



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.



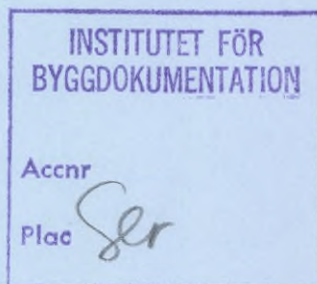
Rapport

R36:1987

Energisparkvarter i Göteborg

Energiombyggnad i ett 50-talsområde

**Anders Nilsson
Magnus Fischer
Magnus Nordberg
Anders Walter**



Byggeforskningsrådet

Överlämnas till

- för kännedom
- för yttrande
- för behandling
- för besvarande
- för attest
- för underskrift
- för arkivering
- enligt samtal
- brådskande
- önskas åter
- önskas ej åter

*Skulle vara tacksam
om ni ville byta ut
bifogade sidor i rubricerad
rapport.*

Hälsningar Wanya Andersson ng

Stockholm den 20/11 1986

ER BETECKNING

BENGT DAHLGREN AB
SK INGENJÖRSBYRÅ

GÖTEBORG

1986-11-19

Guldhedsprojektet

Revidering av slutrapporten "Energisparkvarter i
Göteborg - Energiombyggnad i ett 50-talsområde"

R 36:1987

Följande sidor ersätter motsvarande sidor i originalet
samt i de fem kopierade omgångarna:

sid 10, 11, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 117 och
118.

En originalomgång samt fem kopierade omgångar av ovan
nämnda sidor bifogas.

Med vänlig hälsning

BENGT DAHLGREN AB

Anita Olsson
/Anita Olsson/



Medlem i Svenska Konsultföreningen

BENGT DAHLGREN AB

Telefon 031-49 68 00
Fröfästegatan 104
421 31 V FRÖLUNDA

**ARNE SANDSTEDT
INGENJÖRSBYRÅ AB**

Telefon 013-13 03 40
Hospitalstorget 2
582 27 LINKÖPING

**BENGT DAHLGREN
STOCKHOLM AB**

Telefon 08-24 37 30
Barnhusgatan 3
111 23 STOCKHOLM

81115-4



BENGT DAHLGREN AB
VVS & ENERGITEKNISK INGENJÖRSBYRÅ

Lars-Göran Månsson
Statens råd för byggnadsforskning
St Göransgatan 66

112 33 STOCKHOLM

ER BETECKNING

VAR BETECKNING

GÖTEBORG

1986-11-19

Revidering av slutrapporten "Energisparkvarter i
Göteborg - Energiombyggnad i ett 50-talsområde"

Följande sidor ersätter motsvarande sidor i originalet
samt i de fem kopierade omgångarna:


sid 10, 11, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 117 och
118.

En originalomgång samt fem kopierade omgångar av ovan
nämnda sidor bifogas.

Med vänlig hälsning

BENGT DAHLGREN AB


/Anita Olsson/

 Medlem i Svenska Konsultföreningen

BENGT DAHLGREN AB

Telefon 031-49 68 00
Fröfästegatan 104
421 31 V FROLUNDA

**ARNE SANDSTEDT
INGENJÖRSBYRÅ AB**

Telefon 013-13 03 40
Hospitalstorget 2
582 27 LINKÖPING

**BENGT DAHLGREN
STOCKHOLM AB**

Telefon 08-24 37 30
Barnhusgatan 3
111 23 STOCKHOLM

Den högre energibesparingen skulle ha uppnåtts i hus 2 med lägst energiteknisk standard av de två aktuella husen. Dessa energibesparingar stämmer relativt väl med de som teoretiskt kan kalkyleras med ett k-värde på ca $2,1 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ för det "nya" fönstret och utan hänsyn tagen till eventuella temperatursänkningsmöjligheter på grund av åtgärden. I detta projekt var inomhustemperaturen redan sänkt så långt det var möjligt innan denna åtgärd sattes in. Om inomhustemperaturen varit högre bör dock en smärre sänkning ha kunnat åstadkommas.

- . Byte av trapphusfönster har i genomsnitt inte givit någon säkerställd energibesparing då de helt marginella besparingar, som har uppmätts, ligger inom felmarginalen på mätningarna. Det bör också påpekas att denna åtgärd inte heller sattes in som energisparåtgärd utan som en följdåtgärd till genomförda och kvarvarande fasadisoleringsåtgärder i området på grund av husens konstruktiva uppbyggnad. Eftersom de ändå skulle bytas var det helt naturligt att byta dem till ett i 3-glasutförande om inte annat så av komfortskäl.
- . Frånluftsvärmepumparna har givit en nettobesparing på i genomsnitt $30 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Besparings-siffran avser drift under ett helt år (juni 1984 - maj 1985). Värmepumpsinstallationernas totala systemvärmefaktor har under samma tid uppgått till ca 2,2 respektive 2,4 och totala drifttiden till ca 6300 h respektive 6900 h.
- . Under uppvärmningssäsongen när både varmvatten- och uppvärmningsbehov föreligger är drifttiden mellan 95% och 100% av full tid med en värmefaktor på själva värmepumpen som i medeltal har varit ca 3,1. Värmepumparnas driftsutfall har under det gångna året varit något sämre än året före, vilket beror på att övervakningen har minskat i omfattning, samtidigt som diverse driftsstörningar vad avser cirkulationspumparna m m har inträffat. Om övervakningen hållits på den tidigare nivån och inga "exceptionella" driftstörningar inträffat, pekar våra erfarenheter på att en drifttid på ca 7100 h vore möjlig att uppnå varvid nettobesparingen ökar till ca 35 kWh/m^2 .

En jämförelse mellan teoretiskt beräknade och i praktiken uppnådda energiförbrukningar efter åtgärd visar att avvikelserna ligger på i storleksordningen + 15%, vilket får anses acceptabelt med hänsyn till de komplexa förhållanden som en relativt enkel teoretisk modell skall beskriva.

Olika förklaringsmodeller för avvikelserna mellan teori och verklighet har studerats. Härvid har framkommit att sådana faktorer som fuktuttorkning av gamla fasader, nischverkan för fönster i samband med tilläggsisolering, nytt ytskikt med andra absorptionsförhållanden, eldningssäsongens "verkliga" längd samt mätfel, kan förklara en del av uppkomna avvikelser.

För åtgärden utbyte eller komplettering av befintliga 2-glasfönster till 3-glasfönster är det av väsentlig betydelse att, förutom k-värdesförbättringen, även beakta för åtgärden negativa faktorer såsom minskad solinstrålning och därmed reducerat gratisenergitillskott, som antalet glas i sig självt ger och den skuggverkan (nischverkan) som en tilläggsisolerad fasad ger om fönstren ej samtidigt flyttas ut i fasadliv.

Viss försiktighet bör också visas vad avser den möjliga temperatursänkning som en åtgärd av det här slaget teoretiskt skulle kunna ge upphov till. Att kunna sänka inomhustemperaturen i ett hus med dåliga ytterväggar bara för att fönstren förbättras bedömer vi som orealistiskt. Möjligen skulle den kunna sänkas i storleksordningen $0,5^{\circ}\text{C}$ om ytterväggarna har tilläggsisolerats och de har torkat ut och inomhustemperaturen är normal. Dock bör man ta hänsyn till att dagens teknik i fråga om temperaturreglering knappast har större noggrannhet i praktisk drift.

Guldhedsprojektet visar att också ganska omfattande åtgärdspaket kan genomföras med lönsamhet om hänsyn tas till byggnadens specifika förutsättningar och dessa åtgärder genomföres integrerat med ROT-åtgärder av typen skadeavhjälpande åtgärder. Valet av ekonomiska indata påverkar dock kalkylerna, vilket medför att sådana måste varieras för att kunna ge fastighetsägaren ett säkrare beslutsunderlag innan slutligt val sker av vilka åtgärdspaket som skall genomföras.

En rad olika resultat och erfarenheter har framkommit under de snart fyra år som Guldhedsprojektet har pågått sedan det inledande utredningsarbetet startades sommaren 1981. Genom de omfattande informationsinsatser som genomförts såväl inom som utom landet har dessa kunnat spridas till en vid krets av intressenter på energihushållnings- och ROT-området. Förhoppningen är att dessa erfarenheter aktivt har bidragit och i framtiden kan bidra till en ökad kunskap på området och att denna skall kunna underlätta den förändringsprocess som är nödvändig för att klara de krav som kommer att ställas på byggbranschen under 1990-talet.

13.3 Husvisa totalkostnader

Med de i avsnitt 13.2 redovisade kostnaderna för delåtgärder kan de husvisa totalkostnaderna sammanställas. Här avses då endast kostnaderna för de i avsnitt 6.2 upptagna åtgärderna/åtgärdspaketet. Härvid har ingen hänsyn tagits till att husen ej är exakt lika, d v s består av olika antal lägenheter (34-38 lägenheter).

Hus	Kostnad kr	Specifik kostnad, kr/m ² pBRA
1	2 076 000	772
2	562 000	209
3	224 000	83
4	719 000	267
5	1 849 000	687
6	335 000	125
7	451 000	168
8	224 000	83
9	2 460 000	914
Totalt	8 900 000	368

Tabell 13.2 Husvisa totalkostnader (36 lägenheter medelyta 2.690 m² pBRA)

13.4 Finansiering

Genomförda åtgärder har finansierats genom att till stor del utnyttja statliga energisparstöd i form av bidrag och lån. Åtgärder av underhållskaraktär samt åtgärder som genomförts samtidigt som energisparåtgärderna vilka ej har kunnat finansieras helt av energisparstöd har bekostats av AB Göteborgshem.

Överkostnader som uppstått p g a att projektet i vissa fall har måst drivas på ett, ur produktionssynpunkt, mindre rationellt sätt för att klara den övergripande tidplanen har täckts av sk experimentbyggnadslån från Byggforskningsrådet.

För de åtgärder som har genomförts inom projektet har följande statliga energisparstöd erhållits:

- . Energibidrag 1.0 miljoner kronor
- . Energilån 6.1 miljoner kronor

I vissa fall erhöjls slutligt beviljat stöd först efter det att ärendet överklagats hos Länsbostadsnämnden och Bostadsstyrelsen. Ett sådant fall gällde stödet för det valda yttskiktet av 1,5 mm tjock aluminiumplåt i form av kassetter som till en början bara blev 115 kr/m² motsvarande vanligt plåt. Med hänvisning till de myndighetskrav som ställdes på fasadutförningen i Guldhedshusen på grund av att dessa var klassade som miljömässigt värdeulla, vilket fördyrade fasaderna, utbetalades stöd för dessa med 180 kr/m². Detta motsvarade stödet för s k fasadskivor.

13.5 Lönsamhet

Med utgångspunkt från de i avsnitt 11 redovisade energibesparingarna, åtgärds kostnaderna samt beviljade energisparstöd i detta avsnitt har lönsamhets kalkyler genomförts för några av åtgärderna eller åtgärdspaketen.

Dessa har genomförts med s k cash-flow-analys med nuvärdesmetoden. Härvid har Bengt Dahlgren AB:s datorprogram för sådana analyser utnyttjats.

Beräkningarna har genomförts med följande basförut-sättningar:

• Egenfinansierade lån (belopp som ej täcks av energisparstöd)	15% ränta och 20 års amorteringstid
• Inflation (varieras)	4%, 6% och 8%
• Real energiprisökning (utöver inflation)	0%, 2%
• Real kalkylränta	4%
• Dagens energipris	25 öre/kWh
• Brukstid	installationsåtgärder 15 år byggåtgärder 30 år
• Reinvesteringar	modell 3 efter brukstidens utgång genom en kontantinsats modell 1 genom fondering

När det gäller avkastningskravet på gjorda investeringar, ställs detta endast på den del, som ej finansieras med statliga energilån. Dessa lån är avsedda för just energisparåtgärder, varför någon alternativ placering ej föreligger.

Avkastningskravet, uttryckt som en real kalkylränta på 4%, belastar således endast den del av investeringen som finansieras med topplån.

Beräkningsresultaten för några av de utvärderade åtgärds-paketen enligt avsnitt 11 (åtgärds-paket 1, 3, 7 och 8) med varierande indata enligt ovan, har sammanställts i tabell 13.3. För åtgärds-paketen 3 respektive 8 har beräkningar dessutom genomförts för dels det fall av renoveringsbehov för fasaderna ej hade förelegat ("totalkostnad") dels för det fall som i verkligheten har förelegat, d v s med ett sådant renoveringsbehov ("energikostnad").

Följande beräkningsresultat, vad avser de olika åtgärds-paketens lönsamhet, har erhållits.

ÅTGÄRD/ÅTGÄRDS-PAKET	N U V Ä R D E (kr)	
	Real energiprisökning 0%	2%
Grundåtgärds-paket (pkt 1)	207 000	454 000
Åtgärds-paket 3 (tot)	-617 000	-191 000
Åtgärds-paket 3 (energi)	809 000	1 338 000
Åtgärds-paket 7	-18 000	403 000
"Totalpaket" (pkt 8) (hus 9-tot)	-1 019 000	-423 000
"Totalpaket" (pkt 8) (hus 9-energi)	270 000	900 000

Tabell 13.3 Nuvärdesberäkning av åtgärds-paket med reinvesteringsmodell 3. Inflation 8%.

Härav framgår naturligtvis att en ökad real energiprisökningstakt ger ett ökat nuvärde. Dessutom framgår att genomfört grundåtgärds-paket är lönsamt oavsett vald ökningstakt i detta avseende.

Det bör observeras att studerade energiprisökningar, inflationstakter m m avser de förhållanden som bedömdes vara aktuella våren 1985.

Vad beträffar de mer omfattande åtgärdspaketen kan sägas att genomförda kalkyler klart visar att sådana först blir lönsamma antingen genom att den reala energiprisökningen är stor eller att de genomföres i kombination med avhjälpande av skador eller i övrigt tillsammans med genomförande av s k ROT-åtgärder. Inflationens inverkan framgår av tabell 13.4.

Studerar man utfallet för det näst största åtgärdspaketet (åtgärdspaket 3) finner man att detta uppvisar en högre lönsamhet än "totalpaketet" (åtgärdspaket 8). För lönsamhet krävs dock även här att åtgärderna genomföres i kombination med avhjälpande av skador på fasaderna.

Vidare framgår att om grundåtgärdspaketet byggs på med byte av trapphusfönster och frånluftsvärmepump (åtgärdspaket 7), blir detta lönsamt först vid en real energiprisökningstakt på 2% vid inflationen 8%.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att samtliga genomförda åtgärdspaket i Guldheden var lönsamma vid tidpunkten för genomförandet, då övriga ej i detalj analyserade åtgärdspaket ligger mellan grundåtgärdspaketet och vårt "totalpaket".

Att det ekonomiska utfallet för åtgärdspaket innehållande tilläggsisolering av fasader blir så dåligt som våra kalkyler visar om ett renoveringsbehov ej hade förelegat, kan i hög grad tillskrivas myndigheternas krav på miljömässig hänsyn vid den tekniska utformningen av det nya ytskiktet. Utfallet kan därför inte generaliseras till andra objekt utan ingående undersökning.

Vad som ovan sagts avser den finansiering som har erhållits i detta specifika objekt. Om åtgärderna skulle ha genomförts idag, skulle lönsamheten sannolikt blivit sämre om de inte hade genomförts i samband med ombyggnadsarbeten, för vilka fördelaktiga lån kan erhållas till låg ränta.

Inverkan på lönsamheten av inflationstakt och sätt att finansiera erforderliga reinvesteringar har studerats mer i detalj för hus 9, där det s k totalpaketet (åtgärdspaket 8) har genomförts. Dessa beräkningar har samtliga genomförts med en real energiprisökningstakt på 0%.

ÅTGÄRD/ ÅTGÄRDSPAKET	N U V Ä R D E (kr)		
	8% inflation	6% inflation	4% inflation
"Totalpaket" (hus 9-tot)	-1 080 000	-1 450 000	-1 920 000
"Totalpaket" (hus 9-energi)	220 000	53 000	-158 000

Tabell 13.4 Nuvärdesberäkning av "totalpaketet" med reinvesteringsmodell 1. Real energiprisökning 0%.

Ett resultat som klart framgår av dessa beräkningar är att en ökad inflation ger minskat intäktsunderskott eller ökad lönsamhet, vilket ju på intet sätt är något nytt. Men det visar också att val av ekonomiska indata i övrigt starkt påverkar resultatet för denna typ av kalkyler. När det gäller långsiktiga kalkyler så innebär detta att flera alternativa kalkyler måste genomföras för att säkrare kunna fatta korrekta beslut.

När det gäller sättet att finansiera erforderliga reinvesteringar så ger de genomförda kalkylerna samma slutresultat sett över kalkylperioden 30 år om ingen alternativ placering hade förelegat för det erhållna topplånet. Om man dock studerar dessa i detalj så ger reinvesteringsmodell 3 ett bättre utfall fram till den tidpunkt (i detta fall 15 år) då reinvesteringen genomföres än modell 1 medan den senare modellen (fondering) sannolikt bättre motsvarar den verklighet som gäller. Detta kan naturligtvis variera mellan olika fastighetsägare.

Som framgår av tabell 13.3 - 13.4 fås dock ett något sämre utfall vid en fondering (reinvesteringsmodell 1) om ett avkastningskrav, motsvarande en real kalkylränta på 4%, samtidigt ställs för den del av investeringen som finansieras med topplån.

Sammanfattningsvis ger de genomförda lönsamhetskalkylerna för husen (åtgärdspaketet) i Guldhedsprojektet underlag för följande slutsatser och kommentarer:

- . Samtliga åtgärdspaket som har genomförts i Guldhedsprojektet har varit lönsamma om hänsyn tas till beviljade statliga lån m m, därför att de har genomförts i form av integrerade åtgärdspaket med inslag av skadeavhjälpande åtgärder.
- . Om myndighetskraven inte hade varit så stora i samband med fasadisoleringen hade intäktsunderskottet varit mindre än vad det nu blivit även om fasaderna ej hade varit i behov av renovering. Sannolikt hade dock vårt "totalpaket" ändå ej blivit lönsamt.
- . En starkt bidragande orsak till att vi har erhållit ett så positivt utfall har varit de statliga energisparstöd som erhållits.
- . För att den framtida lönsamheten skall bibehållas måste driften och skötseln av de aktuella fastigheterna bibehållas på minst den nivå som gällt under projektets löptid. Detta skulle kunna bli fallet med en förbättrad utbildning av berörd personal i kombination med en framtida energiförvaltning baserad på den teknik och de erfarenheter som utvecklats inom projektets ram.

13.6 Råd och rön

I analogi med avsnitt 7 kommer i detta avsnitt vissa råd och rön att redovisas, vilka baseras på den erfarenhet som har utvecklats inom detta och andra likvärdiga energiombyggnadsprojekt.

- . Genom att arbeta med integrerade åtgärdspaket och avpassa dessa efter den enskilda byggnadens specifika underhålls- och renoveringsbehov kan bättre ekonomi erhållas för åtgärdspaketet i fråga. Enkla och oftast mycket lönsamma delåtgärder får genom sitt snabba betalningsöverskott vara med och "delfinansiera" de mer omfattande åtgärderna. På så sätt kan man erhålla lönsamhet även för ganska omfattande åtgärdspaket.
- . Hantering av bidrags- och låneansökningar synes vara en tämligen trång sektor, vilket tillsammans med svårigheter att ibland tolka gällande bestämmelser utgör ett hinder för att snabbt kunna genomföra energihushållnings- och ROT-åtgärder.

15. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

De erfarenheter som har vunnits genom Guldhedsprojektet, visar att goda besparingsresultat kan uppnås till oftast god lönsamhet om integrerade och till den enskilda byggnaden väl avpassade åtgärdspaket genomföres. För att kunna nå dit krävs dock ett hårt och målmedvetet arbete i en projektorganisation med bred kompetens där viljan till förändring också måste finnas.

Projektet har naturligtvis inte kunnat genomföras utan att olika hinder och/eller problem har dykt upp. Dessa har ibland varit förutsedda och därför varit lättare att lösa, men ibland har även oförutsedda problem dykt upp. Genom projektorganisationens målmedvetenhet och dess vilja att lösa sin uppgift har dock de flesta av dessa kunnat lösas på ett tillfredsställande sätt.

Att hus är individer borde inte vara något nytt för alla de aktörer som arbetar inom energi- och ombyggnadsområdet. Men trots detta ser man alltför ofta att denna grundläggande kunskap tycks vara glömd. Därför kan det inte nog påpekas och det gäller även för dem som, eventuellt okritiskt, försöker överföra uppnådda resultat i detta projekt till byggnader, som kanske inte ens liknar de aktuella punkthusen ur konstruktiv synpunkt. Hur åtgärdspaketen skall sättas samman för andra byggnader kan endast avgöras genom en ingående förundersökning med inslag av en såväl energi- som funktionsdiagnos och utförd av kvalificerad personal.

Man måste också vara medveten om att åtgärder samverkar med varandra, vissa positivt andra negativt och att byggnaden sett som ett energisystem även påverkas av en rad olika yttre faktorer. Exempelvis kan en åtgärd påverkas av brukarnas vanor i vid bemärkelse samtidigt som en åtgärd i sig kan påverka brukarvanorna.

Genom den mät- och utvärderingsteknik som har tagits fram inom detta och liknande projekt runt om i landet har intressanta metoder och ny teknik kunnat utnyttjas för framtida energiförvaltningsinsatser inom bebyggelsen. Ytterligare utvecklingsinsatser måste till för att förenkla tekniken i vissa avseenden och för att anpassa den till olika förvaltares behov och önskemål.

- (9) Bostadsdepartementet. Totala energisparmöjligheter i bostäder. Expertbilaga 4 till SOU 1980:43 "Program för energihushållning i befintlig bebyggelse". Bostadsdepartementet Ds Bo 1980:43, Stockholm 1980.
- (10) Nilson, A., Bäck, L., Fischer, M. och Stadler, C-G. Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse. Expertrapport för Energi 85. Rapport R143:-1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- (11) Källblad, K. Calculation Methods to Predict Energy Savings in Residential Buildings. IEA Annex III, Document D4:1983, Swedish Council for Building Research, Stockholm 1983.
- (12) Anderlind, G. Beräkning av energiförlust på grund av uttorkning. Intern utredning, Helsingborg 1985.
- (13) Nilson, A. God ekonomi att samordna energisparande och underhåll, Byggindustrin 31.81.

ÖVRIG LITTERATUR

- (A) Anderlind, G., Nilson, A. och Stadler, C-G. Det lönar sig att spara energi i flerbostadshus. Erfarenheter från projektet "Energisparkvarter". Rapport G9:1986, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1986 (finns även i engelsk version).
- (B) Hansson T., Nilson A. och Stadler, C-G. Energisparteknik i befintlig bebyggelse, Rapport R139:1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- (C) Byggforskningsrådet. Guldhedsprojektet - Energisparkvarter i Göteborg. Rapport G 16:1983, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1983.
- (D) Fels, M.F. (editor), Measuring Energy Savings, The Scorekeeping Approach, Energy and Buildings, Vol. 9, No 1 & 2, February/May 1986 (temanummer)
- (E) Nilson, A. Upphandling av energihushållnings- och ROT-åtgärder. Metoder och erfarenheter från Byggforskningsrådets projekt "Energisparkvarter", VVS & Energi 10/84.

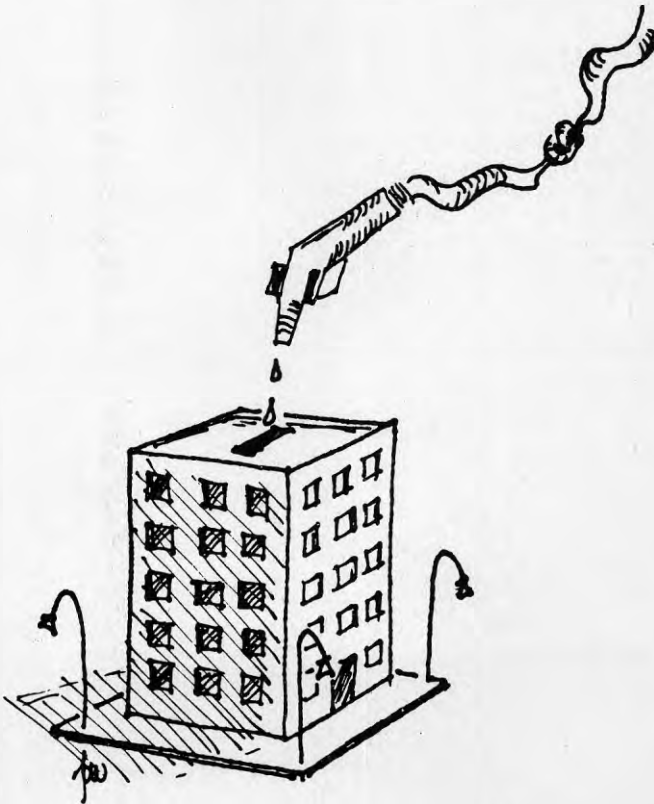
- (F) Nilson, A., Nordberg, M. och Walter, A. Guld-hedsprojektet. Energihushållning på rätt sätt, VVS & Energi 11/84.
- (G) Nilson, A. Guldhedsprojektet. Datoriserad mät- och utvärderingsteknik, VVS & Energi 1/85.
- (H) Nilson, A. Punkthus med plåtfasader. Tidskriften Byggforsknings temanummer om stadsförnyelse nr 6, 1984.
- (I) Nilson, A., Nordberg, M., Fischer, M. and Walter A. The Guldheden Project. A full-scale study of the effectiveness of energy conservation measures in nine blocks of flats.
- Proceedings of the CLIMA 2000 World Congress, on Heating, ventilating and Air-Conditioning, Vol 3., August 25-30 1985, Copenhagen.
- (J) Nilson, A., Nordberg, M., Fischer, M. and Walter A. The Guldheden Project. A full-scale study of the energy conservation measures in nine blocks of flats. Paper presented at the ASHRAE/DOE/BTECC Conference on Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings III, December 2-5 1985, Clearwater Beach, Florida, USA.
- (K) Nilson, A. and Walter A. The Guldheden Project. Evaluation of Energy Conservation Measures in Nine Blocks of Flats by Measurements. Proceedings for the 1986 ACEEE Santa Cruz Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Volume 3 (Large Building Technologies), American Council for an Energy- Efficient Economy, USA

R36:1987

ENERGISPARKVARTER I GÖTEBORG

Energiombyggnad i ett 50-talsområde

Anders Nilsson
Magnus Fischer
Magnus Nordberg
Anders Walter



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811115-4 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgshem, Angered.

REFERAT

Guldhedsprojektet omfattar nio likadana punkthus från början av 1950-talet, vardera bestående av 8-10 våningar. Totalt 332 lägenheter berörs av de genomförda åtgärderna. Husen är klassade som miljömässigt värdefulla och är kända i arkitektkretsar även utom landet.

Strategin för projektet har varit att genomföra integrerade åtgärdspaket med stort inslag av skadeavhjälpande åtgärder för att på så sätt erhålla en god ekonomi trots ganska omfattande byggnadstekniska åtgärder. Enklare installationstekniska åtgärder har sammanförts till ett grundåtgärdspaket, vilket har genomförts i samtliga hus. I sju av husen har detta sedan byggts på med mer omfattande åtgärder (fasadisolering, vindsisolering, 3:e rutan, frånluftsvärmepump för varmvatten och radiatorer mm) i olika kombinationer.

Omfattande mätningar har skett i husen sedan 1982 av energi- och vattenförbrukning, temperaturer mm. Dessa mätningar har skett såväl före som efter genomförda åtgärder och har till stor del skett med nyutvecklad mätdatainsamlingsutrustning.

Projektet har kunnat genomföras på avsett sätt genom en ganska hård och målmedveten styrning och genom ett mycket fint samarbete med fastighetsägaren AB Göteborgshem. Stora energibesparingar har uppnåtts till en relativt god lönsamhet, just genom vald strategi. Genom grundåtgärdspaketet kunde köpt energi för uppvärmning och varmvattenberedning reduceras från 260 till 225 kWh/m², år, medan totalpaketet reducerade den till 145 kWh/m², år. Övriga paket gav resultat däremellan.

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

R36:1987

ISBN 91-540-4714-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>
0. FIGUR- OCH TABELLFÖRTECKNING	1
1. FÖRORD	5
2. SAMMANFATTNING	7
3. PROJEKTBEKRIVNING	12
3.1 Syfte	12
3.2 Metod	12
3.3 Tidplan	13
4. OBJEKTBEKRIVNING	14
4.1 Val av område	14
4.2 Beskrivning av området	14
4.3 Boendesammansättning	16
4.4 Klimat	18
5. BESTÄMNING AV ENERGITEKNISK STATUS FÖR FASTSTÄLLANDE AV ÅTGÄRDSPROGRAM	19
5.1 Allmänt	19
5.2 Installationsteknisk besiktning	19
5.3 Byggnadsteknisk besiktning	20
5.4 Översiktliga besiktningsdata	22
6. ÅTGÄRDSPROGRAM	24
6.1 Allmänt	24
6.2 Valt åtgärdsprogram	25
7. GENOMFÖRANDE	29
7.1 Organisation	29
7.2 Upphandling och genomförande	30
7.3 Råd och rön	34

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>	
8	MODELLER FÖR BERÄKNING AV EN BYGG- NADS NORMALÅRSENERGIFÖRBRUKNING	38
8.1	Användning av modeller	38
8.2	Energisignaturen för en byggnad	40
8.3	Skattning av energiförbrukningen med energisignaturens hjälp	41
8.4	Jämförelse mellan olika modeller för skattning av en byggnads energiförbrukning	47
9	MÄTPROGRAM	50
9.1	Allmänt	50
9.2	Mätutrustning	51
10	MÄTVÄRDESBEHANDLING, BERÄKNINGAR	54
10.1	Allmänt	54
10.2	Energirapporter	55
10.3	Plottningar	57
11	MÄTRESULTAT	62
11.1	Allmänt	62
11.2	Vattenförbrukningar	62
11.3	Energiförbrukning för tork- aggregat	66
11.4	Sommarförbrukning	68
11.5	Temperaturer	69
11.6	Värmepumpar	73
11.7	Total normalårsförbrukning, husvis	75
11.8	Åtgärdspaketens energibesparingar	76

<u>INNEHÅLL</u>	<u>SID</u>
12 JÄMFÖRELSE MELLAN TEORETISKT BERÄK- NADE OCH UPPMÄTTA ENERGIFÖRBRUKNINGAR EFTER ÅTGÄRDER	92
12.1 Allmänt	92
12.2 Beräkningsförutsättningar	93
12.3 Jämförelse mellan teoretiskt beräk- nade och uppmätta data	94
13 KOSTNADER OCH LÖNSAMHET	100
13.1 Allmänt	100
13.2 Kostnader för åtgärder	101
13.3 Husvisa totaltkostnader	103
13.4 Finansiering	103
13.5 Lönsamhet	104
13.6 Råd och rön	108
14 INFORMATIONSSINSATER INOM GULDHEDS- PROJEKTET	110
15 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	112
REFERENSER OCH ÖVRIG LITTERATUR	116

<u>BILAGOR</u>	<u>SID</u>
BIL. 1 Mantalsskrivna i Energisparkvarteret 1981-1984	119
BIL. 2 Detaljerad objektbeskrivning samt protokoll från radonmätning (exempel)	124
BIL. 3 Tänkbara energisparåtgärder	135
BIL. 4 <u>Plottningresultat och utskrifter</u>	137
* Vattenförbrukningen 1982-1985	137
* Vattenförbrukningen 1977-1982	147
* Momentana fasad- och utomhustem- peraturer	149
* Kall- och varmvattentemperaturer i hus 4 och 9 med frånluftsvärmepump	152
* Energirapport värmepumpar, sommar- och vinterfall	155
* Husvis fördelning av energiför- brukning på de olika delposterna	160
* Energiförbrukningen 1982-1985	163
* Energisignaturer	174

<u>FIGURFÖRTECKNING</u>	<u>SID</u>
FIGUR 3.1 Tidplan för Guldhedsprojektets genomförande	13
FIGUR 4.1 Områdesplan	15
FIGUR 4.2 Ålderssammansättning i kvarteret och i hus 8 (1984-12-31)	17
FIGUR 5.1 Sammanfattande byggnadsbeskrivning för Guldhedsprojektet	23
FIGUR 6.1 Koppling mellan ROT- och omfattande energihushållningsåtgärder	24
FIGUR 6.2 Åtgärdstabla	26
FIGUR 6.3 Principiell uppbyggnad av frånluftsvärmepumpanläggning	27
FIGUR 6.4 Guldhedsprojektet i Göteborg - totalhuset Källa (1)	28
FIGUR 7.1 Projektorganisation	29
FIGUR 7.2 Guldhedsprojektet - etapp 2	32
FIGUR 7.3 Hus 5 under tilläggsisolering	33
FIGUR 7.4 Informationslokalen i Guldheden	36
FIGUR 7.5 Nyckeln till ett lyckat genomförande	37
FIGUR 8.1 En principiell beskrivning av byggnaden som ett energisystem	38
FIGUR 8.2 Principiellt utseende på en byggnads energisignatur före respektive efter genomförandet av ett åtgärdspaket bestående av bl a fasadisolering	41
FIGUR 8.3 Beräkning av skattad normalårsenergiförbrukning för uppvärmning ($E_{u,n}$) "Sommarförbrukningen" adderas separat.	44
FIGUR 9.1 Mätbox med minnesenhet	53

<u>FIGURFÖRTECKNING</u>	<u>SID</u>	
FIGUR 10.1	Datainsamling	54
FIGUR 10.2	Mätvärdesbehandling	55
FIGUR 10.3	Veckovis energi- och vattenförbrukning - redovisning	56
FIGUR 10.4	Energirapport värmepumpar	56
FIGUR 10.5	Utskrift av innehåll i några mätboxar	57
FIGUR 10.6	Månadsvisa energiförbrukningar för hela kvarteret 1982-1985	58
FIGUR 10.7	Månadsvisa vattenförbrukningar i hus 8 1982-1985	58
FIGUR 10.8	Veckovisa medeltemperaturer i hus 9	59
FIGUR 10.9	Timvisa temperaturer i hus 9	60
FIGUR 10.10	Energisignatur för hus 5 före och efter genomförda åtgärder	61
FIGUR 11.1	Energiförbrukning för torkaggregat (veckovis) i hus 5 resp. hus 8 under våren 1985	67
FIGUR 11.2	Fasadtemperaturer efter tilläggsisolering	73
FIGUR 11.3	Normalårskorrigerad energiförbrukning före resp. efter samtliga genomförda åtgärder	75
FIGUR 11.4	Brukarberoendets påverkan på totala energiförbrukningar för ett hus i Guldheden	76
FIGUR 11.5	Grundåtgärdspaketet, normalårskorrigerade energiförbrukningar för uppvärmning.	80

<u>FIGURFÖRTECKNING</u>	<u>SID</u>
FIGUR 11.6 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 2	81
FIGUR 11.7 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 3	82
FIGUR 11.8 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 4	83
FIGUR 11.9 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 5	84
FIGUR 11.10 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 6	85
FIGUR 11.11 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 7	86
FIGUR 11.12 Energiförbrukning för uppvärmning Åtgärds paket 8	87
FIGUR 11.13 Energiförbrukning för uppvärmning 3:e rutan	89
FIGUR 11.14 Energiförbrukning för uppvärmning Trapphusfönster	90
FIGUR 12.1 Jämförelse mellan uppmätt och teoretiskt beräknad energiförbrukning för uppvärmning efter åtgärd	95
FIGUR 13.1 Kostnadsfördelning i samband med energibyggnad	100

<u>TABELLFÖRTECKNING</u>	<u>SID</u>	
TABELL 8.1	Parameterunderlag för regressionsanalys	45
TABELL 8.2	Jämförelse mellan skattad energiförbrukning vid olika modeller för ett av husen i Guldheden	48
TABELL 11.1	Tappvattenförbrukning före resp. efter vattenbesparande åtgärder	63
TABELL 11.2	Tappvarmvattenförbrukning före resp. efter vattenbesparande åtgärder	64
TABELL 11.3	Energiförbrukning för torkaggregat	66
TABELL 11.4	Sommarförbrukning	68
TABELL 11.5	Inomhustemperaturer, husvisa	69
TABELL 11.6	Utomhustemperaturer, månadsvisa	71
TABELL 11.7	Normalmånadstemperaturer för Guldheden	72
TABELL 11.8	Driftresultat värmepumpar perioden juni 1984 - maj 1985 (1 år)	74
TABELL 11.9	Driftresultat värmepumpar vid "full drifttid"	88
TABELL 11.10	Åtgärdspaketens besparingar	91
TABELL 12.1	Jämförelse mellan uppmätt och teoretiskt beräknad energibesparing för uppvärmningsenergi	98
TABELL 13.1	Totala kostnader för olika delåtgärder för "medelhuset" i Guldhedsprojektet	102
TABELL 13.2	Husvisa totalkostnader (36 lägenheter)	103
TABELL 13.3	Nuvärdesberäkning av åtgärds paket med reinvesteringsmodell 3. Inflation 8%	105
TABELL 13.4	Nuvärdesberäkning av "totalpaketet" med reinvesteringsmodell 1. Real energiprisökning 0%	107

1 FÖRORD

Föreliggande rapport utgör slutrapporten för Bygghörsrådsrådets och AB Göteborgshems projekt "Energisparkvarter i Göteborg", vanligen kallat Guldhedsprojektet.

Att efter mer än fyra års arbete med Guldhedsprojektet, tidvis under stark tidspress, försöka att sammanfatta allt som hänt är en ganska svår uppgift. Förhoppningsvis har de mest väsentliga händelserna och de viktigaste resultaten behandlats i denna rapport.

Många hinder och problem dyker självklart upp i ett projekt av det här slaget. Men genom ett utomordentligt fint samarbete med AB Göteborgshem och inom projektgruppen har vi kunnat lösa dem på ett bra sätt. Projektets övergripande mål och den entusiasm och de arbetsinsatser, som alla inblandade parter har visat, har aktivt bidragit till ett lyckat genomförande.

Intresset för Guldhedsprojektet har varit ovanligt stort under hela projektets löptid från en mycket bred krets av intressenter såväl inom som utom landet. Fortfarande besöks Guldhedsprojektet då och då av olika intressentgrupper. Detta intresse har alltid känts lika stimulerande.

De erfarenheter och den kunskap, som har byggts upp, har vi på olika sätt också försökt att förmedla till en vidare krets. Vi har härvid utnyttjat olika informationsvägar, såsom föredrag, tidskriftsartiklar m m. Vår förhoppning är att detta har varit till fromma för byggbranschens olika parter.

Följande personer har på olika sätt och under olika skeden varit speciellt engagerade i projektet

AB Göteborgshem (byggherre och lokal förvaltning)	- Rune Buresten, energichef - Paul Johansson - Håkan Lind
Bengt Dahlgren AB (projektledning, FoU- ansvarig, installa- tionskonsult, rappor- tering, information mm)	- Anders Nilson, proj. led - Magnus Fischer - Magnus Nordberg - Anders Walter
FFNS Arkitekter i Göteborg AB (arkitekt, information)	- Leif Sördal - Ylva Ljungström - Bengt Malmqvist

VBK Projektering AB, - Leif Kärnbratt
Göteborg
(byggkonsult)

Gothia Elektrokonsult AB, - Bengt Johansson
Göteborg
(elkonsult)

Ett speciellt tack riktas till AB Göteborgshem och Byggeforskningsrådet, som genom samfinansiering möjliggjort att Guldhedsprojektet kunnat genomföras enligt ursprunglig plan samt till medarbetarna på Bengt Dahlgren AB, som biträtt med mätdatainsamling och programutveckling.

Min förhoppning är att vi med denna rapport också kan visa att ett intensifierat samarbet över traditionella fackområdesgränser kan bidra till att ett energiombyggnadsprojekt med stort inslag av FOU-arbete kan genomföras och leda till en ökad kunskapsuppbyggnad i vid mening.

Göteborg 1986-10-31

Anders Nilsson

2. SAMMANFATTNING

Guldhedsprojektet är ett av de sex s k energispar-kvarter som genomförts runt om i landet med stöd av Byggforskningsrådet och ett antal allmännyttiga bostadsföretag. Målsättningarna med detta projektpaket har varit att genom fullskaleprojekt i befintliga flerbostadshus genomföra olika typer av åtgärdspaket och genom omfattande mätningar utvärdera dessa pakets energibesparing, studera det ekonomiska utfallet, identifiera olika slag av hinder och problem i samband med planeringen och genomförandet samt inte minst bedriva ett aktivt informationsarbete kring respektive projekt i syfte att sprida erfarenheter och därmed öka kunskapen på detta område.

Det delprojekt som har bedrivits i Göteborg och som vanligtvis har gått under benämningen Guldhedsprojektet har genomförts i ett område på södra Guldheden bestående av nio stycken punkthus från början av 1950-talet. Dessa innehåller 8-10 våningar och är belägna utefter Syster Ainas gata och Dr Liborius gata. Området har klassats som "miljömässigt värdefull bebyggelse" och är sedan tidigare känt i både inhemska och internationella arkitektkretsar. Projektet omfattar 332 lägenheter, vilka samtliga berörs av någon form av åtgärdspaket.

Guldhedsprojektet är ett energispar-kvarter där mycket omfattande åtgärder har genomförts och har bl a därför tilldragit sig ett speciellt stort intresse. Omfattningen på de olika åtgärdspaketen varierar i de nio husen, alltifrån ett relativt enkelt grundåtgärdspaket till ett mycket omfattande totalpaket. I det förra ingår huvudsakligen enklare installations-tekniska och byggnadstekniska åtgärder såsom injustering av värme och ventilation, vattenbesparande åtgärder och tilläggsisolering av vindsbjälklag. I det senare ingår samtliga de åtgärder som prövats i projektet och utgöres av omfattande byggnadstekniska åtgärder på fasader och fönster tillsammans med både enklare installationstekniska åtgärder såsom injustering av värme och ventilation och mer omfattande såsom frånluftsvärmepumpar för varmvattenberedning och radiatorkrets. Detta totalpaket består således av det mesta av idag känd och tillgänglig teknik på området.

Ett brett upplagt mätprogram har genomförts i området för att med vetenskapligt beprövade metoder kunna utvärdera och säkerställa de energibesparingar som de olika åtgärdspaketen har givit upphov till. För mätdatainsamling och viss bearbetning samt för övervakning av fastigheterna under projektets gång, har nyutvecklade mikrodatorer utnyttjats. Viss del av denna har även utnyttjats inom övriga energisparkvarter, men vidareutvecklats för projektet i Göteborg i syfte att kunna användas för den löpande övervakningen och för att kunna studera olika detaljerade temperaturförlopp m m mer ingående.

Energiförbrukningen för de nio husen i Guldheden har i genomsnitt reducerats från ca 260 kWh/m²,år till mellan 145 kWh/m²,år och 225 kWh/m²,år beroende på vilka åtgärder som har genomförts. Dessa specifika energiförbrukningar avser m² pBRA inkl. trapphus.

Detta motsvarar en reduktion av den totala energiförbrukningen för uppvärmning, varmvattenberedning, tvättorkning och sommarförbrukning (i huvudsak förluster m m) på mellan ca 15% och ca 45%.

De vattenbesparande åtgärderna i form av flödesbegränsning av kall- och varmvatten i tvättställ, dusch och diskkläda har givit ett i genomsnitt sämre besparingsresultat än som kalkylerades. För tappvatten varierar besparingarna mellan +11% och -19% medan för kvarteret som helhet helt marginella besparingar har kunnat uppmätas. För varmvattnet varierar energibesparingen mellan +12% och -8% och för kvarteret som helhet har en besparing på 3% kunnat registreras. Brukarbeteendet tycks spela större roll än insatta tekniska åtgärder.

Lägenhetstemperaturerna i området har i genomsnitt kunnat sänkas från ca 21,3°C före till ca 20,7°C efter genomförda åtgärder. Målet var en genomsnittlig lägenhetstemperatur på 20,5°C. I vissa enskilda hus har vi dock inte kunnat gå så långt på grund av brukarnas reaktioner. Detta gäller även i tilläggsisolerade hus. Spridningen i temperatur har dock kunnat reduceras inom respektive hus genom de injusteringsåtgärder m m som har genomförts.

Luftsomsättningen har genom olika åtgärder sänkts från i genomsnitt ca 0,8 oms/h till ca 0,5 oms/h. Därvid har vissa följdåtgärder måst genomföras såsom installation av injusterbara frånluftsdon och kolfilterfläktar i kök för att klara en acceptabel köksventilation. Badrum är försedda med öppningsbara fönster och klarar sig därför utan forcerbara frånluftsdon.

För att kunna göra en rättvisande utvärdering av energibesparingen av de olika åtgärdspaketen måste inverkan av brukarvanor i form av varmvattenförbrukning och utnyttjande av tvättorkar m m separeras. Utvärderingen har kunnat ske genom att analysera energiförbrukningen för uppvärmning såväl före som efter åtgärd. Några exempel på uppnådda energibesparingar redovisas nedan:

- Grundåtgärdspaketet har i genomsnitt sparat ca 40 kWh/m²,år eller ca 20% av energiförbrukningen för uppvärmning före åtgärd. Besparingen varierar mellan ca 30 kWh/m²,år (15%) och 45 kWh/m²,år (20%). Spridningen beror till största delen på att förhållandena mellan husen varierade kraftigt speciellt före åtgärd vad avser inomhustemperatur, luftomsättning m m.
- Grundåtgärdspaketet kompletterat med fasadisoleering, byte av trapphusfönsterparti från 2-glas till 3-glas samt komplettering av befintliga 2-glasfönster med en tredje ruta på insidan har i genomsnitt sparat ca 85 kWh/m²,år eller ca 40% av energiförbrukningen för uppvärmning före åtgärd.
- Totalpaketet där även en frånluftsvärmepump ingår, har sparat ca 100 kWh/m²,år eller ca 50% av energiförbrukningen för uppvärmning före åtgärd. Hänsyn har härvid tagits till värmepumpens besparing (netto) av energi för uppvärmning. Om hänsyn även tas till värmepumpens besparing på varmvattensidan blir motsvarande siffror 115 kWh/m²,år eller ca 55%.

Endast tre olika enskilda åtgärder har kunnat utvärderas separat. Dessa är tredje rutan, byte av trapphusfönsterparti samt frånluftsvärmepump. Följande resultat har erhållits för dessa delåtgärder:

- Tredje rutan har i genomsnitt sparat ca 13 kWh/m²,år när den satts in som sista åtgärd, vilket varit fallet i hus 1 och 2 där denna åtgärd senarelades en eldningssäsong för att just kunna separatutvärderas. Om vi i dessa två hus hade kunnat upprätthålla den tänkta inomhustemperaturen på 20,5°C skulle besparingen varierat mellan ca 15 kWh/m²,år och 20 kWh/m²,år.

Den högre energibesparingen skulle ha uppnåtts i hus 2 med lägst energiteknisk standard av de två aktuella husen. Dessa energibesparingar stämmer relativt väl med de som teoretiskt kan kalkyleras med ett k-värde på ca $2,1 \text{ W/m}^2, \text{ } ^\circ\text{C}$ för det "nya" fönstret och utan hänsyn tagen till eventuella temeratorsänkingsmöjligheter på grund av åtgärden. I detta projekt var inomhustemperaturen redan sänkt så långt det var möjligt innan denna åtgärd sattes in. Om inomhustemperaturen varit högre bör dock en smärre sänkning ha kunnat åstadkommas.

- . Byte av trapphusfönster har i genomsnitt inte givit någon säkerställd energibesparing då de helt marginella besparingar, som har uppmätts, ligger inom felmarginalen på mätningarna. Det bör också påpekas att denna åtgärd inte heller sattes in som energisparåtgärd utan som en följdåtgärd till genomförda och kvarvarande fasadisoleringsåtgärder i området på grund av husens konstruktiva uppbyggnad. Eftersom de ändå skulle bytas var det helt naturligt att byta dem till ett i 3-glasutförande om inte annat så av komfortskäl.
- . Frånluftsvärmepumparna har givit en nettobesparing på i genomsnitt $30 \text{ kWh/m}^2, \text{ år}$. Besparings-siffran avser drift under ett helt år (juni 1984 - maj 1985). Värmepumpsinstallationernas totala systemvärmefaktor har under samma tid uppgått till ca 2,2 respektive 2,4 och totala drifttiden till ca 6300 h respektive 6900 h.
- . Under uppvärmningssäsongen när både varmvatten- och uppvärmningsbehov föreligger är drifttiden mellan 95% och 100% av full tid med en värmefaktor på själva värmepumpen som i medeltal har varit ca 3,1. Värmepumparnas driftsutfall har under det gångna året varit något sämre än året före, vilket beror på att övervakningen har minskat i omfattning, samtidigt som diverse driftsstörningar vad avser cirkulationspumparna m m har inträffat. Om övervakningen hållits på den tidigare nivån och inga "exceptionella" driftstörningar inträffat, pekar våra erfarenheter på att en drifttid på ca 7100 h vore möjlig att uppnå varvid nettobesparingen ökar till ca 35 kWh/m^2 .

En jämförelse mellan teoretiskt beräknade och i praktiken uppnådda energiförbrukningar efter åtgärd visar att avvikelserna ligger på i storleksordningen + 15%, vilket får anses acceptabelt med hänsyn till de komplexa förhållanden som en relativt enkel teoretisk modell skall beskriva.

Olika förklaringsmodeller för avvikelserna mellan teori och verklighet har studerats. Härvid har framkommit att sådana faktorer som fuktuttorkning av gamla fasader, nischverkan för fönster i samband med tilläggsisolering, nytt ytskikt med andra absorptionsförhållanden, eldningssäsongens "verkliga" längd samt mätfel, kan förklara en del av uppkomna avvikelser.

För åtgärden utbyte eller komplettering av befintliga 2-glasfönster till 3-glasfönster är det av väsentlig betydelse att, förutom k-värdesförbättringen, även beakta för åtgärden negativa faktorer såsom minskad solinstrålning och därmed reducerat gratisenergitillskott, som antalet glas i sig självt ger och den skuggverkan (nischverkan) som en tilläggsisolerad fasad ger om fönstren ej samtidigt flyttas ut i fasadliv.

Viss försiktighet bör också visas vad avser den möjliga temperatursänkning som en åtgärd av det här slaget teoretiskt skulle kunna ge upphov till. Att kunna sänka inomhustemperaturen i ett hus med dåliga ytterväggar bara för att fönstren förbättras bedömer vi som orealistiskt. Möjligen skulle den kunna sänkas i storleksordningen 0,5°C om ytterväggarna har tilläggsisolerats och de har torkat ut och inomhustemperaturen är normal. Dock bör man ta hänsyn till att dagens teknik i fråga om temperaturreglering knappast har större noggrannhet i praktisk drift.

Guldhedsprojektet visar att också ganska omfattande åtgärdspaket kan genomföras med lönsamhet om hänsyn tas till byggnadens specifika förutsättningar och dessa åtgärder genomföres integrerat med ROT-åtgärder av typen skadeavhjälpande åtgärder. Valet av ekonomiska indata påverkar dock kalkylerna, vilket medför att sådana måste varieras för att kunna ge fastighetsägaren ett säkrare beslutsunderlag innan slutligt val sker av vilka åtgärdspaket som skall genomföras.

En rad olika resultat och erfarenheter har framkommit under de snart fyra år som Guldhedsprojektet har pågått sedan det inledande utredningsarbetet startades sommaren 1981. Genom de omfattande informationsinsatser som genomförts såväl inom som utom landet har dessa kunnat spridas till en vid krets av intressenter på energihushållnings- och ROT-området. Förhoppningen är att dessa erfarenheter aktivt har bidragit och i framtiden kan bidra till en ökad kunskap på området och att denna skall kunna underlätta den förändringsprocess som är nödvändig för att klara de krav som kommer att ställas på byggbranschen under 1990-talet.

3 PROJEKTBSKRIVNING

3.1 Syfte

För att uppnå det av riksdagen uppsatta energisparmålet för den befintliga bebyggelsen bör energihushållningsåtgärder integreras med åtgärder av typ underhåll, renovering och ombyggnad. Begreppet energiombyggnad har därvid kommit att betonas. Hypotesen är att man genom denna integration kan erhålla bättre ekonomi för de genomförda åtgärderna. Man talar också om åtgärdspaket där åtgärderna samverkar på olika sätt.

För att utvärdera tekniska besparingseffekter och lönsamheten för sådana åtgärdspaket har ett antal större energiombyggnadsprojekt genomförts i landet. Dessa projekt har gått under benämningen "Energispar-kvarter", och har genomförts i områden som är representativa för den befintliga bebyggelsen.

Ett av dessa energisparkvarter är beläget i Göteborg i stadsdelen Guldheden och kallas Guldhedsprojektet. Utöver utvärdering av olika åtgärdspakets besparings-effekter och deras lönsamhet har detta projekt också haft som mål att till viss del utvärdera de ingående åtgärdernas enskilda spareffekter.

Även rena tekniska hinder samt hinder som berör organisationen, förvaltning, finansiering etc redovisas för att ge erfarenheter för framtida projekt inom ROT-Energiområdet.

Projektets resultat har utnyttjats som ett av många skilda underlag i samband med den senaste omprövningen av Sveriges energisparplan som Byggforskningsrådet ansvarade för och som gick under benämningen ENERGI 85(1).

3.2 Metod

Åtgärderna har, som redan nämnts, genomförts i s k åtgärdspaket med mätning av energiförbrukningen husvis såväl före som efter genomförda åtgärder. Som en ytterligare möjlighet skulle utvärderingstekniken med referenshus kunna utnyttjas om eventuella mätproblem skulle uppstått.

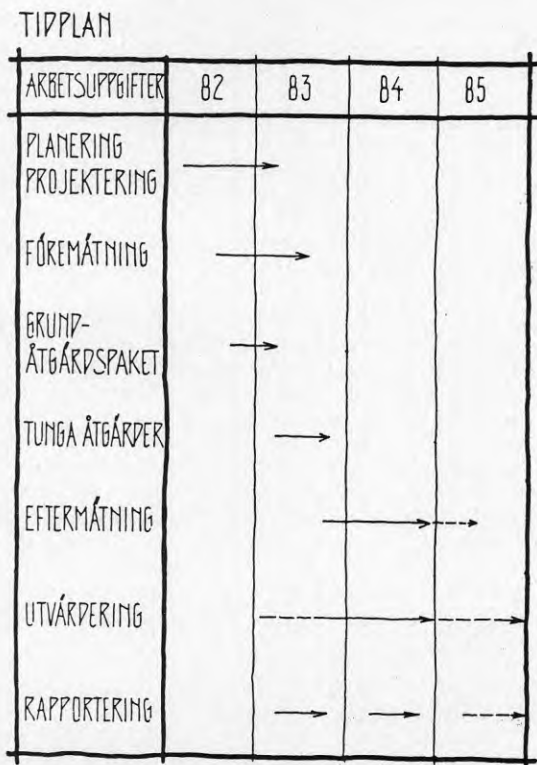
Den metodik som har tillämpats bedöms som mest tillförlitlig för att i bebodda hus kunna utvärdera effekten av olika energisparåtgärder.

För att säkerställa effekterna av de genomförda åtgärderna är föremätningar av energi, temperaturer samt kall- och varmvattenförbrukningen m m nödvändiga. Dessa föremätningar behövs även för att på ett så korrekt sätt som möjligt analysera åtgärdernas effekter.

3.3 Tidplan

Åtgärderna har genomförts i två etapper, etapp 1 (grundåtgärdspaketet) under senhösten/vintern 1982/83 och etapp 2 (omfattande åtgärder) under hösten 1983.

Omfattande mätningar har gjorts såväl före som efter genomförandet av energisparåtgärderna.



Figur 3.1 Tidplan för Guldhedsprojektets genomförande.

4 OBJEKTSBESKRIVNING

4.1 Val av område

På uppdrag av Byggforskningsrådet utredde AB Göteborgshem tillsammans med Bengt Dahlgren AB förutsättningsarna för ett s k energisparkvarter i sitt bestånd.

AB Göteborgshem förvaltar ca 40.000 lägenheter inom ett 100-tal olika bostadsområden i Göteborg. Fastighetsförvaltningen omfattar varierande typer av hus från olika tidsperioder.

Utredningsarbetet startades upp under hösten 1981 med att ett antal krav formulerades, vilka skulle uppfyllas för det område som sedan slutligen blev energisparkvarter. Följande sammanfattande krav uppställdes:

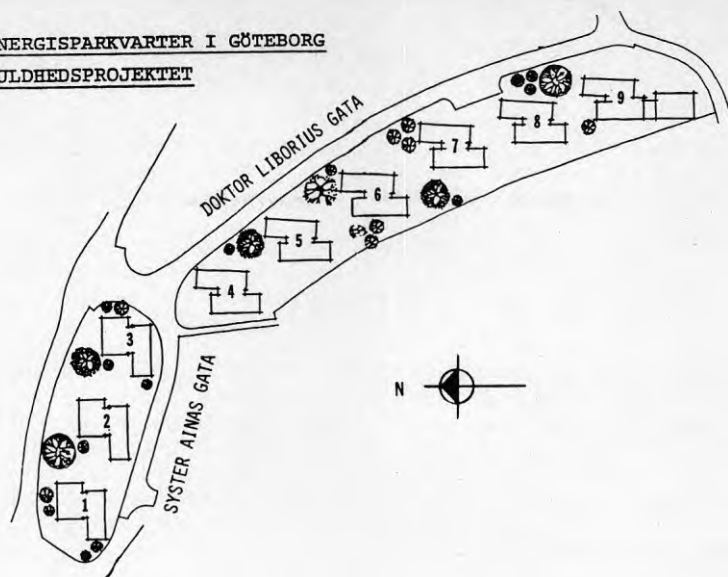
- Renoveringsbehov skall föreligga för fasad och/eller fönster.
- Området skall vara representativt för bebyggelsen.
- Området skall vara homogent, vad avser hustyp, konstruktion och husstorlek.
- Området skall omfatta minst 200 lägenheter. Det skall vidare innehålla så många huskroppar att åtminstone 6 olika typer av åtgärdspaket skall kunna studeras och samtidigt innehålla minst ett referenshus.
- Värmeförsörjningen skall vara så anordnad att energiförbrukningen skall kunna mätas för varje huskropp såväl före genomförandet av energisparåtgärder som efter.

Området på Guldheden befanns uppfylla samtliga krav, och utsågs sedermera till "Energisparkvarter i Göteborg".

4.2 Beskrivning av området

När Södra Guldheden byggdes under slutet av 1940-talet och början av 1950-talet var detta med en stadsplan som för den tiden innehöll en del nya tankar om bland annat trafikföringen i området. Matargatorna utgjorde återvändsgator för biltrafiken för att på det sättet få bort genomfartstrafiken. Separata gångvägar anlades mellan husgrupper och genom grönområden och förband husen med affärscentra, skolor, daghem och kommunala kommunikationsmedel.

ENERGISPARKVARTER I GÖTEBORG
GULDHEDSPROJEKTET



Figur 4.1 Områdesplan

Punkthuset var den nya hustypen som mer och mer byggdes under denna tid. Det var en hustyp som lämpade sig väl, när man klättrade upp på höjderna runt Göteborg, beroende på dess lilla byggnadsyta i förhållande till den lägenhetsyta som utvanns. Ur stadsbilds- och arkitektonisk synpunkt blev många av husen eller husgrupperna inte alltid så lysande men ett bland de bästa exemplen på god punkthusbebyggelse är de nio Guldhedshusen.

Dåvarande regionsplanarkitekten Bertil Hultén skrev 1953 i arkitekturtidningen Byggmästaren under rubriken "De grå punkthusen på Södra Guldheden" (2):

"Det är en fröjd för ögat att studera den enkla och fina arkitekturen i Brolid & Wallinders gråa punkthus. Det är säkerligen bland det bästa svenska arkitektur av idag kan uppvisa. En arkitektur som inte är svensk utan internationell."

Varje byggnad är sammansatt av två i sidled förskjutna lägenhetsskivor med ett trapphus som länk emellan. Trapphuslänken är helt uppglasad mot entrésidan. Planformen på byggnaderna skiljer sig något mellan husen utefter Syster Ainas gata och husen utefter Dr Liborius gata.

Gruppen ger på avstånd och överhuvudtaget ett sammanhållande intryck men vid närmare betraktande en viss individualitet. Hela intrycket ger enligt Hultén en god välproportionerad arkitektur som inte har behov av extra färgsättning för att bli "livlig", "rolig" eller "mänsklig". De grå punkthusen har även varit uppmärksammade i utländska arkitektkretsar och tidskrifter. De har klassats som miljömässigt värdefulla.

Husen är av gjuten betongkonstruktion med lättbetong som isolermaterial och puts som ytbeklädnad. I samband med uppförandet av husen skedde viss experimentverksamhet vad avser nya byggproduktionsmetoder. En viss form av glidformsgjutning tillämpades på två av husen (hus 6 och 7). Vad avser putssammansättning skedde även viss utprovning. Husen uppfördes av nio olika byggmästare.

Redan något år efter uppförandet förelåg putsskador i området. Detta finns beskrivet i en rapport av framlidne professorn Hjalmar Granholm vid CTH (3).

Området består av 9 st huskroppar med 8-10 våningar i varje huskropp. Husen är anslutna till en gemensam panncentral som dels försörjer det aktuella området dels ett närliggande område bestående av 3-våningshus.

Värmen distribueras via separata kulvertar till de bägge områdena. Inom aktuellt område har varje hus en egen undercentral. Tappvarmvattnet bereds i separata plattvärmeväxlare medan varmevattnet för radiatorkretsen utgöres av shuntat primärvatten. Området kommer under 1986 att anslutas till kommunens fjärrvärmenät.

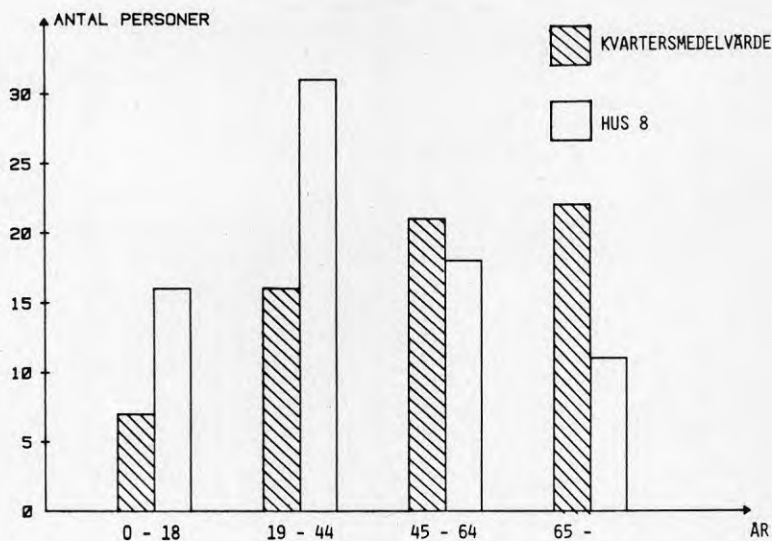
Husen är utrustade med mekanisk frånluftsventilation. Fläktarna är placerade i en sugkammare på vind.

Några av husen är försedda med varmgarage. I området finns även en bank- och en affärslokal. Den senare har under projektet utnyttjats som informationslokal.

4.3 Boendesammansättning

Guldhedsområdet är, med dess närhet till Göteborgs centrala delar, ett mycket attraktivt bostadsområde. Således är omsättningen av hyresgäster inte speciellt stor, utan flertalet är bostadsområdet troget. Många av hyresgästerna har bott i husen sedan de uppfördes på 1950-talet, vilket medför en hög genomsnittsalder i området. Under de tre senaste åren har genomsnittsaldern i området varit ca 50 år.

I hus 8 är dock barnfamiljerna något mer representerade, vilket leder till en något avvikande boendesammansättning och genomsnittsålder.



Figur 4.2 Ålderssammansättning i kvarteret och i hus 8 (1984-12-31).

Boendetätheten i området har i genomsnitt varit i stort sett oförändrad sedan 1982 (ca 1,75 pers/lgh). Denna varierar dock något mellan de olika husen.

För övriga siffror och uppgifter, se bilaga 1, där åldersfördelningen och antalet mantalsskrivna i området redovisas från 1982 och framåt.

Som avslutning bör nämnas att uppgifterna avser antalet mantalsskrivna, vilket inte behöver betyda att de helt överensstämmer med det verkliga antalet boende.

4.4 Klimat

Området på Guldheden är så geografiskt beläget att det utsätts för stora klimatpåfrestningar. Slagregn samt starka vindar påverkar klimatskärmen och dess förmåga att skydda byggnadskonstruktionen. Det ytskikt av puts som byggnaderna har/hade föreföll inte tåla detta klimat utan sprack och stora vattenmängder kunde tränga in i lättbetongen. Vid renoveringen av fasaderna var klimatpåfrestningarna ett tungt vägande skäl vid val av ytskikt.

Energisparvarteret har, vilket konstaterats i mätningarna, ca 1°C lägre utomhusmedeltemperatur än den närmast liggande klimatstationen (jfr avsnitt 11.5).

5. BESTÄMNING AV ENERGITEKNISK STATUS FÖR FASTSTÄLLANDE AV ÅTGÄRDSPROGRAM

5.1 Allmänt

Innan ett åtgärdsprogram fastställdes för projektet genomfördes en noggrann besiktning av fastigheterna ur såväl byggnadsteknisk som installationsteknisk synpunkt. Denna besiktning genomfördes under senhösten 1981 av VBK Projektering AB respektive Bengt Dahlgren AB.

I samband med de genomförda besiktningarna framkom att Hälsovårdsnämnden inom det aktuella området hade genomfört radonmätningar med den s k bilmetoden. Resultatet från denna mätning gav vid handen att förhöjd gammastrålning konstaterades från två av fastigheterna. Övriga fastigheter hade inte medtagits i en uppgjord förteckning över "blå" lättbetonghus inom kommunen.

Vid den installationstekniska besiktningen genomfördes därför en kompletterande mätning av eventuellt förhöjd gammastrålning både på samtliga fasader och inomhus med avseende på mellanväggars konstruktion. Denna mätning gav endast indikationer på en eventuell förhöjd radondotterhalt, varför en långtidsmätning, med hjälp av s k termoluminiscens dosimeter (TLD) genomfördes före och efter åtgärder, för noggrannare utvärdering. Med hjälp av denna utfördes mätningar i de fastigheter där högst gammastrålning tidigare registrerats. Denna mätning gav besked om att ingen förhöjd radondotterhalt förelåg (bilaga 2).

Förutom energibesiktningar och den kunskap som dessa har givit, har AB Göteborgshems kunskap om det aktuella området utnyttjats. Här avses då speciellt det arbete som under en längre tid lagts ned vad avser putsskadorna och tänkta åtgärder för att komma tillrätta med detta problem.

5.2 Installationsteknisk besiktning

Principen för värmeförsörjningen inom området samt övriga installationstekniska principer har tidigare redovisats under avsnitt 4.2.

Dessutom konstaterades följande.

Värmedistribution

- Värmesystemet var bristfälligt injusterat och stamregleringsventiler saknades. Befintliga radiatorventiler var ålderdomliga med dålig reglerbarhet.
- Allmänna utrymmen i källare värmdes med oshuntat primärvarmevatten. Detta system fungerade dock inte tillfredsställande.
- Torkrummen i anslutning till tvättstugorna (samtliga hus) försörjdes med oshuntat primärvarmevatten och reglerades med ålderdomliga radiatorventiler. Samtliga tvättstugor och torkrum byggdes om och moderniserades innan projektet startade.

Förbrukningsvarmvatten

- Varmvatten bereds i plattvärmväxlare lokalt i varje hus. Varmvattentemperaturen regleras med egna reglercentraler. Regleringen sker i två steg för att klara störtlappningar. Systemet är försett med cirkulationspump. Modernisering av varmvattensystemet genomfördes i mitten av 1970-talet varvid en ur energiteknisk synpunkt tillfredsställande standard erhöles.

Kallvatten

- Varje huskropp är ansluten till kommunens kallvattennät med egen flödesmätare.

Ventilationssystem

- Ventilationssystemet (F-system) var bristfälligt injusterat, ojämn luftomsättning, ej rensade kanaler m m. I vissa utrymmen, bl a i källare konstaterades trasiga kanaler och i vissa fall övertapetserade don i lägenheter och otäta sugkammare.

5.3 Byggnadsteknisk besiktning

Den byggnadstekniska besiktningen gav följande resultat.

Fasader

- För samtliga huskroppar förelåg renoverings-/reparationsbehov i mer eller mindre stor omfattning. På en av huskropparna hade omfattande nedfall av puts förekommit och på ett antal övriga har risken för nedfall varit så stor att förankring av putsen och i vissa fall även lättbetongen med brickor har genomförts. På vissa av de senare fasaderna konstaterades dessutom sprickbildningar i putsen vilket innebar ökad risk för kapillär-sugning. Dessa sprickor har åtgärdats genom efterlagning. Fasadernas k-värde beräknas ligga i intervallet $0.92-1.05 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ vid beaktande av ovan anförda och med hänsyn tagen till varierande fukthalt på olika nivåer enligt stickprovsvisa punktmätningar.

Fönster

Konditionen på trävirket i såväl karmar som bågar bedömdes som relativt god. Fönstren däremot uppvisade andra konstruktiva brister, som var genomgående för hela fönsterbeståndet.

- Befintlig fixskena och bakomliggande drivvattenränna transporterar regnvatten ut till skarven mellan sidostycke och bottenstycke med påföljanden att skador uppstår på insidan genom inläckande vatten.
- Befintlig fixskena har dräneringshål för avledande av regnvattnet, men dessa fungerar dåligt och på många fönster är de igensatta med färg.
- Drivvattenrännan bakom fixskenan har på många fönster (företrädesvis söderfasaden) försetts med dränagerör men besvärande mängder vatten når ändå skarven vid sidostyckena.
- Kondens på ytterglaset insida har förorsakat vattenskador i form av avlagad färg på bågbottenstycket.
- Tätningslisterna är gamla och fungerar dåligt på de flesta fönster.

Då dessa tekniska problem i stort bedömdes kunna elimineras med förhållandevis små ingrepp och träkvaliten var god, torde ett utbyte av fönstren m a p de tekniska svaghetera vara onödigt.

Trapphus

Trapphusen inom området är helt glasade på ena sidan. Glaspartierna var mycket otäta och i behov av renovering.

Vindsbjälklag

Isolerstandarden konstaterades vara mycket ojämn med ett beräknat k-värde på 0.4-1.7 W/m²°C. Denna stora variation beror bl a på att vissa fastigheter hade en god isolerstandard medan någon av fastigheterna helt saknade högvärdigt isolermaterial på vindsbjälklaget.

5.4 Översiktliga besiktningsdata

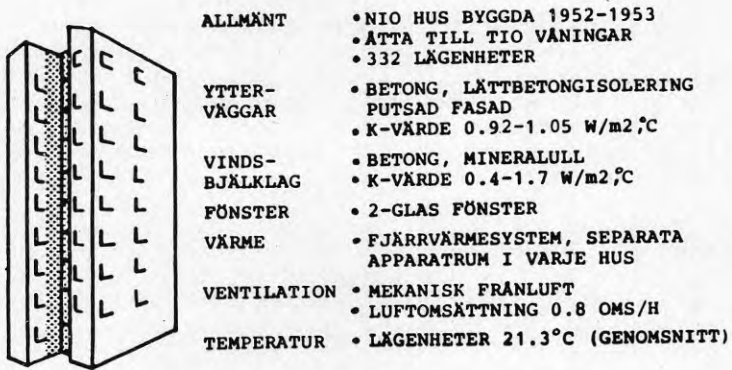
Området består som tidigare nämnts av 9 st hus. Antalet lägenheter per hus är 34-38. Totalt består kvarteret av 332 lägenheter.

Föremätningarna som genomfördes 1982-10-01 - 1983-01-31 gav till resultat att energiförbrukningen före åtgärder låg i genomsnitt på 260 kWh/m²,år (netto) normalårskorrigerat. Denna stämmer också väl med den energiförbrukningsstatistik som AB Göteborgs-hem har för aktuell panncentral om hänsyn tas till bl a pann- och kulvertförluster samt olika formfaktorer på anslutna byggnader.

Vad beträffar i rapporten redovisade specifika energiförbrukningar och kostnader avser dessa primärbruksarea inklusive trapphus (pBRA). Det bör framhållas att Svensk Standard (SS 021050) med pBRA ej inkluderar trapphusen medan myndigheter såsom Bostadsstyrelsen m fl. inkluderar dessa. För att få likformighet har dessa därför inkluderats.

Övriga besiktningsdata såsom areor, volymer, k-värden, temperaturer, luftomsättningar redovisas i bilaga 2. För ytterligare information om föreförbrukning se avsnitt 11.

De viktigaste basdata för området har sammanfattats i figur 5.1.



Figur 5.1 Sammanfattande byggnadsbeskrivning för Guldhedsprojektet.

6.2 Valt åtgärdsprogram

Åtgärderna har genomförts i åtgärdsprogrammet. Inledningsvis applicerades i etapp 1 (se tidplanen i avsnitt 3.3) ett så kallat grundåtgärdsprogram i samtliga hus. Anledningen till att detta gjordes var framförallt att husen skulle bli så likvärdiga som möjligt ur energiförbrukningssynpunkt. Detta för att man skulle kunna göra en så rättvisande utvärdering som möjligt av de övriga åtgärdsprogrammen. En annan anledning till att grundåtgärdsprogrammet genomfördes på samtliga hus var att dessa typer av åtgärder är ganska vanliga att genomföra för en förvaltare av AB Göteborgshems typ som ett första steg i en energihushållningsprocess. Det är därför extra intressant att utvärdera besparingarna av ett sådant paket genomfört i flera hus med olika förutsättningar.

Grundåtgärdsprogrammet innehåller i huvudsak enklare åtgärder och de är:

- Injustering av värmesystemet
- Installation av radiatortermostatventiler med förinställning
- Installation av stamregleringsventiler
- Sänkning av lägenhetstemperaturen till 20.5°C
- Sänkning av trapphustemperaturen till 15°C
- Sänkning av källar- och garagetemperaturen till 10°C
- Installation av injusterbara frånluftsdon
- Installation av kolfilterfläktar */
- Injustering av ventilationen till 0.5 oms/h, vilket inkluderar rensning av kanaler och nedvarvning av frånluftsfläkt
- Flödesreglering av tappvattnet
- Nya tätningsslister till fönstren */
- Underhållsåtgärder på fönstren (jfr. avsnitt 5.3) */
- Tilläggsisolering av vindsbjälklaget med lösull till ett k-värde på 0.20 W/m²°C

De med (*) markerade åtgärderna har genomförts mer som följdåtgärder till övriga energihushållningsåtgärder än ur ren energisparsynpunkt.

I två av fastigheterna är grundåtgärdspaketet det enda som genomförts. Dessa två har fungerat som referenshus. De övriga sju husen har alltså byggts på med ytterligare åtgärder. Vilka åtgärdspaket och i vilka hus de har genomförts framgår av åtgärdstablan.

ÅTGÄRDER	HUS NR	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
FÖREMÄTNINGAR											SOMMAREN 1982	
GRUNDÅTGÄRDSPAKET		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	VÅREN 1983
EFTERMÄTNINGAR 1												
FRÅNLUFTSVÄRMEPUMP					X						X	HÖSTEN / VINTERN 1983 / 1984
TILLÄGGSISOL. FASAD	X					X					X	
KOMPLETTERING AV 2-GLAS TILL 3-GLAS		(X)	(X)						X		X	
NYTT TRAPPHUSFÖNSTER	X	X			X	X	X				X	
EFTERMÄTNINGAR 2											SOMMAREN 1985	

ÅTGÄRDER MARKERADE MED (X) GENOMFÖRDES SOMMAREN 1984

TIDSAXEL

Figur 6.2 Åtgärdstabla

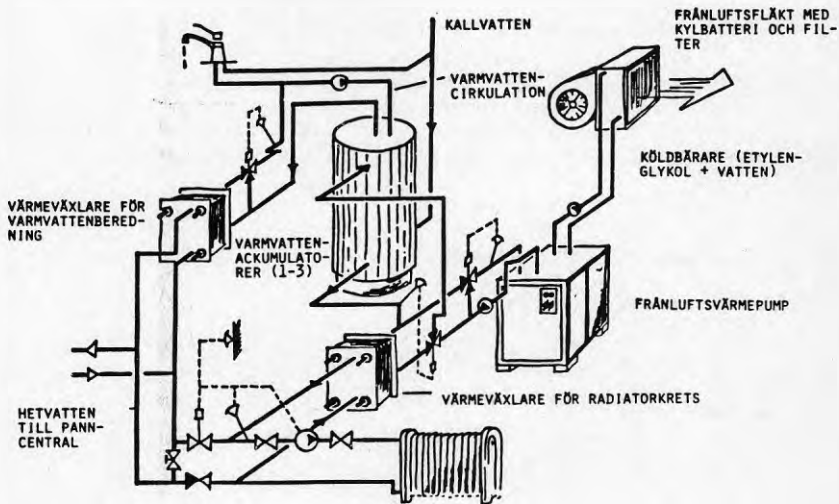
Frånluftsvärmepump

Frånluftsvärmepumpar har installerats i två hus (hus 4 och 9). För dessa har en systemlösning med samtidig beredning av tappvarmvatten och värme för radiator-krets valts (se figur 6.3). Värmepumparna ger en total uteffekt på ca 25 kW vardera.

Denna systemlösning ger en hög utnyttjningstid och därmed en god utnyttjning av värmeinnehållet i från-luften. Olika driftstrategier kan användas där an-tingen tappvarmvattenberedning eller värme för radi-atorkrets prioriteras. Den basstrategi som har an-vänts i projektet avser prioritering av varmvatten-beredning. Vid en framtida fjärrvärmeanslutning kan denna strategi ändras utan att komma i konflikt med Energiverkens krav på inkopplingsprinciper då vi med vår systemlösning ej höjer returtemperaturen till fjärrvärmeväxlaren.

En sådan ändring kan bli aktuell vid differentierade fjärrvärmesaxor som dessutom kan innebära att varmvattenberedning sommartid med värmepumpens hjälp utgår. Detta skulle kunna påverka installationens utformning och dess kostnader.

Eftersom likvärdiga värmepumpanläggningar har installerats i två från energiförbrukningssynpunkt olika hus, kan utfallet på grund av skillnader i värmebehov och brukarvanor studeras.



Figur 6.3. Principiell uppbyggnad av frånluftsvärmepumpanläggning.

Tilläggsisolering

Fasaden tilläggsisolerades med 12 cm mineralull och försågs med nytt ytskikt av aluminiumkassetter. Ytterväggarnas teoretiska k-värde efter tilläggsisolering blev $0.30 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Tredje rutan

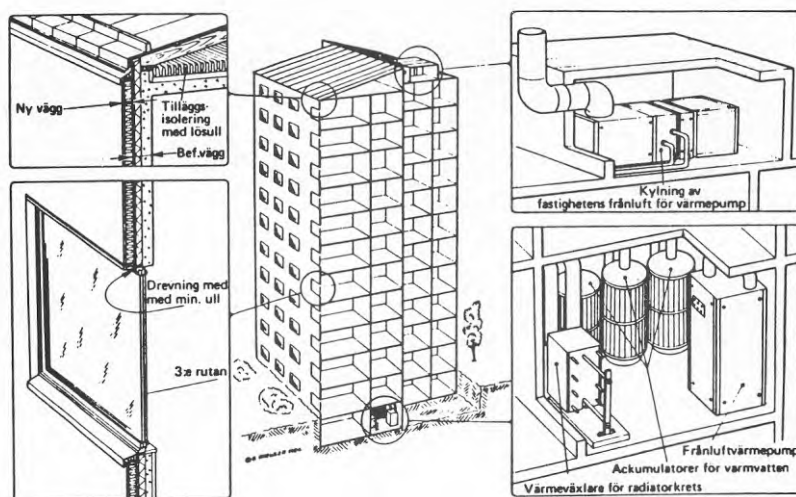
Komplettering av 2-glas till 3-glasfönster genomfördes genom att en tillsatsruta monterades på insidan av det befintliga 2-glasfönstret, vars k-värde sänktes till $2.10 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Anledningen till att tillsatsrutans montering senarelades i hus 1 och 2, var att denna då skulle kunna utvärderas separat.

Trapphusfönsterparti

Åtgärden nytt trapphusfönster skall närmast ses som en följdåtgärd till tilläggsisolering av fasad. Eftersom samtliga hus efter projektets slut skall tilläggsisoleras (krav från stadsarkitekten) så har byte av trapphusfönster redan genomförts i några av de hus som senare också skall tilläggsisoleras.

Guldhedsprojektet i Göteborg

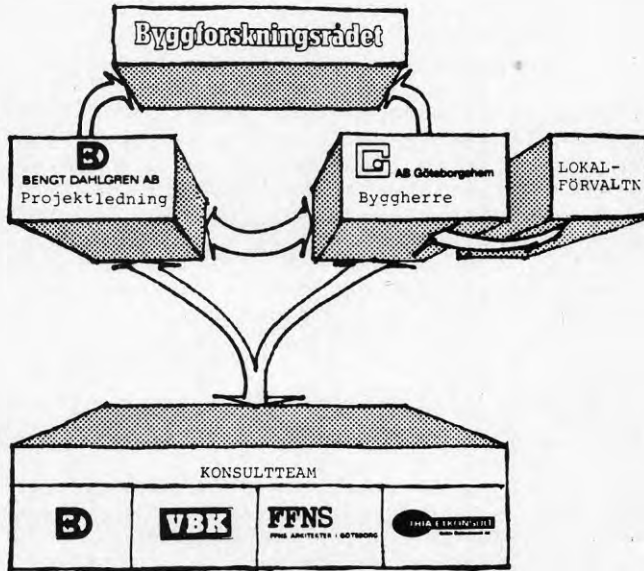


Figur 6.4 Guldhedsprojektet i Göteborg - totalhuset.
Källa (1).

7 GENOMFÖRANDE

7.1 Organisation

I projektets inledningsfas diskuterades med byggherren AB Göteborgshems energiavdelning hur genomförandefasen av projektet skulle klaras av så rationellt som möjligt. Det var med tanke på de påfrestningar som den normala förvaltningsorganisationen skulle utsättas för vid denna typ av större ombyggnadsprojekt. Det beslöts då att området skulle "lyftas ur" den normala organisationen och tillfälligt förvaltas av personal från AB Göteborgshems energiavdelning. Detta beslut visade sig vara rätt på många sätt. Man har bl a därigenom kunnat hantera både hyresgästernas problem och en viss övergripande samordning mellan olika entreprenörer under projektet.



Figur 7.1 Projektorganisation

Samarbetet mellan byggherren och anlitat konsultteam har baserats på ett sedan tidigare stort förtroende mellan parterna. Bengt Dahlgren AB har i projektet haft ansvar både för projektledning, planering, projektering av installationstekniska åtgärder, utvärdering och instrumentering, viss kontroll och besiktning samt information och rapportering. På så vis kunde projektet styras mot de mål som sattes upp av BFR, där resultat användningen i samband med den senaste omprövningen av Sveriges energisparplan var en av de centrala målsättningarna (1).

Genom att "rätt" person tillsattes som lokal förvaltare kunde man etablera ett mycket gott förhållande mellan fastighetsägare och hyresgäster. Samarbetet mellan den lokala förvaltningen och projektledning/konsultteam fungerade också i stort sett utan problem. Samtliga parter har haft projektets övergripande målsättning som riktmärke i sina respektive arbetsuppgifter.

7.2 Upphandling och genomförande

Samtliga åtgärdsetapper har varit föremål för detaljprojektering av respektive fackkonsult. Synsättet med energihushållning i samband med sk ROT-åtgärder samt systemkopplingen mellan byggnad och installationer har därvid varit vägledande för alla inblandade parter.

Entreprenadformerna har delvis varierat mellan de två hittills genomförda åtgärdsetapperna.

Etapp 1 (Grundåtgärdspaketet)

Förfrågningsunderlaget togs i denna etapp fram av Bengt Dahlgren AB och VBK Projektering AB och avsåg enklare byggnads- och installationstekniska åtgärder av energi- och underhållskaraktär. Åtgärdspaketet för 9 st hus lades upp som en generalentreprenad, med byggnadsentreprenören som samordnare mellan byggnads-, rör- och ventilationsentreprenör.

Grundåtgärdspaketet genomfördes under vårvintern 1983. Vissa tekniska problem uppstod, vilket ledde till att åtgärdsetappen drog ut på tiden längre än beräknat. Det var problem med, av byggherren, valt fabrikat på flödesbegränsare samt att rörentreprenören i samband med montage av termostatventiler med förinställningsmöjligheter ej följde i den tekniska beskrivningen anvisat tillvägagångssätt.

Detta medförde också problem med samordningen mellan de berörda entreprenörerna, varför vissa hyresgäster fick problem med för mycket störningar. Genom bl a den lokale förvaltarens agerande kunde dock etappen slutföras på ett bra sätt.

Förseningarna medförde dock att tiden för s k eftermätningar till denna etapp blev för kort, varför endast 4 st hus med grundåtgärds paket kunde utvärderas mot planerat 9 st hus.

Kontroll och besiktning av åtgärderna genomfördes av personal inom den anlitate konsultgruppen. Delvis nya grepp kom till användning i samband med entreprenadens slutbesiktning. I syfte att reducera störningarna för de boende genomfördes denna vid ett tillfälle per hus då samtliga lägenheter besiktigades av både besiktningssmannen för bygg och VVS. Tillsammans med berörda entreprenörer kunde vid detta tillfälle samtliga brister och fel i utförandet rättas till. Detta medförde att i princip inga kvarstående fel och brister fanns i lägenheterna efter genomförd slutbesiktning. Denna metod har befunnits vara av stort värde för samtliga berörda parter inklusive hyresgäster.

Etapp 2 (Tunga åtgärder)

Förfrågningsunderlaget togs i denna huvudetapp fram av Bengt Dahlgren AB, FFNS Arkitekter i Göteborg, VBK Projektering AB och Gothia Elektrokonsult AB och avsåg mer omfattande energi- och underhållsåtgärder.

Förutom de inom projektet planerade åtgärds kombinationerna enligt tidigare presenterad åtgärdstablå, genomfördes också vissa nödvändiga upprustningsåtgärder i området. Till sådana hörde kulvertbyte och ombyggnad av befintliga undercentraler till fjärrvärmestandard.

Förfrågningsunderlaget upprättades i syfte att handla upp en s k samordnad generalentreprenad med byggen-treprenören som tänkt samordnare. Övriga delentreprenader avsåg kulvertbyte, ombyggnad av undercentraler, frånluftsvärmepumpar respektive el- och styranläggning för samtliga berörda delar. I syfte att minska kostnaderna för samordningen genomfördes dock en s k delad entreprenad med byggherren som samordnare. Det visade sig vara ett beslut som i efterhand bedömes ha orsakat vissa merkostnader, då engagerade entreprenörer fullt ut lastade byggherren för de problem som dök upp under entreprenadtiden med samordning o dyl.



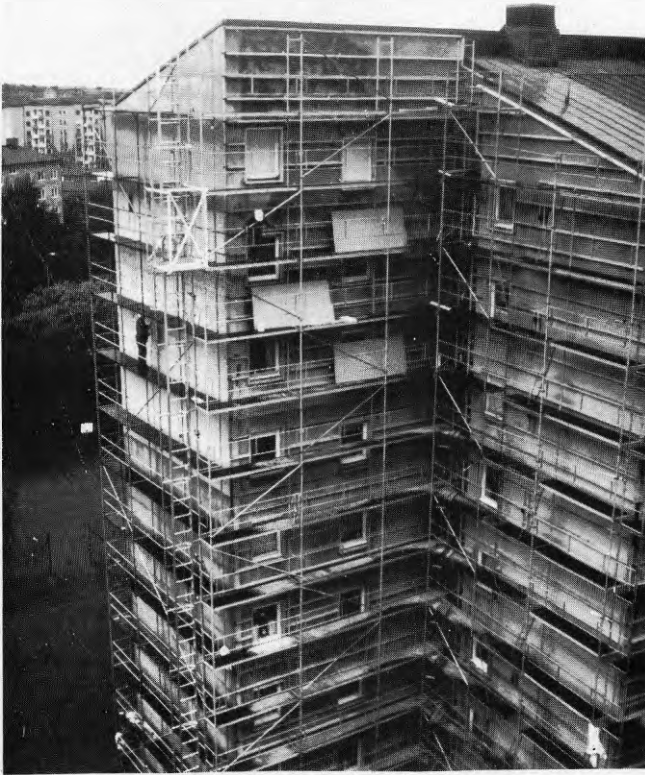
Figur 7.2 Guldhedsprojektet - etapp 2.

I och med att denna genomförandeetapp var mer omfattande än etapp 1 med fler entreprenörer inblandade, kunde den lokale förvaltaren inte heller spela den centrala roll han tidigare gjort under etapp 1. Entreprenörerna hade i denna etapp 2 svårare att förstå omtanken om hyresgästerna. Förvaltarens roll som kontaktman mellan hyresgäster och entreprenörer var av väsentlig betydelse även i denna etapp.

Åtgärdernas genomförande förlades av tidplaneskäl till hösten/vintern 1983/84, vilket till vissa delar var svårt med tanke på de oväder som drog fram på västkusten under denna tid. Vissa dagar kunde därför arbete på byggnadsställningarna ej ske. Dessutom medförde arbetena med fasadisoleringen stora störningar för de boende då regelverket måste förankras i betongstommen. Detta innebar att omfattande borrhningar måste genomföras, vilket gav upphov till problem för de äldsta, hemmavarande hyresgästerna.

Kontrollen av arbetena i denna etapp genomfördes av byggherrens egen personal. Speciella kontroller har dock också genomförts av personal inom den anlitade konsultgruppen. Besiktningsverksamheten har skötts av speciella konsulter, som för övrigt ej har varit engagerade i projektet. Tyvärr slutbesiktigades arbetena i lägenheterna inte på samma rationella sätt som i etapp 1, trots beslut på byggmöte. Viljan till förnyelse och att ändra på invanda rutiner tycks saknas.

I stort slutfördes denna åtgärdsetapp utan problem. Dock konstaterades att de tre tilläggsisolerade husens gamla lättbetongisolering var starkt fuktbelastad, varför full besparingseffekt av denna åtgärd inte kunde förväntas direkt.



Figur 7.3 Hus 5 under tilläggsisolering.

7.3 Råd och rön

Under detta avsnitt kommer vissa råd och rön att redovisas som bedöms vara av generell natur. Därför kommer inte några förslag som har med projektets forskningsinriktade karaktär att beröras. Avsnittet har lagts upp så att råd ges, som bedömes underlätta genomförandet av liknande energiombyggnadsprojekt.

De råd och rön som här redovisas avser faserna planering, projektering, upphandling, genomförande samt kontroll och besiktning. De flesta av dem baseras på de positiva erfarenheter som en tillämpning av dem har givit i detta projekt. Andra är baserade på negativa erfarenheter.

- Samordningen mellan energisparverksamhet och traditionellt underhåll måste beaktas noga redan i planeringsfasen. Om sådana rutiner inte redan finnes inom förvaltningsorganisationen, måste dessa skapas för ett ökat och bättre samarbete under genomförandefasen.
- För att underlätta genomförandet av vissa åtgärder måste eventuella problem identifieras redan i planeringsstadiet. Är exempelvis husen klassificerade som miljömässigt värdefulla, ställs speciella krav på ytskikt i samband med tilläggsisolering av fasader. Detta kan försvåra och fördyra genomförandet väsentligt.
- Avsaknaden av ritningar på befintligt utförande medför att stora förundersökningsinsatser och uppmätningar måste göras innan själva projekteringsarbetet kan starta. Dessa insatser måste dock avvägas på ett korrekt sätt, sett ur både projekterings- som genomförandesynpunkt. Målsättningen måste vara att minimera överraskningarna under genomförandefasen.
- Genom att göra en diagnos på fastigheten ur energi- och funktionssynpunkt innan beslut fattas om lämpliga åtgärder kan många överraskningsmoment undanröjas. Därvid bör sådana faktorer som radon, fukt, ventilationsskanalers täthet m m beaktas.
- Innan projekteringsarbetet startas upp bör aktuella underhållsplaner för fastigheten studeras. Detta för att man i ett sammanhang skall kunna projektera och senare genomföra ett välbalanserat integrerat åtgärds paket, där s k ROT-åtgärder ges en central roll. Problemet kan föreligga att få korrekt information om sådana planer, då denna kan finnas spridd på många händer inom förvaltningsorganisationen.

- Den kvalitetsstyrning som grundlägges under planeringen och projekteringen måste beaktas även under upphandlings- och genomförandefaserna.
- Kontroll- och besiktningsverksamheten måste styras upp hårt för att möjligheterna att erhålla kalkylerat utfall av åtgärdspaketen skall öka.
- Vid anbudsgranskningen bör anlitate konsulter för projekteringen utnyttjas tillsammans med den kompetens som fastighetsägaren kan bistå med. Det är långt ifrån säkert att lägsta anbud ger lägsta totalkostnad under byggskedet och under fastighetens brukstid. De framtida årskostnaderna måste ges högre prioritet.
- Den normala organisationen bör avlastas de problem och påfrestningar som ombyggnadsprojekt ger upphov till och på så sätt även bidra till ett lyckosamt genomförande och avsett resultat. Ett sätt kan vara att tillfälligt lyfta ur de aktuella objekten ur den normala förvaltningen. Genom att anlita specialistkompetens och/eller tillsätta någon lämplig lokal representant i området kan man uppnå dessa ovannämnda avsikter. Därigenom kan man aktivt medverka till förtroendeskapande mellan hyresgäster och förvaltning.
- En noggrann tidsplanering är av största vikt. Därvid måste stor hänsyn tas till oförutsedda problem som lätt kan uppstå när man arbetar med ombyggnader. Exempelvis skapar tillträdet till lägenheter vid projekt med kvarboende stora problem, då många förvaltare idag inte tillämpar huvudnyckelsystem. Om förtroendet mellan hyresgäster och förvaltare sedan tidigare är dåligt, är det svårt att få hyresgästerna att lämna ut sina nycklar för att berörda hantverkare skall kunna utföra sina arbeten på ett rationellt sätt. Genom att skapa den tillfälliga lokala organisationen enligt ovan kan dessa problem i de flesta fall också lösas.
- Hyresgästerna har mycket svårt att acceptera alla de störningar som uppkommer vid arbeten i lägenheter. Speciellt gäller detta då arbetena är av olika typ med ett stort antal olika hantverkarkategorier inblandade. Genom en långt gången samplanering mellan de olika entreprenörerna finns dock förutsättningar för att reducera dessa störningar till ett minimum.

- Många av de entreprenörer som arbetat inom energisparkvarteren, tycks ha varit mer vana vid nybyggnadsobjekt och har därför inte förutsett de problem som tillgängligheten av lägenheterna ger upphov till. Genom att i upphandlingsunderlaget klart markera dessa frågor kan dessa problemställningar lösas på ett bättre sätt, så att de inte senare dyker upp som krav på extraräkningar m m.
- Inrättandet av en speciell informationslokal i området har visat sig vara en mycket bra lösning. Dels för att kunna ge korrekt information till hyresgästerna om de aktuella arbetena dels kunna hantera de klagomål som uppstår. Genom att i lokalen göra enkla skärmutställningar ökar både förståelsen för de aktuella åtgärderna och möjligheten för hyresgästerna att få möta sin förvaltarrepresentant på ett personligt sätt. Detta ökar, om rätt person finnes, möjligheterna till ett förtroendeskapande arbete.



Figur 7.4 Informationslokalen i Guldheden.

- För att säkerställa att de valda tekniska lösningarna är rätt med avseende på de lokala förutsättningarna i berörda lägenheter bör provmonteringar göras. Detta gäller speciellt där den tekniska lösningen eller produkten skall monteras i stor omfattning.

Om fastigheten ligger i ett område med känslig arkitektur kan provmonteringar av exempelvis nya ytskikt vid tilläggsisolering av ytterväggar underlätta för både arkitekt och myndighet att välja det för de specifika objekten mest lämpliga ytskiktet.

- Kontrollen bör inriktas på att fastlägga om arbetsutförandet är korrekt. Dessutom bör funktionsprovning utföras där så är möjligt. Det räcker alltså inte med att kontrollera att rätt material använts eller att rätt komponenter monterats in.
- Slutbesiktning bör genomföras vid ett enda tillfälle i varje lägenhet. Information om när det skall ske bör lämnas i god tid. Samordning mellan olika yrkeskategorier är här viktig så att störningen för den boende blir så liten som möjligt. Genom detta kan även de flesta fel och brister direkt avhjälpas under besiktningen, vilket samtliga berörda parter inklusive hyresgästen ser som positivt.
- Kontroll av hur injustering av värme- och ventilationssystemet genomförts är av största vikt. Exempelvis är det först när en bra temperaturfördelning uppnåtts, som man kan hämta in full effekt av de gjorda investeringarna.

Dessa råd och rön skulle således kunna sammanfattas enligt följande:

- * BRED KOMPETENS
 - * NOGGRANN FÖRUNDERSÖKNING MED DIAGNOS
 - * SAMORDNING ROT OCH ENERGI
 - * KVALITETSSTYRNING OCH KONTROLL MED
NOGGRANN UPPFÖLJNING
 - * PROVMONTAGE
 - * LOKAL FÖRVALTNING
 - * INFORMATION
 - * VILJA TILL FÖRÄNDRING

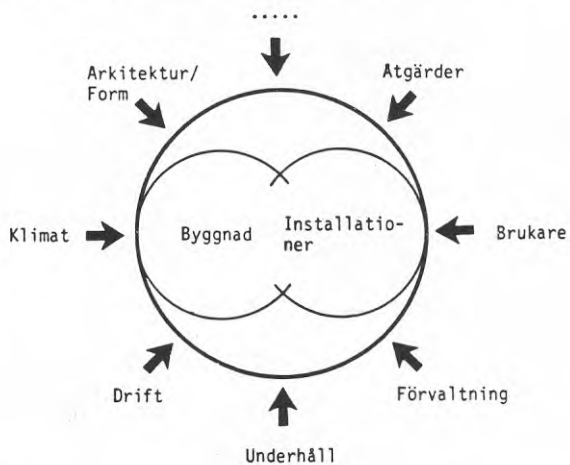
Figur 7.5 Nyckeln till ett lyckat genomförande.

8 MODELLER FÖR BERÄKNING AV EN BYGGNADS NORMAL-ÅRSENERGIFÖRBRUKNING

8.1 Användning av modeller

Under senare år har användningen av olika slag av modeller för teoretisk beräkning av energiförbrukningen i olika byggnader eller för utvärdering av energisnåla byggnader ökat i omfattning.

Ett flertal olika faktorer har bidragit till detta, inte minst den snabba utvecklingen på datoranvändningens område. En väsentlig faktor som också bidragit till en ökad modellanvändning är att byggnaden i allt större utsträckning har kommit att ses som ett komplext energisystem inom vilket olika delsystem samverkar positivt och negativt. Dessutom påverkas det av en rad olika yttre faktorer, exempelvis brukare, graden av insatta drift- och skötselåtgärder, byggnadens utformning och de klimatbetingelser den utsätts för. För att kunna behandla detta har vissa föråldrade kunskaper måst ifrågasättas och ersättas av nya.



Figur 8.1 En principiell beskrivning av byggnaden som ett energisystem

En annan väsentlig faktor beror på att mätningar i fält på verkliga byggnader världen över i många fall har visat på stora avvikelser mellan uppmätta och kalkylerade resultat. Detta har medfört att gamla teorier i många fall har måst ifrågasättas och nya teorier tas fram för de samband som finns inom ramen för byggnaden som ett energisystem.

Ett av syftena med att Byggeforskningsrådet initierade projekt "Energisparkvarter" var just att genomföra omfattande mätningar i fält med tillämpning av vetenskapligt beprövade metoder för att utvärdera besparingseffekter av olika energibesparande åtgärds-paket inom flerbostadshussektorn. Sådana mätningar skulle sedan jämföras med teoretiskt beräknade effekter baserade på användning av vettiga modeller.

Kunskaper som inhämtats från sådana mätningar och jämförelser skulle sedan kunna ligga till grund för framtagandet av förändrade eller helt nya modeller i detta avseende.

Modeller kommer dock även till användning i samband med insamling och bearbetning av mätdata från projekt av det här slaget. Ett starkt önskemål i samband med mätprojekt i full skala är att om möjligt reducera det resursbehov som skulle erfordras om mätningarna måste genomföras under hela eldningssäsonger såväl före som efter genomförandet av åtgärder.

Ett sätt att göra detta skulle vara att använda en skattningsmodell för bestämning av en byggnads energiförbrukning som baserades på uppmätta data under kortare tidsperiod än en eldningssäsong. I ett tidigt skede av Guldhedsprojektet framkom att byggnadens sk energisignatur (4,5,6) skulle kunna vara en sådan modell, som tillsammans med en rätt utformad plan för åtgärdernas genomförande och för utvärderingen av dessas besparingseffekter skulle kunna svara upp mot de krav som ställdes:

- Modellen skall kunna ge en tillförlitlig skattning (prognos) av en byggnads energiförbrukning utan att krav ställs på helårs-mätningar.
- Byggnadens energiförbrukning för uppvärmning skall kunna fås som funktion av differensen mellan uppmätta inomhus- och utomhustemperaturer för omräkning till andra förutsättningar och tolkningar av orsakssamband.
- Åtgärdernas och/eller åtgärds-paketens besparingseffekter skall kunna utvärderas och tolkas med avseende på orsakssamband m m
- Normalårskorrigerering av de skattade energiförbrukningssiffrorna skall kunna göras

Vad beträffar de teoretiska beräkningsmodeller som använts för att kalkylera slutliga energiförbrukningar efter åtgärder, behandlas dessa i avsnitt 12, där också jämförelser görs mellan kalkylerat och verkligt utfall. Några förklaringsmodeller för avvikelser studeras också översiktligt.

8.2 Energisignaturen för en byggnad

Användandet av den sk energisignaturen för en byggnad innebär att dess energiförbrukning ställs i relation till differensen mellan inomhus- och utomhustemperatur genom att anpassa en linjär 2-parametermodell till uppmätta energiförbruknings- och temperaturdata med hjälp av s k regressionsanalys.

En sådan ansats är i realiteten en approximation. I verkligheten påverkas energiförbrukningen av ett flertal olika faktorer som varken beror av en sådan temperaturdifferens (solinstrålning, vind) eller som i övrigt är svåra att förutsäga (brukarvanor m m).

Genom att använda tillräckligt långa mätperioder utan att för den skull utsträcka dessa till hela år och samtidigt försöka att eliminera brukarinflytandet i görligaste mån vid energisignatures bestämning borde modellen ändå fungera på avsett sätt. Man bör inkludera både mätningar under vår- och höstperioder i de data som används för bestämningen av energisignatures ekvation, speciellt om mätningar genomförs under perioder med kraftig solinstrålning.

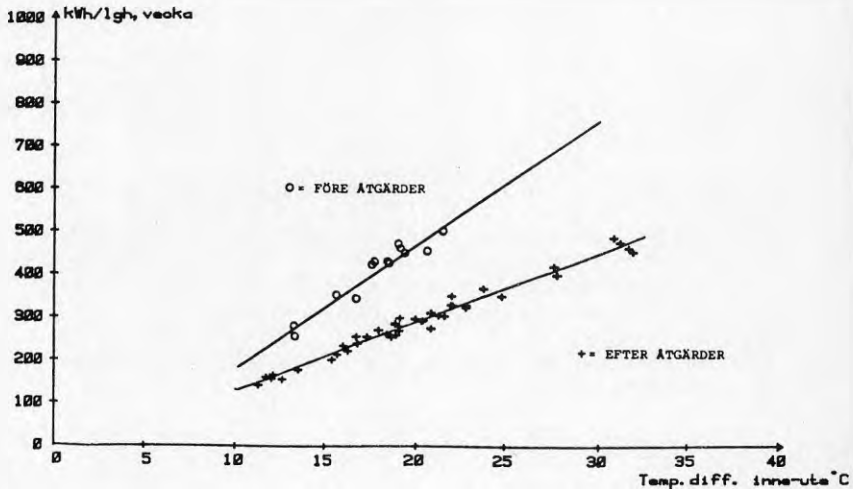
I Guldhedsprojektet har energisignaturen utnyttjats för att skatta energiförbrukningen för uppvärmning. Övriga delposter har uppmätts separat. I och med detta har en god överensstämmelse kunnat uppnås mellan mätdata och med energisignaturen skattade data.

Vid utnyttjandet av energisignaturen för beräkning av normalårsförbrukningar måste normalmånadstemperaturerna för området vara kända. Detta göres genom att jämföra uppmätta utomhustemperaturer med SMHI:s närmast belägna klimatstation. Sådana avvikelser kan bero på lokala värmeöar i en innerstadsbebyggelse eller lokala kallsänkor.

I Guldhedsprojektet har en avvikelse på ca 1°C kunnat uppmätas (jfr avsnitt 11.5).

8.3 Skattning av energiförbrukningen med energisignaturens hjälp

Energisignaturen för ett hus i Guldheden som åtgärdats med bl a en fasadisolering får följande principiella utseende där mätdata baseras på veckovisa avläsningar av energiförbrukningen och kontinuerliga temperaturmätningar som utnyttjats för bildandet av veckomedelvärden.



Figur 8.2 Principiellt utseende på en byggnads energisignatur före respektive efter genomförandet av ett åtgärdspaket bestående av bl a fasadisolering

Den modell som utnyttjats kan allmänt tecknas som

$$P_u = a \cdot \Delta t + b \quad (8.1)$$

där

P_u = medeleffektbehovet för uppvärmning eller energibehovet för uppvärmning under en vecka och per lägenhet

Δt = temperaturdifferensen mellan uppmätt inomhus- och utomhustemperatur ($t_{\text{inne}} - t_{\text{ute}}$) uttryckt som veckomedelvärde

a, b = konstanter. Dessa representerar byggnadens genomsnittliga transmissions- och ventilationsvärmebehov respektive inverkan av brukare, solinstrålning m m. Dessa bestäms med sk regressionsanalys

Tillvägagångssättet för beräkning av den skattade energiförbrukningen för byggnaden kan beskrivas i två steg, nämligen

- STEG 1 - Bestämning av energisignaturens ekvation med regressionsanalys
- STEG 2 - Skattning av byggnadens energiförbrukning med utnyttjande av energisignaturens ekvation enligt STEG 1.

STEG 1

- Uppmätta energi- och vattenförbrukningar för aktuell avläsningsperiod korrigeras till hela veckor (168 timmar) om perioden av olika skäl ej avser en hel vecka (helger m m)

- Veckomedeleffekten för uppvärmning beräknas med sambandet

$$P_u = P_m - P_{vv} - P_{\text{tork}} \quad (8.2)$$

där

P_m = byggnadens totala veckomedeleffekt baserad på avläsning av värmemängdsmätaren

P_{vv} = byggnadens veckomedeleffekt för varmvattenberedning (netto). Baseras på uppmätning av varmvattenförbrukningen och tillhörande temperaturer på inkommande kallvatten och utgående varmvatten.

P_{tork} = byggnadens veckomedeleffekt (netto) för tvättstugornas torkkrumsutrustning. Baseras på uppmätta drifttider och känd installerad effekt.

- Utgående från samhörande värden på byggnadens veckomedeleffekt för uppvärmning (P_u) och temperaturdifferensen (Δt) kan sedan energisignaturens ekvation enligt (8.1) bestämmas tillsammans med korrelationskoefficienten (R) för linjen. Den kvadrerade korrelationskoefficienten (R^2) används som mått på den förklaringsgrad som ges av linjen och kallas för determinationskoefficienten.

Med energisignaturens ekvation framtagen kan så STEG 2 påbörjas.

STEG 2

- Byggnadens normalårsförbrukning (index n) kan tecknas som

$$E_{m,n} = E_{u,n} + E_{vv} + E_{tork} + E_{sommars} \quad (8.3)$$

där

- $E_{m,n}$ = byggnadens totala normalårsförbrukning
- $E_{u,n}$ = byggnadens skattade energiförbrukning för uppvärmning (normalårskorrigerad) under "vintern" (september - maj)
- E_{vv} = byggnadens årsenergiförbrukning för varmvattenberedning (netto) baserad på mätningar
- E_{tork} = byggnadens årsenergiförbrukning för tvätt-torkning (netto) baserad på mätningar
- $E_{sommars}$ = byggnadens energiförbrukning under "sommaren" för uppvärmning (onödig och/eller nödvändig) och täckande av ventilförluster m m baserad på mätningar. "Sommaren" motsvarar perioden juni-augusti (i Göteborg).

- För varje vintermånad beräknas energiförbrukningen för uppvärmning (normalårskorrigerad mha energisignaturen) enligt sambandet.

$$E_{u,n,mån} = (a * \Delta t_{n,mån} + b) * \tau_{u,mån} \quad (8.4)$$

där

a, b = konstanterna i energisignaturens ekvation

$\Delta t_{n,mån}$ = normalmånadsdifferensen mellan inomhus- och utomhustemperatur med korrigering av SMHI:s data enligt avsnitt 8.2.

$\tau_{u,mån}$ = aktuell uppvärmningsperiod för respektive månad under "vintern"

- Varje "vintermånads" energiförbrukning för uppvärmning enligt sambandet (8.4) summeras enligt sambandet

$$E_{u,n} = \sum_v E_{u,n,mån} \quad (8.5)$$

som motsvarar byggnadens skattade energiförbrukning för uppvärmning under ett normalår.

Dessa beräkningar genomföres med dator och resultatet för en sådan beräkning framgår av figur 8.3 .

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGIFÖRBRUKNING NORMALÅR

RUBRIK : HUS 8 VECKA 348-415,440-513

MÅNAD	UTETEMP C	ENERGI FÖR UPPVÄRMNING kWh/1gh
JANUARI	-1.9	1948.4
FEBRUARI	-2.2	1785.3
MARS	.3	1742.3
APRIL	5.0	1259.9
MAJ	10.5	786.5
JUNI	14.2	.0
JULI	16.5	.0
AUGUSTI	15.8	.0
SEPTEMBER	12.1	616.0
OKTOBER	7.6	1058.2
NOVEMBER	3.5	1395.9
DECEMBER	.8	1695.4
		SUMMA : 12288.0

Figur 8.3 Beräkning av skattad normalårsenergiförbrukning för uppvärmning ($E_{u,n}$).

- Övriga delposter i sambandet (8.3) adderas separat för erhållande av byggnadens totala normalårsenergiförbrukning ($E_{m,n}$).

För att bättre belysa beräkningsgången redovisas nedan ett exempel som avser ett av husen i Guldhedsprojektet efter det att åtgärder har genomförts.

Beräkningsexempel (tilläggsisolerat hus)

STEG 1

Aktuell mätperiod:

vecka 440-507, d v s totalt 20 veckor.

Följande mätdata gäller för perioden. (Obs. gäller hela huset).

VECKA NR	P_m kWh/v	P_{vv} kWh/v	P_{tork} kWh/v	P_u kWh/v	t_{ute} °C	Δt °C
440	7 340	1 400	800	5 140	10,2	11,2
441	8 530	1 590	800	6 140	9,5	11,7
442	8 370	1 550	800	6 020	9,2	12,0
443	8 540	1 640	540	6 360	9,0	12,1
444	9 150	1 710	630	6 810	7,6	13,5
.
.
507	20 950	2 090	710	18 160	-11,2	31,3

Tabell 8.1 Parameterunderlag för regressionsanalys.

Energisignaturens ekvation blir då med regressionsanalys

$$P_u = 571,93 \times \Delta t - 944,49 \text{ (kWh/vecka)}$$

$$R^2 = 0,987$$

STEG 2

$$E_{u,n} = \Sigma (571,93 \times \Delta t_i - 944,49) \tau_i = 352 \text{ MWh/år}$$

där $\Delta t_i = t_{lgh} - t_{ute}$ medelvärden för månad nr i

$\tau_i =$ månad nr i:s längd.

$$E_{vv} = 76 \text{ MWh/år (uppmätt)}$$

$$E_{tork} = 30 \text{ MWh/år (uppmätt)}$$

$$E_{sommar} = 17 \text{ MWh/år (uppmätt)}$$

Således blir enligt sambandet (8.3)

$$E_{m,n} = E_{u,n} + E_{vv} + E_{tork} + E_{sommar} = 475 \text{ MWh/år}$$

Av detta beräkningsexempel framgår att 25% av byggnadens totala energiförbrukning är "påverkbar" av de boende och drifts- och förvaltningspersonalen genom posterna varmvattenförbrukning, tvättorkning och sommarförbrukning. Detta innebär naturligtvis inte att dessa poster helt kan elimineras.

Denna andel (i absoluta tal) kan dock nedbringas genom ytterligare tekniska besparingsåtgärder, förändrade brukarvanor och förbättrad drift. Det förtjänar att nämnas att ovannämnda poster varierar mellan de nio olika husen i Guldheden i huvudsak beroende på varierande brukarvanor.

Med utnyttjandet av den teknik som här har beskrivits kan således byggnadens energiförbrukning skattas såväl före som efter genomförandet av ett åtgärdspaket. Härav erhålles därmed också en skattning av åtgärdspaketets besparingseffekt.

Innan delmätningar av varmvattenförbrukning, energiförbrukning för tvättorkning och sommarförbrukning har kunnat genomföras fullt ut kan schabloner utnyttjas. Dessa bör dock baseras på visst mätunderlag och kan sedan successivt ersättas av resultaten från mer ingående mätningar under lång tid.

Det kan konstateras att användningen av en byggnads energisignatur som modell för att skatta energiförbrukningen har fungerat på avsett sätt men kräver ett visst mått av försiktighet och kritisk granskning för att användas generellt.

8.4 Jämförelse mellan olika modeller för skattning av en byggnads energiförbrukning

Den skattningsmodell som redovisats tidigare ger god överensstämmelse med uppmätta data men kräver som vi sett relativt omfattande mätinsatser (inomhustemperatur samt separatmätning av energiförbrukning för varmvattenberedning och tvättorkning).

Om ovannämnda typer av speciella mätinsatser skulle kunna undvaras, så skulle användandet av energisignaturer i praktiken kunna få ett större genomslag, exempelvis för utnyttjande i samband med energistatistik och övervakning av byggnader m m.

I syfte att undersöka om denna typ av mätinsatser skulle kunna undvaras, men ändå ge ett tillräckligt gott resultat gentemot den mer ingående modellen som använts här, har en jämförande studie genomförts i detta avseende. För- och nackdelar diskuteras också.

Följande skattningsmodeller har jämförts:

Modell 1:

$$P_u = a * \Delta t + b \quad (8.6)$$

$$E_{m,n} = E_{u,n} + E_{vv} + E_{tork} + E_{sommar}$$

Modell 2:

$$P_u = a * t_{ute} + b \quad (8.7)$$

$$E_{m,n} = E_{u,n} + E_{vv} + E_{tork} + E_{sommar}$$

Modell 3:

$$P_{m,vinter} = a * t_{ute} + b \quad (8.8)$$

$$E_{m,n} = E_{m,vinter} + E'_{m,sommar}$$

Beteckningar och definitioner enligt tidigare dock med den skillnaden att $E'_{m,sommar}$ i modell 3 även innefattar energiförbrukningen för varmvattenberedning och tvätt-orkning under sommarperioden (juni-augusti). Modell 1 är den som använts i Guldhedsprojektet och som tidigare redovisats.

Jämförelsen avser dels hur väl mätdata ansluter till energisignaturen (regressionslinjen), bestämd genom determinationskoefficienten (R^2) dels den prognosticerade energiförbrukningen.

Detta genomföres för dels en 10-veckors dels en 20-veckors period.

Denna jämförelse görs i form av ett beräknings-exempel för ett av Guldhedshusen och har ej för avsikt att vara uttömmande. Dock kan det konstateras att resultatet stämmer väl överens med de slutsatser vi har kunnat dra efter att under hela projektets löptid arbetat med samtliga modeller parallellt.

Resultatet från denna jämförelse har sammanställts i tabell 8.2.

Modell	Period (veckor)	a	b	R^2	$E_{m,n}$ (MWh/år)
1	10	15,24	- 4,12	0,974	501
1	20	15,95	-20,51	0,958	495
2	10	-14,83	309,1	0,967	505
2	20	-15,42	308,0	0,954	500
3	10	-14,86	371,0	0,962	506
3	20	-15,63	370,8	0,955	501

Tabell 8.2 Jämförelse mellan skattad energiförbrukning vid olika modeller för ett av husen i Guldheden

Som framgår av tabell 8.2 ovan har samtliga studerade modeller höga värden på determinationskoefficienten (R^2), i samtliga fall större än 0,95. Detta får anses vara ett mycket gott resultat.

Den maximala skillnaden i prognosticerad (skattad) normalårsförbrukning ($E_{m,n}$) är ca 1%.

Den slutsats som kan dras av jämförelsen ovan tillsammans med de erfarenheter som dragits av det parallella användandet av de olika modellerna under projektets gång, är att även den enklaste modellen (modell 3) är fullt tillräcklig för att användas vid skattning av en byggnads totala normalårsenergiförbrukning.

God överensstämmelse har också erhållits mellan skattade energiförbrukningsnivåer och uppmätta helårsförbrukningar.

Denna modell liksom modell 2 är dock ej lämplig att använda vid en noggrann utvärdering av energibesparande åtgärders effekter, eftersom man vid dessa modeller ej kan dra några säkra slutsatser om orsaken till de uppkomna besparingarna. Man har ju varken någon kontroll av brukarvanor (varmvattenförbrukning m m) eller inomhustemperatur.

Ytterligare en modell har studerats, där vi genom en utökning av vår basmodell (modell 1) även tagit hänsyn till solinstrålningen baserad på SMHI-data.

Energisignaturen kan i denna modell allmänt tecknas som

$$P_u = a * \Delta t + b - c * sol \quad (8.9)$$

För att kunna använda denna modell fullt ut erfordras dock data för vad som kallas "normalårssol" förutom vanliga solinstrålningsdata.

Förbättringen i resultatet har dock varit knappt märkbar i detta projekt, bl a beroende på att den gångna säsongen varit tämligen solfattig i Göteborg. Av denna anledning har vi hållit fast vid vår i tidigare avsnitt redovisade skattningsmodell. I det s k Gymnasieprojektet (7) har delvis andra erfarenheter framkommit. Detta beror sannolikt i hög grad på vilken basmodell som använts.

Sammanfattningsvis kan följande erfarenheter och slutsatser redovisas vad avser användandet av skattningsmodeller för energiförbrukning i byggnader för tillförlitliga resultat; baserade på löpande utvärdering under hela projekttiden:

- Generellt bör man ha minst 10 veckovisa mätningar under uppvärmd säsong med tillräcklig spridning i utetemperatur (får bedömas i varje enskilt fall).
- Helst bör en jämn fördelning på mätpunkter mellan vår och höst eftersträvas
- Veckovisa avläsningar bör genomföras på samma veckodag
- Om syftet endast är att skatta energiförbrukningen i en byggnad är det inte nödvändigt att mäta inomhustemperatur och varmvattenförbrukning m m separat
- Om ovanstående förutsättningar är uppfyllda och modellen ger höga R^2 -värden ger hänsyn även till solinstrålning sannolikt endast marginella förbättringar.

9 MÄTPROGRAM

9.1 Allmänt

I Guldhedsprojektet i Göteborg har energispareffekt-erna studerats för olika omfattande åtgärdspaket. För att kunna utvärdera ovannämnda effekter har såväl "före"- som "eftermätningar" genomförts för samtliga hus. Dessutom utnyttjas två av husen som referenshus.

Önskemålet vid projekt av det här slaget är att kunna fastställa energibalansen för varje enskilt hus samt de i energibalansen ingående delposterna på såväl tillskotts- som förlustsidan. Ett sådant omfattande mät- och utvärderingsprogram är dock både mycket dyrbart och tidskrävande, varför följande uppläggnin-
g har valts.

- Mätning av totalt tillförd energi till varje huskropp.
- Mätning av till området total tillförd energi.
- Mätning av varmvattenförbrukningen husvis.
- Mätning av kallvattenförbrukningen husvis.
- Mätning av elförbrukningen husvis (fastighetsel) och lägenhetsvis (hushållsel).
- Uppskattning av energitillskott från personer m m
- Uppskattning av värmetskott på grund av solinläckning genom fönster.
- Specialmätning på värmepumpanläggning såsom
 - Drifttid
 - Energi till radiator respektive tappvarmvattenkrets
 - Totalt tillförd elenergi till värmepump-anläggningen för bestämning av anläggningens systemvärmefaktor
 - El levererad till kompressor
 - Temperaturer
 - Flöden
- Mätning av drifttid för torkrumsaggregat i tvättstugor.
- Kontinuerlig mätning av temperaturer i allmänna utrymmen såsom trapphus, källare m m samt i fyra utvalda lägenheter per hus.

- Kontinuerlig mätning av frånluftstemperaturen i fläktsystemets sugkammare.
- Frånluftsflödena har mätts manuellt under försökets gång, dels i olika lägenheter och dels vid frånluftsfläktarna.
- Kontinuerlig mätning av utomhustemperaturen.
- Kontinuerlig temperaturmätning på och i fasader.
- Tryckmätning av ventilationskanaler och termografering av fasader har gjorts under försökets gång.
- Dagbok har förts under försökets gång.

Övriga mätningar

- Radonmätning. Kontroll om höga radonhalter eventuellt skulle hindra nedvarvning av ventilation.
- Relativa fuktigheten.
- Ljud. Ljudproblem uppkom vid användandet av torra, högvarviga cirkulationspumpar.

9.2 Mätutrustning

9.2.1 Energimätning

För energimätning används konventionell värmemängdsmättningsutrustning med temperaturgivare, flödesmätare och integreringsverk. Utrustningen är noggrant utvald och samkalibrerad i provbänk, vilket innebär att temperaturgivare och flödesmätare har valts på ett sådant sätt att totala mätfelet blir minimalt (mindre än + 2%). För att ytterligare förbättra mätnoggrannheten har olika fabrikat använts så att varje värmemängdsmätare arbetar inom "bästa" mätområde. Avläsning har skett manuellt en gång per vecka.

All värmemängdsmättningsutrustning har under sommaren 1984 genomgått samma kontroll som vid projektstart för att upptäcka eventuella förändringar i mätnoggrannhet. Inga märkbara förändringar kunde observeras.

9.2.2 Vattenmätning

Kallvattenförbrukningen har mätts husvis genom att utnyttja befintliga kommunala vattenmätare. Varmvattenförbrukningen beräknas genom att utnyttja de befintliga sk kriskopplingsmätarna, vilka har genomgått en översyn och kalibrering, samt temperaturer för ingående kallvatten och utgående varmvatten till lägenheterna. Avläsning har skett manuellt en gång per vecka. Noggrannheten i mätningen är ca $\pm 5-10\%$.

För vissa av husen har varmvattenförbrukningen även mätts med en speciellt utformad värmemängdsmätningstrustning, där flödesvariationerna under dygnet också har registrerats.

9.2.3 Temperaturmätning

Temperaturmätningstrustningen består av totalt 16 st mikroprocessorbaserade "mätboxar" (noggrannhet $+ 0,5^{\circ}\text{C}$) som kontinuerligt samlar in och bearbetar mätvärden från ett antal temperaturgivare. Till varje mätbox finns även en portabel extra minnesenhet speciellt framtagen för Guldhedsprojektet. Minnesenhetens stora lagringskapacitet möjliggör att detaljerade temperaturförlopp kan registreras under lång tid.

Temperaturgivarna är högohmiga motståndsgivare som anslutes till mätboxen med en fyrtrådig kabel. Två av trådarna kopplas över givaren medan de två övriga fungerar som referensresistans. Detta innebär att kabellängden ej påverkar mätresultatet.

"Mätboxen" är en mikroprocessor som avläser givarens temperatur var tredje sekund och ombildar dessa till ett kontinuerligt medelvärde var sjätte minut. Varje mätbox är kopplad till 8 st temperaturgivare. Avläsning kan ske manuellt från display eller genom direkt överföring av data till extra minnesenhet.

Vid varje avläsningstillfälle registreras följande parametrar.

- Datum
- Klockslag
- Mättid
- Totaltid (=mättid om ej strömavbrott)
- Medeltemperatur för varje givare under mättiden
- Momentantemperatur för varje givare

Av de totalt 16 mätboxarna är 9 st placerade i varsin huskropp och mäter där temperaturer i lägenheter, trapphus, källare, fläktrum och ute. De övriga används för specialstudier av fasadtemperaturer, värmepumpar etc.

Minnesenheten läser av mätboxens medel- och momentanvärden med valfritt tidsintervall, vanligtvis en gång per timme, och lagrar dessa. Maximal lagringskapacitet är ca 108.000 mätvärden vilket motsvarar ca 250 timvisa registreringar.

Lagrade mätdata kan sedan överföras och presenteras på tre olika sätt.

- 1 Pappersutskrift på skrivare
- 2 Direkt överföring till centraldator
- 3 Överföring på telenät (via modem) till centraldator

För att kunna bearbeta denna stora mängd mätdata krävs dator. Ett flertal datorbaserade analys- och beräkningsrutiner har tagits fram. De viktigaste av dessa kommer att beröras i nästa avsnitt.

I och med att delar av temperaturmätutrustningen är den första i sitt slag innebär detta att vissa barnsjukdomar har drabbat produkterna. Genom samarbete med fabrikanten, Svensk Aktuell Elektronik AB, har dessa kunnat avhjälpas. Dessutom har en viss modifiering av produkterna skett under projektets gång.



Figur 9.1 Mätbox med minnesenhet.

10 MÄTVÄRDESBEHANDLING, BERÄKNINGAR

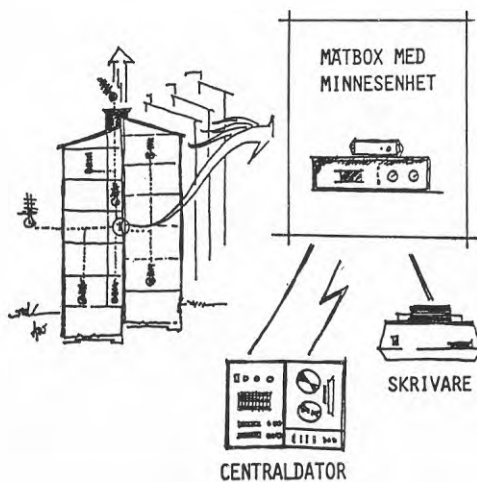
10.1 Allmänt

Manuella avläsningar stansas in i centraldatabanken via terminal. Alla övriga avläsningar matas in direkt från minnesenheter.

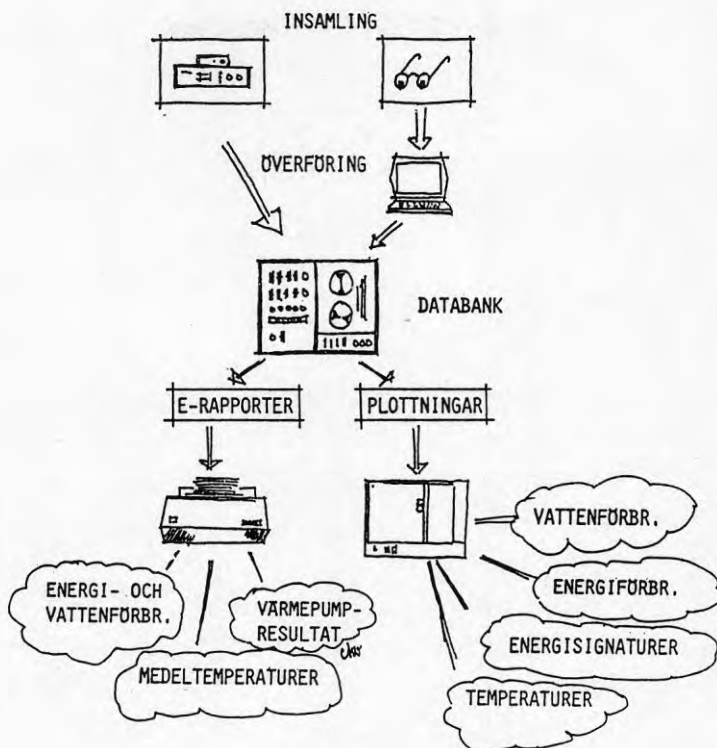
En mängd datarutiner för mätvärdesbehandling och presentation har sammanställts i ett programpaket vars uppbyggnad kan ses i fig 10.2. Programvaran används även i andra projekt.

Mätresultaten presenteras dels i tabellform, s k energirapporter (veckovis, månadsvis) och dels i diagramform, s k plottningar.

Resten av detta avsnitt skall ägnas åt en kort presentation av de viktigaste datautskriftena.



Figur 10.1 Datainsamling



Figur 10.2 Mätvärdesbehandling

10.2 Energirapporter

10.2.1 Energi- och vattenförbrukningar

Dessa rapporter redovisar för varje hus totalförbrukningen av energi, varm- och kallvatten samt specifik förbrukning per lägenhet mellan två valfria avläsningstillfällen, vanligtvis en vecka eller en månad. Eftersom avläsningarna av praktiska skäl ej kan ske vid exakt samma tidpunkt varje vecka räknas alla förbrukningar om till "normalvecka" respektive "normalmånad" vad avser tidsperiodens längd.

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 10 1985

ÖNSKAD PERIODLÄNGD : 168 timmar

UTETEMPERATUR: -0.6_c

	START	SLUT	TOTAL FÖRBRUKNING			FÖRBRUKNING PER LAGENHET			
			ENERGI MWh	VARMV. m3	KALLV. m3	ENERGI kWh/lgh	VARMV. m3/lgh	KALLV. m3/lgh	VARV/KALL %
HUSNR. 1	85- 3- 1	85- 3-11	12.2	39.3	104.2	338	1.09	2.89	38
HUSNR. 2	85- 3- 1	85- 3-11	15.2	39.3	88.0	448	1.15	2.59	45
HUSNR. 3	85- 3- 1	85- 3-11	19.3	42.7	100.2	536	1.19	2.78	43
HUSNR. 4	85- 3- 1	85- 3-11	16.3	31.2	98.9	428	1.02	2.60	32
HUSNR. 5	85- 3- 1	85- 3-11	14.1	37.9	96.2	371	1.00	2.53	39
HUSNR. 6	85- 3- 1	85- 3-11	19.2	42.0	107.0	506	1.11	2.82	39
HUSNR. 7	85- 3- 1	85- 3-11	17.7	34.5	98.2	467	.91	2.58	35
HUSNR. 8	85- 3- 1	85- 3-11	20.0	49.4	110.4	526	1.30	2.90	45
HUSNR. 9	85- 3- 1	85- 3-11	10.8	44.7	108.4	299	1.24	3.01	41
S:a			144.8	360.9	911.5				40

Figur 10.3 Veckovis energi- och vattenförbrukning - redovisning

För värmepumpsanläggningen görs en motsvarande redovisning.

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 19 1985

ÖNSKAD PERIODLÄNGD : 168 timmar

VARMEPUMP, TORKAGGREGAT, VARMECIRK. PUMP - HUS 4

PERIOD : 85- 5- 6 - 85- 5-13

TORKAGGREGAT

Energi till 2 torkaggregat..... .66 MWh

VARMECIRKULATIONSPUMP

Drifttid..... 168.0 h 100.0 %

VARMEPUMP

Drifttid..... 168.0 h 100.0 %

Elenergi till kompressor..... 1.24 MWh

Elenergi till hela systemet (exkl fläkt).. 1.31 MWh

Elenergi till hela systemet (inkl fläkt).. 1.63 MWh

Energi från värmepump till tappvatten..... 1.35 MWh

Energi från värmepump till radiatorer.... 2.54 MWh

Totalt från värmepump..... 3.89 MWh

Värmefaktor..... 3.14

Systemvärmefaktor exkl fläkt..... 2.96

Systemvärmefaktor inkl fläkt..... 2.38

Figur 10.4 Energirapport värmepumpar

10.2.2 Temperaturer

Temperaturerna redovisas för samma tidsperiod som energi och vattenförbrukningen. Två typer av utskriftsfinns.

Nedan redovisas en av dessa utskriftstyper med medeltemperaturen för varje givare under mätperioden (en vecka eller en månad).

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 50 1984

HUS	START	SLUT	MEDELTEMPERATUR I KANALNR.							
			1 C	2 C	3 C	4 C	5 C	6 C	7 C	8 C
1:	84-12-10	84-12-17	17.6	19.2	17.8	20.7	19.9	22.0	20.6	.5
2:	84-12-10	84-12-17	17.0	18.5	17.3	21.0	20.4	19.6	19.9	-.2
3:	84-12-10	84-12-17	15.4	19.0	16.2	19.1	19.7	20.6	21.5	-.0
3:2	84-12-10	84-12-17	.8	1.4	1.1	1.0	2.5	3.2	2.9	2.2
4:	84-12-10	84-12-17	11.1	17.9	15.4	19.0	19.7	21.6	20.8	.1
5:	84-12-10	84-12-17	17.8	19.9	15.7	19.7	21.0	21.0	20.0	.1
5:2	84-12-10	84-12-17	.7	1.2	.7	10.7	16.5	12.9	15.9	18.7
5:3	84-12-10	84-12-17	21.2	21.4	22.2	20.7	.7	1.0	1.5	-.3
6:	84-12-10	84-12-17	12.8	19.9	15.7	21.3	20.8	19.9	21.5	.3
7:	84-12-10	84-12-17	15.8	20.2	13.4	20.5	21.5	20.0	20.6	.3
8:	84-12-10	84-12-17	14.9	18.0	15.7	19.9	17.7	20.8	19.8	.1
9:	84-12-10	84-12-17	12.3	18.6	15.0	20.4	20.8	21.2	20.3	.2

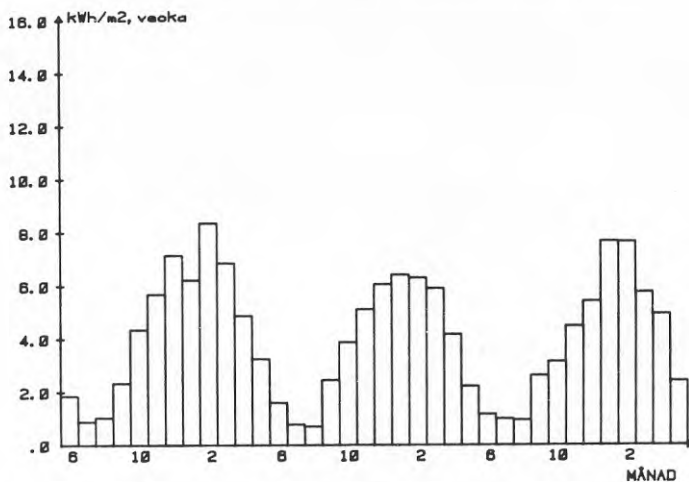
Figur 10.5 Utskrift av innehåll i några mätboxar.

10.3 Plottningar

10.3.1 Energiförbrukning

Specifik energiförbrukning veckovis (kWh/m^2 , vecka) eller månadsvis (kWh/m^2 , månad) inklusive varmvatten och torkaggregat.

GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HELA KVARTERET 1982-1985

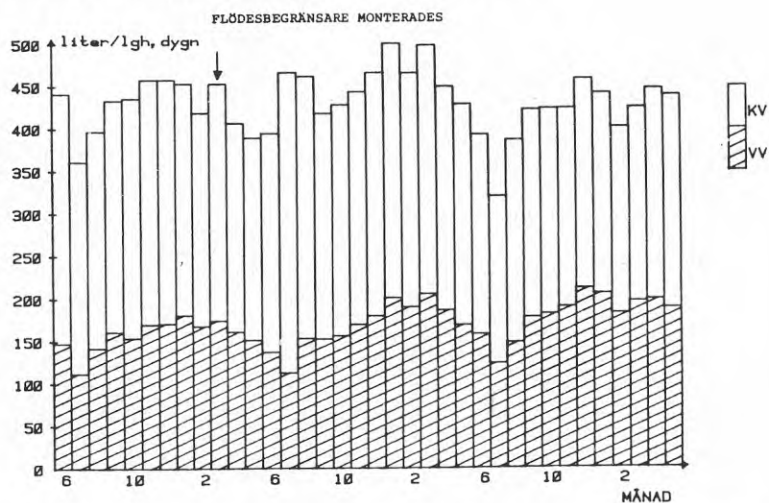


Figur 10.6 Månadsvisa energiförbrukningar för hela kvarteret 1982-1985.

10.3.2 Vattenförbrukning

Specifik varm- och kallvattenförbrukning veckovis (liter/lgh, vecka) eller månadsvis (liter/lgh, månad).

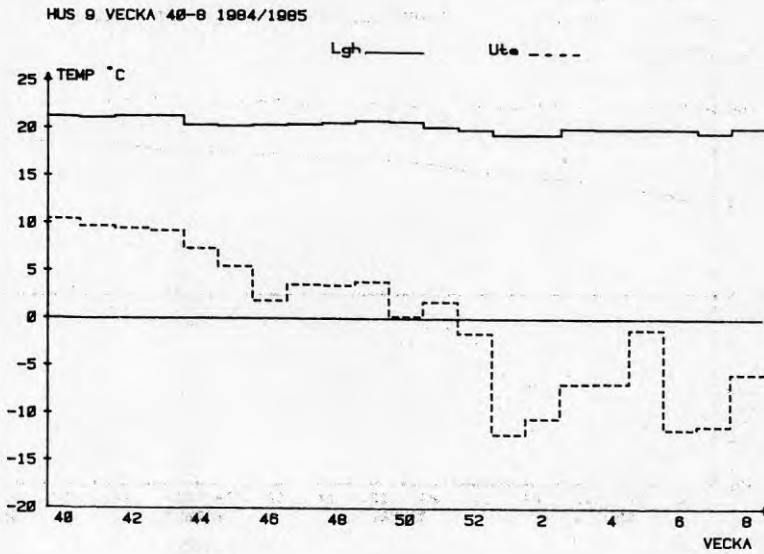
GULDHEDSPROJEKTET HUS 8 VATTENFÖRBRUKNINGEN 1982-85



Figur 10.7 Månadsvisa vattenförbrukningar i hus 8 1982-1985.

10.3.3 Medeltemperaturer

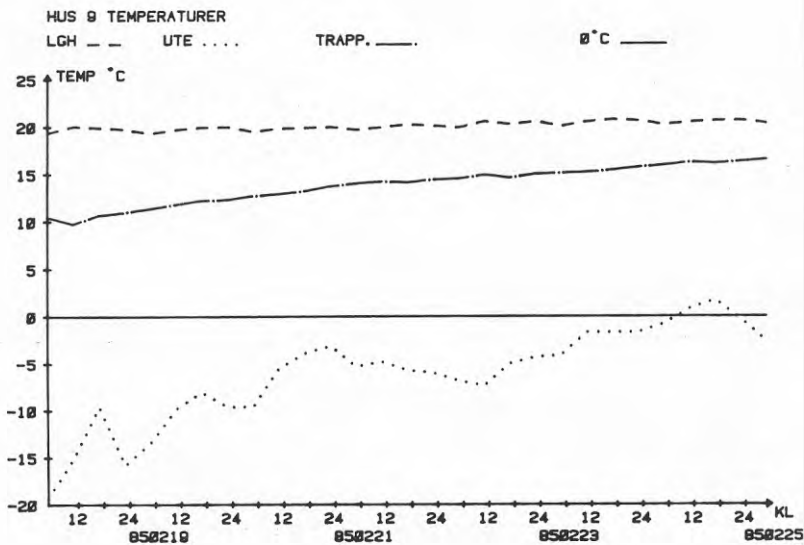
Medeltemperaturer i lägenheter och utomhus veckovis. Lägenhetstemperaturen är beräknad som ett medelvärde av 4 mätpunkter per hus.



Figur 10.8 Veckovisa medeltemperaturer i hus 9.

10.3.4 Momentantemperaturer

Kurvor över momentantemperaturer varje timme i lägenheter, trapphus, fasader och ute. Dessutom redovisas max och min lägenhetstemperatur.



Figur 10.9 Timvisa temperaturer i hus 9.

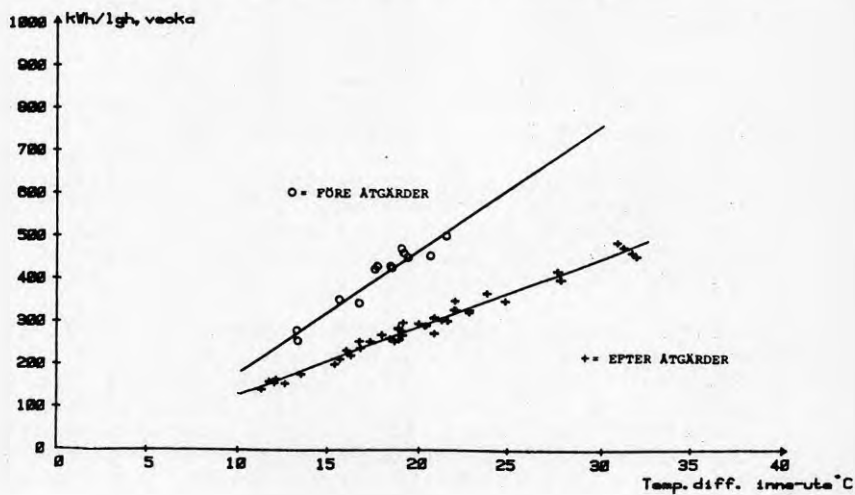
10.3.5 Energisignatur

Specifik energi för uppvärmning veckovis (kWh/lgh, vecka) som funktion av utomhustemperatur (alternativt lägenhetstemperatur-utomhustemperatur) i form av veckomedelvärde.

Med energi för uppvärmning menas här uppmätt total värmeförbrukning exklusive energi för varmvattenberedning och energi till torkaggregat.

I samband med plottningen av energisignaturen beräknas och plottas även den räta linje som ansluter "bäst" till uppmätta punkter med hjälp av regressionsanalys.

GULDHEDSPROJEKTET HUS 5 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



Figur 10.10 Energisignatur för hus 5 före och efter genomförda åtgärder.

11 MÄTRESULTAT

11.1 Allmänt

I detta avsnitt redovisas en sammanfattning av de viktigaste mät- och utvärderingsresultaten från nästan 3 års mätningar i Guldhedsprojektet.

Redovisningen sker i de flesta fall i form av energi- och vattenförbrukningar för helår eller medelvärden utgående från de veckovisa mätningarna.

Bakomliggande teorier och/eller utvärderingsmetoder har tidigare redovisats i avsnitt 8. Använd ytdefinition och aktuella ytor för respektive hus för beräkning av specifika energiförbrukningar framgår av avsnitt 5.4 respektive bilaga 2.

Det kan inte nog påpekas att läsaren inte skall försöka uttyda resultat som utvärderingsmetoden och/eller redovisade data ej kan ge svar på. Speciellt viktigt är detta i avsnitt 11.7 och 11.8 där stapeldiagram använts för att presentera resultaten. Man kan således ej utläsa någon enskild åtgärds besparingsseffekt genom att direkt jämföra hus där enda skillnaden i åtgärdspaketets omfattning är den aktuella åtgärden. De åtgärder som har kunnat separatuvärderas redovisas i avsnitt 11.8.5 (värmepump, 3:e rutan och trapphusfönster).

Samtliga mätdata som här presenteras baseras på veckovisa avläsningar när det gäller energi- och vattenförbrukningar samt i stort sett kontinuerliga temperaturmätningar under projektets hela löptid. Samtliga dessa basdata har av plats- och läsbarhetsskäl ej redovisats i rapporten. Vissa basdata redovisas dock i bilaga 4.

11.2 Vattenförbrukningar

I grundåtgärdspaketet ingick åtgärden flödesbegränsning av både kallvatten och varmvatten. Flödena har begränsats till 0,1 liter/s vid tvättställ och disk-låda och till 0,2 liter/s i dusch.

Besparingssiffrorna i tabellerna nedan är jämförelser mellan föremätningarna 1982-07-01 - 1982-02-31 utan flödesbegränsare och eftermätningar under motsvarande tidsperiod 1983 och 1984 med begränsare, vilka sedan skalats upp till helårsförbrukningar. Utgående tappvarmvattentemperatur har under hela eftermätningssperioden varit oförändrad från föremätningssperioden, alltså ca 50°C.

11.2.1 Kallvatten

En sammanställning av mätresultaten för den totala tappvattenförbrukningen (till fastigheterna inkommande kallvatten) för de aktuella åren har gjorts i följande tabell.

HUS	Före åtgärd 1)		Efter åtgärd 2)		Besparing (%)
	m ³	m ³ /lgh	m ³	m ³ /lgh	
1	5553	154	5320	148	4
2	4601	135	4581	135	0
3	5107	142	4550	126	11
4	5084	134	5346	141	-5
5	4832	127	4854	128	-1
6	5454	144	4902	129	10
7	4786	126	4793	126	0
8	6214	164	6247	164	0
9	4353	121	5172	144	-19
MV	5109	138	5085	138	0

1) 1982

2) Medelvärde av förbrukningen under 1983 och 1984.

Tabell 11.1 Tappvattenförbrukning före resp. efter vattenbesparande åtgärder.

Besparingen i hela området är som vi ser helt marginell. Däremot är skillnaderna mellan fastigheterna ganska stora. I två av fastigheterna är det klara besparingar, (hus 3 och 6) medan det i en av fastigheterna (hus 9) är en klart ökad förbrukning. Brukarbeteendet tycks ha en stor betydelse.

Vad avser de specifika förbrukningarna kan man notera stora variationer. Av speciellt intresse kan man notera att fastigheten med den klart lägsta medelåldern bland de boende (hus 8), har den högsta specifika förbrukningen.

Kallvattenförbrukningen före åtgärder har även kunnat studeras i ett längre tidsperspektiv med hjälp av befintlig statistik från AB Göteborgshem (se bilaga 4). Där kan man notera att förbrukningen haft en nedåtgående trend för hela området under åren 1977-82.

11.2.2 Varmvatten

En sammanställning av mätdata för varmvattenförbrukningarna under de aktuella åren har gjorts i följande tabell.

HUS	Före åtgärd 1)			Efter åtgärd 2)			Energi- besparing (%)
	m ³	kWh/lgh	% av ink.kv	m ³	kWh/lgh	% av ink.kv	
1	1939	2400	35	1829	2300	34	7
2	1768	2300	38	1785	2300	39	0
3	1940	2400	38	1750	2200	38	9
4	1783	2100	35	1729	2000	32	3
5	2001	2200	41	1754	2000	36	12
6	1854	2200	34	1730	2000	35	6
7	1781	2100	37	1669	2000	35	6
8	2223	2600	36	2388	2800	38	-8
9	1824	2300	42	1929	2400	37	-6
MV	1901	2300	37	1840	2200	36	3

1) 1982

2) Medelvärde av förbrukningen under 1983 och 1984.

Tabell 11.2 Tappvarmvattenförbrukning före resp. efter vattenbesparande åtgärder.

Av speciellt intresse torde vara de relativt låga energiförbrukningarna som här framkommit. De specifika förbrukningarna per lägenhet ligger genomgående klart under gamla använda schabloner på 3500-4000 kWh/lgh, år. Även denna tabell antyder att huset med den låga medelåldern bland de boende (hus 8) har en hög förbrukning. Den procentuella andelen av det inkommande tappvattnet, som blir varmvatten, ligger runt 35-40%.

Några generella slutsatser om vad flödesbegränsarna gör på förbrukningen är mycket svåra att dra. Att energiförbrukningen sjunkit något i hela området (ca 3%) kan man se, men går man in och tittar husvis finner man väldiga variationer i besparingarna. Brukarbeteendet spelar här en väldigt stor roll. Det bör påpekas att kalkylerad energibesparing var 15%.

11.3 Energiförbrukning för torkaggregat.

I det ursprungliga mätprogrammet skulle energiförbrukningen för torkaggregat mätas i de två värmepumphusen (hus 4 och 9). Vid utvärdering av dessa fann vi att förbrukningen varierade avsevärt, dels mellan husen och dels mellan olika veckor. Då bestämdes att även de övriga husen skulle utrustas med mätare. Detta genomfördes på hösten 1984.

Nedanstående siffror baserar sig på mätningar i samtliga hus från november 1984 - maj 1985 uppskalade till helår.

Hus	Energiförbrukning för torkaggregat (*)		
	MWh/år	kWh/lgh, år	kWh/m ² , år
1	42	1170	16,0
2	40	1180	16,0
3	33	920	12,0
4	34	900	12,0
5	30	790	10,5
6	34	900	12,0
7	43	1130	15,0
8	44	1160	15,5
9	40	1110	15,0
MV	38	1030	14,0

(*) Avser 2 st aggregat per hus.

Tabell 11.3 Energiförbrukning för torkaggregat.

Inga föremätningar har skett av denna energiförbrukning, varför samma värden har använts för såväl före- som eftermätningar. Detta har vi bedömt vara en realistisk ansats, då inga energihushållningsåtgärder har genomförts på dessa aggregat under projektets löptid. Innan projektet startade byttes samtliga aggregat ut. I samband med den planerade fjärrvärmeanslutningen kommer samtliga hetvattentorkaggregat att ersättas av ny energisnål teknik baserad på avfuktningssprincipen.

Två exempel på veckovisa variationer i torkaggregatens energiförbrukning kan ses i fig. 11.1 där de hus, som har minst resp. störst årsförbrukning visas under våren 1985.

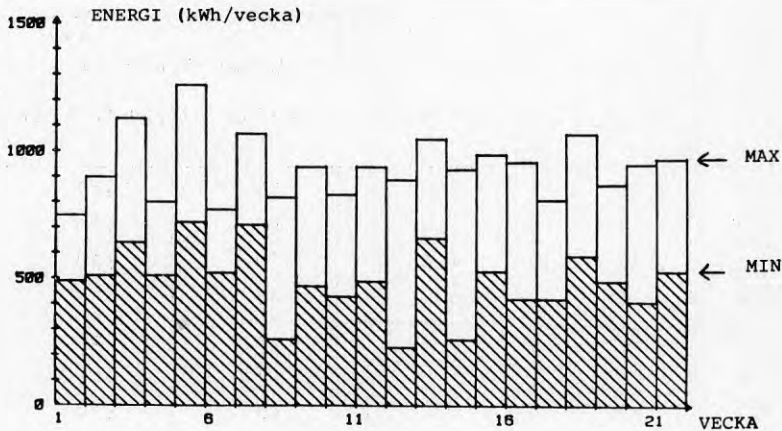


Fig. 11.1 Energiförbrukning för torkaggregat (veckovis) i hus 5 resp. hus 8 under våren 1985.

11.4 Sommarförbrukning

Totala energiförbrukningen under sommarmånaderna juni, juli och augusti kan uppdelas i energiförbrukning för varmvattenberedning, torkaggregat och övrig uppvärmning. Den senare kallas här sommarförbrukning (jfr avsnitt 8.3) och utgöres av uppvärmning (onödig och/eller nödvändig) samt diverse förluster.

Sommarförbrukningen kan inte beräknas utan har uppmätts under hela den avsedda perioden.

Givetvis kommer sommarförbrukningen att variera något mellan olika somrar, men nedanstående siffror visar ändå att en minskning har skett efter grundåtgärds-paketets genomförande.

Hus	*/ Före åtgärder		**/ Efter åtgärder	
	MWh/år	kWh/lgh, år	MWh/år	kWh/lgh, år
1	26	710	16	440
2	15	450	16	470
3	15	410	20	560
4	26	690	25	660
5	24	640	17	450
6	20	520	17	450
7	19	510	15	390
8	33	870	17	450
9	16	440	10	280
MV	22	580	17	460

*/ Sommaren 1982.

**/ Medelvärde av somrarna 1983 och 1984.

Tabell 11.4 Sommarförbrukning

Att sommarförbrukningen i genomsnitt har sjunkit ca 20% bedömes i huvudsak ha orsakats av att driftspersonalen i samband med projektet har blivit mer energimedvetna samtidigt som temperaturstyrning av cirkulationspumparna har genomförts.

11.5 Temperaturer

11.5.1 Uppmätta inomhustemperaturer

För att kunna skatta normalårsförbrukningar med den modell som använts här (avsnitt 8) krävs kontinuerliga mätningar av inomhustemperaturen.

Nedanstående inomhustemperaturer är medelvärdet under uppvärmd säsong (sept-maj) i fyra noggrannt utvalda mätlägenheter per hus.

Hus	T E M P E R A T U R °C	
	Före åtgärder	Efter åtgärder
1	21,6	21,0
2	22,1	21,0
3	21,7	20,5
4	21,9	20,6
5	20,9	20,8
6	21,5	21,1
7	20,9	20,8
8	20,1	19,9
9	21,3	20,7
MV	21,3	20,7

Tabell 11.5 Inomhustemperaturer, husvisa

Tabellen visar bl a att inomhustemperaturerna mellan de olika husen har en mindre spridning efter genomförda åtgärder. Man ser även att kvartersmedelvärdet av inomhustemperaturerna har minskat efter åtgärd och ligger mycket nära det avsedda (20,5°C).

Det bör noteras att föremättningsperioden, p g a den pressade tidsplanen, inte består av en hel eldnings-säsong, utan av månaderna oktober t o m januari. Detta innebär att uppmätta lägenhetstemperaturer "före åtgärder" inte inkluderar de varma vårmånaderna.

En jämförelse med eftermättningsperioden visar, att lägenhetsmedeltemperaturen under hela eldnings-säsongen är ca $0,3^{\circ}\text{C}$ högre än under perioden oktober-januari. Av denna anledning är de i tabell 11.5 redovisade temperaturerna före åtgärd kompenserade för detta genom ett generellt påslag med $0,3^{\circ}\text{C}$.

Av kostnads- och resursskäl har lägenhetstemperaturen inte kunnat mätas i samtliga lägenheter. Detta innebär att det kan finnas en risk att de utvalda lägenheterna ej är representativa för huset. I hus 8 har exempelvis en av mätlägenheterna under vissa perioder sannolikt varit obebodd.

Eftersom samma lägenheter mäts före och efter åtgärder kommer dock de eventuella felen i viss mån att ta ut varandra vid beräkandet av energibesparingen.

Det bör också påpekas att lägenhetstemperaturerna även uppmätts manuellt vid olika tidpunkter bl a i samband med slutbesiktning av grundåtgärdspaketet. Mycket liten spridning i temperatur konstaterades.

11.5.2 Uppmätta utomhustemperaturer

Utomhustemperaturen har mätts vid varje hus. De i tabell 11.6 angivna temperaturerna är medelvärdet för de nio husen. Spridningen i utetemperaturen mellan husen är max $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Mån	1982		1983		1984		1985	
	*/ Uppmätt i Guldh.	**/ SMHI	*/ Uppmätt i Guldh.	**/ SMHI	*/ Uppmätt i Guldh.	**/ SMHI	*/ Uppmätt i Guldh.	**/ SMHI
Jan.	-	-	2,7	4,0	-2,3	-0,6	-8,0	-6,5
Febr	-	-	-3,1	-2,5	-1,5	-0,1	-8,4	-7,2
Mars	-	-	1,7	2,7	-0,9	0,3	-0,2	1,1
April	-	-	5,9	6,7	5,3	6,2	2,6	3,5
Maj	-	-	10,7	11,7	11,8	13,2	11,2	12,4
Juni	-	-	13,9	15,2	14,1	15,1	-	-
Juli	-	-	17,2	18,4	16,1	17,1	-	-
Aug.	-	-	16,0	17,1	16,2	17,3	-	-
Sept.	-	-	11,5	13,2	9,9	11,2	-	-
Okt.	8,0	9,3	8,4	9,3	9,5	10,6	-	-
Nov.	4,9	6,3	2,5	3,3	4,2	5,8	-	-
Dec.	1,2	2,3	0,1	1,3	1,0	2,6	-	-

*/ Tidsperioden är ej alltid exakt första till sista dagen i månaden.

**/ Oktober 1982 - mars 1983 samt april 1985 avser Säve i övrigt Göteborg.

Tabell 11.6 Utomhustemperaturer, månadsvisa.

11.5.3 Normalmånadstemperaturer

Som framgår av tabell 11.6 så är uppmätt utomhustemperatur i Guldheden ca 1°C lägre än vid närmast liggande klimatstation.

Nedanstående normalmånadstemperaturer för Guldheden är således bildade utgående från Göteborgs normalmånadstemperaturer -1°C. Dessa används sedan vid skattning av energiförbrukningarna för uppvärmning enligt avsnitt 11.7 och 11.8.

Månad	Normalmånads- temperaturer °C
Jan.	-1,9
Febr	-2,2
Mars	0,3
April	5,0
Maj	10,5
Juni	14,2
Juli	16,5
Aug.	15,8
Sept.	12,1
Okt.	7,6
Nov.	3,5
Dec.	0,8

Tabell 11.7 Normalmånadstemperaturer för Guldheden.

11.5.4 Fasadtemperaturer

I två av husen (hus 3 och 5) har temperaturgivare installerats på fasaden i olika väderstreck och på olika höjder.

När fasaden tilläggsisolerades i ett av husen installerades även nya givare på plåtfasaden, samtidigt som de gamla givarna fick sitta kvar inne i fasaden.

Den ursprungliga målsättningen med dessa mätningar var att bli kunna studera solens och vindens inverkan samt olika temperaturförlopp på och i fasaden.

Troligtvis har dock några av givarna i den tilläggsisolerade fasaden blivit felmonterade, varför ingen utvärdering har kunnat ske.

Följande driftsresultat har erhållits under det senast driftåret enligt ovan.

	Hus 4	Hus 9
1. Levererad energi från värmepump	161 MWh/år	147 MWh/år
2. Elförbrukning */	68 MWh/år	68 MWh/år
3. Säsongs- värmefaktor	2,35	2,17
4. Netto från VP (1-2)	93 MWh/år	79 MWh/år
5. Drifttid	6900 h	6320 h

*/ Totalt, d v s kompressor, cirkulationspumpar samt extra frånluftsfläkt.

Tabell 11.8 Driftresultat värmepumpar perioden juni 1984 - maj 1985 (1 år).

Under uppvärmningssäsongen har värmepumparnas drifttider varit ca 95-100% av full tid, vilket får betraktas som ett gott driftresultat.

Värmefaktorn för värmepump utan hjälpsystem (pumpar och extra fläkt) har i medeltal legat omkring 3,1 under uppvärmningssäsongen.

Sommartid och under eldningssäsongens början och slut försämras värmepumparnas driftresultat, då inget värmebehov föreligger under dessa tider och energibehovet för varmvattenberedning når ett minimum (jfr bilaga 4). Under uppvärmningssäsongen levererar värmepumparna ca 45% av sin energi till varmvattenberedning och ca 55% till radiatorkretsen.

Nettobesparingen blir mellan 29 kWh/m², år och 33 kWh/m², år (jfr sid 88).

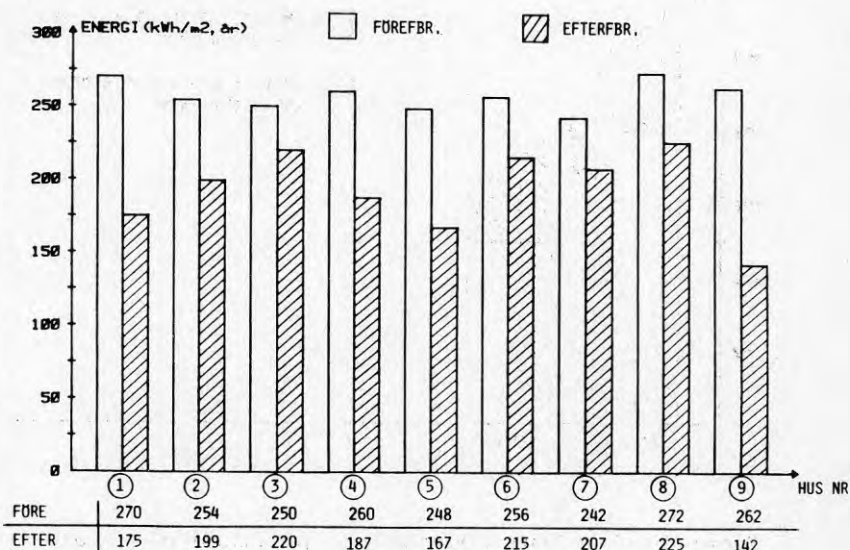
Det bör påpekas att inte endast driftstörningar orsakat ett sämre driftutfall för värmepumpen i hus 9. I hus med bättre energiteknisk status går värmepumpen något kortare tid p g a en förkortad eldningssäsong om energibehovet för varmvattenberedning skulle vara lika.

11.7 Total normalårsförbrukning, husvis

Här redovisas totala energiförbrukningen för uppvärmning, varmvattenberedning samt torkaggregat för varje hus.

Uppvärmningsenergin är normalårskorrigerad med hänsyn till Guldhedens utetemperatur enligt avsnitt 11.5.3 och med uppmätta inomhustemperaturer enligt avsnitt 11.5.1.

Fördelningen av energiförbrukningen på de olika delposterna kan ses i bilaga 4.



Figur 11.3 Normalårskorrigerad energiförbrukning före resp. efter samtliga genomförda åtgärder.

Förbrukningarna är nettoförbrukningar husvis och här inkluderas alltså inte pannförluster eller kulvertförluster.

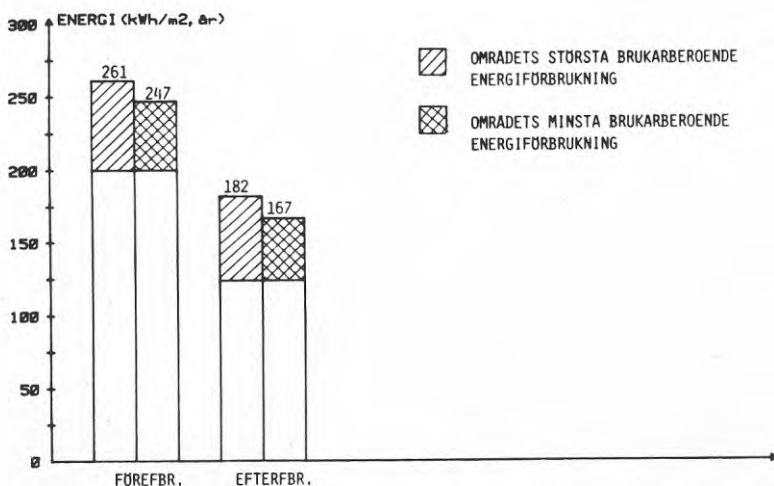
Med hänsyn tagen till kulvert- och pannförluster innebär detta att husen i genomsnitt har en energiförbrukning före åtgärder på ca 31 liter olja/m²,år.

Efter det att samtliga åtgärder genomförts har husens nettoenergiförbrukning reducerats från i medeltal ca 260 kWh/m², år till mellan 145 och 225 kWh/m²,år beroende på vilka åtgärder som genomförts.

För värmepumparna har här nettoenergiesparningarna, som redovisades i avsnitt 11.6 använts.

I ovanstående siffror ingår de brukarberoende förbrukningarna (varmvatten, torkaggregat m m) för varje hus och eftersom dessa kan variera avsevärt mellan husen, bör man inte använda detta redovisningssätt vid utvärderingen av de olika åtgärds paketens besparingar (se avsnitt 11.8).

I figur 11.4 visas inom vilka gränser brukarberoendet kan påverka totala energiförbrukningen i ett av Guldhedshusen.



Figur 11.4 Brukarberoendets påverkan på totala energiförbrukningen för ett hus i Guldhedsprojektet.

Som framgår av figuren så uppgår den brukarberoende energiförbrukningen till mellan 20% och 25% av total energiförbrukning i detta hus före åtgärd. Motsvarande siffror efter åtgärd är 25% resp. 30%.

11.8 Åtgärds paketens energibesparingar

11.8.1 Allmänt

För att korrekt kunna utvärdera ett åtgärds paket som påverkar en byggnads energiförbrukning för uppvärmning genom att mäta dess totala energiförbrukning före respektive efter genomförandet, krävs att brukarvanor av typen varmvattenförbrukning m m ej förändras.

Mätningar visar dock att brukarvanorna har förändrats, vilket medför att den energiförbrukning som påverkats av dessa förändringar, måste separeras från uppmätta totalförbrukningar. Åtgärdspaketens energibesparingar har därför baserats på energiförbrukningen för uppvärmning.

Även om denna metodik tillämpas påverkas effekterna av sådana faktorer som inomhustemperaturer m m. Vi har därför valt två redovisningssätt i samband med åtgärdspaketens utvärdering. Dels redovisas dessas besparingar vid aktuella inomhustemperaturer efter åtgärd dels vid en "normerad" inomhustemperatur på 20,5°C efter åtgärd, vilket var målet och dessutom ganska väl svarar mot utfallet sett som ett medelvärde för hela kvarteret. Inomhustemperaturerna före åtgärd är i samtliga fall baserade på uppmätta data.

För de åtgärdspaket där värmepumpar ingår har dessas driftutfall enligt avsnitt 11.6 omräknats till ett korrigerat utfall, som baseras på en drift utan tidigare nämnda "exceptionella driftstörningar". Detta korrigerade driftutfall redovisas i avsnitt 11.8.5. Även här redovisas samtidigt utfallet vid verklig drift.

Det bör här påpekas att ovannämnda "normerade" data baseras på ett utnyttjande av energisignaturen och att värmepumparnas korrigerade driftutfall i högsta grad har en verklighetsförankring då korrektionen endast har gjorts för de veckor där noteringar funnits i våra veckovisa mätrapporter om aktuell typ av störningar. Dessutom vet vi, från nästan två års drift, att värmepumparna oftast går kontinuerligt under uppvärmningssäsongen om inget oförutsett inträffar.

I och med att grundåtgärdspaketet endast har kunnat utvärderas i fyra mot i planerade nio hus på grund av tidigare nämnda förseningar i genomförandet av etapp 1, har det varit omöjligt att utvärdera de flesta mer omfattande åtgärdspaketen separat.

Även om vårt mål med etapp 1 bl a var att energitekniskt likställa samtliga hus ur förbrukningssynpunkt, så varierar denna ändå ganska mycket mellan husen (jfr avsnitt 11.8.3). Man kan således inte nog poängtera att hus skall betraktas som individer även om de till utseende och konstruktion kan vara lika.

Detta medför att man inte kan jämföra olika åtgärds-pakets besparingar i till synes lika hus, eftersom förhållandena varierar mellan husen. Man kan inte heller "jämföra" olika åtgärds-paket där "en åtgärd skiljer" och ur detta utläsa vad åtgärden sparar.

De enda åtgärder som har kunnat utvärderats separat i Guldhedsprojektet är frånluftsvärmepump, 3:e rutan och i viss mån byte av trapphusfönsterparti.

Det gäller dock även för dessa att betrakta husets totala energistatus såväl före som efter åtgärd, som är olika i husen. När flera åtgärder sätts samman i åtgärds-paket samverkar dessa nämligen på olika sätt, vilket medför att en viss åtgärds besparingseffekt är olika om den sätts in i ett energitekniskt bra eller dåligt hus. Detta framgår klart också när teoretiska beräkningar göres med den typ av beräkningsmodell som använts här.

11.8.2 Åtgärds-paketens sammansättning

Följande delåtgärds-paket har kunnat utvärderas. Vad avser ingående åtgärder i grundåtgärds-paketet, se avsnitt 6.2.

Paket 1:	-	Grundåtgärds-paket
Paket 2:	-	Grundåtgärds-paket
	-	Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas
Paket 3:	-	Grundåtgärds-paket
	-	Tilläggsisolering av fasad
	-	Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas

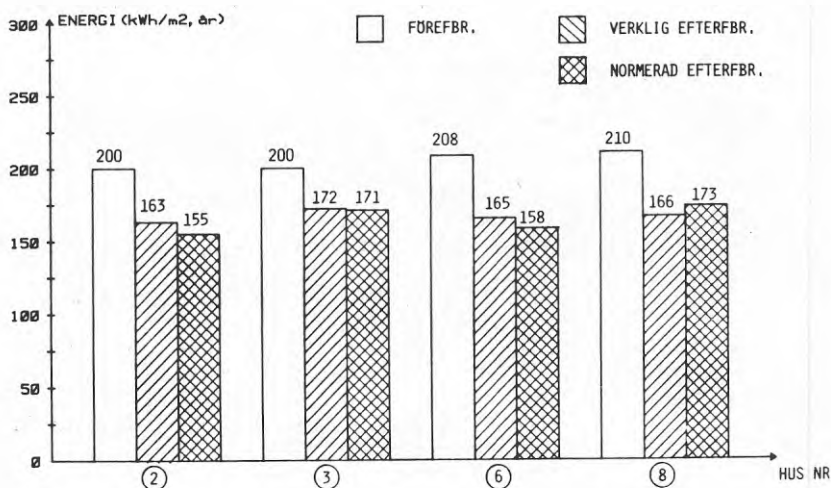
- Paket 4:
- Grundåtgärdspaket
 - Tilläggsisolering av fasad
 - Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas
 - Komplettering av 2-glasfönster med tredje ruta
- Paket 5:
- Grundåtgärdspaket
 - Komplettering av 2-glasfönster med tredje ruta.
- Paket 6:
- Grundåtgärdspaket
 - Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas
 - Komplettering av 2-glasfönster med tredje ruta.
- Paket 7:
- Grundåtgärdspaket
 - Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas
 - Frånluftvärmepump
- Paket 8:
- Grundåtgärdspaket
 - Tilläggsisolering av fasad
 - Byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas
 - Komplettering av 2-glasfönster med tredje ruta
 - Frånluftsvärmepump

11.8.3 Resultat för åtgärdspaket

Grundåtgärdspaketet (åtgärdspaket 1)

Grundåtgärdspaketet har, som tidigare nämnts, inte kunnat utvärderas i samtliga hus p g a den korta mätperioden mellan etapp 1 och etapp 2 som framtvingsats av tidspresen i projektet. Grundåtgärdspaketet har därför bara utvärderats i de två referenshusen (hus 3 och 8) samt i de två husen där ytterligare åtgärder inte påbörjades förrän en bit in i etapp 2 (hus 2 och 6).

Åtgärdspaketet har givit ganska skilda resultat i de olika husen, bl a beroende på att husen före åtgärder varit något olika energitekniskt sett, framförallt vad gäller luftomsättningar och inomhustemperaturer (bilaga 2).



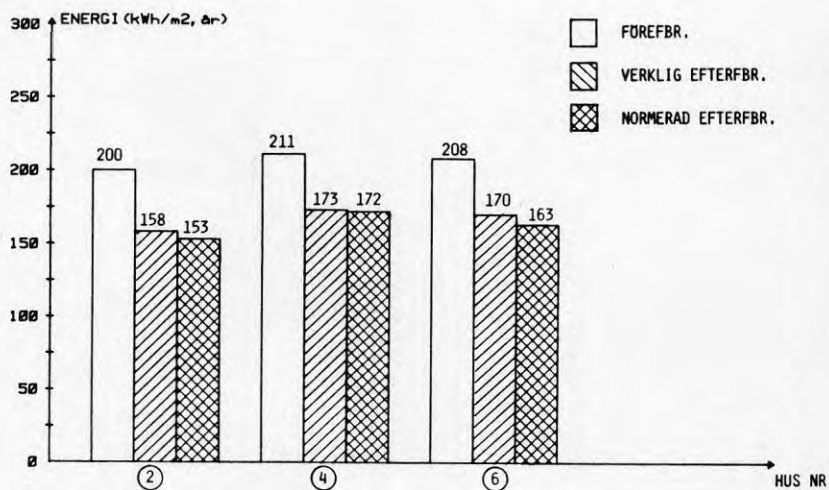
Figur 11.5 Grundåtgärdspaketet, normalårskorrigerade energiförbrukningar för uppvärmning.

Energiförbrukningen för varmvatten och sommarförbrukningen har i medeltal för hela kvarteret minskat från 39 kWh/m², år till 37 kWh/m², år, samtidigt som torkförbrukningen är oförändrad 14 kWh/m², år.

Detta innebär att grundåtgärdspaketet i genomsnitt reducerar den totala energiförbrukningen från ca 260 kWh/m², år till ca 215 kWh/m², år, d v s en total besparing på ca 45 kWh/m², år (15%).

Åtgärds paket 2

Grundåtgärds paketet + byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas

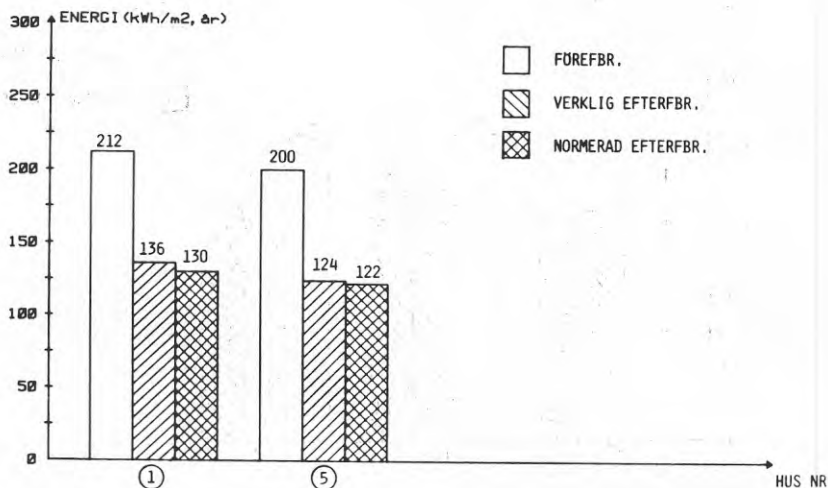


Figur 11.6 Energiförbrukning för uppvärmning - åtgärds paket 2.

Paketet sparar ca 40 kWh/m², år, och normerat ca 45 kWh/m², år.

Åtgärds paket 3

Grundåtgärds paketet + tilläggsisolering av yttervägg
+ byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas.

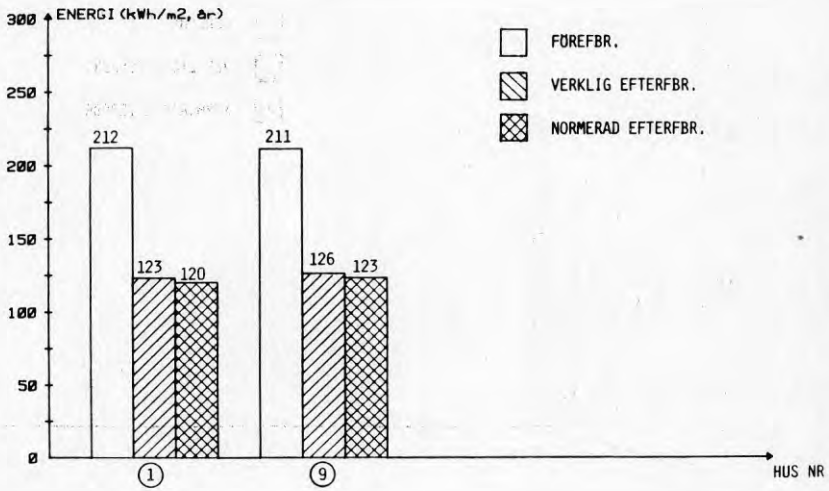


Figur 11.7 Energiförbrukning för uppvärmning -
åtgärds paket 3

Paketet sparar ca 75 kWh/m², år, och normerat ca
80 kWh/m², år.

Åtgärds paket 4

Grundåtgärds paketet + tilläggsisolering av yttervägg + byte av trapphusfönster från 2-glas till 3-glas + komplettering av 2-glasfönster till 3-glasfönster.

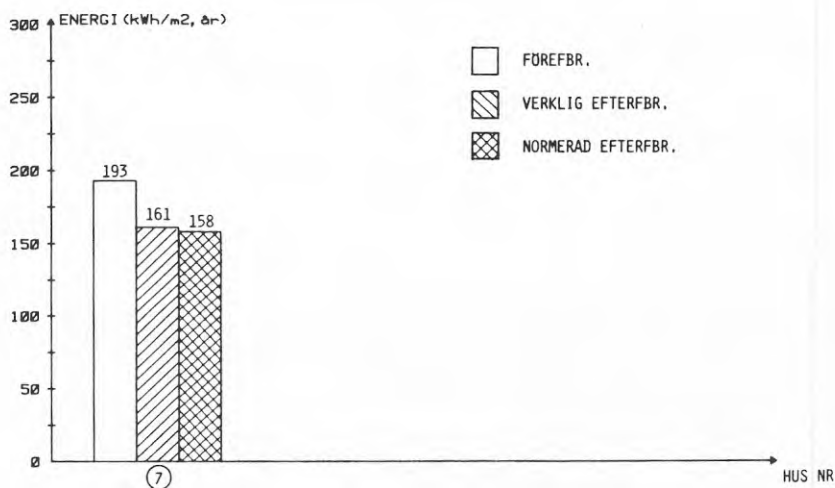


Figur 11.8 Energiförbrukning för uppvärmning - åtgärds paket 4.

Paketet sparar ca 85 kWh/m², år, och normerat ca 90 kWh/m², år

Åtgärds paket 5

Grundåtgärds paketet + komplettering av 2-glasfönster till 3-glasfönster.



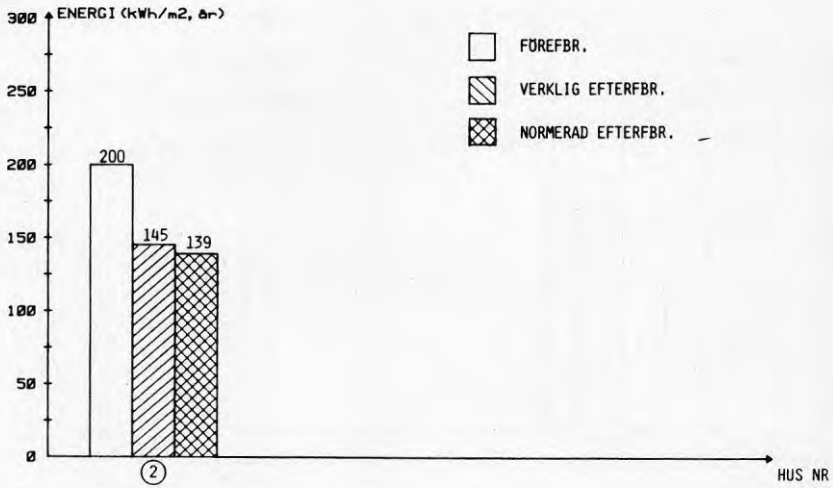
Figur 11.9 Energiförbrukning för uppvärmning - åtgärds paket 5.

Paketet har endast utvärderats i ett hus och sparar där ca 30 kWh/m², år, och normerat ca 35 kWh/m² år.

Denna relativt låga energibesparing beror på att förebrukningen för uppvärmning var låg (jfr. figur 11.5). Exempelvis var inomhustemperaturen för detta hus bara 20,9°C innan åtgärder genomfördes.

Åtgärds paket 6

Grundåtgärds paketet + byte av trapphusfönster från 2-glasfönster till 3-glasfönster + komplettering av 2-glasfönster till 3-glasfönster.

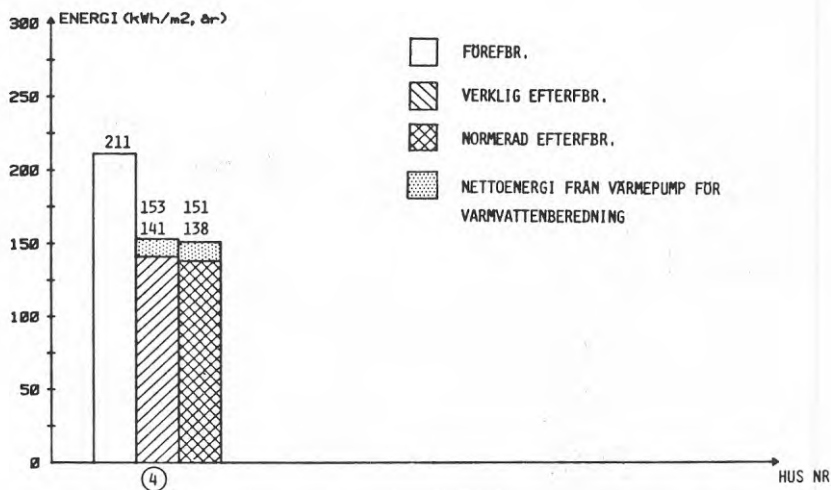


Figur 11.10 Energiförbrukning för uppvärmning - åtgärds paket 6.

Paketet har utvärderats i ett hus och sparar där ca 55 kWh/m², år, och normerat ca 60 kWh/h/m² år.

Åtgärds paket 7

Grundåtgärds paketet + byte av trapphusfönster från 2-glasfönster till 3-glasfönster + värmepump.



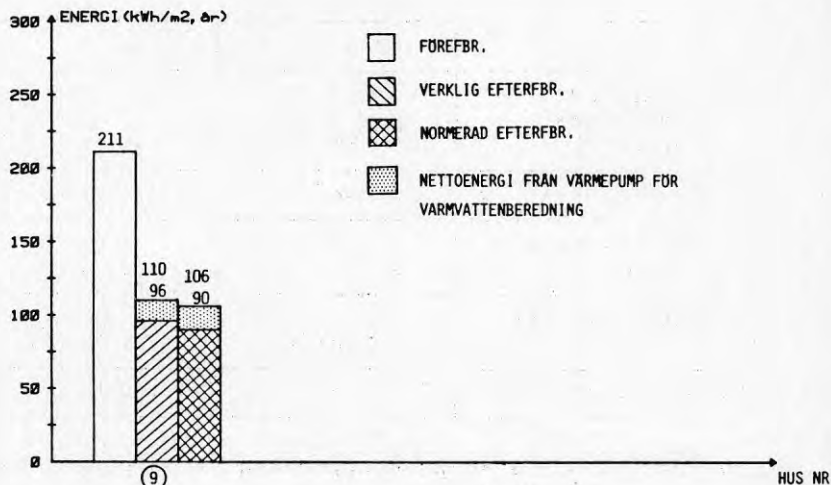
Figur 11.11 Energiförbrukning för uppvärmning - åtgärds paket 7.

Paketet har utvärderats i ett hus och sparar där ca 60 kWh/m², år.

Observera att de lägre förbruknings siffrorna i figuren redovisar den köpta energin d v s även värmepumpens besparing på varmvattensidan är medtagen.

Åtgärds paket 8

Grundåtgärds paketet + tilläggsisolering av yttervägg
+ byte av trapphusfönster från 2-glasfönster till
3-glasfönster + konvertering av 2-glasfönster till
3-glasfönster + värmepump



Figur 11.12 Energiförbrukning för uppvärmning -
åtgärds paket 8.

Detta paket är det s k totalpaketet där alla åtgärder
satts samman.

Besparingen blir i detta hus ca 100 kWh/m², år, och
normerat ca 105 kWh/m² år.

Observera att de lägre förbrukningssiffrorna i figu-
ren redovisar den köpta energin d v s även värme-
pumpens besparing på varmvattensidan är medtagen.

11.8.4 Resultat för enskilda åtgärder

Värmepumpar

Värmepumparna har installerats i två hus med olika
energiteknisk status, dels ett hus där åtgärds paket 2
genomförts (hus 4) och dels ett hus där samtliga
åtgärder genomförts (åtgärds paket 8, hus 9).

Verkligt driftutfall kan ses i avsnitt 11.6 medan vi här redovisar ett tänkt resultat om värmepumparna hade gått utan "exceptionella driftsstörningar" (d v s 100% drifttid under uppvärmningssäsong). Dessa data har erhållits genom att gå in i varje veckas mät-rapport och för de veckor där sådana driftstörningar noterats räkna full tid för den tid värmepumparna stått stilla.

	Hus 4	Hus 9
1. Levererad energi från värmepump	166 MWh/år	165 MWh/år
2. Elförbrukning x	70 MWh/år	74 MWh/år
3. Säsongsvärme-faktor	2,37	2, 23
4. Netto från VP (1-2)	96 MWh/år	91 MWh/år
5. Drifttid	7 150 h	7 100 h

x) Totalt, d v s kompressor, cirkulationspumpar samt extra frånluftsfläkt

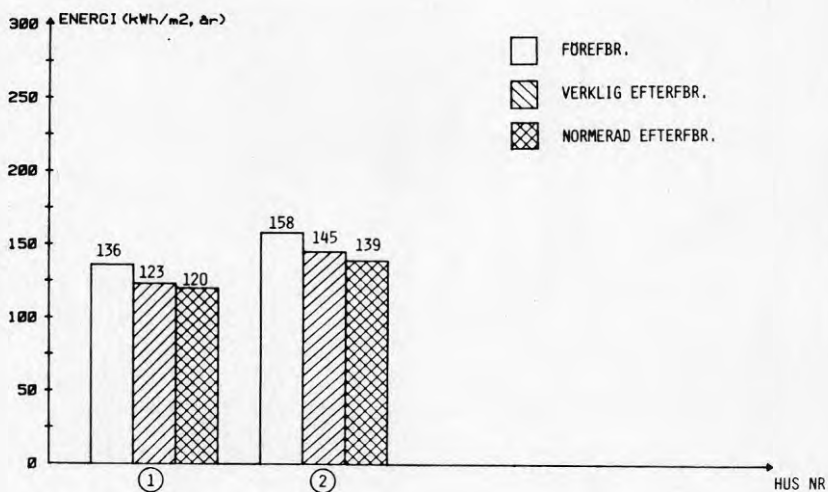
Tabell 11.9 Driftresultat värmepumpar vid "full drifttid"

Den specifika nettobesparingen blir ca 35 kWh/m², år (ung. samma specifika nettobesparing för båda husen p g a att hus 4 har större primär bruksarea).

Tredje rutan

Tredje rutan har kunnat utvärderas i två hus. I båda fallen har tredje rutan satts in som sista åtgärd.

I hus 1 hade alltså redan åtgärds paket 3 genomförts och i hus 2 hade åtgärds paket 2 genomförts, vilket innebär att husen har olika energiteknisk status, såväl före som efter åtgärden.



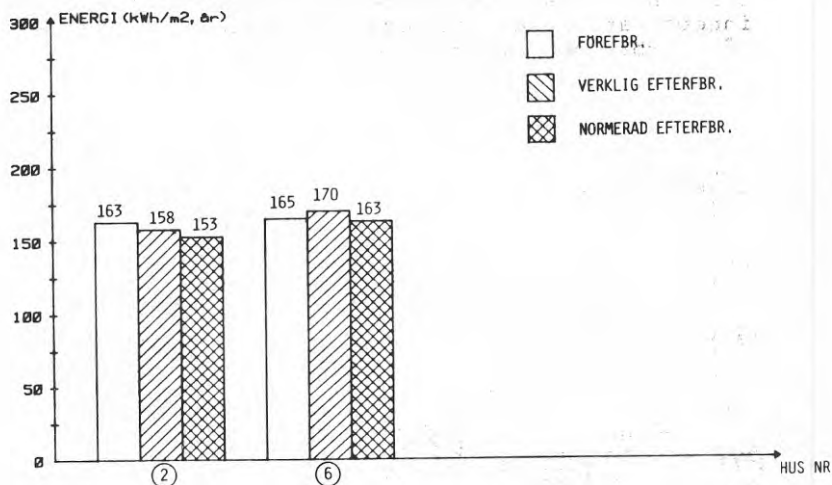
Figur 11.13 Energiförbrukning för uppvärmning - 3:e rutan

Tredje rutan har sparat ca 13 kWh/m², år i både hus 1 och 2. Dock är de normerade besparingarna för hus 1 ca 15 kWh/m², år och för hus 2 ca 20 kWh/m², år.

Dessa besparingar stämmer bra överens med teoretiska beräkningar på 3:e rutan ($k = 2,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$, ingen temperatursänkning).

Byte av trapphusfönster till 3-glasfönster

Åtgärden har utvärderats i två hus och har där kommit som första åtgärd efter grundåtgärdspaketet.



Figur 11.14 Energiförbrukning för uppvärmning - trapphusfönster.

Åtgärden sparar ca 5 kWh/m², år i hus 2 och i hus 6 ökar förbrukningen med ca 5 kWh/m², år. Motsvarande normerade värden är dock ca 10 kWh/m² år för hus 2 och 0 kWh/m² år för hus 6.

Den teoretiska besparingen är ca 3 MWh/år vilket motsvarar ca 1 kWh/m², år

11.8.5 Sammanställning av åtgärdspaketets besparingar före och efter åtgärder

Samtliga besparingar har sammanställts i tabell 11.10.

x/ Paket	Hus nr	Uppvärmning kWh/m ² ,år			Besparing	Besparing norm
		Före	Efter	Norm		
1	2	200	163	155	37	45
	3	200	172	171	28	29
	6	208	165	158	43	50
	8	210	166	173	44	37
	--- MV	204	166	164	38	40
2	2	200	158	153	42	47
	4	211	173	172	38	39
	6	208	170	163	38	45
	--- MV	206	167	163	39	43
3	1	212	136	130	76	82
	5	200	124	122	76	78
	--- MV	206	130	126	76	80
4	1	212	123	120	89	92
	9	211	126	123	85	88
	--- MV	211	124	121	87	90
5	7	193	161	158	32	35
6	2	200	145	139	55	61
7	4	211	153	151	58	60
8	9	211	110	106	101	105

x/ Vad som ingår i respektive åtgärdspaket framgår av avsnitt 11.8.2.

Tabell 11.10 Åtgärdspaketens besparingar

12 JÄMFÖRELSE MELLAN TEORETISKT BERÄKNADE OCH UPPMÄTTA ENERGIFÖRBRUKNINGAR EFTER ÅTGÄRDER

12.1 Allmänt

En av huvudmålsättningarna med Guldhedsprojektet och övriga energisparkvarter har varit att, med omfattande fältmätningar, utvärdera olika åtgärders och/eller åtgärdspakets besparingseffekter.

Intresset för att jämföra sådana uppmätta effekter med de som beräknats har av naturliga skäl varit stort. Teoretiska beräkningar av förväntade energiförbrukningsnivåer efter åtgärder ligger ju oftast till grund för de beslut en fastighetsägare fattar i energispar- och ROT-sammanhang. Ur forskningssynpunkt fokuseras intresset kanske framför allt på hur väl de teoretiska modellerna beskriver byggnaden som ett energisystem.

Jämförelser mellan teoretiskt beräknade och praktiskt uppmätta besparingseffekter skulle således kunna resultera i bl a följande framtida aktiviteter:

- Fortsatt FoU-arbete syftande till att få fram bättre och säkrare modeller utan att för den skull resultera i att sk komplexa datormodeller av simuleringstyp blir nödvändiga att använda generellt
- Befintliga beräkningsmodeller av förenklad typ vidareutvecklas mot större säkerhet
- Olika modellers lämplighet och eventuella begränsningar för användning i olika sammanhang ställs samman
- Omfattande jämförelser genomförs mellan beräknade data med olika modeller och uppmätta data.

I Guldhedsprojektet har teoretiska energiförbrukningsnivåer efter genomförda åtgärder beräknats med Bengt Dahlgren AB:s datorprogram "Energisparprofil för byggnader". Detta datorprogram bygger på den sk BKL-metoden (8) vad avser dess "energibalansdel". Programmet har vid två olika tillfällen använts vid utvärderingen av Sveriges energisparplan (9, 10) och får därmed anses vara relativt vedertaget. Dessutom har BKL-metoden jämförts med beräkningar utförda med mer komplexa datormodeller och också med mätdata (11).

Här har jämförelserna begränsats till att omfatta energiförbrukningen för uppvärmning eftersom övriga parametrar mätes. Vad beträffar de hus där frånlufts- värmepumpar har installerats (hus 4 och 9) har effekterna för dessa värmepumpar exkluderats, då dessa utvärderas separat genom omfattande separatmätningar (avsnitt 11).

De avvikelser som erhållits mellan beräkningar och uppmätningar har vi försökt att ge troliga förklaringar till. Denna genomgång skall ses som ett första steg i riktningen mot en mer omfattande analys av liknande jämförelser som bör genomföras.

12.2 Beräkningsförutsättningar

För att kunna genomföra dessa beräkningar krävs en rad olika indata bl a avseende klimatskärmens olika delar (ytor, k-värden m m), volymer med tillhörande luftomsättningstal, klimatdata (månadsvisa normaltemperaturer, soldata), inomhustemperaturer m m.

Dessa indata baseras på uppmätningar från befintliga ritningsunderlag, besiktningar och genomförda mätningar samt vissa antaganden, vilka redovisas nedan.

- . Inomhustemperatur: 20,5°C (samma temperatur som använts vid den "normerade" utvärderingen av mätningarna i avsnitt 11)
- . Soldata: Malmö (för BKL-metoden (1971) finns erforderliga soldata endast redovisade för Malmö, Stockholm och Umeå; soldata för Stockholm istället för Malmö ger dock i vårt fall endast marginella skillnader (ca 1%) i beräkningsresultat)
- . Normalmånadstemperaturer, utomhus: $t_{ute, SMHI} - 1^{\circ}C$

• Schabloner för gra-
tisenergiutnytt-
jande:

Person-
värme

1400 Wh/dygn, person
(baseras på antag-
ande om tider för
hemmavarande m m)

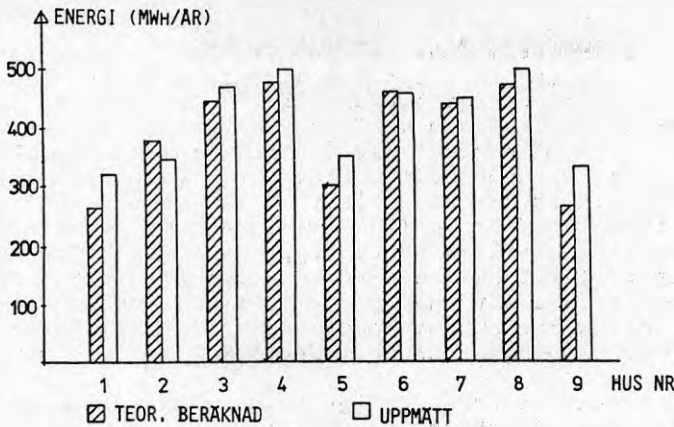
Hushållsel antages
kunna tillgodogöras
till 80% medan mot-
svarande siffra för
fastighetsel har
antagits vara 20%
(trapphusbelysning
m m)

Elförbrukningarna
har erhållits från
Energiverken,
Göteborg
(jfr. bilaga 4)

Modellen kan ta hänsyn till skuggning från omgivande byggnader och horisontavskärmning m m genom en skuggningsfaktor, som i våra beräkningar har satts till 0,6. Vidare tas hänsyn till att den tillgängliga solinstrålningen reduceras vid övergång från 2-glasfönster till 3-glasfönster. Någon hänsyn till energiackumulering i stomme tas ej liksom ändrad absorption vid byte av fasadmaterial.

12.3 Jämförelse mellan teoretiskt beräknade och uppmätta data

Nedan redovisas resultatet från de teoretiska beräkningar som genomförts för de olika husen i Guldhedsprojektet tillsammans med de data som har uppmätts. Siffrorna avser uppvärmningsenergi efter åtgärder i enlighet med definitionerna i avsnitt 8.



Figur 12.1 Jämförelse mellan uppmätt och teoretiskt beräknad energiförbrukning för uppvärmning efter åtgärd (inomhustemperatur 20,5°C)

Härav framgår att överensstämmelsen mellan teori och mätningar är mycket god (<+ 10%) för sex av husen medan den är sämre för resterande tre hus (hus 1, 5 och 9), där tilläggsisolering av ytterväggarna och konvertering till 3-glas har genomförts. I hus 9 är avvikelserna så stora som -21%.

Härvidlag skulle en rad olika förklaringar vara tänkbara, alltifrån modellfel till att tilläggsisoleringen är dåligt utförd. En ingående analys av sådana tänkbara förklaringar har genomförts. Följande faktorer har därvid framkommit som de mest sannolika för att förklara de uppkomna avvikelserna. Dessa är:

- Fukt i de gamla fasaderna

Enligt vissa punktvisa mätningar av fukthalten i den gamla lättbetongisoleringen, som genomfördes under föremättningsperioden, framkom att denna på stora ytor var starkt fuktbelastad, bl a på grund av de tidigare redovisade fasadskadorna. Anlitad byggnadsentreprenör slog också larm om detta i samband med isolerarbetena.

Den energi som åtgår för uttorkning av bl a lättbetongen tas från uppvärmningssystemet och orsakar en förhöjd energiförbrukning för uppvärmning. Med konstruktions- och mätdata som bas har vi låtit expertis på området (12) genomföra datorberäkningar avseende detta uttorkningsförlopp. Dessa beräkningar har bl a visat på ett ganska långsamt uttorkningsförlopp (1-2 år) innan ett någorlunda stationärt tillstånd har uppnåtts. Avvikelser på upp till 15% mellan k-värdet efter isolering och det fiktiva k-värdet p g a fuktvandring och fasomvandling har kunnat konstateras bli resultatet under eldningssäsongen 1984/85.

Uttorkningsenergin enligt ovan motsvarar en förhöjd energiförbrukning för uppvärmning på ca 10 MWh under första året (1984/85).

Minskad tillgänglig solinstrålning genom fönster p g a nischverkan vid tilläggsisolering av ytterväggar

Genom att befintliga fönster ej flyttades ut i fasadliv i samband med att den relativt tjocka mineralullsisoleringen (12 cm) monterades erhålles en ökad skuggning av dessa fönster (nischverkan). Detta kan också ses ganska tydligt på plats, när solen vandrar över de nya fasaderna i Guldhedshusen.

Denna ökade skuggningseffekt beaktades ej i samband med bestämningen av BKL-metodens skuggningsfaktor i våra ursprungliga beräkningar.

Denna sk nischverkan motsvarar för de aktuella husen en förhöjd energiförbrukning för uppvärmning på ca 5 - 10 MWh/år.

Eldningssäsongens längd

När mer omfattande energisparåtgärder sätts in i en byggnad kommer eldningssäsongen teoretiskt att förkortas, vilket bidrar till att energiförbrukningen för uppvärmning minskar mer än som ges av exempelvis enbart en k-värdesförbättring vid tilläggsisolering. Detta orsakas av att gratisenergin svarar för en större andel av uppvärmningen efter åtgärd än före.

I praktiken tas detta dock inte hänsyn till, utan driften av en värmeanläggning sker fortfarande i hög grad efter almanackan. I Guldheden vet vi av erfarenhet och av de mätningar som genomförts, att uppvärmning skett under de delar av maj och september, som beräkningarna visat ej skulle erfordra uppvärmning.

Denna förhöjning av energiförbrukningen motsvarar i vårt fall ca 5 MWh/år.

Förändrad absorption av solstrålning vid byte av fasadskikt

När nytt fasadskikt av ljusbeige aluminiumplåt monteras som ersättning för det gamla smutsgrå putsskiktet, förändras också den absorption av solstrålning som sker i fasaden. BKL-metoden tar ej hänsyn till denna typ av fenomen, medan verkligheten gör det. Vid övergång till aktuellt yt-skikt minskas absorptionen, vilket medför en förhöjning av energiförbrukningen för uppvärmning gentemot beräkningarna med BKL-metoden.

I syfte att försöka kvantifiera denna energiförbrukning har beräkningar genomförts med en komplex datormodell, som tar hänsyn till absorption m m i ytterväggar. Beräkningarna har genomförts med Bengt Dahlgren AB:s datorprogram "Klimatanalys med årsenergi", vilket är av samma typ som datorprogrammen BRIS, JULOTTA m fl.

Ovannämnda beräkningar ger att bytet av fasadskiktet motsvarar en förhöjd energiförbrukning för uppvärmning på ca 5-10 MWh/år.

Om hänsyn tas till här redovisade faktorer minskar avvikelserna mellan teoretiskt beräknade och uppmätta energiförbrukningsnivåer med ca 25 - 35 MWh/år, vilket ger en kvarstående avvikelse för de tre husen på ca -3 -- -13%.

Sammanfattningsvis kan man alltså konstatera att avvikelsen mellan beräknade och uppmätta energiförbrukningar för uppvärmning efter åtgärder är mindre än + 15% för samtliga hus i Guldhedsprojektet. Detta får anses vara ett acceptabelt resultat.

Utgående från de jämförelser, som här har redovisats, kan det konstateras att den använda beräkningsmodellen ger relativt god överensstämmelse med uppmätta data om hänsyn tas till sådana faktorer som får anses speciella för detta projekt (fuktuttorkning, nischverkan m m).

Om man på analogt sätt sammanställer kalkylerade och uppmätta energibesparingar fås resultatet enligt tabell 12.1 nedan. Här används de "normerade" uppmätta energibesparingarna.

Härvid har tidigare kalkylerade energiförbrukningar för uppvärmning efter åtgärd enligt figur 12.1 använts. Dessa utnyttjas här utan korrektion för de "förklaringsmodeller" som redovisats tidigare i detta avsnitt. Tillsammans med uppmätta data för de olika husens "föreförbrukning" för uppvärmning enligt tabell 11.10 fås de teoretiskt kalkylerade energibesparingarna.

Vad avser dessa teoretiskt beräknade energibesparingar och de som har uppmätts redovisas dessa utan inverkan av värmepump (hus 4 och 9) i analogi med figur 12.1.

HUS NR	ENERGIBESPARINGAR			
	Teoretisk (kWh/m ² ,år)	Uppmätt (kWh/m ² ,år)	Uppmätt /Teoretisk (x)	
1	114	92	0,81	0,88
2	48	61	1,27	1,30
3	36	29	0,81	0,83
4	44	39	0,89	0,91
5	95	78	0,82	0,91
6	45	45	1,00	1,02
7	39	35	0,90	0,92
8	45	37	0,82	0,84
9	113	88	0,78	0,85

x/ Hänsyn tagen till förklaringsmodell

Tabell 12.1 Jämförelse mellan uppmätt och teoretiskt beräknad energibesparing för uppvärmningsenergi.

Denna redovisning ger i stort sett samma information som den i avsnittet tidigare redovisade jämförelsen mellan teori och verklighet vad beträffar energiförbrukningsnivån för uppvärmning efter åtgärder.

I analogi med denna jämförelse reduceras dessa avvikelser när man beaktar de "förklaringsmodeller" som där behandlats (se tabell 12.1).

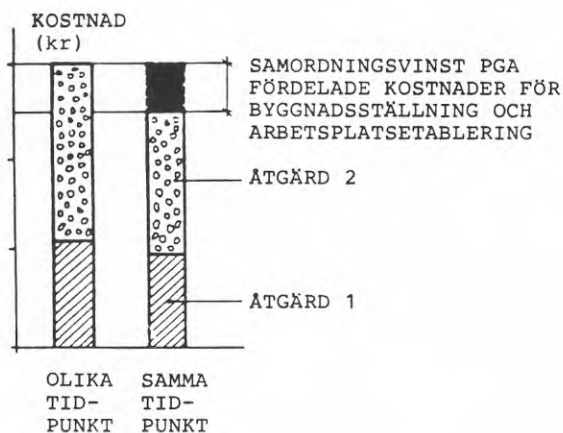
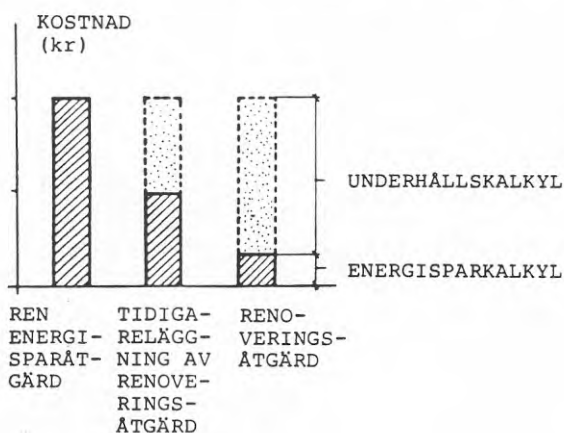
Utgående från de två jämförelser som här har redovisats kan det konstateras att den använda beräkningsmetoden med indata baserade på mätningar och hänsyn tages till för detta projekt speciella faktorer (fuktuttorkning, nischverkan m m) ger en acceptabel överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade data. Man kan knappast förvänta sig att en teoretisk modell skall ge bättre överensstämmelse när den appliceras på komplicerade energisystem.

13. KOSTNADER OCH LÖNSAMHET

13.1 Allmänt

Guldhedsprojektet har genomförts med målsättningen att integrera energihushållnings- och ROT-åtgärder i väl avpassade åtgärds paket och genomföra dessa med god lönsamhet för fastighetsägaren. Härvid har de valda husens behov av fasadrenoveringsinsatser spelat en väsentlig roll.

Vårt synsätt på begreppet energiombyggnad kan illustreras med följande figur som hämtats ur (13).



Figur 13.1 Kostnadsfördelning i samband med energiombyggnad

Projektet har under vissa perioder forcerats för att dels klara Byggforskningsrådets övergripande tidplan inför ENERGI 85-utvärderingen, dels klara vår egen tidplan vad avser tillräcklig tid för eftermätningar m m. Detta har sannolikt medfört vissa fördyringar vad avser genomförandet av framför allt etapp 2. Dessa fördyringar har ej drabbat fastighetsägaren, då sådana har täckts av de experimentbyggnadslån som beviljats projektet av BFR.

Att i praktiken fördela en åtgärds totala kostnad på energi- respektive underhållskalkylen har visat sig vara svårt, då entreprenörerna i vissa fall har lämnat totala anbud trots bilagda anbudsformulär med uppdelade kostnader. Efter anmodan har dock vissa av anbudslämnarna separerat sitt anbud, men denna uppdelning har ofta varit av strategisk karaktär mer än en spegling av verkliga kostnader.

Tillsammans med erfarna kalkylatorer har vi dock bearbetat de totala kostnaderna och kommit fram till en uppdelning som vi bedömer som realistisk. Detta har vi sedan utnyttjat i samband med de lönsamhetskalkyler som upprättas. Härvid har vi också beaktat de statliga energibidrag och energilån som AB Göteborgshem har erhållit för de åtgärder som har genomförts.

13.2 Kostnader för åtgärder

Redovisade kostnader baseras på antagna anbud samt av AB Göteborgshem och Bengt Dahlgren AB genomgångna och godkända eventuella extraräkningar. De avser respektive åtgärds totalkostnad utan hänsyn till vilken delkalkyl som belastas.

Samtliga redovisade kostnader avser kostnader exklusive mervärdeskatt, projektering och generalentreprenörsarvoden o dyl. De anges för "medelhuset" i Guldhedsprojektet, vilket innehåller 36 lägenheter och har en primär bruksarea (inkl. trapphus) på 2.850 m². För vissa av åtgärderna anges de specifika kostnaderna även för andra måtenheter. Detta framgår av tabell 13.1 nedan.

Åtgärd/Åtgärdspaket	Specifika kostnader			
	Kostnad (kr)	(kr/lgh)	(kr/m ² pBRA)	(kr/m ²)
. Stamregleringsventiler (G)	25.000	700	9	-
. Termostatventiler med förinställningsmöjlighet (G)	50.000	1400	18	-
. Injustering av värmesystem (G)	15.000	420	5	-
. Injusterbara nya frånluftsdon (G)	11.000	310	4	-
. Kolfilterfläktar i kök (G)	25.000	700	9	-
. Injustering av ventilations-system inkl rensning av kanaler och nedvarvning av frånluftsfläktar (G)	18.000	500	6	-
. Flödesbegränsning av varmvatten (G)	13.000	350	5	-
. Flödesbegränsning av kallvatten (G)	8.000	220	3	-
. Byte av tätningslistor i fönster (G)	10.000	280	4	-
. Underhållsåtgärder på fönster (drivvattenrännor, målning/bättring m m (G)	30.000	830	11	-
. Tilläggsisolering av vindsbjälklag med lösull (G)	19.000	530	7	65
. Byte av trapphusfönsterparti till 3-glasutförande	111.000	3.100	40	2.180 (1)
. Tredje rutån inkl invändig målning av karm och bäge samt justering av beslag	227.000	6.300	80	480 (1)
. Tilläggsisolering av fasad inkl. tilluftsventiler (totalkostnad)	1.514.000	42.000	531	660 (2)
. Frånluftsvärmepump för varmvatten och radiatorkrets inkl ackumulatorer, styr- och regler, nytt kanalsystem på vind samt erforderliga byggåtgärder m m	384.000	10.600	135	-

Anm: (1) anger m² karmyttermått; (2) anger m² fasadarea exkl. fönster.
Med (G) beteckande åtgärder har ingått i det sk grundåtgärdspaketet.

Tabell 13.1 Totala kostnader för olika delåtgärder för "medelhuset" i Guldhedsprojektet.

Vad beträffar kostnadsnivån avser den kostnaderna för genomförandet vid aktuell tidpunkt enligt redovisad tidplan i avsnitt 6.

13.3 Husvisa totalkostnader

Med de i avsnitt 13.2 redovisade kostnaderna för delåtgärder kan de husvisa totalkostnaderna sammanställas. Här avses då endast kostnaderna för de i avsnitt 6.2 upptagna åtgärderna/åtgärdspaketet. Härvid har ingen hänsyn tagits till att husen ej är exakt lika, d v s består av olika antal lägenheter (34-38 lägenheter).

Hus	Kostnad kr	Specifik kostnad, kr/m ² pBRA
1	2 076 000	772
2	562 000	209
3	224 000	83
4	719 000	267
5	1 849 000	687
6	335 000	125
7	451 000	168
8	224 000	83
9	2 460 000	914
Totalt	8 900 000	368

Tabell 13.2 Husvisa totalkostnader (36 lägenheter medelyta 2.690 m² pBRA)

13.4 Finansiering

Genomförda åtgärder har finansierats genom att till stor del utnyttja statliga energisparstöd i form av bidrag och lån. Åtgärder av underhållskaraktär samt åtgärder som genomförts samtidigt som energisparåtgärderna vilka ej har kunnat finansieras helt av energisparstöd har bekostats av AB Göteborgshem.

Överkostnader som uppstått p g a att projektet i vissa fall har måst drivas på ett, ur produktionssynpunkt, mindre rationellt sätt för att klara den övergripande tidplanen har täckts av sk experimentbyggnadslån från Byggforskningsrådet.

För de åtgärder som har genomförts inom projektet har följande statliga energisparstöd erhållits:

- . Energibidrag 1.0 miljoner kronor
- . Energilån 6.1 miljoner kronor

I vissa fall erhöjls slutligt beviljat stöd först efter det att ärendet överklagats hos Länsbostadsnämnden och Bostadsstyrelsen. Ett sådant fall gällde stödet för det valda ytskiktet av 1,5 mm tjock aluminiumplåt i form av kassetter som till en början bara blev 115 kr/m² motsvarande vanligt plåt. Med hänvisning till de myndighetskrav som ställdes på fasadutformningen i Guldhedshuset på grund av att dessa var klassade som miljömässigt värdeulla, vilket fördrade fasaderna, utbetalades stöd för dessa med 180 kr/m². Detta motsvarade stödet för s k fasadskivor.

13.5 Lönsamhet

Med utgångspunkt från de i avsnitt 11 redovisade energibesparingarna, åtgärdskostnaderna samt beviljade energisparstöd i detta avsnitt har lönsamhetskalkyler genomförts för några av åtgärderna eller åtgärdspaketet.

Dessa har genomförts med s k cash-flow-analys med nuvärdesmetoden. Härvid har Bengt Dahlgren AB:s datorprogram för sådana analyser utnyttjats.

Beräkningarna har genomförts med följande basförut-sättningar:

· Egenfinansierade lån (belopp som ej täcks av energisparstöd)	15% ränta och 20 års amorteringstid
· Inflation (varieras)	4%, 6% och 8%
· Real energiprisökning (utöver inflation)	0%, 2%
· Real kalkylränta	4%
· Dagens energipris	25 öre/kWh
· Brukstid	installationsåtgärder 15 år byggåtgärder 30 år
· Reinvesteringar	modell 3 efter brukstidens utgång genom en kontantinsats modell 1 genom fondering

När det gäller avkastningskravet på gjorda investeringar, ställs detta endast på den del, som ej finansieras med statliga energilån. Dessa lån är avsedda för just energisparåtgärder, varför någon alternativ placering ej föreligger.

Avkastningskravet, uttryckt som en real kalkylränta på 4%, belastar således endast den del av investeringen som finansieras med topplån.

Beräkningsresultaten för några av de utvärderade åtgärdspaketen enligt avsnitt 11 (åtgärdspaket 1, 3, 7 och 8) med varierande indata enligt ovan, har sammanställts i tabell 13.3. För åtgärdspaketen 3 respektive 8 har beräkningar dessutom genomförts för dels det fall av renoveringsbehov för fasaderna ej hade förelegat ("totalkostnad") dels för det fall som i verkligheten har förelegat, d v s med ett sådant renoveringsbehov ("energikostnad").

Följande beräkningsresultat, vad avser de olika åtgärdspaketens lönsamhet, har erhållits.

ÅTGÄRD/ÅTGÄRDSPAKET	N U V Ä R D E (kr)	
	Real energiprisökning 0%	2%
Grundåtgärdspaket (pkt 1)	207 000	454 000
Åtgärdspaket 3 (tot)	-617 000	-191 000
Åtgärdspaket 3 (energi)	809 000	1 338 000
Åtgärdspaket 7	-18 000	403 000
"Totalpaket" (pkt 8) (hus 9-tot)	-1 019 000	-423 000
"Totalpaket" (pkt 8) (hus 9-energi)	270 000	900 000

Tabell 13.3 Nuvärdesberäkning av åtgärdspaket med reinvesteringsmodell 3. Inflation 8%.

Härav framgår naturligtvis att en ökad real energiprisökningstakt ger ett ökat nuvärde. Dessutom framgår att genomfört grundåtgärdspaket är lönsamt oavsett vald ökningstakt i detta avseende.

Det bör observeras att studerade energiprisökningar, inflationstakter m m avser de förhållanden som bedömdes vara aktuella våren 1985.

Vad beträffar de mer omfattande åtgärdspaketerna kan sägas att genomförda kalkyler klart visar att sådana först blir lönsamma antingen genom att den reala energiprisökningen är stor eller att de genomföres i kombination med avhjälpande av skador eller i övrigt tillsammans med genomförande av s k ROT-åtgärder. Inflationens inverkan framgår av tabell 13.4.

Studerar man utfallet för det näst största åtgärdspaketet (åtgärdspaket 3) finner man att detta uppvisar en högre lönsamhet än "totalpaketet" (åtgärdspaket 8). För lönsamhet krävs dock även här att åtgärderna genomföres i kombination med avhjälpande av skador på fasaderna.

Vidare framgår att om grundåtgärdspaketet byggs på med byte av trapphusfönster och frånluftsvärmepump (åtgärdspaket 7), blir detta lönsamt först vid en real energiprisökningstakt på 2% vid inflationen 8%.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att samtliga genomförda åtgärdspaket i Guldheden var lönsamma vid tidpunkten för genomförandet, då övriga ej i detalj analyserade åtgärdspaket ligger mellan grundåtgärdspaketet och vårt "totalpaket".

Att det ekonomiska utfallet för åtgärdspaket innehållande tilläggsisolering av fasader blir så dåligt som våra kalkyler visar om ett renoveringsbehov ej hade förelegat, kan i hög grad tillskrivas myndigheternas krav på miljömässig hänsyn vid den tekniska utformningen av det nya ytskiktet. Utfallet kan därför inte generaliseras till andra objekt utan ingående undersökning.

Vad som ovan sagts avser den finansiering som har erhållits i detta specifika objekt. Om åtgärderna skulle ha genomförts idag, skulle lönsamheten sannolikt blivit sämre om de inte hade genomförts i samband med ombyggnadsarbeten, för vilka fördelaktiga lån kan erhållas till låg ränta.

Inverkan på lönsamheten av inflationstakt och sätt att finansiera erforderliga reinvesteringar har studerats mer i detalj för hus 9, där det s k totalpaketet (åtgärdspaket 8) har genomförts. Dessa beräkningar har samtliga genomförts med en real energiprisökningstakt på 0%.

ÅTGÄRD/ ÅTGÄRDSPAKET	N U V Ä R D E (kr)		
	8% inflation	6% inflation	4% inflation
"Totalpaket" (hus 9-tot)	-1 080 000	-1 450 000	-1 920 000
"Totalpaket" (hus 9-energi)	220 000	53 000	-158 000

Tabell 13.4 Nuvärdesberäkning av "totalpaketet" med reinvesteringsmodell 1. Real energiprisökning 0%.

Ett resultat som klart framgår av dessa beräkningar är att en ökad inflation ger minskat intäktsunderskott eller ökad lönsamhet, vilket ju på intet sätt är något nytt. Men det visar också att val av ekonomiska indata i övrigt starkt påverkar resultatet för denna typ av kalkyler. När det gäller långsiktiga kalkyler så innebär detta att flera alternativa kalkyler måste genomföras för att säkrare kunna fatta korrekta beslut.

När det gäller sättet att finansiera erforderliga reinvesteringar så ger de genomförda kalkylerna samma slutresultat sett över kalkylperioden 30 år om ingen alternativ placering hade förelegat för det erhållna topplånet. Om man dock studerar dessa i detalj så ger reinvesteringsmodell 3 ett bättre utfall fram till den tidpunkt (i detta fall 15 år) då reinvesteringen genomföres än modell 1 medan den senare modellen (fondering) sannolikt bättre motsvarar den verklighet som gäller. Detta kan naturligtvis variera mellan olika fastighetsägare.

Som framgår av tabell 13.3 - 13.4 fås dock ett något sämre utfall vid en fondering (reinvesteringsmodell 1) om ett avkastningskrav, motsvarande en real kalkylränta på 4%, samtidigt ställs för den del av investeringen som finansieras med topplån.

Sammanfattningsvis ger de genomförda lönsamhetskalkylerna för husen (åtgärdspaketen) i Guldhedsprojektet underlag för följande slutsatser och kommentarer:

- Samtliga åtgärds paket som har genomförts i Guld-hedsprojektet har varit lönsamma om hänsyn tas till beviljade statliga lån m m, därför att de har genomförts i form av integrerade åtgärds paket med inslag av skadeavhjälpande åtgärder.
- Om myndighetskraven inte hade varit så stora i samband med fasadisoleringen hade intäktsunder-skottet varit mindre än vad det nu blivit även om fasaderna ej hade varit i behov av renovering. Sannolikt hade dock vårt "totalpaket" ändå ej blivit lönsamt.
- En starkt bidragande orsak till att vi har er-hållit ett så positivt utfall har varit de stat-liga energisparstöd som erhållits.
- För att den framtida lönsamheten skall bibehållas måste driften och skötseln av de aktuella fastig-heterna bibehållas på minst den nivå som gällt under projektets löptid. Detta skulle kunna bli fallet med en förbättrad utbildning av berörd personal i kombination med en framtida energiför-valtning baserad på den teknik och de erfaren-heter som utvecklats inom projektets ram.

13.6 Råd och rön

I analogi med avsnitt 7 kommer i detta avsnitt vissa råd och rön att redovisas, vilka baseras på den erfarenhet som har utvecklats inom detta och andra likvärdiga energiombyggnadsprojekt.

- Genom att arbeta med integrerade åtgärds paket och avpassa dessa efter den enskilda byggnadens spe-cifika underhålls- och renoveringsbehov kan bättre ekonomi erhållas för åtgärds paketet i fråga. Enkla och oftast mycket lönsamma delåt-gärder får genom sitt snabba betalningsöverskott vara med och "delfinansiera" de mer omfattande åtgärderna. På så sätt kan man erhålla lönsam-het även för ganska omfattande åtgärds paket.
- Hantering av bidrags- och låneansökningar synes vara en tämligen trång sektor, vilket tillsammans med svårigheter att ibland tolka gällande bestä-melser utgör ett hinder för att snabbt kunna genomföra energihushållnings- och ROT-åtgärder.

- Specialistkunnande erfordras ofta för att rätt kunna fylla i den blankettflora som erfordras. Detta gäller kanske framförallt då mer omfattande åtgärder är aktuella, vilket vanligtvis medför en rad följdåtgärder som måste genomföras parallellt för att full besparingseffekt skall kunna uppnås. Sådana följdåtgärder kan i många fall ge upphov till en sämre finansiering än vad som avspeglas i gällande schablonbelopp.
- Formerna för hur överklagandeärenden hanteras måste ses över. Det är helt oacceptabelt att tiderna för behandling av ett sådant överklagande är mellan 5-8 månader, vilket varit fallet i Guldhedsprojektet. En sådan byråkrati utgör en effektiv broms för fastighetsägare i samband med energiombyggnadsprojekt. Vår bedömning är att en annan fastighetsägare skulle ha tappat allt intresse för att fortsätta projektet om samma byråkrati hade gällt.

14. INFORMATIONSSINSATER INOM GULDHEDSPROJEKTET

Vi insåg tidigt vikten av en utbredd information till såväl interna som externa intressenter, som till hyresgästerna i området. Förutom de klassiska informationsvägarna såsom tidskrifter, dagspress m m föddes tanken på att inrätta en fast informationslokal i området. Det bedömdes att en sådan avsevärt skulle underlätta genomförandet av en bred och omfattande information i olika sammanhang. Då det dessutom beslutades att området under projektets genomförande skulle förvaltas separat av Göteborgshems energiavdelning, bestämdes det att en tom lokal som fanns tillgänglig på Syster Ainas gata skulle upprustas till en informations- och möteslokal.

Detta beslut visade sig senare ha varit riktigt, inte bara i informationssyfte, utan även i rent praktiskt syfte. Hit kunde hyresgästerna komma med frågor och funderingar angående ombyggnaden, samtidigt som förvaltaren lättare kunde få kontakt med dem och exempelvis få lägenhetsnycklar inlämnade under förtroliga former. Genom den permanenta skärmutställning som finns i lokalen och genom den personal som fanns tillgänglig vid dessa hyresgästinformationer, kunde hyresgästerna även mer aktivt ta del av projektet och de åtgärder som genomfördes. Upplýsningar angående radonmätningarna i området var exempelvis en viktig punkt som togs upp och redogjordes för på dessa möten.

Enligt en enkätundersökning som hyresgästföreningen genomfört i området var flertalet nöjda med den information som hade delgivits dem. Slutligen bör dock nämnas att det var svårt att nå ut till samtliga hyresgäster med all den information och upplýsning som producerades under projektets gång. Det var dessutom naturligtvis besvärligt att få de informerade att förstå och sätta sig in i vissa tekniska funktioner och problem.

Lokalen har även i andra sammanhang fyllt sin funktion som mötes- och informationslokal. Hit har såväl interna som externa intressenter kommit för att informeras om projektet. Föredrag har hållits i lokalen och därefter har de besökande visats runt i området. Den utnyttjades även i samband med projekterings- och byggmöten under projektets genomförandefaser.

Intresset för projektet och dess resultat har varit stort från många olika håll. Myndigheter, fastighetsägare, energirådgivare, skolungdom m fl har varit några av de många grupper av intresserade som sökt sig till Guldheden för att på närmare håll studera projektet, dess åtgärder och uppnådda resultat. Även utländska delegationer från USA, Kina och Polen har besökt Guldheden. Föredrag har även hållits på olika konferenser såväl inom som utom landet.

Den permanenta skärmutställningen i informationslokalen har också lånats ut i olika sammanhang. Exempelvis till Byggcentrum, i oktober 1983, då temadagar om värmepumpar arrangerades. Där fanns också en kunnig person till hands för att informera om projektet mer i detalj.

Projektet har tidigare redovisats i två lägesrapporter, september 1982 och maj 1984 samt i en förhandsrapport december 1985. Dessutom har det presenterats i såväl fackpress som dagspress. Energisparkvarteret i Guldheden har också tillsammans med landets övriga energisparkvarter varit ett av många underlag för ENERGI 85.

Internationellt har projektet rönt stor uppmärksamhet, vilket har resulterat i inbjudningar till olika internationella energikonferenser, där presentationer av projektet har gjorts.

15. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

De erfarenheter som har vunnits genom Guldhedsprojektet, visar att goda besparingsresultat kan uppnås till oftast god lönsamhet om integrerade och till den enskilda byggnaden väl avpassade åtgärdspaket genomföres. För att kunna nå dit krävs dock ett hårt och målmedvetet arbete i en projektorganisation med bred kompetens där viljan till förändring också måste finnas.

Projektet har naturligtvis inte kunnat genomföras utan att olika hinder och/eller problem har dykt upp. Dessa har ibland varit förutsedda och därför varit lättare att lösa, men ibland har även oförutsedda problem dykt upp. Genom projektorganisationens målmedvetenhet och dess vilja att lösa sin uppgift har dock de flesta av dessa kunnat lösas på ett tillfredsställande sätt.

Att hus är individer borde inte vara något nytt för alla de aktörer som arbetar inom energi- och ombyggnadsområdet. Men trots detta ser man alltför ofta att denna grundläggande kunskap tycks vara glömd. Därför kan det inte nog påpekas och det gäller även för dem som, eventuellt okritiskt, försöker överföra uppnådda resultat i detta projekt till byggnader, som kanske inte ens liknar de aktuella punkthusen ur konstruktiv synpunkt. Hur åtgärdspaketet skall sättas samman för andra byggnader kan endast avgöras genom en ingående förundersökning med inslag av en såväl energi- som funktionsdiagnos och utförd av kvalificerad personal.

Man måste också vara medveten om att åtgärder samverkar med varandra, vissa positivt andra negativt och att byggnaden sett som ett energisystem även påverkas av en rad olika yttre faktorer. Exempelvis kan en åtgärd påverkas av brukarnas vanor i vid bemärkelse samtidigt som en åtgärd i sig kan påverka brukarvanorna.

Genom den mät- och utvärderingsteknik som har tagits fram inom detta och liknande projekt runt om i landet har intressanta metoder och ny teknik kunnat utnyttjas för framtida energiförvaltningsinsatser inom bebyggelsen. Ytterligare utvecklingsinsatser måste till för att förenkla tekniken i vissa avseenden och för att anpassa den till olika förvaltares behov och önskemål.

Erfarenheterna från Guldhedsprojektet har i stort sett varit enbart positiva då mikrodatortekniken i form av våra s k mätboxar och speciellt utvecklade s k minnesenheter aktivt har bidragit till att en detaljerad övervakning och effektiv energiförvaltning har kunnat genomföras i de nio husen med sina delsystem. Genom att löpande informera berörd driftspersonal om utfallet av de genomförda åtgärderna har dennas intresse och motivation för projektet kunnat hållas på en hög nivå.

Energiförbrukningen för de nio Guldhedshusen har i genomsnitt kunnat reduceras från ca 260 kWh/m²,år till mellan 145 kWh/m²,år och 225 kWh/m²,år, beroende på vilka åtgärder som har genomförts. Dessa energiförbrukningsnivåer inkluderar även varmvattenberedning, tvättorkning och viss s k sommarförbrukning (huvudsakligen förluster) och är mätta i varje hus som netto. Detta innebär att energibesparingar på mellan ca 15% och ca 45% av husets totala energiförbrukning före åtgärd har uppnåtts.

Hur långt kan man då nå? Kan resultaten i Guldhedsprojektet förbättras ytterligare? Att svara entydigt på dessa frågor är hart när omöjligt. Några av de faktorer som i framtiden kan påverka utfallet skall här redovisas. Som tidigare har påtalats så måste man för att förstå dessa ha klart för sig hur komplex en byggnad i realiteten är och vara medveten om hur många yttre faktorer som påverkar den, många utan möjlighet att kunna kontrollera och styra.

En ytterligare förbättrad drift och övervakning skulle kunna reducera energiförbrukningen ytterligare, dock inte särskilt dramatiskt i detta fall. När den pågående uttorkningen av de tilläggsisolerade fasaderna är klar inom ca 1-2 år bör energiförbrukningen kunna bli något lägre vid i övrigt konstanta förhållanden (lägenhetstemperatur, luftomsättning m m). Frånluftsvärmepumparna i hus 4 och 9 ses idag över i syfte att göra dem mer effektiva bl a avseende styrningen av värmeleveransen till radiatorkretsen då varmvattenackumulatorerna är fulladdade. Detta skulle ha blivit genomfört redan för ett år sedan, men har på grund av vissa organisatoriska förändringar hos berörda parter tyvärr ännu inte genomförts.

Mot dessa ovan nämnda positiva faktorer kan ställas de ändrade brukarvanor som till viss del redan har visat sig i form av ökad varmvattenförbrukning i vissa hus (jfr avsnitt 11.2.2). Detta kan endast påverkas genom informationskampanjer, vilket hittills inte har genomförts i projektet. Då måste dock hyresgästerna ges någon "morot", vilket idag inte föreligger i större delen av det svenska flerbostadshusbeståndet.

Dessutom har det ju också visat sig att brukarnas acceptans för en, som det kan tyckas "rimlig", inomhustemperatur på 20,5°C i många fall är låg. Dessa båda faktorer är sannolikt också beroende på den ålderssammansättning som gäller för berörda hus.

Att väga samman dessa faktorer som ibland motverkar varandra vågar vi inte göra. En sak vill vi dock lyfta fram som på sätt och vis är den viktigaste av dem alla. För att kunna bibehålla och kanske i framtiden kunna sänka energiförbrukningen ytterligare måste drifts- och underhållsfrågorna sättas i högsätet genom att vidareutbilda berörd driftspersonal, utnyttja och vidareutveckla installerade system för energiförvaltning samt upprätta DU-instruktioner och skapa möjligheter för att kunna kontrollera att dessa också följs. Erfarenheterna från den lokala förvaltningen har visat att förbättrade relationer mellan fastighetsägare och hyresgäster, som kan uppnås inom små förvaltningsområden, ökar den ömsesidiga förståelsen i samband med genomförandet av denna typ av projekt.

Använda modeller för beräkning av byggnadens normalårsenergiförbrukning utgående från mätningar under kortare tid än helår har fungerat tillfredsställande och bör kunna utvecklas ytterligare. Ett visst mått av försiktighet och kritisk granskning tillsammans med kompetenta konsulter och forskare bör dock till innan tekniken ges generalitet. Det bör dock påpekas att dessa används internationellt med en relativt stor spridning.

Genomförda teoretiska beräkningar av energiförbrukningen för uppvärmning efter åtgärd i de olika husen i projektet visar på avvikelser mellan beräknade och uppmätta data på mindre än + 15%, oftast mindre, vilket får anses vara ett acceptabelt resultat. Då har hänsyn tagits till förklaringsmodeller som fukt i fasader, nischverkan för fönster i samband med fasadisolering m fl för de tre hus (hus 1, 5 och 9) där de mest omfattande åtgärderna har genomförts.

Det är av största vikt att ha i minnet att dessa jämförelser och resultat baseras på den kunskap som har etablerats genom nästan tre och halvt års intensivt mätande i projektet. Vad händer när indata framtagna genom snabbt utförda energibesiktningar utnyttjas och ett projekt genomförs utan den intensiva kontroll som har använts i detta aktuella fall? En mycket stor risk föreligger nog att avvikelserna mellan kalkylerat och uppmätt utfall blir mycket större. En stor försiktighet måste således till när beräkningarna göres av olika åtgärds pakets utfall. Svårigheterna ökar med all sannolikhet ju fler åtgärder som genomförs och ju mer komplexa dessa är till sin natur. En liten varning är därför på sin plats - var alltid kritisk till kalkylerade energibesparingar som baseras på bristande kvalitet vad avser indata, oprövade beräkningsmodeller samt utförda av personer med ej tillräcklig kompetens.

Ökad kunskap om hur andra s k enkla och komplexa datormodeller slår jämfört med uppmätta data framtagna med vetenskapligt beprövad metodik är nödvändig att ta fram.

Informationsaktiviteterna i Guldhedsprojektet har varit både många till antalet och också täckt in många olika intressentsfärer. Hyresgästerna har informerats, drifts- och förvaltningspersonal, fastighetsägare, elever vid tekniska gymnasier och Chalmers Tekniska Högskola, byggbranschens olika aktörer såsom konsulter och entreprenörer, Energiverken, kommunala myndigheter och statliga myndigheter samt forskare av olika slag har också informerats. De flesta av informationsaktiviteterna har skett genom föredrag och genom tidskriftsartiklar. Även utställningar och intervjuer har genomförts. Dessa aktiviteter har skett både inom och utom landet.

Flertalet av dessa informationsinsatser har tillkommit som ett svar på det behov som tycks ha varit uppdämt och det mycket stora intresse som olika intressenter har visat både vad avser projektets resultat som det sätt på vilket det har genomförts och dess kombination av praktiskt energiombyggnadsprojekt och FoU-projekt. Målsättningen med att brett föra ut resultat och erfarenheter till omvärlden måste väl därför kunna sägas ha blivit uppfylld. Vår bedömning är att det är sällan som ett projekt innehåller så många skiftande arbetsmoment som just Guldhedsprojektet gjort.

I samband med projektets genomförande och den inblick vi fått i dess olika faser har en rad problemställningar dykt upp, som motiverar fler forskningsuppgifter i framtiden för att få ökad kunskap i berörda branscher.

När byggmarknadens struktur fortsätter att förändras först i riktning mot mindre nybyggnation och mer ombyggnader och sedan framåt 1990-talet i allt större utsträckning riktas in mot drift- och förvaltningsfrågorna, måste marknadens aktörer vara beredda. För att klara detta måste vi vara beredda att förändra både arbetsmetoder och sätt att förhålla oss till en föränderlig värld. VILJAN TILL FÖRÄNDRING måste vara ledsagaren på den vägen!

REFERENSER

- (1) Byggforskningsrådet. ENERGI 85. Energianvändning i bebyggelse. Rapport G26:1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- (2) Hultén, B. De grå punkthusen på södra Guldheden. Byggmästaren nr A 10, 1953.
- (3) Granholm, Hj. Puts och lättbetong, Chalmers Tekniska Högskolas Handlingar nr 177, 1956, Stockholm 1956.
- (4) Fracastoro, G.V., Lyberg M.D. Guiding Principles Concerning Design of Experiments, Instrumentation and Measuring Techniques. IEA Annex III, Document D11:1983, Swedish Council for Building Research, Stockholm 1983.
- (5) Norlén, U., Asplund I. and Hjalmarsson, Ch. The Energy Signature of a House, Document D21:1982. Energy Audit Workshop, 13-15 april 1981, Swedish Council for Building Research, Stockholm 1981.
- (6) Hammarsten, S. och Hjalmarsson Ch. Energisignaturen är en modell som avspeglar boendevanorna, VVS nr 1, 1983.
- (7) Norlén, U. Energiförbrukning i byggnader. Delrapport 5: Statistiska metoder. Meddelande M85:7, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle 1985.
- (8) Källblad, K. och Adamson, B. BKL-metoden. Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod. Rapport R19:1984. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.

- (9) Bostadsdepartementet. Totala energisparmöjligheter i bostäder. Expertbilaga 4 till SOU 1980:43 "Program för energihushållning i befintlig bebyggelse". Bostadsdepartementet Ds Bo 1980:43, Stockholm 1980.
- (10) Nilson, A., Bäck, L., Fischer, M. och Stadler, C-G. Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse. Expertrapport för Energi 85. Rapport Rl43:-1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- (11) Källblad, K. Calculation Methods to Predict Energy Savings in Residential Buildings. IEA Annex III, Document D4:1983, Swedish Council for Building Research, Stockholm 1983.
- (12) Anderlind, G. Beräkning av energiförlust på grund av uttorkning. Intern utredning, Helsingborg 1985.
- (13) Nilson, A. God ekonomi att samordna energisparande och underhåll, Byggindustrin 31.81.

ÖVRIG LITTERATUR

- (A) Anderlind, G., Nilson, A. och Stadler, C-G. Det lönar sig att spara energi i flerbostadshus. Erfarenheter från projektet "Energisparkvarter". Rapport G9:1986, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1986 (finns även i engelsk version).
- (B) Hansson T., Nilson A. och Stadler, C-G. Energisparteknik i befintlig bebyggelse, Rapport Rl39:1984, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- (C) Byggnadsforskningsrådet. Guldhedsprojektet - Energisparkvarter i Göteborg. Rapport G 16:1983, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1983.
- (D) Fels, M.F. (editor), Measuring Energy Savings, The Scorekeeping Approach, Energy and Buildings, Vol. 9, No 1 & 2, February/May 1986 (temanummer)
- (E) Nilson, A. Upphandling av energihushållnings- och ROT-åtgärder. Metoder och erfarenheter från Byggnadsforskningsrådets projekt "Energisparkvarter", VVS & Energi 10/84.

- (F) Nilson, A., Nordberg, M. och Walter, A. Guldhedsprojektet. Energihushållning på rätt sätt, VVS & Energi 11/84.
- (G) Nilson, A. Guldhedsprojektet. Datoriserad mät- och utvärderingsteknik, VVS & Energi 1/85.
- (H) Nilson, A. Punkthus med plåtfasader. Tidskriften Byggforsknings temanummer om stadsförnyelse nr 6, 1984.
- (I) Nilson, A., Nordberg, M., Fischer, M. and Walter A. The Guldheden Project. A full-scale study of the effectiveness of energy conservation measures in nine blocks of flats.
- Proceedings of the CLIMA 2000 World Congress, on Heating, ventilating and Air-Conditioning, Vol 3., August 25-30 1985, Copenhagen.
- (J) Nilson, A., Nordberg, M., Fischer, M. and Walter A. The Guldheden Project. A full-scale study of the energy conservation measures in nine blocks of flats. Paper presented at the ASHRAE/DOE/BTECC Conference on Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings III, December 2-5 1985, Clearwater Beach, Florida, USA.
- (K) Nilson, A. and Walter A. The Guldheden Project. Evaluation of Energy Conservation Measures in Nine Blocks of Flats by Measurements. Proceedings for the 1986 ACEEE Santa Cruz Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Volume 3 (Large Building Technologies), American Council for an Energy- Efficient Economy, USA

BIL 1. MANTALSSKRIVNA I ENERGISPARKVARTERET 1981-1984

ENERGISPARKVARTER, GÖTEBORG

Befolkningens antal och ålderssammansättning

Hus	Adress	Fastighet	Folkbokförda 81-12-31					Totalt år	Antal lgh	Antal pers/lgh
			0-18 år	19-44 år	45-64 år	65- år				
1	Syster Ainas gata 5	54:32 Vildkaprifolen 1	8	9	23	26	66	36	1,83	
2	Syster Ainas gata 3	54:32 Vildkaprifolen 2	5	5	31	16	57	34	1,68	
3	Syster Ainas gata 1	54:32 Vildkaprifolen 3	7	16	30	16	69	36	1,92	
4	Dr Liborius gata 3	54:38 Vattenveronikan 1	4	10	19	31	64	38	1,68	
5	Dr Liborius gata 5	54:38 Vattenveronikan 2	2	15	26	26	69	38	1,82	
6	Dr Liborius gata 7	54:38 Vattenveronikan 3	8	18	19	22	67	38	1,76	
7	Dr Liborius gata 9	54:38 Vattenveronikan 4	8	15	32	18	73	38	1,92	
8	Dr Liborius gata 11	54:38 Vattenveronikan 5	13	29	16	10	68	38	1,79	
9	Dr Liborius gata 13	54:37 Drakblomman 3	6	12	22	19	59	36	1,64	
1-9	Hela Energisparkvarteret		61	129	218	184	592	332	1.78	

ENERGISPARKVARTER, GÖTEBORG

Befolkningens antal och ålderssammansättning

Hus	Adress	Fastighet	Folkbokförda 82-12-31					Totalt år	Antal lgh	Antal pers/lgh
			0-18 år	19-44 år	45-64 år	65- år				
1	Syster Ainas gata 5	54:32 Vildkaprifolen 1	7	11	20	28	66	36	1,83	
2	Syster Ainas gata 3	54:32 Vildkaprifolen 2	4	6	29	14	53	34	1,56	
3	Syster Ainas gata 1	54:32 Vildkaprifolen 3	6	18	26	19	69	36	1,92	
4	Dr Liborius gata 3	54:38 Vattenveronikan 1	5	10	18	30	63	38	1,66	
5	Dr Liborius gata 5	54:38 Vattenveronikan 2	3	13	22	26	64	38	1,68	
6	Dr Liborius gata 7	54:38 Vattenveronikan 3	8	20	18	20	66	38	1,74	
7	Dr Liborius gata 9	54:38 Vattenveronikan 4	9	13	32	18	72	38	1,89	
8	Dr Liborius gata 11	54:38 Vattenveronikan 5	12	32	16	11	71	38	1,87	
9	Dr Liborius gata 13	54:37 Drakblomman 3	4	12	23	17	56	36	1,56	
1-9	Hela Energisparkvarteret		58	135	204	183	580	332	1,75	

ENERGISPARKVARTER, GÖTEBORG

Befolkningens antal och ålderssammansättning

Hus	Adress	Fastighet	Folkbokförda 83-12-31						Medel ålder	
			0-18 år	19-44 år	45-64 år	65- år	Totalt år	Antal lgh		Antal pers/lgh
1	Syster Ainas gata 5	54:32 Vildkaprifolen 1	6	7	20	29	62	36	1.72	54.8
2	Syster Ainas gata 3	54:32 Vildkaprifolen 2	4	10	26	16	56	34	1.65	51.6
3	Syster Ainas gata 1	54:32 Vildkaprifolen 3	5	17	26	20	68	36	1.89	50.0
4	Dr Liborius gata 3	54:38 Vattenveronikan 1	3	13	17	30	63	38	1.66	55.0
5	Dr Liborius gata 5	54:38 Vattenveronikan 2	4	12	20	23	59	38	1.55	52.8
6	Dr Liborius gata 7	54:38 Vattenveronikan 3	8	22	17	18	66	38	1.74	44.9
7	Dr Liborius gata 9	54:38 Vattenveronikan 4	10	19	29	17	75	38	1.97	46.1
8	Dr Liborius gata 11	54:38 Vattenveronikan 5	13	34	16	12	75	38	1.97	38.7
9	Dr Liborius gata 13	54:37 Drakblomman 3	5	10	23	17	55	36	1.53	51.0
1-9	Hela Energisparkvarteret		59	144	194	182	579	332	1.74	49.0

ENERGISPARKVARTER, GÖTEBORG

Befolkningens antal och ålderssammansättning

Hus	Adress	Fastighet x)	Folkbokförda					Antal lgh	Antal pers/lgh	Medel ålder
			0-18 år	19-44 år	45-64 år	65-år	Antal pers.			
1	Syster Ainas gata 5	Guldheden 32:1	4	7	19	31	61	36	1,69	58,1
2	Syster Ainas gata 3	Guldheden 32:2	3	8	23	22	56	34	1,65	55,8
3	Syster Ainas gata 1	Guldheden 32:3	4	14	23	22	63	36	1,75	52,8
4	Dr Liborius gata 3	Guldheden 38:1	2	12	19	26	59	38	1,55	56,2
5	Dr Liborius gata 5	Guldheden 38:2	6	15	20	27	68	38	1,79	52,6
6	Dr Liborius gata 7	Guldheden 38:3	10	26	11	20	67	38	1,76	44,2
7	Dr Liborius gata 9	Guldheden 38:4	11	21	29	17	78	38	2,05	45,8
8	Dr Liborius gata 11	Guldheden 38:5	16	31	18	11	76	38	2,0	38,1
9	Dr Liborius gata 13	Guldheden 37:3	6	14	23	18	61	36	1,69	50,0
1-9	Hela Energisparkvarteret		62	150	185	194	589	332	1,77	50,4

x) Nya fastighetsbeteckningar

BIL 2.DETALJERAD OBJEKTSBESKRIVNING SAMT PROTOKOLL FRÅN
RADONMÄTNING (EXEMPEL)

Objektredovisning

De nio fastigheterna är i stort identiska. Det som skiljer är ett halvplan mer eller mindre. Exakt antal lägenheter och primär bruksarea mm för samtliga fastigheter finns på annan sida i denna bilaga. Här redovisas bara en fastighet, nämligen hus 5.

Allmänt

Byggnadsår	1951-52
Antal lägenheter	38
Lägenhetsfördelning	9 st 2 rok, 20 st 3 rok, 9 st 4 rok.
Lägenhetsytor	2:a-53 m ² , 3:a-68 m ² , 4:a-80 m ²
Primär bruksarea	2849 m ²
Upplåtelseform	Hysesrätt
Renoveringsbehov	Ja
Antal våningsplan	10
Källarplan	2 (total källararea 350 m ²)

ByggnadsteknikYttervägg:

- gjuten betong, lättbetong som isolermaterial, puts som ytbeklädnad
- k-värde ca 0.92 W/m²OC, inklusive fukt 1,05 W/m²OC
- area 2437 m²

Vindsbjälklag:

- Betongplatta med ovanpåliggande iscorium och i viss mån mineralullsmattor.
- k-värde ca 0.71 W/m²OC
- area 342 m²

Fönster:

- 2-glas kopplade
- 498 m² (+72 m² trapphusfönster) (Karmyttermått)

Uppvärmningsform

Kvartercentral som förutom dessa nio fastigheterna försörjer ett låghusområde till storlek ungefär som 2/3 av energisparkvarteret.

Ventilation

Frånluftssystem med en central fläkt placerad i sugkammare på vindsplanet.

Varmvatten

Bereds i respektive fastighets undercentral med en värmeväxlare.

Besiktningsdata

1. Gällande hela kvarteret

1.1 k-värden

Yttervägg: 0.92 W/m²OC,
1,05 W/m²OC inklusive fukt

Fönster (2-glas): 2.70 W/m²OC

Källarvägg: 0.64 W/m²OC

Platta på mark: 0.48 W/m²OC

Vindsbjälklag: 0.40-1.7 W/m²OC

1.2 Temperaturer

Lägenheter: 19-24OC

Källare: 15-23OC

Garage: 15-20OC

Trapphus: 17-25OC

Tappvarmvatten: 50-55OC

1.3 Luftomsättningar

Lägenheter: 0.65-1.05 oms/h

Källare: 0.60 oms/h

Garage: 0.60 oms/h

Trapphus: 0.60 oms/h

1.4 Övrigt

Klassades som radonhus

Klassades som miljömässigt värdefull bebyggelse

2. Husvis

Hus	Area m ² pBRA xx/	Total volym m ³	k-värde vindsbjälk- lag W/m ² OC	* Medeltemp. lägenheter OC	* Medeloms lägenhet per tim
1	2684	8206	1.70	21.6	0.7
2	2489	7502	0.40	22.1	0.7
3	2709	8271	1.20	21.7	0.9
4	2849	8591	0.90	21.9	1.0
5	2849	8227	0.70	20.9	0.8
6	2849	8227	0.60	21.5	0.7
7	2849	8227	0.40	20.9	0.7
8	2849	8227	1.00	20.1	1.0
9	2699	8304	0.70	21.3	1.1
1-9	24826	73782	-	21.3	-

* Dessa värden är hämtade från föremättningsperioden
821001-830131

** Inklusiv trapphus

ENERGISPARKVARTER, GÖTEBORG

Hus	Adress	Fastighet	Antal lgh	area m ² pBRA**	Genomsnittsstorlek på lägenheten m ²
1	Syster Ainas gata 5	54:32 Vildkaprifolen 1	36 *)	2684	67,4
2	Syster Ainas gata 3	54:32 Vildkaprifolen 2	34	2489	67,9
3	Syster Ainas gata 1	54:32 Vildkaprifolen 3	36 *)	2709	68,1
4	Dr Liborius gata 3	54:38 Vattenveronikan 1	38	2849	68,1
5	Dr Liborius gata 5	54:38 Vattenveronikan 2	38	2849	68,1
6	Dr Liborius gata 7	54:38 Vattenveronikan 3	38	2849	68,1
7	Dr Liborius gata 9	54:38 Vattenveronikan 4	38	2849	68,1
8	Dr Liborius gata 11	54:38 Vattenveronikan 5	38	2849	68,1
9	Dr Liborius gata 13	54:37 Drakblomman 3	36	2699	68,0
1-9	Hela Energisparkvarteret		332	24826	68,0

*) + en lokal

**) inkl trapphus

Guldhedsprojektet - ElförbrukningHus 1

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	35300 *	66100	101400
82/83	34200 **	67100	101300
83/84	40400 ***	64900	105300
84/85	42000 ****	70900	112900
MV	37975	67250	105225

- * Varav banklokal 15400 kWh
 ** Varav banklokal 13400 kWh
 *** Varav banklokal 12300 kWh
 **** Varav banklokal 13000 kWh

Hus 2

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	22200	59300	81500
82/83	21800	62000	83800
83/84	24400	62400	86800
84/85	21900	67500	89400
MV	22575	62800	85375

Guldhedsprojektet - ElförbrukningHus 3

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	25300	70900	96200
82/83	26400	91000	117400
83/84	29600	93700	123300
84/85	28400	93200	121600
MV	27425	87200	114625

Hus 4

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	28100	63700	91800
82/83	30700	62700	93400
83/84	33300	58700	92000
84/85	100300 x)	65500	166300
MV	48225	62650	110875

x) P g a värmepump.

Guldhedsprojektet - ElförbrukningHus 5

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	26000	65100	91100
82/83	24500	64300	89800
83/84	46000	69100	115100
84/85	34600	67500	102100
MV	32775	66500	99525

Hus 6

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	24700	64200	88900
82/83	27000	63600	90600
83/84	26400	61000	87400
84/85	30000	68600	98600
MV	27025	64350	91375

Guldhedsprojektet - ElförbrukningHus 7

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	29200	59900	89100
82/83	32300	65600	97900
83/84	27500	59700	87200
84/85	26000	64300	90300
MV	28750	62375	91125

Hus 8

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	27200	65900	93100
82/83	25800	65600	91400
83/84	27000	62900	89900
84/85	24700	68000	92700
MV	26175	65600	91775

Guldhedsprojektet - ElförbrukningHus 9

Elförbrukning - kWh			
År	Fastighetsel	Samtliga lgh	Summa
81/82	76300	57700	134000
82/83	182600 ^{x)}	58400	241000
83/84	166000	58900	224900
84/85	218200 ^{xx)}	61200	279400
MV	160775	59050	219825

x) P g a att panncentralen ligger på samma mätare numera.

xx) P g a värmepump.

1982-09-01

MÄTPROTOKOLL
Mätning med TLD-baserad radonmätare

Mätare nr: 123

Mätplats: Namn , lgh nr

 Adress: Syster Ainas gata 3, 413 23 GÖTEBORG
Uppgift om fastigheten

 Fastighetsbeteckning Vildkaprifolen 2

 Fristående villa, kedje- eller radhus; Antal våningar ovan mark: 1 2 Källare:

 Flerfamiljshus: mätningar utförda på våning bv 1 tr 2 tr 3tr ... tr

Annan lokal:

Mätarens placering

 mätplats 1. rum Vardagsrum från 82-07-29 till 82-08-13
 år mån dag år mån dag

 mätplats 2. rum Sovrum från 82-08-13 till 82-08-26
 år mån dag år mån dag

Ventilationen

- självdrag
 självdrag med spisfläkt
 frånluftssystem
 från- och tilluftssystem
 system med värmeväxlare

Vädningen

- har under mät-
 perioden varit
 lägre än normalt
 normal
 högre än normalt

Temperaturen

- i bostaden har under
 mätperioden varit
 lägre än normalt
 normal
 högre än normalt

Mätresultat

 Beräknat årsmedelvärde för radonhalten: 20 Bq/m³ (Becquerel per kubikmeter)
 vilket ger följande uppskattade årsmedelvärde för bostadens

 RADONDOTTERHALT 10 Bq/m³

 Uppskattad onoggrannhet ± 17 %

Är radondotterhaltens årsmedelvärde högre än 400 Bq/m³ bör, inom fem år, åtgärder vidtagas för att sänka årsmedelvärdet under 200 Bq/m³. Är halten högre än 1 000 Bq/m³ bör detta ske inom två år. För nybyggda hus skall radondotterhaltens årsmedelvärde ej överstiga 70 Bq/m³.

Är Du tveksam i bedömningen av mätresultatet, vill diskutera lämpliga åtgärder eller har extremt hög radondotterhalt, bör Du i första hand kontakta hälsovårdskontoret i Din kommun.

Radonservice
 Gruppen för
 Dosimetri och Radiometri

Postadress - Postal address	Telefon - Phone	Telex	Telefax	Bankgiro - Banking account	Postgiro - Postal account
Studsvik Energiteknik AB S-611 82 NYKÖPING SWEDEN	Nat 0155 - 800 00 Int+ 46155 800 00	64013 studs s	Nat 0155 - 630 44 Int+ 46155 630 44	330-0670	35 48 92-2

BIL 3. TÄNKBARA ENERGISPARÅTGÄRDER

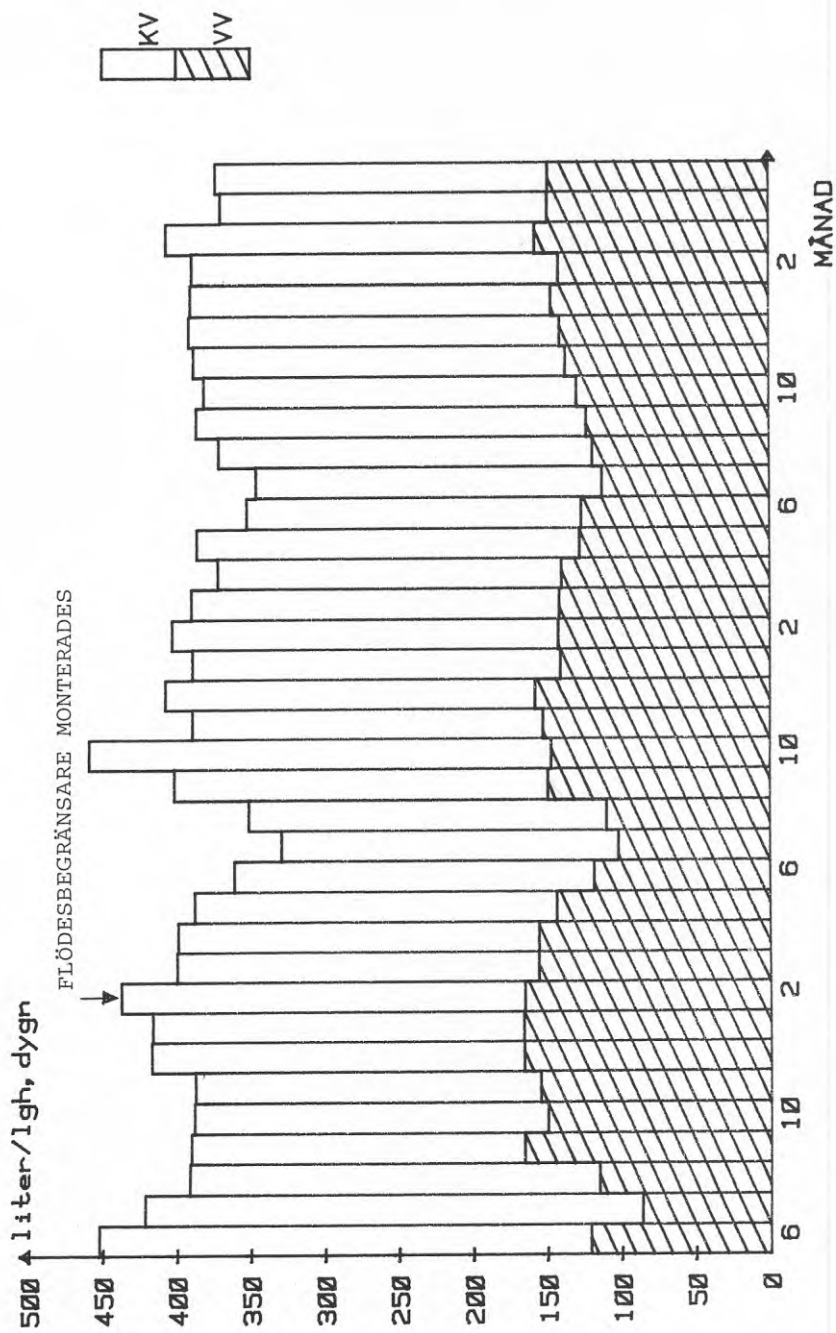
TÄNKBARA ENERGISPARÅTGÄRDER

1. Installation av stamregleringsventil och inreglering av värmesystemet.
 2. Radiatortermostatventiler.
 3. Avstängning av VVC-pump nattetid och sommartid.
 4. Snålspolande armatur (normflödesregulator).
 5. Termostatblandare.
 6. Nedvarvning av frånluftsfläktar och injustering av ventilation till 0.5 oms/h.
 7. Drifttidsstyrning av frånluftsfläktar.
 8. Värmeåtervinning ur frånluft till trapphusinblåsning med konventionell VVX-teknik (slopande av befintligt värmebatteri).
 9. Värmeåtervinning ur frånluft till tappvarmvatten via värmepump.
 10. Värmeåtervinning ur frånluft till uppvärmningsenergi via värmepump.
 11. Värmeåtervinning ur avloppsvatten.
 12. Tilläggsisolering av vindsbjälklag.
 13. Tilläggsisolering av fasad.
 14. Konvertering av 2-glasfönster till 3-glasfönster.
 15. Byte av 2-glasfönster till 3-glasfönster.
 16. Minskning av fönsterarea i trapphus (eventuellt andra fönstertyper).
 17. Tätning av fönster och dörrar.
 18. Tvättstugor (magnetventil, tidsstyrning). *)
 19. Sänkning av temperatur i trapphus, källare och garage.
 20. Sänkning av temperatur i lägenheter till 20,5°C.
- *) Blev genomfört innan Guldhedsprojektet startade

BIL 4. PLOTTNINGSRISULTAT OCH UTSKRIFTER

- VATTENFÖRBRUKNINGEN 1982-1985

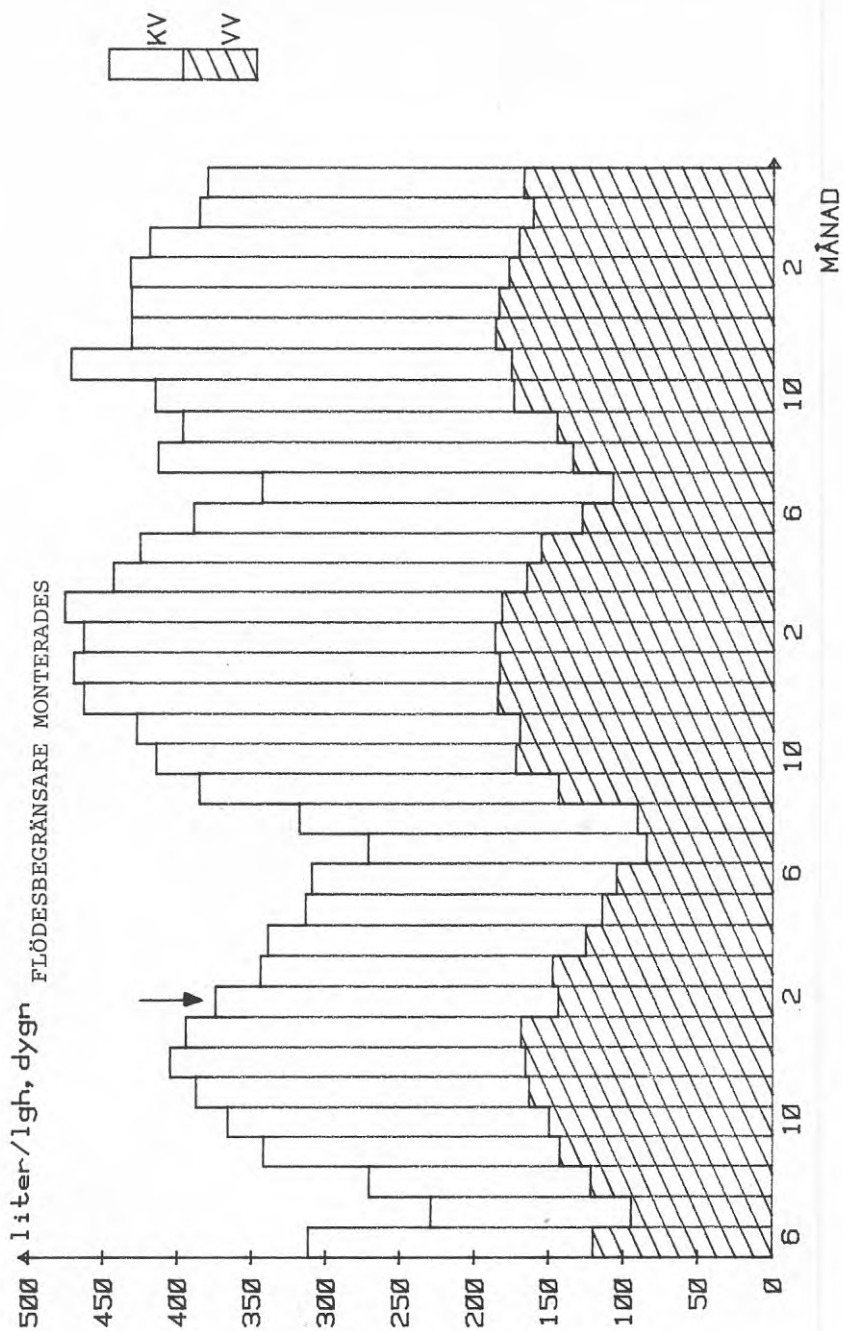
GULDHEDSPROJEKTET HUS 1 VATTENFÖRBRUKNINGEN 1982-85



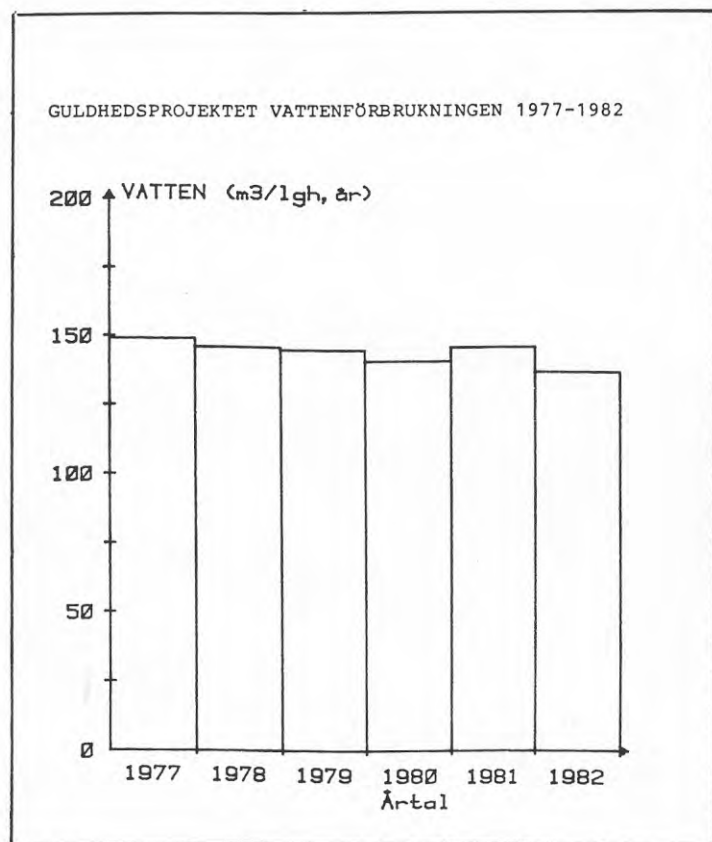
GULDHEDSPROJEKTET HUS 2 VATTENFÖRBRUKNINGEN 1982-85



GULDHEDSPROJEKTET HUS 9 VATTENFÖRBRUKNINGEN 1982-85



- VATTENFÖRBRUKNINGEN 1977-1982



- MOMENTANA FASAD - OCH UTMHUSTEMPERATURER

- KALL - OCH VARMTVATTENTEMPERATURER I HUS 4 OCH 9 MED
FRÄNLUFTSVÄRMEPUMP

- ENERGIRAPPORT VÄRMEPUMPAR, SOMMAR - OCH VINTERFALL

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 3 1985

ÖNSKAD PERIODLÄNGD : 168 timmar

VÄRMEPUMP, TORKAGGREGAT, VÄRMECIRK.PUMP - HUS 4

VINTERFALL

=====

PERIOD : 85- 1-14 - 85- 1-21

TORKAGGREGAT

Energi till 2 torkaggregat..... .54 MWh

VÄRMECIRKULATIONS PUMP

Drifttid..... 168.1 h 100.0 %

VÄRMEPUMP

Drifttid..... 168.0 h 100.0 %

Elenergi till kompressor..... 1.13 MWh

Elenergi till hela systemet (exkl fläkt).. 1.35 MWh

Elenergi till hela systemet (inkl fläkt).. 1.53 MWh

Energi från värmepump till tappvv..... 1.92 MWh 53.4 %

Energi från värmepump till radiatorer..... 1.68 MWh 46.6 %

Totalt från värmepump..... 3.60 MWh

Värmefaktor..... 3.20

Systemvärmefaktor exkl fläkt..... 2.68

Systemvärmefaktor inkl fläkt..... 2.36

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 31 1984

ÖNSKAD PERIODLÅNGD : 168 timmar

VÄRMEPUMP, TORKAGGREGAT, VÄRMECIRK.PUMP - HUS 4 SOMMARFALL

PERIOD : 84- 8- 1 - 84- 8- 6

TORKAGGREGAT

Energi till 2 torkaggregat..... .73 MWh

VÄRMECIRKULATIONS PUMP

Drifftid..... 10.4 h 6.2 %

VÄRMEPUMP

Drifftid..... 36.8 h 21.9 %

Elenergi till kompressor..... .30 MWh

Elenergi till hela systemet (exkl fläkt).. .44 MWh

Elenergi till hela systemet (inkl fläkt).. .62 MWh

Energi från värmepump till tappvv..... 1.00 MWh 95.1 %

Energi från värmepump till radiatorer..... .05 MWh 4.9 %

Totalt från värmepump..... 1.05 MWh

Värmeffaktor..... 3.44

Systemvärmeffaktor exkl fläkt..... 2.40

Systemvärmeffaktor inkl fläkt..... 1.69

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 3 1985

ÖNSKAD PERIODLÄNGD : 168 timmar

VÄRMEPUMP,TORKAGGREGAT,VÄRMECIRK.PUMP - HUS 9

=====

VINTERFALL

PERIOD : 85- 1-14 - 85- 1-21

TORKAGGREGAT

Energi till 2 torkaggregat..... .79 MWh

VÄRMECIRKULATIONSPUMP

Drifttid..... 168.0 h 100.0 %

VÄRMEPUMP

Drifttid..... 155.3 h 92.4 %

Elenergi till kompressor..... 1.11 MWh

Elenergi till hela systemet (exkl fläkt).. 1.36 MWh

Elenergi till hela systemet (inkl fläkt).. 1.54 MWh

Energi från värmepump till tappvv..... 1.92 MWh 57.5 %

Energi från värmepump till radiatorer..... 1.42 MWh 42.5 %

Totalt från värmepump..... 3.34 MWh

Värmeffaktor..... 3.00

Systemvärmeffaktor exkl fläkt..... 2.46

Systemvärmeffaktor inkl fläkt..... 2.17

BDAB ENERGY ANALYSIS GROUP - ENERGY CONSERVATION BLOCKS

RUBRIK : VECKA 31 1985

ÖNSKAD PERIODLÄNGD : 168 timmar

VÄRMEPUMP, TORKAGGREGAT, VÄRMECIRK.PUMP - HUS 9

=====

SOMMARFÄLL

PERIOD : 84- 8- 1 - 84- 8- 6

TORKAGGREGAT

Energi till 2 torkaggregat..... .61 MWh

VÄRMECIRKULATIONS PUMP

Drifttid..... .0 h .0 %

VÄRMEPUMP

Drifttid..... 32.1 h 19.1 %

Energi till kompressor..... .26 MWh

Energi till hela systemet (exkl fläkt).. .45 MWh

Energi till hela systemet (inkl fläkt).. .63 MWh

Energi från värmepump till tappvv..... .86 MWh 93.6 %

Energi från värmepump till radiatorer..... .06 MWh 6.4 %

Totalt från värmepump..... .92 MWh

Värmefaktor..... 3.48

Systemvärmefaktor exkl fläkt..... 2.07

Systemvärmefaktor inkl fläkt..... 1.46

- HUSVIS FÖRDELNING AV ENERGI FÖRBRUKNINGEN PÅ DE OLIKA
DELPOSTERNA

Husvis fördelning av energiförbrukningen på de olika delposterna

E = f (Δt , t_{lgh} = uppmätt)

Före genomförandet av energibesparande åtgärder

Hus	1) Uppvärmn. MWh/år	2) Tappvv. MWh/år	3) Torkaggr. MWh/år	4) Sommarförl. MWh/år	Summa 2)-4) MWh/år	Summa 1) - 4) MWh/år	Summa 1) - 4) kWh/m ² , år
1	570	87	42	25	155	725	270
2	499	78	40	15	133	632	254
3	543	86	33	15	134	677	250
4	602	79	34	26	139	741	260
5	569	85	30	24	139	708	248
6	593	82	34	20	136	729	256
7	549	79	43	19	141	690	242
8	600	98	44	33	175	775	272
9	571	81	40	16	137	708	262
MW	566	84	38	21	143	709	257

Husvis fördelning av energiförbrukningen på de olika delposterna

E = f (Δt , t_{lgh} = uppmätt)

Efter genomförandet av energibesparande åtgärder

Hus	1) Upp- värm. MWh/år	2) Tappvv. MWh/år	3) Tork- aggr. MWh/år	4) Sommar- förl. MWh/år	Summa 2) - 4) MWh/år	Summa 1) - 4) MWh/år kWh/m ² , år
1	331	81	42	16	139	470
2	360	79	40	16	135	495
3	465	78	33	20	131	596
4*	494	77	34	25	136	630
5	354	75	30	17	122	476
6	485	77	34	17	128	613
7	458	74	43	15	132	590
8	474	105	44	17	166	640
9*	339	86	40	10	136	475
MW	418	81	38	17	136	554
						200

* Exklusive värmepumpens besparing

- ENERGIÖRBRUKNINGEN 1982-1985

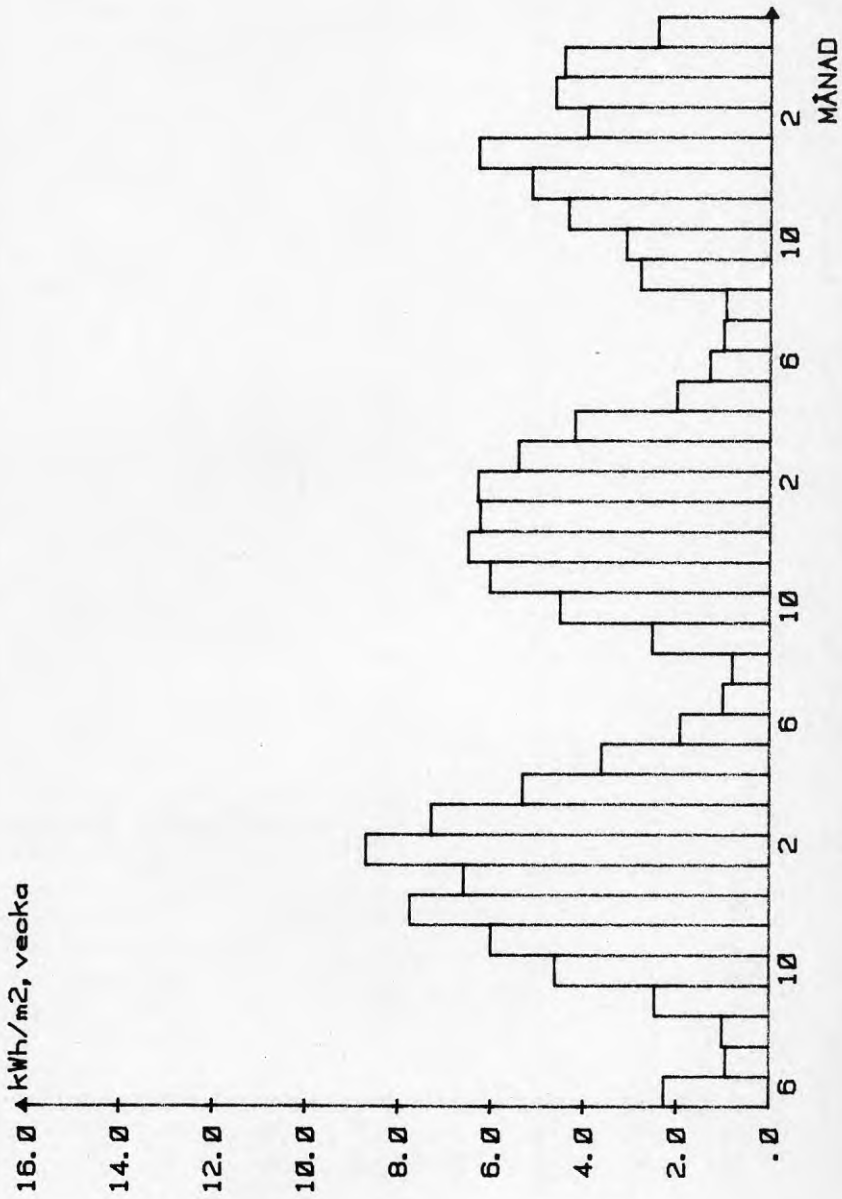
KOMMENTARER TILL PLOTTNINGAR PÅ ENERGIFÖRBRUKNING

Grundåtgärdspaketet var färdigställt i samtliga fastigheter under mars 1983.

De omfattande åtgärdernas färdigställande framgår av nedan.

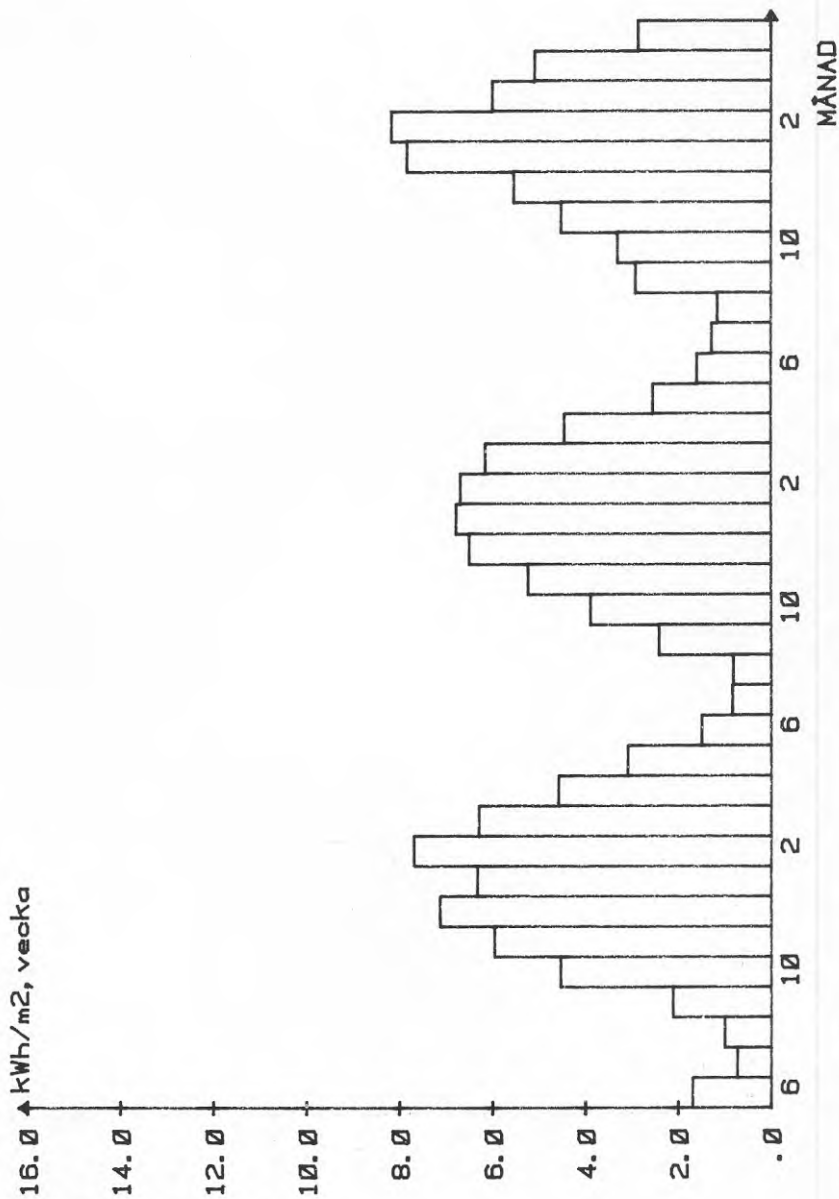
- HUS 1 Fasadisolering och trapphusparti stod klart januari 1984.
- HUS 2 Trapphuspartiet var färdigställt december 1983.
- HUS 3 Har endast genomfört grundåtgärdspaketet. Färdigställt mars 1983.
- HUS 4 Frånluftsvärmepump samt trapphusparti färdigställt november 1983.
- HUS 5 Samma åtgärder som hus 1 d v s fasadisolering och trapphusparti. Dock var tidpunkten för färdigställandet december 1983.
- HUS 6 Enbart trapphusparti, vilket stod klart december 1983.
- HUS 7 Applikationen av tredjerutan var färdigställt december 1983.
- HUS 8 Är som hus 3, referenshus. Färdigställande av grundåtgärdspaketet mars 1983.
- HUS 9 Totalhuset har genomgått samtliga åtgärder. Klart för eftermätning december 1983.

GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 1 1982-1985

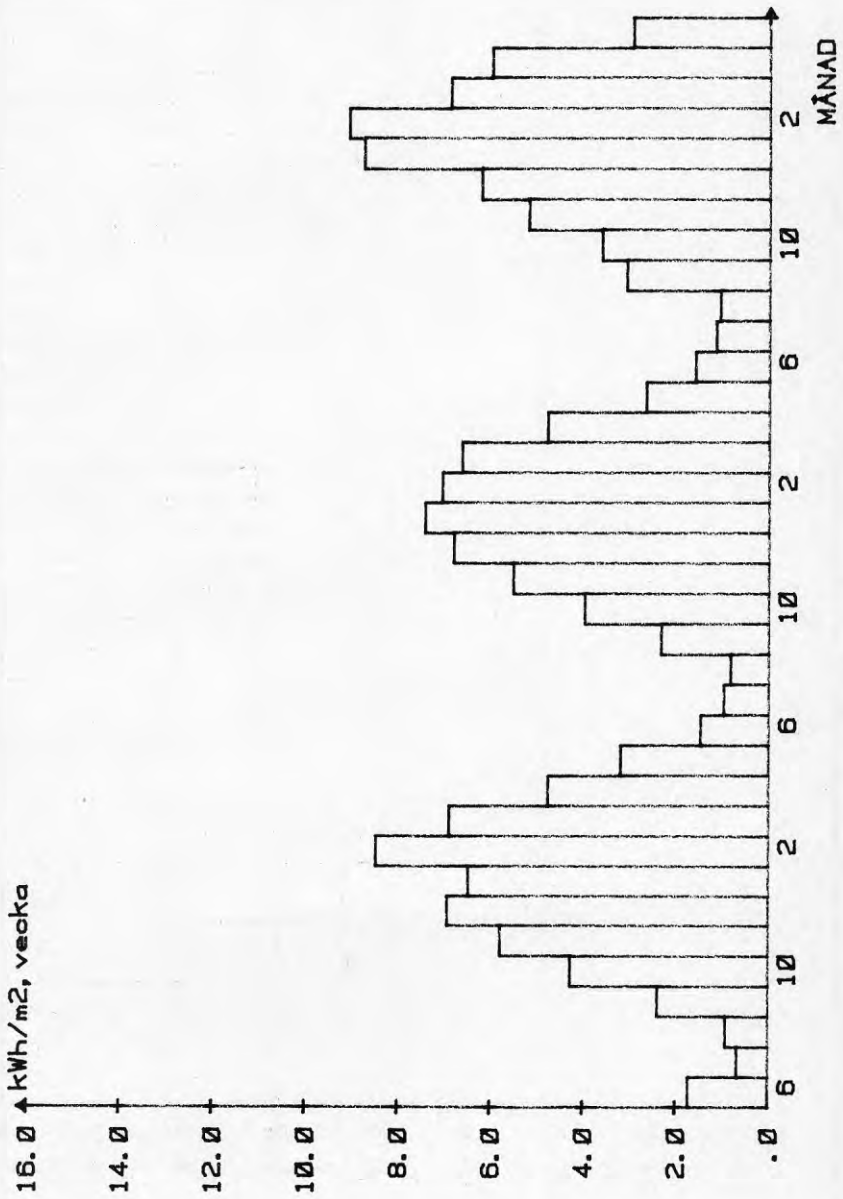


BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP 66

GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 2 1982-1985

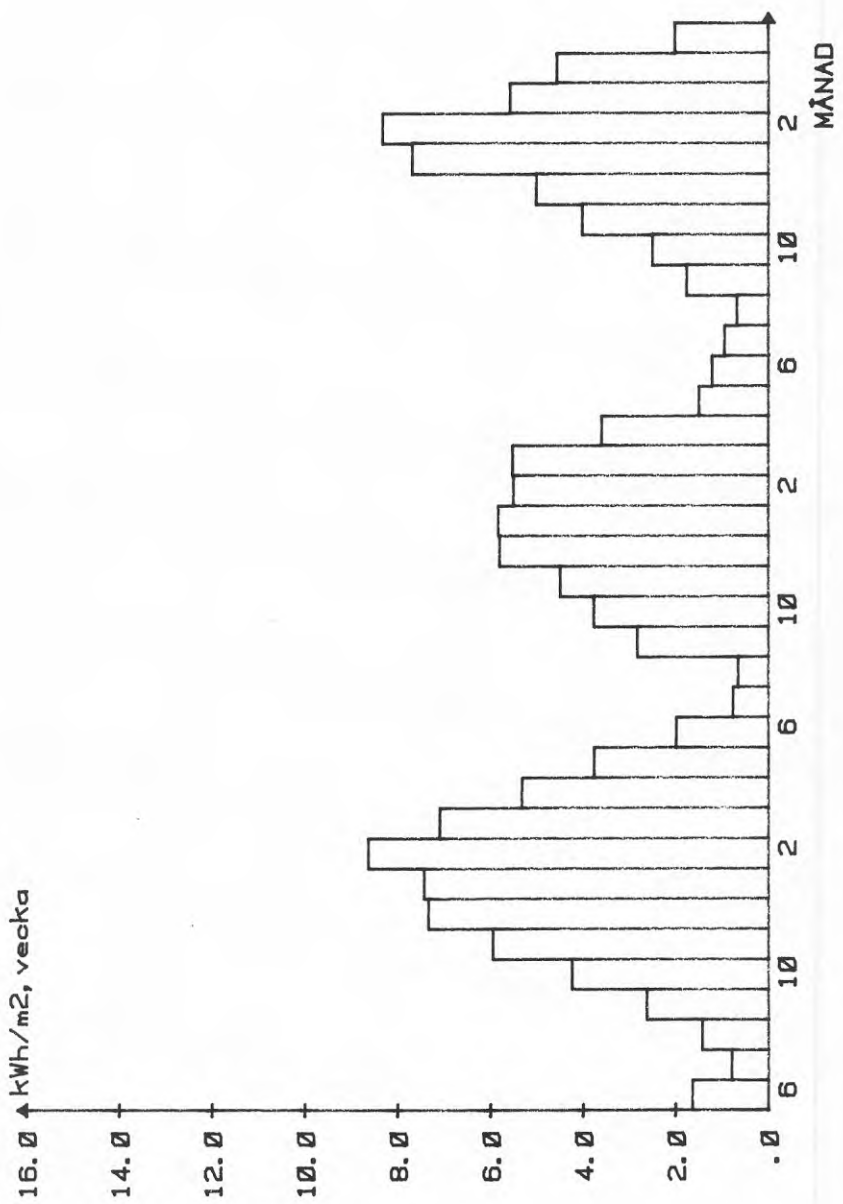


GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 3 1982-1985

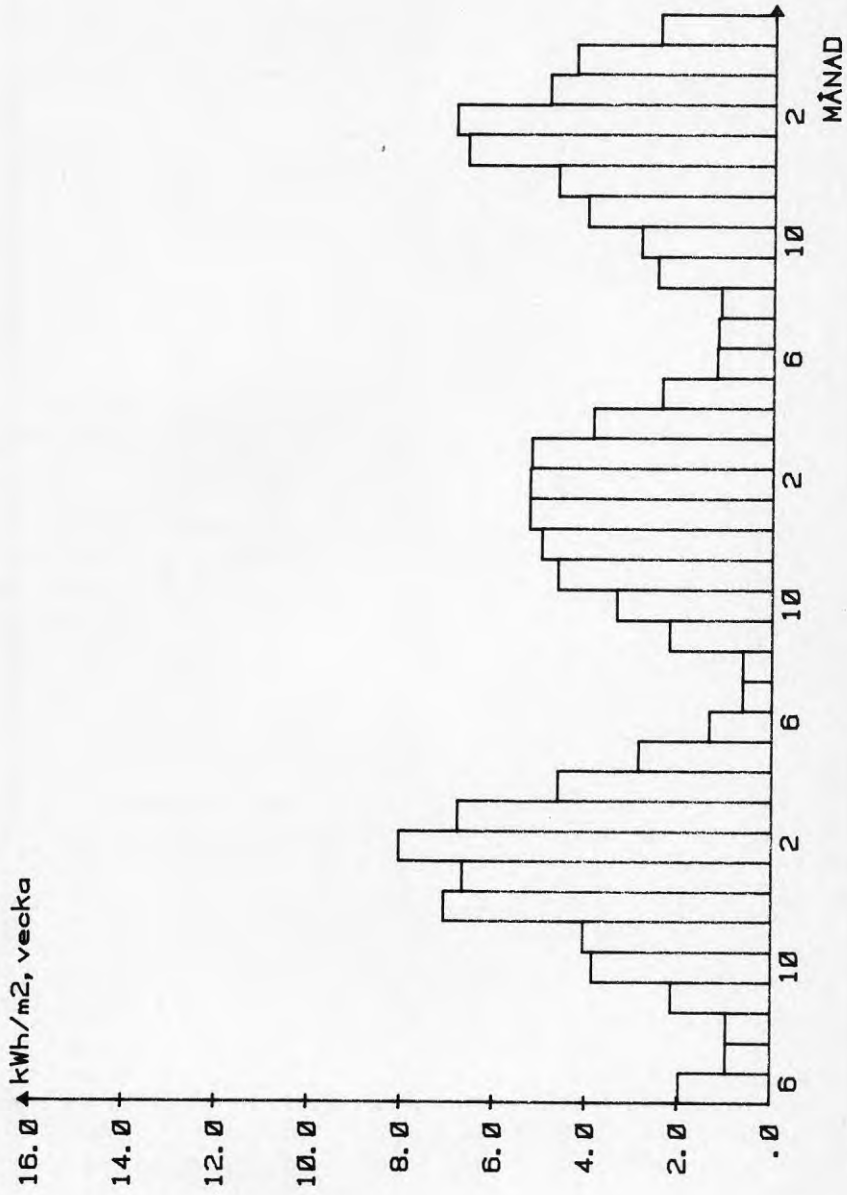


BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP 66

GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 4 1982-1985

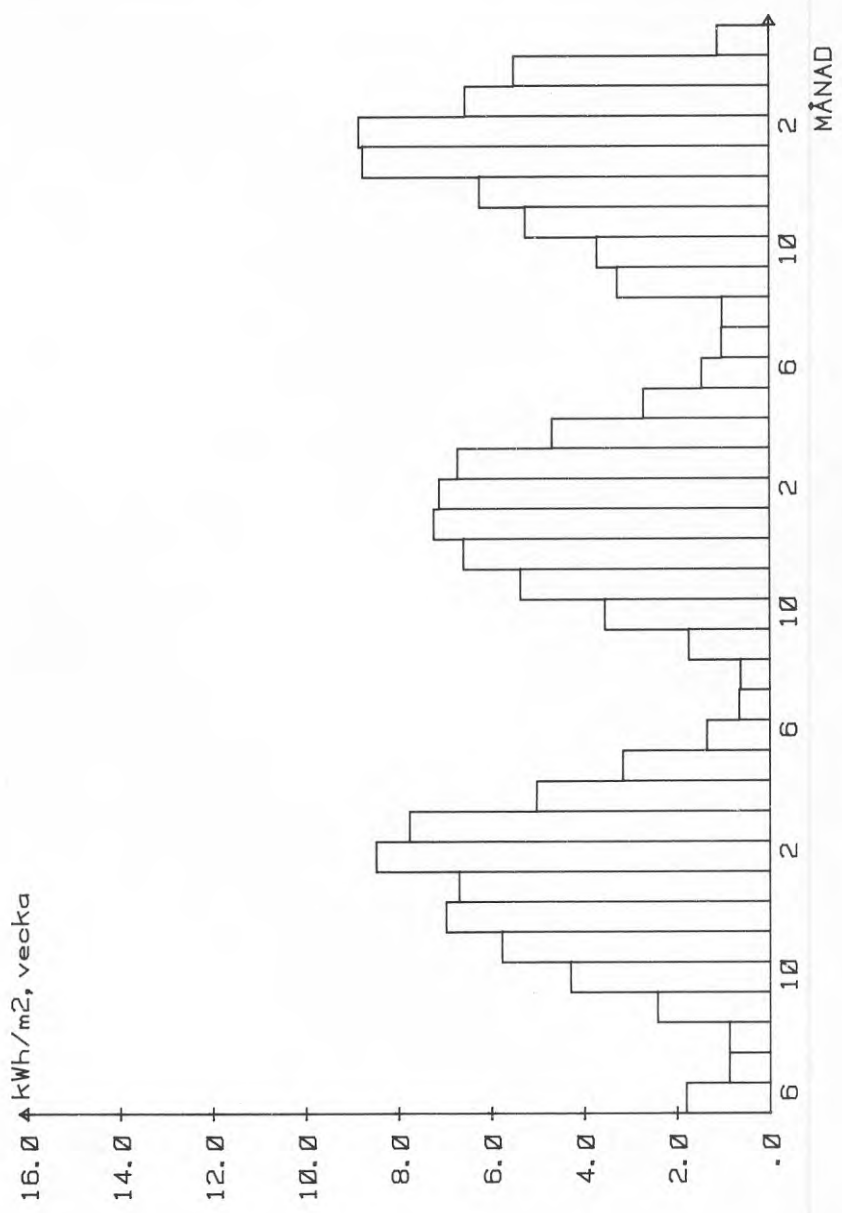


GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 5 1982-1985

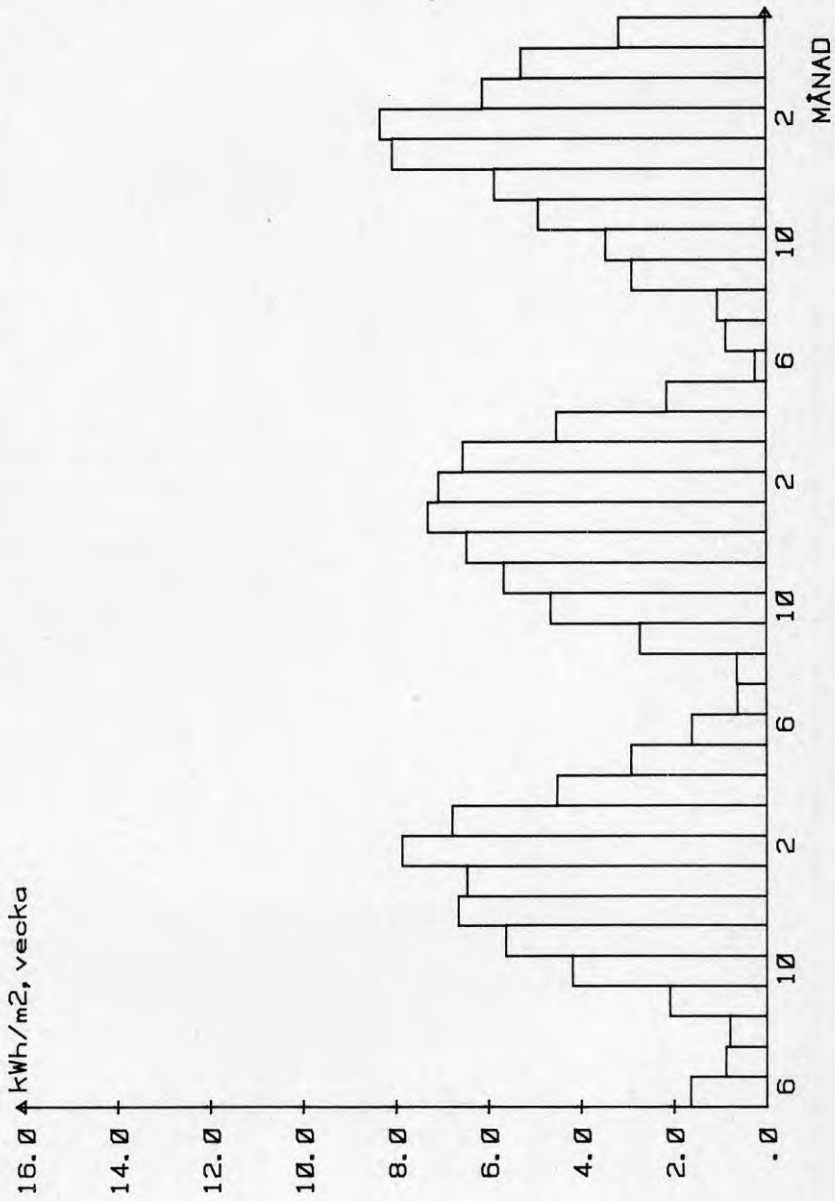


BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP

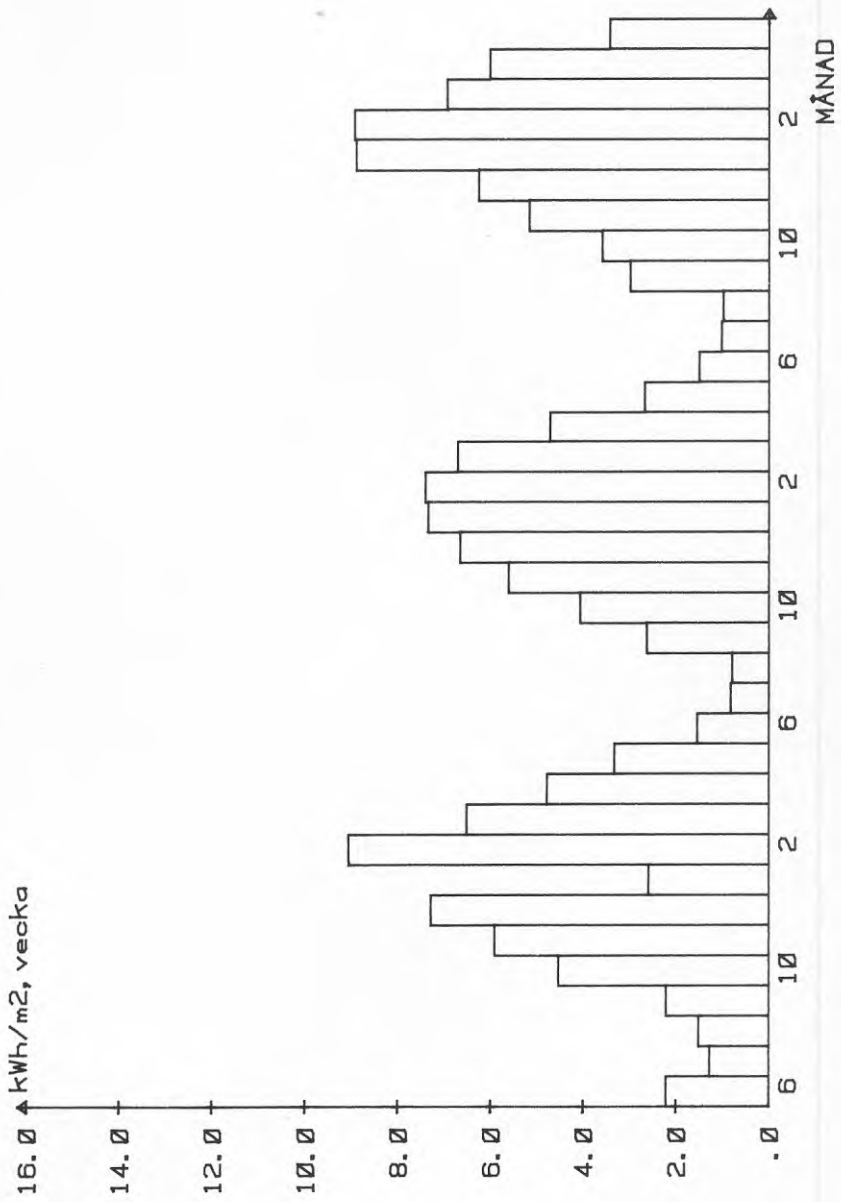
GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 6 1982-1985



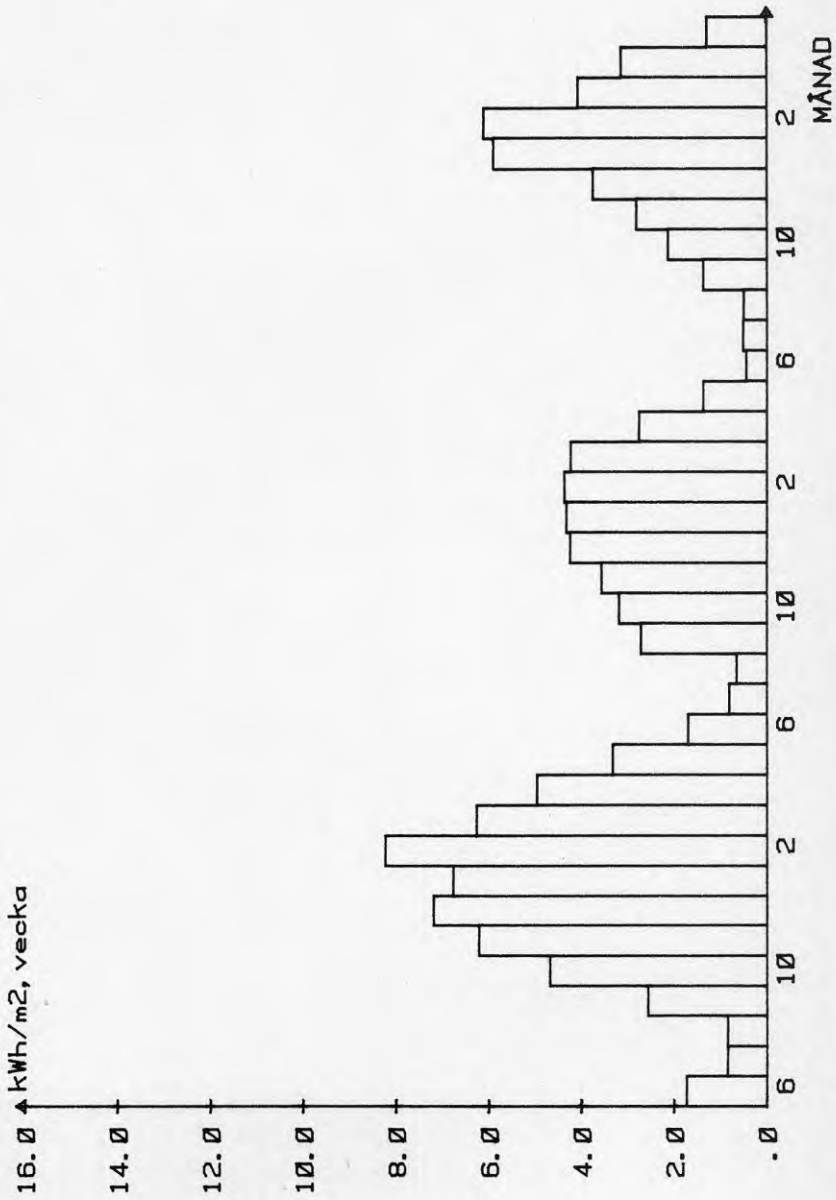
GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 7 1982-1985



GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 8 1982-1985

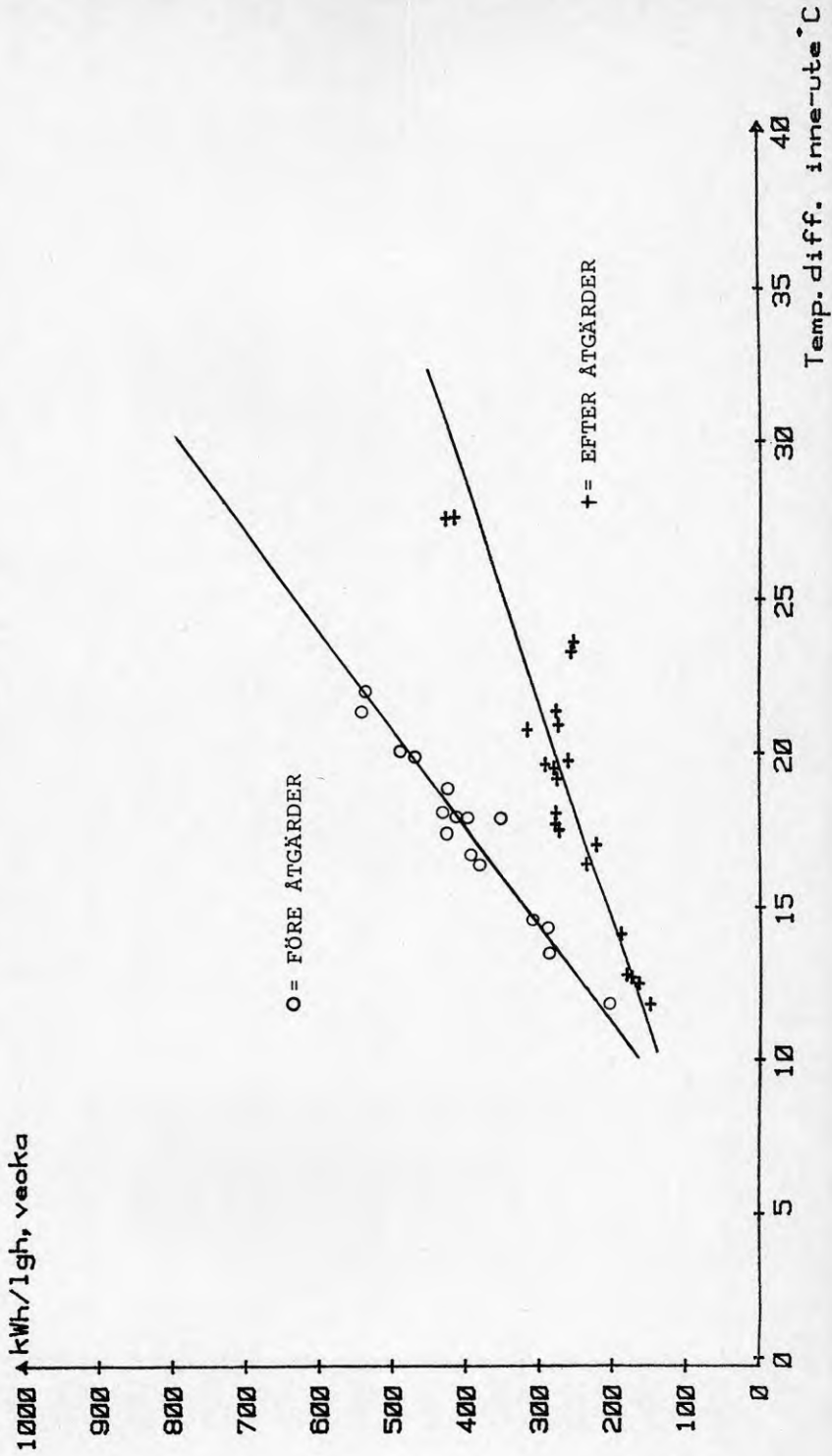


GULDHEDSPROJEKTET ENERGIFÖRBRUKNING HUS 9 1982-1985



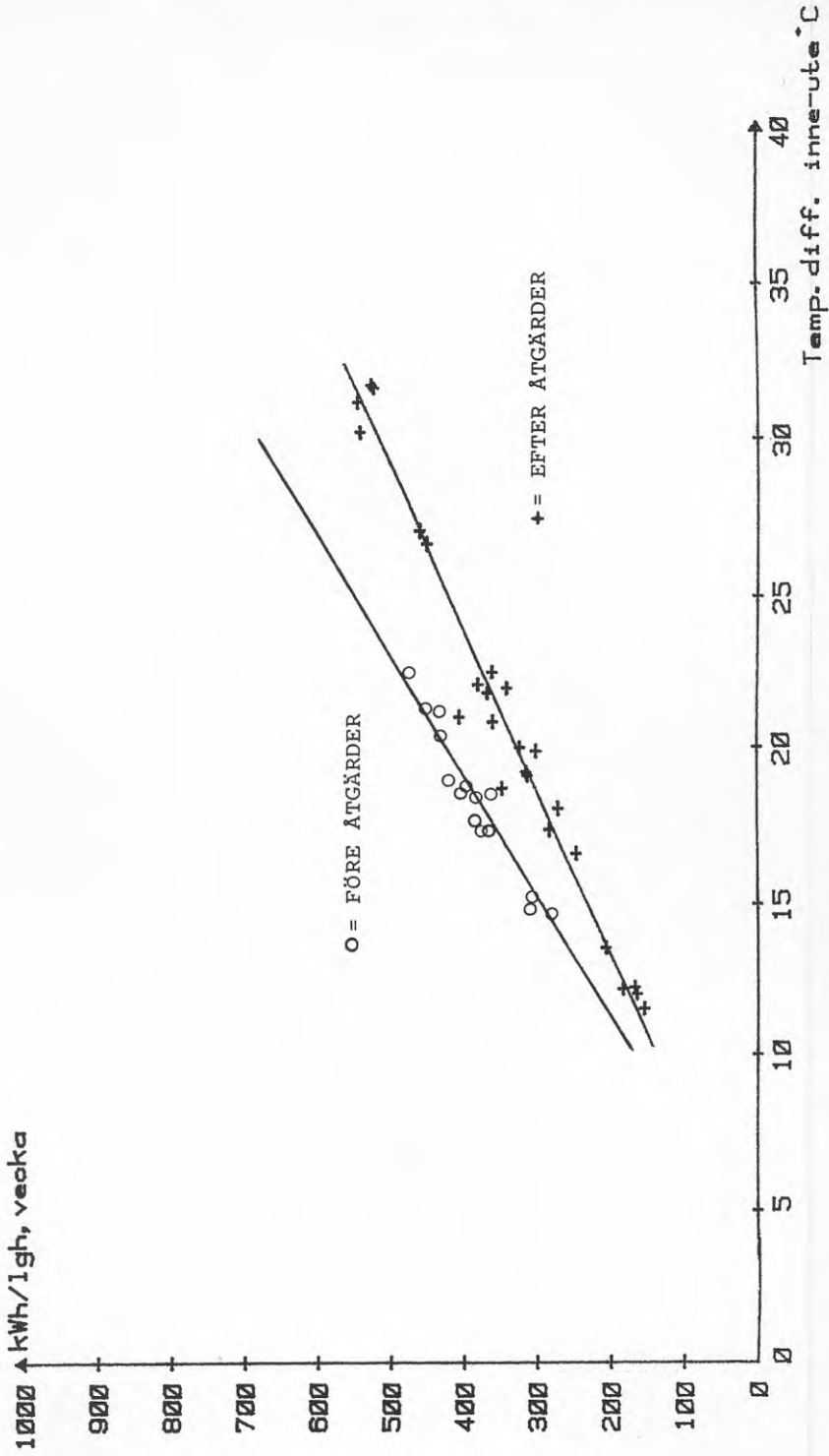
- ENERGISIGNATURER

GULDHEDSPROJEKTET HUS 1 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)

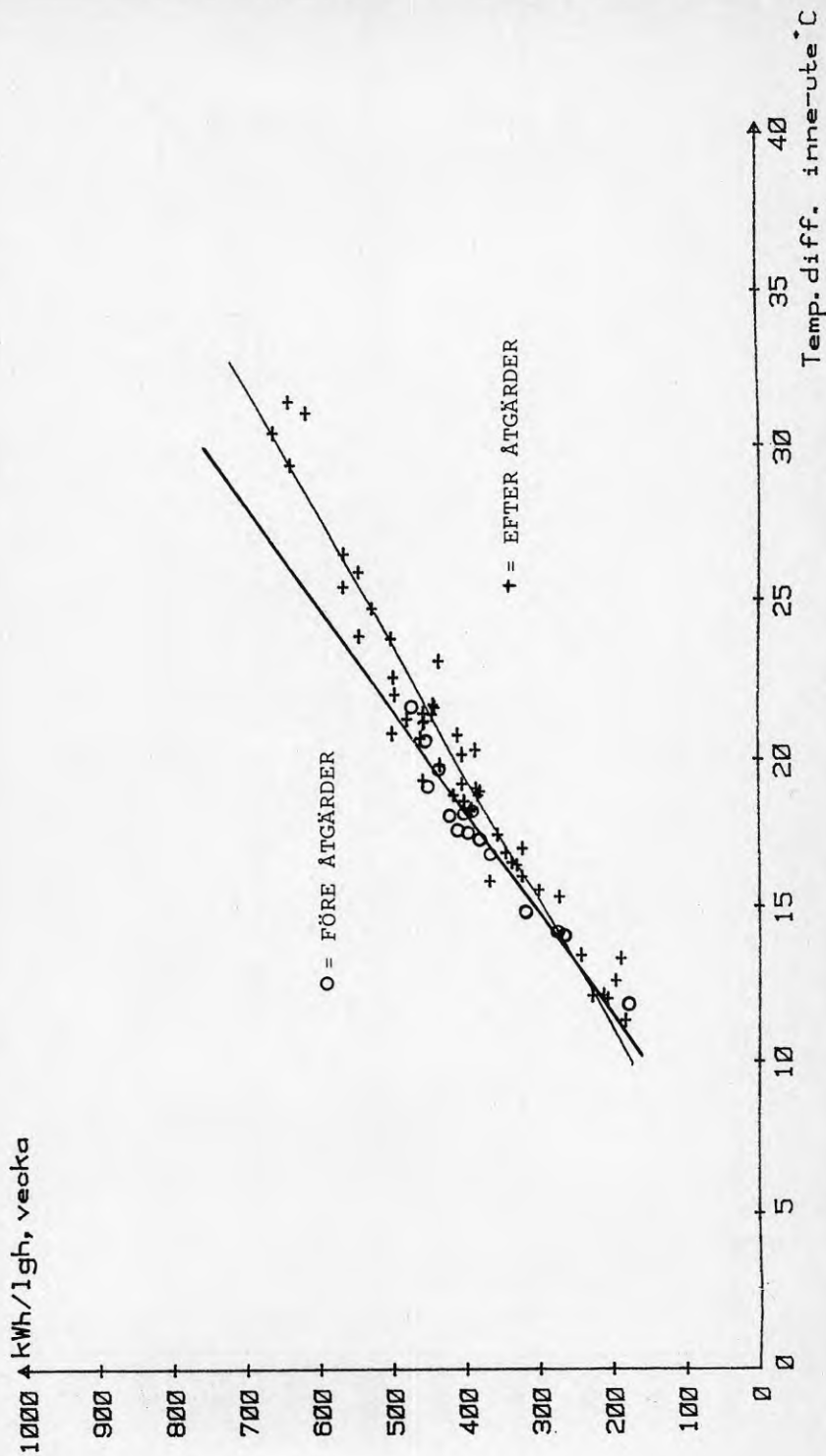


BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP 6

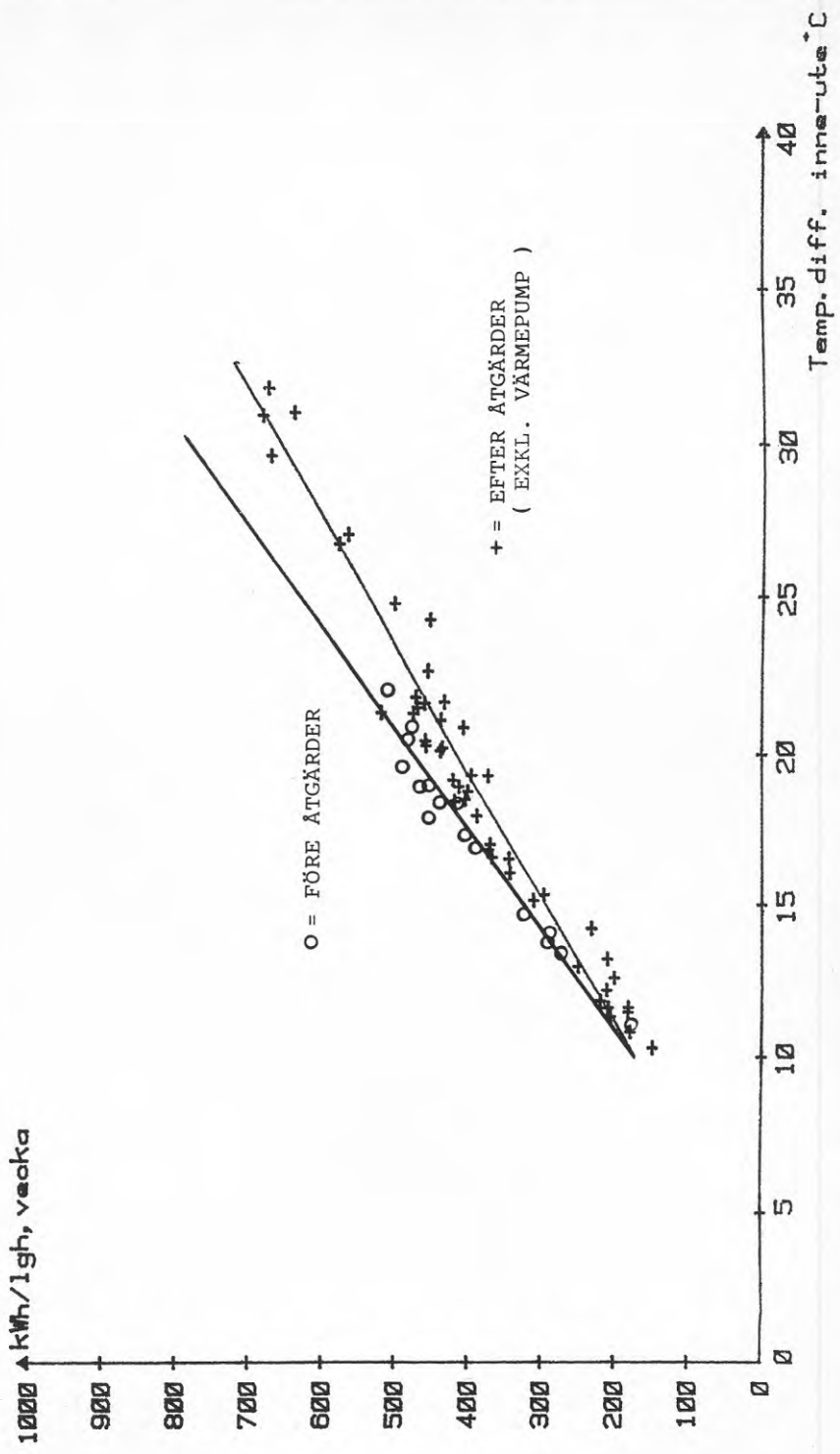
GULDHEDSPROJEKTET HUS 2 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



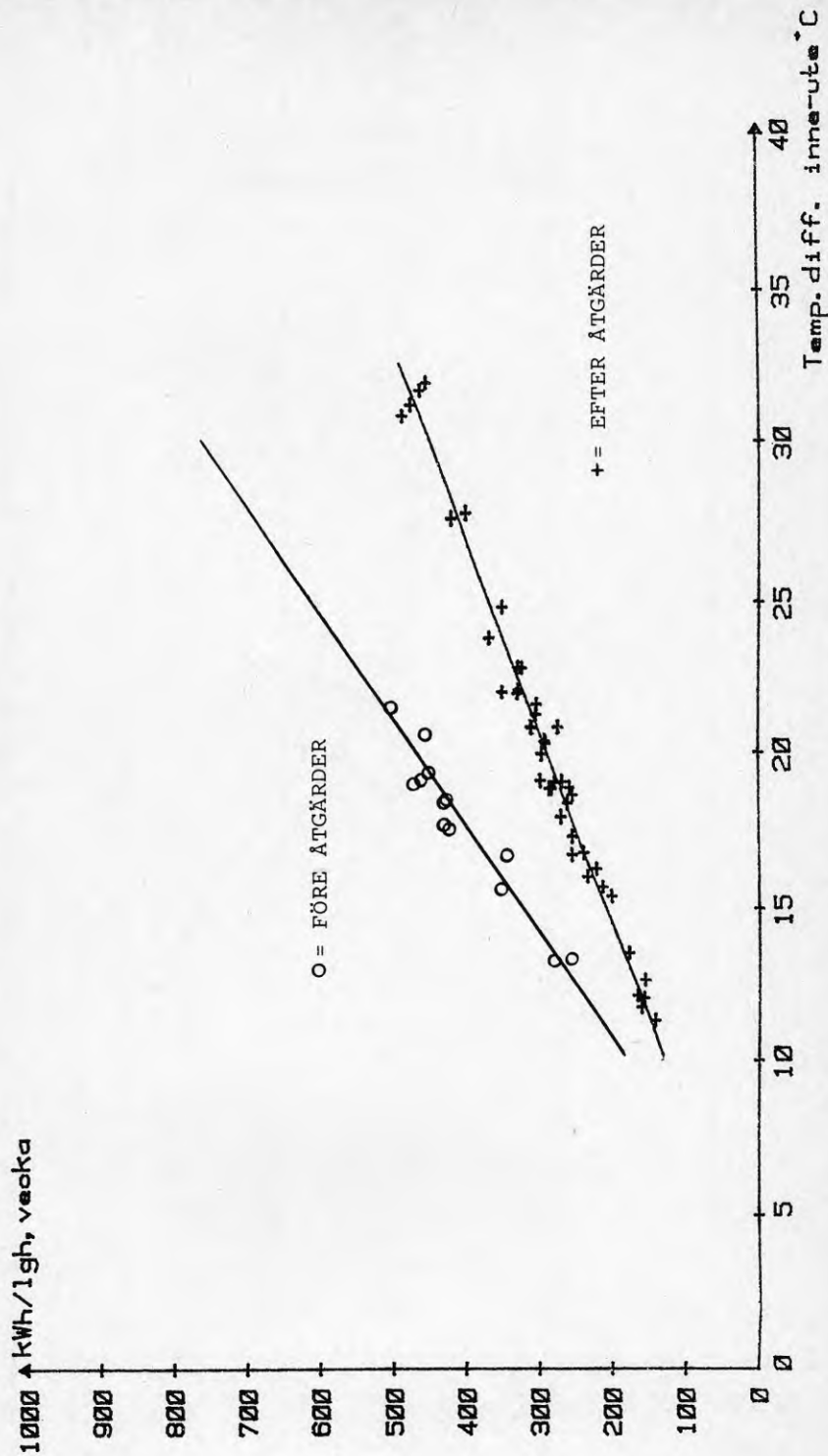
GULDHEDSPROJEKTET HUS 3 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



GULDHEDSPROJEKTET HUS 4 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



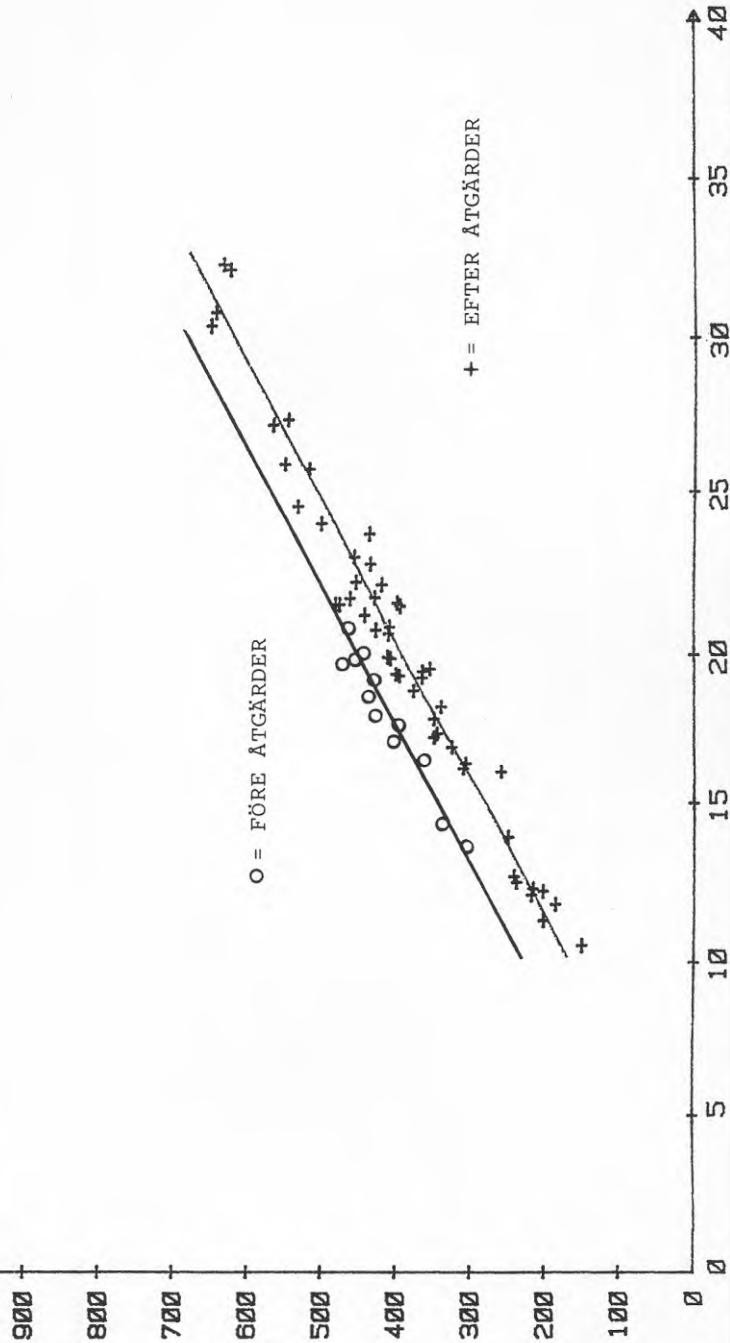
GULDHEDSPROJEKTET HUS 5 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



BDAB - ENERGY ANALYSIS GROUP 88

GULDHEDSPROJEKTET HUS 6 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)

1000 kWh/1gh, vecka

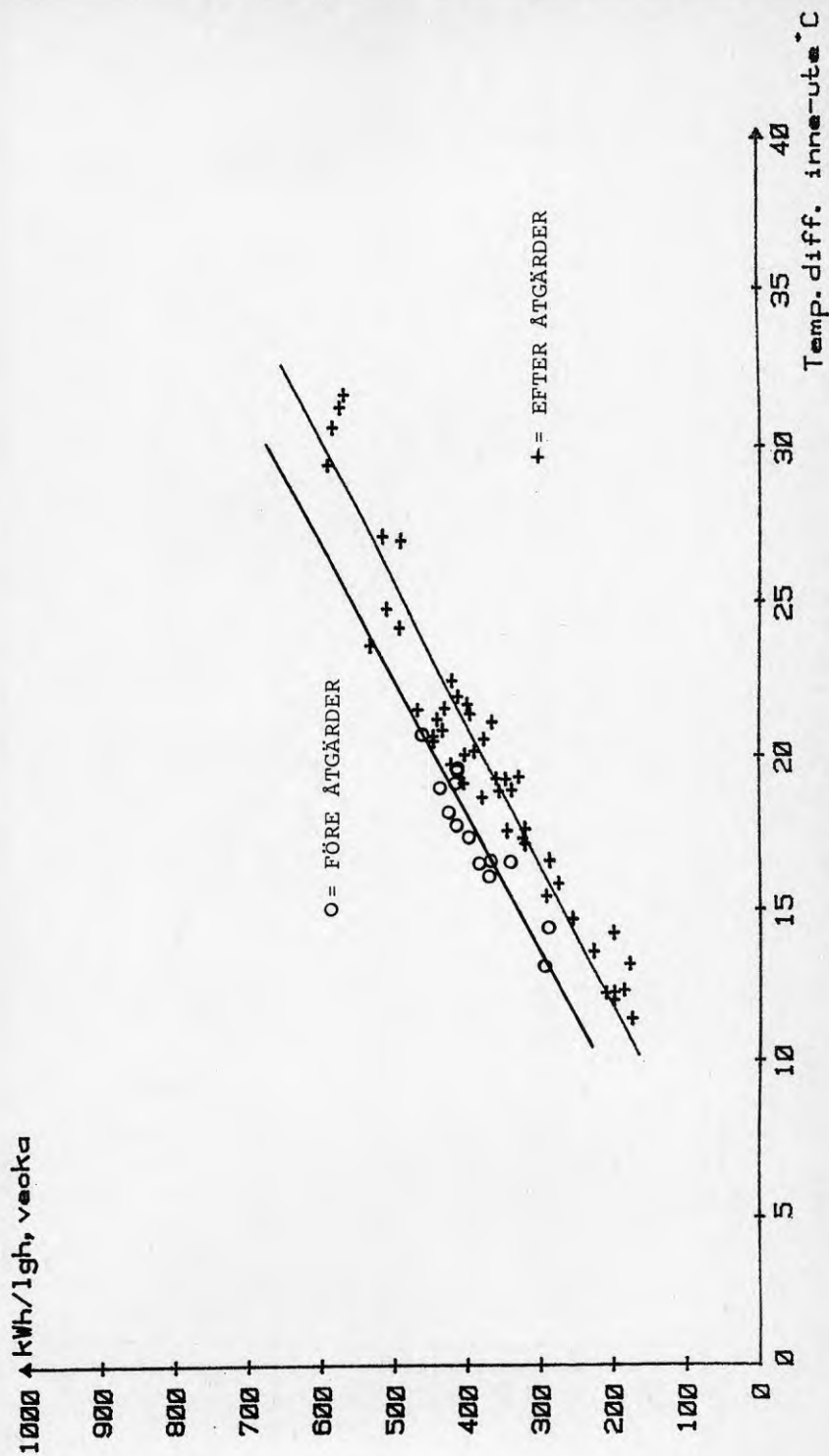


O = FÖRE ÅTGÄRDER

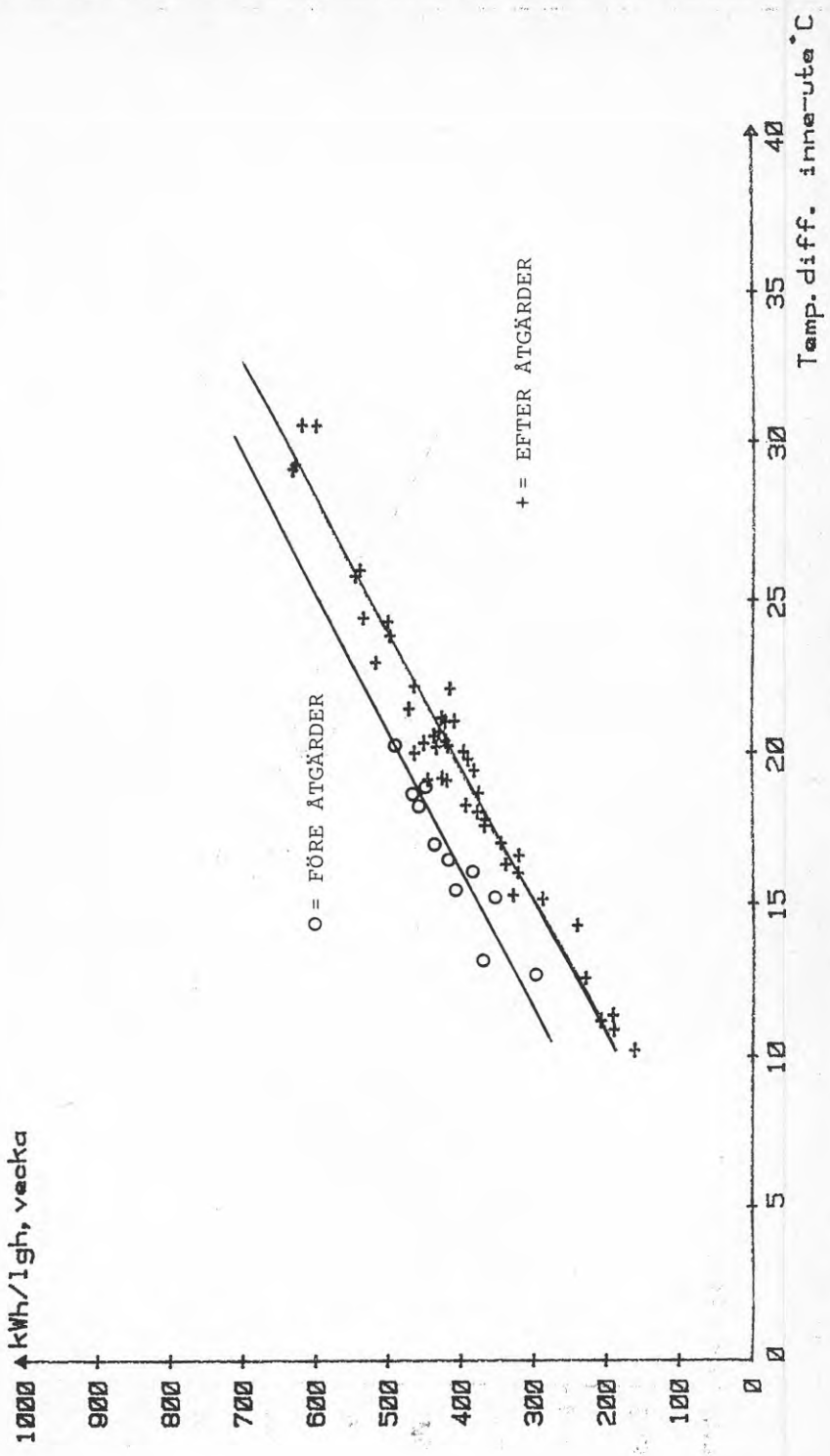
+ = EFTER ÅTGÄRDER

Temp. diff. innetute °C

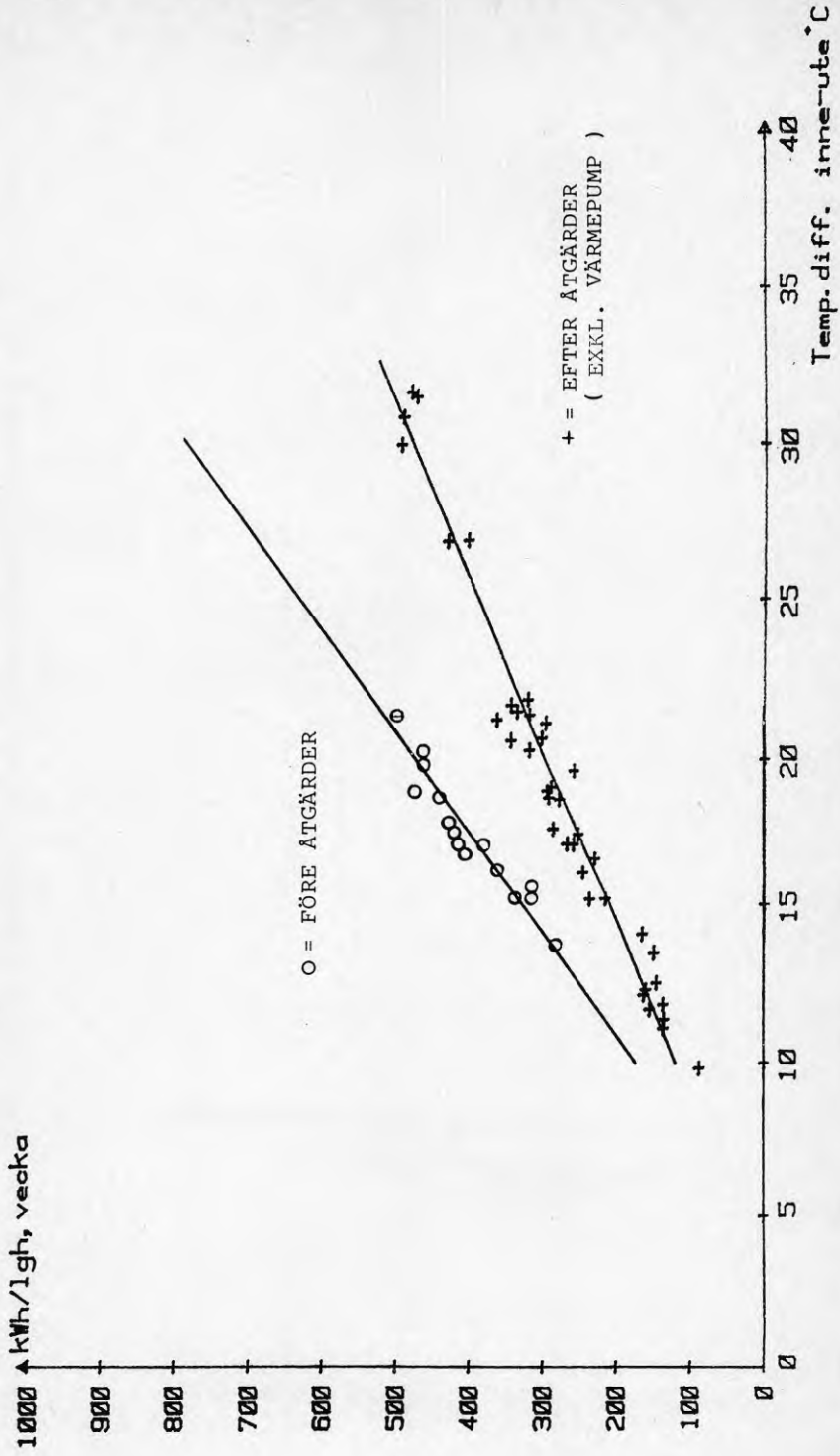
GULDHEDSPROJEKTET HUS 7 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



GULDHEDSPROJEKTET HUS 8 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)



GULDHEDSPROJEKTET HUS 9 ENERGISIGNATUR (EXKL. VV OCH TORKAGGREGAT)





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 81115-4
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgs-
hem, Agnered.

R36: 1987

ISBN 91-540-4714-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707036

Abonnemangsgrupp:
T. Fastighetsförvaltning
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 785
103 99 Stockholm

Cirka pris: 60 kr exkl moms