



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

R47:1987

SPARSAM

**Fem energisnåla småhus med
glasveranda och värmepump**

**Arne Elmroth
Gunnar Granberg**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

k/And

Byggeforskningsrådet

R47:1987

SPARSAM

Fem energisnåla småhus med glasveranda
och värmepump

Arne Elmroth, Gunnar Granberg



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811681-0
från Statens råd för byggnadsforskning till KTH,
Stockholm.

REFERAT

Fem energisnåla småhus - sk SPARSAM-hus - har byggt med tillämpning av god byggnadsteknik, god värmeisolering och bra lufttätethet. Installationerna för uppvärmning och ventilation har varit moderna men ändå inte alltför komplicerade. Frånluftvärmepump har utnyttjats som tar energi ur frånluften till uppvärmning av varmvatten och även till värmning av tilluften.

Bland flera syften med projekten kan nämnas att den totala energiförbrukningen skulle vara mindre än 10 000 kWh/år i Stockholmsklimat, att husen skulle ha flexibel planlösning som anpassats till utnyttjande av solvärme genom glasveranda och att husen skulle vara anpassade till industriell produktion.

En omfattande energiteknisk utvärdering har gjorts med hjälp av ett datoriserat mätsystem. Temperatur, flöden, energiförbrukningar, driftstider m m har mätts var 5:e minut. Timmedelvärden har lagrats för analyser. Mätningarna har pågått under drygt två år. Som komplement till de kontinuerliga mätningarna har temograferingar och täthetsprovningar av såväl byggnaderna som ventilationskanalerna utförts. Luftomsättning vid normal drift har mätts dels vid don och i kanaler dels med hjälp av tre olika spårgasmeter. Vidare har omfattande värme-flödesmätningar utförts på olika ytterväggskonstruktioner.

Den totala energiförbrukningen i de fem undersökta SPARSAM-husen har bestämts till 10 000, 11 000, 12 200, 12 700 och 16 700 kWh/år. De två husen med lägst energiförbrukning ligger i Malmö, de övriga tre utanför Stockholm.

Av den tillförda energin kommer endast en mindre andel från elradiatorerna - mellan 2 000 och 3 000 kWh - i de fyra bästa husen. Mellan 4 000 och 5 000 kWh används till hushållsel och återstoden till värmepumpssystemen. Glasverandan har beräknats reducera det totala energi-behovet med högst 1 000 kWh/år. Detta har skett främst genom att tilluften tas från glasverandan där den under uppvärmningssäsongen uppvärmts ca 5° över utetempera-turen.

Kombinationen av god byggnadsteknik och god ventilations-teknik har inneburit att för ökad komfort, t ex genom 1° temperaturshöjning inomhus, så behövs endast ca 300 kWh/år. Det motsvarar en kostnad på ca 10 kr/månad.

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

R47:1987

ISBN 91-540-4736-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

FÖRORD

Under 1981-82 har Skanska konstruerat och uppfört fem stycken lågenergihus - tre i Täby utanför Stockholm och två i Malmö. Skanskas interna FoU-fond har finansierat extra kostnader för planering, projektering och uppförande. Mätning och utvärdering har utförts av Kungl Tekniska Högskolan, Inst f byggnadsteknik, Projektgruppen för Energihushållning i Byggnader (EHUB) med ekonomiskt stöd från Statens råd för byggnadsforskning. Mätcentralerna för energiforskning (MCE) vid KTH och Lund har ansvarat för funktion och drift av det datoriserade mätsystemet. Skanska har utfört termografering och vissa lufttäthetsprovningar samt utfört olika energibalansberäkningar. Leif Lundqvist och Lars Franzén, Skanska, Malmö har ritat huvuddelen av figurerna. Arne Elmroth har varit projektledare för utvärderingen. Gunnar Granberg har genomfört mät- och beräkningsarbetet, Sören Wiklund, Skanska har ingått i styrgruppen för projektet liksom Göran Ottoson, Inst f byggnadsteknik, KTH under projektets tidigare del.

Stockholm i november 1986

- 1 INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 2 SAMMANFATTNING

- 3 BAKGRUND

- 4 BESKRIVNING AV HUSEN I SPARSAM-PROJEKTET
 - 4.1 Allmänt
 - 4.2 Uppvärmnings- och ventilationssystem
 - 4.3 Vatten och avloppssystem
 - 4.4 Byggnadsteknik - betonghusen (S7 och S8)
 - 4.5 Byggnadsteknik - huset med plåt i bärande stomme (hus S9)
 - 4.6 Byggnadsteknik - hus med lättbyggsystem (hus M4 och M7)

- 5 SYFTE MED DEN ENERGITEKNISKA UTVÄRDERINGEN

- 6 METODIK FÖR UTVÄRDERINGEN
 - 6.1 Bakgrund
 - 6.2 Utvärderingens uppläggning
 - 6.2.1 Eltillförsel
 - 6.2.2 Återvunnen energi ur frånluft via värmepump
 - 6.2.3 Solvärme - glasveranda
 - 6.2.4 Personvärme
 - 6.2.5 Kall- och varmvatten
 - 6.2.6 Transmissionsförluster
 - 6.2.7 Ventilatiion
 - 6.3 Värmelagring i tung stomme
 - 6.4 Datoriserad mätvärdesbehandling

- 7 LUFTTÄTHET HOS BYGGNADER OCH VENTILATIONSKANALER
 - 7.1 Täthetsprovning av byggnaderna - resultat
 - 7.1.1 Kommentarer och slutsatser till täthetsprovning
 - 7.2 Täthetsprovning av ventilationskanaler
 - 7.2.1 Kommentarer till täthetsprovning av ventilationskanaler

8 FUNKTION HOS VENTILATIONSSYSTEMET

- 8.1 Allmänt
- 8.2 Injustering och kontroll av luftflöden
- 8.3 Luftomsättningsmätning med spårgas enligt avklingningsmetoden
- 8.4 Luftomsättning enligt metod med konstant spårgasnivå
- 8.5 Luftomsättning enligt metod med provrör
- 8.6 Sammanställning av utförda luftflödesmätningar
- 8.7 Några sammanfattande kommentarer till ventilationssystemets funktion

9 FUNKTION HOS UPPVÄRMNINGSSYSTEMET

- 9.1 Driftserfarenheter
- 9.2 Husens effektbehov
- 9.3 Värmepumpens funktion

10 VÄRMEGENOMGÅNGSTAL HOS YTTERVÄGGAR

- 10.1 Mätningar
- 10.2 Resultat av mätningar
- 10.3 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta k-värden
- 10.4 Några slutsatser och reflexioner om ytterväggarnas k-värden

11 FUNKTION GLASVERANDA

- 11.1 Temperatur i glasveranda
- 11.2 Inverkan på inomhustemperaturen
- 11.3 Glasverandans inverkan på energiförbrukningen

12 VATTENFÖRBRUKNING

13 JÄMFÖRELSE MELLAN TUNG OCH LÄTT STOMME

- 13.1 Inledning
- 13.2 Konstruktionsdata av betydelse för jämförelsen: tung - lätt stomme
- 13.3 Energi- och effektbehov
- 13.4 Effekt av simulerat elavbrott
- 13.5 Rumstemperatursvängningar

14 FUNKTION HOS KRISLÖSNING - VEDSPIS I KÖK

- 14.1 Allmänt
- 14.2 Vedeldning i hus S8
- 14.3 Vedeldning i hus M4

15 ENERGIFÖRBRUKNINGAR OCH ENERGIBALANSER

- 15.1 Uppmätt energiförbrukning
- 15.2 Beräknad energibalans
- 15.3 Känslighetsanalys för energibalanser
 - 15.3.1 Inverkan av förändring av värmepumpens värmefaktor (Beräkning 1B)
 - 15.3.2 Inverkan av glasveranda (Beräkning 1C)
 - 15.3.3 Inverkan av placeringar i Stockholm eller i Malmö (Beräkning 1D)
 - 15.3.4 Inverkan av lägre utomhustemperatur än normalåret (Beräkning 2)
 - 15.3.5 Inverkan av högre inomhustemperatur än 20 °C (Beräkning 3-4)
 - 15.3.6 Inverkan av förändringar i ventilationsflödet (Beräkning 5-9)
 - 15.3.7 Inverkan av förändring i solavskärmning (Beräkning 10-11)
 - 15.3.8 Inverkan av varmvattenförbrukning (Beräkning 12, 18-20)
 - 15.3.9 Inverkan av hushållsel (Beräkning 13, 15-17)
 - 15.3.10 Inverkan av försämrat k-värde i betonghusens ytterväggar (Beräkning 21)
 - 15.3.11 Inverkan av värmeväxling i hålbjälklag i betonghusen (Beräkning 22)
- 15.4 Jämförelse mellan uppmätt och beräknad energiförbrukning

16 ENERGIFÖRBRUKNINGEN I SPARSAM-HUSEN I JÄMFÖRELSE MED ANDRA SMÅHUS

17 SLUTSATSER - KONSEKVENSER

18 REFERENSER

- Bilaga 1 Beräkning av k-värden för ytterväggar med hänsyn till köldbryggor
- Bilaga 2 Programbeskrivning
- Bilaga 3 Beräkningsförutsättningar för energibalansberäkningarna med exempel på resultat (enligt Skanskas projekteringsförutsättningar)

2 SAMMANFATTNING

Det är i dag tekniskt möjligt att i Sverige bygga hus där behovet av köpt energi är ca 10 000 kWh per år. Det betyder att kostnaden för köpt energi till hushållsel, varmvatten och uppvärmning endast blir ca 3 000 kr per år. Ingen vanlig personbil i Sverige kommer ner till så låg energikostnad för 1 500 mils körning.

De fem SPARSAM-husen har mer isolering än vad byggnormen krävde när husen byggdes 1981/82. Husen har frånluftsvärmepump och termostatstyrda elradiatorer. Frånluftsvärmepumpen tar energi ur frånluften till uppvärmning av varmvatten och även till förvärmning av ventilationsluften.

Husens storlek är 110 m². De är friliggande tvåplanshus med 55 m² i varje plan. Både tunga hus med betongstommar och lätta hus med lätta regelstommar ingår i projektet.



Fig 2.1 Tre SPARSAM-hus finns i Stockholmstrakten

Glasverandan som finns på alla husen minskar behovet av köpt energi med högst 1 000 kWh under ett år vilket motsvarar ca 300 kr per år. Ventilationsluften förvärms under uppvärmningssäsongen ca 5 grader via verandan vilket ger den huvudsakliga energibesparingen. Verandan minskar också värmetransporten genom väggen som har mest fönster.

De fem husen som ingår i SPARSAM-projektet har tillförts 10 000, 11 000, 12 200, 12 700 och 16 700 kWh under ett år som varit något kallare än normalt.

De två husen som har lägst energiförbrukning finns i Malmö och de övriga finns i närheten av Stockholm.

Av den tillförda energin kommer endast en mindre del från elradiatorer - mellan 2 000 och 3 000 kWh - i de fyra bästa husen. Mellan 4 000 och 5 000 kWh används till hushållsel och återstoden till värmepumpsystemet.

Energibehovet för lika hus kan alltså skilja sig kraftigt. Skillnaden kan till stora delar förklaras med hjälp av mätningar som pågått under två år.

För att kunna utvärdera husen under en lång period har vi haft datorer till hjälp för att samla in och behandla mätvärden. Var femte minut har mätvärden insamlats från ca 80 mätpunkter i varje hus. Temperaturer, flöden, energiförbrukning, drifttider m m har sedan lagrats som timmedelvärden.

Vi har också gjort täthetsprovningar och termograferingar av husen. Luftomsättningar vid normal drift har förutom mätningar vid don och i kanaler även mätts med hjälp av tre olika spårgasmetoder.

Att energiförbrukningarna överstiger 10 000 kWh per år i fyra av de fem husen kan bl a förklaras av

- * något lägre utomhustemperatur i Stockholm under normalår
- * högre inomhustemperaturer än beräknade 20 °C
- * något högre ventilationsgrad än som antagits
- * sämre k-värden i betonghusens väggar än vad som projekterats
- * större varmvattenförbrukning
- * större hushållselförbrukning
- * felaktigt fungerande värmepumpsystem (huset med högst energiförbrukning)
- * frysboxar i uteförråd vars värmeavgivning inte utnyttjas för uppvärmning (huset med högst energiförbrukning)

Kombinationen av byggnadsteknik och installationsteknik innebär emellertid att energibehovet inte påverkas så mycket av förändringar i de boendes beteende. Fönstervädring har i stort sett aldrig behövt förekomma. Vill de boende höja temperaturen 1 °C behövs endast ca 300 kWh mer av köpt energi under ett år (motsvarar ca 100 kr/år). En stor del av hushållsenergin kommer husets uppvärmning till godo.

En ökning av luftomsättningen från 0,5 till 0,8 omsättningar per timme medför enligt beräkningar att behovet av köpt energi endast ökar med ca 600 kWh/år (motsvarar ca 200 kr/år). Detta beror i första hand på att husen har frånluftsvärmepump varvid en stor andel av ventilationsluftens energiinnehåll återvinns. Värmepumpens systemvärmefaktor under vintern är ca 2.3.

Det är viktigt att de boende har möjlighet att kunna kontrollera att uppvärmningssystemet fungerar som det är meningen. Driftstörningar i värmepumpssystemet har uppstått som varit svåra att upptäcka men som radikalt försämrat driftsekonomin. Problem av denna typ har bidragit till den höga energiförbrukningen i huset som blivit dyrast ur energisynpunkt.

I samband med nybyggnad av bostäder kontrolleras i bästa fall att luftmängderna vid don uppfyller kraven på önskad ventilation. I andra bostäder sker sällan kontroll av luftflödena annat än när de boende upptäckt uppenbara brister. Fläktlägen och inställning av don kan i vissa fall ändras och fläktar stanna.

Mätningarna i bl a SPARSAM-projektet visar att luftflödena försämrats efter en kort tid. Don och kanaler blir smutsiga och luftfilter blir igensatta av damm. En regelbunden översyn av systemen rekommenderas.



Fig 2.2 Två SPARSAM-hus finns i Malmö

3 BAKGRUND

Många projekt med "lågenergihus" har genomförts de senaste åren. Såväl enstaka hus som grupper av hus har studerats. Energisnålheten har i många projekt inte uppfyllits trots omfattande tekniska installationer. Det har dock erhållits en rad erfarenheter som kan utnyttjas vid planering av lågenergihus för framtida serieproduktion. Det har visat sig att förutsättningen för att åstadkomma energisnåla hus är att bygga med god byggnadsteknik, god värmeisolering och bra lufttäthet. Installationer för uppvärmning och ventilation bör vara moderna men inte alltför komplicerade och så långt som möjligt samverka med byggnadstekniken. De bör dessutom vara enkla att sköta. Genom god planering kan solvärme utnyttjas. Med lämpliga installationer kan vattenförbrukningen minskas.

Mot denna bakgrund startade SKANSKA årsskiftet 80/81 planering för ett projekt att bygga lågenergihus. SKANSKA formulerade följande övergripande mål för SPARSAM-projektet:

- * total energiförbrukning (värme, ventilation, varmvatten, hushållsel) skall vara mindre än 10 000 kWh/år i Stockholmsklimat
- * husen skall vara yt- och volymsnåla för att begränsa byggnadskostnaderna. De skall dock kunna innehålla minst 4 rum och kök
- * husen skall ha stor flexibilitet vad gäller planlösning och anpassning till övrig bebyggelse
- * planlösningen skall anpassas till utnyttjande av passiv solvärme genom glasverandor
- * installationer för uppvärmning och ventilation skall vara moderna men ändå rimligt enkla att sköta
- * vattensnåla installationer skall utnyttjas
- * klimat och energiförbrukning i hus med tung och lätt stomme skall jämföras
- * byggnadstekniken skall vara anpassad för industriell produktion (gäller i första hand tung stomme)
- * krislösning i händelse av totalt elavbrott skall provas

Den här rapporten behandlar enbart byggnads- och installations-tekniska frågor som påverkar energiförbrukning och komfort.

En studie av finansieringsmöjligheter för bostadsområden med ny energiteknik av den typ som tillämpats i SPARSAM-husen återfinns i Lilliehorn 1983.

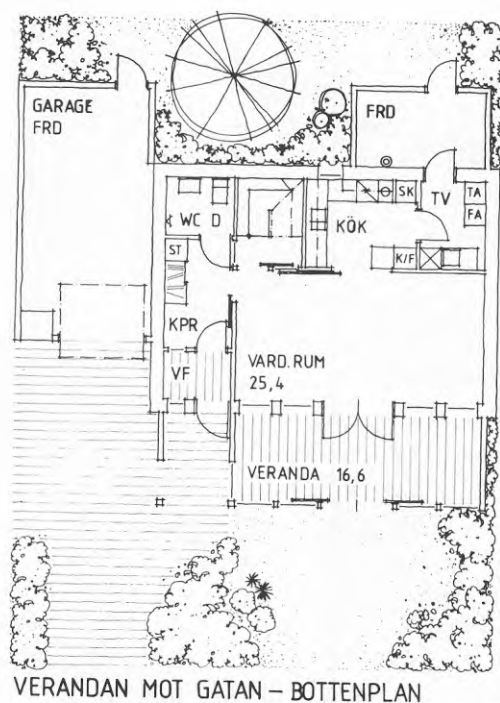
4 BESKRIVNING AV HUSEN I SPARSAM-PROJEKTET

4.1 Allmänt

I projektet ingår fem experimenthus. Tre hus ligger i Stockholmsområdet och två i Malmö. Husen är i allt väsentligt lika men vissa specifika skiljaktigheter finns.

Husen byggdes 1981/82 och var färdigställda för inflyttning våren/sommaren 1982.

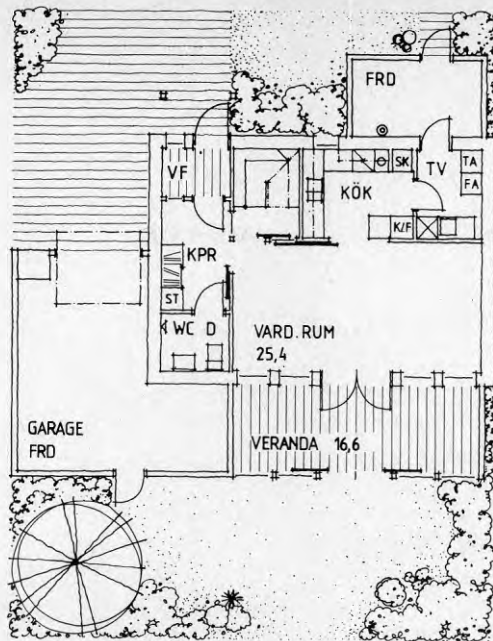
Husen har byggts i två plan med arean $2 \times 54,4 \text{ m}^2$, totalt 109 m^2 . För att minska den uppvärmda volymen har våningshöjden minskats till 2,3 m mot normalt 2,4 m. Huskroppen är rektangulär. Husformen ger relativt små omslutningsytor vilket är gynnsamt från energiteknisk synpunkt. Garage, förråd och glasveranda har placerats så att de utgör sk temperaturbuffertzoner och på så sätt bidra till att minska transmissionsförlusterna. Se figur 4.1-4.6



VERANDAN MOT GATAN - BOTTENPLAN

Figur 4.1

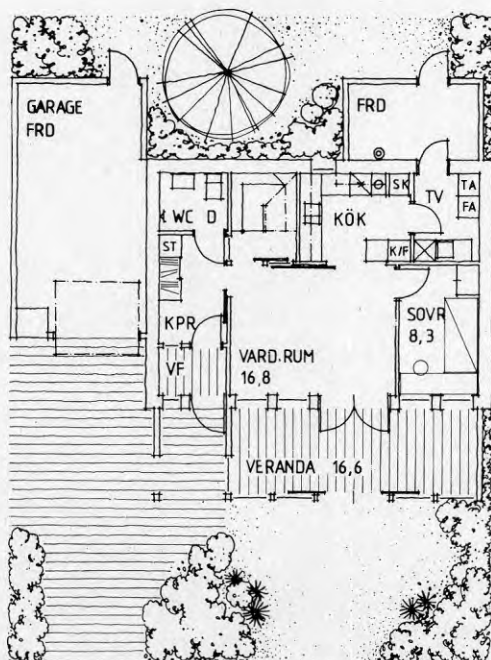
Planlösning av bottenplan hos de tre provhusen i Stockholm. De har alla glasverandan vänd mot gatan (söder eller väster). Garaget ligger vid sidan om bostaden och förrådet på "baksidan". De utgör temperatur - buffertzoner. Entrén har ett separat vindfång.



VERANDAN MOT TRÄDGÅRDEN

Figur 4.2

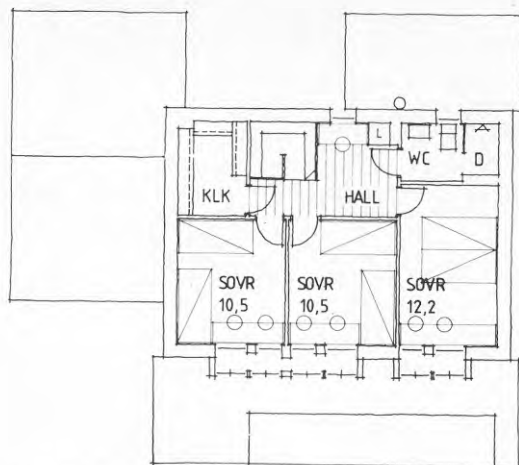
Planlösning av bottenplan hos de två Malmöhusen som har verandan vänd mot trädgården.



HANDIKAPPANPASSAT

Figur 4.3

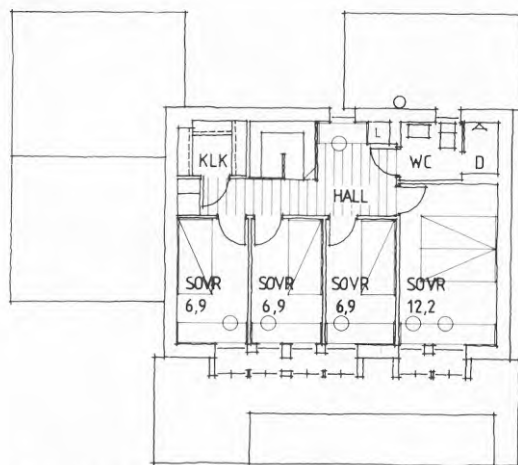
Alternativ planlösning av bottenplanet som visar på möjligheten att inreda ett särskilt sovrum i vardagsrummet för att kunna uppfylla handikappkraven i Svensk Byggnorm. I bottenplanet finns också en relativt rymlig toalett med dusch.



BASPLAN- ÖVRE PLAN

Figur 4.4

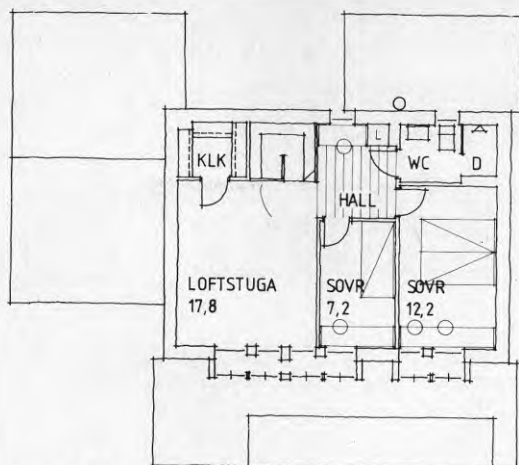
S k baslösning av övre planet som har tre sovrum och toalett med dusch. De tre sovrummen vetter mot glasverandan som genom en speciell utformning är i två plan. Denna lösning finns i alla fem SPARSAM-husen.



ALTERNATIV PLAN

Figur 4.5

Alternativ planlösning av övre plan med fyra mindre sovrum. Väggarna i övre planet är i samtliga hus av icke-bärande regelväggar med gipsskivor varför omdisponering kan ske relativt enkelt.



ALTERNATIV PLAN

Figur 4.6 Alternativ planlösning av övre plan med två sovrum och loftstuga eller TV-rum.

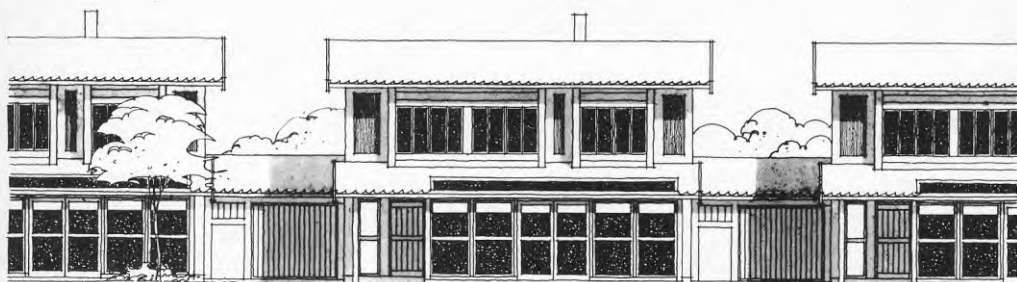
Husens planlösning är sådan att de kan byggas som radhus, kedjehus eller friliggande hus. Även den inre planlösningen är flexibel där i stort sett endast toalett, kök och trappa är låsta i planen. Icke bärande mellanväggar utgörs i samtliga hus av regelväggar med gipsskivor.

Det som främst karaktäriserar husen exteriörmässigt är att de har en glasveranda. Figur 4.7 - 4.9.



FRILIGGANDE HUS

Figur 4.7 Fasadutformning av SPARSAM-husen. Glasverandan som är i två plan och täcker i stort sett hela söderfasaden ger SPARSAM-husen ett karaktäristiskt utseende.



KEDJEHUS

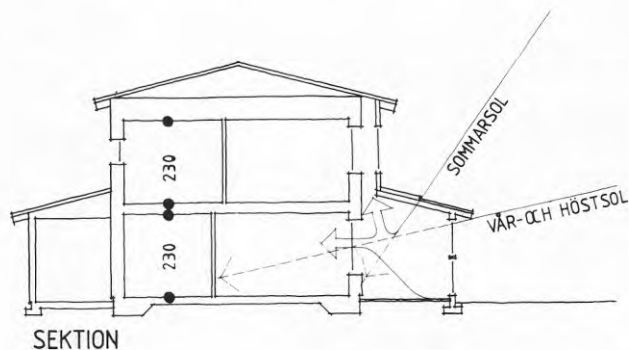
Figur 4.8 SPARSAM-husen kan tack vare sin planlösning enkelt anpassas till kedjehus med garage mellan huskropparna.



RADHUS

Figur 4.9 SPARSAM-husen kan även byggas samman till radhus.

Glasverandan är byggd i två plan som framgår av sektion - Figur 4.10 -. Den är gjord så att direkt solstrålning under vår och höst (i någon mån även vinter) kan nå direkt in i bostaden och därigenom bidra till uppvärmningen. Under sommaren när solen står högt når inte den direkta strålningen in i rummet tack vare taktäckningen på verandan.



SEKTION

Figur 4.10 Sektion. Våningshöjden är vald till 2,3 m mot normalt 2,4 m.

Fönstren i bostadsdelen har båge och karm av trä samt trippel isolerglas. Drygt 90% av totala fönsterarean är förlagd mot verandan. Inga fönster finns i gavelväggarna.

Två hus är byggda med tunga betongstommar. Ett hus är byggt med en ny typ av plåtreolar i bärande stomme. Lättbyggsystem med Rockwools lättreglar har använts i de två husen i Malmö. Alla husen har platta på mark med isolering under betongplattan. k-värde för yttre respektive inre randfält är beräknat till $k=0,30$ respektive $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dessa beräkningar förutsätter grundläggning på morän och någon hänsyn till effekterna av utvändigt förlagd markisolering har inte tagits.

Vindsbjälklaget har 350 mm mineralullsisolering av skivor och mattor i samtliga hus.

SPARSAM-husen är projekterade för att med olika byggnadsteknik erhålla samma k-värde för de olika byggnadsdelarna. Se tabell 4.1

Tabell 4.1 Sammanställning av projekterade k-värden för olika byggnadsdelar i de fem SPARSAM-husen. Husen har olika konstruktion men resp byggnadsdelar har samma k-värden

Byggnadsdel	k-värde $\text{W/m}^2\text{K}$	Area m^2	A*k W/K
Grund (genomsnitt)	0,24*	55,2	13,2
Väggar	0,17	123,2	20,9
Tak	0,11	55,2	6,1
Fönster	1,90	16,5	31,3
Ytterdörrar	1,00	5,3	5,3

* Ingen hänsyn har tagits till markisolering runt huset eller till inverkan av glasgård resp förråd eller garage

Taktäckning utgörs i samtliga hus av profilerad lackerad stålplåt. Plåten är på insidan belagd med ett tunt skikt som har en viss fukthållande förmåga s k "no con drop". En liten mängd kondens behöver på detta sätt ej medföra "rinnande vatten".

I alla husen finns Gustavsbergs WSS (Water-Saving system) som är ett system för att minska vattenmängden vid toalettspolning från normalt ca 6 liter till ca 3 liter.

I två hus finns en särskild s k "krislösning". Den innebär att i Stockholmshuset, S8, och i Malmöhuset, M4, har en vedkamin installerats i köket. Vedkaminerna har kokplatta för matlagning. I M4 är kaminen ansluten till varmvattenberedaren och till ett självcirkulerande uppvärmningssystem. Avsikten med krislösningarna är att uppvärmning och matlagning skall kunna ske i händelse av totalt elavbrott.

I tabell 4.2 redovisas en sammanställning av de fem husens särdrag.

Tabell 4.2 I tabellen visas vad som är specifikt för respektive hus beträffande konstruktion och antal boende under större delen av utvärderingsperioden

	Husets beteckning				
	S7 Stockholm	S8	S9	M4 Malmö	M7
Stomme, ytter- väggar	betong	betong	plåtreglar ¹⁾	lättreglar ²⁾	lättreglar ²⁾
bjälklag	betong	betong	trapetspro- filerad plåt	träbjälkar	träbjälkar
Fasad- material	betong	betong	plåt med puts	tegel o träpanel	tegel o träpanel
Glasveran- dans orien- tering	syd	väst	syd	sydväst	sydväst
Vedkamin (krislösn)	nej	ja	nej	ja	nej
Antal boende	1-2 vuxna 1-2 barn	2 vuxna 2 barn	2 vuxna 1 barn	2 vuxna 1 barn	2 vuxna 1 barn
Antal hundar	1	-	2	-	-

Anm Beteckningen S står för Stockholm och M för Malmö. Siffran i beteckningen hänför sig till respektive tomtnummer och har av praktiska skäl bibehållits i redovisningen

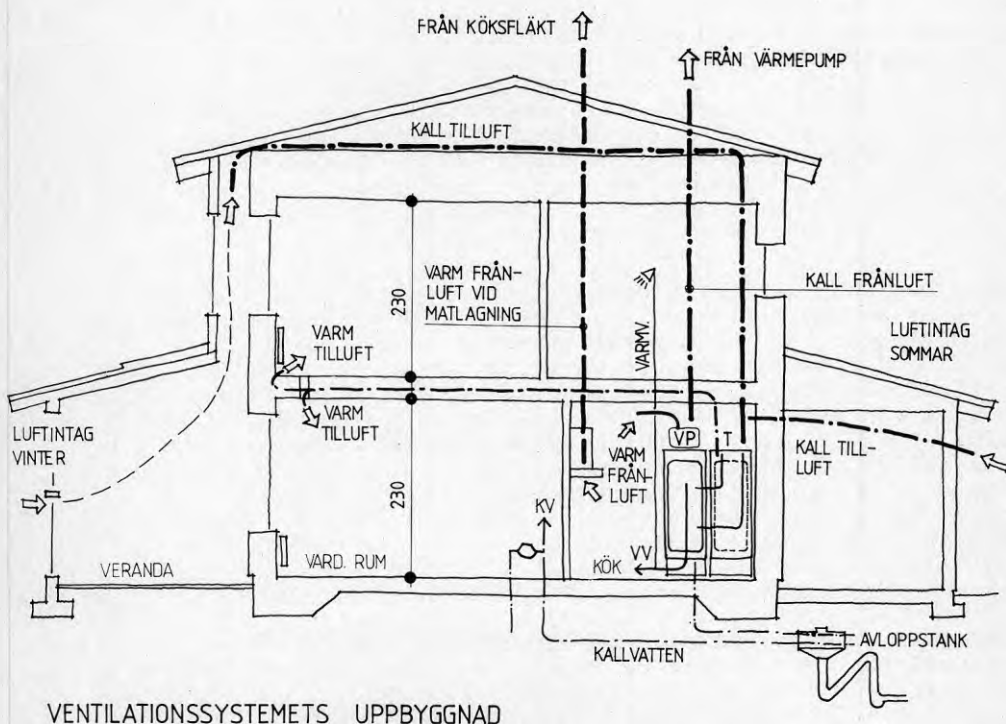
1) Specialtillverkade reglar från Dobel.

2) Lättreglar från Rockwool AB

4.2 Uppvärmnings- och ventilationssystem

Husen har ett integrerat ventilations- och uppvärmningssystem. Förvärmad tilluft i ventilationssystemet ger husen en basvärme. "Spetsvärme" under de kallaste perioderna fås från direktverkande elradiatorer.

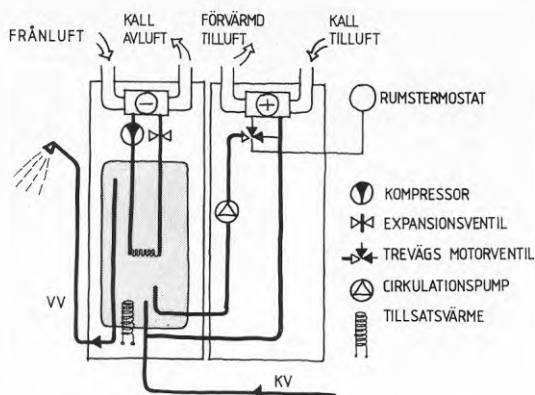
Ventilationssystemet har fläktstyrd till- och frånluft med en värmepump som återvinner energi ur frånluften - ett s k Aquaes-system från Elektrostandard. Energin från värmepumpen används för att värma tappvarmvatten och till uppvärmning av tilluften. Figur 4.11 och 4.12. Om denna inte räcker till för att hålla varmvattenberedarens temperatur över ett på förhand valt värde inkopplas tillsatsvärmare av el på sammanlagt 1 500 W i varmvattenberedaren.



VENTILATIONSSYSTEMETS UPPBYGGNAD

Figur 4.11

Principskiss som visar ventilationssystemets uppbyggnad. När uppvärmningsbehov föreligger tas tilluften in genom glasverandan där den förvärms dels av solinstrålning dels av läckagevärme från bostadsdelen. Ytterligare uppvärmning av tilluften sker i tilluftaggregatet innan luften kommer in i vardagsrum resp sovrum. Sommartid kan tilluften tas in direkt utifrån vilket gör det möjligt att kyla huset i synnerhet nattetid. Avluften från köksfläkten går direkt ut.



Figur 4.12

Figuren visar hur tilluftsaggregatet med frånluftsvärmepumpen är uppbyggt. Frånluftens temperatur sänks till ca $+5^{\circ}\text{C}$ i ett kylbatteri. Värmepumpen avger värme till en varmvattenbehållare. Från denna tas dels varmvatten dels värme till ett tilluftsaggregat. En cirkulationspump cirkulerar nämligen varmvattnet till detta när uppvärmningsbehov föreligger. Om energin från värmepumpen inte räcker till att hålla tillräckligt hög temperatur på varmvattnet kopplas elektrisk tillsatsvärme in.

Tilluften tas under uppvärmningssäsongen in genom glasverandan och förvärms där av solinstrålning och läckagevärme från huset. För att sommartid undvika övertemperaturer inne i huset kan tilluften tas in direkt utan förvärmning genom ett don i en norr- eller östervägg. Ventilationssystemet har alltså två driftsfall: vinterfallet med tilluftsintag via glasverandan och sommarfallet med tilluft direkt utifrån i norr- eller östervägg. Omställningen måste göras manuellt med två spjäll. Den bör göras så sent som möjligt på våren respektive så tidigt som möjligt på hösten för att så mycket som möjligt ta till vara gratisvärmerna från glasverandan.

Uppvärmningen regleras av termostater. Förvärmningen av ventilationsluften regleras via en central termostat i vardagsrummet och spetsvärmerna via termostater som finns på varje elradiator. När temperaturen sjunker under inställt värde slår en växelventil om så att varmvatten leds in i tillufts batteriet. Räcker denna värme inte till utan temperaturen vid termostaten sjunker ytterligare ca 1°C så kopplas elradiatorerna in. Dessa regleras sedan individuellt av de inbyggda radiatortermostaterna. Reglersystemet innebär bl a att så länge förvärmningen av tilluften är tillräcklig för att klara att hålla inställd rumstemperatur styrs temperaturen i hela huset av centraltermostaten i vardagsrummet. Först när spetsvärme erfordras från elradiatorerna kan rumstermostaterna på resp radiator påverka rumstemperaturen. Möjligheten till individuell rumstemperaturreglering är sålunda begränsad till tider då behov av spetsvärme finns. Det är i konsekvens därmed inte heller möjligt att få högre temperatur i ett rum så länge som centraltermostaten inte kallar på radiatorvärme.

Vid värmeöverskott kopplas först elradiatorerna bort och sedan tilluftsvärme via värmepumpen. På detta sätt prioriteras värmepumpen att alltid arbeta optimalt.

En förutsättning för att termostatregleringen skall fungera och elvärmerna kunna kopplas in är att cirkulationspumpen som cirkulerar varmvatten från varmvattenberedaren till tilluftsaggregatet är påslagen. Detta måste göras manuellt.

Tilluften blåses in i bostaden under elradiatorerna i sovrummen på övervåningen och genom takventiler nära ytterväggen i vardagsrummet på nedre våningen. Frånluften tas från kök, toaletter, tvättrum och klädkammare. Luftflödena är dimensionerade i enlighet med kraven i Svensk Byggnorm (SBN 80 kap 36). Tabell 4.3. SBN anger lägsta dimensionerade frånluftsflöden för kök, toaletter och tvätt till 10 l/s och ett generellt minimikrav på 0,35 l/s m² för alla ytor. För SPARSAM-husen innebär SBN:s krav att den totala frånluftsmängden skall vara 42 l/s (151 m³/h) Husens volym är 240 m³ om garderober och mellanväggar borträknas Den totalt erforderliga frånluftsmängden motsvarar 0,63 luftomsättningar per timme.

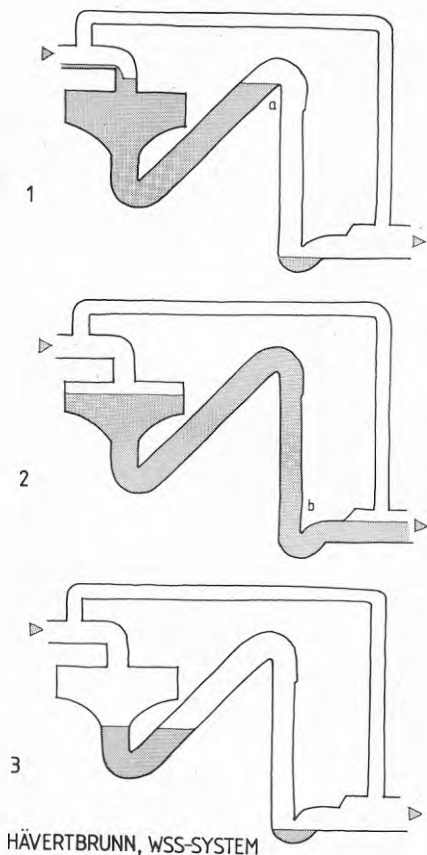
Tabell 4.3 Ventilationskrav enligt SBN 80 kap 36. Som framgår av tabellen är summan av delkraven på luftmängder i olika utrymmen dimensionerande för ventilationen

SBN krav	Rum	Frånluftsmängd		
		l/s	m ³ /h	oms/h
min	kök	10	36	
frånlufts-	tvättrum	10	36	
flöde i	WC-bottenvån	10	36	
resp rum	WC-övervån	10	36	
	kläd-			
	kammare	2	7	
	summa	42	151	0,63
generellt minimikrav				
0,35 l/s m ² för hela				
huset		38	137	=0,57

Ventilationssystemet är avsett att underbalanseras med 20% vilket innebär att mängden fläktstyrd tilluft är 80% av den fläktstyrda frånluftsmängden. Underbalanseringen görs för att erhålla ett litet undertryck i husen vilket minskar riskerna för skadlig fuktkonvektion (fukt som transporteras via luft rörelser).

I de tre husen med lätt stomme transporteras luften i vanliga plåtkanaler. Husen med betongstomme har hålbjälklag. Hålen i dessa utnyttjas så långt som möjligt till ventilationskanaler. I övrigt används även här plåtkanaler.

Frånluftsdonen är individuellt justerbara. Tilluftsdonen i tak i vardagsrummet är justerbara men däremot inte donen under radiatorerna. Både från- och tilluftsfläktar har tre möjliga fläkthastigheter. Fläktarna kan inställas manuellt oberoende av varandra.



Figur 4.13

Skisser som visar WSS-systemets funktion. Så här fungerar hävertbrunnen. Genom inloppsledningen kommer vätska från WC, tvättställ, dusch etc. Behållaren och stigröret fylls upp till kulmineringspunkt (a). Vid ytterligare begränsad spolning från t ex tvättställ eller dusch brunnen bara över. Vid en toalettspolning rinner vätskan ner till det icke stängande vattenlåset (b) som stängs och bildar en vattenpropp som går ut genom avloppsröret. Då bildas ett undertryck i det lodräta röret som gör att en sammanhängande vätskepelare bildas. Vattnet pressas av atmosfärstrycket genom anordningen som får hävertverkan tills behållaren är tömd och luften sugs in i stigarledningen.

4.3 Vatten- och avloppssystem

I SPARSAM-projektet avser man uppnå en låg vattenförbrukning genom installation av Gustavsbergs WSS-system (Water Saving System), flödesreglerare och ettgreppsblandare.

Vattenförbrukningen i samband med WC-spolning är normalt relativt hög. Detta beror på att det krävs stora spolvolym, 9 eller 6 liter per spolning, för att undvika stopp i avloppssystemet. Gustavsberg har utvecklat ett s k WSS-system som endast kräver 3 liters toalettspolning. En sådan låg spolvolym har tidigare ej varit möjlig pga att renspolningseffekten inte blir tillräcklig i kommunala ledningar. Genom att använda en ackumuleringsstank som töms automatiskt har WSS-systemet godkänts för anslutning.

WSS-systemet fungerar på så sätt att avloppsvattnet ackumuleras i en hävertbrunn med 18 liters volym. Vid långsam vattenspolning töms avloppsvattnet genom bräddning. En toalettspolning utlöser hävertverkan och tanken töms. Se figur 4.13. Med WSS-systemet avses kallvattenbehovet kunna reduceras.

Man avser i SPARSAM-projektet att kunna utnyttja viss värmeåtervinning från avloppsvattnet. Inkommande kallvattenledning för varmvatten har nämligen förlagts i en slinga runt avloppstanken varför man räknar med att få en viss förvärmning av detta vatten. Se figur 4.11.

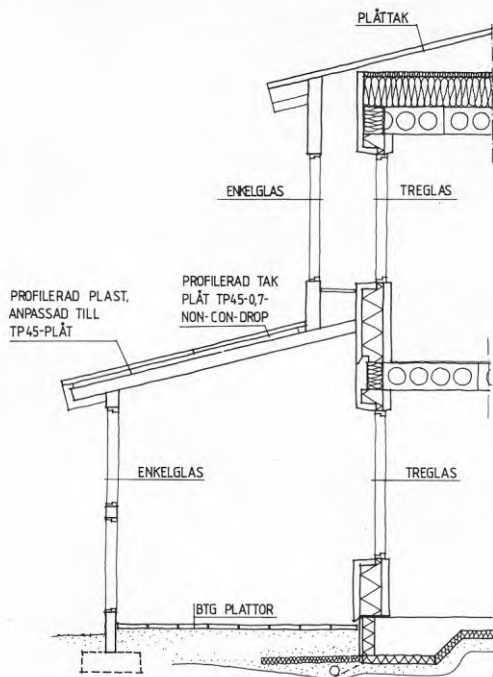
4.4 Byggnadsteknik - betonghusen (hus S7 och S8)

Husen är i två plan med bärning på ytterväggarna. I figuren 4.14 visas i sektion genom glasveranda husens principiella uppbyggnad. Verandan har enkelglas medan i huset finns tre-glasfönster. Husen avses kunna fungera även utan veranda. En del av taket till verandan är täckt med plåt för att sommartid minska solinstrålningen.

Grundläggning är med kantförstyvad platta på mark. Under kantbalken ligger en 80 mm cellplastskiva. I övrigt utgörs isoleringen under samt runt plattan av 100 mm hård mineralullsskiva. Figur 4.15.

Betongen i plattan är gjuten mot värmeisolerande kantelement s k T-sockel. T-sockelelement utgörs av 120 mm cellplast som är limmad mot träullsplattor. De senare utgör även putsbärare för sockelputsen.

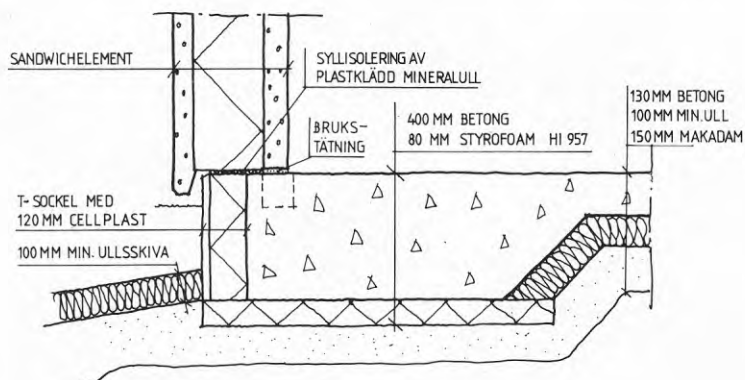
Ytterväggarna utgörs av betongsandwichelement. Det är våningshöga element som består av två betongskivor med mellanliggande isolering av cellplast. Figur 4.16. Betongelementen är tillverkade av Systembetong AB. Tjockleken på isolerskiktet är 220 mm och k-värdet för väggen är beräknat till $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ om ingen hänsyn tas till köldbryggor, armeringsstegar, kantförstyvningar m m.



SEKTION GENOM VERANDA

Figur 4.14

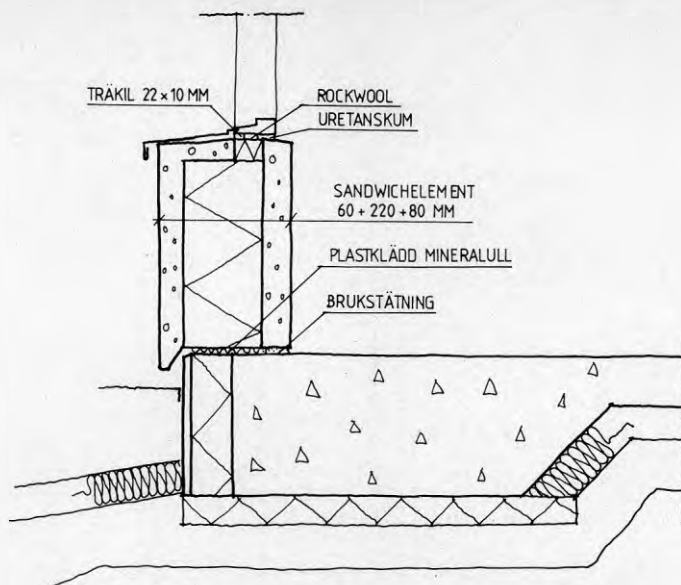
Figuren visar sektion genom glasveranda till betonghusen. Av sektionen framgår husens principiella uppbyggnad - platta på mark - hus i två plan - låg taklutning - veranda i enkelglas som täcker båda våningarna. Denna uppbyggnad är lika för samtliga SPARSAM-hus.



BÖTTENPLATTA - BETONG

Figur 4.15

Anslutning mellan sandwichelement och platta på mark. Det finns isolering under hela betongplattan - även under kantförstyvningar. husen finns markisolering av mineralullsskiva.

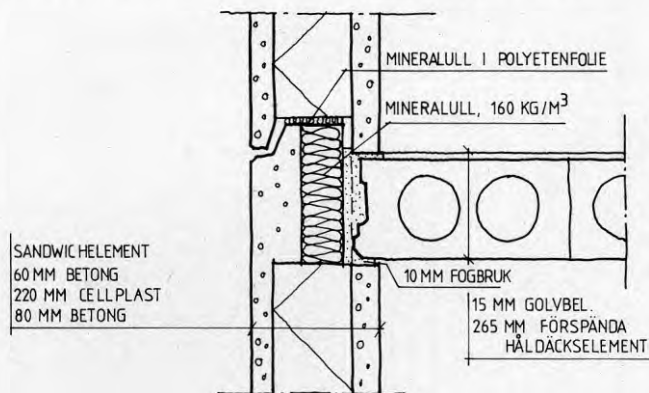


FÖNSTERANSLUTNING - BETONG

Figur 4.16 Ytterväggarna i betonghusen utgörs av sandwich-element med isolering av 220 mm cellplast. Fönster har monterats på byggplatsen. Tätning mellan karm - och vägg har gjorts med polyuretanskum.

Fönstren är platsmonterade med kilar i ytterväggselementen. Mellan karm-vägg har tätats och isolerats med polyuretanskum.

Den inre betongskivan i väggen är bärande och står på betongplattan i bottenbjälklag resp mellanbjälklag. Sylltätningen består av en plastinklädd mineralullsremsa. Figur 4.17.

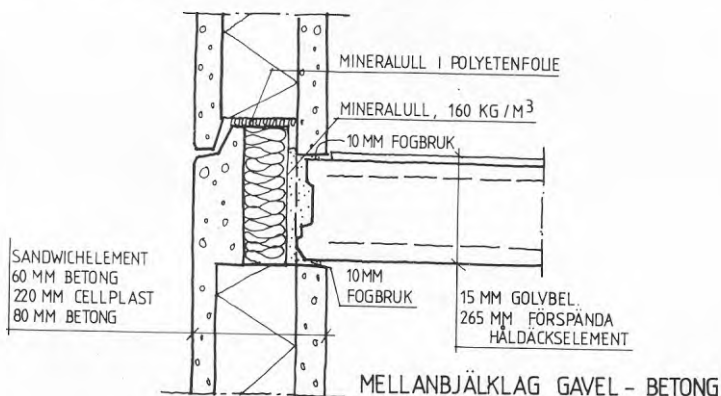


MELLANBJÄLKLAG - BETONG

Figur 4.17 Anslutning mellan yttervägg - långsida mellanbjälklag. Bjälklagskanten isoleras med 100 mm mineralull av hög densitet. Lufttätning åstadkoms av en mineralullsremsa klädd med plastfilm och fogbruk.

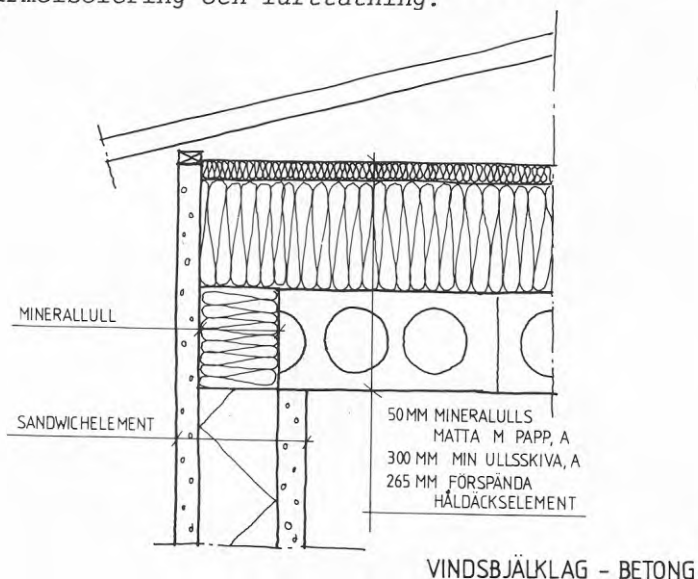
Gavelväggarna består av två stycken våningshöga sandwich-element. Den horisontella fogen är utformad med droppnäsa och tröskel som regntätning. En plastinklädd mineralull utgör värmeisolering och lufttätning tillsammans med invändigt fogbruk. Figur 4.18.

Vid takfoten går den yttre betongskivan förbi bjälklagskanten och till i höjd med överkant värmeisoleringen. Figur 4.19. Betongskivan kommer därmed att effektivt skydda mineralullen för luftinblåsning och annan klimatpåverkan.



Figur 4.18

Anslutning mellan gavelväggar och mellanbjälklag. Droppnäsa och tröskel fungerar som regntätning. Plastinklädd mineralull som värmeisolering och lufttätning.



VINDSBJÄLKLAG - BETONG

Figur 4.19

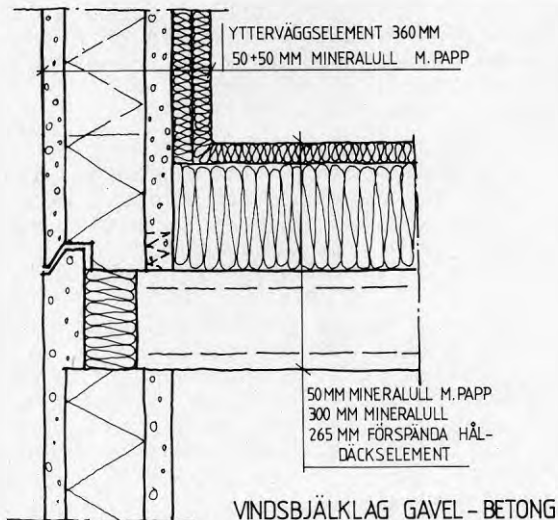
Anslutning yttervägg - vindsbjälklag långsida
Den yttre skivan av betongelementen dras nästan upp till yttertaket och ger därigenom isoleringen på vind och bjälklagskant ett utmärkt klimatskydd.

Till gavelspetsar har använts särskilda sandwichelement.
Figur 4.20. På vindsbjälklaget finns 300 mm mineralullsskivor i två skikt och 50 mm mineralullsmatta med papp som vindskydd.

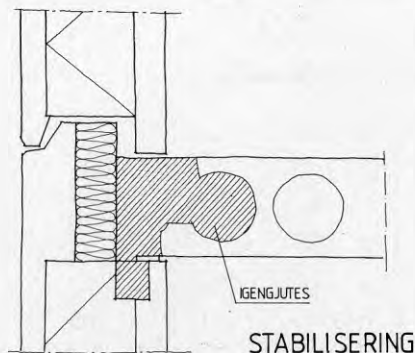
Takstolen är en uppstolpad träregelkonstruktion.

Bjälklagen är fribärande förspända håldäckselement med 265 mm tjocklek. Sidostabiliseringen av byggnadsstommen sker genom att bjälklag och ytterväggar har gjutits samman vid bjälklagsuppbyggnaden. Figur 4.21.

Mellanväggarna är utgörs av gipsskivor som skruvas på stålreglar.



Figur 4.20 Anslutning yttervägg - vindsbjälklag gavel. Till gavelspetsen har använts specialtillverkade sandwichelement med i princip lika uppbyggnad som väggelementen. Gavelspetsarna är således mycket välisolerade.



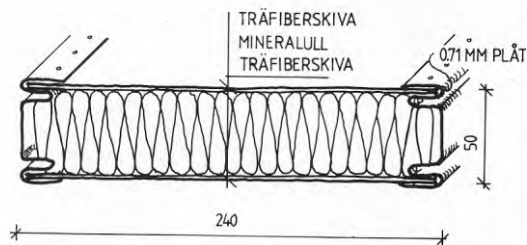
Figur 4.21 Husen sidostabiliseras genom att bjälklag och ytterväggar gjuts samman vid bjälklagskanten där lyftöglor finns. I sammangjutningen finns även armeringsjärn.

4.5 Byggnadsteknik - huset med plåt i bärande stomme (hus S9)

Till det s k plåtregelhuset har en helt ny typ av lättreglar s k plåtreglar använts. Figur 4.22. Den nya regeln plus andra plåtprodukter har medfört att stommen har fått ett annat utseende än vanligt. Stommen är uppbyggd av ett regelsystem som består av plåtreglar, plåtvinklar och gipsskivor in- och utvändigt. Väggarna byggs liggande på plats och reses sedan vägg för vägg. Centrumavstånd mellan reglar är 600 mm. Plåtregeln liksom de flesta andra plåtprodukterna är tillverkade av Dobel AB. Mineralullsisoleringen i ytterväggarna är 240 mm tjock. Grundläggningen är med platta på mark. Till formsättning och kantisolering av betongplattan har använts lättklinkerblock. Ytterligare värmeisolering av cellplast har anbringats på blockens insida. Runt huset finns en horisontell markisolering för att minska värmeförlusterna och även för att förhindra tjälnedträngning under kantbalken. Figur 4.23.

Väggelementen har ställts ovanpå lättklinkerblocken och fixerats med plåtvinklar. Plåtvinklarna förankras i dessa med särskilda infästningsdon. Mellan plåtvinklar och lättklinkerblock läggs remsor av plastfilm och mineralull för fuktskydd och värmeisolering respektive lufttätning.

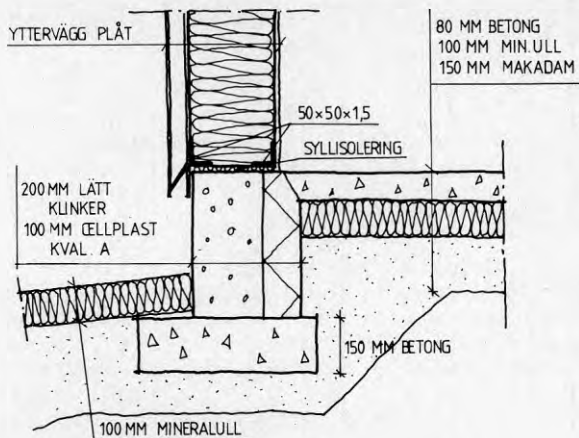
Till lufttätning och ångspärr i väggar och vindsbjälklag utnyttjas plastfilm. Med hänsyn till att plåtprofiler är tämligen vassa har särskild omsorg ägnats detaljutformningen. En remsa av plastfilm har t ex placerats mellan plåtregel och vinkelprofil mitt för mellanbjälklaget. Figur 4.24. Denna remsa möjliggör kontinuitet hos det lufttätande skiktet. Remsans bredd är så stor att det blir ett överlapp på minst 200 mm till plastfilmen i undre respektive övre våning.



PLÅTREGEL

Figur 4.22

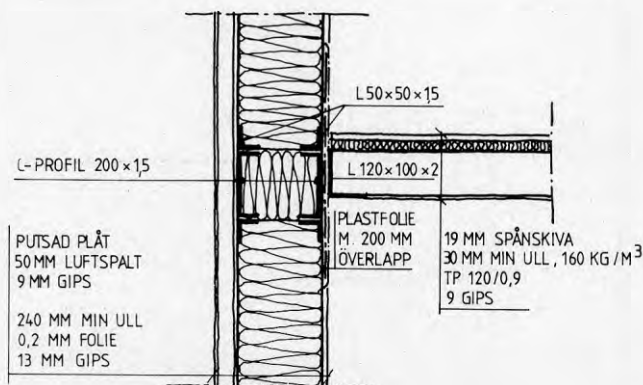
Sektion genom s k plåtregel. Plåtregeln är uppbyggd av två träfiberskivor som hålls samman av två plåtprofiler. Träfiberskivorna pressas ihop av plåtprofilerna. Regeln är fylld med mineralull varigenom köldbryggeeffekten av regeln begränsas.



BOTTENPLATTA - PLÅT

Figur 4.23

Anslutning mellan yttervägg och betongplatta. Plattan har särskilda kantblock av lättklinker som isolerats på insidan med cellplast. Ytterväggslasterna förs ned till grundplattan via lättklinkerblocken. Betongplattan har därför kunnat göras tunn vilket bl a medför en kort uttorkningstid.



MELLANBJÄLKLAG - PLÅT

Figur 4.24

Anslutning mellanbjälklag - yttervägg. Trapetsplåten i mellanbjälklaget är upplagd på en vinkelprofil som monterats på de vertikala reglarna. I samband med stommontaget anbringas en remsa av plastfilm mitt för bjälklagskanten. Plastfilmen i över- och undervåningen skarvas skarvas och klämtätas mot denna remsa.

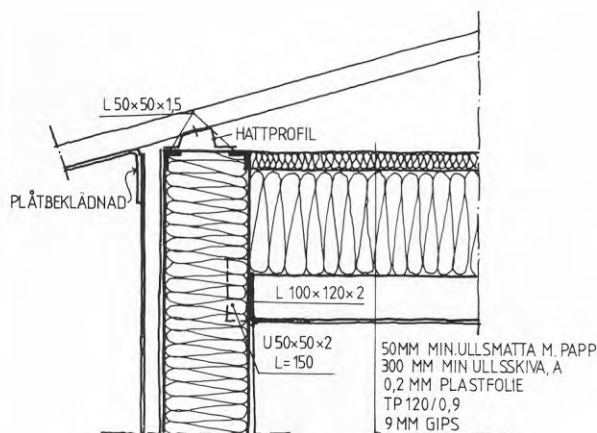
Mellan- och vindsbjälklag består av bärande trapetsprofilerad plåt (TP 120/0,9).

Golvet i övervåningen består av spånskivor ovanpå 30 mm tung mineralull som i sin tur ligger ovanpå trapetsplåten.

Ytterväggarnas anslutning vid tak har kunnat utformas med full isolertjocklek till i höjd med överkant på vindsisoleringen. Figur 4.25 och 4.26.

Karmyttermåtten hos fönstren har anpassats till ett regelsystem med c-avstånd 600 mm, varför extra vertikala regler inte behövts. En plåtregel har använts som kortling mellan de vertikala plåtreglarna. Fönsterkarmen fästes i plåtregeln med hjälp av plåtvinklar. Tätning mellan karm och regler har gjorts med polyuretanskum. Figur 4.27 och 4.28. Det är viktigt för lufttätningen att plastfilmen i väggen ansluts väl till fogtätningen mellan karm och vägg

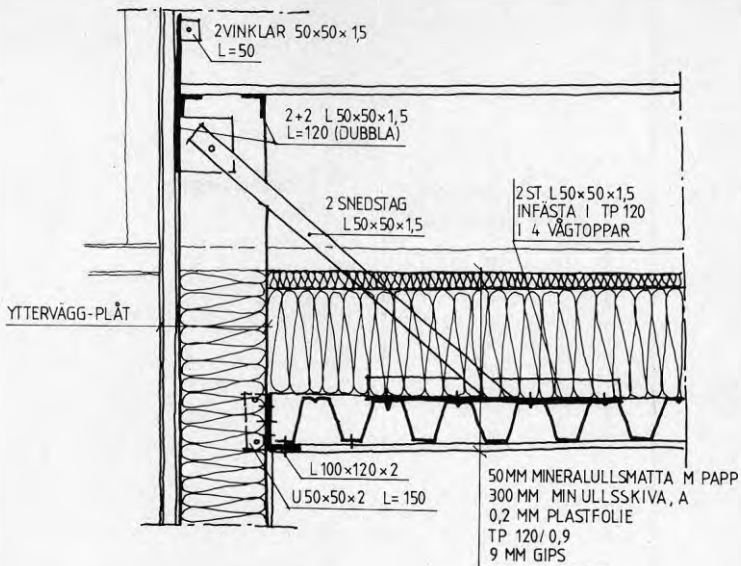
Plåtregelhuset har putsad plåtfasad (s k Scan-face eller Miljöfasaden). Den består av ett kassettsystem för ytbeklädnad av fasader. Kassetterna utgörs av plana aluzinkbehandlade plåtar. När plåtkassetterna monterats och fogarna spacklats sprutas en speciell plastputs av valfri kulör på plåtarna. Utseendet påminner på så sätt om vanlig puts. Huset påminner i utseende mycket om betonghusen. Endast på nära håll kan man uppfatta skillnader.



VINDSBJÄLKLAG - PLÅT

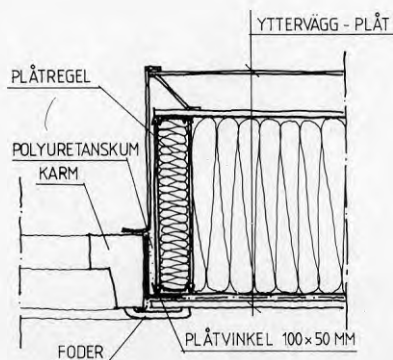
Figur 4.25

Anslutning vid takfot långsida. Vindsbjälklaget som är uppbyggt från en trapetsprofilerad plåt är upplagt på U-profiler i ytterväggens insida. Isolertjockleken är på så sätt densamma mitt för bjälklaget som i väggen i övrigt.



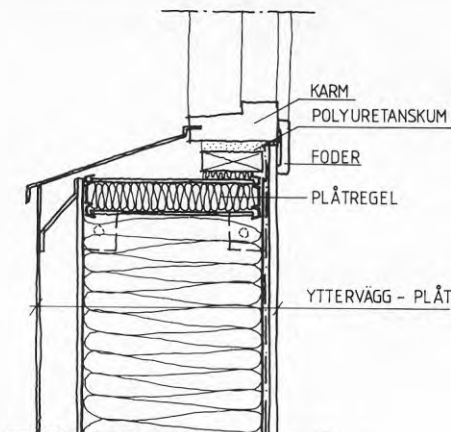
VINDBJÄLKLAG GAVEL-PLÅT

Figur 4.26 Anslutning vindbjälklag - gavelvägg.



FÖNSTERANSLUTNING, PLAN - PLÅT

Figur 4.27 Fönsteranslutning - plansektion. Fönsterkarmen fästs med hjälp av plåtvinklar i plåtregeln. Tätning mellan karm och vägg görs med polyuretanskum.



FÖNSTERANSLUTNING, SNITT - PLÅT

Figur 4.28

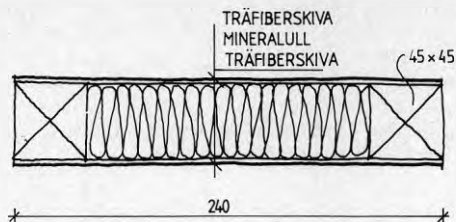
Fönsteranslutning - vertikalsnitt vid karmbottenstycke. För god lufttätning är det viktigt att plastfilmen i väggen dras ända fram till polyuretanskumfogan så att god kontinuitet uppnås. Fönstren har bl a av denna anledning placerats i plan med ytterväggens insida. För att fönsterblecket skall få tillräcklig lutning har en träregel placerats ovanpå den horisontella plåtregeln så att fönstret lyfts upp ett stycke.

4.6 Byggnadsteknik - hus med lättbyggsystem (hus M4 och M7)

Stommen är byggd med Rockwools lättbyggsystem i ytterväggarna och homogena träbjälkar i bjälklagen. Med lättbyggsystemet byggs stommen upp ungefär som en konventionell träregelstomme. Lättbyggsystemet används för att minska träanvändningen och köldbryggeeffekten av träreglarna. Lättreglarna utgörs av klena homogena träreglar som är förbundna med hårda träfiberskivor med limning. Se figur 4.29. Hållrummet mellan träfiberskivorna är fyllt med mineralull.

Isoleringens tjocklek är som i plåtregelhuset, dvs 240 mm i ytterväggarna och 350 mm på vindsbjälklaget.

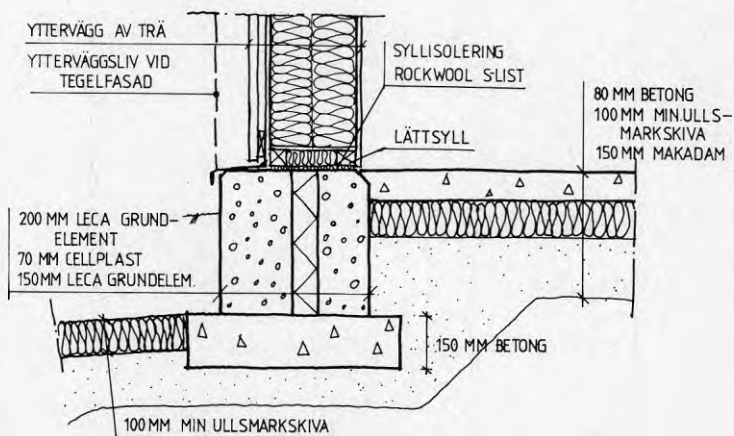
Grundläggningen är med platta på mark med värmeisoleringen under betongplattan. Lättklinkerblock med utvändig puts har använts till formsättning och kantisolering av betongplattan.



LÄTTREGEL

Figur 4.29 Uppbyggnad av Rockwool lättregel. Lättbalkar och lättsyllar utförs på motsvarande sätt. Träfiberskivorna limmas mot de solida träreglarna.

På lättklinkerblockens insida finns ytterligare värmeisolering av cellplast. Runt huset finns en horisontell markisolering av mineralull för att minska värmeförlusterna och även för att förhindra tjälnedträngning under kantbalken. Figur 4.30.



BOTTENPLATTA- LÄTTBYGGSYSTEM

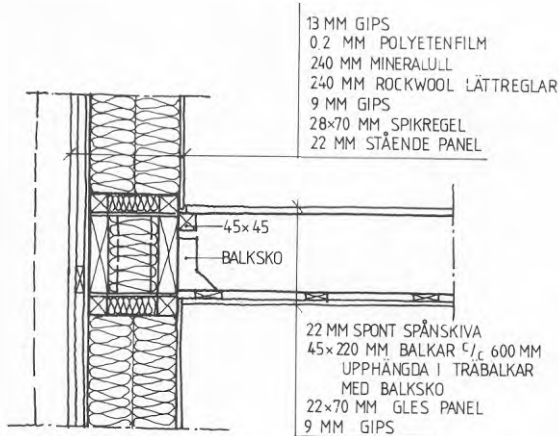
Figur 4.30

Anslutning mellan yttervägg och bottenplatta. Ytterväggarna vilar på dubbla kantelement av lättklinker med mellanliggande cellplastisolering. Även Malmöhusen har isolering under betongplattan och markisolering runt husen.

Ytterväggarna har vindskydd av gipsskivor och fasad av antingen träpanel eller fasadtegel. Plastfilm utgör det lufttätande skiktet. I figur 4.31 visas ytterväggarnas anslutning till mellanbjälklaget. Genom att använda balkskor behöver balkändarna inte penetrera plastfilmen utan denna kan dras obruten förbi. Lösningen med två balkar i väggen medför också goda möjligheter att få god kantisolering av själva bjälklagskanten.

Konstruktionen vid takfot är snarlik den vid mellanbjälklaget på sätt att lasterna från taksktolarna överförs via två högkantställda balkar till ytterväggarna. Figur 4.32. Takstolarna är också utformade så att isoleringen på vindsbjälklaget har full tjocklek (350 mm) ända fram till den vindskyddande gipskivan.

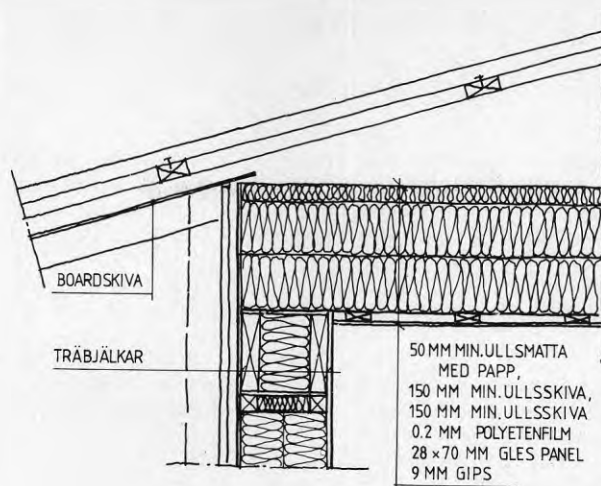
I figuren 4.33 visas hur vindsbjälklaget ansluter mot gavelväggen.



MELLANBJÄLKLAG - LÄTTBYGGSYSTEM

Figur 4.31

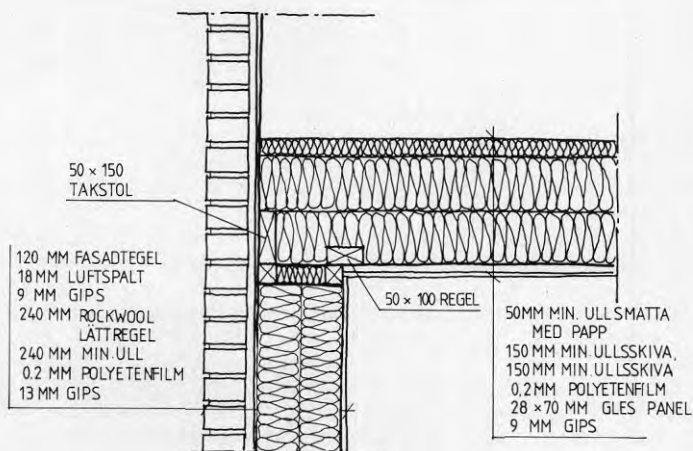
Anslutning mellan yttervägg och mellanbjälklag. Lasterna från mellanbjälklaget överförs till ytterväggen genom att balkskor av plåt använts. Bjälklagsändarna ligger således helt innanför klimatskalet varför plastfilmen kan dras obruten förbi dem. Balkarna kommer då också att ligga helt torrt.



VINDSBJÄLKLAG - LÄTTBYGGSYSTEM

Figur 4.32

Anslutning vid takfot. Takstolen har utformats så att full isolertjocklek kan användas på vinden ända fram till den vindsyddande gipsskivan.



VINDSBJÄLKLAG GAVEL - LÄTTBYGGSYSTEM

Figur 4.33

Anslutning mellan vindsbjälklag och gavelspets.

5 SYFTE MED DEN ENERGITEKNISKA UTVÄRDERINGEN

Syftet med den energitekniska utvärderingen kan sammanfattas i följande frågor:

- * Kan ett energimål uppnås som innebär mindre än 10 000 kWh per år i total förbrukning för värme, varmvatten och hushållsel i Stockholmsklimat? Hur fördelar sig energiflödet? Om målet inte uppnås vad är orsaken till detta?
- * Hur mycket energi kan fås från solvärme genom en glasveranda?
- * Hur påverkar glasverandan övertemperaturer sommartid? Hur utnyttjas och värderas den av de boende?
- * Hur fungerar en frånluftsvärmepump i ett lågenergihus? Hur mycket energi ger den under olika driftförhållanden?
- * Vad betyder vattensnålhet från vatten- och energisparsynpunkt?
- * Vad betyder en tung stomme från energi- och komfortsynpunkt i jämförelse med en lätt?
- * Fungerar en krislösning på ett tillfredsställande sätt för att klara en situation med totalt strömavbrott?

Om målet att den totala energiförbrukningen skall vara lägre än 10 000 kWh/år måste energiförbrukningen för såväl hushållsel som varmvatten begränsas. En intressant följdfråga är om det värme som tillförs husen för uppvärmning antingen genom förvärmning av tilluften eller via de direktverkande elradiatorerna är tillräckligt för att kunna klara temperaturregleringen? Ökar problemen med att uppnå önskad temperatur till följd av att den okontrollerade energitillförseln har för stor andel av den totala tillförseln.

De ökade isolerkraven och strävan efter att orientera husen med huvuddelen av fönsterarean mot söder har medfört problem med övertemperaturer sommartid. Hur mycket betyder en tung stomme i förhållande till en lätt för temperaturutjämnningen under dygnet? Hur påverkar en glasveranda komforten?

Ger en tung stomme någon energibesparing genom sin värmeackumuleringsförmåga vid de små temperatursvängningar som normalt accepteras i bostäder under uppvärmningssäsongen?

Vad medför en styrd nattsänkning (eller dagsänkning) för temperatursvängningar i ett lågenergihus och hur påverkar det den tunga stommens möjlighet till energibesparing.

Storleken på energiförlusterna med avloppsvattnet är relativt okända och flera försök har gjorts för att återvinna energi från avloppsvattnet. Kan någon betydelsefull värmeåtervinning från avloppsvattnet ske genom det relativt enkla arrangemang som en vattenslinga runt avloppstanken innebär?

6 METODIK FÖR UTVÄRDERINGEN

6.1 Bakgrund

Huvudmålet med den energitekniska utvärderingen tar sikte på att bestämma den totala årliga energiförbrukningen i provhusen. De förhandskalkyler som gjorts visar att endast en mindre andel (mindre än 1/3 av köpt energi) av den totala energiförbrukningen i husen tillförs via det egentliga uppvärmningssystemet. Detta betyder att energibalansen i husen i hög grad beror på driftsförhållanden och boendevanor. För att tillfullo utnyttja de möjligheter till energisnål drift som nya hus erbjuder krävs mycket god samverkan mellan installationer och byggteknik. Det innebär också att energisnålheten beror på skötsel och inställning av tillgänglig utrustning.

Som ovan nämnts kommer en betydande andel av energin till uppvärmning av nya hus från hushållsel och från de boende. Noggranna överväganden har därför resulterat i att utvärderingen av husens funktion i huvudsak bör ske när de bebos. För att kunna bestämma inverkan av olika boendevanor krävs relativt omfattande mätningar. En utvärdering av bebodda hus är naturligtvis betydligt mer komplicerad än av enbart obebodda. Funktionen hos enskilda komponenter kommer därför att utvärderas med relativt stor osäkerhet. Å andra sidan lämpar sig experimenthus mindre väl för bestämning av enskilda komponenters optimala funktion. Sådana bestämningar kan göras med betydligt bättre precision i laboratorier där randvillkoren noggrant kan styras, regleras och kontrolleras.

Innan storskalig tillämpning av ny teknik sker är utvärdering av hela system helt nödvändig. Utvärdering kan göras med beräkningsmodeller, experiment eller en kombination av dessa. I ett experimenthus fås i första hand en möjlighet att studera och utvärdera den totala funktionen av hur samtliga komponenter samverkar under normala och realistiska driftsförhållanden. Olika sammanlagringseffekter kan utvärderas.

Genom att göra omfattande mätningar kan fördelar och nackdelar hos de olika komponenterna relativt väl definieras. Resultaten bör på så sätt kunna ligga till grund för systemförbättringar.

För att i viss mån eliminera boendevanornas inverkan avsågs den tekniska funktionen kunna utvärderas under några kortare perioder för obebodda hus. En period inplanerades mellan husens färdigställande och inflyttning då dels installation och intrimning av datoriserad mätutrustning skulle ske dels också en teknisk utvärdering av husen.

Tidigt planerades att de egentliga mätningarna skulle pågå under två år. Under det första året måste nödvändiga slutjusteringar av anläggningarna utföras. Likaså erfordras en viss tid innan människor bott in sig i ett nytt hus och lärt sig att sköta sin anläggning.

Det andra året avser att vara det egentliga utvärderingsåret som sträcker sig från sommaren 1983 till sommaren 1984.

Självfallet är en stor andel av mätvärdena intressanta även från det första året.

6.2 Utvärderingens uppläggnig

Flera olika poster ingår i husens energibalans som sammansätts av tillförd respektive bortförd energi. Samtliga delposter går inte att direkt mäta. Det är nödvändigt att bestämma de olika posterna på olika sätt som också i viss mån förklarar med vilken precision bestämningarna kan ske. Följande metoder har tillämpats för att bestämma de enskilda posterna i energibalansen.

- A direkta mätningar t ex elenergi, temperaturer
- B beräkningar med hjälp av direkta eller indirekta mätningar t ex transmissionsförluster
- C uppskattningar baserade på teoretiska samband, beräkningar eller ur statistik framtagna data, t ex personvärme

Mätningarna av typen A är företrädesvis möjliga att göra för storheter som representerar köpt energi på tillförselsidan medan B och C huvudsakligen avser förlustsidan.

I tabell 6.2 redovisas en sammanställning av ingående storheter i energibalansen och vilken mätnivå som kan tillämpas. Med hänsyn till att vissa poster bestäms med relativt stor onoggrannhet är det angeläget att varje delpost bestäms för sig. Det betyder att ingen andel bör bestämmas som en restpost. I det följande redovisas en detaljerad sammanställning över hur mätningarna av de enskilda delposterna i energibalansen utförts.

Tabell 6.2 Sammanställning av mätnivåer som tillämpats för att bestämma olika delposter i husens energibalans

Tillförsel	Mätnivå	Bortförsel	Mätnivå
1 Elvärme radiatorer	A	Transmission	B
2 El till kompressor i värmepump	A	Ventilation	B
3 El till fläktar och pump	A	Fläktar och pump	B (C)
4 Hushållsel	A	Avlopp	B
5 Återvunnen energi ur frånluft via värmepump	B	Hushållsel (el som är nyttiggjord för uppvärmning)	C
6 Solvärme via glasveranda och fönster	B		
7 Personvärme	C		
8 Kallvatten	B		

Anm Mätnivå A avser direkta mätningar
 Mätnivå B avser beräkningar baserade på mätningar
 Mätnivå C avser uppskattade värden

6.2.1 Eltillförsel

Elenergi mäts direkt med elmätare. Kontinuerliga registreringar med mätdatorsystemet har skett av radiatorel, el totalt till frånluftsvärmepumpsystemet inkl fläktar och pump, el till kompressor i värmepumpen samt hushållsel. Separat har även el till själva mätutrustningen mätts i hus S8 och M4. Parallellt med de datoriserade mätningarna har regelbundet manuella avläsningar utförts. Den från elverket totalt levererade elenergin har även avlästs manuellt på elverkets mätare.

Elenergi till den tillsatsvärme som finns i varmvattenbehållaren i anslutning till värmepumpen mäts genom att registrera driftstid. Genom att multiplicera driftstiden med markeffekten har energin beräknats.

Hur stor andel av hushållselen som utnyttjats för uppvärmning måste till viss del uppskattas. Under den kallaste årstiden

torde all hushållsel (minus eventuella ytterbelysningar, belysning i förråd etc) kunna bidra till uppvärmning. Under vår och höst är det sannolikt att viss del av hushållselen ger för-

höjd innetemperatur som tidvis leder till större fönstervädning. Under sommaren bidrar endast en mindre andel av hushållselen till husets uppvärmning.

Hushållselen ingår självfallet i sin helhet i mängden köpt energi under året. Vid beräkningar av värmebehov antas 80% av hushållselen under uppvärmningssäsongen kunna utnyttjas för uppvärmning.

6.2.2 Återvunnen energi ur frånluft via värmepump

Som särskilt prioriterad uppgift i projektet ingår att utvärdera funktion och värmefaktor för frånluftsvärmepumpssystemet. I detta ingår bl a kompressor, fläktar och cirkulationspump samt tillsatsvärme till varmvattenberedaren. Tillförd elenergi mäts som ovan preciserats dels så att totalt tillförd elenergi till hela detta system mäts dels så att elenergi till respektive komponenter mäts. Värmepumpen erhåller också energi från frånluften genom att temperaturen på denna sänks. Denna sk återvunna energi bestäms genom att kontinuerligt mäta luft-hastigheten i frånluftskanalen och temperaturen i frånluften före och efter värmepumpen. Från kalibreringsdiagram kan frånluftsmängden bestämmas utifrån uppmätta lufthastigheter i kanalerna.

Frånluftsvärmepumpssystemet avger energi till varmvatten och till förvärmning av tilluft. Dessa energimängder har bestämts separat genom flödes- och temperaturmätningar. Vidare uppkommer energiförluster genom värmeavgivning från varmvattenberedaren till det rum där utrustningen är placerad - sk stillestånds-förluster. Dessa antas vara konstanta över hela året och har bestämts när inget energiuttag gjorts till vare sig varmvatten eller förvärmning av tilluft. Genom att utrustningen är placerad inne i huset kommer värmen visserligen huset tillgodo men den räknas inte värmepumpssystemet tillgodo vid beräkning av värmefaktorer.

Ur de kontinuerliga registreringarna av drifttider, temperaturer m m fås ingående information om driftssäkerheten hos systemet. Genom intervjuer med resp husägare inhämtas dessutom uppgifter om praktiska problem med styrning, reglering och driftsövervakning.

6.2.3 Solvärme - glasveranda

I SPARSAM-husen utnyttjas solvärme både passivt genom direkt instrålning genom glasytorna och aktivt genom att ventilations-systemet är utformat så att tilluft tas från glasverandan där den uppvärms av solinstrålningen.

Det finns vissa osäkerheter i att bestämma solvärmertilskottet från glasverandan. Förhållandena kompliceras dessutom av att verandan avses användas som ett uterum så snart temperaturen medger det. Fönsterdörrar till bostadsdelen är då sannolikt

öppna. Å andra sidan torde den sammanlagda tiden under själva uppvärmningssäsongen då så sker vara mycket kort. Denna inverkan på energibalansen kan därför anses vara begränsad.

Den direkta solinstrålningen genom fönster, i huvudsak via fönster i glasverandan kan beräknas med hjälp av data från SMHI. Det finns dock vissa komplikationer med att bedöma rätt avskärmningsfaktor som gör att beräkningarna blir något osäkra. Glasverandan utgör nämligen en extra avskärmning för direkt solinstrålning genom fönstren.

Den del av solvärmnet som via glasverandan utnyttjas till förvärmning av tilluften bestäms genom att mäta temperaturen hos uteluften och hos tilluften i tilluftskanalerna samt tilluftsmängderna. De senare bestäms ur uppmätta lufthastigheter i kanalerna. Denna bestämning av utnyttjad solvärme kan göras relativt noggrant.

Den högre temperaturen i glasverandan i jämförelse med uteluften bidrar också till att transmissionsförlusterna genom vägg och fönster mot glasverandan reduceras. Denna inverkan kan relativt väl beräknas.

Ytterligare en möjlighet att studera den totala inverkan av glasveranda på husens energibalans planerades på så sätt, att av de två husen i Malmö försågs enbart ett med glasveranda under det första året av utvärderingsperioden. Det finns alltså möjlighet att jämföra två i övrigt lika hus med och utan glasveranda.

I flera sammanhang har föreslagits att utnyttja yttertakets som solfångare. På grund av solinstrålningen mot taket skulle vindsutrymmet uppvärmas varför viss förvärmning av tilluften skulle fås om denna tas från detta utrymme. För att bli kunna jämföra förvärmningsgraden för glasveranda och vindsutrymme har därför temperaturen i själva vindsutrymmet också mätts.

6.2.4 Personvärme

Värmeavgivningen från personer kan relativt väl beräknas. Hur lång tid personerna avger värme i respektive hus måste däremot uppskattas. Vid projekteringen har antagits att det bor fyra personer i varje hus, att var och en avger ca 100 W och att de i genomsnitt är hemma 50% av tiden. Det innebär att under uppvärmningssäsongen kan man tillgodoräkna sig ca 1 300 kWh. Viss korrigerig av detta värde görs i energibalansberäkningarna med hänsyn till att antalet boende i resp hus är känt och även att det i några hus har funnits husdjur.

Trots relativt god kännedom om antalet personer som bor i husen och i viss mån deras levnadsvanor måste ändå personvärmnet i stor utsträckning uppskattas.

6.2.5 Kall- och varmvatten

Vattenflödet genom byggnaderna innebär också en energitransport genom huset. Inkommande kallvatten utnyttjas både som kallvatten och till varmvatten. Vattenflöden och temperaturer har mätts dels på kallt inkommande vatten dels på varmt vatten efter varmvattenberedaren. Detta ger möjlighet bestämma energibehovet för varmvattenberedning.

En betydande del av det kallvatten som används i byggnaden kommer att uppvärmas något medan det lagras i huset t ex lagring i toalettstolar och i ledningar. För detta åtgår viss mängd energi. Å andra sidan kommer en del av energin från varmvattnet att avges till byggnaden. Hur mycket energi som åtgår för att värma kallvattnet resp hur mycket energi varmvattnet avger inom respektive byggnad måste till stor del uppskattas. En viss uppfattning av hur mycket energi som transporteras ut med avloppsvattnet fås genom att temperaturen mäts i den avloppstank om ca 18 liters volym som allt avloppsvatten måste passera innan det rinner ut i avloppsnätet.

Kallvatten som skall användas till varmvatten avses kunna förvärmas av avloppsvatten genom att en rörslinga lagts runt avloppstanken. En del värme från avloppstanken kommer också huset tillgodo i och med att den är placerad i marken under glasverandan. Marken får därvid ett visst värmetilskott.

Sammanfattningsvis kan energin till varmvatten bestämmas med hög precision. Däremot måste uppskattningar göras av energin för värmning av kallvatten resp hur stor andel av värmets från varmvattnet som kan tillgodogöras för husets uppvärmning.

6.2.6 Transmissionsförluster

Transmissionsförlusterna genom byggnadshöljet beräknas med hjälp av uppmätta temperaturer inne och ute och av beräknade och mätta k-värden. För fönstren används s k mörker-k-värden i och med att solinstrålningen beräknas separat. Det byggnadstekniska utförandet har stor betydelse för vilka k-värden som kan uppnås. Under byggnadsskedet har därför en uppföljning utförts med bl a utökade dagboksanteckningar och omfattande fotodokumentation av olika byggnadstekniska lösningar och utföranden. Ett särskilt examensarbete i byggnadsteknik, KTH har utförts i vilket ingick att noggrant följa och dokumentera byggnadstekniken i Stockholmshusen (Dahlberg & Skägg, 1982).

Husen har också termograferats omedelbart efter att de färdigställt och ytterligare en gång efter ca två år. Vid termograferingen har inga egentliga isolerbrister upptäckts. Vissa isolerbrister i betonghusen har emellertid upptäckts i samband med de särskilda bestämmingar av värmegenomgångstal för väggar som utförts i Stockholmshusen. Dels har värmeflödesmätningar enligt hjälpväggsprincipen utförts i ett antal punkter dels har värmegenomgångskoefficienten för något större ytor bestämts genom användning av Guarded Hot Box. Två olika stora boxar har använts. Se vidare kapitlet om "Ytterväggarnas k-värden".

Vid termograferingen har även tryckprovning gjorts för att bestämma husens lufttäthet. Se vidare i kapitlet om Lufttäthet.

6.2.7 Ventilation

Ventilationsförlusterna utgör en betydande andel av energiförlusterna varför en så noggrann bestämning av luftflödet genom husen som möjligt eftersträfvats. Olika metoder har utnyttjats.

Husen har mekanisk till- och frånluft. Lufthastigheten har kontinuerligt mätts i ventilationskanalerna. Dessa mätningar ger information om hur stor den önskade ventilationen är. Däremot fås ingen information om luftläckningen.

Mätningarna av luftflödena (lufthastigheter) i kanaler har gjorts med pitot-rör och en elektronisk mätutrustning (TS1) och för mätning vid don har kalibrerade stosar av märket ALNOR använts. Mätningarna störs bl a av nedsmutsning av mätgivarna i kanalerna. Regelbunden rengöring av givare liksom upprepade kalibreringar och upprepade jämförelse med momentana mätningar av luftflöde vid don och i kanaler har varit nödvändiga.

För att bestämma den totala luftomsättningens storlek dvs både den önskade ventilationen och luftläckningen har spårgasmetoder använts. Tre olika metoder har använts: avklingningsmetod för momentana mätningar, kontinuerliga spårgasmetoder med konstant spårgaskoncentration under veckolånga perioder samt en nyutvecklad spårgasmetod BNL/AIMS-metoden för bestämning av medel-luftomsättningen under längre perioder.

Avklingningsmetoden har tillämpats vid flera tillfällen och vid olika uteklimat. Som vid alla spårgasmätningar finns vissa osäkerheter i hur omblandning av spårgasen skall göras med luften. Varje sådan omblandning medför en störning. Spårgasmätningen har utförts vid normal drift hos ventilationsanläggningen.

I två hus S8 och S9 har ungefär veckolånga kontinuerliga mätningar med konstant spårgaskoncentration utförts. Vid denna metod hålls gaskoncentrationen konstant hög - ca 500 ppm - med en datorstyrd doseringsventil. Mängden tillförd gas utgör ett mått på luftomsättningen. Vid så höga gaskoncentrationer måste husen vara obebodda. Avsikten med denna typ av mätningar är att få information om hur luftläckningen och/eller luftomsättningen påverkas av uteklimatet. Det är angeläget att studera hur stor klimatets inverkan på luftläckningen blir i relativt lufttäta hus.

I försökshuset har också en helt ny spårgasmetod prövats. Med denna kan luftomsättningen bestämmas under längre tid och under normala driftsförhållanden. Gaskoncentrationen är extremt låg varför metoden kan användas i bebodda hus. (Dietz 1986, Levin 1986) I denna metod används två olika typer av provrör. Den ena typen innehåller en spårgas som diffunderar ut genom förslutningen med en hastighet som beror på temperaturen. I den andra typen finns den absorberent i vilken spårgasen absorberas. De olika typerna av provrör placeras på visst avstånd från varandra i bostaden. I en vanlig lägenhet erfordras 4-6 provrör av vardera typen. I laboratorieanalyser bestäms hur mycket gas som

under exponeringstiden diffunderat ut respektive absorberats. Skillnaden är ett mått på utspädningen som är proportionell mot luftomsättningen.

Denna metod är ännu så länge under utveckling varför viss osäkerhet råder om metodens tillförlitlighet. Under förutsättning att luftomsättningen kan bestämmas med godtagbar precision måste metoden emellertid bedömas vara mycket intressant eftersom den är billig och mycket enkel att tillämpa i bebodda hus.

6.3 Värmelagring i tung stomme

Inverkan av tung stomme i relation till lätt kan ske på olika sätt. I projektet har försök gjorts att bestämma dels hur inomhusklimatet, i första hand lufttemperaturen påverkas, dels hur mycket energi som kan korttidslagras i stommen. Skillnader i lufttemperaturer främst "övertemperaturer" är ett mått på skillnader i inomhus klimat som kan tillskrivas stommen vid i övrigt lika driftsförhållanden. Lufttemperaturen har registrerats kontinuerligt.

Det är betydligt mer komplicerat att mäta hur mycket energi som kan korttidslagras i en stomme. Första förutsättningen för inlagring av energi är att temperatursvängningar tillåts. Den andra är att även temperaturen i stommen ändrar sig. Vid korttidslagring är det dygnstemperatursvängningar som är intressanta. Temperaturer har mätts i en tung betongstomme och i den lätta plåtregelstommen i några snitt - yttervägg, mellanvägg och mellanbjälklag. Givarna består av ingjutna respektive inbyggda termoelement på olika avstånd från respektive yta. Vid temperatursvängningar har registrerats hur stor del av materialen i stommen som påverkas av en temperaturändring och hur mycket. Med dessa uppgifter i kombination med materialdata kan mängden korttidslagrat värme beräknas.

En korrekt jämförelse av effekt- och energibehov har försvårats av att värmemotståndet i den tunga stommen var betydligt sämre än projekterat. (se kapitlet om ytterväggarnas k-värden)

Självfallet medverkar även inredning och möblering liksom toleransen mot att acceptera övertemperaturer innan fönstervädring vidtas på energilagringen i husen. Ambitionsnivån för att kartlägga stommens medverkan i energilagringen har därför inte satts alltför högt och resultaten kan inte utan vidare generaliseras.

Temperaturförlopp vid simulerat elavbrott har studerats i ett tungt och ett lätt hus i Stockholm.

6.4 Datoriserad mätvärdesbehandling

Under ca två års tid har olika funktioner i husen följts upp med hjälp av en datoriserad mätutrustning. MCE (Mätcentralen för energiforskning, KTH) har utfört installation och ansvarat för drift av mätutrustningen.

Mätutrustningen i Stockholm och Malmö har styrts av var sin bordsdator. Datorn med kringutrustning har installerats med separat elmätning i förråden i hus S8 och M4. Installation av givare har utförts i byggskedet vilket inneburit att endast själva temperaturgivarna i rummen varit synliga för de boende.

Datorn har avsökt alla mätpunkter var 5:e minut och mellanlagrat mätvärden. Varje hel timme har medelvärden och summa- värden bildats vilka lagrats på kassetband. Data har överförts vid MCE till ett minidatorsystem och till 1/2-tums magnetband enligt ANSII-standard. För utvärdering är data åtkomliga som timvärden dvs 24 värden per dygn och mätpunkt. För kortare perioder finns även data lagrade som femminutersvärden dvs 288 värden per dygn och mätpunkt.

I tabell 6.1 redovisas en förteckning över antalet mätgivare i resp hus och typ av mätning som utförts.

Tabell 6.1 Förteckning över antal givare som ingår i den datoriserade mätvärdesbehandlingen. Mät-datorn i Stockholm har varit placerad i hus S8 och i Malmö i hus M4

Givare	S7	S8	S9	M4	M7
A1 Temp i betonggolv	20	-	-	-	-
A2 Temp i gipsvägg	-	-	12	-	-
B Temp i yttervägg	6	-	8	-	-
C Temp i husgrund	5	-	5	-	-
D Temp i avloppstank	2	-	2	-	-
E Temp i verandagrund	3	-	3	-	-
F Temp i krisslinga	-	-	-	1	-
G Lufthastighet i ventilationskanaler	4	4	4	4	4
H Temperatur i ventilationskanal	10	5	10	10	10
K Vattentemperatur	8	8	8	8	8
L Drifttidsmätare	10	10	10	10	10
M Elenergi (elmätare)	4	5	4	5	4
N Lufttemperatur, inne	13	19	13	14	14
P Sol, vind, utetemp	-	4	-	4	-
Q Vattenflöde	3	3	3	3	3
Antal givare	91	61	85	61	55

De olika mätpunkterna har av praktiska skäl indelats i undergrupper A-Q (se tabell 6.1). En eller flera av dessa grupper av mätpunkter utnyttjas för att utvärdera olika poster i energibalansen eller hur olika komponenter fungerar.

På MCE finns en projektpärm om SPARSAM med en detaljerad sammanställning av vilka givare som finns och hur de installerats.

I tabell 6.2 redovisas den onoggrannhet som förväntades när försöken planerades för de olika givarna som ingår i mät-systemet.

Tabell 6.2 Beräknad onoggrannhet i enskilda mätstorheter vid de datoriserade mätningarna

Givare	Onoggrannhet +/-
Temperatur	0,2 °C
Vätskeflöde	2%
Lufthastighet i ventilationskanaler	10%
Drifttid	1 s/h
Elenergi	2%
Solinstrålning	10%

7 LUFTTÄTHET HOS BYGGNADER OCH VENTILATIONSKANALER

7.1 Täthetsprovning av byggnaderna - resultat

Byggnadernas lufttäthet har bestämts enligt den s k "tryckmetoden" (SS021551). Med hjälp av en fläkt skapas ett över- resp undertryck i husen. Fläkten ansluts till ett hål i en träfiberskiva som ersätter entrédörren. Springan mellan träfiberskivan och dörrkarmen tätas med tejp. Den tillförda resp bortförda luften via fläkten har uppmätts vid olika tryckdifferenser inne - ute. Provresultatet anges som luftomsättning per timme vid 50 Pa tryckdifferens. Före mätningen har köksfläkt och samtliga ventilationskanaler som har direkt förbindelse med utomhusluften samt skorstenen tätats.

Täthetsprovning har utförts av både SKANSKA och Institutionen för byggnadsteknik, KTH. Detta har gjorts för att viss osäkerhet råder om olika utrustningars noggrannhet.

Täthetsprovningar har utförts dels våren 1982 när husen var färdiga men ännu obebodda dels som kontroll under vintern 1983. I samband med SKANSKAS täthetsprovningar har även termografering gjorts av SKANSKA.

I tabell 7.1 redovisas en sammanställning av resultat från utförda täthetsprovningar. I tabellen har medelluftflödet vid 50 Pa dividerats med husets volym innanför ytterväggarna (254 m^3)

Tabell 7.1 Medelluftflödet vid 50 Pa dividerat med 3 husets volym innanför ytterväggarna (254 m^3 oms/h)

Tid	mätning utförd av	S7	S8	S9	M4	M7
1982 mars	SKANSKA ¹⁾	ej mätbar ²⁾	<1,0	1,3	-	2,3
	juni KTH ¹⁾	1,2	1,1	1,6	1,9	1,8
1983 jan	KTH ¹⁾	3)	1,3	1,9	2,3	1,7
	SKANSKA ¹⁾	3)	0,7	1,9	2,5	2,0

Anm ¹⁾ provtryckning gjordes både av KTH, Byggnadsteknik och SKANSKA oberoende av varandra för att få viss kontroll av att utrustningarna visade lika resultat

²⁾ SKANSKAS fläkt har för stor kapacitet för att mätning skall kunna göras vid de små luftflöden som förekom

³⁾ huset var inte tillgängligt för mätning vid detta måttillfälle

7.1.1 Kommentarer och slutsatser till täthetsprovning

Rekommenderade värden i SBN80 på lufttäthet uppmätt vid 50 Pa tryckdifferens är 3,0 oms/h. Målsättningen var emellertid att husen skulle bli väsentligt tätare. I de två betonghusen S7 och S8 har storleksordningen ca 1 oms/h erhållits vilket är mycket god täthet. De upprepade mätningarna efter drygt 1 1/2 år tyder på att dessa hus täthet i stort sett är bestående.

De övriga husen har en täthet av storleksordningen ca 2 oms/h. "Plåthuset" S9 är något tätare än de två Malmöhusen som har träkonstruktion. Något större luftläckning har uppmätts i M4. Orsaken till detta är sannolikt att detta hus har en skorsten ansluten till vedpanna och således en extra genomföring i husets lufttätande skikt. Viss försämring av tätheten kan möjligtvis avläsas av mätresultaten. Med hänsyn till den noggrannhet med vilken resultaten kan bestämmas är denna ev försämring ytterst marginell.

Tätheten hos de tre "lätta" husen uppfyller inte helt de ursprungliga intentionerna att bygga mycket täta hus. Denna målsättning var motiverad av att husen har FT-ventilation. Riskerna för oönskad luftläckning är större i hus med FT-ventilation än i hus med enbart F-ventilation. Det är därför angeläget att FT-ventilerade hus är mycket täta. (Se t ex Nylund 1984)

Termografering m fl studier har visat att i SPARSAM-husen finns en stor andel av otätheterna i konstruktionsdelar som vetter mot glasverandan och mot förråd. Det innebär att fasaden till viss del är skyddad för vindpåkänningar varför otätheternas betydelse är något mindre än i andra jämförbara hus. Förråd och garage har avsiktligt placerats så att vissa delar av husen får ett extra vindskydd. Likaså är huvudentrén utformad med vindfång som skyddar mot extra luftläckning.

Resultaten bekräftar tidigare erfarenheter (t ex Kronvall 1979) att elementbyggda betonghus oftast får mycket god lufttäthet. Det är betydligt svårare att i styckebyggda och platsbyggda regelhus uppnå riktigt god lufttäthet. Varje konstruktionsdetalj behöver noggrant genomarbetas såväl vad gäller materialval som arbetsmetodik.

7.2 Täthetsprovning av ventilationskanaler

Kontrollmätning av injusterade luftmängder när husen var färdiga visade sådana avvikelser från önskade värden att det bedömdes nödvändigt att bestämma läckaget i ventilationskanalerna. Mätning av detta läckluftflöde har utförts av Institutionen för byggnadsteknik, KTH enligt Byggeforskningens informationsblad B4:1977. Resultatet framgår av tabell 7.2. Vissa kanaler var mycket otäta. Läckaget i tilluftskanalerna var så stort i hus S7 att det bedömdes nödvändigt att försöka täta kanalerna.

Kanalerna avsågs vid projekteringen att utföras i den högsta täthetsklassen B. Täthetsklass B innebär att vid tryckskillnaden 400 Pa får inte läckaget genom ventilationskanalen vara mer än $0,44 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sm}^2$.

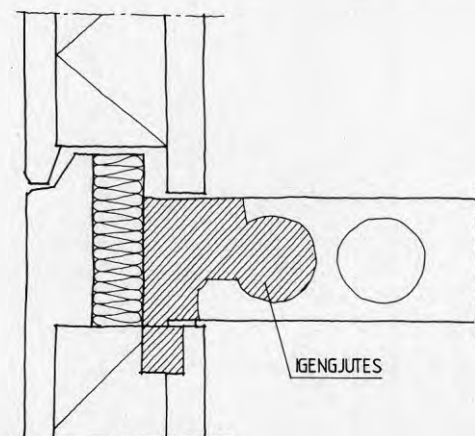
För alla ventilationssystem med värmeåtervinning finns krav på täthetsklass B hos ventilationskanaler.

För en ventilationskanal som har omslutningsytan 10 m^2 ska läckaget alltså vara mindre än $4,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ vilket motsvarar $16 \text{ m}^3/\text{h}$. Omslutningsytan är mindre än eller ungefär 10 m^2 för de tryckprovade kanalsektionerna i tabell 7.2 a och b.

För att kunna styra ventilationsflödet krävs täta kanaler.

Täthetsprovning enligt Byggforskningens informationsblad B4:1977 ingick i beskrivningen av ventilationsanläggningen som hade upprättats enligt VVS-AMA72. Tätningsprovningen hade dock utgått vid upphandling av ventilationsentreprenaden!

I betonghusen S7 och S8 har sidostabilisering av stommen utförts så att den yttersta kanalen i mellanbjälklaget har gjutits igen enligt fig 7.1. Igengjutningen har förhindrat lufttransport i den yttersta kanalen. Luften måste därför ledas fram i den andra kanalen räknat från ytterväggen.

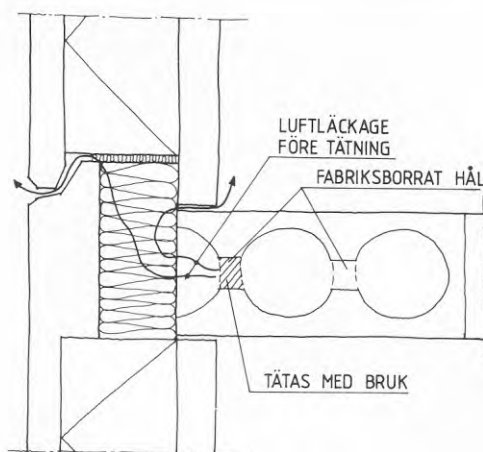


STABILISERING

Fig 7.1

Sidostabilisering med hjälp av mellanbjälklaget. Eftersom den yttre kanalen gjuts igen med betong måste luften ledas fram i nästa kanal. För att få upp luften nära ytterväggen måste hål borrar till den yttre kanalen och sedan ledas upp i rummet.

I betongfabriken borrades därför hål för att förbinda de yttre kanalerna för att kunna föra upp luften tillräckligt nära ytterväggen i övervåningen. Det visade sig att dessa hål stod i förbindelse med isoleringen i ytterväggen och vidare med ytterluften. Hålen mot ytterväggen tätades i efterhand med bruk via diamantborrade hål enligt figur 7.2. I hus S8 minskade luftläckaget men i hus S7 erhöles inte tillräcklig förbättring med denna åtgärd. Kompletterande tätning gjordes därför genom att kanalerna närmast kortväggarna fylldes med polyuretanskum varvid förbättrad täthet erhöles. Dessutom utfördes vissa kompletterande tätningar av åtkomliga plåtkanalskarvar.



TÄTNING

Figur 7.2 I hus S7 och S8 läckte kanalerna i betongbjälklagen. Hål borrades i golven för att kunna tätta de fabriksborrade hålen.

I hus M7 uppmättes stort läckage vid en i efterhand inplacerad ljuddämpare. Här vidtogs åtgärder som förbättrade tätheten.

Resultaten av provtryckningarna efter utförda tätningar redovisas i tabell 7.3. Trots utförda tätningsåtgärder i efterhand kvarstår i vissa fall betydande läckage i kanalerna och i anslutningar mellan kanal och don. Detta har haft konsekvenser för möjligheterna att injustera korrekta luftflöden i husen. Det visade sig också att det förekommer betydande luftläckning genom anslutningen mellan don och kanaler. I vissa fall nådde inte ens kanalen fram till don. Det läckaget ingår inte i provtryckningsresultatet eftersom kanalen då tätades i änden med en uppblåsbar fotbollsblåsa.

Tabell 7.3 Sammanställning av luftläckage vid provtryckning av ventilationskanaler före och efter tätning (m^3/h)
Särskilda tätningsåtgärder har utförts i hus S7, S8 och M7

Övertryck Pa	kanal från tillluftsaggregat till rum					
	821015 S7		821012 S8		821029 M7	
	efter	före	efter	före	efter	före
400	28	148	36	75	-	-
300	23	126	27	63	-	-
200	17	97	21	51	49	-
100	11	66	14	34	30	-
50	7	45	9	19	21	45
40	6	39	7	15	18	36
30	4	33	6	12	13	30
20	4	24	5	10	11	23

7.2.1 Kommentarer till täthetsprovning av ventilationskanaler

Vid utförandet har inte tillräcklig stor omsorg lagts ned på att göra ventilationskanalerna i betongbjälklagen tillräckligt tätta. Kanalerna fick tätas i efterhand för att kunna inreglera ventilationssystemet. Luften i ett ventilationssystem har antingen över- eller undertryck i förhållande till omgivningen och det räcker med mycket små springor för att stora mängder luft ska läcka. Det finns många anslutningar och övergångar till don och kanaler av plåt där läckage kan uppkomma. Donen tycks inte hellre vara särskilt väl utformade för att passa in i hålen till betongelementen. Läckaget i hela plåtkanaler är försumbart i förhållande till det läckage som uppstår vid skarvarna. I Malmöhusen har i efterhand särskilda ljuddämpare erfordrats i kanalerna. Här uppstod problem att uppnå god lufttäthet eftersom ljuddämparen fick anslutas till redan monterade kanaler där utrymmet var litet.

TABELL 7.2 a

Sammanställning av uppmättluftläckage (m^3/h) vid provtryckning av tilluftskanaler före särskilda tätningsåtgärder

Datum: Stockholm 820826-820922 Hus S7, S8, S9
Malmö 820907-820910 Hus M4, M7

Tilluftskanaler

Tryck-differens p, Pa	Undertrycksprovning Kanal från veranda till tilluftsggregat					Övertrycksprovning Kanal från tilluftsg- aggregat till rum				
	S7	S8	S9	M4	M7	S7	S8	S9	M4	M7
400	11	14	15	27	25	148	75	23	22	*)
300	9	12	12	22	20	126	63	20	19	*)
200	7	9	9	17	15	97	51	16	14	*)
100	5	6	6	11	9	66	34	10	9	>100
50	3	4	4	7	6	45	19	7	6	45
40	2	3	4	6	5	39	15	6	5	36
30		3	3	5	4	33	12	5	4	30
20		2	2	4	3	24	10	4	3	23
10		-	-	3	-	-	-	3	2	16

*) = stora läckage vid ljuddämpare

Anm Exempel på driftstryck i kanalen (Pa)

Undertryck	M4	Fläktläge 1
Undertryck	M7	ca 50
Övertryck	M4	25-35
Övertryck	M7	7-40

Tabell 7.2 b

Sammanställning av uppmätt luftläckage (m^3/h) vid provtryckning av frånluftskanaler före särskilda tätningsåtgärder

Datum: Stockholm 820826-820922 Hus S7, S8, S9
Malmö 820907-820910 Hus M4, M7

Frånluftskanaler

Tryck- differens p Pa	Undertrycksprovning Kanal från WC, kök, klk o tvätt till frånlufts- aggregat					Övertrycksprovning Kanal från luft- aggregat till tak				
	S7	S8	S9	M4	M7	S7	S8	S9	M4	M7
400	29	39	53	17	41	8	6	11	7	4
300	25	34	49	15	34	7	5	9	6	3
200	19	26	43	12	26	5	4	7	4	2
100	12	17	27	8	18	3	3	5	2	
50	8	11	18	5	12	2		3		
40	6	10	16	5	10			3		
30	5	8	12	4	8			2		
20	3	7	10	3	6					
10			7		4					

Anm Exempel på driftstryck i kanal (Pa)

Undertryck M4 53-120

Undertryck M7 120-190

Övertryck M4 65-85 (fläktläge 3)

Övertryck M7 30-120 Pa

8 FUNKTION HOS VENTILATIONSSYSTEMET

8.1 Allmänt

I SPARSAM-husen är funktionen hos ventilationssystemet av väsentlig betydelse för såväl energitransport som luftkvalitet. Husen har fläktstyrd tilluft och fläktstyrd frånluft med värmeåtervinning med hjälp av värmepump. I figur 8.1 redovisas schematiskt hur systemet ska fungera.

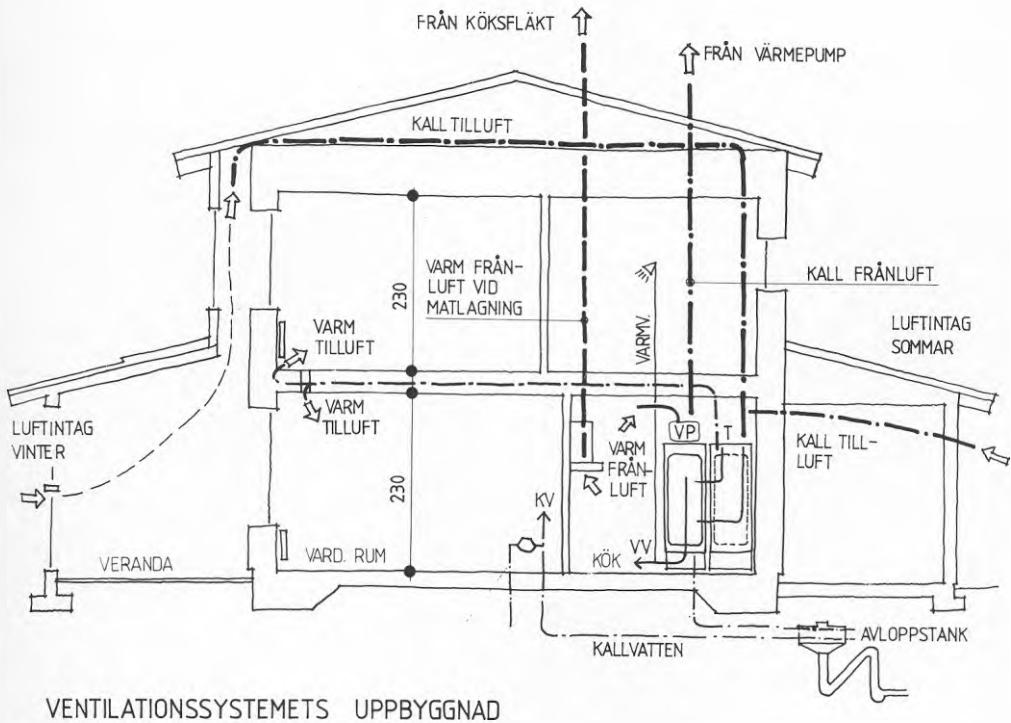


Fig 8.1 Uteluften värms när den tas in via glasverandan (jfr kap 11). Luften värms ytterligare vid uppvärmningsbehov när den passerar tillluftsaggregatet. Med hjälp av frånluftsvärmepumpen återvinns en del av energin ur frånluften (jfr kap 9)

Enligt projekteringen skall frånluftsflödet vara $151 \text{ m}^3/\text{h}$ vilket motsvarar $0,63 \text{ oms/h}$ för att uppfylla minimikraven i SBN80. Se tabell 4.3. Frånluft tas från tvättrum, kök, WC i bottenvåning och övervåning samt klädkammare. Tilluft tillförs vardagsrum och sovrum. Tilluftsflödet projekterades till $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Normalt sker kontrollmätning av luftmängder i nybyggda småhus endast med hjälp av stos och anemometer vid don inför slutbesiktning av skorstensfejarmästaren. Därefter finns inget krav på regelbunden kontroll.

För att kunna styra ventilationsflödet krävs täta kanaler. För ventilationssystem med värmeåtervinning finns krav på täthetsklass B hos ventilationskanaler. Resultat av täthetsprovning av kanaler redovisas i kapitel 7.2. Som tidigare beskrivits i kap 7 har i tre hus omfattande tätningsåtgärder av ventilationskanalerna erfordrats. Det förekommer dock fortfarande betydande luftläckning i kanalerna och i anslutningar mellan don och kanaler. Det förekommer även läckage i frånluftsaggregatet. Det uppgår till ca $15 \text{ m}^3/\text{h}$. För att bestämma luftflödena såväl i kanaler och vid don som i huset som helhet har flera olika metoder för luftflödesbestämning använts. Fortsättningen av detta kapitel redovisar resultaten från de olika luftflödesbestämningar som gjorts i husen.

8.2 Injustering och kontroll av luftflöden

Efter tätning av läckage i ventilationskanalerna utfördes en förnyad injustering av luftflödena. Denna injustering utfördes i september 1982 (hus S9) och oktober 1982 (övriga hus). Kraven på luftflöden enligt SBN avsågs därvid att i första hand uppfyllas vid frånluftsdonen.

Vid dessa don har luftflödet bestämts med hjälp av stos och anemometer. Vid tilluftsdonen har förlängningsstos använts. För att kunna mäta tilluftsflödet genom golvdonen i övervåningarna har det varit nödvändigt att ta bort elradiatorerna. Även en plåt som riktar luftflödet har tagits bort vilket påverkar flödets storlek något.

Mätningar har utförts vid olika tillfällen av Elektro-Standard och KTH. Resultaten har sammanställts i tabell 8.1 a och b. Det framgår tydligt av tabellerna att de uppmätta flödena dels avviker från projekterade värden, dels är olika vid olika mättillfällen.

Tabell 8.1 a

Sammanställning av uppmätta luftflöden vid don (m^3/h)

	Önskat flöde	Hus S7	Hus S8	Hus S9			
Utfört av Datum	ES/KTH 821027	Skanska 831128	ES/KTH 821027	KTH 840117	ES 820908	KTH 840117	
Frånluft fläktläge	2	2		1		3	
Tvätt	36	36	40	36	31	36	31
Kök	36	36	24	30	16	36	20
WC-BV	36	36	36	34	29	36	26
WC-ÖV	36	36	36	32	20	38	37
Klk	7	8	-	10	4	14	2
	151	152	142	142	100	160	116
Tilluft fläktläge	1	1	1	1		1	
V-rum 1	30	22	24	36	32 *)	20	18 *)
V-rum 2	30	11	24	8	27 *)	17	20 *)
Sovr 1	20	18	18-20	20		28	
Sovr 2	20	40	16-18	24		28	
Sovr 3	20	28	24	24		28	
	120	119		112		149	

Anm *) Dessa värden har erhållits med påsmetoden (tiden bestäms för att fylla en påse med en viss volym)

ES = Elektro-Standard

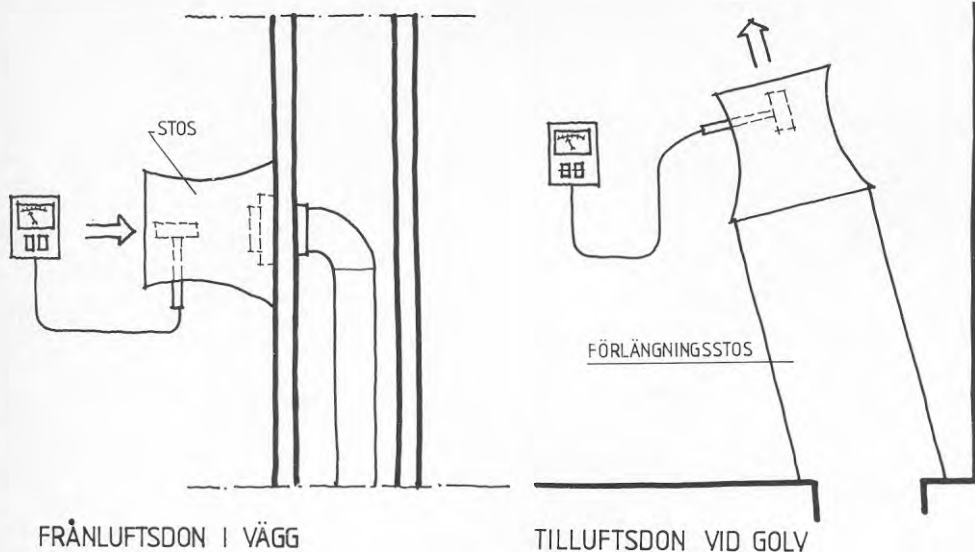
ES/KTH = Gemensam mätning av Elektro-Standard och KTH

Tabell 8.2 b

Sammanställning av uppmätta luftflöden vid don (m^3/h)

Utfört av Datum	Önskat Hus M4 flöde			Hus M7		
	ES 820614	ES/KTH 821029	KTH 840126	ES 820614	ES/KTH 821029	KTH 840126
Frånluft fläktläge	3	2	2	3	2	1
Tvätt	36	36	36	33	36	35
Kök	36	36	34	31	36	20
WC-BV	36	36	30	9	36	22
WC-ÖV	36	36	34	40	36	35
Klk	7	7	7	7	7	0
	151	151	141	120	151	112
Tilluft fläktläge	1	1	2	1		2
V-rum 1	30	20	27	33 ^{**})	25	28 ^{**})
V-rum 2	30	30	20	26 ^{**})	25	22 ^{**})
Sovr 1	20	29	36		25	32
Sovr 2	20	25	tejp 34	22 22	30 24	
Sov 3	20	25	34	25	26	
	120		151		155	

Anm ^{**}) Dessa värden har erhållits med hjälp av låda över don och stosmätning
ES = Elektro-Standard



Figur 8.2

Luftflödet har bestämts med hjälp av en a) och b) anemometer i en trattliknande stös. Förlängningsstös eller låda har använts vid tilluftsdon för att fördela luftströmmen genom stosen

Vid injusteringen har de totala luftflödena bestämts även med hjälp av mätningar med pitotrör i kanalen före tilluftsaggregatet respektive efter frånluftsaggregatet. Med pitotrör mäter man tryckskillnader och kan med hjälp av dessa bestämma luft hastigheten och därmed luftflödet i kanalerna.

De uppmätta luftmängderna efter injustering redovisas i tabell 8.2

Tabell 8.2 Luftflöden (m^3/h) uppmätta efter injustering i oktqber 1982. Projekterad frånluftsmängd är $151 \text{ m}^3/\text{h}$ och tilluftsmängd $120 \text{ m}^3/\text{h}$ (20% underbalansering)

	Mätmetod	S7	S8	S9	M4	M7
in före tilluftsaggregat	pitotrör	122	111	166	166	155
tilluft vid don	stos	119	112	149	151	155
frånluft vid don	stos	152	142	160	141	143
ut efter frånluftsaggregat (avlucht)	pitotrör	172	172	203	173	194

Den totala frånluftsmängden uppmätt vid respektive don stämmer relativt väl med projekterade flöden. Däremot visar resultaten att avluftsmängden (ut från huset) är betydligt större än kraven enligt SBN. Den onödigt höga avluftsmängden beror på läckage i kanaler, på läckage vid anslutningar mellan kanaler och don och på läckage i själva fläktutrustningen

Tilluftssystemet saknar lämpliga strypanordningar. I hus S9 provades strypning av tilluft med rörskålar och laminärströmningdon men det resulterade i alltför höga ljudnivåer.

Tilluftsfläkten i M4 och M7 har körts på lägsta hastighet men eftersom tilluftskanalerna och -donen saknar lämplig strypanordning har det medfört alltför höga tilluftsflöden. Den uppmätta tilluftsmängden är t o m större än frånluftsmängden uppmätt vid don.

Att tilluftssystemet saknar lämpliga strypanordningar har även medfört problem att fördela luften till de olika rummen. Det framgår tydligt av de resultat som redovisas i tabell 8.1 a och b. Oacceptabla avvikelser har uppmätts i förhållande till projekterade värden. Det framgår av tabellen att efter injusteringen i oktober 1982 överensstämmer uppmätta frånluftsmängder vid donen relativt väl med projekterade värden.

Vid kontrollmätning av luftflödena vid frånluftsdonen i januari 1984 visade det sig att många don hade blivit mycket smutsiga och att luftflödena därför minskat. Observera att frånluftsmängden från WC på bottenvåningen i M4 i januari 1984 endast var en fjärdedel av önskat värde. Donet hade ett kraftigt nedsmutsat filter. Aggregaten saknar helt luftfilter varför nedsmutsning kan befaras även av tillufts- och frånluftsbatterier, kanaler m m. De kontinuerliga mätningarna visar att luftflödet i kanalerna i alla husen har minskat under tiden (2 år) mätningarna pågått. Det saknas instruktioner om hur rengöring skall ske och hur ofta. För god funktion erfordras regelbunden rengöring av hela systemet.

Vid kontrollmätningen i januari 1984 upptäcktes att inställningen av fläktarna ändrats i Malmöhusen efter det att injusteringen av anläggningen gjorts. En komplicerande omständighet är att det är oklart hur fläktarna skall vara inställda vid normala driftsfall. Exempelvis har anläggningarna i de olika husen injusterats med olika fläktinställningar. De boende har i sina hus möjlighet att ändra dessa. I hus M7 har exempelvis upptäckts att frånluftsfälkten ändrats från läge 2 till 1 och att tilluftsfläkten ändrats från läge 1 till läge 2. Detta resulterar i en ändring av relationen mellan tillufts- och frånluftsmängder. Detta kan i sin tur leda till att huset får ett invändigt luftövertryck. Under olyckliga betingelser kan detta leda till fuktproblem i konstruktionerna genom att luften då kommer till kunna läcka ut i t ex väggar och bjälklag, varvid risk för kondensutfällning finns vintertid.

8.3 Luftomsättningsmätning med spårgas enligt avklingningsmetoden

Vid bestämning av luftomsättningen i ett hus med spårgas enligt avklingningsmetoden injiceras och sprids spårgas (N_2O) i rummen och blandas med rumsluften med hjälp av fläktar. Koncentrationen av spårgas i rumsluften bestäms med hjälp av en gasanalysator (URAS). När koncentrationen av spårgas uppgår till lämplig nivå avbryts injiceringen. Genom att registrera den avtagande gaskoncentrationen som beror på utspädning kan luftomsättningen bestämmas.

Dessa bestämningar av luftomsättningen har utförts under normala driftsfall. Dock var alla dörrar mellan rummen även till WC och klädkammare öppna och fläktar placerades ut både på övre och nedre våningen för att få en god omblandning och därmed utjämnad koncentration av gasen. Det finns risk för att fläktomblandningen av luften påverkar även den totala luftomsättningen. Fläktarna har dock varit avstängda under själva mätningen. Vid mätningen bestäms den totala luftomsättningen dvs både luftomsättningen som åstadkoms med ventilationssystemet och den luftläckning som tillkommer genom byggnadshöljet ingår i resultatet.

Tabell 8.3 Antalet luftomsättningar per timme enligt spårgasmätningar med avklingningsmetoden vid olika mättillfällen

Datum	Ute-temp	S7	S8	S9	M4	M7
820602-04		0,6	0,6	0,7	-	-
820701		-	-	-	0,8	0,9
821028		0,8	-	-	-	-
821029		-	-	-	0,8	0,9
840117		- 1)	0,6	0,6	-	-
840126		-	-	-	0,7	0,8

1) huset var ej tillgängligt för mätning vid detta mättillfälle

Som framgår av tabellen uppgår de uppmätta värdena till mellan 0,6 och 0,9 oms/h. Projekterat och även inreglerat frånluftsflöde vid don motsvarar ca 0,6 oms/h. Spårgasmätningarna ger sålunda något - om än obetydligt - högre värden. Detta syns stämma väl överens med stosmätningarna (se tabell 8.2). I

synnerhet sistnämnda mätningar utförda efter frånluftsaggregatet visar att avluftsmängden är något större än frånluften vid don.

Av tabell 8.3 kan avläsas en svag tendens att luftomsättningen minskat något från 1982 till 1984 - se hus S9, M4 och M7. Detta är i överensstämmelse med stösmätningarna och de datoriserade mätningarna som visar att luftmängderna i kanalerna minskat något till följd av nedsmutsning

8.4 Luftomsättning enligt metod med konstant spårgasnivå

Vid tillämpning av metoden med konstant spårgasnivå i rumsluften mäts den mängd spårgas som behöver tillföras för att hålla en viss konstant koncentration av spårgas i rumsluften. Den tillförda mängden är proportionell mot utspädningen dvs luftomsättningen. Spårgasen tillförs via små fläktar så att god omblandning med luften erhålles. Analys av gaskoncentrationen i rumsluften och utportionering av spårgas styrs av dator. Denna metod har använts i två hus i Stockholm dels i betonghuset S8, dels i plåtregelhuset S9. (Mätningarna har utförts i samarbete med Statens Provvningsanstalt)

Mätningen har pågått kontinuerligt ungefär en vecka i varje hus under januari 1983. Fläktarna i husen har varit inställda på normalt driftsfall. Medelvindhastigheten mätt under 10-minutersintervall varierade från 2 m/s till 7 m/s. Under kortare perioder var vindhastigheten betydligt större.

Genom hus S8 strömmade i genomsnitt 172 m^3 luft per timme vilket kan jämföras med projekterat frånluftsflöde på $151 \text{ m}^3/\text{h}$. Det uppmätta flödet motsvarar 0,72 luftomsättningar per timme om husets luftvolym antas till 240 m^3 vilket är den volym man får om man räknar bort skåp, innerväggar och mellanbjälklag. Skåpen var stängda under försöken.

Genom hus S9 strömmade i genomsnitt 168 m^3 luft per timme vilket motsvarar 0,70 luftomsättningar.

Luftomsättningen varierade mindre än 10% från genomsnitt i båda husen under den tid mätningarna pågick trots mycket stora skillnader i uteklimatet under de två försöksveckorna

I hus S9 har under försöksveckan prov gjorts för att studera hur köksfläkten påverkar luftomsättningen. När den startades med största effekt (läge III) ökade den genomströmmade luftmängden från 168 m^3 per timme till 300 m^3 per timme. Den tillförda uteluftsmängden via ventilationskanalsystemet ökade mindre än 5% ($< 10 \text{ m}^3/\text{h}$) och avluften via kanalsystemet minskade mindre än 3% ($< 6 \text{ m}^3/\text{h}$). Det mesta av den ökade luftmängden pga köksfläkten kom alltså in via byggnadskonstruktionen. Storleksordningen $100 \text{ m}^3/\text{h}$ läcker in genom byggnadshöljet när köksfläkten går med den högsta hastigheten.

8.5 Luftomsättning enligt metod med provrör

Från början av april till början av maj 1983 mättes luftomsättningen i SPARSAM-husen med Brookhaven National Laboratory's Air Infiltration Measurement System (BNL/AIMS). Det är en helt ny metod som kan utnyttjas i bebodda hus. Mätperioden kan väljas godtyckligt lång. (Dietz 1986)

Två typer av provrör används. Den ena typen fungerar som utsändare av en gas i mycket låg koncentration och den andra typen fungerar som mottagare. Fyra par provrör har använts i varje hus. Luftomsättningarna bestäms genom analys i laboratorium av provrören. Analyserna har utförts vid Brookhaven National Laboratory i USA.

Tabell 8.4 Antalet luftomsättningar per timme enligt provrörsmetoden (BNL/AIMS)

Mättid	S7	S8	S9	M4	M7
830402-830510	0,65	0,59	1,34	-	-
830407-830511	-	-	-	0,70	0,63

Mätningarna utfördes under en månads lång period i april-maj 1983. Hus S9 var obebott medan de övriga användes på normalt sätt. Inflyttning hade dock nyligen skett i hus S8 och M4. Resultaten har sammanställts i tabell 8.4. Värdena utom i hus S9 ligger mycket nära de som bestäms enligt andra mätmetoder. Det har visat sig vid en efterkontroll att under mätperioden var spjällen i S9 öppna för både vinterintag och sommarintag. Det finns också vissa uppgifter om att verandadörren inte varit ordentligt stängt pga ett trasigt vred under större delen av mätperioden. Detta kan till viss del förklara den stora luftomsättningen och den stora avvikelserna i detta hus.

Värdena avser den genomsnittliga luftomsättningen under drygt en månad. Värdena innefattar sålunda även effekter av fönstervädring och de störningar på ventilationen som uppkommer när man passerar ut och in.

8.6 Sammanställning av utförda luftflödesmätningar

I tabell 8.5 finns en sammanställning av de metoder som använts vid olika tillfällen för att bestämma luftflödena i SPARSAM-husen och vilka resultat som erhållits. I det datoriserade mätsystemet finns även givare som kontinuerligt registrerat lufthastigheten i kanalerna. Genom särskild kalibrering kan uppmätta lufthastigheter användas för att bestämma luftflödet. Genom dessa mätningar kan förändringar med tiden bestämmas. För varje metod finns oms/h uträknad för att kunna jämföra metodernas resultat.

Som framgår av tabell 8.5 erhålls något olika resultat med olika mätmetoder. Till en del kan det förklaras med att det är relativt komplicerat att mäta luftflöden. Vissa don, framför allt tilluftsdon, är dessutom placerade så att ostörda stosmätningar inte kan utföras. Vissa till synes olika resultat beror också på att man mäter olika luftflöden med olika metoder. I spårgasmätningar inkluderas exempelvis luftläckning genom byggnadsdelarna. I mätningar vid don inkluderas inte luftläckning i kanalerna.

Sammanställningen visar hur viktigt det är att bestämma luftomsättningen med olika metoder. Varje metod har sina brister och det är viktigt att kunna jämföra resultat som bestäms på olika sätt. Med hänsyn till de onoggrannheter som de olika metoderna har överensstämmer de resultaten ändå väl med varandra.

Mätningarna med pitotrör i kanalen efter frånluftsaggregatet har givit något högre värden än flödet bestämt med stos vid de olika donen. Spårgasmätningarna har däremot givit ungefär samma resultat som pitotrörsmätningarna. Vid båda dessa metoder ingår visst läckflöde. Genom att ventilationssystemen inbalanserats med större frånlufts- än tilluftsmängder uppkommer ett mindre undertryck i huset. Detta bidrar till att stabilisera luftflödet genom huset (Nylund 1984). Med tiden har dock luftflödena minskat. Luftomsättningen enligt spårgasmätningen har inte minskat lika mycket som enligt stosmätningarna vid frånluftsdonen i hus S9. Det kan tydas som att frånluftsluftflödet minskat mer än tilluftsflödet och att det ursprungliga undertrycket har övergått till övertryck.

En sammanvägning av mätresultaten visar att den totala luftomsättningen inte underskrider 0,6 oms/h i genomsnitt. Den torde heller inte överstiga 0,8 oms/h. Vid beräkning av energiflödet är det rimligt att förutsätta att ventilationen uppgår till 0,6 à 0,8 oms/h. Det innebär att husen från början hade något större ventilation än vad minimikraven i SBN80 föreskriver. Luftflödena har dock minskat under försöksperioden.

Någon mätning av luftkvaliteten har inte gjorts men de boende har upplevt klimatet som gott. Möjligheten att sommartid kunna kyla husen med luft från ett intag på husets andra sida, i förhållande till glasverandan, har uppskattats och bidragit till att övertemperaturerna blivit mycket måttliga.

Tabell 8.5 a

Sammanställning av luftflöden och luftomsättningar bestämda med olika metoder och vid olika tillfällen

Metod	Enhet	Hus S7	Hus S8	Hus S9	
PITOTRÖR	datum	821027	821027	820908	
In före till-luftsaggregat	m ³ /h	122	111	166	
Ut efter från-luftsaggregat	m ³ /h	172	172	203	
In/Ut	-	0,71	0,69	0,82	
Ut/240	oms/h	0,72	0,72	0,84	
STOSMÄTNING	datum	821027	821027	840117	820908 840117
In vid till-luftsdon	m ³ /h	119	112	149	
Ut vid från-luftsdon	m ³ /h	152	142	100	160 116
In/Ut	-	0,78	0,78	0,93	
Ut/240	oms/h	0,63	0,59	0,42	0,67 0,48
SPÄRGAS	oms/h				
Luftomsättning enl avklingningsmetod	(juni 82)	0,64	0,58	0,68	
	(okt 82)	0,8			
	(jan 84)	-	0,6	0,6	
SPÄRGAS		830119		830121	
Luftomsättning enligt metod med konstant N ₂ O nivå	m ³ /h	172		168	
In/240	oms/h	0,72		0,70	
BNL/AIMS					
Luftomsättning oms/h enl metod med provrör apr 83	0,65	0,59		1,34	

Tabell 8.5 b

Sammanställning av luftflöden och luftomsättningar bestämda med olika metoder vid olika tillfällen

Metod	Enhet	Hus M4		Hus M7	
	datum	821029		821029	
PITOTRÖR					
In före till-luftsaggregat	m ³ /h	166		162	
Ut efter från-luftsaggregat	m ³ /h	173		194	
In/Ut	-	0,96		0,84	
Ut/240	oms/h	0,72		0,81	
STOSMÄTNING					
	datum	821029 840126		821029 840126	
In vid till-luftsdon	m ³ /h	151		155	
Ut vid från-luftsdon	m ³ /h	141,5 120		143 112	
In/Ut	-	1,07		1,08	
Ut/240	oms/h	0,60 0,5		0,60 0,47	
SPÅRGAS					
	oms/h				
Luftomsättning enligt klingningsmetod	(juni 82)	0,77		0,91	
	(okt 82)	0,8		0,9	
	(jan 84)	0,7		0,8	
BNL/AIMS					
	oms/h				
Luftomsättning oms/h enl metod med provrör april 83	apr 83	0,7		0,63	

8.7 Några sammanfattande kommentarer till ventilationssystemets funktioner

Ventilationssystemets funktion har avgörande betydelse för husets energiekonomi. En väl avvägd ventilationsgrad är en av förutsättningarna för att få hygieniska och energisnåla hus.

Nedan följer några kommentarer till de resultat och erfarenheter som erhållits från undersökningarna i SPARSAM-husen. Det kan vara värt att notera att erfarenheterna baserar sig på att alla som deltagit i projektet på olika sätt varit väl medvetna om att husen skulle vara experimenthus som skulle studeras ingående.

I SPARSAM-husen har det varit problem med att injustera luftflödena till önskad nivå. Problemen har varit av tre slag:

- * svårigheter med att injustera luftflödena till rätt genomsnittlig nivå för husen
- * betydande svårigheter att injustera rätt flöden till respektive rum dvs fördelningen inom husen
- * oklara anvisningar för att balansera till- och frånluftsmängderna i relation till varandra

Till viss del beror injusteringsproblemen på svårigheter att korrekt mäta luftflöden. Stosmätningar vid don som sitter trångt placerade blir osäkra liksom stosmätningar vid tillluftsdon. Mätmetoder behöver utvecklas för denna typ av anläggningar.

Svårigheterna beror också på att valda don - såväl tilluftsdon som vissa frånluftsdon - har begränsade justeringsmöjligheter om ens några. Prisbilliga don med goda regler- och justeringsmöjligheter saknas i marknaden. Läckage förekommer dessutom mellan don och kanaler. Vidare är kanalsystemen så otäta att injusteringen äventyrats också av den anledningen. Dessutom finns läckage i fläktaggregaten. Eftersom man inte tar hänsyn till läckaget i systemet vid anläggningens injustering leder det till att husets totala luftomsättning blir högre än vad som avsetts.

I efterhand har entreprenören tvingats installera särskilda ljuddämpare för att klara ljudproblemen. Därvid uppkom ytterligare extra luftläckage i kanalanslutningarna. Att ljudfrågorna inte uppmärksammats vid den ursprungliga projekteringen är anmärkningsvärt.

Utnyttjande av kanaler i hålbjälklagen av betong har inte varit problemfritt. Det har varit svårigheter att ansluta plåtkanaler och don till dessa kanaler utan att luftläckage uppkom. Man kan notera att det här har brustit i fråga om koordination mellan bygg- och ventilationsprojektör.

Ventilationssystemet har rika reglermöjligheter i den betydelsen att såväl från- som tilluftsfläktar kan ställas in var för sig på tre olika fläkthastigheter. Det ger stor valfrihet för de boende men också betydande risker för olämplig reglering. Bilden har ytterligare komplicerats av att systemen i de olika husen för normalt driftsfall injusterats med olika fläktinställningar. Det saknas uppgifter om vad som är normal inställning och det saknas entydiga instruktioner om hur fläktinställningen skall vara i olika driftsfall. Det måste betecknas som felkonstruktion att systemet kan ställas in så att mängden tilluft kan bli större än mängden frånluft. Det borde vara omöjligt att ställa in fläktarna så att långvarigt luftöverttryck kan uppkomma. I ett av Malmöhusen har tilluftsmängderna upptäckts vara större än frånluftsmängderna pga ändrad fläktinställning. Tillverkaren har i senare produktion ändrat regleringssystemet för fläktarna varför ovan beskrivna problem inte skall behöva uppstå.

Mätningarna tyder klart på att luftflödena förändrats med tiden till följd av nedsmutsning av don, kanaler och luftbatterier. Filter som lätt kunde rengöras och effektiva skötselinstruktioner saknas. Det är en allvarlig brist. För att bibehålla säker funktion under lång tid bör dock drifts- och skötselfrågorna ytterligare bearbetas och utvecklas.

Trots ett flertal komplikationer syns det vara ett mycket intressant system för uppvärmning och ventilation men ett flertal komponenter behöver klart förbättras, vilket också delvis redan skett bl a till följd av erfarenheterna från SPARSAM-husen.

Systemet har goda förutsättningar att säkerställa en god ventilation av alla utrymmen i byggnaden. FT-ventilation i lufttäta byggnader ger jämn luftkvalitet som är i stort sett oberoende av uteklimatet.

Följande erfarenheter och slutsatser av försöken i SPARSAM-husen kan sammanfattningsvis dras:

- * Ventilationsanläggningen är svår att inreglera och injustera.
För att garantera minimiflödet i olika rum har husen som helhet fått något för hög ventilation.
- * Goda mätmetoder som möjliggör en enkel injusterings saknas.
- * Ventilationskanaler i betongbjälklagen i synnerhet vid anslutningar till don har inte tillräcklig täthet.
- * Oklara anvisningar för reglering och inställning av fläktar kan medföra helt felaktig balansering av tilluft och frånluft.
- * Tillräckligt goda instruktioner om rengöring av kanaler, don och filter saknas. Flödena har avsevärt förändrats genom nedsmutsning.

- * Husen har tillräcklig täthet för att uteklimatet inte skall påverka luftflödena i någon betydande utsträckning.
- * FT-systemet med förvärmning av tilluften syns ge ett komfortabelt inomhusklimat som de boende har uppskattat.
- * Ljudfrågorna har inte beaktats tillräckligt men är viktiga.
- * Högre kvalitet på komponenter är önskvärda så att bättre täthet erhålls på anslutningar etc så att injustering och riktning på luftflöden kan garanteras.

Anm Efter ovan påvisade svårigheter har Skanska utarbetat en rapport (Andersson & Wadmark, 1985) för att försöka klarlägga hur man ska göra för att åstadkomma väl fungerande, lätt inställbara installationer som är lätta att sköta. Rapporten kan användas som en introduktion i ämnet för dem som ska utföra eller leda arbetet med ventilationsanläggningar på en byggplats. Även de som utvecklar don eller projekterar och köper in ventilationsanläggningar kan ha nytta av rapporten.

9 FUNKTION HOS UPPVÄRMNINGSSYSTEMET

9.1 Driftserfarenheter

Uppvärmningssystemet består av frånluftsvärmepump och direktverkande elradiatorer. Dessutom finns tillsatsvärme med el i varmvattenberedaren. Energi från värmepumpen går dels till tappvarmvatten dels till uppvärmning av tilluften (jfr kap 4).

Värmesystemet har flera inbyggda säkerheter mot driftavbrott. Till exempel går tillsatsvärmens automatiskt in om temperaturen i varmvattenberedaren blir för låg. Elradiatorer går automatiskt in om värme erfordras. Denna förnämliga automatik har tyvärr den nackdelen att de boende inte får någon reaktion på att det kan vara fel på anläggningen. Värmepumpen eller cirkulationspumpen kan stå stilla utan att det får några påtagliga konsekvenser utöver att energiförbrukningen ökar.

Motorventilen, som styr varmvattenförbrukaren genom tillufts-batteriet vid uppvärmningsbehov, har i hus S8 fungerat dåligt. Den har stannat i "sommarläge" hösten 1983 vilket medfört att värmepumpen endast använts för uppvärmning av varmvatten. Under våren 1984 stannade den i "vinterläge" vilket medförde obehagliga övertemperaturer och naturligtvis energislöseri. Dessa fel i hus S8 har varit mycket svåra för de boende att upptäcka (jfr fig 9.1). Se sid 131

Det är viktigt att ha ett larmsystem som tydligt indikerar vad som är fel på denna typ av anläggningar. De boende kan annars få en dålig förräntning på insatt kapital.

De boende har i vissa fall klagat över svårigheter att få tillräckligt varmt i duschrullen. Där är elradiatorerna placerade i taket och de kopplas inte in förrän det är ca 1 grad kallare än inställt värde på termostaten i vardagsrummet. Det är med andra ord inte möjligt att få högre temperatur i duschrullen än i vardagsrummet så länge som det inte erfordras radiatorvärme till vardagsrummet. Samverkan mellan centraltermostat och radiatortermostater är oklart beskriven. Det hade varit fördelaktigare att radiatorn i duschrullen inte varit kopplad till centraltermostaten.

Temperaturregleringen i husen är elegant men något komplicerad. Bättre instruktioner till brukarna skulle kunna lösa en del av uppkomna problem.

Boende i hus S7 har reagerat negativt på de ljudknäppningar som uppstår i radiatorerna när de värms respektive svalnar. Detta är mest irriterande nattetid i sovrummen.

Möjligheterna till individuell inställning av lägre rumstemperaturer i t ex sovrummen är begränsade. Eftersom energi tillförs via ventilationssystemet kan det vara svårt att ha en lägre temperatur i sovrummen än i vardagsrummet.

I de tunga husen tillförs mindre andel energi till sovrummet direkt via inkommande ventilationsluft. En stor del av energin avges via bjälklagen. Det sker även värmeväxling mellan tilluft- och frånluftskanalen i betongbjälklaget, frånluften värms ca $1,8^{\circ}\text{C}$. Se tabell 9.1

Tilluften har exempelvis under februari förvärmats i tilluftsaggregatet till temperaturer över rumstemperatur. Genom tilluftsaggregatet har tillluftens temperatur höjts till i medeltal drygt 30°C . I betonghuset har tillluftens temperatur sjunkit hela $8,5^{\circ}\text{C}$ i tilluftskanalen innan den kommer in i sovrummet. Det betyder att en betydande mängd energi överförs via betongbjälklaget till huset. I plåthuset har temperaturen sjunkit endast $2,8^{\circ}\text{C}$. Här överförs betydligt mindre värme till bjälklaget tack vare att kanalerna är värmeisolerade. På motsvarande sätt upptas värme från bjälklagen till frånluften. Frånluftens temperatur har i betonghuset ökat $1,8^{\circ}\text{C}$ mot endast $0,4^{\circ}\text{C}$ i plåtregelhuset. Det betyder att en betydande värmeväxling mellan förvärmad tilluft och frånluft sker i betongelementen. Denna värmeväxling sker dock före värmepumpen. Denna får då något bättre arbetstemperatur varför energiförlusten pga värmeväxlingen i bjälklaget till viss del motverkas. För att undvika värmeväxling i bjälklaget borde kanalerna ha större avstånd till varandra eller varit värmeisolerade. Detta ställer sig dock besvärligt produktionstekniskt.

Tabell 9.1 Temperatur hos luften i olika lägen på sin väg genom hus S7 och S9. I lättregelhuset tillförs i medeltal mera energi direkt via tilluften. Temperaturvariationen är betydligt större i lättregelhuset. Värdena avser medelvärden för februari 1984.

Mätplats (S9)	S7 (betongstomme)			S9 (lätregelhus)		
	medeltemp °C	max °C	min °C	medeltemp °C	max °C	min °C
Uteluft i kanal före aggregat	4,4	-	-	4,4	-	-
Tilluft efter förvärmning i tillluftsaggregat	32,9	38,9	21,3	30,3	41,0	17,0
Temperaturhöjn mellan uteluft och tilluft	28,5	-	-	25,9	-	-
Tilluft sovrum 2	24,4	25,6	22,6	27,5	34,9	18,6
Temp sänkning i tilluftskanal	8,5	-	-	2,8	-	-
Medeltemperatur i huset	21,4	-	-	21,6	-	-
Temp sänkning av tilluften i rummet	3,0	-	-	5,9	-	-
Frånluft före frånlufts- aggregat	23,2	-	-	22,0	-	-
Temp höjning i frånluftskanal	1,8	-	-	0,4	-	-
Frånluft efter frånlufts- aggregat	5,9	-	-	5,5	-	-
Temp sänkning i i frånlufts- aggregat	17,3	-	-	16,5	-	-

9.2 Husens effektbehov

Effektbehovet är som väntat tydligt temperaturberoende. Högsta dygnsmedelvärde av total tillförd el att betala har varit ca 4 kW. Figur 9.2 Se sid 132

När utetemperaturen blir lägre än ca 10 °C inträder behov av förvärmning av tilluften. När utetemperaturen sjunker under ca 5 °C kopplas elradiatorerna in. Det högsta dygnsmedelvärdet för elradiatorerna har varit ca 2 kWh/h.

Även behovet av hushållsel uppvisar stor skillnad mellan den ljusa och mörka årstiden. Dygnsmedelvärden upp till ca 1,5 kWh/h har registrerats.

Exempel på timmedelvärden på effektbehov visas i tabell 9.2. Både effekt och energibehovet har varit större i hus S7 med tung betongstomme än i hus S9 med lättregelstomme. Skillnaden på varmvattenförbrukning och inomhustemperatur under denna period har varit liten. Varmvattenbehovet är enligt mätning av uttagen energimängd från varmvattenberedaren.

Tabell 9.2 Energiuttag i Wh/h fördelat på hushållsel, radiatorel och värmepumpssystem samt totalt under februari 1984. Timmedelvärden i max- och min-värden redovisas. Vidare finns för jämförelse temperaturer inne och ute liksom genomsnittlig energi för varmvatten.

	S7 (betongstomme)			S9 (lättregelhus)		
	medel	min	max	medel	min	max
Hushållsel, Wh/h	840	0	4300	530	0	4600
Radiatorel, Wh/h	840	0	3100	680	0	2000
Värmepumps-systemet, Wh/h	890	100	2300	770	100	2300
Totalt tillförd el, Wh/h	2570	200	7100	1980	400	5700
Varmvatten Wh/h	410	-	-	380	-	-
Temp inne, °C	21,4	-	-	21,6	-	-
Temp ute, °C	-1,7	-	-	-1,7	-	-

9.3 Värmepumpens funktion

Den s k värmefaktorn brukar användas för att beskriva hur effektiv en värmepump är. Värmefaktorn kan definieras på olika sätt. Det kanske vanligaste är att ange hur mycket energi värmepumpen kan avge vid full drift i förhållande till det som behöver tillföras. På så sätt bestäms värmefaktorn oftast i laboratorier vid på förhand väl definierade driftsförhållanden.

Betydligt mera intressant är att få veta hela värmepumpssystemets värmefaktor som i det här fallet kan definieras som systemvärmefaktor =

levererad energi till tilluft och tappvarmvatten - el
till tillsatsvärme

el till frånluftsaggregat och tilluftsaggregat - el
till tillsatsvärme

När värmepumpen går kontinuerligt återvinner den ca 1 000 W ur frånluften. För att återvinna denna energimängd åtgår energi för att driva kompressor (ca 500 W) men även till fläktar (2x70 W) och cirkulationspump (30 W). Se figur 4.12

Energien från värmepumpen överförs till varmvattenberedaren. Frånluftsfläkten sitter efter förångaren (den enhet som tar energin ur frånluften) därför kommer inte frånluftsfläktens energi systemet till godo utan utgör en renodlad förlust. Däremot bidrar tilluftsfläktens energi till uppvärmning av huset.

Mätningar har visat att energi avges från varmvattenberedaren motsvarande 60 W när varmvatten inte tappas ur systemet. Det är de s k stilleståndsförlusterna som beroende på apparatens placering och på årstiden kommer huset tillgodo eller inte. I SPARSAM-husen bedöms de inte komma uppvärmningssystemet tillgodo vid bestämning av systemvärmefaktorn.

Mätningarna visar att under vinterperioden nyttiggörs ca 2,3 ggr mer energi än som tillförs värmepumpssystemet. Dvs systemvärmefaktorn är ca 2,3. Under sommarmånaderna blir systemvärmefaktorn betydligt lägre eftersom fläktar går och värmeavgivningen från varmvattenberedaren sker kontinuerligt. Sålunda är 2,3 det bästa värdet på systemvärmefaktorn i det använda systemet (se figur 9.3). Se sid 133

10 VÄRMEGENOMGÅNGSTAL HOS YTTERVÄGGAR

10.1 Mätningar

I SPARSAM-husen har ytterväggarna projekterats för en mycket hög isolergrad. Nya väggkonstruktioner har använts i Stockholmshuset. I de två betonghusen har sandwichelement med större isolertjocklek använts än vad som funnits i hittills tillverkade standardelement. Plåttregelhuset har en helt ny typ av plåtreglar. I projektet har det bedömts angeläget att bestämma om de utökade tjocklekarna medför motsvarande isolerförbättring.

Transmissionsförlusterna utgör en stor post i energibalansen som det är viktigt att kunna bestämma med så hög precision som möjligt. Det är dessutom transmissionsförlusterna som i första hand kan begränsas med byggnadstekniska åtgärder. Omfattande värmeflödesmätningar har utförts som kompletterats med beräkningar.

Bestämningar av ytterväggarnas k-värden har utförts genom mätning av värmeflöden genom en yttervägg i vardera hus S7, S8 och S9. Mätningar har utförts på en norrvägg i klädkammaren på övervåningen i respektive hus. Det har bedömts att de yttre störningarna var minst på denna plats.

Värmeflödesmätningar har utförts dels med termoelektriska värmeflödesplattor (VF) dels med en stor och en liten Guarded Hot Box (GHB). För temperaturmätningarna har termoelement använts. Alla mätvärden från VF och termoelement har registrerats med en skrivare var 5:e minut under mätperioderna. Tillförd elenergi till GHB har bestämts med en impulsräknare.

Mätytan för VF är 100x100 mm, för lilla GHB 300x300 mm och för stora GHB 1250x 1250 mm.

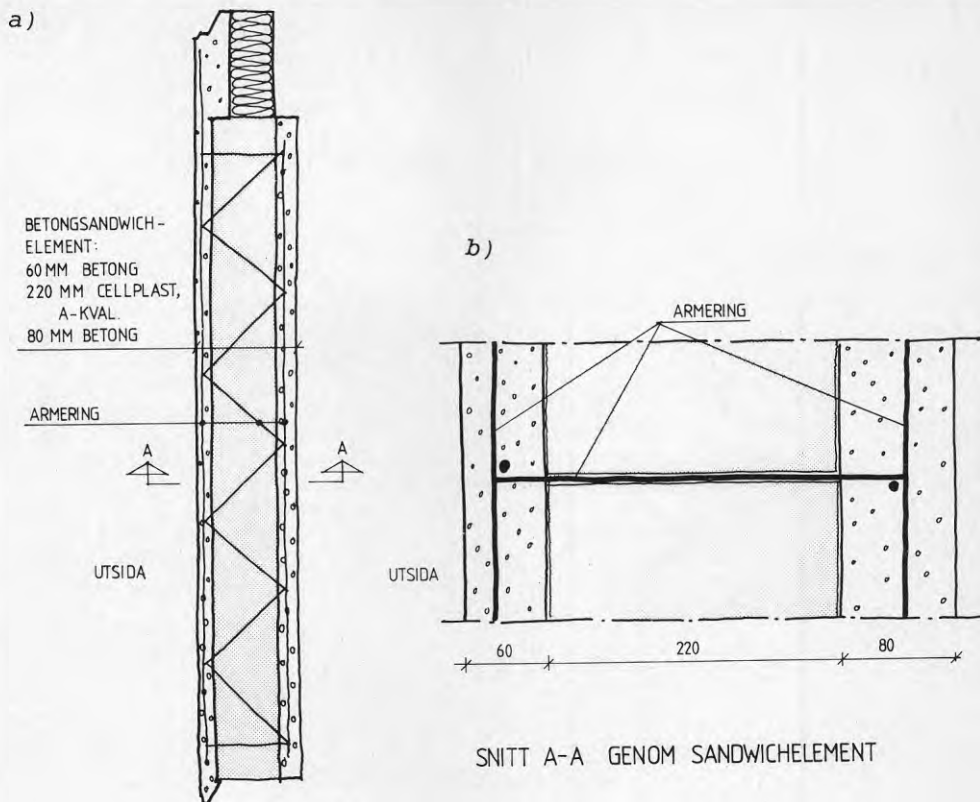
Med VF bestäms värmeflödet således genom en mycket begränsad yta.

Med GHB erhålls ett medelvärde på värmeflödet för något större yta varvid det finns större möjligheter att inkludera effekter vid köldbryggor och/eller av andra störningar i isolerfunktionen. Den mindre GHB är enkelt flyttbar medan den större har begränsade möjligheter till olika placering.

I hus S7 har mätningarna utförts under tiden 820405-820413 med 2 st VF och en stor GHB samt med 7 st termoelement.

I hus S8 har mätningarna utförts under tiden 830217-830324 och 830429-830514 med en liten GHB och 3 st VF vilka flyttades under mätperioden samt med 10 st termoelement.

I hus S9 har mätningarna utförts under tiden 820430-820502 med samma utrustning som i hus S7. Under tiden 830225-830306 och 830518-830612 har samma utrustning som i hus S8 använts. Vid den senare mätperioden har mätts med förhöjd innetemperatur pga att utetemperaturen varit så hög att temperaturskillnaden i annat fall skulle blivit för liten.



YTTERVÄGGSELEMENT I HUS S7 OCH S8

Fig 10.1 a) Ytterväggarna i hus S7 och S8 består av 360 mm tjocka sandwichelement. Väggelementen har en 220 mm tjock cellplastskiva kval B (pro jekterad med A-kvalitet, Plastolit AB P15) som isolering mellan två betongskikt. Det yttre betongskiktet är 60 mm och det inre 80 mm tjockt.

b) Betongskikten förbinds med armeringsstegar c 600 mm som går genom isolerskiktet. Armeringsstegarna (bindarna) är gjorda av rostfri armering diam 4,6 mm

Sandwichelementen göts i liggande formar. Först göts det inre skiktet mot den plana gjutformen. Cellplastskivorna placerades mellan armeringsstegarna. Mellan de vånings-höga cellplastskivorna uppstår en luftspalt motsvarande armeringens dimension. Efter komplettering av armering göts det yttre betongskiktet. I samband med vibreringen fylldes med största sannolikhet luftspalten vid armeringsstegarna med betong vilket försämrat k-värdet i betydande grad.

Sandwichelementen har konstruerats och tillverkats enligt figur 10.1. Som framgår av figuren utgör armeringsstegarna köldbryggor i elementen. Eftersom isoleringen utgörs av cellplast är risken för konvektion i själva isolermaterialet liten. Möjligen skulle spalter mellan isolering och betong kunna uppkomma i vilka konvektion skulle kunna förekomma. Hänsyn till att sådan konvektion skulle förekomma har inte tagits vid försökens planering. Däremot har VF placerats dels mitt för armeringsstegar dels mitt emellan dessa. Den lilla GHB har placerats mitt för armeringsstegar medan den stora täcker över två stycken armeringsstegar.

Väggens uppbyggnad i plåtregelhuset S9 framgår av figur 10.2. Som isolering har använts 240 mm mineralull (glasull). Konstruktionen är känslig för konvektion i synnerhet om isoleringen monteras så att springor och/eller spalter uppkommer. Redan små spalter kan vid stora isolertjocklekar medföra betydande försämring av isolerförmågan pga konvektion (Friberg et al, 1982). Om konvektion uppkommer kan man förvänta sig skillnader i värmeflödet på olika nivåer på väggen till följd av vertikal värmetransport inuti denna. Värmefflödesmätarna har därför placerats på olika höjder och såväl mitt för reglarna som mitt emellan. Den större GHB täcker in en betydande vägg-höjd men det är ändå inte möjligt att mäta på hela vägg-höjden i en enda mätning.

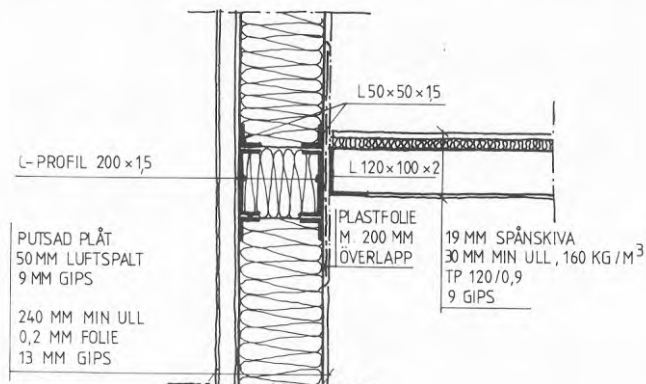


Fig 10.2

Ytterväggarna i hus S9 består inifrån räknat av 13 mm gipsskiva, plastfilm, 240 mm mineralull kval A (Gullfiberskiva 3024) mellanreglar c 600 mm, 9 mm gipsskiva, luftspalt samt fasadbeklädnad av putsade plåtkassetter. Reglarna är 55 mm tjocka och består av 3,5 mm tjock träfiberskiva med 48 mm mineralull. De två träfiberskivorna hålls ihop av 0,7 mm tjocka plåtprofiler.

10.2 Resultat av mätningar

Bestämda k-värden med hjälp av mätningar har sammanställts i tabell 10.1. För jämförelse har även beräknade k-värden medtagits (se 10.3 jämförelse med beräknade k-värden). Det framgår tydligt av tabellen att värdena är mycket olika i olika

mätpunkter. Mätningarna på sandwichelementen visar att betydligt högre (sämre) k-värden bestämts mitt för armeringsstegen än mellan dessa. En sammanvägning av mätresultaten ger ett genomsnittligt k-värde på ca $0,24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Lokalt har dock så högt värde som $0,54$ erhållits. Sannolikt är detta värde mitt för en lyftögla.

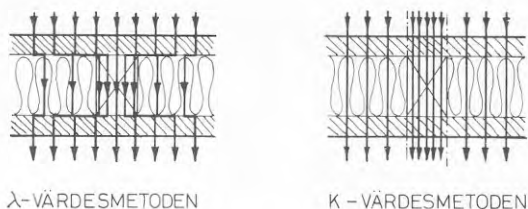
Tabell 10.1 Sammanställning av k-värden, $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, medelvärden, utförda mätningar och beräkningar. Ytterväggarna har projekterats för att få k-värdet $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Beräkning av k-värden för sandwichelementen har utförts enligt metod i svensk standard. Därvid har antagits att betong fyllt ut luftspalten vid armeringsstegar och att cellplast kvalitet B (=0,043) använts.

SPARSAM-hus	k-värde enl mätningar			k-värde enligt beräkningar
	VF	GHB lilla	GHB stora	
	100x100	300x300	1250x1250	
S7	Betongstomme			
	Mellan armeringsstegar	-	-	0,18
	Vid armeringsstegar	0,30	-	-
	Vid lyftögla ?	0,54	-	-
	Över flera armeringsstegar	-	0,23	0,24
S8	Betongstomme			
	Mellan armeringsstegar	0,23	-	0,18
	Vid armeringsstegar	0,28	0,29	-
	Över flera armeringsstegar	-	-	0,24
S9	Plåt regelstomme			
	Mellan regler	0,14	0,16	-
	Vid regel	0,24	-	-
	Över flera regler	-	0,17	0,17

Betydligt lägre (bättre) k-värden har erhållits vid lättväggen. Det genomsnittliga värdet är ca $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Även för dess väggar har viss inverkan av reglarna erhållits.

10.3 Jämförelse mellan beräknade och uppmätta k-värden

För att få en uppskattning av köldbryggornas inverkan på k-värdet kan enkla handberäkningsmetoder tillämpas. De allra enklaste är den så kallade lambda-värdemetoden resp k-värdemetoden. Fig 10.3



Figur 10.3 Med lambda-värdemetoden bildar man ett genomsnittligt lambda-värde för varje skikt. Det innebär att man tänker sig en oändligt stor värmeledningsförmåga i sidled. Enligt k-värdemetoden antas inget värme flöde gå i sidled.

Lambda-värdemetoden innebär att det beräknade k-värdet blir större än det verkliga medan k-värdemetoden däremot ger för lågt k-värde. Dessa metoder är emellertid inte lämpliga för konstruktioner med stora differenser mellan lambda-värde för isolerande material och köldbrygga. Betong och stål har alltför högt värmeledningstal i jämförelse med cellplast.

Det kan noteras att enligt beräkningar i samband med projekteringen skulle k-värdet bli $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ för både den tunga och den lätta ytterväggen. Någon hänsyn till inverkan av köldbryggor på grund av betongfyllda genomgående springor har därvid inte tagits. Inverkan av armeringsstegarna beräknades enligt den schablonmetod för kramlor som finns i SBN. Vid projekteringen har förutsatts att cellplast kval A ($\lambda = 0,038 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$) och mineralull kval A ($\lambda = 0,040 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$) använts.

För betonghusen (hus S7 och S8) med ytterväggar av sandwich-element har det framkommit att isoleringen i dessa är av B-kvalitet i stället för av A-kvalitet. Vidare visar besiktningen av elementen i samband med tillverkning att det fanns mycket stor risk för att det blir en springa mellan isolerskivorna där armeringsstegarna finns. Denna springa antas vid de noggrannare beräkningarna bli fylld med betong.

För att bättre kunna ta hänsyn till köldbryggor orsakade av stålkonstruktioner har den metod som anges i Svensk Standard (1984) tillämpats för att beräkna inverkan av armeringsstegar i betongelementen.

Utrymmet mellan armeringen och cellplasten antas vid beräkningarna utfyllt med betong. Vidare utförs beräkningen för B-kval på cellplasten ($\lambda = 0,043 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$). Beräkningen enligt Svensk Standard antas tillämplig för dessa sandwichkonstruktioner. I bilaga 1 redovisas beräkningsgången enligt Svensk Standard

Med cellplast kval A ($\lambda=0,038$), armeringsstegar men inga "springor" som fylls ut med betong erhålls med denna metod $k=0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ vilket överensstämmer med projekterat.

Inverkan av själva armeringsstegen är endast ca 6%

Försämringen pga att cellplast kval B används i stället för kval A innebär 12% försämring av k-värdet enligt beräkningarna.

Försämringen pga betong i 4 mm springor vid armeringsstegarna c 600 innebär enligt beräkningarna en försämring av k-värdet med hela 26%.

Det innebär sålunda att enligt dessa beräkningar och ingångsdata blir k-värdet ca $0,24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Detta värde överensstämmer mycket väl med mätresultaten.

Resultaten från värmeflödesmätningarna i huset med lättreglar (hus S9) överensstämmer väl med beräknade värden dvs k-värdet är ungefär $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Vissa mätresultat antyder t o m att något bättre k-värden skulle kunna erhållas.

10.4 Några slutsatser och reflexioner om ytterväggarnas k-värden

I lättregelkonstruktionen har de projekterade k-värdena uppnåtts. Bestämningarna styrker sålunda väl att den utökade isolergraden också motsvaras av en isolerförbättring. Det bekräftar dessutom erfarenheterna från okulärbesiktningarna som visade att arbetsutförandet varit mycket bra.

Sandwichkonstruktionerna av betong visade betydligt sämre resultat. Det finns ett flertal förklaringar till detta.

Resultaten av utförda k-värdesberäkningar och -mätningar visar bl a hur viktigt det är att välja rätt materialkvaliteter för att få en bra slutprodukt. Användning av B-isolering i stället för A-isolering i betonghusens ytterväggar har resulterat i en klar försämring av isolerförmågan. Det syns också vara nödvändigt att förbättra märkningen av olika isolerprodukter så att man på arbetsplatsen lätt kan identifiera kvaliteten. En speciell färgmarkering på cellplastskivor skulle kunna underlätta identifikationen. Det syns också vara så att isolerfabrikanterna levererar produkter som har liten "marginal" från att underskrida kvalitetskraven enligt på laboratorier utförda

-värdesbestämningar. Myndigheterna bör kanske skärpa gränserna eller öka påslagen på laboratoriebestämda värmeledningskoefficienter.

Inverkan av köldbryggor från betong i samband med armeringsstegar är betydande och syns ofta underskattas. Mätningarna och beräkningarna visar tydligt att redan några få mm betong som är genomgående och bildar en tunn brygga mellan inre och yttre betongskiva bidrar till en mycket allvarlig försämring av isolerfunktionen. Detta innebär att betong måste förhindras

fylla utrymmet mellan armeringsjärnen i armeringsstegarna och att isolerutförandet måste vara sådant att inga springor får finnas mellan de olika isolerskivorna där betong skulle kunna rinna in vid tillverkningen. Det är även angeläget att så långt som möjligt minska antalet armeringsjärn som passerar isolerskiktet.

Undersökningarna visar att en isolerförbättring till följd av den utökade isolertjockleken från normala ca 14 cm till 22 cm i stort sett helt uteblivit pga övergång från avsedd A- till B-kvalitet på isoleringen och pga effekter av köldbryggor vid armeringsstegar vilkas dimensioner och antal ökats pga ökad isolertjocklek. I denna slutsats har ändå inte inräknats inverkan av sämre isolerförmåga vid bjälklagsanslutningar, kring fönster, vid ytterväggshörn etc. Lokalt erhålls nedsättning av isolerförmågan där lyftöglor anbringats eftersom isolertjockleken där reduceras betydligt.

De påtalade isolerbristerna kan vara svåra att identifiera i praktiken. Värmeflödet genom högisolerade konstruktioner är oftast mycket litet varför det är svårt att mäta i fält. Invändiga betongskivor innebär att temperaturen på dessa ytor väl utjämnas varför inverkan av köldbryggor lätt maskeras. Det innebär bl a att det är svårt att avslöja eventuella isolerdefekter i konstruktionen. Det krävs nämligen noggranna och ganska långvariga mätningar för att på ett säkert sätt bestämma isolerfunktionen. Det kan vara svårt att bevisa att produkten inte håller utlovade kvaliteter.

Det finns alltså en rad viktiga skäl till att förbättra de byggnadstekniska konstruktionsdetaljerna och noggrant se över rutinerna för hur olika arbetsmoment skall utföras. Från energiteknisk synpunkt kan resultatet av en översyn och förbättring av lösningarna ge lika bra eller t o m bättre resultat som helhet än att enbart förbättra k-värdet i "bästa" snitt.

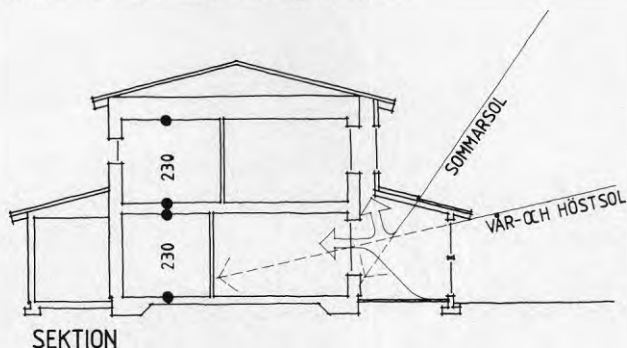
Anm Tillverkaren har sedan han fått kännedom om resultaten vidtagit åtgärder för att minska eller eliminera här påtalade brister.

11 FUNKTION GLASVERANDA

SPARSAM-husen har en inglasad veranda utanför vardagsrummet. I Malmö har de två husen M4 och M7 verandorna orienterade mot sydväst. I Stockholm är verandorna till husen S7 och S9 orienterade mot söder och huset S8 har verandan mot väster. Vid uppvärmningsbehov tas den fläktstyrda ventilationsluften in via glasverandan. När de boende inte vill ha förvärmning av ventilationsluften kan de manuellt vrida om två spjäll så att luften tas in från husets förrådssida.

Taket till verandan består till största delen av plåt och en mindre del av plast. I vissa hus har felaktig borrhning utförts vid montage av takplåtarna vilket lett till vatteninträngning och mögelbildning mellan metallplåten och den transparenta plastdelen.

När solen under sommaren står högt på himlen skyddar taket mot direkt solinstrålning. Höst, vinter och vår står solen lågt och solinstrålning hindras inte så mycket av glasverandans tak från att nå in i bostadsutrymmena. Figur 11.1



Figur 11.1 *Principskiss genom SPARSAM-husen. Luften värms när den tas in via glasverandan vintertid. Sommartid när solen står högt utgör verandan ett skydd mot att få in direkt solinstrålning i huset tack vare att verandans tak endast delvis är transparent.*

Glasverandan får flera effekter på temperaturer och energitransporten. För det första är det intressant att studera temperaturhöjningen i glasverandan som ju direkt påverkar energitransporterna. För det andra påverkar verandan temperaturen inomhus.

11.1 Temperatur i glasverandan

Temperaturen på luften som tas från glasverandan är som dygnsmedelvärde alltid högre än utomhustemperaturen. I hus M4 har temperaturhöjningen i medeltal varit ca 3,5 oC under uppvärmningssäsongen 82/83. Hus M7 var under samma tidsperiod utan glasad veranda och temperaturen i luftintaget var i stort sett identisk med utomhustemperaturen. Figur 11.2 Se sid 134

I Stockholm har temperaturhöjningen i glasverandan varit större än i Malmö. Temperaturhöjningen i betonghuset S7 har varit ca 6,5 °C och i lättregelhuset S9 ca 5 °C under uppvärmningssäsongen 82/83.

Den högre temperaturen i glasverandan till S7 i förhållande till hus S9 kan delvis förklaras av högre inomhustemperatur i S7 än i S9 (82/83). Med tanke på resultaten från utförda värmefflödesmätningar i andra väggsnitt är det sannolikt att det i betonghuset, S7, finns stor andel köldbryggor även mot glasverandan. Köldbryggor medför större energiflöden varför det kan bidra till högre temperaturer i glasverandan till hus S7. S7 har också större energilagring förmåga i betongstommen vilket också ökar glasverandans effektivitet något.

Temperaturhöjningen under året varierar kraftigt. Under uppvärmningssäsongen har temperaturhöjningen i verandan i förhållande till utomhustemperaturen varit störst under den kallaste perioden. Därigenom bidrar glasverandan med mest energi samtidigt som energibehovet är som störst. Den medverkar på så sätt även till viss effektutjämnning för uppvärmningen. Temperaturen i glasverandan har enligt mätningarna aldrig varit lägre än utomhustemperaturen.

De boende har varit mycket positivt inställda till glasverandan. Redan i februari - mars och ända in i oktober - november har de kunnat utnyttja verandan under soliga dagar. Temperaturen överstiger då +20 °C när solen skiner.

Enskilda soliga dagar kan temperatursvängningarna bli stora. Se figur 11.3 a och b. Se sid 135

Timmedelvärden på över 40 °C har registrerats under mycket soliga dagar från maj till augusti på ställen i verandan som varit skyddade från direkt sollinstrålning. De boende kan minska de höga temperaturerna genom att öppna dörr och fönster i glasverandan. De höga temperaturerna har dock medfört problem med växter som dött när de boende varit bortresta och ej kunnat ventilera verandan.

I det här sammanhanget kan det vara intressant att jämföra temperaturerna i glasverandan med temperaturen på vinden under yttertaket. Det har ju diskuterats i olika sammanhang att ta förvärmad tilluft från vindsutrymmet.

Yttertaket på husen består av profilerad takplåt TP45-0,7-NON-CON-DROP. Temperaturen mätt med den givare som ligger ovanpå isoleringen i vindsutrymmet har i motsats till temperaturen i glasverandan varit lägre än utomhustemperaturen under en stor del av uppvärmningssäsongen. Figur 11.4 Se sid 136

Utstrålningen mot himlen är uppenbarligen så stor att den genom snittligt under stor del av uppvärmningssäsongen förorsakar lägre vindtemperaturer än utetemperaturen. Tack vare att vindsbjälklaget är mycket väl isolerat och yttertaket extremt lågt isolerat (enbart plåt) är värmetransporten inifrån så liten att den inte förmår kompensera utstrålningen.

En konsekvens av mätresultaten är att det inte är någon energimässig fördel att ta tilluften via vindsutrymme under plåttak när bjälklaget är så pass välisolerat som i detta fall.

11.2 Inverkan på inomhustemperaturen

Om man jämför temperaturerna inomhus i Malmö framgår att i huset M4 som har veranda inte får samma höga temperaturtoppar som huset utan veranda (M7) under varma och soliga sommark dagar. Skillnaden framträder inte sedan glasverandan färdigställts i hus M7.

Under värmeböljan sommaren 1983 har timmedelvärdet inne i husen över 28°C registrerats men endast under några timmar dagtid. Huset S8 har haft problem med övertemperaturer under sommaren 1984 vilket dock till stor del berott på reglertekniska problem.

Temperatursvängningarna inomhus är större i Stockholms huset med lättreglar än i husen med tung stomme. Under värmeböljan var dagstemperaturen högre i lättregelhuset S9. Däremot blev det svalare inomhus under natten i lättregelhuset än i husen med betongstomme.

11.3 Glasverandans inverkan på energiförbrukningen

Temperaturhöjningen i glasverandan minskar både effektbehovet och energibehovet för uppvärmning av ventilationsluften. Som medeleffekt över en hel månad bidrar verandan med ca 400 W för uppvärmning av ventilationsluften.

En temperaturhöjningen på tilluften med ca 5°C innebär en minskning av energibehovet för uppvärmning av ventilationsluften med ca 1 000 kWh/år.

Teoretiskt är summa-ka för SPARŞAM-husens fasad mot verandan ca $20 \text{ W}/^{\circ}\text{C}$. Temperaturhöjningen 5°C i verandan innebär då en minskning av transmissionsförlusten med ca 500 kWh under en uppvärmningssäsong. Det innebär att energibesparingen som högst kan uppgå till 1 500 kWh per år. Det förutsätter att verandan används optimalt. T ex får inte fönsterdörrar öppnas så att ventilationen ökar eller får inte infravärmare användas för att utnyttja glasverandan när det annars skulle vara för kallt.

Besparingen som beräknats ovan reduceras av att glasverandan något reducerar den direkta solinstrålningen till huset. Vid beräkningarna av solinstrålningen har en avskärmningsfaktor på 0,4 använts. Om den i stället vore 0,6 utan verandan skulle nyttiggjord solinstrålning ökas med ca 400 kWh. I stort sett kan de minskade transmissionsförlusterna till verandan bedömas vara av samma storleksordning som minskningen i den direkta solinstrålningen. Det betyder att energibesparingen i huvudsak hänförs till förvärmning av ventilationsluften. Den skulle därvid uppgå till storleksordningen 1 000 kWh/år.

12 VATTENFÖRBRUKNING

Husen har så kallade vattensnåla installationer såsom flödesreglerare, FM Mattssons ettgreppsblandare och Gustavsbergs Water Saving System (WSS-system).

WSS-systemet anges av tillverkaren behöva endast ca 3 l vatten vid varje spolning. Enligt laboratorietest på ett system åtgick mellan 3,9-5,1 liter per spolning beroende på hur länge man drog i spolhandtaget. Efter injustering av systemet i laboratoriet kunde vi komma ned till 3,3 l per spolning. Hur mycket vatten som åtgått vid spolning i själva provhusen har inte kunnat mätas.

Vid inflyttning i ett av husen var det stopp i avloppssystemet, antagligen beroende på att rester från byggtiden hamnat i hävertbrunnen. I övrigt har inga driftsstörningar med WSS-systemet noterats.

Uppmätt kallvattenförbrukning redovisas i tabell 12.1. Om man fördelar den på antalet personer som normalt bor i respektive hus uppgår den till mellan 47-59 m³/person. Det är något lägre än medelförbrukningen i Täby kommun. I Täby kommun debiterades nämligen hushållen i medeltal 64 m³/person under 1984. Enskilda hushållsvattenvanor påverkar naturligtvis totalförbrukningen. Den relativt låga förbrukningen som ändå uppmätts i SPARSAM-husen kan möjligen förklaras av att husen har vattensnåla installationer.

Tabell 12.1 Vattenförbrukning enligt VA-verkets mätare under ett år (aug 83-aug 84).
(Hus S7 var obebott under tre av dessa månader)

Hus	S7	S8	S9	M4	M7
Kallvattenförbrukning, m ³ /år	124 [*])	186	176	171	149
Timmedelförbrukning, l/h	19,1 [*])	21,2	20,1	19,5	17,0
Antal boende	1-4	4	3	3	3
Vattenförbrukning per boende (m ³ /år)	-	47	59	57	50

^{*}) Anm Uppmätt förbrukning 124 m³/år avser endast 9 mån eftersom huset S7 varit obebott del av året. Timförbrukningen 19,1 l/h är beräknad med hänsyn till den kortare perioden.

Energiuttag för varmvatten ur varmvattenberedaren antogs vid projekteringen till 3 000 kWh/år. Åtgång enligt mätningarna visas i tabell 12.2 för ett år 830815-840815. Det uppmätta energiuttaget för varmvatten överensstämmer rätt väl med antagandena. Låga värden har dock uppmätts i Malmöhusen.

Varmvattenförbrukningen har liten årstidsvariation. Se figur 12.1. Upp till ca 180 liter varmvatten har tappats under en timme. I genomsnitt är varmvattenförbrukningen mindre än ca 10 liter/h. Se sid 137

Exempel på hur energiuttaget varit under en enskild månad visas i tabell 12.3 för de tre Stockholmshusen.

Kallvattenförbrukningen har däremot stor₃årstidsvariation. Under sommarmånaderna har upp till 1,3 m³/h registrerats i samband med att gräsmattor har vattnats. Under vintern är värdena sällan högre än ca 200 l/h.

Under vintern har förbrukats ungefär lika mycket varm- och kallvatten. Skillnaden mellan volymen kallvatten och varmvatten har varit mindre än 20%. Kallvattenförbrukningen har generellt varit något större än varmvattenförbrukningen.

En del av energin i varmvattnet avges till bostaden men samtidigt värms även kallvattnet innan det lämnar bostaden. Medeltemperaturen på vattnet som lämnar bostaden uppmätt i avloppsbrunnen ligger nära rumtemperaturen. Jämför figur 12.2 som visar temperaturer på vattnet i avloppsbrunnen till hus S9 under februari månad 1984. Den högsta temperaturen är omkring +40 °C. Den sjunker dock ganska snabbt. Se sid 138

När de boende varit bortresta sjunker temperaturen i avloppsbrunnen till marktemperaturen ca +6 °C. Se t x 11 och 12 februari respektive 18 och 19 februari.

Kallvattnet som skall gå till varmvattenberedaren går i en slinga runt avloppsbrunnen för att förvärmas. En smärre temperaturhöjningar har uppmätts men osäkerheten har dock varit stor i dessa mätningar. Någon kvantifiering av denna energiåtervinning har inte bedömts möjlig. Värdet ligger helt och hållet inom mätningarnas osäkerhetsintervall. Systemet i aktuellt utförande utgör ingen effektiv värmeåtervinning.

Tabell 12.2 Energiuttag (kWh/år) ur varmvattenberedaren för tappvarmvatten för husen för perioden 830815-840815

Hus	S7	S8	S9	M4	M7
Uppmätt energi uttag ur varmvattenberedare	2500 ^{*)}	3600	3000	2500	2200

*) Huset var obebott i 3 månader. Det motsvarar ett helårsvärde på ca 3 300 kWh

Tabell 12.3 Energiuttag ur varmvattenberedaren för tappvarmvatten under maj månad 1984 i Stockholms-
husen

Hus	S7	S8	S9
Medelenergiuttag, Wh/h	340	370	330
Maximalt energiuttag under en timme, Wh	4 700	7 400	7 000
Hela månaden, kWh	253	275	246

13 JÄMFÖRELSE MELLAN TUNG OCH LÄTT STOMME

13.1 Inledning

Jämförelsen mellan tung och lätt stomme är intressant från flera synpunkter. Det har ibland hävdats att ett tungt hus skulle vara mer energisnålt än ett lätt hus med samma isolergrad. Grundtanken är att överskott av sol gratisenergi från sol, personer, elapparater, belysning m m kan lagras i stommen för att kunna utnyttjas när värmebehov föreligger. Förutsättningarna för detta är att vissa temperatursvängningar kan accepteras i husen. I konsekvens härmed har det bedömts att det tunga huset erfordrar mindre installerad effekt för att klara uppvärmningsbehovet.

Det tunga huset är på grund av sin värmelagrande förmåga mindre känsligt för avbrott i värmeförseln än det lätta.

Undersökningarna i SPARSAM-husen har planerats för att belysa några av ovanstående frågeställningar. Följande bestämningar och analyser har utförts

- * inverkan på energibehovet under uppvärmnings-säsongen
- * effektbehov
- * temperatursänkning vid simulerat elavbrott
- * rumstemperatursvängning under olika årstider

3.2 Konstruktionsdata av betydelse för jämförelsen: tung - lätt stomme

Två av de tre SPARSAM-husen i Stockholm, S7 och S8, har tunga betongstommar. Såväl bjälklag som ytterväggar är i betongkonstruktion. Det tredje huset, S9, har en lättregelkonstruktion. De två husen i Malmö, M4 och M7, har lättregelkonstruktioner med fasadtegel. Grundläggning är platta på mark för alla fem husen.

Systematiska mätningar för att kunna jämföra tung och lätt stomme har genomförts enbart i Stockholmshusen.

Ytterväggarna i hus S7 och S8 består av 360 mm tjocka sandwich-element. Det yttre betongskiktet är 60 mm och det inre är 80 mm. Mellan betongskikten finns 220 mm cellplastskiva. Mellan- och vindsbjälklag är 265 mm hålbjälklag av betong. Jämför figur 4.10.

Ytterväggarna i hus S9 består inifrån räknat av 13 mm gips-skiva, plastfilm, 240 mm mineralull mellan lätta plåtråreglar c 600 mm, 9 mm gipsskiva och längst ut putsade plåtkassetter

som fasadbeklädnad. Mellan- och vindsbjälklag består av trapetskorrugerad tunnplåt. Mellanbjälklag har 9 mm gipsskiva på undersidan och på ovansidan 30 mm hård mineralull och 19 mm spånskiva. Även vindsbjälklaget består av plåt med gipsskivor på undersidan och på ovansidan plastfilm och sammanlagt 350 mm mineralullsisolering. Jämför kapitel 4.

13.3 Energi- och effektbehov

Husen har projekterats för att få samma k-värde i ytterväggarna, $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, i både den tunga och lätta konstruktionen.

Omfattande bestämningar av k-värdet har utförts i de tre provhusen i Stockholm. Resultaten tyder på att k-värdet i lättregelhusets väggar är något bättre än beräknat. Däremot har betydligt sämre k-värde erhållits i betonghusens ytterväggar. k-värdet har bestämts till ca $0,24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ i stället för $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Se kap 10 "Värmegenomgångstal hos ytterväggar". Detta förhållande har försvårat jämförelsen mellan tung och lätt konstruktion. Husen har sålunda inte likvärdiga värmegenomgångstal vilket förutsatts när försöken planerades.

I kapitel 15 redovisas uppmätt energiförbrukning. Det framgår att energiförbrukningen har varit högre i betonghusen än i lättregelhusen. Även efter korrekationer kvarstår att de tunga husen har förbrukat något mer energi än beräknat. Med det regler- och styrsystem som har valts i SPARSAM-husen går det inte att påvisa någon energibesparing med tung stomme. Resultaten överensstämmer med Harrysson, 1985.

Husens effektuttag för uppvärmning har också analyserats tyvärr enbart med nattsänkning inkopplad (se kap 9.2). Det visar sig att maximalt effektuttag har varit större i betonghusen än i lättregelhusen. Det är i och för sig logiskt eftersom det efter en temperatursänkning i hus med tung stomme erfordras större effekt för att värma upp en nedkyld tung stomme med hög värme-lagringsförmåga.

Systemet med att förvärmad tilluft transporteras i oisolerade kanaler i betongbjälklaget innebär att betongen runt kanalerna värms till över $30 \text{ } ^\circ\text{C}$. Detta har medfört att det är svårt att snabbt reglera mängden tillförd energi för att kunna nyttiggöra sig av tillfälliga värmeöverskott pga att betongbjälklaget utgör ett betydande värmelager som det tar lång tid att tömma på energi.

13.4 Effekt av simulerat elavbrott

För att bestämma tidskonstanter och hur snabbt temperaturen sjunker inomhus vid driftsavbrott har ett totalt elavbrott i hus S8 och S9 simulerats under perioden 830307-830315 - ett s k avsvalningsförsök.

Ingen hade vid den tidpunkten flyttat in i husen men uppvärmnings- och ventilationssystemet var igång. Eftersom husen var obebodda fanns heller inga möbler eller andra inventarier i husen vilket skulle ha påverkat värmelagringen.

Vid avstängningen av elströmmen, vilket innebär att såväl värme som ventilationssystem stängts av, var luftmedeltemperaturen inomhus $18,5^{\circ}\text{C}$ i huset med betongstomme (S8) och $19,5^{\circ}\text{C}$ i huset med lättregelstomme (S9).

I figur 13.1 visas luftens medeltemperatur i husen S7, S8, S9 och utomhustemperaturen under första delen av mars månad 1983. Utetemperaturen varierade mycket under hela månaden och således även under avsvalningsförsöket. Den genomsnittliga utetemperatur under avsvalningsförsöket var ca -2°C . Som kallast var utetemperaturen under -10°C . Stora utetemperaturvariationer förekom mellan dag och natt. Under perioden liksom under månaden i övrigt förekom många soliga dagar med betydande solinstrålning. Inomhustemperaturerna har också varierat mellan dag och natt pga att man utnyttjat möjligheten till nattsänkning av inomhustemperaturen. Se sid 139

Under de två första timmarna efter att värmertilförseln avbrutits sjunker lufttemperaturen ca 1°C oberoende av om huset är tungt eller lätt. Tabell 13.1. Under denna tidsperiod medverkar inte material i stommen till att hålla temperaturerna uppe utan det är värmeinnehållet i luften som utnyttjas. Därefter börjar lagrad värme avges och avsvalningskurvorna får helt olika lutning. Ur temperaturkurvans lutning kan den s k tidskonstanten bestämmas. Tidskonstanten har bestämts genom att studera perioden 2-10 timmar efter avstängning och beräknas enligt

$$\tau = \frac{T}{\ln \frac{(\theta_{ib} - \theta_{um})}{(\theta_{is} - \theta_{um})}}$$

Under denna tidsperiod har utetemperaturen varierat måttligt. I slutet perioden har temperaturen stigit både ute och inne trots avstängd el. Detta beror på stor solinstrålning.

Ur figuren 13.1 kan avläsas att under denna andra tidsperiod sjunker temperaturen i det lätta huset $3,3^{\circ}\text{C}$ mot endast $0,8^{\circ}\text{C}$ i det tunga huset. Ur dessa värden har tidskonstanterna beräknats till ca 2 dygn för det lätta och ca 8 dygn för det tunga huset. Det är relativt stora tidskonstanter som även har sin förklaring i att husen är lufttäta, vilket innebär att ventilationen är mycket liten när fläktarna stannat.

Vid ett avbrott i energitillförseln är skillnaden mellan det lätta och tunga huset mycket liten. Däremot är skillnaden mycket stor vid en längre tids avbrott. Det kan vara värdefullt i en krissituation. Å andra sidan begränsar den tunga stommen möjligheterna till att kunna utnyttja nattsänkning av tempera-

turen. I det tunga huset sjunker temperaturen kanske bara någon enda grad vid total avstängning om det inte är extrem kyla utomhus. Som redovisats ovan erfordras dessutom extra hög effekt för att snabbt kunna höja temperaturen efter ett avbrott i det tunga huset.

Tabell 13.1 Bestämda temperatursänkningar under olika tider efter avstängning av värmeförseln i hus S8 och S9. Temperaturen sjunker under de två första timmarna ca 1 °C i båda husen där efter börjar lagrad värme avges och avsvältningskurvorna får olika lutning. Hus S8 har tung stomme och S9 har lätt stomme. Medeltemperatur ute har varit ca -2 °C men med stora dygnsvariationer

Hus	S8	S9
Temperatursänkning 0-2 timmar	1	1
Temperatursänkning 2-10 timmar	0,8	3,3
Tidskonstant (utan ventilation)	8 dygn	2 dygn

Temperaturskillnaden mellan (de olika) rummen blev liten under avsvältningsförsöket enligt figur 13.2 och 13.3. Det betyder att hela huset samverkat i temperaturhänseende. Mycket liten temperaturskiktning har uppmätts mellan över- och undervåningen.

Se sid 140 och 141

13.5 Rumstemperatursvängningar

Under uppvärmningssäsongen accepteras normalt endast små temperatursvängningar i bostadshus. Det gör att skillnaden mellan tung och lätt stomme är liten.

Vid värmeböljan i juli 1983 uppmättes tydlig temperaturskillnad mellan husen med tung respektive lätt stomme. Temperatursvängningarna inomhus blev större i lättregelhuset S9 än i de tunga husen S7 och S8. Det lätta huset har erhållit en högsta dagstemperatur av ca 30 °C. Vattentemperaturen sjönk till ca 24 °C vilket är ca 2 °C lägre än i de tunga husen som ackumulerade värmen längre. I de tunga husen steg innetemperaturen alltmer under perioden eftersom de inte hann kylas ned tillräckligt nattetid. Man kan också utläsa av figuren 13.4 att temperaturen i huset S8 som har veranda och fönster orienterade mot väster är högre än i S7 som har veranda och fönster mot söder. Dygnsmedeltemperaturen i det lätta huset har sjunkit snabbare till "normala värden" efter värmeböljan. Se sid 142

14 FUNKTION HOS KRISLÖSNING - VEDSPIS I KÖK

14.1 Allmänt

I Stockholmshuset S8 och i Malmöhuset M4 finns en vedkamin i köket. Vedkaminen, som finns intill elspisen och har samma höjd som denna, har kokplatta som kan användas för matlagning. I M4 är kaminen ansluten till en varmvattenberedare och till ett vattenburet självcirkulerande uppvärmningssystem i form av en rörslinga i relativt grova rördimensioner. I hus S8 är kaminen inte ansluten till något särskilt distributionssystem eller till varmvattenberedare utan värme avges direkt från kaminen.

Krislösningen avses kunna klara uppvärmning och matlagning vid ett längre elavbrott.

Funktionen hos denna krislösning har provats under ca en vecka i slutet av januari 1984. Krissituationen simulerades inte fullt ut med en total elavstängning utan el till belysning, kyl o fryrs samt till elspis fick användas.

Även ventilationssystemet var påslaget under försöksperioden. Husen är så täta att luftkvaliteten skulle riskeras bli oacceptabelt låg utan mekanisk ventilation. I en riktig kris-situation måste fönstervädring tillgripas.

I hus S8 används el till tappvarmvatten och även till förvärmning av tilluften.

I hus M4 klarade vedkaminen både varmvattenberedning och förvärmning av tilluften.

14.2 Vedeldning i hus S8

Eldning i kaminen i S8 klarade utan svårigheter att hålla varmt i bottenvåningen. Däremot blev det för kallt i sovrummen när inte tilluften förvärmades i tilluftsaggregatet. Temperaturskillnaden blev stor mellan övervåning och undervåning. Temperaturen i vardagsrummet varierade mellan 22-29 °C. I sovrummen varierade temperaturen mellan 19-22 °C när tilluften förvärmades i tilluftsaggregatet. Tilluftsaggregatet förvärmer tilluften med hjälp av varmvattnet i varmvattenberedaren. Vattnet pumpas runt med en cirkulationspump. När energitillförseln till tilluften avbröts sjönk temperaturen i sovrummen till under 18 °C trots att temperaturen i vardagsrummet var över 25 °C. De boende ansåg sig nödsakade att slå på cirkulationspumpen för att åter få förvärmning av tilluften så att temperaturen i sovrummen blev acceptabel.

Medeltemperaturen utomhus under provveckan i S8 var ca -10 °C. Under provet utan förvärmning av tilluften var utomhus-temperaturen ca -15 °C. Medeltemperaturen på husets frånluft

var något högre än när det vanliga uppvärmningssystemet används.

Medeleffekten till radiatorerna vid motsvarande utetemperatur har uppmätts till ca 2 000 W. Kaminen har sålunda ersatt denna effekt under försöksveckan.

Vedåtgången var i medeltal 17 kg björkved per dag. En väl packad matvarukasse rymmer ca 10 kg ved.

De boende tyckte att det var mycket trevligt med kaminen och att den gav en behaglig värme. Grannarna i hus S7 har under sommaren 1984 monterat in en liknande kamin i sitt kök.

14.3 Vedeldning i hus M4

Under provveckan i M4 klarade sig de boende utan några större problem med hushållsel och el till fläktar. Varmvattenuppvärmning och övrig uppvärmning klarades med kaminen. Vedåtgången var ca 23 kg björkved per dygn under provveckan. Utetemperaturen var ca 0 °C. Den större mängden ved som åtgått i Malmö trots mildare klimat kan förklaras av att vedeldningen även användes till varmvattenberedning.

Sammanfattningsvis har experimentet klart visat att det går att klara sig ganska hyggligt med båda typerna av vedeldning under en längre tids elavbrott. Betydligt högre komfort har uppnåtts i Malmöhuset som har både en varmvattenslinga för själv-cirkulation och varmvattenberedning.

Tabell 15.1 Elenergi (kWh) under ett år, aug 83 - aug 84 enligt manuellt avlästa elmätare. El för mätutrustning är i hus S8 respektive M4 är borträknad. Värdena är inte klimatkorrigerade.

Hus	S7	S8	S9	M4	M7
hushållsel	4 000	4 900	3 900	3 900	3 900
värmepumpsystem (inkl tillsats- värme)	4 700	4 900	5 200	4 100	4 200
el till radia- torer	3 200	5 800	2 300	2 000	2 200
Summa	11 900	15 600	11 400	10 000	10 300
Total elförbruk- enl elverkets mätare	12 700	16 700	12 200	10 000	11 000
Differens	800	1 100	800		700

Summan av de uppmätta delposterna hushållsel, el till värmepumpsystemet och elvärme borde bli lika med den totala förbrukningen enligt elverkets mätare. Som visas i tabellen föreligger en betydande avvikelse mellan de två mätmetoderna. Det kan antingen bero på att mätarna kan visa upp till ca 7% olika i förhållande till varandra eller på att någonting trots noggranna kontroller ej har blivit mätt i delposterna. Att det inte redovisas någon avvikelse i M4 beror på att mätningen där skett på så sätt att en av delposterna utgör en restpost.

Resultaten bör ses som en anvisning för den som planerar mätprojekt att det kan vara olämpligt att minimera antalet elmätare och beräkna vissa resultat som restposter. Det kan bli stora fel. Många utgår ifrån att klass 2 innebär att relativa felet blir mindre än 2%. Så är det tyvärr inte. En av orsakerna till att stora avvikelser erhållits är att under lång tid är mycket låg effekt inkopplad varvid relativa felet kan bli stort.

Felet i förhållande till det "sanna värdet" kan bli mer än 7% för elmätare i praktiskt bruk som i laboratorietest klarar kraven för klass 2. Elmätare för praktiskt bruk är normalt överdimensionerade varför de vanligtvis kommer att registrera en lägre elenergiförbrukning än den verkliga, vilket är till gagn för den vanliga elkonsumenten.

Beräknade årsförbrukningar jämförs fortsättningsvis i denna rapport med värdena enligt elverkets mätare vilka måste anses representera det "officiella" värdet.

15.2 Beräknad energibalans

Skanska har utfört beräkning av energibalansen med ett data-program som i huvudsak bygger på den s k BKL-metoden. Det har också använts för att göra en känslighetsanalys av inverkan av olika parametrar. Programbeskrivning för programmet finns i bilaga 2. I bilaga 3 finns ett exempel med indata och resultatutskrift. I denna bilaga redovisas i detalj de olika beräkningsförutsättningarna.

Tabell 15.2 Årsenergibalans för SPARSAM-husen enligt Skanskas beräkningar. I beräkningarna har använts projekterade ingångsvärden, utetemperaturen för normalår i Stockholm, glasveranda orienterad mot söder, solinstrålningsdata för året 1971 och innetemperaturen +20 °C. Jämför bilaga 3

In	kWh/år	Ut	kWh/år
hushållsel	4 000	transmission	6 637
drivenergi	2 088	ventilation	2 851
fläktar och pump	2 171	fläktar o pump	1 396
radiatorenergi	1 386	avlopp	2 503
återvunnen energi ur frånluften med hjälp av värmepump	4 176	hushållsel (ej användbar för uppvärmning)	2 232
solenergi	1 080		
personer	718		
Totalt	15 619		15 619
Summa behov av elenergi	9 645		

15.3 Känslighetsanalys för energibalanser

Energibalansberäkningarna har utförts med idealiserade förutsättningar på de olika ingångsparametrarna. För att få en uppfattning om hur mycket en förändring av värdena på olika parametrar påverkat slutresultatet har en serie beräkningar utförts. Värdena på parametrarna har delvis valts med utgångspunkt från faktiskt uppmätta data. Genom lämpligt valda uppsättningar parametrar kan den uppmätta energiförbrukningen jämföras med beräkning. Det bör noteras att med det relativt komplicerade uppvärmnings- och ventilationssystem som använts i Sparsamhusen är det inte möjligt att göra en enkel temperaturkorrigerings av uppmätt energiförbrukning för att kunna räkna om värdena till andra klimatpåkänningar.

Sammanställning av genomförda beräkningsfall finns i tabell 15.3

Hur olika parametrar inverkar på resultatet anges dels i tabellen, dels i följande kommentarer. Beräkningsfall 1A utgör utgångsvärdet från projekteringsstadiet.

15.3.1 Inverkan av förändring av värmepumpens värmefaktor (Beräkning 1B)

Vid projekteringen antogs att värmepumpens värmefaktor skulle kunna uppgå till 3,0. Mätningarna har visat att den under vinterhalvåret har varit ca 2,7. I känslighetsberäkningen har därför alternativt 2.7 använts. Denna förändring har dock inte resulterat i större ökning av behovet av köpt energi med mer än ca 100 kWh/år. Analysen av värmepumpens funktion har visat att den sk systemvärmefaktorn som högst uppgår till ca 2.3. Någon särskild analys av vad det lägre värdet på systemvärmefaktorn innebär för energiförbrukningen har inte gjorts. Huvuddelen av de värmeförluster i systemet som drar ned systemvärmefaktorn blir värme som på ett eller annat sätt kommer husen tillgodo.

15.3.2 Inverkan av glasveranda (Beräkning 1C)

Beräkningen antyder att utan glasveranda skulle behovet av köpt energi öka med ca 1400 kWh/år. Beräkningarna har gjorts med solinstrålningsdata för år 1971. Jämförelse med aktuell solinstrålning har av resursskäl inte gjorts. Analysen av mätresultaten (se kap 11) visar att maximal besparing med glasverandan kan förväntas vara 1500 kWh/år vilket väl överensstämmer med simuleringsberäkningarna. Om emellertid verandans inverkan på solavskärmningsfaktorn beaktas reduceras glasverandans bidrag till energibesparingen. Ett värde som kan bedömas sannolikt i praktiken är en besparing i storleksordningen 1000 kWh/år till följd av glasverandan.

I känslighetsanalysen har hänsyn även tagits till olika orientering av glasverandan. Med samma förutsättningar i övrigt ökar energibehovet med ca 400 kWh/år om verandan orienteras mot syd-

väst i stället för mot syd. Om de orienteras mot väst ökar energibehovet med ca 1 100 kWh/år. Det är sålunda en viktig faktor i förklaringen till att högre elförbrukning bestämts i hus S8.

15.3.3 Inverkan av placeringar i Stockholm eller i Malmö (Beräkning 1D)

Beräkning av 1A utgår ifrån normalår i Stockholm och med orientering av glasverandan i sydlig riktning. Om man i stället utför beräkningarna med uppmätta utomhustemperaturer i Malmö, solinstrålningsdata för "normalåret" 1971 i Malmö och med glasverandan orienterad i syd-västlig riktning minskar behovet av köpt energi med 175 kWh/år. Det är sålunda relativt liten skillnad i energiförbrukning mellan var husen är belägna. Det finns därför inte motiv för att utföra samtliga beräkningsfall för både Stockholms- och Malmöklimat.

15.3.4 Inverkan av lägre utomhustemperatur än normalåret (Beräkning 2)

Perioden augusti 1983 - augusti 1984 har i Stockholm varit något kallare än normalåret. Om i beräkningarna insätts aktuella utomhustemperaturer men i övrigt ingångsdata enligt projekterade värden medför den lägre utetemperaturen att behovet av köpt energi skulle öka med 187 kWh per år till 9 832 kWh. Aktuell utetemperatur har använts i följande beräkningar.

15.3.5 Inverkan av högre inomhustemperatur än 20 °C (beräkning 3 - 4)

Enligt mätningarna har de boende önskat ha en högre innetemperatur än 20 °C. Med Skanskas program och projekterade värden samt med aktuell utetemperatur medför en temperaturhöjning från +20 °C till +21 °C att köpt energibehov ökar med 319 kWh per år. En temperaturhöjning från 21 °C till 22 °C medför att köpt energibehov ökar med ytterligare 332 kWh per år. En grads temperaturändring hos inomhusluften innebär alltså endast ca 3 % förändring av behovet av köpt energi vid denna typ av hus och uppvärmningssystem. Som jämförelse kan noteras att i äldre sämre isolerade hus med konventionellt värmesystem innebär 1 °C temperaturhöjning ca 6% ökad energiförbrukning. I väl isolerade hus med effektiv värmeåtervinning är det billigt med högre komfort.

15.3.6 Inverkan av förändringar i ventilationsflödet (Beräkning 5 - 9)

Beräkningarna visar att vid aktuell utetemperatur och inomhus-temperaturen $+20,0^{\circ}\text{C}$ innebär en ökning av luftomsättningen från 0,5 oms/h ($129 \text{ m}^3/\text{h}$) till 0,6 oms/h ($151 \text{ m}^3/\text{h}$) att behovet av köpt energi ökar med 155 kWh per år. En ökning från 0,5 oms/h ($129 \text{ m}^3/\text{h}$) till 0,8 oms/h ($203 \text{ m}^3/\text{h}$) innebär enligt motsvarande förutsättningar att behovet av köpt energi ökar med 556 kWh/år.

Under aktuell tidsperiod (augusti 1983 - augusti 1984) har luftomsättningen i genomsnitt varit ca 0,6 oms/h. I början av projektet var luftflödet något högre men under projektets gång har luftflödet minskat bl a på grund av nedsmutsning av kanaler och don. I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till oavsiktlig infiltration eller eventuell förekomst av vädring.

15.3.7 Inverkan av förändring i solavskärmning (Beräkning 10 - 11)

Solavskärmningen mot den fasad som har den största glasandelen specificeras med en faktor 0 - 1. I den ursprungliga beräkningen har faktorn 0,4 använts. Om solavskärmningsfaktorn ändras till 0,2 ökar behovet av köpt energi med 430 kWh/år. Om solavskärmningsfaktorn ändras till 0,6 minskar behovet av köpt energi med 371 kWh/år. Det är en rimlig bedömning att anta att glasverandan minskar solavskärmningsfaktorn med storleksordningen 0,2. Det skulle sålunda innebära en ökning av behovet köpt energi med ca 400 kWh/år.

15.3.8 Inverkan av varmvattenförbrukning (Beräkning 12, 18 - 20)

I den ursprungliga beräkningen antogs energibehovet för uppvärmningen av varmvatten vara 3 000 kWh per år och den s k verkningsgraden vara 30% vilket skall tydas så att 30% av energiåtgången för varmvatten kommer husets uppvärmning till godo. Resten utgör s k avloppsförluster. Om varmvattenförbrukningen ändras till att motsvara 2 000 kWh/år minskar behovet av köpt energi med 458 kWh/år med i övrigt samma förutsättningar.

Om varmvattenförbrukningen ändras till att motsvara 4 000 kWh/år ökar behovet av köpt energi med 461 kWh/år.

Om verkningsgraden sätts till 0% och energi för varmvattenförbrukningen till 3 000 kWh/år innebär det att behovet av köpt energi ökar med 421 kWh/år i förhållande till ursprungliga beräkningen. I många beräkningar förutsätts numera att den s k verkningsgraden för varmvatten är 0%. I många beräkningar antas att verkningsgraden är 0% beroende på att även en stor mängd energi åtgår att värma kallvattnet till rumstemperatur t ex vid lagring i toaletten.

15.3.9 Inverkan av hushållsel
(Beräkning 13, 15 - 17)

I den ursprungliga beräkningen antogs hushållselen till 4 000 kWh/år och jämnt fördelat över året. Verkningsgraden antogs vara 80% dvs 80% av hushållselen kommer husets uppvärmning tillgodo under uppvärmningssäsong. Övrig tid nyttiggörs den inte.

Om hushållselen minskas till 3 000 kWh/år innebär det att behovet av köpt energi minskar med 627 kWh/år. Om hushållselen ökar till 5 000 kWh/år innebär det att behovet av köpt energi ökar med 637 kWh/år.

Om verkningsgraden antas till 100 % och hushållselen antas till 4 000 kWh/år innebär det att behovet av köpt energi minskar med 363 kWh/år. Det är ju inte ett realistiskt antagande men kan vara intressant som jämförelse.

15.3.10 Inverkan av försämrat k-värde i betonghusens
ytterväggar (Beräkning 21)

I den ursprungliga beräkningen används $k = 0,17/Wm^2 \text{ } ^\circ C$ för samtliga ytterväggar. Enligt mätningar och beräkningar (jämför kap 10) är $k = 0,24 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ett rimligare värde för betonghusen S7 och S8.

Om k-värdet för ytterväggarna sätts till $0,24 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ökar behovet av köpt energi med 420 kWh/år.

Ca 50 % försämring av k-värdet för ytterväggarna från $0,17$ till $0,24 W/m^2 \text{ } ^\circ C$ medför alltså ca 4% förhöjning av totala energibehovet för huset. För motsvarande energi skulle man också kunna ha haft drygt $1 \text{ } ^\circ C$ varmare i huset.

15.3.11 Inverkan av värmeväxling i hålbjälklag
i betonghusen
(Beräkning 22)

I betongbjälklaget ligger tilluftskanalen med förvärmad tilluft nära frånluftskanalen med rumstempererad luft. Eftersom betong leder värme mycket bra sker en värmeväxling och en extra onödig höjning av frånluftens temperatur. Enligt mätningar är denna temperaturhöjning ca $1,8 \text{ } ^\circ C$ (kap 9). Enligt beräkningarna medför temperaturhöjningen $1,8 \text{ } ^\circ C$ att behovet av köpt energi ökar med 377 kWh/år. I denna beräkning har dock inte beaktats att värmepumpen kan ta tillvara mer energi ur frånluften varför den totala förlusten kan vara något lägre.

15.4 Jämförelse mellan uppmätt och beräknad energiförbrukning

I känslighetsanalysen (kap 15.3) har beskrivits hur enskilda storheter påverkar behovet av köpt energi i SPARSAM-husen.

Om de genom mätning bestämda värdena för S7, S8, S9 och M7 sammanlagras i beräkningsprogrammet erhålls resultat som visar på ett större behov av köpt energi än behovet enligt de värden som antogs vid projekteringen. Motsvarande för M4 resulterar i ett något lägre elbehov än projekterat.

I tabell 15.4 har uppmätta ingångsvariabler sammanställts för de olika husen. Dessa värden avviker ibland avsevärt från projekterade värden. Resultatet av energibalansberäkningarna med dataprogram med bestämda ingångsparametrar har kompletterats med tillägg för dåligt fungerande reglering i värmepumpsystemet. I tabell 15.5 har en skattning gjorts av hur mycket enskilda faktorer har påverkat energiförbrukningen. Korrigeringarna är i vissa fall betydande.

Genom mätningarna har framgått att energibehovet ökat med ca 1200 kWh på grund av en dåligt fungerande reglerventil i hus S8. Energiåtervinningen ur frånluften har under ca tre månader varit lägre i hus S8 än hus S7 eftersom ingen energi tillförts tilluften och värmepumpen därigenom ej utnyttjats till fullo. På våren-sommaren har reglerventilen stannat i ett läge som medfört att onödiga övertemperaturer erhållits i hus S8.

Som ett tillägg redovisas även den värmeväxling som funnits i betongbjälklagen. För hus S8 har ett skattat tillägg med 1 000 kWh dessutom gjorts för två frysboxar i förrådet vars energibehov inte kommer huset till godo.

Trots korrigerings av ingångsdata kvarstår en differens mellan uppmätt och beräknad energiförbrukning på i genomsnitt ca 1 000 kWh/år. Det är ungefär samma storleksordning som differensen mellan olika elmätare. 1 000 kWh/år kan tyckas vara ett stort belopp när totalförbrukningen ligger strax över 10 000 kWh/år. Beloppet motsvarar dock endast den energi 2 st 60 W glödlampor skulle behöva om de vore tända hela året. Ur denna restfaktor eller på annat sätt har ingen fördel av varken tung eller lätt stomme kunnat påvisas.

Bland osäkra korrigeringar kan nämnas följande.

Personvärme blir en osäker post. Även om antalet personer (och hundar) som bor i huset är känt har vi inga uppgifter om hur lång tid de vistas i bostaden.

Hänsyn till extra värmeförluster p g r a infiltration och fönstervädring har inte tagits. Infiltrationen har bedömts vara liten men den torde ändå ge visst bidrag. Det är okänt hur mycket fönstervädring som förekommit och vilken effekt den kan ha eftersom huvuddelen av alla fönster vetter mot glasverandan.

Korrigerings för verklig solinstrålning har inte kunnat utföras utan solinstrålningsdata för år 1971 har använts i alla beräkningar.

Överslagsberäkningar visar att det kan vara intressant att bestämma fuktens inverkan på energibalansen för hus med så låg total förbrukning som SPARSAM-husen. Exempelvis sker sommartid en upplagring av fukt som torkar under vintern varvid viss mängd energi åtgår. Mätning av fukt i material och luft har dock inte gjorts.

Med hänsyn till dessa och andra osäkerheter vid beräkningarna har god överensstämmelse nåtts mellan beräkningar och mätningar.

15.5 Slutsatser av energibalansberäkningar och uppmätta energiförbrukningar

Det uppsatta målet att SPARSAM-husen i Stockholmsklimat under normalår skulle behöva mindre än 10 000 kWh/år av köpt elenergi har inte helt uppnåtts. Det finns åtminstone tre olika skäl till att så inte skett.

- a) Inverkan av boendevanor såsom önskan om högre inomhustemperaturer, olika hushållsel- och varmvattenförbrukning etc har påverkat energiförbrukningen.
- b) Tekniska brister i konstruktionerna såsom för höga k-värden i sandwichelement, värmeväxling i ventilationskanaler, svårigheter att reglera och korrekt justera ventilationssystemet, sämre prestanda hos värmepumpsanläggningen.
- c) Beräkningsmetoderna förutsätter oftast helt ideala förhållanden liksom schabloner om hur mycket energi som t ex kan utnyttjas för uppvärmning av tillfört hushållsel och varmvatten. Det finns en tendens att vid projekteringen välja något optimistiska siffror.

Resultaten har redan föranlett att förändringar vidtagits både vad avser det byggnadstekniska utförandet av sandwichelementen som vad avser värmepumpsystemet. Sådana förändringar bör kunna reducera energibehovet med minst 1 000 kWh/år. Med ett "snålarre" boende finns också en viss potential att reducera energibehovet genom att ex sänka inomhustemperaturen. Husen är å andra sidan så energisnåla att en komforthöjning med t ex högre inomhustemperatur, större ventilationsgrad, ökad varmvattenförbrukning kostar mycket litet energi och blir således billigt. Det saknas incitament för de boende för riktigt låg energiförbrukning. Vid en verklig krissituation kan förbrukningen minska utan att bekvämligheten drastiskt behöver försämrats. Det är ju dessutom klart visat att husen kan fungera på ett relativt godtagbart sätt med vedeldning.

Sammanfattningsvis kan summeras att experimentet visat att det krävs mycket stort tekniskt kunnande och noggrannhet för att bygga riktigt energisnåla hus. Samtidigt är klart visat att tekniken finns och att det är ett tekniskt realistiskt mål att nya hus inte skall behöva använda mer än 10 000 kWh/år av köpt elenergi.

Tabell 15.3

Sammanställning av hur en ändring av enskilda variabler påverkar behovet av köpt energi enligt Skanskas beräkningsprogram (känslighetsanalys)

Be- räkn nr	Ute- temp °C	Inne temp °C	Övrig ändring från standard	Köpt energi kWh/år	Diff kWh/år till be- räkn nr
1A	normal är i Stockholm	+20,0	-	9645	
1B	"	+20,0	värmefaktor 2,7 i stället för 3,0	9726	+31 (1A)
1C	"	+20,0	utan glasveranda	11070	+1425 (1A)
1D	"	+20,0	glasveranda mot sydväst	10055	+410 (1A)
1E	"	+20,0	glasveranda mot väst	10741	+1096 (1A)
2	aktuell utetemp i Stockholm 83/84	+20,0	-	9832	+187 (1A)
3	"	+21,0	-	10151	+319 (2)
4	"	+22,0	Vent grad oms/h	10483	+332 (3)
5	"	+20,0	n = 0,4 (101 m ³ /h)	9636	-196 (2)
6	"	+20,0	n = 0,5 (129 m ³ /h)	9832	(=2)
7	"	+20,0	n = 0,6 (151 m ³ /h)	9987	+155 (2)
8	"	+20,0	n = 0,7 (177 m ³ /h)	10187	+200 (7)
9	"	+20,0	n = 0,8 (203 m ³ /h)	10388	+201 (8)
10	"	+20,0	solavskärmning 0,2	10262	+430 (2)
11	"	+20,0	solavskärmning 0,6	9461	-371 (2)
12	"	+20,0	verkn grad VV=0%	10253	+421 (2)
13	"	+20,0	verkn grad HH=100%	9469	-363 (2)

14	"	+20,0	personvärme +1000	9381	-451 (2)
15	"	+20,0	hushållsel 3000	9205	-627 (2)
16	"	+20,0	hushållsel 4000	9832	(=2)
17	"	+20,0	hushållsel 5000	10469	+637 (2)
18	"	+20,0	varmvatten 2000	9374	-458 (2)
19	"	+20,0	varmvatten 3000	9832	(=2)
20	"	+20,0	varmvatten 4000	10293	+461 (2)
21	"	+20,0	btg-hus k-värde fr 0,17-0,24	10252	+420 (2)
22	"	+20,0	värmväxl i bjälklag i btghus (1,8 °C temp höjnt)	10209	+377 (2)

Tabell 15.4 Elenergibehov enligt beräkningar med Skanskas energibalansprogram, dels med projekterade ingångsvärden, dels aktuella värden under perioden aug 83 - aug 84. Tillägg har gjorts för faktorer som ej kunnat tas med i energibalansprogrammet. Beräknat värde jämförs med elenergibehov enligt elverkets mätare.

Ingångsdata	Proj	S7	S8	S9	M4	M7
t_u (temp ute) °C	normalår uppmätta under perioden					
t_i (temp inne) °C	20,0	21,0	22,2	21,5	22,0	23,0
k_{grund} W/m ² °C (teoretiskt beräknat)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

fortsättning

Tabell 15.4 fortsättning

Ingångsdata	Proj	S7	S8	S9	M4	M7
$k_{\text{vägg}} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$	0,17	0,24	0,24	0,17	0,17	0,17
Värmeffaktor (avser enbart kompressor)	3	2,7	2,7	2,7	3*	3*
Luftens temperatur efter värmepump $^\circ\text{C}$	5,0	6,0	7,0	6,5	5,0	6,0
Ventilation	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Hushållsel kWh	4000	4000	4900	4000	3200	3900
Personvärme kWh	1300	900	1700	1700	1300	1300
Varmvatten kWh	3000	2500	3600	3000	2500	2200
El att betala enl energibalansbe- räkningar (kWh/år)	9645	11326	12791	10843	9417	10241
Tillägg pga dåligt fungerande regle- ring i värmepump- system	-	-	1200	-		
Tillägg pga värme- växling i betong- bjälklag		400	400	-		
Två frysboxar i kallförråd			1000			
Beräknat energi- behov (kWh/år)		11726	15391	10843	9417	10241
El att betala enligt elverkets mätare		12700	16700	12200	10000	11000
Differens mellan beräkning och el- verkets mätare (kWh/år)		1000	1300	1400	600	800

* I M4 och M7 har inga bestämningar gjorts av kompressorverkningsgrad varför 3,0 valts vid beräkningarna

Tabell 15.5

Sammanställning av hur mycket elenergibehovet förändrats på grund av att bestämda vissa värden avviker från de antagna vid projekteringen. Dessa värden kan inte adderas utan presenteras för att ange storleksordningen på olika inverkanse faktorer. (kWh/år)

Påverkande faktor	Hus S7	Hus S8	Hus S9	Hus M4	Hus M7
Proj energi-förbrukning	9645	9645	9645		
Inomhustemp	+300	+700	+500	+500	+1000
Aktuell utomhustemp	+200	+200	+200	-200	-200
k-värde väggar	+400	+400	-	-	-
VP värmefaktor	+100	+100	+100	+100	+100
Ventilation	+150	+150	+150	+150	+150
Hushållsel	-	+600	-	-500	-100
Varmvatten	-200	+300	-	-200	-400
Personvärme	+200	-300	-550	-350	-350
Glasverandans orientering	-	+1100	-	+400	+400
Särskilda brister hos VP	-	+1200	-	-	-
Värmeväxling btg - bjl	+400	+400	-	-	-
Extra frysbox	-	+1000	-	-	-

16 ENERGIFÖRBRUKNINGEN I SPARSAM-HUSEN I JÄMFÖRELSE MED ANDRA SMÅHUS

16.1 Energiförbrukning i experimenthus

Det kan vara av intresse att jämföra energiförbrukningen i SPARSAM-husen med den i andra liknande experimenthus. Flera olika undersökningar har genomförts under senare år. Resultat redovisas emellertid på väsentligt olika sätt och med en rad olika korrigeringar av mätdata. Det är därför nödvändigt att försöka generalisera resultaten något.

SPARSAM-husen

Av den föregående detaljerade redovisningen kan följande riktvärden på energitillförseln i bebodda SPARSAM-hus i normalt Stockholmsklimat antas till ungefär 4 000 kWh/år för hushållsel, 4 à 5 000 kWh/år till värmepumpssystemet för del av värme och varmvatten samt ca 3 000 kWh/år till elradiatorer för uppvärmning. Med energisnåla boendevanor kan dessa värden bli något lägre. På motsvarande sätt kan vanorna höja förbrukningen något. Sammanfattningsvis är det realistiskt att räkna med ett totalt köpt elenergiebehov av 10 à 12 000 kWh/år. SPARSAM-husen har 109 m² uppvärmd lägenhetsyta och inomhustemperaturen antas till +21 °C.

Skultorpshusen

I Skultorp utanför Skövde har två experimenthus byggts och utvärderats under två år. Se Blomsterberg Å & Stådlar C G, 1985. Dessa hus är enplanshus med en boyta av 110 m² dvs de är lika stora som SPARSAM-husen. Husen är välisolerade - ett uppfyller ELAK-kraven enligt SBN och ett har extremt tjock isolering. Husen har luftburen värme och värmepump för återvinning av värme ur ventilationsluften. Under första året har utvärdering skett med simulerat boende. Den totala elenergiförbrukningen har för ELAK-huset bestämts till 10 350 kWh/år och för Extremhuset till 9 900 kWh/år. Vid simuleringarna har ventilationen varit 0,5 oms/h, hushållselförbrukningen 5 000 kWh/år, varmvattenförbrukningen 4 000 kWh/år och personvärmets 1 400 kWh/år. Under det andra året har husen varit bebodda. Då ökade den totala elenergiförbrukningen i ELAK-huset från 10 350 kWh/år till 12 000 kWh/år och i Extremhuset från 9 900 kWh/år till 11 350 kWh/år. Det syns realistiskt att räkna med att i de bebodda Skultorpshusen uppgår den totala elenergiförbrukningen till 10 à 12 000 kWh/år. Det extremt välisolerade huset har då något lägre elförbrukning. SPARSAM-husen och Skultorpshusen har sålunda ungefär samma totala elförbrukning.

Ett småhus i Täby

Blomsterberg Å, 1986 redovisar resultat från ett småhus i Täby som har luftburen värme och värmepump. Huset är ett traditionellt utformat 1 1/2-plans hus om 146 m². Det är sålunda

väsentligt större än både SPARSAM-husen och Skultorp-husen. Huset är byggt enligt isolerkraven i SBN80 med undantag för fönstren som är bättre än minimikraven. Uppvärmningen sker huvudsakligen med värme från frånluftsvärmepumpen. Under maj 1984 t o m april 1985 har den totala elförbrukningen bestämts till 16 500 kWh. 6 350 kWh utgör hushållsel. 2 000 kWh är el till fläktar och kontrollutrustning och resterande 8 150 kWh är el till varmvatten och uppvärmning. Uteklimatet i Täby 1984-85 har varit mycket kallare än normalt. Antalet graddagar uppges ha varit 15% fler än normalt. Vidare har inomhustemperaturen varit +22 °C i stället för beräknade +20 °C. Blomsterberg redovisar beräknade korrigerade värden med hänsyn till uteklimat, rumstemperatur +20 °C och en hushållselförbrukning motsvarande 5 000 kWh/år, som visar att den totala elförbrukningen under normalår skulle uppgå till 12 600 kWh. Enligt vår uppfattning syns det vara mer realistiskt att räkna med en inomhustemperatur av +21 °C i stället för +20 °C. Den totala förbrukningen blir då av storleksordningen 13 å 14 000 kWh/år med i övrigt oförändrade boendevanor. Med hänsyn till att detta hus är väsentligt större än både SPARSAM-husen och Skultorp-husen är förbrukningsvärdena i det närmaste jämförbara.

Sammanfattningsvis visar resultaten från flera olika experimenthus att den totala elenergiförbrukningen (inklusive värme, ventilation, varmvatten, drivenergi och hushållsel) är av storleksordningen 100 kWh/m² boyta och normalår i mellersta Sverige. I de större husen kan något lägre specifika åtgångstal uppnås än i de mindre. I de senare får "fasta" energiförbrukningar till varmvatten, drivenergi och hushållsel större relativ betydelse.

Det kan vara intressant att notera att samtliga här refererade experimenthus byggts med användande av relativt känd teknik. Använda lösningar har i samtliga fall bedömts rimliga från ekonomisk synpunkt. Undantaget utgör glasverandorna som inte kan bli lönsamma från energiteknisk synpunkt men kan vara väl motiverade av helt andra skäl.

16.2 Serieproducerade nya småhus

Det kan vara av stort intresse att jämföra energiförbrukningen i experimenthusen som byggts med god kontroll och i avsikt att uppnå mycket låg energiförbrukning med energiförbrukningen i seriebyggda hus som uppförts ungefär samtidigt. Levin P, 1986b refererar resultat från en pilotstudie som utförts som ett examensarbete av Berglund Y och Graf J, 1986 vid EHUB/KTH. Ett-hundratjugutio hus från fyra olika hustillverkare har ingått i undersökningen. Samtliga hus är elvärmda och de uppfyller minst isolerkraven i SBN80. Den totala årsenergiförbrukningen har erhållits genom att skicka ut enkäter till respektive husägare. Erhållna uppgifter har normaliserats för att jämförelse mellan olika avläsningsperioder och klimatzoner skall bli meningsfull. I förbrukningsuppgifterna kan i vissa fall elanvändning för motorvärmare eller delvis uppvärmt garage ingå. En sammanställning av resultaten finns i tabell 16.1. Där redovisas såväl normaliserad verklig elanvändning som beräknad med 95% konfidsintervall.

Tabell 16.1 Korrigerad och beräknad energianvändning för de olika husgrupperna. Spridningsmättet anger 95% konfidensintervall beräknat med T-metoden. FVP(T) anger frånluftsvärmepump avsedd för enbart tappvarmvattenvärmning medan FVP(T+U) är en något större frånluftsvärmepump som även bidrar till husets uppvärmning.

Hustyp	Antal	Area m ²	Verklig användn kWh/år		Beräknad användn kWh/år		Differens kWh/år	
Friliggande hus:								
1-planshus:								
Hjältevadshus								
FVP(T+U)	28	96	12500	800	12000	500	500	900
Faluhus, FTX	19	148	20000	1900	17100	1000	2900	2100
Faluhus								
FVP(T)	9	115	15500	1700	14700	700	700	1700
Myresjöhus (F) ¹	28	116	16700	1200	17200	900	500	1400
Totalt 1-planshus:								
	86 ²	116	15900	700	15100	600	600	900
1 1/2-planshus (9 Hjältevadshus och 3 Myresjöhus)								
	12	155	17800	1700	17500	1400	300	2100
Parhus och Radhus:								
Gullringshus (F)								
1-plan:	16	68	14400	1100	12700	600	1800	1200
1 1/2-plan	15	115	18300	1200	16200	1000	2100	1500

1) Fyra hus har FVP(T) och ett hus har FVP(T+U)

2) Värdet inkluderar även 2 st Faluhus med FVP(T+U)

I denna typ av studier erhålls självfallet inte resultat med samma precision som när möjlighet till intensivmätningar finns men de torde vara tillräckligt säkra för att göra en jämförelse meningsfull. De lägsta förbrukningarna har erhållits i de 28 Hjaltevadshusen. Konfidensintervallet för förbrukningstalen är litet. Hjaltevadshusen är de minsta₂ av de friliggande husen men även om förbrukningen jämförs per m² boyta får de den lägsta förbrukningen. Av tabellen framgår också hur nära beräknad förbrukning den verkliga är.

I jämförelse med experimenthusen finner man att de bästa serieproducerade husen har en total energiförbrukning som inte är mer än 10 à 20% högre. Det är måhända orimligt att serieproducerade hus skall komma ned i lika låga värden som experimenthus. Ett rimligt mål borde enligt vår uppfattning vara att hus-tillverkarna tar tillvara erfarenheter från experimentbyggandet så att den genomsnittliga energiförbrukningen inte är mer än ca 10% högre än vad som åstadkoms i experimenthus av den karaktär som redovisats ovan. Det innebär att med i dag känd och ekonomiskt försvarbar teknik bör inte nya hus förbruka mer än 100-120 kWh/m² och år i mellansvenskt klimat. Boendevanor som innebär önskemål om något högre inomhustemperatur eller något större varmvattenförbrukning behöver inte medföra att förbrukningstalen ökar alltför mycket. Förutsättningen är att man tar väl vara på kunskaperna att göra husen lufttäta men välventilerade och väl värmeisolerade med ett minimum av köldbryggor samt utnyttja ett energieffektivt värme- och ventilationssystem. Om mindre välisolerade garage eller andra tillbyggnader uppvärms kan självfallet förbrukningstalen kraftigt påverkas.

17 SLUTSATSER - KONSEKVENSER

Utvärderingen av SPARSAM-husen har givit en lång rad intressanta resultat och värdefulla erfarenheter. I kort sammanfattning har försöken visat följande:

- a) Det övergripande målet att en familj som bor i ett SPARSAM-hus i Stockholm endast skall behöva köpa 10 000 kWh elenergi för uppvärmning, ventilation, varmvatten och hushållsel har inte helt uppnåtts.
- b) En detaljanalys av resultaten visar att med ett något energisnålare boende och vid korrekt funktion hos anläggningen är det fullt möjligt att komma under 10 000 kWh per år.
- c) Aktuell systemlösning vad avser byggnads- och installationsteknik innebär att energibehovet inte påverkas så mycket av förändringar i de boendes beteende t ex

- * 1 °C temperaturhöjning ökar behovet av köpt energi med endast ca 300 kWh per år (motsvarar ca 100 kr)
- * fönstervädring har i stort sett inte behövt förekomma för att uppnå önskad luftkvalitet
- * för en ökning av varmvattenförbrukningen motsvarande ytterligare 1 000 kWh (25% över normalförbrukning) behövs endast ca 500 kWh i form av köpt energi
- * en ökad ventilation med i genomsnitt ca 0,1 oms/h kräver endast ca 200 kWh/år

Det är med andra ord billigt att höja komforten i ett låg-energihus av SPARSAM-typ. Samtidigt kvarstår möjligheten att i en krissituation kunna reducera elbehovet utan nämnvärd minskning av komforten.

- d) Krislösningar har provats och uppvärmningsbehovet har klarats på ett tillfredsställande sätt. Dock har relativt stora temperaturskillnader uppmätts inne i det hus som inte har något särskilt cirkulationssystem.

Lösningen har uppskattats av de boende och de ägare som från början inte hade vedeldningsmöjlighet har låtit installera en vedspis.

- e) Vid aybrott i värmeförseln sjunker inomhustemperaturen ca 1 °C lika snabbt i husen med tung respektive lätt stomme. Därefter sjunker temperaturen betydligt långsammare i husen med den tunga stommen.

De lufttåta, välisolerade husen klarar ett elavbrott relativt lång tid utan allvarligare konsekvenser.

- f) Någon energibesparing med tung stomme har inte kunnat påvisas i dessa hus. Det beror sannolikt på att temperaturregleringssystemet normalt inte medger temperatursvängningar som skulle möjliggöra en energilagring. Husen är dessutom så välisolerade att det vid s k nattsänkning inte är möjligt att sänka temperaturen mer än någon grad.
- g) Glasverandan utgör ett positivt bidrag till husens användbarhet. Den kan utnyttjas redan under soliga dagar i mars.

I genomsnitt under uppvärmningssäsongen har uppmätts en temperaturhöjning i glasverandan av 3-7 °C. Den har varit något större i Stockholm än i Malmö.

Energibesparingen är av storleksordningen 1 000 kWh per år pga förvärmning av ventilationsluft och minskad värmetransport genom vägg och fönster mot verandan. Det innebär att kostnaderna för glasverandan inte alls kan motiveras av energihushållningsskäl.

Verandan minskar den direkta solinstrålningen genom fönster vilket reducerar den möjliga energibesparingen något. Å andra sidan avskärmar verandan direkt solinstrålning in till bostaden sommartid och minskar därmed risken för övertemperaturer vilket ofta är ett problem i lågenergihus.

- h) SPARSAM-husen har bättre lufttätthet än vad som rekommenderas i Svensk Byggnorm 80. I de tunga betonghusen har vid 50 Pa lufttrycksskillnad ca 1,0 luftomsättningar per timme uppmätts och i de lätta regelhusen ca 2,0 oms/h.
- i) Ventilationen påverkas endast obetydligt av uteklimatet enligt resultat av kontinuerliga spårgasmätningar. Största otätheterna finns mot glasverandan och förrådet vilka fungerar som vindskydd.
- j) Ventilationskanalerna har varit otäta - speciellt vid anslutningar mellan kanaler och don. Särskilda problem har funnits i de ingjutna kanalerna i betonghusens hålbjälklag och vid senare inmonterade ljuddämpare.

Om hålbjälklag skall utnyttjas för luftdistribution måste extra omsorg läggas ned för att få en funktionssäker anslutning.

k) Ljudfrågor i ventilationssystem måste beaktas och behandlas ytterst seriöst. Boende i småhus har låg toleranströskel mot ljudstörningar vilket medfört att kompletterande åtgärder varit nödvändiga i ett par av SPARSAM-husen.

l) Ventilationssystemet avviker på några punkter från ursprunglig projektering och har haft en hel del brister
t ex

Tilluftsflödet speciellt genom don i golv har varit nästan omöjligt att korrekt justera. Det har varit svårt att mäta flöden i synnerhet genom don i golv utan att påverka flödena.

Det har varit svårt för de boende att kontrollera och sköta systemet. Det saknas möjligheter att effektivt övervaka om rätt luftflöden erhålls. Detta förefaller vara ett generellt problem som inte bara gäller SPARSAM-husen.

m) Det har varit svårt för de boende att upptäcka vissa typer av driftstörningar i uppvärmningssystemet. Reservsystem går automatiskt in vilket maskerar fel i systemet. Detta är naturligtvis bra från komfort- och från säkerhetssynpunkt, men innebär en stor risk för att systemen inte utnyttjas på avsett sätt. Det leder till onödigt hög energiförbrukning. Ett larmsystem kunde bidra till att uppmärksamma när störningar inträffar.

n) Temperaturregleringssystemet har varit okonventionellt vilket medfört att termostaten i vardagsrum begränsat möjligheten att individuellt reglera temperaturen i övriga rum.

o) Värmepumpens värmefaktor är något mindre än 3 som antogs vid projekteringen. Den s k systemvärmefaktorn under vintern är ca 2,3. Under sommartid är den lägre till följd av stilleståndsförluster.

p) k-värden för ytterväggar har i ett av lättregelhusen uppmätts till projekterade värden.

Däremot har vissa brister hos betongelementen bestämts. Slutsatsen av dessa resultat är att detaljutformningen är viktigare än vad som antagits.

Speciell uppmärksamhet måste ägnas åt utformning av armeringsstegar så att betongutfyllnad eller luftspalter vid armeringen undviks.

Det har också framkommit att lägre isoleringskvalitet

använts i betongelementen än vad som projekterats.

Det har också visat sig vara ett relativt komplicerat mättekniskt problem att bestämma k-värdet för så väl isolerade väggar. De köldbryggor som armeringsstegarna förorsakar har exempelvis inte upptäckts vid termografering.

- q) I betonghusen utgör ca 800 kWh/år extra energiförluster pga mindre väl utförda konstruktioner som med bättre kunskaper och tillverkningskontroll kunnat undvikas.

k-värde i ytterväggar har nämligen bestämts till $0,24 \text{ W/m}^2$
 $^{\circ}\text{C}$ i stället för $0,17$ vilket motsvarar ca 400 kWh/år

I bjälklagen har värmeväxling mellan förvärmad tilluft och frånluft i kanaler skett vilket motsvarar ca 400 kWh/år. Kanalerna har av produktionstekniska skäl varit oisolerade vilket inneburit att värmeöverföring skett relativt obehindrat mellan tillufts- och frånluftskanaler.

- r) Det har varit kallare i vindsutrymmet än utomhus under oktober-februari pga mycket välisolerat vindsbjälklag och mycket låg isolerförmåga hos plåttaket. Det bör vara tänk värt när det ofta diskuteras att ta luft från vindsutrymmet till ventilation eller värmepumpar.

18 REFERENSER

Andersson K Allan, Wadmark Tor, Bättre ventilation i bostäder. Skanska, Tekniska avdelningen i Malmö 1985

Berglund Yngve, Graf Johan, Energiförbrukning i nya småhus - en teknisk-statistisk undersökning. Examensarbete vid Inst f byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, KTH 1985

Blomsterberg Åke, LUFTBUREN VÄRME - beskrivning och utvärdering av ett småhus i Täby. Teknisk rapport 1986:30, Statens Provningsanstalt, Borås 1986

Blomsterberg Åke, Stadler Claes-Göran, Välisolerade småhus med luftburen värme. Utvärdering av två småhus i Skultorp. Teknisk rapport 1985:42, Statens Provningsanstalt, Borås 1985

Dahlberg J O, Skägg J, Teknisk funktion hos lågenergihus - projekt SPARSAM. Examensarbete vid Inst f byggnadsteknik, KTH, 1982

Dietz R N, Goodrich R W, Cote E A och Wieser R F, Detailed Description and Performance of a Passive Perfluorocarbon Tracer System for Building Ventilation and Air Exchange Measurements, Measured Air Leakage of Buildings. ASTM STP 904, H.R. Trechsel and P L Lagus, Eds. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1986, pp 203-264

Granum H, Raaen H, Energisparing i småhus - Erfaringer. SINTEF, Arkitektur og Byggeteknikk, Trondheim - NTH, 1986

Harrysson C, Energibesparing vid temperatursänkning nattetid - Fältmätningar i småhus med trä- alternativt betongstomme, Träteknik Rapport nr 78, 1985

Kronvall J, Mätningar och mätmetoder för lufttätthet, Rapport BFR, T6:1979

Källblad K och Adamson B, 1984, BKL-Metoden. Byggnaders energibalans - en handberäkningsmetod. Byggforskningsrådet R19:1984, Stockholm

Levin P, 1986a, Lufttätthet och ventilation. Mätmetoder och inledande resultat. VVS & Energi 10/86

Levin P, 1986b, Håller energikalkylerna för nya småhus?
Väg- o Vattenbyggaren nr 10:1986

Lilliehorn, 1983, Finansieringsmöjligheter för bostadsområden
med ny energiteknik. Byggeforskningsrådet, Rapport R135:1983,
Stockholm

Nylund P-O, 1979, Tjyvdrag och ventilation. Byggeforsknings-
rådet, T-skrift T4:1979, Stockholm

SWEDISOL:s tekniska kommitté, Köldbryggor i högisolerade
plåtkonstruktioner, 1981

BERÄKNING AV K-VÄRDEN FÖR YTTERVÄGGAR MED HÄNSYN TILL KÖLDBRYGGOR

Beräkningen enligt Svensk Standard antas tillämplig för dessa sandwichkonstruktioner. λ -värdesmetoden och k-värdesmetoden är med som jämförelse. Här visas hela beräkningsgången enligt Svensk Standard.

BETECKNINGAR

A_R	karaktéristisk area	m^2
B	bredd huvudmått	m
L	längd huvudmått	m
T	temperatur	$^{\circ}C$
\dot{Q}	värmefflöde	W
R	termisk resistans	$^{\circ}C/W$
M	värmeledningsmotstånd	$m^2 \text{ } ^{\circ}C/W$
k	värmegenomgångskoefficient	$W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$
α	värmeövergångskoefficient	$W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$
λ	värmeledningsförmåga	$W/m \text{ } ^{\circ}C$
t	tjocklek (plåt, regel)	m
h	höjd/tjocklek (regel, fästorgan, köldbryggebrytning)	m
r_1, r_2	radier	m
b	breddmått (regelfläns)	m
d	tjocklek (isolering)	m
n	antal fästorgan inom karaktéristisk area	

Index

i	insida
u	utsida
d	isolering

ISWEDISOL-skriften finns sex elementarfall av vilka några har tillämpats i följande beräkningar.

Den representativa arean:

$$A_R = B \cdot L = 0,6 \cdot 1 = 0,6$$

Övergångsresistanser:

$$R_i = \frac{1}{A_R \cdot \alpha_i} = \frac{1}{0,6 \cdot 5} = 0,3333$$

$$R_u = \frac{1}{A_R \cdot \alpha_u} = \frac{1}{0,6 \cdot 20} = 0,08333$$

Elementarfall 1, flänsverkan mot regel

$$R_1 = \frac{1}{2L \cdot \sqrt{\alpha \cdot \lambda \cdot t} \cdot \tanh \beta B/2} - \frac{1}{A_R \cdot \alpha}$$

invändig fläns $\beta = \sqrt{\frac{\alpha}{\lambda \cdot t}} = \sqrt{\frac{5}{1,7 \cdot 0,08}} = 6,063$

$$R_{1(i)} = \frac{1}{2 \cdot 1 \sqrt{5 \cdot 1,7 \cdot 0,08} \cdot 0,949} - \frac{1}{0,6 \cdot 5} = 0,3056$$

"regellivet":
(4 mm betong vid arm.stege) $R_3 = \frac{0,22}{1,7 \cdot 0,004 \cdot 1} = 32,35$

utvändig fläns $\beta = \sqrt{\frac{20}{1,7 \cdot 0,06}} = 14,00$

$$R_{1(u)} = \frac{1}{2 \cdot 1 \sqrt{20 \cdot 1,7 \cdot 0,06} \cdot 1} - \frac{1}{0,6 \cdot 20} = 0,2667$$

isoleringen $R_d = \frac{0,22}{0,6 \cdot 0,043} = 8,527$

Elementarfall 4, ledning genom stift/skruv

armeringen $R_4 = \frac{h}{\lambda \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{0,22}{20 \cdot \pi \cdot 0,0023^2 \cdot 4} = 165,5$

(4 genomföringar per m)

$$R_{\text{tot}} = R_i + R_u + \frac{1}{\frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{1(i)} + R_3 + R_{1(u)}}$$

$$R_{\text{tot}} = 0,3333 + 0,08333 + \frac{1}{\frac{1}{8,527} + \frac{1}{165,5} + \frac{1}{0,3056 + 32,35 + 0,2667}}$$

$$R_{\text{tot}} = 0,4166 + \frac{1}{0,1173 + 0,0060 + 0,03037} = 6,92$$

$0,1036 + 0,01366$
 om $\lambda = 0,038$

försämring pga betong (4 mm)
 mellan cellplast vid armering (~26%)
 pga armering (~5%)
 försämring pga $\lambda = 0,043$ (~12%)

$$M_{\text{tot}} = 6,92 \cdot 0,6 = 4,15 \rightarrow k = 0,24$$

Med cellplast kval A ($\lambda = 0,038$) och inga "springor" som fylls ut med betong ger denna metod k-värde = 0,17.

Försämringen pga att cellplast kval B används i stället för kval A innebär 12% försämring av k-värdet enligt denna beräkningsmetod.

Försämringen pga betong i 4 mm springor vid armeringsstegen c 600 innebär enligt denna beräkningsmetod en försämring av k-värdet med hela 26%.

Bilaga 2

PROGRAMBESKRIVNING

SCG-ENERGIBALANS är främst avsett för beräkning av energibalanser i småhus men kan även användas vid andra objekt t.ex flerbostadshus.

Beräkningarna utförs med dygnsmedelvärden och resultatet presenteras som månadsmedelvärden. I beräkningarna beaktas fönstrens väderstrecksorientering samt uppvärmningssäsongens längd.

SCG-ENERGIBALANS består av sju delprogram sammanlänkade till ett under startprogrammet EBAL.

Programmen är skrivna i BASIC.

*EBAL	med variabeldimensionering, givna indata, indata för SBN75 hus, möjlighet att skapa objektfil
*INDATA	med inmatningsformulär
*BERÄKNING	med samtliga beräkningar
*UTSKRIFT	med utskrift på bildskärm eller skrivare
*ÄNDRING	med ifyllda inmatningsformulär och ändringsinmatning
*LAGRA	med innehållsförteckning för objektfil, spar objektet på disketten
*HÄMTA	med innehållsförteckning för objektfil, hämtar objektet från disketten

Beräkningsteorierna för transmissionsförluster, ventilationsförluster, solinstrålning samt radiatorenergi bygger på "HANDBERÄKNINGSMETOD FÖR BYGGNADERS VÄRMEBALANS" av Lennart Hedblom, Harry Klava, som i princip är densamma som den s k BKL-metoden från Byggnadskonstruktionslära vid Lunds Tekniska Högskola.

Klimatdata för Stockholm, Umeå och Malmö finns för närvarande tillgängligt.

I SCG-ENERGIBALANS ges även möjlighet att beräkna värmeåtervinning ur ventilationsluften på tre sätt:

- * från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning
- * frånluftsventilation med värmepump för uppvärmning av varmvatten
- * frånluftsventilation med värmepump för värmeproduktion och uppvärmning av varmvatten

FORMELSAMMANSTÄLLNING

- 1) köpt energi

$$WK = \frac{(WU+DW+HE+VV+EF)*DY}{365.25} \quad \text{kWh/år}$$

- 2) drivenergi värmepump

$$DW = \frac{WZ-WU}{VF} \quad \text{kWh/år}$$

- 3) gratisenergi värmepump

$$GR = DW * (VF-1) \quad \text{kWh/år}$$

- 4) dimensionerande effekt

$$PD = (TRANS+VENT) * (IT-LU) \quad \text{kW}$$

- 5) total fläkt- och pumpenergi

$$PF = \frac{PF1*VG+PF2*VG+PF3*VG+PF4*VG) * DS}{365.25} \quad \text{kWh}$$

- 6) total gratisenergi VP

$$\text{varmvatten} \quad VR = \frac{VV * (VF-1)}{VF} \quad \text{kWh/år}$$

$$\text{VV och värme} \quad VR = GR + \frac{VV * (VF-1)}{VF} \quad \text{kWh/år}$$

- 7) drifttid vid VP för varmvatten och värme

$$H1 = \frac{WZ - WV}{D * VP} * 100 + TD \quad \%$$

- 8) transmissionsförluster uppvärmningssäsong

$$KV = \frac{LL * KA * (1+(PP/100)) * GV}{1000} \quad \text{kWh/år}$$

- 9) ventilationsförluster uppvärmningssäsong, styrd

$$VS = \frac{OMS(1) * VENT_{uppv\ddot{a}ss\ddot{a}song}}{OMS} \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 10) ventilationsförluster uppvärmningssäsong, infiltration

$$VI = VENT_{uppv\ddot{a}ss\ddot{a}song} - VS \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 11) Övriga förluster

$$\ddot{O}F = \frac{(1-VG) * HE * DS}{365.25} \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 12) avloppsförluster

$$AV = \frac{(1-VG) * VV * DS}{365.25} \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 13) solinstrålning uppvärmningssäsong

$$SW = SOL - DU * (TRANS+VENT-\ddot{O}VR) + W\ddot{O} \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 14) köpt energi, ej uppvärmningssäsong

$$KW = \frac{(VV/VF + EF/VG + HE) * (365.25-DS)}{365.25} \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 15) överskottsenergi

$$W\ddot{O} = SOL + \ddot{O}VR + DW + GR - TRANS - VENT \quad \text{kWh/}\ddot{a}\text{r}$$

- 16) max temperatur

$$TM = \frac{TU + 1000 * (WN + \ddot{O}VR/D)}{24 * (TRANS+VENT)} \quad \text{°C}$$

BETECKNINGAR I FORMELSAMMANSTÄLLNINGEN

D	Antal dagar i månaden	
DS	Antal uppvärmningsdagar om året	
DU	Antal dagar i månaden utan uppvärmning	
DW	Drivenergi värmepump	kWh/år
DY	Antal uppvärmningsdagar i månaden	
EF	Fläkt- och pumpenergi	kWh/år
GR	Gratisenergi värmepump	kWh/år
GV	Gradtimmar under uppvärmningssäsong	°C
HE	Hushållsel	kWh/år
IT	Inomhustemperatur	°C
LL	Korrektionsfaktor för buffert	
LU	Dimensionerande utomhustemperatur	°C
OMS	Ventilation utan infiltration	oms/h
OMS(1)	Total ventilation	oms/h
PP	Korrektionsfaktor för köldbrygga	%
SOL	Gratisenergi från solinstrålning	kWh/år
TD	Drifttid för värmepump (VV)	%
TRANS	Transmissionsförluster	kWh/år
TU	Utomhustemperatur	°C
VENT	Ventilationsförluster	kWh/år
VF	Värmepumpens värmefaktor	
VG	Verkningsgrad	
VP	Värmepump för värme och varmvatten	kWh/år
VV	Varmvatten	kWh/år
WK	Köpt energi	kWh/år
WN	Maximal solinstrålning i månaden	kWh/år
WU	Radiatorenergi	kWh/år
WZ	Uppvärmningsenergi från värmepump	kWh/år
ÖVR	Gratisenergi (hushållsel, varmvatten, personvärme)	kWh/år

Bilaga 3

BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ENERGIBALANSBERÄKNINGARNA MED
EXEMPEL PÅ RESULTAT (enligt Skanskas projekteringsförutsätt-
ningar)

INDATA - ENERGIBALANS

Objekt: SPARSAM syd 2-plan
 Ort: Täby
 Klimatdata: Stockholm 116653 gradtim/år
 Inomhustemperatur: 20 °C dim utomhustemp₃ -20 °C
 Primär bruksarea: 110,4 m² husvolym 253 m³

TRANSMISSIONSDATA

Byggnadsdel	k-värde W/m ²	Area m ²	A*k W/K
Grund	0,24	55,20	7,51
Vägg	0,17	123,20	20,94
Tak	0,11	55,20	6,07
Fönster	1,90	16,50	31,35
Dörr	1,00	5,30	5,30
Transmissionsfaktor			78,29

Korrigerigering av transmissionsfaktor
för köldbryggor och anslutningar: 10%

Fönsterarea enligt SBN75 13%

VENTILATIONSAREA

System: frånluftsventilation med värmepump för
varmvatten och värme

Värmefaktor VP: 3,0

Kompressoreffekt: 550 W

Frånluftens temp
efter VP: 5,0 °C

	driftstid h/dygn	fläktvent oms/h	värmeåterv verkn grad %	infiltr oms/h
Fläkt basvarv	24,00	0,60	0,00	0,00
Fläkt fullvarv	0,00	0,00	0,00	0,00

SOLINSTRÅLNINGSDATA

Glasandel: 70%

	orient 0-360 °	fönster area m ²	fönstertyp antal glas	lutning 0-90 °	avskärn fakt 1-0
Fasad 1	180	15,10	4	0	0,4
Fasad 2	0	1,40	3	0	0,8

GRATISENERGI

Hushållsel	4000 kWh/år	verkningsgrad 80%
Personvärme	1300 kWh/år	
Varmvatten	3000 kWh/år	verkningsgrad 80%

ENERGI FRÅN FLÄKTAR OCH PUMPAR

	driftfall	effekt	verkningsgrad
Hela året	P/F 1	110 W	100%
	P/F 2	110 W	0%
Uppvärmningssäsong	P/F 3	50 W	100%

RESULTAT - ENERGIBALANS (kWh/år)

mån	uppv dagar	förluster trans	vent	gratis energi övr	energi sol	rad. energi	värmepump driv gratis ener-ener- gi gi	köpt ener- gi
jan	31,0	1133	515	577	138	346	196 391	1167
febr	28,3	1059	485	526	124	359	178 356	1107
mars	31,0	1181	510	577	197	330	196 391	1150
apr	30,0	822	300	559	245	0	106 212	711
maj	0,0	381	41	577	308	0	0 0	588
juni	0,0	191	0	559	281	0	0 0	569
juli	0,0	40	0	577	282	0	0 0	588
aug	0,0	109	0	577	274	0	0 0	588
sept	0,0	435	111	559	220	0	0 0	569
okt	20,5	645	220	577	216	0	33 66	645
nov	30,0	983	423	559	165	128	184 369	918
dec	31,0	1032	473	577	119	222	196 391	1043
tot	201,8	8012	3078	6803	2569	1386	1088 2176	9645

Graddimmar under uppvärmningssäsong	92448 gradtim
Radiatorenergi/primär bruksarea	12,55 kWh/m ² år
Dimensionerande effekt	5,14 kW
Total fläkt- och pumpenergi	2171 kWh
Total gratisenergi värmepump	4176 kWh
Drifttid för värmepump	63%

UPPVÄRMNINGSSÄSONG (kWh)

Transmissionsförluster:	grund	700
	vägg	1953
	tak	566
	fönster	2924
	dörr	494
	övrigt	0
Ventilationsförluster:	styrd	2851
	infiltration	0

ENERGIBALANS UNDER UPPVÄRMNINGSSÄSONG

Ut (kWh)		In (kWh)	
Övriga förluster	442	solinstrålning	1080
Avloppsförluster	1160	personvärme	718
Ventilationsförluster	2851	Hushållsel, fläkt och pump	3517
Transmissionsförluster	6637	Drivenergi VP-VV	1641
Fläkt- och pumpförluster	533	Gratisenergi VP	3281
		Radiatorenergi	1386
totalt	11623		11623

Köpt energi under uppvärmningssäsong	6543 kWh
Köpt energi under icke uppvärmningssäsong	3101 kWh
	<hr/> 9645 kWh

TOTALT KÖPT ENERGI

	april	maj	juni	juli	aug	sept	okt
Överskottsenergi (kWh/månad)	0	463	649	819	743	233	26 = 2932
Max temperatur °C	15	22	25	28	27	21	18

BUFFERT 1: Förråd

HUSETS TRANSMISSION MOT FÖRRÅD

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Vägg mot förråd	0,17	12,80	2,18
Dörr mot förråd	1,00	1,90	1,90
Transmissionsfaktor			4,08

TRANSMISSION I FÖRRÅD

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Grund i förråd	0,25	7,40	1,85
Vägg i förråd	0,46	15,00	6,90
Tak i förråd	0,29	7,40	2,15
Dörr i förråd	1,00	1,90	1,90
Transmissionsfaktor			12,80

VENTILATION

Ventilation: $8,2 \text{ m}^3/\text{h}$

RESULTAT

Månad	Temperatur i förråd	Utetemperatur
Januari	3,4	-0,9
Februari	3,1	-1,4
Mars	2,5	-2,1
April	6,9	3,5
Maj	13,2	11,5
Juni	15,9	14,9
Juli	18,2	17,7
Augusti	17,2	16,5
September	12,7	10,7
Oktober	10,0	7,3
November	4,9	1,0
December	5,0	1,0

BUFFERT 2: Garage

HUSETS TRANSMISSION MOT GARAGE

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Vägg mot garage	0,17	12,50	2,13
Transmissionsfaktor			2,13

TRANSMISSION I GARAGE

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Grund i garage	0,64	24,10	15,42
Vägg i garage	2,40	27,60	66,24
Tak i garage	2,50	24,10	60,25
Fönster i garage	2,50	0,00	0,00
Dörr i garage	2,50	6,90	17,25
Transmissionsfaktor			159,16

VENTILATION

Ventilation: 26,5 m³/h

RESULTAT

Månad	Temperatur i garage	Utetemperatur
Januari	-0,7	-0,9
Februari	-1,1	-1,4
Mars	-1,8	-2,1
April	3,7	3,5
Maj	11,6	11,5
Juni	14,9	14,9
Juli	17,8	17,7
Augusti	16,5	16,5
September	10,8	10,7
Oktober	7,5	7,3
November	1,2	1,0
December	1,2	1,0

BUFFERT 3: Glasveranda

HUSETS TRANSMISSION MOT GLASVERANDA

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Vägg mot glasveranda	0,17	9,40	1,60
Tak mot glasveranda	1,90	0,00	0,00
Fönster mot glasveranda	1,90	8,40	15,96
Dörr mot glasveranda	1,00	1,20	1,20
Transmissionsfaktor			18,76

TRANSMISSION I GLASVERANDA

Byggnadsdel	k-värde	Area	A*k
Grund i glasveranda	0,61	16,30	9,94
Vägg i glasveranda	1,37	9,70	13,29
Tak i glasveranda	2,50	16,30	40,75
Fönster i glasveranda	4,50	22,10	99,45
Transmissionsfaktor			163,43

VENTILATION

Husets tilluft tas från glasverandan

Ventilation: 120,0 m³/h

SOLINSTRÅLNING I GLASVERANDA

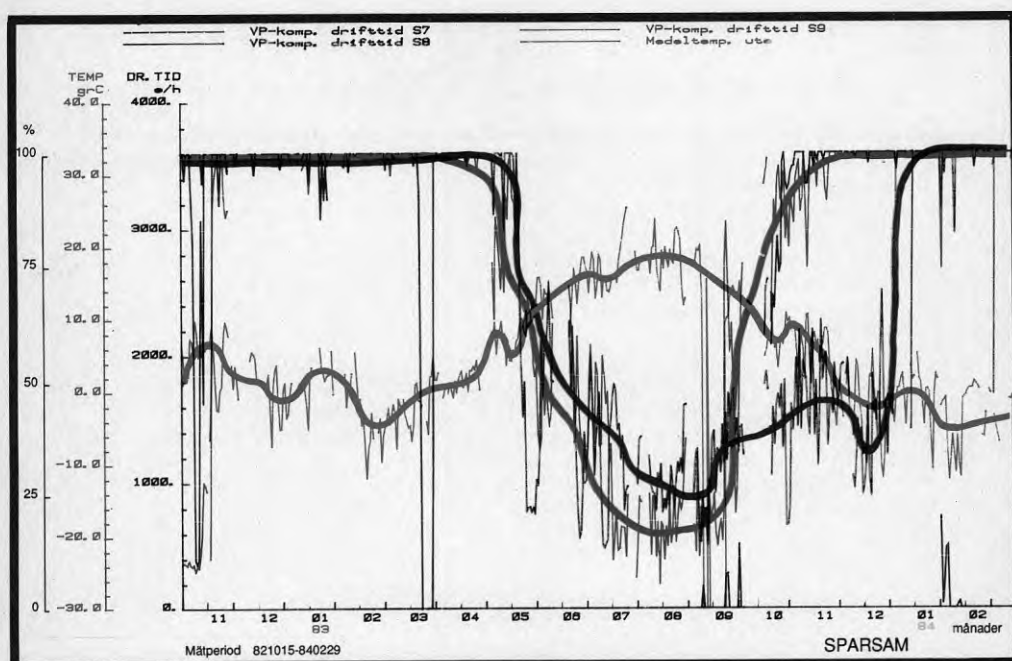
Glasandel: 70%

	Orient	Fönster- area	Fönstertyp	Lutning	Avskärms faktor
Fasad 1	180	20.00	1	0	0,9
Fasad 2	270	2.10	1	0	0,6

RESULTAT

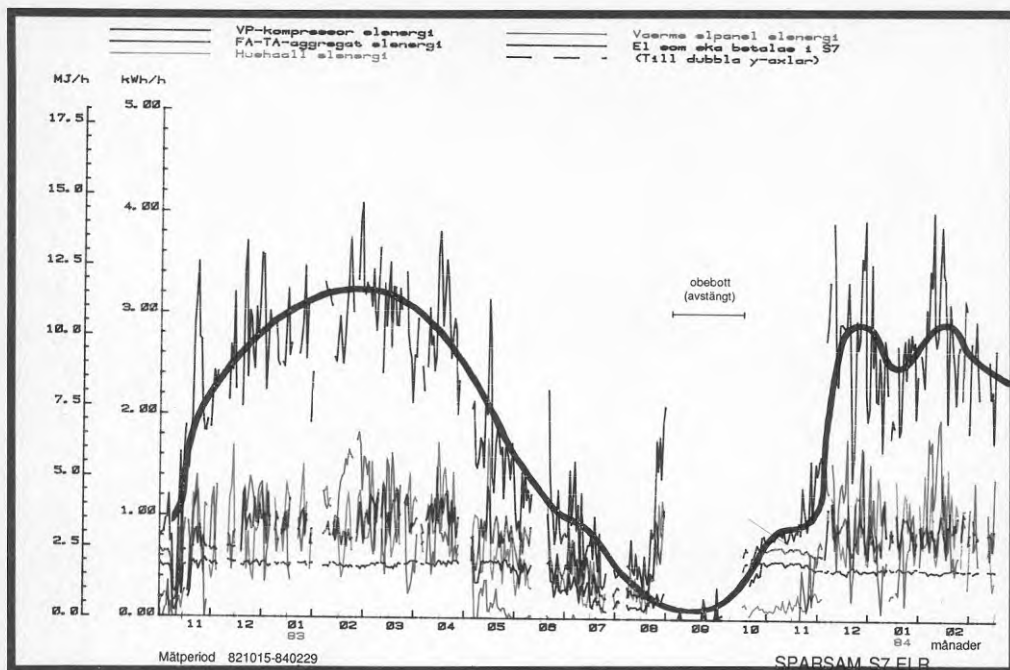
Månad	Temperatur	Utetemperatur
Januari	4,2	-0,9
Februari	3,6	-1,4
Mars	4,4	-2,1
April	10,8	3,5
Maj	19,3	11,5
Juni	21,8	14,9
Juli	24,3	17,7
Augusti	23,2	16,5
September	16,8	10,7
Oktober	13,5	7,3
November	6,7	1,0
December	5,5	1,0

DIAGRAM TILL KAPITEL 9, 11, 12 OCH 13



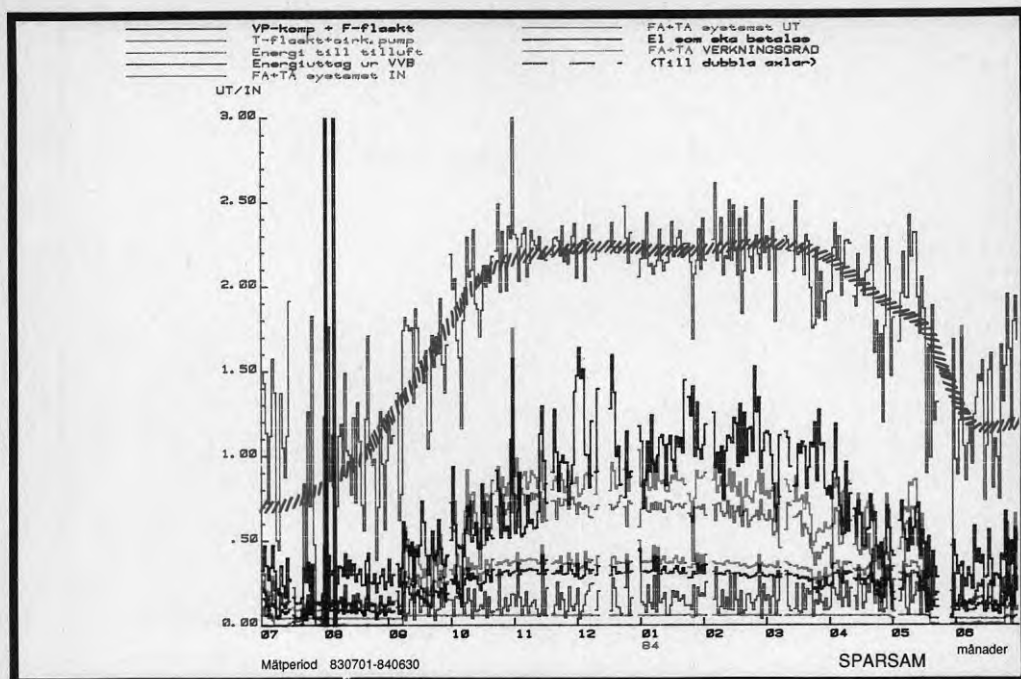
Figur 9.1

Dygnsnedelvärden av drifttider för kompressor i hus S8 och S9 för perioden 821015-840229. Under vinterperioden går värmepumpen i stort sett kontinuerligt i samtliga hus. Sommartid går den endast kortare perioder (25-30 % av tiden) för att producera energi till varmvatten. I hus S8 hade motorventilen för vatten till tilluftsaggregatet stannat i "sommarläge" och reparerades först i december 1983 varför ingen energi till förvärmning av tilluften erhöles från värmepumpen trots att den hade stor kapacitet för det.



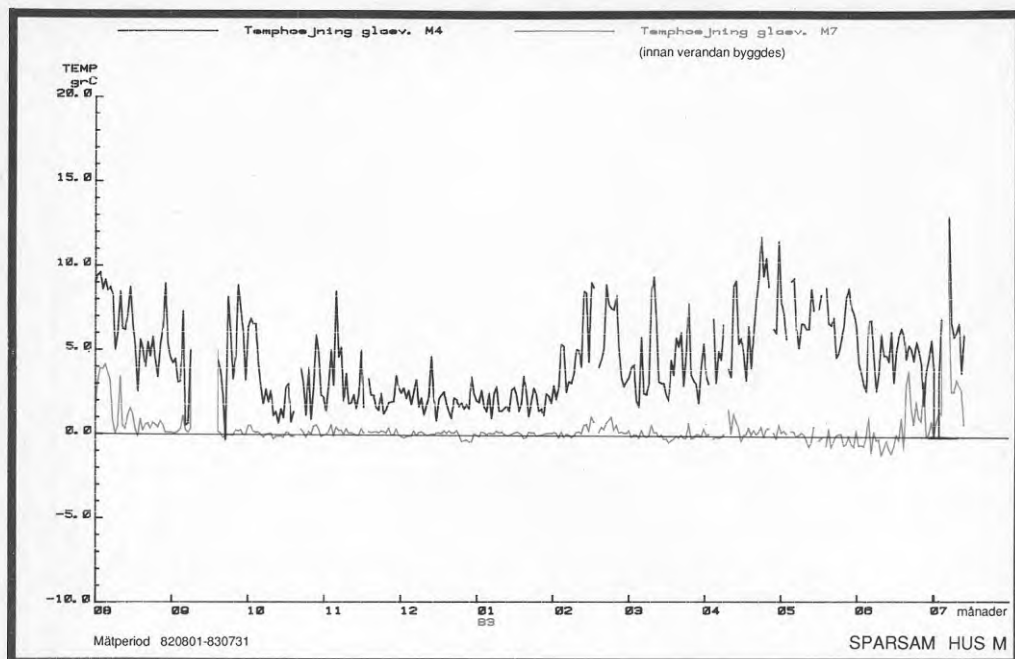
Figur 9.2

Dygnsmedelvärden av tillförd energi för hus S7 (821015-840229). Den översta svarta kurvan visar den totala elförbrukningen. Största effektuttag (timmedelvärde) har varit 4 kWh/h. Den gröna kurvan visar radiatorrel. Man kan utläsa att högsta dygnsmedelvärde för elradiatorernas effekt varit ca 2 kW/h. Behov av elradiatorer finns från början av november till i mitten av maj. Man kan även utläsa att kompressorn använder något mer energi i övergångsperioden mellan höst/vinter respektive vår/sommar än när den går kontinuerligt under vintern då den i genomsnitt behöver ca 500 W (nedre svarta kurvan).



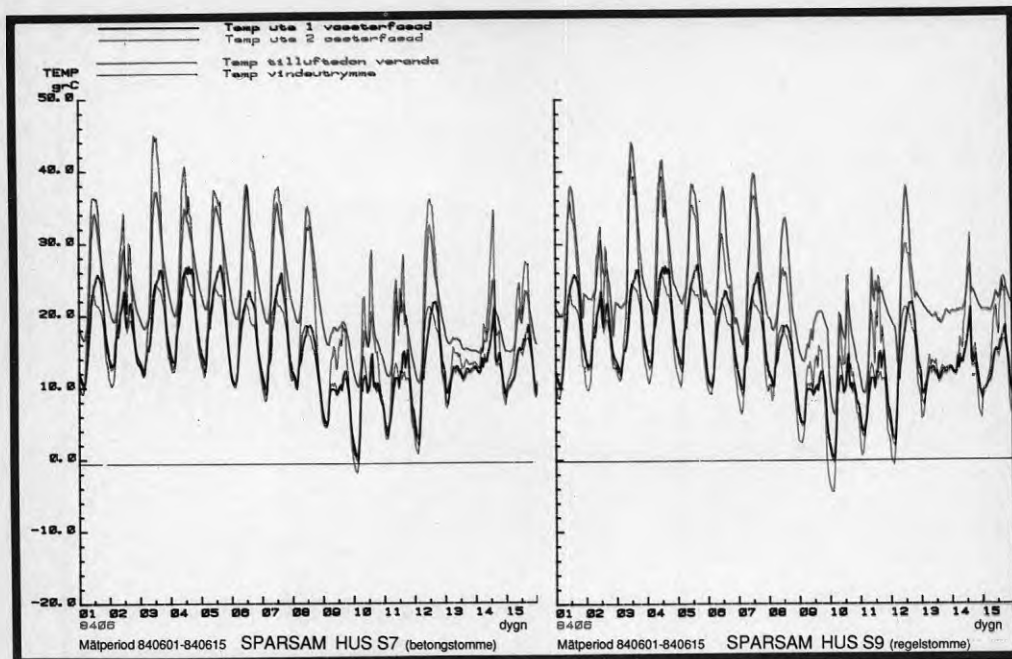
Figur 9.3

Diagrammet visar hur systemvärmefaktorn varierar under ett år i hus M7. Under vinterperioden får man ut ca 2,3 ggr mer användbar energi än man tillför systemet i form av elenergi. Under sommarmånaderna kan värmefaktorn t o m bli lägre än 1 eftersom fläktar går och värmeavgivningen från varmvattenberedaren sker kontinuerligt. Vid detta sättet att räkna belastar sålunda stilleståndsförlusterna systemvärmefaktorn.

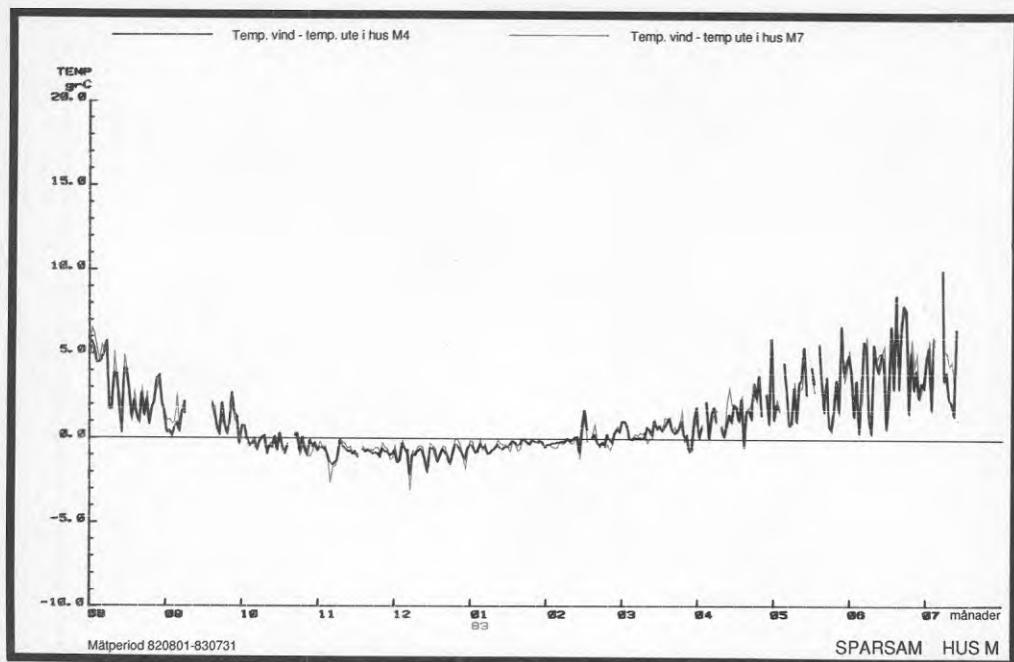


Figur 11.2

Den fläktskyrda ventilationsluftens temperaturhöjning i glasverandan för hus M4. Dygnsmedelvärden för period 820801-830731. Hus M7 var under samma tidsperiod utan glasad veranda och temperaturen vid uteluftsintaget var i stort sett identisk med utomhustemperaturen. Den största temperaturskillnaden mellan uteluft och den i verandan uppvärmda luften har inträffat under den kallaste perioden av uppvärmnings säsongen (febr månad). Högre temperaturer in träffar självklart under icke uppvärmnings säsong.

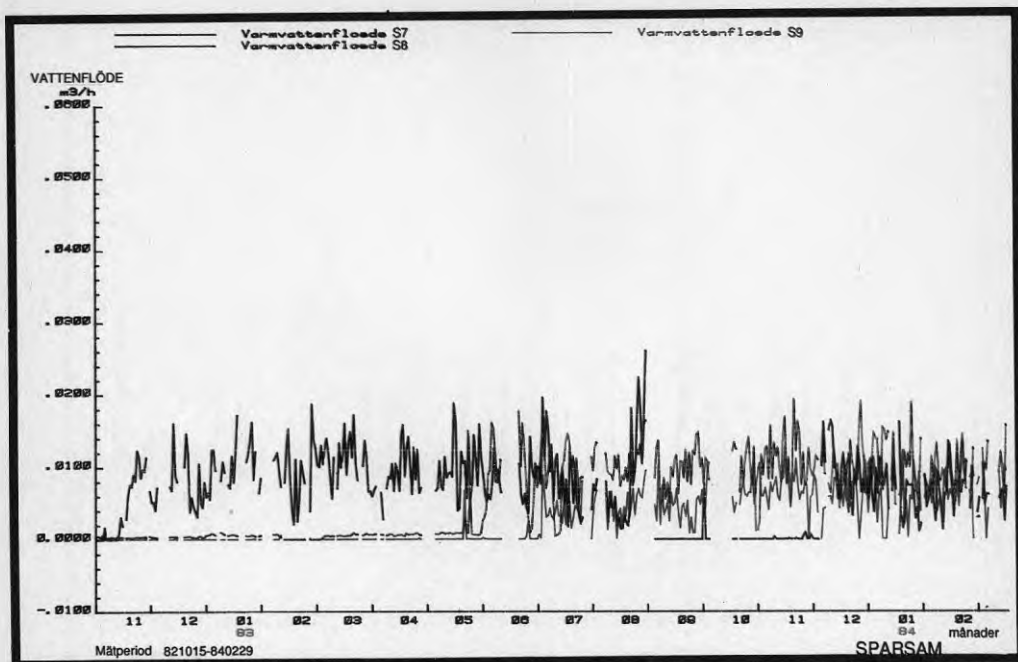


Figur 11.3 a Timmedelvärden under en sommarperiod för temperaturen utomhus, i glasveranda och i vindsutrymme för 1-15 juni 1984. Diagram a) är för betonghuset S7 och b) för lättregelhuset S9. Utetemperaturen varierar minst. Varmare dagar visar temperaturen i väster något högre temperatur än temperaturen i öster och är något tidsförskjuten. I början på juni når dagtemperaturen upp till ca $+25^{\circ}\text{C}$. Temperaturen i vindsutrymmet varierar mest. Dagtid är temperaturen på vinden nära densamma som i glasverandan. Under natten däremot är det betydligt kallare på vinden. Temperaturtopparna i glasverandan blir något högre i lättregelhuset än i betonghuset (ca 40°C) (Observera att utetemperaturen varit när 0°C natten mellan den 9 och 10 juni.)

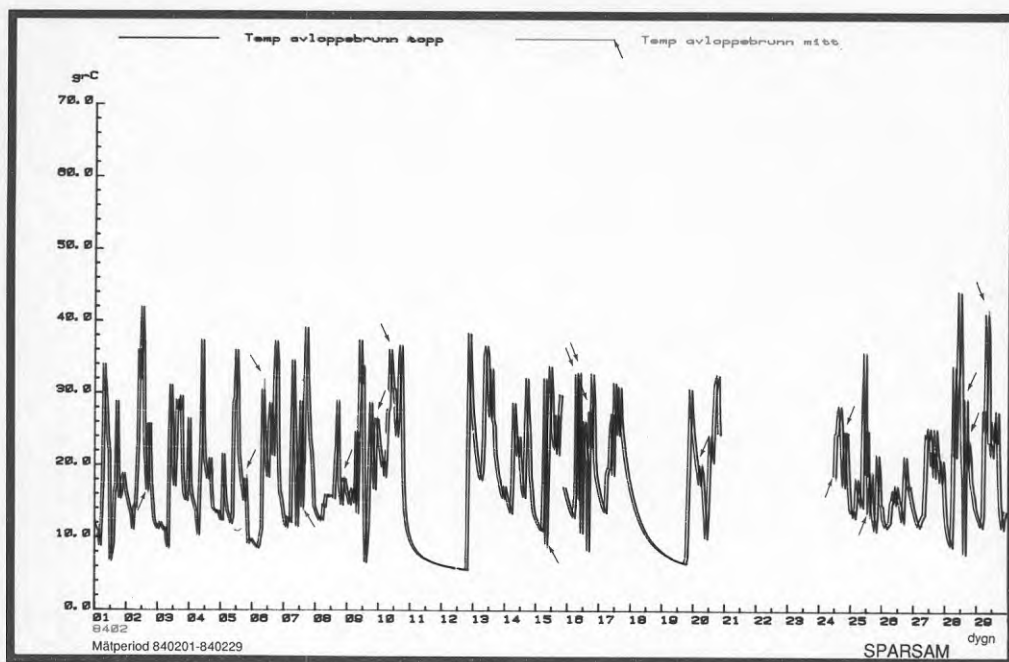


Figur 11.4

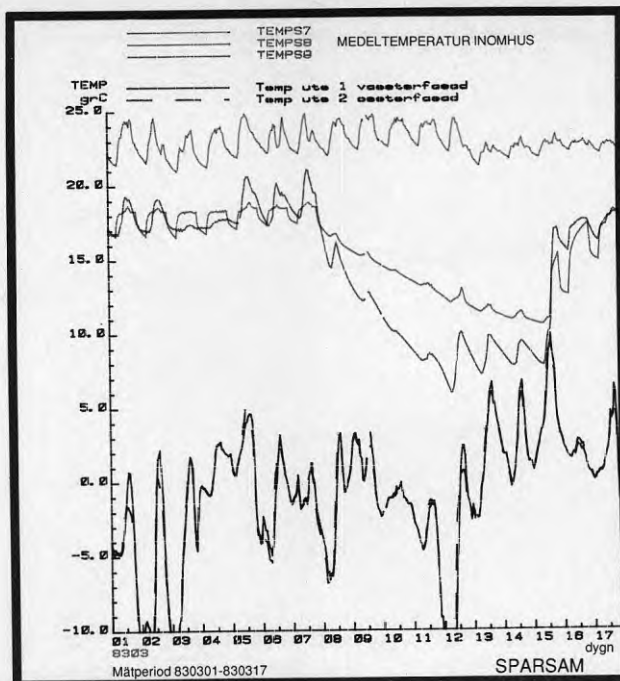
Skillnad mellan temperaturen i vindsutrymmet och utelufttemperaturen. Kurvorna visar dygnsmedelvärde för perioden 820901-830731 för husen M4 och M7. Det är i det närmaste samma temperatur i båda vindsutrymmena. Observera att det genomsnittligt är kallare i vindsutrymmet än ute under en stor del av höst- och vinterperioden.



Figur 12.1 Medelflöde av varmvatten (m^3/h) för varje dygn under perioden 821015-840229 i hus S7, S8 och S9. Varmvattenförbrukningen har mycket liten årstidsvariation jämfört med kallvattenförbrukningen. Ägarna till hus S8 och S9 flyttade in våren 1983. I hus S8 har det varit en liten varmvattenförbrukning trots att huset varit obebott på grund av en läckande kran.

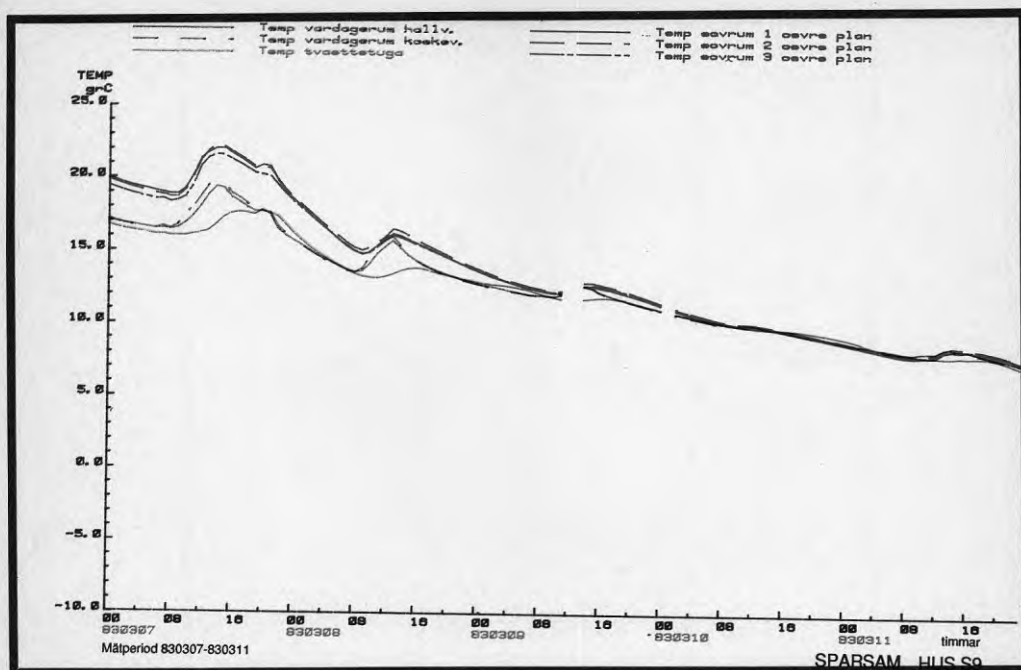


Figur 12.2 Timmedelvärden på temperaturen hos avloppsvattnet i avloppstanken (WSS) för hus S9 under februari 1984. Relativt höga temperaturer har uppmätts efter tappning men den sjunker relativt snabbt. Under en veckohelg utan spolning (t ex 11-12 februari respektive 18-19 februari antar temperaturen i brunnen den omgivande markens temperatur - i detta fall ca $+6^{\circ}\text{C}$).

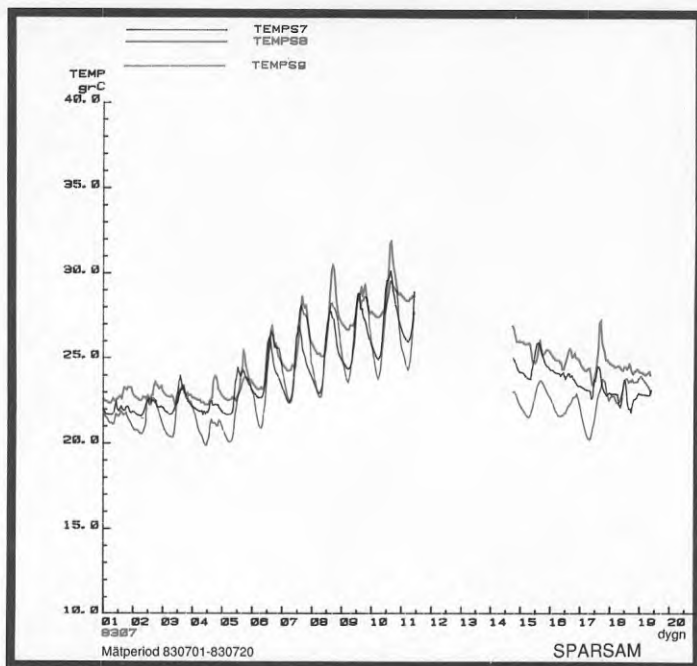


Figur 13.1

Medeltemperaturer i betonghusen S7 och S8, plåtregelhuset S9 och utetemperatur. Avsvalningsförsöket utfördes i hus S8 och S9 (830308-830315). Temperaturen i S8 och S9 har stigit dagtid under avsvalningsförsökets senare del pga betydande solinstrålning.



Figur 13.3 Temperaturen i olika rum i plattregelhuset S9 under avsvlningsförsöket. Utgångstemperaturerna var något olika i över- och undervåningen i detta hus. Efter ca 2 dygn har en mycket god temperaturutjämnning skett.



Figur 13.4

Medeltemperatur inomhus juli 1983. Temperatursvängningarna inomhus är större i lättregelhuset S9 än i husen med tung betong-stomme. Obs att nattemperaturen dock blir lägst i lättregelhuset under värmeböljan. Betonghuset S8 har verandan orienterad mot väster och erhåller den högsta inomhustemperaturen. Betonghuset S7 och lättregelhuset S9 har största verandan orienterad mot söder. Efter värmeböljan går temperaturen snabbare ned till "normal" temperatur i lättregelhuset än i betonghusen.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811681-0
från Statens råd för byggnadsforskning till KTH,
Stockholm.**

R47: 1987

ISBN 91-540-4736-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707047

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

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

Cirkapris: 54 kr exkl moms