

RAPPORT

Stig Jahansson

Luftvärmesystem i BO 85s småhus

Energiförbrukning och inomhusklimat

Trätec

Stig Jahnsson

LUFTVÄRMESYSTEM I BO 85s SMÅHUS.
Energiförbrukning och inomhusklimat

TräteknikCentrum, Rapport P 8909037

Nyckelord

*energy consumption
heat pumps
heat systems
residential heating*

Stockholm september 1989

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
FÖRORD	2
1. INLEDNING	3
Bakgrund	3
Syfte och uppläggning	3
2. IAKTTAGELSER VID GRANSKNING AV HUS OCH INSTALLATIONER, JUNI 1988	4
Byggnadstekniska brister	4
Varmgrunder	4
Dynamisk isolering	5
Stora glasytor	5
Injustering av installationer	5
Ej fungerande värmepumpar	5
Ej fungerande FTX-system	6
Komfortproblem - buller	6
Komfortproblem - inomhustemperatur	6
Drift- och skötselinstruktioner	7
3. ENERGIFÖRBRUKNING	7
Beräknad förbrukning enligt ENORM	7
Beräknad förbrukning med gradtidskorrigerad ENORM	8
Verklig förbrukning enligt kopior av registerkort	8
Sammanställning av beräknad och verklig förbrukning	8
Försök till analys av orsaker till differens mellan beräknad och verklig förbrukning	8
4. SAMMANFATTNING	12
Kontroll och besiktning	12
Injustering installationer	13
Energideklarationer	14
Drift- och skötselinstruktioner	15
Brukarnas reaktioner	16
5. BILAGEFÖRTECKNING	16

FÖRORD

I denna rapport redovisas och jämförs bl a verklig energiförbrukning med beräknad för de flesta av småhusen på mässan Bo 85. Den omfattande bilagedelen, som bl a innehåller iakttagelser, mätningar och energibalanser för de enskilda husen, kan rekvireras separat från Träteks bibliotek, tel 08-14 53 00. Den rapporten har nummer L 8909038.

Av rädsla för att rapporten skulle innehålla så negativa uppgifter att husens marknadsvärde skulle påverkas begärde berörda husägare att inga namnuppgifter på hustillverkare eller brukare skulle publiceras. Granskade hus redovisas därför endast med ordningsnummer enligt mässkatalog samt gatunamn och nummer.

Finansiering av projektet har skett med medel från Träteks styrgrupp Trähus.

Lennart Ridderstråle på byggnadsnämnden i Upplands Väsby har på ett förtjänstfullt sätt hjälpt mig att få fram nödvändiga uppgifter och Roine Johansson, ordförande i småhusgruppens samfällighetsförening, har hjälpt mig med kontakter och tidsplanering av hembesöken.

Till dessa samt till de husägare som vågat "ställa upp" vill jag framföra mitt hjärtliga tack.

Stig Jahnsson

1. INLEDNING

Bakgrund

När bostadsmässan Bo 85 presenterades i BFRs tidskrift nr 3/1985 sammanfattades intentionerna på följande sätt: "En investering med denna inriktning, och hög kvalitet i framtidens bostäder, kommer att ge en god bostad till låga kostnader för energi, drift och underhåll. På bostadsmässan Bo 85 presenteras i en utställning olika lösningar på framtidens bostäder. I småhusområdet som BFR haft ansvar för visas praktisk utformning av hus med låg energiförbrukning, yttre miljö, energisnål teknik och nya material."

I motsats till arrangörerna av 1980 års mässa "Villa 80" har ansvariga för Bo 85 icke känt något behov av att dokumentera och följa upp vare sig uppförande- eller brukarskede. När siste mässbesökaren lämnade Bo 85 upphörde intresset helt för framtidshusen.

Syfte och uppläggning

På det begränsade mässområdet finns nästan alla trähusföretag representerade och för samtliga dessa småhus har energibalanser beräknats enligt ENORM. Syftet med den i denna rapport redovisade granskningen av småhusen har varit att undersöka hur väl målsättningen för Bo 85 uppfyllts i praktiken. För att undvika missförstånd vill jag särskilt påpeka att avsikten icke varit att jämföra och "rangordna" olika hustillverkare.

I en första etapp granskades till byggnadsnämnden inlämnade byggnadslovs handlingar och redovisade injusteringsprotokoll. I samband härmed erhålls uppgifter från energileverantören - kopior av respektive abonnents registerkort - om småhusens verkliga energiförbrukning. Skillnaden mot beräknad förbrukning visade sig vara mycket stor och för att till en del eliminera inverkan av klimatavvikelser räknades samtliga energibalanser om med varje månads av SMHI uppmätta medeltemperatur för den aktuella jämförelseperioden.

Granskningen av husen, vilken utfördes i juni 1988, har av olika skäl ej omfattat samtliga hus inom området:

- Hus nr 18 skulle åtgärdas för att om möjligt komma till rätta med den enormt stora energiförbrukningen.
- Hus nr 20 omfattar 5 lägenheter men energibalansberäkning enligt ENORM redovisar endast totalsumma för samtliga lägenheter.
- I några av husen var brukarna bortresta och i något av husen ville man ej delta.

Granskningen av de återstående husen har givetvis, med den korta tid som stått till buds, inte kunnat bli alltför omfattande. Endast i några fall har det varit möjligt att analysera tänkbara orsaker till avvikelser mellan prognos och verklighet.

I bilagorna 1-21 redovisas iakttagelser, mätningar, energibalanser m m för de hus som granskats. Samtliga husägare har fått kopia av aktuell bilaga.

2. IAKTTAGELSER VID GRANSKNING AV HUS OCH INSTALLATIONER, JUNI 1988

Byggnadstekniska brister

Trots att samtliga deltagande företag var medvetna om att husen skulle termograferas och otäthetsmätas blev resultatet av Statens Provningsanstalts mätningar 1985-04-22--26 så nedslående att arrangörerna icke, så som utlovats, vågade redovisa resultaten. Efter det att tillverkarna fått chansen att bättra på det professionella arbetsutförandet utfördes ytterligare mätningar våren 1986. Mätresultaten från båda mätningarna redovisas i bilaga 23.

Med undantag av hus nr 10 är samtliga hus synnerligen otäta. Eftersom husgruppen ligger väl skyddad för vindpåverkan har olägenheterna av detta till en del begränsats. Hade husgruppen däremot legat oskyddad för vind, exempelvis på västkusten, hade den ofrivilliga ventilationen - läs tjuvdraget - förorsakat än större energiförbrukning och dessutom ökat risken för fuktskador.

I följande hus har tillverkarna försökt åtgärda bristerna:

- Hus nr 4. Plastfolieskarvar i kryputrymmet har enligt husägaren tejpats. Eftersom frånluftsflödena i juni 1988 var näst intill obefintliga har troligen tejpens lossnat, se noteringar i bilaga 4.
- Hus nr 5. Vidtagna åtgärder efter mätningen 1985 gav ett negativt resultat, otätheten ökade från 3,5 till 4,3 oms/h vid 50 Pa!!

Husägaren har på ett kraftfullt sätt tvingat husföretaget till omfattande åtgärder för att åtgärda bristerna och åtminstone komma under 3,0-gränsen. Hur bestående dessa åtgärder är kan endast avgöras genom förnyad otäthetsmätning.

- Hus nr 14. I kryputrymmet hade plastfolie lagts ut ovanpå den på marken utlagda isoleringen (se bilaga 14)! Enligt uppgift har felet åtgärdats men fortfarande är endast en randzon på ca 1 m av marken isolerad.
- Hus nr 16. Såsom framgår av Statens Provningsanstalts (SP) rapporter (bilaga 23) har hustillverkaren utan större framgång försökt att åtgärda bristerna. Efter SPs mätning våren 1986 har ytterligare försök gjorts och i oktober 1986 mätte Svensk Byggkontroll, Mats Dahlberg, 2,8 oms/h vid 50 Pa. Liksom för hus 4 är det tveksamt hur bestående dessa åtgärder är.

Varmgrunder

Olika varianter av varmgrund förekommer i hus nr 4, 11, 14, 18 och 21. Som framgår av redogörelser i respektive bilagor fungerar dessa lösningar ej på ett tillfredsställande sätt. Speciellt i hus nr 4 och 11 är varmgrundernas otätheter så stora att ventilationen i hygienrummen blir nästan obefintlig. Ansamlingen av damm i kryprummet under hus nr 11 är mycket stor och det går inte att vistas i utrymmet utan ansiktsmask! Tillståndet i de övriga husens kryprum har ej granskats men troligtvis fungerar även dessa utrymmen som dammsamlare.

Dynamisk isolering

Som framgår av redogörelsen för hus nr 4 (bilaga 4) fungerar systemet uruselt. Hade dessutom huset legat så att det utsatts för stark vind hade resultatet blivit rena katastrofen. Systemet är så känsligt att även mycket små felaktigheter - slarv - i arbetsutförandet får mycket allvarliga konsekvenser och det finns ingen anledning att spilla ytterligare resurser på att utveckla detta system.

Stora glasytor

Ett av husen, nr 13 (bilaga 13), har extremt stora fönsterytor, företrädesvis orienterade mot söder. Höst och vår ger detta ett mycket stort tillskott av gratisenergi från solen. Men i januari månad med korta solfattiga dagar och långa kalla nätter blir energiförbrukningen större än i ett motsvarande hus med "normala" glasytor. Vid en måttlig "köldknäpp" med dygnsmedeltemperatur neråt -20 °C ökar de stora glasytorna husets effektbehov med ca 15 %.

Injustering av installationer

Trots upprepade påstötningar har injusteringsprotokoll endast inlämnats för 3 hus och av dessa är endast 1 (ett) trovärdigt.

Följande explock ger en mycket dystur bild:

- I hus nr 4 kan frånluftdonen ej justeras men det spelar ju inte så stor roll eftersom frånluften ändå sugs genom otätheter i kryppgrunden.
- I hus nr 7 har tejp använts för att "justera" tilluftsflödet till övre våningen.

I hus nr 10 har också tejp använts för justering av luftflöde (se SPs rapport, bilaga 23)!

- I hus nr 11 har tegelstenar använts som strypdon!
- I hus nr 11 hade husägaren ett "injusteringsprotokoll" (bilaga 11). Något frånluftsflöde från tvättrum hade ej mätts. Vid mätning i juni 1988 uppgick frånluftsflödet från tvättrum till 130 m³/h.
- I exempelvis hus nr 15, lgh 1 och 2, har injusteringen utförts med sådan precision att samtliga uppmätta flöden stämmer exakt med de projekterade.

Ej fungerande värmepumpar

- I hus nr 2 fungerade värmepumpen ej tillfredsställande (bilaga 2). Orsaken kan endera vara igensatt förångare eller freonläckage.
- I hus nr 4 saknas förutsättningar för en fullgod funktion (bilaga 4). Orsaken borde ha kunnat upptäckas av fabrikantens servicepersonal.

- I hus nr 15, lgh 1 och 2, förmår värmepumparna endast ta ut 0,7 - 1,0 kW ur frånluften vilket är i minsta laget (bilaga 15).
- I hus nr 19 hade värmepumpen varit satt ur spel under en längre tid p g a att tillsatselpatronens termostat ställts i maxläge. Enligt husägaren hade tillverkarens servicepersonal ställt termostaten i detta läge! Försök att starta värmepumpen misslyckades.

Ej fungerande FTX-system

Förutsatt att husen är tillräckligt täta, att injusteringen av luftflödena utförts korrekt och att brukarna sköter filterrengöringen borde FTX-system kunna fungera utan störningar. Jämfört med en värmepump är apparaturen synnerligen enkel och driftsäker och risken för dyrbara maskinhaverier är obefintlig.

Hur stor del av husens exceptionellt stora energiförbrukning som beror på bristande funktion hos FTX-systemen går ej att i efterhand fastställa. Generellt sett är dock samtliga hus med undantag av hus nr 10 för otäta för att någon typ av mekaniskt ventilationssystem skall kunna fungera på avsett sätt, injusteringen är i många fall helt undermålig och i ett fall - hus nr 16 (bilaga 16) - visste brukaren inte ens om var FTX-aggregatet fanns. Frånluftsfiltret var i detta hus helt igensatt vilket orsakat en kraftig obalans.

Komfortproblem - buller

Fläktar och kompressorer ger upphov till buller och speciellt störande upplevs detta av brukarna nattetid när andra bullerkällor avtagit i intensitet.

- I hus nr 14 (bilaga 14) hade extra ljuddämpare monterats och fläktarna varvats ner men trots detta klagade familjen på störande buller.
- I hus nr 12 (bilaga 12) ligger med säkerhet ljudnivån i sovrum över 30 dB, d v s är besvärande.

Nuvarande krav borde ses över och speciell uppmärksamhet ägnas åt hur stor del av bullret som är lågfrekvent.

Komfortproblem - inomhustemperatur

Flera familjer klagade på kalla golv och på att det inte ens vid måttlig kyla gick att hålla önskad inomhustemperatur. Motsvarande komfortproblem har uppmärksammats av Jan Åke Jonsson vid utvärderingen av Bo 86- och Bo 87-husen.

- I hus nr 4 (bilaga 4) uppgår lufthastigheten på tilluften i stora delar av vistelsezonen till ca 0,5 - 0,7 m/s.
- I hus nr 5 (bilaga 5) klagar familjen fortfarande på drag och på för låg inomhustemperatur även när det vintertid är måttligt kallt.

- I hus nr 6 och 7 (bilaga 6 respektive 7) klagar också familjerna på kalla golv och för låg inomhustemperatur vintertid.
- I hus nr 11 (bilaga 11) har husägarna regelbundet noterat utomhus- och inomhustemperatur alltsedan familjen flyttade in i huset i september 1985. Av noteringarna framgår att inomhustemperaturen endast vid ett tillfälle överskridit +20 °C. Vanligtvis har inomhustemperaturen legat mellan +18 °C och +20 °C men vid några tillfällen har den varit endast +17 °C.
- I hus nr 14 (bilaga 14) klagade familjen på kalla golv samt för låg inomhustemperatur och övervägde att sätta in direktverkande elradiorer.

Drifts- och skötselinstruktioner

Genomgående var pärmarna med drifts- och skötselinstruktioner mycket påkostade men innehållet synnerligen magert och bestod mest av hopräfsade broschyrer. Systembeskrivningar saknades helt och husägarens åtgärd att stänga av värmepumpens cirkulationspump i hus nr 7 illustrerar väl vilka missuppfattningar detta kan leda till (bilaga 7). Husägaren trodde att åtgärden skulle spara energi men medförde istället att en elpatron på 4 kW i luftvärmeaggregatet kopplades in. Husägaren hade ingen aning om att det fanns en elpatron i aggregatet. Att dessutom termostaten som styr tillufttemperaturen troligtvis inte fungerade gjorde ju inte saken bättre. Trots att utomhustemperaturen var ca +18 °C - +19 °C och att inomhustemperaturen var avsevärt högre än +20 °C höll tilluften en temperatur på +35 °C - +40 °C!!

Ett annat problem med drifts- och skötselinstruktioner är att dessa handlingar lätt kommer bort vid ägarbyte. Så hade exempelvis skett i hus nr 16 och den nya ägaren var helt okunnig om hur systemet fungerade, eller rättare sagt skulle fungera, och visste inte ens var apparaterna var placerade.

3. ENERGIFÖRBRUKNING

Beräknad förbrukning enligt ENORM

Energibalanser beräknades för samtliga hus enligt ENORM våren 1985 av Karl Munther Energiforskning AB. Beräkningarna utfördes för Stockholmsklimat med 116939 gradtimmar för normalår och med av tillverkarna uppgivna husdata. Givetvis hade Karl Munther ingen möjlighet att kontrollera dessa data och i några fall har ofullständiga eller felaktiga uppgifter lämnats. För hus med FIX-system ingår beräknad energibesparing i respektive månads energibalans men för hus med FVP-system redovisas beräknad energibesparing som en avdragspost för hela årets energibalans. Detta omöjliggör månadsvis uppföljning och jämförelse mellan beräknad och verklig förbrukning. I programmet "NYA ENORM" har detta rättats till, vilket möjliggör månadsvis jämförelse för båda systemen.

De av Karl Munther valda ingångsdata för "Belysning, processer", "Varmvatten" och "Fläktförluster" kan ifrågasättas. För exempelvis hus 12 (113 m²) och hus 19 (145 m²) anges dessa poster till 8228 respektive 10615 kWh, d v s ca 73 kWh/m².

De av Karl Munther beräknade energibalanserna har sorterats in i bilagorna 1-21 för respektive hus.

Beräknad förbrukning med gradtimskorrigerad ENORM

Eftersom det redan vid en första granskning av energileverantörens registerkort framgick att avvikelserna mellan beräknade och verkliga energiförbrukningar var uppseendeväckande stora för de flesta husen har av SMHI registrerade gradtimmar för den aktuella avläsningsperioden använts för att korrigera beräkningarna till verklig utomhustemperatur. Övriga ingångsdata i de av Karl Munther beräknade energibalanserna har ej korrigerats.

De på detta sätt korrigerade energibalanserna har sorterats in i bilagorna 1-21 för respektive hus och klimatdata från SMHI återfinns i bilaga 24.

Verklig förbrukning enligt kopior av registerkort

Elmätarna har för de flesta husen lästs av 1985-12-01 och 1987-11-24, vilket så när som på 6 dagar blir 2 år. För hus nr 5 och 21 är avläsningsperioden kortare och omfattar ca 1 år. För hus nr 10, 15 typ 1 och 17 saknas uppgifter.

Samtliga kopior av erhållna registerkort för de enskilda abonnenterna har sorterats in i bilagorna 1-21. Kopior av registerkort för carportar m m som ej kan delas upp återfinns i bilaga 22.

Sammanställning av beräknad och verklig förbrukning

Bilaga 25 är en sammanställning av beräknad förbrukning enligt gradtimskorrigerad ENORM och avläst verklig förbrukning. Uppgifter om tappvattenförbrukning har erhållits från samfällighetens kassör och även dessa uppgifter redovisas i sammanställningen.

Försök till analys av orsaker till differens mellan beräknad och verklig förbrukning

I genomsnitt skulle varje familj enligt den klimatkorregerade ENORM-beräkningen förbruka ca 14300 kWh/år men har i verkligheten förbrukat ca 21200 kWh/år. Differensen är ca 6900 kWh/år eller ca 48 %.

Avvikelserna orsakas av ett flertal faktorer. Endast i två hus kan avvikelser förklaras av i ENORM icke förutsedd aktivitet:

- Hus nr 16. Eget företag med kontorsutrustning (dator, ljuskopieringsutrustning m m) och med uppvärmt förrådsutrymme i källaren.
- Hus nr 21. Damfrisering i undantagsdelen med hårtorkar m m och troligtvis stor förbrukning av varmvatten.

Familjestorleken varierar givetvis. Alltifrån två vuxna som sällan är hemma i hus nr 15 typ 1, till fyra vuxna och två barn i hus nr 14.

Gemensamt för samtliga brukare är att de försökt följa upp energiförbrukningen. I en del fall är noteringarna sporadiska och periodiseringen slumpartad. I några fall har husägarna kontinuerligt räknat fram dygnsmedelvärden, exempelvis för hus nr 13 (bilaga 13). Som tidigare nämnts redovisar ENORM energibesparingen med FVP som en årlig klumpsumma vilket omöjliggör månadsvis jämförelse mellan beräknad och verklig energiförbrukning.

För hus nr 1 och i viss mån nr 14 har det varit möjligt att med någorlunda stor säkerhet uppskatta hur stor del av differensen mellan beräknad och verklig energiförbrukning som kan hänföras till brukarpåverkan respektive brister i byggnad och installationssystem.

Av följande skäl är hus nr 1 speciellt intressant:

- Det enda hus för vilket ett trovärdigt protokoll på injusterade luftflöden lämnats in till byggnadsnämnden.
- Kontrollmätningen av luftflöden i juni 1988 visar mycket god överensstämmelse med injusterade luftflöden.
- Brukaren har rengjort filter på ett föredömligt sätt efter ett i förväg uppgjort schema.
- Brukaren har regelbundet noterat energiförbrukningen så att varmvatten- och hushållselandelen kan uppskattas.
- Huset är alldeles för otätt $n_{50} = 3,3$ våren 1986 (se SP-rapport, bilaga 23) och enligt tillverkarens egen utsägo "ett dj-a fuskbygge"!

Husägaren har som tidigare nämnts fört mycket noggranna anteckningar och för exempelvis perioden 1987-05-02--08-20 har dygnsförbrukningen uppgått till 32,4 kWh. Under förutsättning att detta är en under året konstant förbrukning - vilket är ett försiktigt antagande - åtgår således $365 \times 32,4 = 11826$ kWh/år till hushållsel (belysning, processer och fläktenergi) samt tappvatten (varmvatten).

L. Gaunt SIB anger i meddelande M 85:14 att storleksordningen av energiförlusterna till följd av vattenförbrukning är ca 25-27 kWh/m³. Vattenförbrukningen är den variabel som visar bäst statistiskt samband med energiförbrukningen, se sid 163-192 i M 85:14. Tomgångsförlusterna för nyare VVB är säkerligen mindre än för de som ingick i Gaunts undersökning och om 27 kWh/m³ används är detta också ett försiktigt värde. Enligt bilaga 25 förbrukar familjen i hus nr 1 ca 220 m³ tappvatten per år. Av 11826 kWh åtgår således $220 \times 27 = 5940$ kWh/år till tappvatten och resten, $11826 - 5940 = 5886$, blir då hushållsel.

Med dessa "troliga" värden insatta i energibalansen för tidsperioden 1985-12-01--1987-11-24 och med varje månads verkliga medeltemperatur kan netto energibehov för "Uppvärmning" uppskattas och jämföras med verkligt behov (bilaga 26).

Den högre förbrukningen av energi till hushållsel och varmvatten kan således endast förklara

$$\frac{34074 - 29401}{29401} = \text{ca } 16 \% \text{ av de}$$

54 % med vilka den verkliga förbrukningen överstiger den beräknade.

Jämfört med värmebehovet, netto 10622 kWh, har $45195 - 23452 = 21743$ kWh åtgått, d v s mer än dubbelt. Per år blir överskridandet ca 5600 kWh.

Motsvarande beräkning för hus nr 14 visar att brukarnas behov av energi till hushållsel och varmvatten förklarar ca 19 % av de 75 % med vilka den verkliga förbrukningen överstiger den beräknade. Netto värmebehov för detta hus blir nästan tre gånger större än beräknat. Ännu mer alarmerande blir skillnaden om det, som familjen samstämmigt uppger, inte går att hålla acceptabel inomhustemperatur vintertid.

Som tidigare nämnts kan inte överskridandet för hus nr 1 skyllas på felaktig injustering eller bristande skötsel av installationer. Följande förklaringar återstår som tänkbara till den oacceptabla skillnaden.

Beräknade U-värden innehålls ej i verkligheten

Mätningar vid Rockwools laboratorium i Skultorp har visat att superisoleringsring inte ger beräknad sänkning av U-värdet (bilaga 27). Om samtliga U-värden, exklusive U-värden för fönster, "slår fel" på 0,02 - 0,03 W/m² °C för hus nr 1 så ökar bruttoförlusterna med 800 - 1200 kWh/år.

Infiltrationen (den okontrollerade ventilationen) är större i ett otätt hus än av Munther beräknat

Munther anger ventilationsfaktorn för hus nr 1 till 24,5 W/°C (bilaga 1). Faktorn är reducerad med hänsyn till en värmeåtervinning på 68 % på det fläktstyrda luftflödet, varefter 0,1 oms/h lagts till för okontrollerat läckage, d v s $286 \times 0,1 \times 0,33 = 9,4$ W/°C. Troligtvis är den okontrollerade infiltrationen större i detta otäta hus och kan vintertid, när de termiska krafterna är som störst, uppgå till mellan 0,1 och 0,2 oms/h. Vid 0,1 oms/h ökas bruttoförbrukningen med ca 1100 kWh/år, vilket ingår i Munthers beräkning, men om infiltrationen uppgår till 0,2 oms/h ökas bruttoförbrukningen med ytterligare 1100 kWh/år.

Avsevärt mindre energibesparing genom värmeåtervinning

För det första räknar Munther med 0,5 oms/h på den ventilerade volymen, vilket ger 143 m³/h. Enligt SBN skall bostäder ventileras med 0,35 l/s m², d v s i detta hus $119 \times 0,35 \times 3,6 = 150$ m³/h.

Enligt injusteringsprotokoll har frånluftsflödet injusterats 1985-08-30 till 155 m³/h och vid mätningen i juni 1988 erhöles 146 m³/h vilket är en fullt acceptabel avvikelse med hänsyn till mätfel, beläggning på kanalväggar m m. För det andra blir knappast verkningssgraden så hög som 68 % eftersom endast ca 85 % av tilluften värmeväxlas; 55-60 % torde vara ett realistiskt antagande.

Jämfört med Munthers ventilationsfaktor - exklusive läckage - på 24,9 - 9,4 = 15,1 W/°C erhålls följande ventilationsfaktor:

150 x 0,33 x 0,40 eller 0,45 \approx 19,8 - 22,3 W/°C

Detta ger mellan 600 och 900 kWh/år större ventilationsförluster än de enligt ENORM beräknade.

Termostatfel vilket kan medföra att avfrostningsautomatiken stjälar energi eller att för varm luft tillförs

Vid besöket i juni 1988 gick det givetvis ej att konstatera dessa fel, förutsatt att de inte var så framträdande som i hus nr 6 och 7. Vid undersökningar som SIB utfört har det visat sig att fel på avfrostningsautomatiken ofta förekommer. Felet är lömskt och praktiskt taget omöjligt för brukaren att upptäcka.

Otillräckligt isolerade och otäta tilluftskanaler

I system med luft som värmebärare är lufttemperaturen högre än i system med enbart förvärmad tilluft. I hus nr 1 - liksom i flera av de andra husen på Bo 85 - ligger tilluftskanalerna i vindsutrymmet, vilket isolerats med lösull. Eftersom kanalerna till stor del går tvärs fackverk/takstolar och vanligtvis har en diameter på 125 eller 160 mm blir lagret lösull över kanalerna inte så imponerande, även om isolertjockleken uppgår till ca 0,4 - 0,5 m. Även vid ett fullgott isoleringsutförande blir förlusterna av storleksordningen 4-6 kWh under ett måttligt kallt vinterdygn.

Om frånluftskanalerna är måttligt otäta så att 10-20 m³/h utomhusluft sugs in utöver den donmätta frånluften påverkar inte detta energiförbrukningen. Först om "utspädningen" blir så stor som i exempelvis hus nr 4 medför detta påtagligt negativa effekter. Om däremot tilluftskanalerna är otäta - och förlagda utanför varmt utrymme - blir förlusterna avsevärda. Läcker ca 20 m³/h genom deformerade och otäta skarvar försvinner mellan 1000 och 1500 kWh/år ut genom lösullen enbart genom detta läckage. Luftströmningen i lösullen försämrar också dess isoleringsförmåga och ökar de rena transmissionsförlusterna.

För hus nr 1 uppgår troligtvis förlusterna genom otillräckligt isolerade och otäta tilluftskanaler till mellan 2000 och 3000 kWh/år.

Luftvärmesystem har sämre förmåga än beräknat att tillgodogöra sig gratisenergi

Enligt Munthers antagande (bilaga 1) uppgår fläktförlusterna som ej kan tillgodogöras (frånluftsfläkten) till 358 kWh/år, d v s fläkten har en effekt på ca 40 W. I verkligheten har en frånluftsfläkt en mellan 50 och 100 % högre effekt och förlusterna, oavsett F- eller FT-system, blir ca 200 kWh större per år.

Utöver frånluftsfläkten krävs i ett luftvärmessystem ytterligare två fläktar: Tilluftsfläkt och cirkulationsfläkt. Erforderliga effekter uppgår vanligtvis till ca 60-80 respektive 150-250 W för dessa båda fläktar. Sammanlagt ger de båda fläktarna ett tillskott till värmesystemet på mellan 200 och 300 W.

Jämförelsen mellan av energidatorn i hus nr 2 (bilaga 2) registrerad månadsförbrukning och beräknad enligt klimatkorrigerad ENORM är intressant. Trots att värmepumpens verkningsgrad troligen är nedsatt är den verkliga förbrukningen för vinterperioden 1986-87 lägre än beräknat men för höst- och vårperioderna är förhållandet omvänt. Det tyder på att huset ej förmår tillgodogöra sig värmestillskotten från belysning, processer, personer och solinstrålning när värmebehovet är litet.

En bidragande orsak till detta är det konstanta tillskottet från tillufts- och cirkulationsfläkten. För exempelvis Skultorpshuset och luftvärmehuset i Täby har fläktenergin uppgått till mellan 2000 och 2500 kWh/år enligt BFR-rapporter för dessa provhus.

Givetvis är det vanskligt att uppskatta hur stor energiförlust den bristande förmågan att ta tillvara gratisenergi medför. För hus nr 2 - som har med hus nr 1 jämförbar storlek och jämförbara U-värden - är förbrukningen för månaderna april, maj, juni, augusti, september och oktober 1987 - 1705 kWh högre än beräknat. Skillnaden är i verkligheten ännu större p g a att värmepumpens besparing ej krediterats beräknad månadsförbrukning. Motsvarande jämförelse för månaderna december 1986 samt januari, februari, mars och november 1987 ger en differens med motsatt tecken på 651 kWh. Mycket grovt uppskattat kan luftvärmesystemens sämre förmåga att tillgodogöra sig s k gratisenergi medföra en ökning av energibehovet på mer än 1000 kWh/år för uppvärmning.

4. SAMMANFATTNING

Kontroll och besiktning

Provkartan på fel och brister i SPs rapporter från termografering och otäthetsmätningar 1985 och 1986 samt noteringarna från 1988 - sammantaget med den oacceptabelt stora energiförbrukningen - visar klart och entydigt hur ineffektiv och verkningslös kontroll och besiktning har varit.

Det säger sig självt att det är nästintill omöjligt för en kontrollant att vid ett kort besök på byggnadsplatsen upptäcka de fel som "byggts in" dagen före eller de fel som kommer att göras omedelbart efter besöket. Utöver att byggplatskontrollen ej ger avsedd kvalitetssäkring kan ytterligare en allvarlig anmärkning riktas mot uppläggningsen. Byggnadsnämnderna granskar endast stickprovsvi de inlämnade byggnadslovshandlingarna. Någon seriös granskning av exempelvis valda materials beständighet, konstruktioners fuktsäkerhet m m förekommer ej för de hus för vilka AB Bostadsgaranti tar 10 års garantiansvar. Med en effektiv byggplatskontroll kan detta i värsta fall medföra att kontrollen säkerställer att projekterade fel m m utförs till punkt och pricka!! Det kan knappast vara meningen!

En meningsfull kontroll måste börja med en sakkunnig granskning av hus- och installationssystem, konstruktionsdetaljer, utförandeföreskrifter m m

samt kontrollmätningar i några provhus, vilka skall visa att uppställda kravspecifikationer med avseende på energiförbrukning, inomhusklimat m m kan infrias.

Kontrollansvaret under uppförandeskedet skall ligga på producenten/tillverkaren. Kontrollen utförs i form av journalförd egenkontroll och den "officiella kontrollen" inskränks till granskning av tillverkarens egenkontroll samt stickprov på att uppställda funktionskrav innehålls.

När ett småhus anses färdigställt anmäler idag entreprenören detta till de besiktningsmän som erfordras för att slutbesiktiga utförandet:

- Byggnadsinspektören utför kommunal slutbesiktning och när han får veta att även en av VSAB utsedd besiktningsman kommer att besiktiga huset brukar han nöja sig med att kontrollera harnsäkerhetsbeslag och tipp-skydd för elspisen. Ibland assisteras byggnadsinspektören av kommunens VVS-inspektör.
- VSABs besiktningsman ägnar sig vanligtvis åt att granska tapetskarvar, golv och skugglistor m m, och när han får veta att byggnadsinspektören besiktigt huset hoppar han över resten.
- Representant för förmedlingsorganet brukar nöja sig med att konstatera att det faktiskt finns ett hus på tomten och att det för säkerhets skull dubbelbesiktigats. Skorstensfejarmästaren besiktigar endast imkanaler och uppstigningsanordningar på yttertak. Beroende på vederbörandes ambitionsnivå och förmåga att tolka föreskrifter varierar bedömningen högst avsevärt mellan olika distrikt.
- Är huset dessutom försett med ett vattenburet värmesystem med slutet expansionskärl tillkommer ytterligare en särskilt av arbetarskyddsstyrelsen auktoriserad besiktningsman.
- Vanligtvis brukar en slutbesiktning ta 20-30 min/hus eller lägenhet och efter väl förrättat värv förväntar sig besiktningsmännen att entreprenören bjuder på någon form av förtäring.

Istället för att, såsom förfarandet beskrivits, flera "besiktningsmän" är inblandade och, förutom själva tiden för besiktningen, också förbrukar avsevärd tid för resor vore det bättre om hela besiktningen utfördes av en besiktningsman som då utan att kostnaden skulle öka kunde ägna åtminstone 2-3 timmar åt varje hus eller lägenhet.

Entreprenören skall vid besiktningen redovisa den protokollförda egenkontrollen så att besiktningsmannen kan förvissa sig om att uppställd kravspecifikation innehålls för huset. Särskild uppmärksamhet skall ägnas åt klimatskärmens täthet, genomföringar, beklädnader i våtrum, installationers funktion, kryp- och vindsutrymme m m.

Injustering, installationer

Möjligheterna att justera installationer måste beaktas redan vid projektering. För exempelvis luftdon måste dontyp och placering anges så att luftflödet kan mätas - och givetvis justeras!! - med mätmetod enligt NVG "Metoder för mätning av luftflöden i ventilationskanaler" BFR T32:1982.

I alltför många hus har dessa elementära synpunkter icke beaktats, som exempel kan nämnas hus nr 4, 11 och 19. För att underlätta mätningssarbetet bör donstyp och placering väljas så att både frånluft- och tilluftflöde kan mätas med samma instrument, dvs metod B3 och C3. Jämfört med övriga i T32:1982 redovisade mätmetoder är dessa både säkra och snabba. För båda krävs dock att donen placeras så att mätstosen kan få en tät anliggning mot en tillräckligt stor plan yta.

Som påvisats i avsnitt 3:5 förorsakar luftläckage i tilluftskanaler förlagda i kallt utrymme, exempelvis vindsbjälklag, stora energiförluster och enligt SBN 80, kapitel 52:21, "förutsätts" att kanalsystem vid värmeåtervinning utförs i täthetsklass B. Såvida inte täthetsprovning av tilluftskanaler ingår i tillverkarens egenkontroll bör täthetsprovning utföras i samband med injustering enligt den metod som beskrivs på sid 56-58 i T32:1982.

Krav på isolering av kanaler, formulerat som maximalt tillåtet temperaturfall från aggregat till don, borde införas och när det är tillräckligt kallt borde kontroll utföras i samband med att systemet injusteras.

Trots att en del luftflödesprotokoll antyder att injustering och mätning utförts med en nästan otrolig precision saknas uppgifter på vid vilken doninställning de med de projekterade flödena helt överensstämmande har mätts! Utelämnandet kan endera bero på vanligt slarv eller - vilket är betydligt allvarligare - kan vara avsiktligt. Om det vid kontrollmätning inte går att återigen mäta upp projekterade flöden går det ju alltid att skylla på att doninställningen ändrats. Luftflödesprotokoll skall alltid innehålla uppgift om doninställning vid injusterat luftflöde.

Energideklarationer

Den stora avvikelserna mellan beräknad och verklig energiförbrukning kan endast till en ringa del hänföras till att avläsningsperioden har varit kallare än det "normalår" som beräkningarna baseras på. Överskridandet orsakas till den allra största delen av att husen är otäta och troligen har betydligt sämre U-värden än de redovisade och har installationer med tvivelaktig funktion, vilka dessutom i många fall icke är korrekt injusterade.

Davsett hur sofistikerade beräkningsprogram som konstrueras blir resultatet endast en sifferlek som gör det alltför lätt för husproducenten att bortförklara mycket stora avvikelser genom att skylla på vädret eller på energikrävande boendevanor.

Enda möjligheten att på ett distinkt sätt deklarerat ett hus energistatus är genom att garantera en specifik förbrukning i W/°C inklusive inbesparing med FTX eller FVP. Statens Provningsanstalt utförde våren 1987 KA-mätningar - enligt ny nomenklatur egentligen UA-mätningar - på ett 1 1/2-plans Hjaltevadshus. Trots problem med mätutrustningen erhöles för två mätperioder, den första på 3,70 h och den andra på 3,58 h, samma förlustfaktor = 0,20 W/m² °C.

Beräknad förlustfaktor med godtagna lambdavärden, beräknad enligt lambdavärdesmetoden och med reduktionsfaktor 0,75 mot kryprum, uppgår till

0,25 W/m² °C. Även om SPs mätmetod har en onoggrannhet på ± 10-12 % visar denna mätning att arbetsutförandet är så perfekt att de säkerhetsmarginaler som de godtagna lambdavärdena samt beräkningsmetoden innehåller icke naggats i kanten.

Svagheten med SPs nuvarande metod är att husets värme- och ventilations-system satts ur spel, allt för att få så säkert värde som möjligt på klimatskärmens transmissionsförluster. Även om onoggrannheten ökar är det måhända bättre att mäta under normala driftsförhållanden så att eventuella förluster i kanalsystem m m fångas in.

Givetvis kan inte varje hus mätas av SP eller annat kontrollorgan, men det räcker förvisso om var 20:e eller 25:e hus mäts för att detta skall få en "upplyftande verkan" både på beräknings- och arbetsmoral!

Drift- och Skötselinstruktioner

Behovet av Drift- och Skötselinstruktioner (DoS) för hus och installationer är odiskutabelt. Alltför många husköpare flyttar in i det nya huset i tron att det är helt underhållsfritt och att ingen skötsel och tillsyn erfordras. Även de som tidigare bott i äldre hus med självdragsventilation och ett enkelt värmesystem måste "tänka om" och lära sig hur det nya husets betydligt mer komplicerade installationssystem fungerar och vilken skötsel som erfordras.

Som tidigare nämnts räcker det dock inte med att i en påkostad pärm stoppa in fabrikanternas beskrivningar av apparat A respektive B. Brukaren måste få klart för sig hur den sammansatta funktionen A+B kan utnyttjas optimalt och vilken skötsel som erfordras för att undvika driftstörningar. För att en DoS skall kunna vara till verklig nytta måste den skrivas så att den blir förståelig för "vanligt folk" som inte har installationsteknisk utbildning. I praktiken är detta ganska svårt. För författaren helt självklara fackuttryck måste förklaras - och om möjligt undvikas - så att läsaren kan förstå texten utan att behöva slå i facklexikon.

Utöver de i en pärm samlade instruktionerna bör det på väl synlig plats på varje apparat finnas en kortfattad skötselanvisning som - helst med både bilder och text - beskriver tillvägagångssättet vid exempelvis rengöring av filter, vilka rengöringsmedel som får användas m m.

För att säkerställa att pärmen med DoS lätt finns till hands och inte kommer bort - vare sig vid flyttning eller vid ägarbyte - borde den kanske handgripligen "kedjas fast" och förvaras där den hör hemma: i apparatrummet.

Utöver att en väl genomtänkt och välskriven instruktion är till stor hjälp vid skötseln av hus och installationer kan den också påverka brukarnas boendevanor - eller rättare ovanor! - i positiv riktning. Pärmen bör innehålla en blankett för registrering av energi- och vattenförbrukning så att det enkelt går att jämföra verklig förbrukning med förväntad, d v s en rimlig prognos. Genom att med en lämpligt avvägd present som lockbete förmå brukaren att följa upp och redovisa första och kanske även andra årets energi- och vattenförbrukning får ju hustillverkaren alldeles gratis en uppföljning på hur hus och apparater fungerar. Kostnaden för presenterna bör kunna tas från reklam- och marknadsföringskontot genom att de optimalt påkostade försäljningsbroschyrerna bantas någon sidal

Brukarnas reaktioner

Reaktionerna hos flera av ägarna till Bo 85-husen påminner om reaktionen hos den husägare med svåra fukt- och mögelproblem som i sin ansökan om hjälp från Småhusskadenämnden ställde som absolut villkor att inga undersökningar fick göras som för grannarna røjde hur illa det stod till med huset!

Rädslan för att negativ publicitet kan återverka på husens marknadsvärde är så stor att man i tre år nöjt sig med - och till slut troligen accepterat - de fel och brister som husen och installationerna i flera hus onekligen är behäftade med. Troligtvis finns det ett rätt stort antal ägare till "optimala småhus" som med all rätt känner sig grundlurade och är missnöjda med inomhusklimat, energiförbrukning m m men som av samma skäl som ägarna till Bo 85-husen accepterar sin situation.

5. BILAGEFÖRTECKNING

Bilagorna, inalles 159 sidor, är samlade i en separat skrift, Träteknik-Centrum, Rapport L 8909038. Den kan rekvireras från Träteknik, tel 08-14 53 00.

- Bilaga 1-21 Noteringar från juni 1988 samt energibalanser, registerkort m m för hus 1-21 (133 sidor)
- Bilaga 22 Avläst energiförbrukning, carportar, registerkort (2 sidor)
- Bilaga 23 SP-rapporter från termografering och otäthetsmätning 1985 och 1986 (17 sidor)
- Bilaga 24 Klimatdata SMHI (1 sida)
- Bilaga 25 Sammanställning av beräknad och verklig energiförbrukning (1 sida)
- Bilaga 26 Energibalans för hus nr 1 med verkliga värden på gradtimmar, hushållsel och varmvatten (1 sida)
- Bilaga 27 Jämförelse mellan beräknade och verkliga U-värden för ytterväggselement (4 sidor)

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FÖRSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 144 45 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Åsensvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

ISSN 0283-4634

931 87 SKELLEFTEÅ
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-652 00
Telex: 650 31 expolar s
Telefax: 0910-652 65