppenbar. Trä Kronor i Malmö med extremt hög hushållsförbrukning har låg andel energi till värmesystemet. Megaronhusen med låg hushållsförbrukning kräver mycket energi till värmesystemet. Husen i Umeå kräver i genomsnitt högre andel energi till värmesystemet än Malmöhusen. Wattstugan utgör ett undantag. FIG 18.

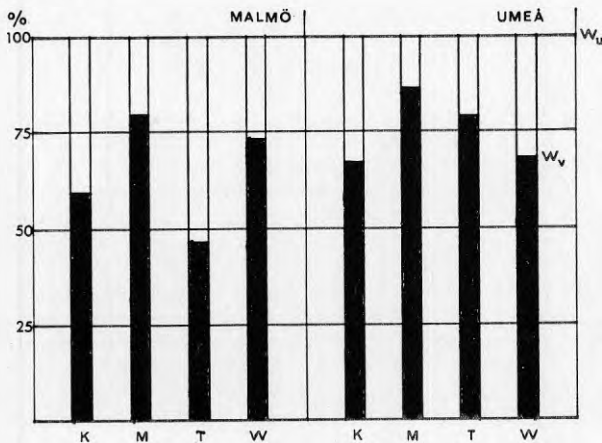


Fig 18  
 Köpt energi till värmesystemet som procent av köpt energi för uppvärmning.  
 $W_v$  i % av  $W_u$

Av totala köpta energin går 63 % till uppvärmning i Malmö och 73 % i Umeå. Förhållandet för de enskilda husen redovisas i FIG 9 - 16.

#### 4.2.7 Jämförelse med teoretisk förbrukning

Den beräknade genomsnittliga förbrukningen av köpt energi vid normalförhållanden var 13.873 kWh, medan motsvarande uppmätta förbrukning var 15.681 kWh - 13 % högre. TAB 31.

Utom Kuben i Umeå har alla hustyper större uppmätt förbrukning än den teoretiskt beräknade. Av de enskilda husen hade 20 av 24 högre uppmätt förbrukning än beräknad.

Wattstugan var den hustyp som avvek mest från de beräknade förutsättningarna - genomsnittligt 24 % - medan Kuben avvek minst - genomsnittligt 2 %. Husen med värmepumpar, Megaron och Wattstugan, hade 20 % högre förbrukning än förväntat, medan husen utan sådant system hade 9 % högre förbrukning.

I Malmö var den uppmätta förbrukningen 17 % större än den beräknade och i Umeå 10 % större.

TAB 31. Beräknad och uppmätt total förbrukning av köpt energi för de olika hustyperna i Malmö och Umeå. Medelvärden. kWh

	Malmö		Umeå	
	Beräkn	Uppmätt	Beräkn	Uppmätt
Kuben	14.171	15.066 (+6 %)	17.556	17.190 (- 2%)
Megaron	10.784	12.890 (+20%)	14.163	15.835 (+12%)
Trä Kronor	13.373	15.776 (+18%)	16.417	18.491 (+13%)
Wattstugan	10.647	13.790 (+29%)	13.828	16.411 (+19%)

En jämförelse mellan beräknad och uppmätt förbrukning av köpt energi för uppvärmning visar att den uppmätta energin avviker från den beräknade med mellan -8,5 och +19 % för de olika hustyperna. Detta om hänsyn tas till värmepumparnas beräknade besparing av uppvärmningsenergi. TAB 32.

Totalt för hela materialet, är den uppmätta energin 8 % högre än den beräknade om hänsyn tas till värmepumparnas beräknade effekt. Jämfört med energibalansberäkningen utan hänsyn till värmepumparnas tillskott (Tab 15) är den uppmätta energin 0,2 % lägre än den beräknade.

Liksom för totalenergin har Kuben sammantaget lägre verklig förbrukning jämfört med den beräknade, medan övriga hus, samtliga har högre verklig förbrukning än beräknad. Om hänsyn inte tas till värmepumparnas beräknade tillskott har både Megaron och Wattstugan lägre verklig förbrukning än beräknad. Trä Kronor har sammantaget krävt 11 % mer uppvärmningsenergi än beräknat.

TAB 32. Beräknad och uppmätt förbrukning av köpt energi för uppvärmning. Olika hustyper i Umeå och Malmö Medelvärden kWh.

Beräknad = Förluster - Gratisenergi från sol och personvärme - Antagen besparing i värmesystemet med värmepump.

Uppmätt = "Uppv + 20 normal"

% = Procentuell avvikelse från Beräknad

	Malmö		Umeå	
	Beräknad	Uppmätt	Beräknad	Uppmätt
Kuben	9003	9234 (+2,5 %)	13.091	11.980 (-8,5 %)
Megarön	7969	7572 (+ 5 %)	10.782	12.213 (+ 13 %)
Trä Kronor	8069	8746 (+ 8 %)	11.458	12.991 (+ 13 %)
Wattstugan	7494	8458 (+13 %)	10.951	13.083 (+ 19 %)

#### 4.2.8 Jämförelse mellan Malmö och Umeå

Den genomsnittliga totalförbrukningen i Malmö är 14.380 kWh mot 16.981 i Umeå. Den är 18 % högre i Umeå. Räknat på totala köpta energin för uppvärmning är förbrukningen 46 % högre i Umeå. FIG 19.

Jämför man medelvärdet av den graddagsberoende energiförbrukningen för samtliga hus i Umeå med samtliga hus i Malmö blir kvoten  $12.566/8.602 = 1,46$ . Ett hus i Umeå har dragit 46 % mer köpt energi för uppvärmning än ett hus i Malmö. Om man jämför de aktuella graddagarna i Malmö och Umeå blir kvoten  $5.738/3.749 = 1,53$ . Husen i Umeå bode ha förbrukat 53 % mer köpt energi för uppvärmning än Malmö-husen. Skillnaden innebär att Malmö-husen förbrukat något mer energi per graddag än Umeå-husen 2,29 mot 2,19 kWh.

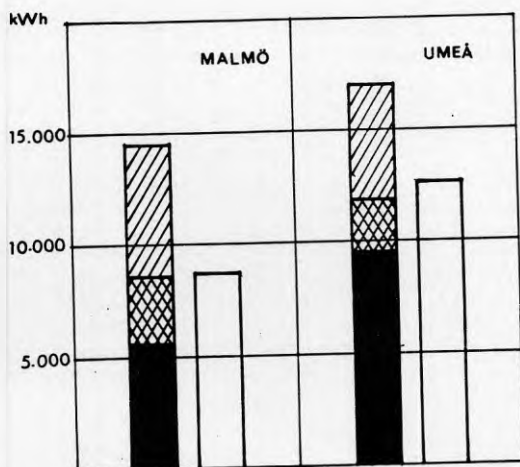


Fig 19  
Jämförelse av förbrukad köpt energi i Malmö och Umeå. Samtliga hus normalår, +20°C inne



## 5 HUSENS TEKNISKA FUNKTION

För att erhålla en mer ingående bild av husens funktion har koncentrerade mätinsatser genomförts i två Umeå-hus - Trä Kronor och Wattstugan. Avsikten har varit att kartlägga det tekniska inomhusklimatet med avseende på fördelningen och gradienter av innetemperaturen vid olika utetemperaturer.

### 5.1 TRÄ KRONOR

Två mätperioder har förekommit, en på hösten och en på vintern. Mätinsatsen under vintern omfattade totalt 590 timmar av kontinuerlig mätning. Utetemperaturen under perioden varierade mellan +2 till -20° C. De boende utgjordes av två vuxna samt ett spädbarn.

#### Temperaturgradienter

Den största temperaturgradienten har uppmätts centralt i husets bottenvåning. Skillnaden i temperatur, mätt vid 10 och 200 cm ovan golv, var av storleksordningen 3° C. FIG 20.

I genomsnitt visar en linjär anpassning till mätdata att för utetemperaturen -20° C var skillnaden 3,6° C och vid 0° C var skillnaden 2,7° C. Motsvarande mätning centralt på plan 2 visar att temperaturskillnaden var betydligt mindre än på plan 1. Vid -20° C var skillnaden 0,5° C och vid 0° C var skillnaden 0,3° C. FIG 21.

Orsaken till de uppmätta förhållandena beror på avkylning från grundplatta (plan 1), planlösningen i form av öppen trappa och på dålig genomventilering. Med det senare avses tilluftdonens förmåga att sprida inkommande luft. Avkylning från grundplattan var emellertid inte extrem. Mätning av golvyttemperaturen på plan 1 visade som lägst 15,5° C, i genomsnitt, vid -20° C utetemperatur. Vid denna utetemperatur har lokala golvyttemperaturer ner till 13° C uppmätts i tvättstugan.

#### Temperaturer i "solrummet"

Lufttemperaturen i det till huset anslutna "solrummet" har mätts. Ingen uppvärmning förekom i denna sektion. Under perioder med låg solinstrålning var temperaturen 4-6° C varmare i detta utrymme jämfört med utetemperaturen. Nyttiggörandet av överskottsvärme från "solrummet" under perioder med hög solinstrålning har undersökts.



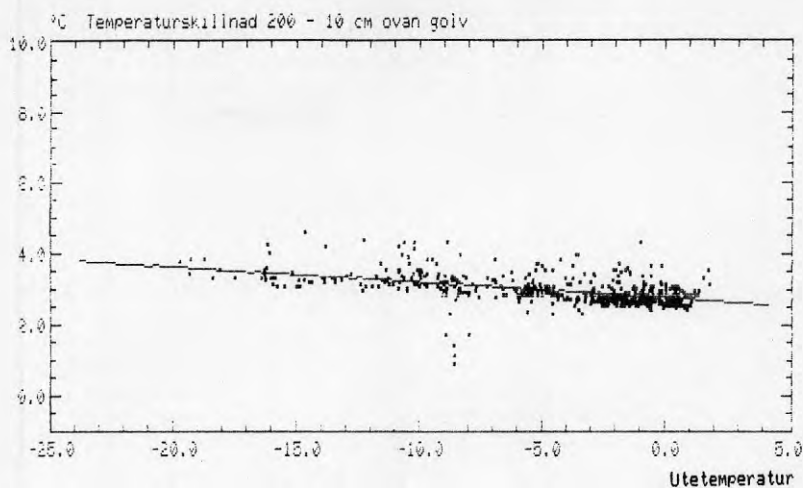


Fig 20

Trä Kronor. Temperaturskillnad mellan 10 och 200 cm över golv vid olika utetemperatur. Centralt i botten-våning

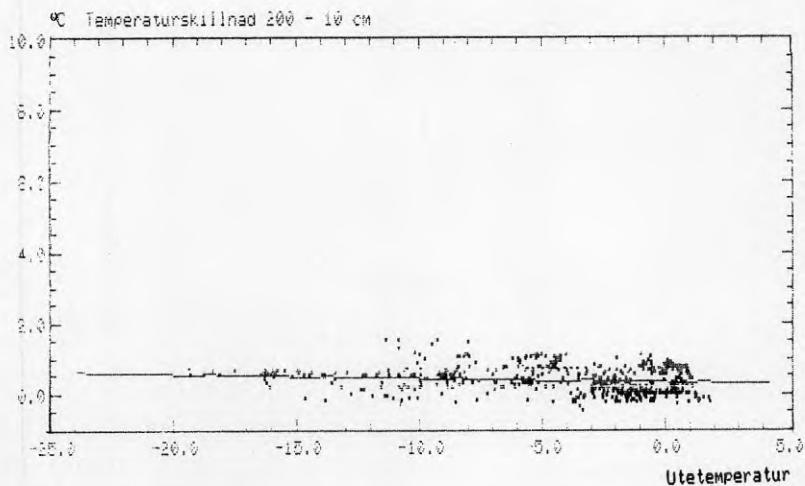


Fig 21

Trä Kronor. Temperaturskillnad mellan 10 och 200 cm över golv vid olika utetemperatur. Centralt i över-våningen

Analys av korskorrelationen, med tidsförskjutningar upp till 20 timmar, mellan solrummets lufttemperatur och de övriga temperaturmätningarna visade att utnyttjandet av "gratisenergin" var obefintlig. I nuvarande utformning finns inget distributionssystem för värmeutbyte mellan solrummet och den övriga huskroppen. Värmeutbyte kan endast ske via konvektion om balkongdörren på respektive plan öppnas.

### Tilluftstemperatur

Tilluftens inblåsningstemperatur vid varierande utetemperatur har mätts, FIG 22. Trots stora variationer i sambandet kan man, som väntat, konstatera att tilluftstemperaturen ökar vid sjunkande utetemperatur.

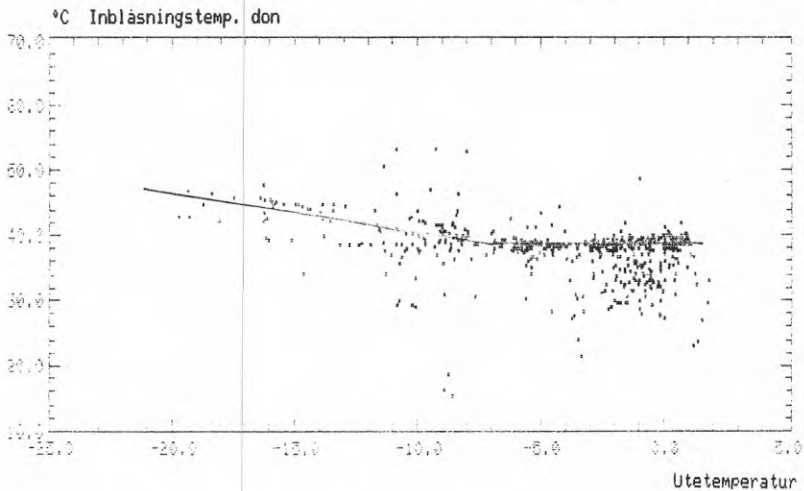


Fig 22

Trä Kronor. Tilluftens inblåsningstemperatur vid olika utetemperatur

### Värmeteknisk funktion

Stor variation i tilluftens inblåsningstemperatur förekom och visade sig bero på felaktig reglerfunktion av styrningen till luftvärmarna. FIG 23. Exempel i figuren visar tilluftstemperaturen för 5 dygn (00 anger midnatt) där temperaturen, under senare delen av dygn 2, utan anledning stiger till över 60° C. Ute-temperaturen vid motsvarande tillfälle varierade mellan +15 till +17° C. Förutom denna felfunktion var en annan orsak placeringen av givaren som styr behovet av uppvärmning. Givaren var lågt placerad i närheten av entrédörren och därmed känslig för korta temperaturändringar orsakade av t ex att dörren öppnades.

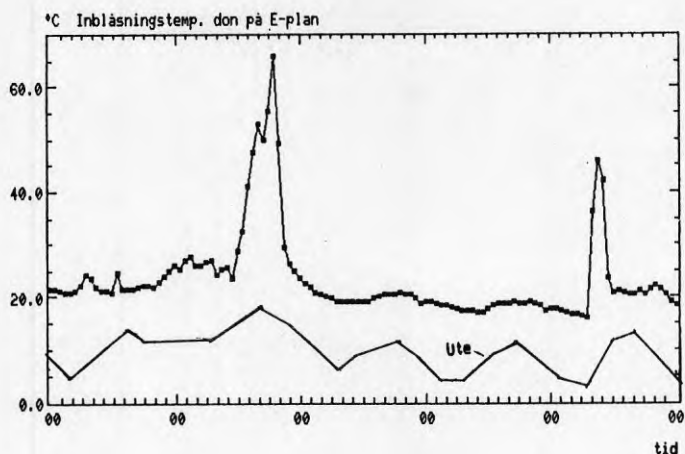


Fig 23  
Trä Kronor. Tillluftens inblåsningstemperatur under fem dygn. Bottenvåning 00 = Midnatt.

#### De boendes synpunkter

De boende ansåg att riktigt varmt i huset blir det först vid utetemperaturer ner mot  $-20^{\circ}\text{C}$ . Vidare påpekade man svårigheten med att kunna påverka och styra temperaturen i olika rum, temperaturen på plan 2 är ofta för hög,  $23-25^{\circ}\text{C}$ . Även möjligheten att ändra husets innetemperatur är begränsad av ett alltför känsligt termostatvred.

#### Slutsatser

Det luftburna värmesystemet resulterar i stora temperaturgradienter på bottenplanet och svårigheter att påverka en övertemperering av det övre planet. Tillsammans ger dessa "egenskaper" ett dåligt termiskt inomhusklimat som indikerar att luftburen värme inte bör tillämpas i hus med två plan.

Givaren, som kallar på behovet av värme, bör placeras mera centralt i huset och inte som befintligt i närheten av entrédörren. Detta ger upphov till onödig energiförbrukning i elvärmarna för tilluften när dörren öppnas.

I dess nuvarande utformning tillför inte den inglasade sektionen gratisenergi, soluppvärmning, till huset i övrigt. Här finns emellertid potential för att sänka energiförbrukningen genom installation av ett distributionsystem för påtvingad konvektion.

Slutligen kan konstateras, att möjligheterna var mycket begränsade vad gäller reducering av köpt värmeenergi för nyttigtgörande av periodvis gratisenergi. Ett känsligt termostatvred innebär att man inte ändrar från en funnen idealinställning förrän eluppvärmningen helt kan slås av. Ett mera flexibelt reglersystem skulle sannolikt bidra till lägre energiförbrukning.

## 5.2 WATTSTUGAN

Mätinsatsen omfattade totalt 600 timmar av kontinuerlig mätning. Utetemperaturen under perioden varierade mellan  $-2$  till  $-18^{\circ}\text{C}$ . De boende utgjordes av två vuxna och tre barn.

### Temperaturgradienter

Temperaturgradienterna (200 och 10 cm) vid olika utetemperaturer mättes i vardagsrummet i bottenvåningen, FIG 24, och i hallen i övervåningen, FIG 25. Temperaturskillnaderna är likvärdiga på de två planen. Den linjära anpassningen av mätdata visar att vid utetemperaturen  $0^{\circ}\text{C}$  är de uppmätta temperaturgradienterna försumbara.

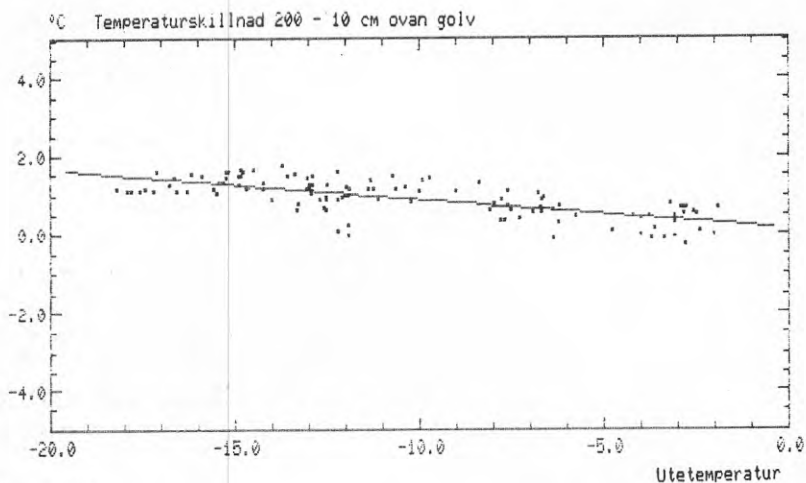


Fig 24

Wattstugan. Temperaturskillnad mellan 10 och 200 cm över golv vid olika utetemperatur. Centralt i bottenvåning

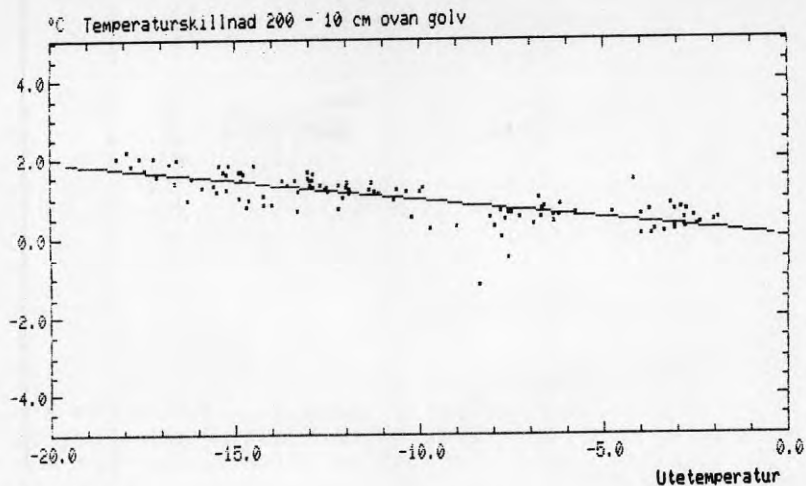


Fig 25  
Wattstugan. Temperaturskillnad mellan 10 och 200 cm över golv vid olika utetemperaturer. Centralt i övervåning

#### Tilluftstemperaturer

Jämfört med Trä Kronor, FIG 22, där temperaturen ökade med sjunkande utetemperatur, minskade i detta fall tillluftens temperatur med sjunkande utetemperatur. FIG 26. Detta är givetvis inte önskvärt men elradiatorer upprätthåller ett acceptabelt inomhusklimat vid dessa förhållanden.

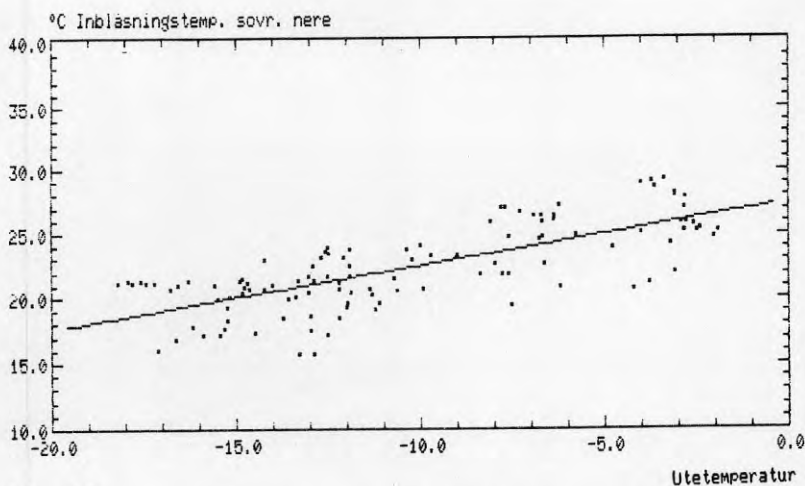


Fig 26  
Wattstugan. Tillluftens inblåsningstemperatur vid olika utetemperatur

### Golvtemperaturer

Golvytans temperatur har mätts lokalt i bottenvåningen - centralt i huset, i kök samt i sovrum 0,5 m från yttervägg. Centralt varierade golvtemperaturer mellan 20 till 22° C vid utetemperaturer inom intervallet -18 till -2° C. I köket uppmättes en medeltemperatur på 16,5° C medan den lägsta temperaturen i sovrummet var 11,5° C.

### Värmeteknisk funktion

Husets uppvärmning sköts av elradiatorer samt av ett luftvärmesystem baserat kring en frånluftsvärmepump. Frånluftsvärmepumpen fungerar som bas medan elradiatorerna utgör tillsatsvärme. Inkommande tilluft förväms av vattenburen cirkulation mellan värmepump och luftväxlare. Värmepumpen bereder även tappvarmvatten.

Enbart temperaturmätningar har utförts på systemet. Dessa omfattar temperaturfallet över förångaren, cirkulationsledningens fram- och returtemperaturer samt tillluftens temperatur efter luft/vattenväxlaren. Temperatursänkningen av frånluften i värmepumpens förångare har sammanställts i FIG 27.

Vid ett uppskattat frånluftsflöde på 150 m<sup>3</sup>/h och med specifikationer (effekter) enligt datablad över värmepumpen varierar värmefaktorn mellan 1,7 och 2,5, FIG 28. Systemvärmefaktorn var 2,3 och som framgår var värmepumpen i drift större delen av dygnet, med undantag av kortare stillestånd före midnatt. Temperaturverkningsgraden i luft/vatten-växlaren uppvisade en hög nivå, 77 %, oberoende av utetemperaturen.

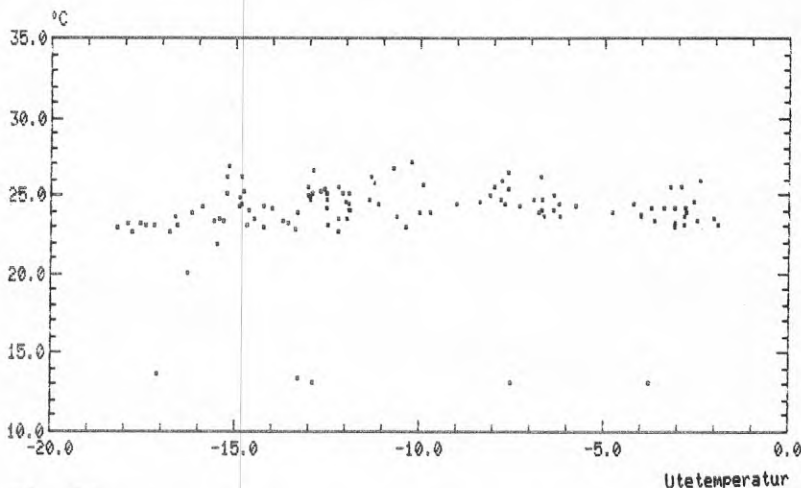


Fig 27

Wattstugan. Temperaturfall över värmepumpens förångare vid olika utetemperatur

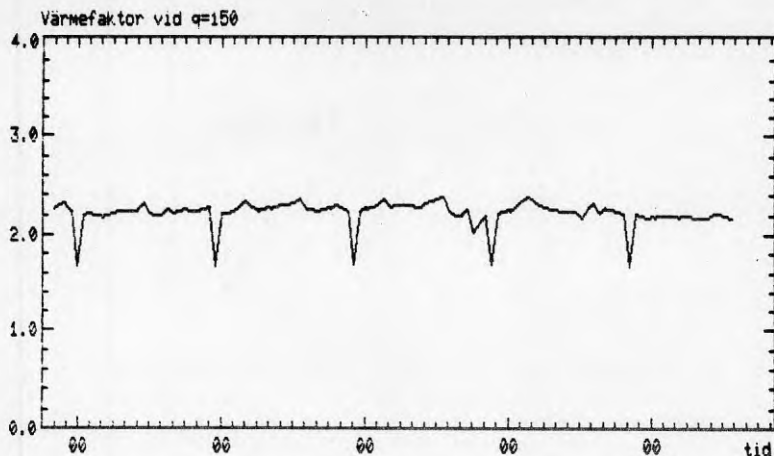


Fig 28  
Wattstugan. Värmefaktor vid frånluftsflöde  $150 \text{ m}^3/\text{h}$   
under 5 dygn. Utetemperatur  $-2 - -18^\circ \text{ C}$  00 = midnatt.

### Slutsatser

Temperaturskillnader mellan golv och tak är likartade centralt på entréplanet och övervåningen. Tilluftens inblåsningstemperatur minskar vid sjunkande utetemperatur, vilket sannolikt bidrar till lägre gradienter jämfört med vad som var fallet i Trä Kronor. Även radiatorerna utgör en utjämnande faktor för temperaturgradienter.

Golvtemperaturer på  $11-12^\circ \text{ C}$  är oacceptabla i moderna hus, även om det är fråga om lokala ytor i anslutning till yttervägg. En möjlighet är att den låga golvtemperaturen i detta fall orsakades av lokala otätheter.

Utförda mätningar på värmepump och växlare visar att dessa enheter fungerade bra. Drifttiden för värmepumpen var god med endast kortare stillestånd. Detta tyder på en väl anpassad dimensionering av anläggningen. Isoleringen på kanaler för inkommande uteluft till luft/vatten-växlaren var bristfällig. Vid låga utetemperaturer bildades kraftig kondens - is - som resulterade i olägenheter där växlaren var placerad.



6 BOENDEVANOR

## 6.1 HUSHÅLLEN

Genomsnittshushållet bestod i slutet av mätperioden av c:a 3,8 personer (4 i Umeå och 3,6 i Malmö). Den dominerande familjetypen var ung, med yngsta barnet i förskoleåldern. Tre hushåll kan betecknas som tonårsfamiljer, där yngsta barnet var 13 år eller över. Tre hushåll bestod av enbart vuxna. Det är alltså två tämligen homogena och jämförbara hushållsgrupper vi haft att arbeta med.

Bland männen dominerade lägre tjänstemannayrken, endast ett fåtal var egna företagare eller högre tjänstemän. Samtliga kvinnor hade lönearbete eller var föräldralediga, men endast fem var heltidsanställda. Socialgruppering, definierad utifrån männens sysselsättning, var något mera varierad än utifrån kvinnornas. Dessa arbetade i huvudsak i kontors- eller vårdyrken.

Arton av familjerna hade tidigare bott i lägenhet. Intresset för energifrågor var tämligen ljust, endast i sex hushåll ansåg man att energisparande var viktigt. De uppgav också att de försökte följa med i debatten om energiförsörjningen. Knappt hälften ansåg sig ha "ett visst intresse", medan resten - 9 hushåll - sade sig vara tämligen ointresserade. Anledningen till att man valt att bo i dessa energisnåla småhus, var alltså inte önskan att spara energi. I stället hade läge, utseende, storlek och planlösning fällt utslag.

Intresset för teknik var något större. Tio (män) ansåg sig vara klart intresserade av de tekniska lösningarna och deras skötsel. De hade också i flera fall ett yrkesmässigt intresse av teknik. Merparten var dock måttligt, eller inte alls, intresserade av tekniken. De utgick dock från att de skulle klara av att handskas med den.

Problem med inomhusklimatet upplevs särskilt av personer med allergiska besvär och därför noterades även sådana. I fem av hushållen fanns barn och/eller vuxna som reagerade på t ex damm och mögel. Besvären varierade, från irriterade slemhinnor till astma.

Sammanfattningsvis kan man påstå att hushållen i projekthusen är "som folk är mest". Vare sig demografiskt eller socialt kan gruppen anses ha egenskaper som skulle påverka boendevanorna, med avseende på energiförbrukning, i någon bestämd riktning. Inte heller finns det några samband mellan sociala och socioekonomiska faktorer och val av hus.

## 6.2 VATTEN OCH VARMVATTENFÖRBRUKNING

### 6.2.1 Schabloner och verklig förbrukning

Hittills gjorda boendevanestudier (t ex Lundström 1982, Jonson-Gisselberg 1981, Gaunt 1985) visar på klara samband mellan total vattenförbrukning och varmvattenförbrukning. Varmvattnets andel av den totala förbrukningen brukar anges till 30-35 % (SOU 1975:61) men detta förutsätter en förbrukning av 55-60 m<sup>3</sup> per person och år i villahushåll, vilket torde vara en alltför hög siffra. I ovan nämnda undersökningar nådde förbrukningarna endast i undantagsfall över 60 m<sup>3</sup> person/år och genomsnittet låg på 40-45 m<sup>3</sup>. Medelförbrukningen i denna undersökning ligger på 41 m<sup>3</sup> person/år. Detta skall relateras till en genomsnittlig varmvattenförbrukning av c:a 890 kWh person/år.

Det innebär att schablonen 1000 kWh person/år skulle vara något för hög när det gäller villabeonde. Som genomsnitt för all varmvattenförbrukning kan den däremot vara riktig. Detta antagande kan illustreras med en sammanfattning av en spontan kommentar i åtta av hushållen, då frågan om ändrade boendevanor kom på tal: "Ja, nu låter man ju inte kranen stå och rinna"!

Schablonberäkning är aktuell i hustyperna Wattstugan och Megaron, där det integrerade uppvärmnings- och ventilationssystemet möjliggör separat mätning av varmvattenförbrukningen. För jämförelsens skull har tre olika schabloner använts. TAB 33.

Den genomsnittliga vattenförbrukningen per person i Trä Kronor + Kuben ligger till grund för schablonen 22 kWh/m<sup>3</sup>.

Schablonen 22 kWh/m<sup>3</sup> vattenförbrukning ger ett genomsnitt för de hushåll där vi kunnat jämföra med tekniska mätvärden på 890 kWh person/år, vilket överensstämmer väl med våra erfarenheter från tidigare undersökningar. För Wattstuge- och Megaronhushållen blir beräkningen 870 kWh person/år. Avvikelserna från genomsnittet blir märkbara då hushållen har en extremt hög eller låg vattenförbrukning. TAB 34.

TAB 33. Varmvattenförbrukning - olika schablonberäkningar. Olika hushåll i Malmö och Umeå

		Schablonvärden			
		1000 kWh/ person	880 kWh/ person	22 kWh/m <sup>3</sup> vatten	
<b>Wattstugan och Megaron</b>					
Wattstugan Umeå	1	5000	4400	3256	
	2	4000	3220	3960	
	3	4000	3220	3388	
Malmö	1	2000	1760	3608	(obs, extr va-förbr)
	2	5000	4400	5830	
	3	4000	3220	3872	
Megaron Umeå	1	2000	1760	1958	
	2	3000	2640	2288	
	3	4000	3220	2328	
Malmö	4	4000	3220	2068	
	9	2000	1760	1474	
	10	3000	2640	2200	

JÄMFÖRELSETAL

**Trä Kronor och Kuben**

Trä Kronor Umeå	1	3000		2877	
	2	3000		2856	
	3	4000		3404	
Malmö	5	5000		5811	
	6	4000		3188	
	8	3000		4184	(hög va- förbr)
Kuben Umeå	1	5000		2801	(lägsta va- förbr per person)
	2	5000		3219	
	3	6000		5174	
Malmö	11	4000		3585	
	12	4000		4208	
	13	4000		3207	

GENOMSNIITT

Trä Kronor + Kuben	3700 kWh/hush/år,	890 kWh/pers/år	
Wattstugan + Megaron	3060	"-"	, 870
Umeåhushållen	c:a 3200	"-"	"-"
Malmöhushållen	c:a 3600	"-"	"-"

TAB 34. Genomsnittsförbrukningen av vatten och energi till varmvatten år 2. Olika hustyper i Malmö och Umeå

	Total vattenförbr		Energiförbr		
	Per hush m <sup>3</sup>	Per pers m <sup>3</sup>	Per hush kWh	Per pers kWh	Per hust kWh
<b>Kuben</b>					
Umeå	170	33	3731	700	
Malmö	160	41	3667	920	790
<b>Megaron</b>					
Umeå	110	36	2360	790	
Malmö	90	29	1915	640	715
<b>Trä Kronor</b>					
Umeå	130	39	3046	915	
Malmö	210	53	4394	1100	1010
<b>Wattstugan</b>					
Umeå	160	37	3535	815	
Malmö	200	55	4437	1210	995
Totalt	154	40	3385	890	
Umeå	143	36	3170	800	
Malmö	166	45	3600	980	

Energiförbrukningen för varmvatten anges i olika utredningar och prognoser till mellan 20-30 procent. De här uppmätta värdena (Trä Kronor och Kuben) visar på ett genomsnitt av 22 procent. En jämförelse mellan bostads-orterna för Umeå-hushållen en andel på 18 procent, medan Malmö-hushållen kommer upp i 26 procent. Detta är en rimlig skillnad med avseende på uppvärmningsenergin i Umeå-husen. Man kan dock dra en slutsats av detta, nämligen att nivån 30 procent också torde vara för hög, även i de småhus som byggts enligt högsta norm för isolering, och därför har en lägre förbrukning av uppvärmningsenergi.

Fotnot: Gaunt (1985) uppskattar ökningen av energi för varje ytterligare m<sup>3</sup> vatten till c:a 30 kWh. Enligt teoretiska beräkningar skulle alltså den slutliga energiökningen ligga på 25-27 kWh/m<sup>3</sup>. I denna undersökning har man dock inte haft separat mätning av varmvattenenergin, utan grundat beräkningarna på den totala energiförbrukningen.

### 6.2.2 Varmvattenförbrukning - boendevanorna

Dusch, bad och disk är i tur och ordning de stora energislukarna på varmvattensidan. Boendevanorna i badrum och kök har registrerats genom att man i enkät angav dels antal duschar per person och vecka, dels hur lång tid varje dusch brukade ta. TAB 35.

De flesta av oss har rutiner i sin tillvaro, och "brukar" är därför ett användbart begrepp. I flertalet hushåll har vi också funnit god överensstämmelse mellan energiförbrukning beräknad på boendevanorna, och fak-

tiskt uppmätt/schablonberäknad förbrukning. Större avvikelser har närmare studerats och torde bero på något oprecisa uppgifter. Inom ramen för denna undersökning hade vi inte möjlighet att kontrollera mera ingående.

Wattstugan 1 och Trä Kronor 3 i Malmö:

Den höga vattenförbrukningen visar på en underskattning av framför allt antalet duschminuter. Även om hushållet är litet, förefaller de vara lågt räknade.

Wattstugan 2, Kuben 2, 3, Trä Kronor 1 i Malmö:

Här har vi sannolikt den motsatta förklaringen. Även om tonåringar är omvittnat slösaktiga med varmvatten, är kanske 20 min/dusch och dag i mesta laget!

Sambanden mellan hög vattenförbrukning, hög energiförbrukning och något vidlyftiga boendevanor är dock entydiga. Dessa samband kvarstår även vid beräkning per person. I genomsnitt överstiger boendevaneberäkningen den faktiska förbrukningen med 10-15 procent.

Att beräkna förbrukning utifrån boendevanor är endast intressant i de fall man inte kan mäta förbrukningen på teknisk väg. Om man då skall använda schablon eller ut-sagor är ett metodologiskt problem som behöver prövas ytterligare.

TAB 35. Jämförelse mellan uppmätt energiförbrukning för varmvatten, vattenförbrukning och beräknad förbrukning med hänsyn till boendevanor. Olika hushåll i Malmö och Umeå

Förbrukning av energi till varmvatten							
Uppmätt/beräknad		Boendevanor - beräknad					
	KWh/år	Vatten m <sup>3</sup> /år	Disk- maskin/v	kWh	Övrigt	Hygien Duschmin/v	kWh/år totalt
<b>MALMÖ</b>							
Kuben 1	3585	163	3	576	800	53	3352
2	4208	190	4	768	800	140	5272
3	3207	137	4	768	800	35	2768
Megaron 1	2068	94	-	600	800	85	4280
2	1474	67	-	300	400	45	2236
3	2200	100	4	768	600	37	2616
Trä Kr 1	5811	245	10	1920	1000	123	7048
2	3188	207	-	600	800	62	3464
3	4184	178	-	450	600	40	2394
Wattst 1	3608	164	3	576	400	30	1984
2	5830	265	9	1728	1000	143	7528
3	3872	176	-	600	800	68	3704
<b>UMEÅ</b>							
Kuben 1	2801	133	4	768	1000	80	4456
2	3219	172	7	1344	1000	45	3880
3	5174	221	9	1728	1000	130	7096
Megaron 1	1958	83	3	576	400	27	1888
2	2288	104	-	450	600	85	3882
3	2838	129	4	768	600	90	4392
Trä Kr 1	2877	101	-	450	600	45	2586
2	2856	130	3	576	600	45	2712
3	3404	160	4	768	800	45	3104
Wattst 1	3256	148	-	750	1000	56	3622
2	3960	180	-	600	800	94	4568
3	3388	154	5	960	800	45	3296

#### Beräkningsgrunder:

- Beräknad förbrukning Wattstugan och Megaron = 22 kWh/m<sup>3</sup> vatten
- Maskindisken har räknats på schablonen 4 kWh/maskin. Detta inkluderar torkning. Handdisken beräknas till 150 kWh/person och år.
- "Övrigt" är varmvatten för all användning utöver den specificerade, schablon 200 kWh/person och år
- Dusch har beräknats till 0,7 kWh per minut. Bad har omräknats till 5 (vuxna) respektive 2,5 (barn) duschminuter
- Årsförbrukningen är beräknad på 48 veckor.



### 6.3 HUSHÅLLSFÖRBRUKNINGEN

Förbrukningen av hushållsel har uppmätts till i genomsnitt c:a 5600 kWh per hushåll och år. Beräknat per person blir förbrukningen c:a 1430 kWh per år. Detta är i stort sett samma förbrukning som uppmättes i Villa 80-undersökningen (Jonson-Gisselberg, 1980), där genomsnittsnitten låg på 1180 resp 1360 kWh per år.

Vi kan konstatera att 70-talets prognoser för hushållselförbrukning med 7000-9000 kWh per hushåll vid sekelskiftet definitivt bör avskrivas. Variationerna i förbrukning är dock stora. Per person använder man mellan 975 och 2380 kWh per år, en spännvidd som kräver närmare förklaring. TAB 36.

De boendevanor som har mest betydelse för förbrukningen är användningen av kyl/frys, tvättmaskin/torlskåptumlare samt spis och belysningsarmnaturer. Av dessa är det på tvättandet som energisparintresset bör inriktas. I ett eluppvärmt och välisolerat hus bidrar det övriga till uppvärmningen av huset.

Moderna unga hushåll tvättar mycket! Två-tre maskiner om dagen är extremt mycket, men en till två om dagen är inte ovanligt i småbarnshushåll. Ett genomsnitt på 20 maskiner i månaden, räknat på samtliga hushåll, innebär att normen 600 kg tvätt per person och år bör omprövas i villaboendet. Alla hushållen hade nya 3 kg:s tvättmaskiner, men endast i tre hushåll hade man bytt ut standarden mot maskiner som kunde ställas om till halv tvättgodsmängd. Sannolikt skulle ett sådant program på alla maskiner ge en besparingseffekt.

Övrig hushållselförbrukning har inte kartlagts i denna undersökning. Hushållen har en normal uppsättning hushållsmaskiner av jämförbar kvalitet och förbrukningen kan schablonberäknas.



TAB 36. Uppmätt hushållsförbrukning per år och hushåll.  
Olika hustyper i Malmö och Umeå

		Förbrukning av hushållsenergi			
		Malmö		Umeå	
		kWh/hush	kWh/pers	kWh/hush	kWh/pers
Kuben	1	7951	1990	4875	975
	2	4995	1230	5476	1090
	3	4358	1090	6172	1030
		5770	1440	5510	1030
Megaron	1	5688	1420	2518	1260
	2	(11412 *)	(5706 *)	3725	1240
	3	4117	1370	4451	1110
		4900	1340	3560	1200
Trä Kronor	1	9798	1960	5508	1840
	2	9535	2380	4390	1460
	3	6356	2120	6553	1640
		8560	2150	5480	1650
Wattstugan	1	3259	1630	5326	1065
	2	5863	1170	6219	1555
	3	6960	1740	4909	1230
		5360	1510	5480	1280
Genomsnitt,					
totalt/ort		6260	1640	5020	1250
Genomsnitt för 23 hushåll: 5600 resp 1430 kWh/år					

\* Megaron 2 i Malmö är inte medräknat i genomsnittet.

#### 6.4 HÖG- OCH LÅGFÖRBRUKARE

Bakom de låga förbrukningssiffrorna finner vi i regel större hushåll, där basförbrukningen kan fördelas på fler samt "normala" boendevanor. De extremt höga värdena uppmättes framför allt i Trä Kronor, där uppvärmningen av glashuset registrerats som hushållsel. Dessa glashus kan beräknas dra c:a 2000 kWh per år extra i Malmö och c:a 600 kWh i Umeå, med utgångspunkt från genomsnittlig övrig hushållsförbrukning.

Generellt kan vi konstatera att Malmö-hushållen har en högre förbrukning i alla avseenden. En jämförelse mellan grupperna Trä Kronor och Kuben (där varmvattenförbrukningen uppmättes separat) visar på en högre nivå för varje delpost, TAB 37.

Om det känns svalt i husen under den kalla årstiden är det desto varmare under sommaren då problemen med utvärdering förvärras av alltför varm tilluft. "Vansinnigt varmt" blir det och de fyra hushåll, som särskilt haft problem med för hög värme, talar om inomhustemperaturer på 28-30°. De har fått veta att de inte skall röra inställningen på värme/ventilationssystemet, eftersom detta då skulle "kollapsa". I stället har de utnyttjat den gamla metoden att ha fönster och dörrar öppna för att få huset så svalt att det gick att sova i.

Oavsett instruktionen om det tekniska systemet är riktig eller inte illustrerar den väl hur utlämnade de boende känner sig inför en teknik de inte behärskar. En mera utförlig beskrivning av deras problem visavi den tekniska utrustningen bör ges för att komplettera bilden: (Numreringen av hushållen är kodad)

Hushåll 2: Dålig förvärmning av luften visade sig bero på att värmepumpen varit ur funktion en tid, att cirkulationspumpen ej fungerat samt att termostaten i förvärmningsaggregatet varit fel inställd. Dessutom hade tre radiatorer fått bytas på grund av fel. I detta hushåll ansåg man att man "kunde klara tekniken".

Hushåll 3: Trasig cirkulationspump, trasig kompressor och trasiga startkondensatorer utbytta. Även i detta hushåll höll man ett öga på apparaterna, rengjorde filter ofta osv.

Hushåll 19: Värmepumpen ur funktion första året. Cirkulationspumpen strejkade och säkringarna gick ofta. Vid första intervju tillfället ansåg man sig klara av tekniken, men i en senare uppföljning hade man "ännu inte lärt sig hur det fungerar". I samband med service och reparationer hade olika tekniker haft olika åsikter om fel och åtgärder, inställning och skötsel, något som knappast förbättrat saken.

Hushåll 18: Värmepumpen ur funktion, vilket upptäcktes först vid kontroll av energiförbrukningen. Enligt de boende var systemet "dåligt balanserat". Man ansåg sig kunna mer om inställningen av systemet än företagens tekniker - "fick lära han, nästan". Trots detta hade man problem med kondens och problem att hålla värmen.

Hushåll 17: Där "misstänkte" man fel inställning av systemet och hade problem med att hålla varmt. Lufttrumman för tilluft ansåg man vara dåligt isolerad, eftersom värmeväxlaren frusit. De hade fått "kort och slarvig" instruktion om apparaternas skötsel och kände sig osäkra. Även i detta hus fick värmepumpen repareras.

Hushåll 21: Man tyckte i början att luften var "härligt frisk och skön" (oktober) men hade sedan problem med låg vattentemperatur vid kyla, golvkallt och dragigt. Värme-

TAB 37. Olika förbrukarekategorier. Uppmätt energiförbrukning och vissa energirelevanta boendevanor. Kuben och Trä Kronor i Malmö och Umeå

	Förbrukning av energi, boendevanor			
	Högförbr	Medelförbr	Lågförbr	
	Trä Kronor Malmö	Kuben Malmö	Trä Kronor Umeå	Kuben Umeå
<u>Uppmätt förbrukning:</u>				
Hushållsel + varmvatten kWh per person/år	3240	2440	2360	1730
Varmvatten kWh per person/år	1100	920	910	700
Hushållsel kWh per person/år	2150	1440	1640	1030
Vattenförbrukning m <sup>3</sup> /person	53	41	39	33
<u>Boendevanor:</u>				
Duschar/vecka/pers	2,6	2,5	2,0	1,8
Bad/vecka/pers	1,3	0,3	0,5	0,4
Maskintvättar/vecka/hushåll	5,1	4,0	4,8	4,2
Disk kWh/pers/år (delvis schablon)	410	355	365	400

Kommentarer till TAB 37:

Uppmätt förbrukning och boendevanorna visar samma tendens i hög- resp lågförbrukargruppen, medan sambanden blir otydligare för medelförbrukarna. Mönstren blir också otydliga i fallstudier och i små urval men tendensen till högre förbrukning i Malmö-hushållen visar sig också i Wattstugan och Megaron. Umeå-hushållens förbrukningsmönster överensstämmer också mera med Villa 80-hushållens.

## 6.5 HUSEN OCH TEJNIKEN. DE BOENDES ERFARENHETER

I Wattstugorna och Megaronhusen värmer den utgående luften varmvatten, dels för direkt bruk, dels för uppvärmning av inkommande luft. Direktverkande radiatorer kompletterar på uppvärmningssidan.

Till följd av den kraftiga luftväxlingen känns dessa hus dragiga. Praktiskt taget alla anmärkte på kalla golv, kalla våtutrymmen och drag från dörrar, fönster och tilluftsventiler - "kallras" som är lite svårt att lokalisera exakt. Paradoxalt nog anmärkte man samtidigt på den dåliga utvärderingen i våtutrymmena samt på svårigheterna att bli av med rök, matos m m. Detta tyder på en viss obalans mellan till- och frånluftsflödet.

pumpen fungerade dåligt. Här var man dock nöjd med informationen och trodde sig veta "hur man skulle ställa in knapparna".

Hushåll 22: Värmepumpen fungerar dåligt. Stor förbrukning men trots detta dåligt med varmvatten och sval tilluft. Under första sommaren "strömmade det ut värme" och vid uppföljningen i augusti var "vattnet så hett att det brändes". Man trodde att det var termostaten som inte fungerat, men hade vid slutet av mätperioden ännu inte fått klarhet i frågan.

Hushåll 4: Hade samma symptom som hushåll 22: för hett vatten, men trots detta problem med luftuppvärmningen. Man ansåg att termostaterna måste visa fel, men att det inte gick att justera. Endast information via broschyr men man "fixade helst själv" å andra sidan.

Hushåll 8: Felaktiga termostater. Läckande värmeväxlare till följd av frysskador. Cirkulationspumpen aldrig i funktion första halvåret. Även här hade man fått motstridiga uppgifter om hur systemet skulle skötas - från tillsägelse att överhuvudtaget inte röra det, till uppmaning att stänga vattenkranen till luftuppvärmningsaggregatet. Ett problem var den höga temperaturen på sommaren då tilluften varit upp till 35° varm. Man trodde det berodde på ett extra elbatteri som varit inkopplat hela tiden. Informationen bedömdes som "rätt värdelös" och man kände sig mycket osäker på systemets funktion ännu vid periodens slut.

Hushåll 9: Systemet felkopplat vid inflyttningen (hade drabbat ytterligare ett par hushåll) men snabbt åtgärdat. Man ansåg sig intresserad av att systemet fungerade - "var lite fixare" - men lyckades trots detta inte få ett bra inomhusklimat. Även här var temperaturer på upp till 30° under sommaren besvärande.

I inte mindre än tio av dessa tolv hushåll hade man alltså dåligt fungerande värme och ventilation. I alla hushåll överskreds också den beräknade elförbrukningen.

I hustypen Trä Kronor hade man en del anmärkningar på kalla golv, bl a drag från tilluften (placerad under trappan, mitt i köket/hallen), högt luftväxling, torr luft och störande fläktbuller. I "normala fall" fungerade ventilationen bra i flertalet hushåll, även om man ansåg att det var i svalaste laget i våtutrymmena. I dessa har man i en del hus fått sätta in extra radiatorer.

Även i denna hustyp har man haft problem med missvisande termostater (tre hushåll) och felaktiga inkopplingar av systemen (två hushåll). Erfarenheterna av informationen växlade, från "bra" till "likgiltig, dålig uppföljning och service".

Det "solrum" som byggts till på detta hus har möjligen tillkommit i energibesparande syfte. Oklart är dock på vilket sätt. I en aktuell utvärdering av energiförbrukningen i hus med glasade uterum visar Elmroth och Granberg (1987) att c:a 1000 kWh besparing per år kan tillskrivas solrummet genom att tilluften under höst och vår passerat detta rum och förvärmats något. I Trä Kronor tas tilluften från andra sidan huset, in i tvättstugan. Solrummet saknar såväl till- som frånluft och skall det överhuvudtaget gå att använda på sommaren, måste fönster och dörrar hållas öppna. Det betyder också att det är svårt att klara växtligheten om man inte kan vara hemma och lufta rummet.

På vintern fryser växterna (i varje fall i Umeå-husen) om man inte har värme på och i stället för att eventuellt spara energi har dessa solrum visat sig vara energislukare av format. Man använder dem som extra vardagsrum och har därför installerat olika typer av elvärme i dem. I Malmö-husen användes de praktiskt taget året om och i två av Umeå-husen användes de från april ut i oktober om det inte är för kallt.

Kuben-husen är de som föranlett minst klagomål, men även här finns en del brister.

I dessa hushåll hade man generellt problem med kondens, matos och rök. Man antog att det berodde på att fläkten inte var tillräckligt effektiv, vilket inte är ett omöjligt antagande med tanke på att huset är jämförelsevis stort och familjerna också är större.

Samtliga Umeå-hus hade problem med nedisning i friskluftsintaget och/eller i värmeväxlaren. Samma problem hade ett av Malmö-husen. Aggregatet för värmeåtervinning bullrade och "knackade". Informationen om värme- och ventilationssystemet hade inskränkts till en broschyr i dessa hus. Två av hushållen ansåg denna information dålig, två hade inte ens tittat i broschyren och de två återstående tyckte den var bra. De hade "läst på" och tyckte sig veta hur de skulle justera och sköta utrustningen. Trots detta lyckades de alltså inte ventilera husen ordentligt.

God ventilation i kombination med förvärmad tilluft borde ge behagligt inomhusklimat. Luftvärmesystemen i dessa hus förefaller dock vara behäftade med "barnsjukdomar" och det finns anledning att även studera de boendes reaktioner och erfarenheter.

Elmroth och Granberg (1987) har ingående studerat motsvarande system och dragit samma slutsats. Vid sidan av diskussionen om tekniska brister och åtgärder har de synpunkter som kan relateras till boendet:

- Oklara anvisningar för reglering och inställning av fläkten kan medföra helt felaktig balansering av tilluft och frånluft



- Tillräckligt goda instruktioner om rengöring av kanaler, dom och filter saknas. Flödena har avsevärt försämrats genom nedsmutsning
- Ljudfrågorna har inte beaktats tillräckligt men är viktiga (sid 67f)

Kort sagt, en riktig installation och injustering är viktigt men det fortsatta handhavandet är minst lika viktigt för ett gott resultat - och där har man (ännu) inte lagt ner nämnvärd möda på god information, enkla kontrollfunktioner och enkel rengöring och skötsel. Boende i ett modernt småhus bör inte kräva tekniskt kunnande och tidsödande skötsel, då är risken stor att vi har tekniken för teknikens skull och inte för energihushållningens.

#### 6.6 ATT SKÖTA TEJNIKEN

När det gäller att hantera teknisk utrustning kan man grovt urskilja tre typer av boende. Det gäller såväl dessa som andra hushåll:

- "Fixarna" - de som är tekniskt intresserade och kunliga, som vill veta hur allting fungerar och som kollar såväl instruktioner som utrustning. De har sina egna uppfattningar om fel och åtgärder.
- "Optimisterna" - de som utgår från att allt är ordnat till det bästa, att ingenting skall hända deras utrustning, att allting skall fungera om man bara låter det vara ifred. Instruktionerna får vänta tills något händer. Till exempel tills filterna är ogenomsläppliga.
- "De osäkra" - de som misstror sin egen förmåga och som har svårt att ta till sig information. De misstror leverantörer och tycker att alla insatser och åtgärder är för lite, för sent och i princip slarvigt gjort.

Typerna är karikerade och i själva verket finns väl merparten av oss i gränserna mellan dem. Vilken typ den boende tillhör har dock stor betydelse för hur huset och de tekniska systemen fungerar och i förlängningen hur man lyckas med energihushållningen. Informationen har därför stor betydelse för ett för alla parter tillfredsställande resultat.

Ju mer avancerat ett tekniskt system är, desto viktigare blir det givetvis med begripliga instruktioner, uppföljning och kontroll. I en utvärdering av system med luftburen värme (Blomsterberg och Stadler, 1985) påpekas också betydelsen av noggrann injustering från början samt av "kontinuerlig tillsyn och periodiskt underhåll om man vill bibehålla den låga energiförbrukningen (sid 109).

Särskilt viktig är tillsynen av värmepumpen, eftersom det är svårt att upptäcka när den krånglar. Direktelbatterierna träder ju i funktion så snart värmepumpen minskar i effekt, och för den icke observante brukaren märks skillnaden först när elräkningen skall betalas - om ens då. Detta var fallet i bl a den Wattstuga där värmepumpen var ur funktion hela första året.

Med tanke på svårigheter och kostnader i samband med service - såväl för företaget under garantitiden som för brukaren under resten av tiden - borde felsöknings-schema, tydliga instruktioner och lätt avläsbara kontroller av olika funktioner, självklart ingå i produkten.

Det är anmärkningsvärt att företagen - det gäller detta såväl som andra energihushållningsprojekt - inte visar mera intresse för resultatet. Man kan inte undgå att fundera över hur det fungerar i andra hus, där man inte har denna kontroll av energiförbrukning och teknik.

#### 6.7 DE BOENDE OCH ENERGISPARANDET - EN REFLEKTION

I jämförelse med forskningen kring tekniska lösningar inom energihushållningen, är studierna av de boendes erfarenheter och beteenden påfallande få. En sammanställning av beteendeforskningen fram till mitten av 80-talet (Bjerrome-Edén, 1984) visar på det entydiga i resultatet: De boendes beteende har avgörande betydelse för energianvändningen och variationerna kan uppgå till 100 procent. Vattenfalls omfattande undersökning av hushållens energikonsumtion (Palmborg, 1987) visar samma resultat: Energirelevanta vanor samt attityder till hushållning har ett avgörande förklaringsvärde vad gäller energiförbrukningen.

Internationella undersökningar slutligen, visar på samma förhållanden: Energisnål teknik och bostadsutformning är ett visserligen nödvändigt men inte tillräckligt villkor för minskad elförbrukning i boendet. Vill man komma längre med energihushållningen, måste också olika former av beteendepåverkan utnyttjas. Bjerrome-Edén anger några, som kontinuerlig information om förbrukningen, fortlöpande rådgivning och ekonomiska incitament - det måste bli lönsamt att spara. Samma slutsatser kommer Palmborg fram till tre år senare.

Tekniska lösningar är förvisso viktiga i detta sammanhang, därför att de möter våra önskemål om bibehållen komfort och bekvämlighet trots minskad förbrukning. Men de måste kombineras med god information om skötsel och användning samt med kontroll av tekniken, om de inte skall bli verkningslösa - eller, som i vissa fall - ge ett rent negativt resultat. Slutsatsen blir otvetydigt att de boendes aktiva medverkan är av stor betydelse. Tre citat får avsluta:



- "För energihushållningen innebär det att det är brukarna och deras energivanor som bör angripas först. I processen kan man också 'förankra' tekniken hos brukarna, så man undviker felaktig eller bristande skötsel och tillsyn i framtiden."  
(Bjerrome-Edén, 1984)

- "Kunskaperna om bra lösningar måste ökas hos projektörer, installatörer, servicefolk och - inte minst - hos brukarna. De senare måste få information om hur husen och anordningarna fungerar för att kunna utnyttja dem på ett effektivt sätt. Brist på kunskap i dessa avseenden medför att sparanssträngningarna kan bli missriktade och ge dålig utdelning."

(Jonson-Gisselberg, 1981)

- "Idag saknar hushållen kunskap om sin egen roll vad gäller hushållets energikonsumtion och saknar dessutom möjlighet att själva bedöma resultatet av olika hushållningsåtgärder. Medlen för att nå denna hushållningspotential är dels kunskapsöverföring till hushållen, dels möjliggörande för hushållen att kontrollera sina egna beteenden."  
(Palmborg, 1987)

7. SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Man kan konstatera att husen generellt har relativt låg uppmätt energiförbrukning, som dock skulle kunna vara lägre.

Byggtekniskt fungerar husen väl och är välbyggda. Kubenhusen, som har direktverkande el och de enklaste åtgärderna för energisnålhet, fungerar bäst och ger en verklig besparing, som helt stämmer med den förväntade. I förhållande till storleken har Kuben inte större energiförbrukning än de övriga, trots att dessa har värmepumpar och andra energitekniska lösningar för att sänka energiförbrukningen.

Man kan påstå att funktionen hos värmepumparna i Megaron och Trä Kronor är tvivelaktig. Man har inte uppnått den förväntade effekten. En bidragande orsak till detta är att de fungerat dåligt sedan systemen monterats. Dålig installation, obefintlig injustering och bristande instruktioner löper som en röd tråd under uppföljningstiden, både i Umeå och Malmö. Det faktum att den uppmätta funktionen var god hos en värmepump som gick, understryker påståendet att det är på byggplatsen, i huset som problemen i första hand skapas. Det är inte bara värmepumparna som gett problem utan i stort sett alla tekniska system har varit problematiska. De solrum som förekom i Trä Kronor indikerar vikten av att man skapar totallösningar när nya idéer skall utnyttjas. En kombination med husets övriga uppvärmning och funktion hade sannolikt gett ett bättre resultat.

I ett projekt, som kallades "Villa 80" och genomfördes i Umeå 1977-78, konstaterades -"Väl byggda hus med begränsat, sofistikerad teknik fungerar bra och är hyggligt energisnåla". Samma problem fanns då - värmepumpar, värmeväxlare och andra apparater fungerade dåligt.

Utvecklingen som skett sedan dess är egentligen liten. Största skillnaden är de system med luftburen värme som nu används. Det skulle kunna vara bra system, men de ingående delarna måste fungera och det måste finnas system i byggprocessen som gör att dessa anordningar justeras in och trimmas sedan de kommit till byggplatsen, och både de som installerar och de boende måste få instruktioner som lär dem hur anordningarna fungerar. Här är situationen idag exakt samma som 1978. Anordningarna och systemen fungerar inte alltid så bra och ingen tar ansvar.

Litteratur:

Blomsterberg Åke - Stadler Göran, **Välisolerade småhus med luftburen värme**. Utvärdering av två småhus i Skultorp. Statens Provningsanstalt 1985.

Elmroth Arne - Granberg Gunnar, **Sparsam - fem energisnåla småhus med glasveranda och värmepump**. Byggforskningsrådet Rapport 47:1987.

**Energihushållning med besinning** (del 1). Uppsatser om forskning och utveckling. Sollbe Barbro (red). Byggforskningsrådet 31:1980.

Gaunt Louise, **Bostadsvanor och energi**. Meddelande 85:14. Statens Institut för Byggnadsforskning.

Jonson-Gisselberg-Hedvall-Persson, **Villa 80 - fjorton energisnåla småhus i Umeå. Del 2: Boendeskedet**. Byggforskningsrådet, Rapport 98:1980.

Lundström Erik, **Boendevanornas inverkan på energiförbrukningen i småhus**. Byggforskningsrådet T 46:1982.

**Styr styrmedlen energihushållningen?** Klingberg-Sollbe (red). Byggforskningsrådet T 3:1985.

Palmborg Christer: **Hushållens energikonsumtion**. Vattenfall, 1987.

**Mätning av hushållens elkonsumtion, uppdelad på de viktigaste elapparaterna**. Rationell energianvändning: Rapport 2, Vattenfall 1987.

## Effekter av sommarförbrukningen 1988

I våra beräkningar av normalårsförbrukning och årsförbrukningar av elenergi för hushåll (HH), varmvatten (VV) och uppvärmning (V) har av tidsskäl använts sommarförbrukningen från 1987 för båda åren 1987 och 1988. Genom en kompletterande mätinsats i Umeå kan vi i efterhand beräkna hur mycket de riktiga siffrorna från 1988 skulle ha påverkat våra resultat. Från Umeå föreligger sommarvärden från 10 hus av totalt 12. Som väntat slår den varma sommaren 1988 igenom på så sätt att vi får lägre siffror för uppvärmning.

TABELL. Sommarförbrukningar (1.6 - 1.9, 92 dagar) 1987/88 av el för HH, VV, V, totalt och differens mellan total 1988 och 1987

Hus	År	HH	VV	V	Total	Differens	Anmärkingar
W1	87	1046	504	744	2294		
	88	1013	504	358	1875	- 419	Lägre V
W2	87	957	505	530	1992		
	88	969	505	577	2051	52	
W3	87	845	505	575	1925		
	88	906	505	284	1695	- 230-199	
T1	87	800	416	2103	3319		Hög V
	88	1194	636	448	2278	-1041	Stor diff för V spec.
T2	87	1114	590	755	2459		
	88	854	427	414	1695		Lägre genomg.
T3	87	782	551	700	2033		
	88	1718	514	449	2681	648-385	Högre HH
K1	87	530	361	259	1250		
	88	1190	815	175	2180	930	Högre HH och VV
K2	87	1044	794	304	2142		
	88	1300	719	82	2101	-41	
K3	87	1201	1135	42	2378		
	88	1257	1166	43	2466	88+325	
M1	87	433	505	785	1723		
	88	432	505	564	1501	-222	

I ovanstående siffror användes varmvattenschablon för W1-W3 och M1. Därför är det svårt att uttala sig om riktigheten för uppvärmning (V) och VV separat. (V+VV) tillsammans är dock en riktigt mätt siffra.

Sommarförbrukningarna från HH, VV och V lägges till den klimatkorrigerade vinterförbrukningen för uppvärmning och vinterförlusterna av HH och VV. Differensen i den sista kolumnen är alltså den siffra som normalårsförbrukningen för 1988 skulle komma att förändras med.

Differensens medelvärde för samtliga hus blir -120 kWh.

Relativt stora förändringar i sommarförbrukningarna kan uppstå i enskilda hus av förändringar i semestervanor m m (t ex den höga värmeförbrukningen för T1 1987 kan förklaras av en gravititet i familjen). Sommarförbrukningen kan alltså av ovanstående variera +/- 1000 kWh från år till år och därmed påverka våra skattningar. Någon möjlighet att klimatkorrigera dessa förbrukningar med graddagar finns inte, då denna variation inte samvarierar med uteklimatet på samma sätt som elförbrukningen för uppvärmning på vintern.







**R29: 1991**

**ISBN 91-540-5334-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6811029**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna**

**Cirkapris: 56 kr exkl moms**