

Ventilationen lika viktig som tätheten hos småhus

Åtgärder för att reducera energiåtgången i nya småhus har i allmänhet varit inriktade på att nedbringa transmissionsförlusterna genom ökad isolering, treglasfönster etc. Minst lika viktigt är det att försöka begränsa ventilationsförlusterna, som kan vara lika stora som transmissionsförlusterna.

Den totala ventilationens storlek i självdragsventilerade småhus anges av Höglund och Elmroth (1973) till mellan 0,5 och 0,7 oms/h, vid vindhastigheter på ca 5 m/s och temperaturskillnaden 15–25°C mellan ute och inne. I SBN 67 anges att värdet 0,7 oms/h skall användas vid beräkning av dimensionerade värmeeffektbehov. Enligt den nya energihushållningsnormen skall värdet 0,5 oms/h användas.

Här definieras den ofrivilliga ventilationen som luftväxlingen med avstängt och tätat ventilationssystem medan den genom ventilationsanläggningen omsatta luftmängden benämns frivillig ventilation.

Inom ramen för det utvecklingsarbete som bedrivs vid Ernström Modulent ab med syfte att minska energiåtgången i nybyggda småhus har en undersökning gjorts för att ge ökat underlag för bedömning av ventilationsförlusternas storlek respektive funktionskontroll av ventilationssystem typ självdrag med köksfläkt och mekaniskt styrd frånluft med spiskåpa.

För att få en plattform för arbetet utfördes först värmebalansmätningar i två obobodda Modulenthus med de konstruktioner som användes före oljekrisen 73/74. Resultaten jämfördes med uppmätta årsenergiförbrukningar i 17 bebodda hus av samma typ. Jämfört med det "normalhus" i ett plan, källarlöst och med 125 m² bostadsyta

Tekn. lic. Christer Harryson, konstruktionschef vid Ernström Modulent ab, Hässleholm redovisar här en undersökning av fabriktillverkade "täta" småhus som gäller ventilationsförlusternas storlek samt funktionskontroll av självdrags- resp frånluftssystem. Noggrant arbetsutförande och inreglering av ventilationssystemen kan ge energibesparingar av samma storleksordning som ökad isolering och treglasfönster, är en slutsats som han drar av undersökningen. En annan slutsats är att mekaniska ventilationssystem är att föredra framför självdragssystem, och vidare att värmewäxling mellan tilluft och frånluft ur lönsamhetssynpunkt ännu inte är aktuell för "täta" småhus.

(som Energiprogramkommittén jämte Munther (1974) refererar till) uppvisade Modulenthuset enligt Adamson och Källblad (1976) 5 000 kWh/år lägre energiförbrukning, genom att husen var förhållandevis täta och välisolerade. Påståendet verifieras genom täthetsprovningar och termografering i samband med energibalansbestämning av två obobodda hus jämte uppmätta årsenergiförbrukningar i bebodda hus.

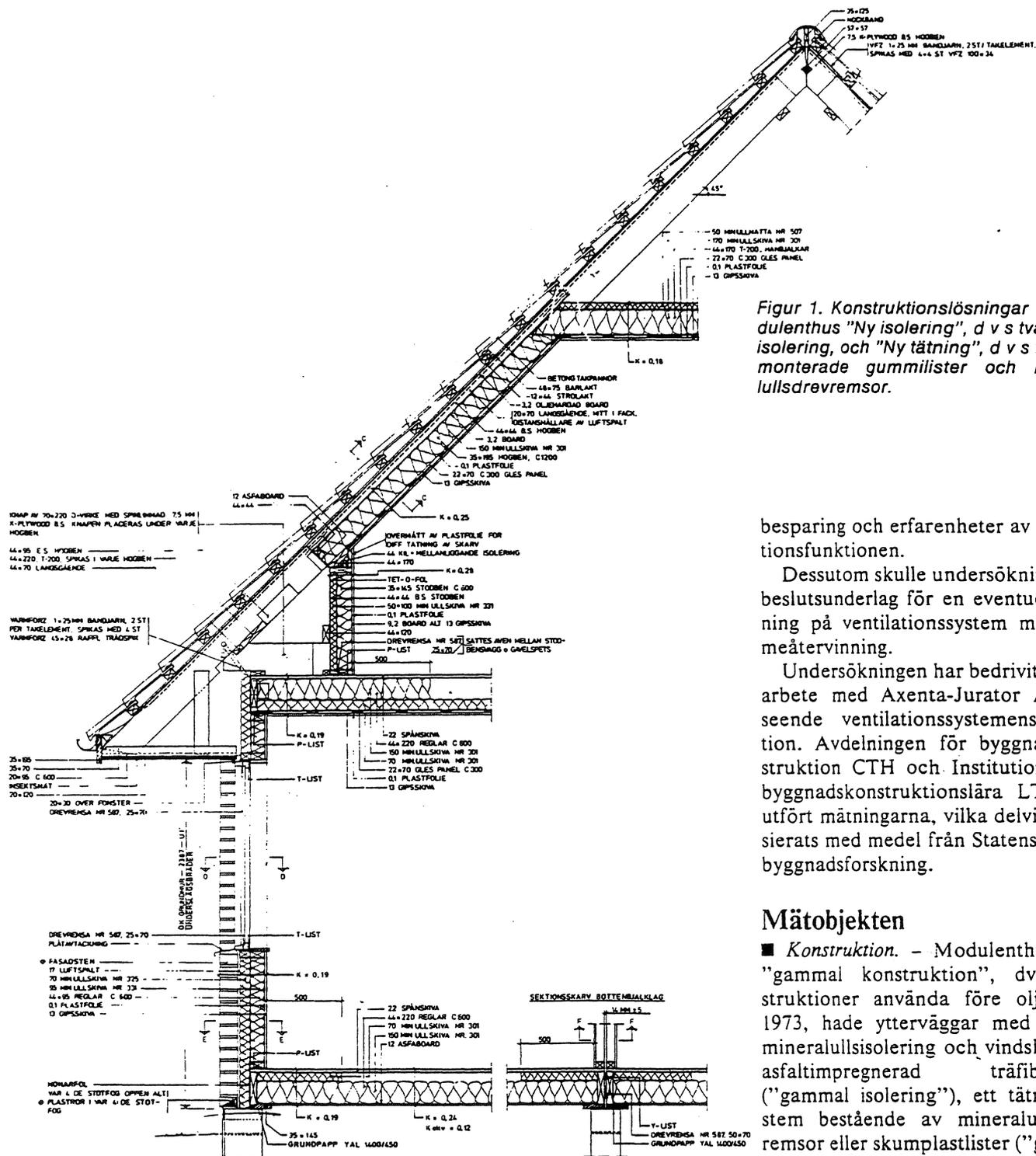
Utförda energisparåtgärder

I första etappen av utvecklingsarbetet var strävan att minska värmeavgivningen från byggnaden genom olika byggnadstekniska och ventilationstekniska åtgärder. Dessa har beräknats sänka energiförbrukningen med mellan 6000 och 8000 kWh/år beroende på hustyp. I första hand har isolertjocklekarna ökat, tvåskiktskonstruktioner med formstabila mineralullsskivor av A-kvalitet använts samt treglasfönster införts i alla hustyper. Dessutom har målsättningen varit att reducera den ofrivilliga ventilationen

och behovsstyra den frivilliga delen av ventilationen. Därför har husen försetts med ett reglerbart mekaniskt frånluftssystem för att minska den del av ventilationen som påverkas av utomhusklimatet. En minskad luftväxling med 0,1 oms/h ger för ett normalt småhus en energibesparing av 1500 – 2000 kWh/år. För värmesystemets del har vidare varje radiator försetts med termostatreglering. Med hjälp av ett tidur och en indelning av huset i 2–3 zoner kan temperaturen temporärt sänkas på ett enkelt sätt, exempelvis nattetid.

Jämförande mätningar

Av skilda anledningar kan den praktiska nyttan av olika energibesparande åtgärder bli väsentligt mindre än beräknat eller helt utebli. Med syftet att följa upp några av de energibesparande åtgärder som införts för hela husproduktionen under tiden 1 mars 1974 – 1 mars 1975 initierade Ernström Modulent ab en undersökning som genom mätningar i bebodda hus avseende luftflöden, temperatur,



Figur 1. Konstruktionslösningar för Modulenthus "Ny isolering", d v s tvåskiktis-isolering, och "Ny tätning", d v s fabriksmonterade gummilister och mineralulldrevremсор.

besparing och erfarenheter av ventilationssystemet.

Dessutom skulle undersökningen ge beslutsunderlag för en eventuell satsning på ventilationssystem med värmeåtervinning.

Undersökningen har bedrivits i samarbete med Axenta-Jurator AB avseende ventilationssystemens funktion. Avdelningen för byggnadskonstruktion CTH och Institutionen för byggnadskonstruktionslära LTH har utfört mätningarna, vilka delvis finansierats med medel från Statens råd för byggnadsforskning.

Mätobjekten

■ **Konstruktion.** - Modulenthus med "gammal konstruktion", dvs konstruktioner använda före oljekrisen 1973, hade ytterväggar med 12 cm mineralullsisolering och vindskydd av asfaltimpregnerad träfiberskiva ("gammal isolering"), ett tätningssystem bestående av mineralulldrevremсор eller skumplastlister ("gammal tätning"). I 1/2-planshusen var försedda med tvåglas kopplade fönster. Bottenvåningen till denna hustyp förtillverkades som två volyelement medan övervåningen platsbyggdes med takstolar. I-planshusen hade tvåglas isolerrutor med övervägande fasta partier. Bottenvåningen till denna hustyp bestod av två eller tre volyelement inklusive vindsbjälklag samt yttertak av storblock tillverkade i fabrik.

Med utförda energibesparande åtgärder, "ny konstruktion", kännetecknas Modulenthus efter 1 mars 1975, Figur 1, av ytterväggar med 16,5 cm mineralullsisolering av A-kvalitet i två skikt, 22 cm mineralullsisolering

tryck, vindhastighet, vindgradient samt luftväxlingar avsåg att belysa följande:

□ Ofrivillig ventilation och totala ventilationsförluster i bebodda hus vid normal användning. Hur påverkas den ofrivilliga ventilationen av nya konstruktionslösningar för tätning och isolering?

□ Funktion hos olika ventilationssystem, såsom självdragsventilation med köksfläkt i relation till mekaniskt frånluftssystem med spiskåpa.

□ Jämförelse av total luftomsättning vid normal användning mellan olika

ventilationssystem samt kontroll av luftflöden hos de fabriksmässigt inställda donen, eventuell justering av desamma och/eller ändring av fläktens basvarvtal. Uppmätta flöden relateras till projekterade värden enligt SBN 67 och enligt hushållningsnormen.

□ Hur påverkar luftflödet genom ventilationsanläggningen den ofrivilliga ventilationen? Frågan är av primär betydelse när olika åtgärder diskuteras för att nyttiggöra frånluftens värmeinnehåll liksom för att bedöma hur täta husen skall göras.

□ Husägarnas inställning till energi-

i tvåskikt hos enplanshusens vindsbjälklag ("ny isolering"), tvåstegstätning av alla fogar med gummilister och mineralullsdrevremsa ("ny tätning"). I 1/2-planshusens yttertak och stödbensväggar förtillverkades i fabrik som storblock. Hanbjälklaget platsbyggs. I övrigt förtillverkas hustyperna som tidigare. Möjligheter att temporärt sänka rumstemperaturen i hela eller delar av husen finns genom att de försetts med ett tidur och en rumstermostat i varje zon.

Hus med olika kombinationer ny och gammal isolering samt tätningar har ingått i undersökningen. Oberoende av vilka konstruktioner husen har beträffande isolering och tätning kan ventilationssystem av typ självdrag med köksfläkt respektive mekanisk frånluft med spiskåpa förekomma i hus beställda under tiden 1 mars 1974 - 1 mars 1975.

■ *Kryprumsgrundlagda 1 1/2-planshus.* - Täthetsbestämning enligt spårgasmetoden har utförts i totalt 23 1 1/2-planshus varav tre med träpanelfasad, övriga med stenfasad. Sex hus har gammal isolering och gammal tätning, två ny isolering och gammal tätning och 15 ny isolering och ny tätning. För de båda förstnämnda grupperna gjordes mätningar vid tre tillfällen medan hus tillhörande den sista gruppen studerades vid ett till tre tillfällen.

Av de studerade 1 1/2-planshusen var 11 försedda med självdragsventilation och köksfläkt. Övriga 12 var försedda med mekaniskt frånluftssystem och spiskåpa. Luftflödesmätningar och luftväxlingsmätningar med spårgas samt funktionskontroll av ventilationssystemen utfördes vid ett till tre måttillfällen.

■ *1-planshus.* - Totalt sex-planshus, såväl källarlösa som källar- och souterånghus, studerades i undersökningen. Ett av husen hade träpanelfasad, övriga stenfasad. Ny isolering och ny tätning hade fem hus medan ett hade gammal isolering och gammal tätning.

De med ny tätning och ny isolering var utrustade med mekaniskt frånluftssystem och spiskåpa. Huset med gammal isolering och gammal tätning var försett med självdragsventilation och köksfläkt. Luftflödesmätningar och luftväxlingsmätningar med spårgas samt funktionskontroll av ventilationssystemen utfördes vid ett till fyra tillfällen.

Luftväxlingsmätningar

Luftväxlingsmätningar utfördes enligt spårgasmetoden. Mätnoggrannheten angavs av CTH till $\pm 6\%$ av mätvärdet + 0,02) oms/h medan den av LTH angavs till $\pm 10\%$.

■ *Hus med självdragsventilation och köksfläkt.* - Den ofrivilliga ventilationens storlek bestämdes med ytterdörrar och fönster stängda och med samtliga invändiga dörrar öppna. Vid LTHs mätningar var dörrarna till våtrummen stängda. Alla från- och tilluftsdon var igentejpade. Torkskåpsdörren var stängd och dess frånluftsdon tejpat. Köksfläkten var avstängd men i vissa fall ej tejpad. Korrektion för detta gjordes på basis av senare framkomna mätresultat, varvid felet bedömdes till 0,03 oms/h för högt uppmätt ofrivillig ventilation när köksfläkten ej var tejpad.

Husets totala luftväxling bestämdes med ytterdörrar och fönster samt dörrar till wc/badrum stängda men med övriga innerdörrar öppna, don i ursprungligt av husägaren eller leverantören inställt läge. Torkskåpsdörren var stängd. Luftväxlingsmätningar utfördes med avstängd köksfläkt respektive med köksfläkten på max- eller min-läge.

■ *Hus med mekaniskt frånluftssystem.* - Den ofrivilliga ventilationens storlek bestämdes med ytterdörrar och fönster stängda men med samtliga invändiga dörrar öppna. Alla från- och tilluftsdon i bostadsutrymmena var igentejpade. Centralfläktens strömförsörjning var bruten genom att grupsäkringens avlägsnats. Torkskåpsdörren

var stängd och frånluftsdonet tejpat.

Husets totala luftväxling bestämdes med ytterdörrar och fönster samt dörrar till wc/badrum stängda men övriga innerdörrar öppna. Donen var i ursprungligt av leverantör eller husägaren inställt läge. Luftväxlingsmätningar utfördes med fläkten på basvarvtal och maxvarvtal. I något hus utfördes också mätningar med avstängd fläkt och öppna don.

Luftflöden

Luftflödena i till- och frånluftsdon mättes vid samma driftsfall som där spårgasmätningar utfördes. Före mätningarnas början noterades inställning och springbredd alternativt varv till stoppläge.

Till- och frånluftsfloden bestämdes med hjälp av varmtrådsinstrument av fabrikat Wallac med mätstos AM 300. Mätnoggrannheten vid frånluftsmätning var cirka $\pm 10\%$. Svårigheter att täta mätstosen mot spiskåpan gjorde att mätnoggrannheten för köksfläktflödet kan uppskattas till cirka $\pm 15\%$. Noggrannheten vid mätning av tilluftsfloden kan vara avsevärt mindre. Felet kan vara av samma storleksordning som mätvärdet.

Luftflödena mättes också för don i vinds- och kryputrymmena. Vid några av LTHs mätningar användes mätstos och anemometer av SWEMAs fabrikat. Dessa mätningar utfördes med samma noggrannhet.

Övriga mätningar

Temperaturen mättes med kvicksilvertermometer som hade noggrannheten $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Tiden före avläsning var ca 10 minuter. Termometern placerades inomhus ca 1,2 m över golv och på icke solbelyst plats. Mätningar gjordes på varje våningsplan samt i vinds- och kryputrymmena. Utomhusmätning utfördes i fritt fält ca 1,2 m över mark och med strålningskyddad termometer.

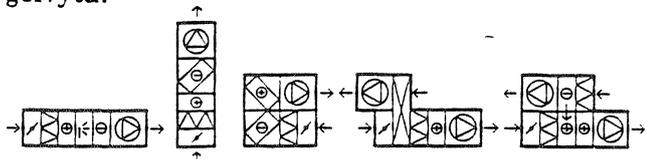
Med hjälp av mikromanometer mättes tryckdifferensen mellan bottenvåning och övervåning samt eventuell källare. Manometern placerades

Ett klimataggregat i tiden

Energisnålt. Utrymmessnålt. Flexibelt. Servicevänligt.

Energisnålt därför att varje enhet i aggregatet är utförd med högsta möjliga verkningsgrad och livslängd.

Utrymmessnålt därför att det kan vikas dubbelt, byggas i vinkel, eller ställas på hök kant. Ett aggregat i mellanklassen behöver bara ca 1 m² golvyta!



Flexibelt därför att kombinationsmöjligheterna och byggmöjligheterna är nära nog obegränsade. Vrid annonsen ett kvarts varv i taget. Klimataggregatet ABC fungerar i alla lägen.

Servicevänligt därför att luckor är lätta att ta av, fläktar och fuktare utdragbara. Lättåtkomligt.

Radialfläkt med B-hjul. Hög verkningsgrad. Över 80% för storlekarna 3—9. Specifik ljudeffektnivå 5 decibel lägre än vad vi tidigare klarat av.

Luftvärmare. Av batterityp. För värmevatten eller eldrift.

Filter. Djupveckat, ytförstoring upp till 6,7. Lång livslängd. Lätt att byta.

Värmeväxlare. Standard i ABC-serien. Tar 70—90% av erforderlig värme ur frånluften.

Uteluft

Axialfläkt med ställbara skoular. Från storlek 5 reglerbara under drift.

Frånluft

Frånluft

Tilluft

BAHCO ventilation

Entreprenaddivisionen.

199 01 Enköping,
tel. 0171/332 00

*Abc
för totalekonomisk
luftbehandling*

alltid i bottenvåningen. Tryckdifferensen mellan husets inre och fasader mättes. Fasadtrycket mättes på ca 1,5 m höjd. Manometern var av fabrikat Fuess med en mätnoggrannhet av $\pm 0,5$ Pa.

På lämplig ostörd plats i närheten av huset uppmättes vindgradienter för vissa mätobjekt. Därvid mättes vindhastigheter på höjden, 1,5 m, 3 och 5 m över marken. Samtidig mätning var ej möjlig. På varje höjd mättes vindhastigheten under minst 10 minuter och medelvärdet uträknades. Den använda anemometern ger en mätnoggrannhet av $\pm 0,5$ m/s. Uppgifter om vindhastighet, vindriktning och lufttryck togs också från närmaste väderleksstation.

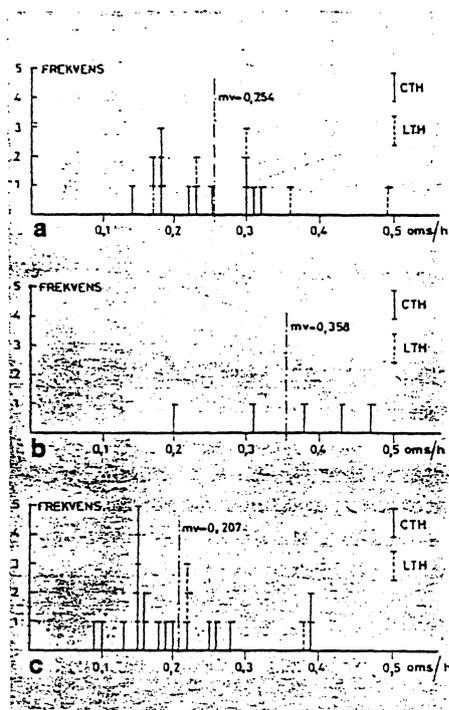
Vid LTHs mätningar registrerades vindhastigheten med hjälp av en vinghjulsanemometer av fabrikat Lambrecht på ett avstånd av 10 m från byggnaden och ca 1,5 m över mark. Mätvärdet är ett medelvärde av luft-hastigheten under en minut. Mät-noggrannheten ligger på $\pm 2\%$.

Resultat

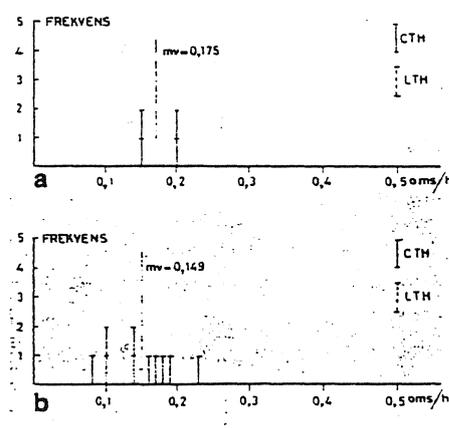
■ **Ofrivillig ventilation.** – Den ofrivilliga ventilationen ligger i 1 1/2-planshusen mellan 0,17 och 0,49 oms/h för sex hus med gammal isolering och gammal tätning, mellan 0,20 och 0,50 oms/h för två hus med ny isolering och gammal tätning samt mellan 0,09 och 0,39 oms/h för 15 hus med ny isolering och ny tätning. Medelvärdet för respektive grupp uppgår till 0,254, 0,358 och 0,207. – *Figur 2 a-c.*

För 1-planshusen har den ofrivilliga ventilationen i ett hus med gammal isolering och gammal tätning uppmätts ligga mellan 0,15 och 0,20 oms/h medan motsvarande variation för fem hus med ny isolering och ny tätning uppmätts ligga mellan 0,08 och 0,23 oms/h. – *Figur 3 a-b.*

Siffrorna ger en uppfattning om de variationer i ofrivillig ventilation som man får räkna med då inga korrek-tioner görs för klimatets och den enskilda byggnadens inverkan.



Figur 2. Ofrivillig ventilation för 1 1/2-planshus med olika konstruktion.
a) Gammal isolering, gammal tätning, 6 hus mätta vid 2-3 tillfällen.
b) Ny isolering, gammal tätning, 2 hus mätta vid 2-3 tillfällen
c) Ny isolering, ny tätning, 15 hus mätta vid 1-3 tillfällen.



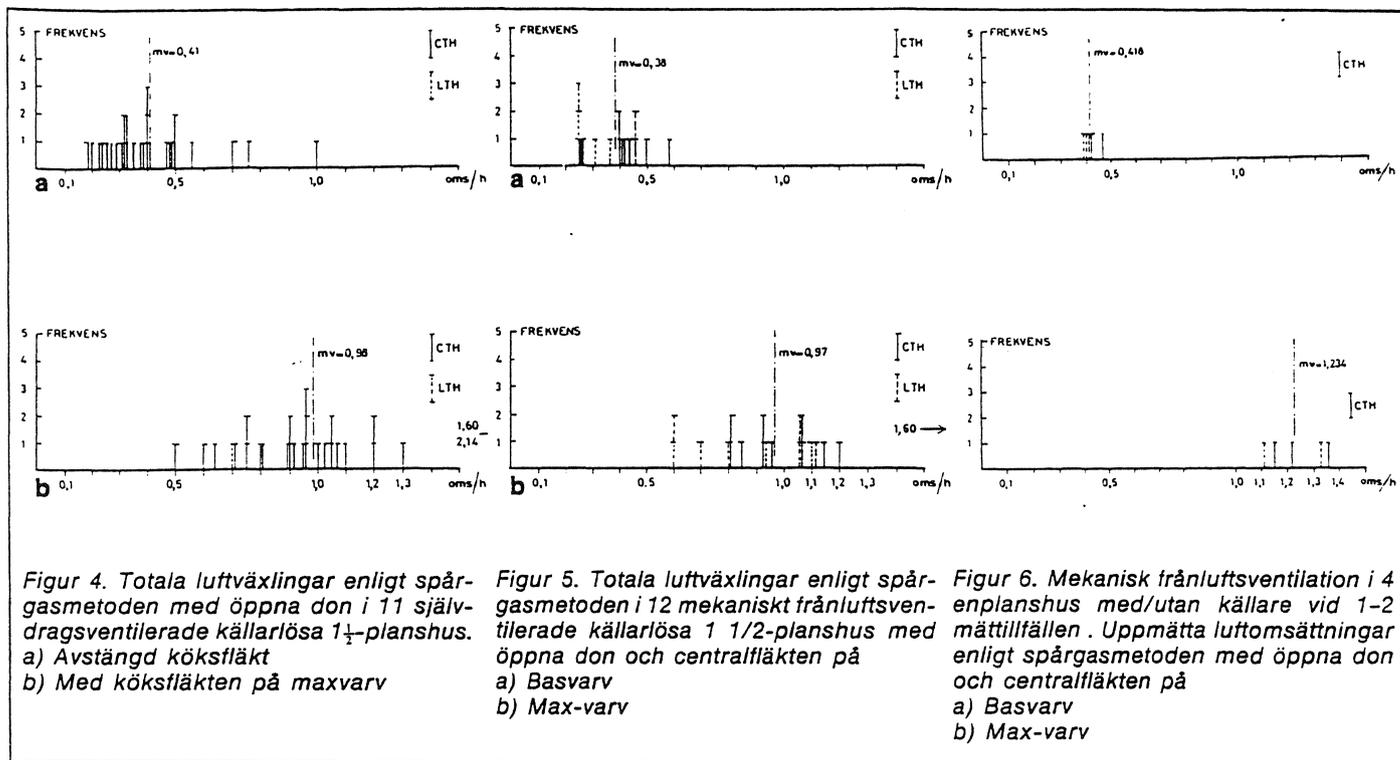
Figur 3. Ofrivillig ventilation för 1-planshus med olika konstruktion.
a) Gammal isolering, gammal tätning, 1 hus vid 3 mättillfällen
b) Ny isolering, ny tätning, 5 hus vid 1-3 mättillfällen

■ **Husens täthet.** – I medeltal har den ofrivilliga ventilationen för 1 1/2-planshusen reducerats med 0,05 oms/h och uppgår till 0,20 oms/h vid måttliga vindhastigheter och normala temperaturskillnader ute/inne under uppvärmningssäsongen. Eftersom mätningarna utförts enligt spårgasmetoden kan värdena användas för uppskattning av husets kvalitet under normala klimatförhållanden och årliga energibehov. Att tätheten inte ökade mer med det nya tätningssystemet beror på flera faktorer. Redan före oljekrisen hade Modulent förhållandevis täta hus beroende på valda konstruktioner, produktionsmetoden och tillverkningskontrollen. Trots att ytterta-cket och stödbensväggarna till övervåningarna i samband med övergång till ny isolering och ny tätning förtillverkats i form av storblock har vid termografering fortfarande vissa smärre brister kunnat konstateras. Speciellt vad gäller anslutningarna mellan stödbensvägg/gavelspets, snedtak/gavelspets samt gavelspets/mellanbjälklag.

Ytterligare faktorer som kan förklara varför avsevärt tätare hus inte erhållits är möjligen övergången till ny ytterväggskonstruktion. Eventuella skador i det inre tätskiktet hos hus med "ny isolering" i ytterväggarna av exempelvis eldragningar kan påverka tätheten kraftigare än för hus med gammal isolering. Observera dock att endast två hus med ny isolering och gammal tätning undersökts.

■ **Ventilationssystemens funktion.** – Ventilerna i de självdragsventilerade husen har godtyckligt fungerat både som tillufts- och frånluftsdon beroende bl a på klimatbetingelserna i och kring husen. Med spisfläkten igång har frånluftsdonen i våtrummena genomgående fungerat som tilluftsdon med risk för komfortsänkning, luktproblem etc. Klagomål på att ventilationen varit för låg eller otillfredsställande vid avstängd spisfläkt har i några fall noterats.

För hus med mekanisk frånluftsventilation kan man däremot konstatera att ventilationen genomgående fungerat som avsett. Några olägenheter med



mekaniskt frånluftssystem i form av drag etc har inte observerats för de studerade husen. Fläktarna orkar suga ut projekterade luftmängder. Tilluft fås genom de "smärre" otätheter som fortfarande finns kvar. Husen är ju inte hermetiskt täta.

■ **Totala luftväxlingar.** - Jämfört med de självdragsventilerade husen vid öppna don uppvisar de mekaniskt frånluftsventilerade på basvarv i stort sett samma luftväxlingar, med andra ord lika stora totala ventilationsförluster, om redovisade mätresultat kan anses vara representativa medelvärden för hela uppvärmningssäsongen. Av *Figur 4 och 5* framgår att luftväxlingen i de självdragsventilerade husen vid öppna don och avstängd köksfläkt uppgår till i genomsnitt 0,41 oms/h, medan motsvarande värde uppgår till 0,38 oms/h för de mekaniskt ventilerade med centralfläkten på "basvarv", *Figur 6*. Spridningen är emellertid betydligt mindre för den senare gruppen.

Jämfört med de uppgifter Höglund och Elmroth anger är den totala ventilationen i Modulenthushuset således 0,1 - 0,3 oms/h mindre än normalt. Detta

återspeglas i förhållandevis låga energiförbrukningar, i medeltal 5000 kWh/år lägre energiförbrukning än normalt jämfört med Munther. Motsvarande värden med spisfläkten på max-varv och centralfläkten på max-varv uppgår i medeltal till 0,98 respektive 0,97 oms/h.

Variationer i luftväxlingar mellan hus av samma typ kan bero på klimatförhållandena, otätheter i kanalsystemet, läckage vid fläktens anslutning, doninställningar o s v, liksom fläktens varvtal. För de mekaniskt ventilerade husen kan en avsevärt mindre spridning konstateras än för de självdragsventilerade.

■ **Luftflöden genom don.** - De i SBN 67 angivna luftflödena för mekaniskt frånluftsventilerade flerfamiljshus har valts som dimensionerande luftflöden för hus med mekanisk ventilation. På grund av det använda mekaniska ventilationssystemets konstruktion och reglermöjligheter måste de dimensionerande värdena för våtutrymmena sugas ut vid forceringsflöde genom spiskåpan och utgör således luftflöden med fläkten på max-varv. Med fläkten

på basvarv var avsikten att suga ut ca 1/3 av dimensionerande värden enligt SBN 67.

Stora avvikelser mellan verkliga och projekterade luftflöden föreligger. I nästan alla de studerade husen finns ett eller flera montagefel i ventilationssystemet. Genomgående har alltför stora luftflöden sugits ut genom kanalsystemet. Avsedd minskning av den frivilliga ventilationen med 0,10 - 0,20 oms/h har således uteblivit.

Med minskat basvarvtal hos fläkten och strypning av donen kan emellertid luftflödena enkelt minskas till önskad nivå, som enligt värmehushållningsnormens krav ligger kring ca 0,25 oms/h för de studerade hustyperna. Utökad byggplatskontroll jämte inreglering kan minska spridningen ytterligare.

I *Figur 7* visas hur den ofrivilliga ventilationen styrs ut via frånluftsdonen vid såväl bas- som maxvarv. Genomgående ligger mätvärdena närmare den räta linjen med 45° lutning med fläkten på maxvarv, d v s styrningen av den ofrivilliga ventilationen ökar ju större undertrycket är i huset. ➔

Frågan bör närmare utredas genom ytterligare mätningar. Av speciellt intresse är att studera förhållandena i området där den totala ventilationen närmar sig den ofrivilliga ventilationen.

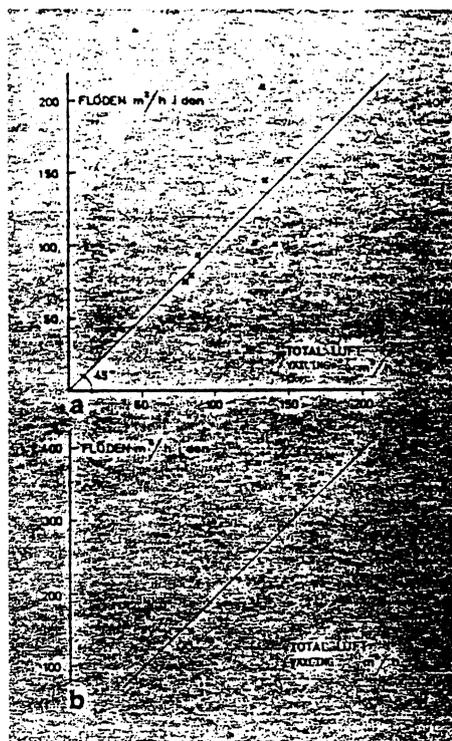
Slutsatser

Noggrant arbetsutförande och inreglering av ventilationssystemen kan ge energibesparingar av samma storleksordning som åtgärder i form av ökad isolering och treglasfönster ger enligt beräkningarna.

Med kända tekniska lösningar kan tätheten hos småhus mätt enligt spargasmetoden minskas till mellan 0,10 och 0,20 oms/h vid vindhastigheter och temperaturskillnader som kan anses utgöra representativa medelvärden för uppvärmningssäsongen. Valda konstruktioner, produktionsmetoden och kontrollen av arbetsutförandet påverkar starkt resultatet. I de fall husägaren själv ytterligare tätat huset kunde effekten av denna åtgärd klart konstateras. I medeltal har emellertid den ofrivilliga ventilationen minskat med 0,05 oms/h till mellan 0,15 och 0,20 oms/h beroende på hustypen. Utökad kontroll kompletterad med vissa konstruktionsförändringar kan troligen minska den ofrivilliga ventilationen ytterligare, sannolikt ned till mellan 0,10 och 0,15 oms/h.

Den nya isolerkonstruktionen liksom olika klimatbetingelser i och kring husen ger vissa svårigheter att bedöma vilken energibesparing det nya tätningsystemet gett. Något klart samband mellan den ofrivilliga ventilationen och vindhastigheten respektive temperaturskillnaden ute/inne kan inte konstateras. Valet av referensvindhastighet är inte självklart. För flera av de studerade husen är den meteorologiska stationen belägen flera mil från huset.

Självdragssystemets funktion i "täta" hus kan starkt ifrågasättas. Även för hus tillverkade före oljekrisen -73 har vissa komfortproblem noterats. Med avstängd spisfläkt fungerar ventilerna i regel som frånluftsdon men kan un-



Figur 7. Samband mellan uppmätta flöden i don och totala luftväxlingar enligt spargasmetoden för mekaniskt frånluftsventilerade källarlösa 1½-planshus med centralfläkten på

a) Basvarv

b) Max-varv

Observera att olika skalor använts på abskissan. Negativt tecken på flöden anger luftström ur huset.

der vissa klimatbetingelser föra in luft i huset. Med spisfläkten igång har de genomgående fungerat som tilluftsdon med åtföljande luktproblem. Eftersom betydligt hårdare krav nu ställs på husens täthet kommer olägenheterna med självdragssystem att öka i nya hus.

Med mekaniska system däremot kan önskade luftflöden uppnås med större säkerhet. Dessutom minskas inverkan av väder och vind, och möjligheter ges till behovsstyrning av flödena. Inregleringen av mekaniska system liksom noggrant arbetsutförande är av största betydelse för att avsedd energibesparing skall uppnås.

Av undersökningen har vidare framkommit att man genom det un-

dertryck som skapas i hus med mekaniska frånluftssystem får en styrning av den ofrivilliga ventilationen ut genom kanalsystemet. Den ofrivilliga ventilationen uppgår således helt eller delvis i den frivilliga. Detta innebär att intresset för värmeväxlare i täta hus måste minska eller att större krav måste ställas på värmeväxlarens verkningsgrad. Alternativt måste FT-system inregleras så att ett undertryck skapas i huset.

Med tanke på det mekaniska frånluftssystemets förmåga att helt eller delvis styra den ofrivilliga ventilationen kan man fråga sig hur täta husen bör göras. Alternativet till mycket täta hus med sofistikerade tätningar och särskilda tilluftsdon är kanske ett måttligt tätt hus med en ofrivillig ventilation av ca 0,10 oms/h. Detta mål kan nås med beprövad teknik och säkra lösningar som fungerar även efter en lång tid. Därigenom skulle det kanske heller inte vara nödvändigt att kräva speciella tilluftsdon i exempelvis sov- och vardagsrum. Undersökningen har ju visat att tillräckliga luftmängder kan evakueras utan särskilda tilluftsdon.

Funktionen hos spaltventiler och övriga tilluftsdon efter långvarigt bruk kan starkt ifrågasättas. Med ett mekaniskt frånluftssystem och en frivillig ventilation genom kanalsystemet på ca 0,25 oms/h erhålls troligen erforderlig styrning av den ofrivilliga ventilationen som bör kunna minskas till 0,10 oms/h. Värmeinnehållet i frånluften kan när det gäller småhus förmodligen tillvaratas på bättre sätt än genom värmewäxling mellan tilluft och frånluft.

Förslag till fortsatt utvecklingsarbete

På basis av den genomförda undersökningen föreslås fortsatta undersökningar inom följande områden:

□ Upprepade mätningar av flöden och luftomsättningar med registrering av temperatur ute/inne samt karakteristiska vindhastigheter och vindtryck i och kring huset. Justering av luftflö-

den och fläktens varvtal hos mekaniskt frånluftsventilerade hus så att värmehushållningsnormens krav uppfylls. Noggrannhet hos luftflöden vid inreglering av ventilationssystem i typ-hus enligt metoden med "förinställda don" från fabrik. Registrering av energi- och vattenförbrukning.

□ Täthetsprovningar enligt tryckmetoden (såväl under- som övertryck) jämfört med spårgasmetoden.

□ Vad innebär utökad byggplatskontroll och ytterligare konstruktionsförbättringar i syfte att skapa tätare hus? Kompletterande undersökning genom termografering. Jämförelse med tidigare byggda hus.

□ Tilluftsdonens inverkan på komfort, luftrörelser, energiförbrukning, infiltration och total ventilation. Jämförelse med två hus som har FT-ventilation och värmeväxlare.

□ Frånluftssystemets styrning av den ofrivilliga ventilationen vid varierande tryckskillnader ute/inne. Hur påver-

kas det mekaniska ventilationssystemet av vind och temperatur?

□ Långtidsmätningar i självdragsventilerade respektive mekaniskt ventilerade hus under en hel uppvärmningssäsong för bättre bedömning av ventilationförlusternas storlek.

□ Täthet hos ytterväggar med olika typer av vindsydd såsom västkustskiva, papp, lätt isolering etc.

Referenser

Lindqvist, Thomas, *Spårgasmätningar av 9 Modulenthus i Göteborgstrakten*. Rapport 1976:8. Avdelningen för byggnadskonstruktion, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, sept -76.

Lindqvist, Thomas, *Spårgasmätning av 6 småhus med Jurator mekaniskt frånluftssystem*. Rapport 1976:9. Avdelningen för byggnadskonstruktion, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, sept -76.

Lindqvist, Thomas, *Spårgasmätning av 8 Modulenthus i Göteborgstrakten*. Rapport 1976:10. Avdelningen för byggnadskonstruktion, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, okt -76.

Adamson, Bo & Källblad, Kurt: *Studier av energibalans i 2 villor. Projekt: Modulent-Stoby*. Institutionen för byggnadskonstruktionslära. Arbetsrapport 1975:4. Rev upplaga, aug -76.

Elmroth, Arne & Höglund, Ingemar, *Värmebalans i småhus*. Rapport R7: 1973 från Statens råd för byggnadsforskning.

Munther, Karl E, *Energiförbrukning i småhus*. Rapport R 58:1974, Statens råd för byggnadsforskning.

Supplement nr 1 till SBN 1975: Energihushållningsnormen. Statens planverk 1976. ■

◀ 52 Erfarenheter av värmepumpar

mande gasen är kylningen beroende på gastemperaturen. Att höga gastemperaturer kan uppträda bl a vid höga förångningstemperaturer är självklart.

□ *Magnetism*. Genom höghastighetsfotografering av kompressorlindningar under drift fann man att magnetiska krafter under värmepumpsdrift får lindningarna att gnida mot varandra. Magnetismen förorsakar alltså ett rent mekaniskt slitage på lindningarna, som på ganska kort tid kan förstöra isoleringen totalt. General Electric har tagit fram en speciellt för värmepumpsdrift konstruerad kompressor, Climatuff, där man genom en speciell isolering kan klara de höga temperaturer samt syror och lösningsmedel som uppträder i köldmediekretsen. Den nya isoleringen påverkas ej heller av den gnidning som uppstår genom magnetiska krafter.

Genom att införa Climatuff-kompressorn i Weathertron-aggregaten har man avsevärt vidgat värmepumpars användningsområde. Industriell överskottsvärme med temperaturer upp till ca 48° kan tex användas för att värma tilluft för en produktionshall. Nettovärmefaktorer av 3,5 - 4 kan lätt uppnås. *Figur*

4 visar lämpliga temperaturområden för Weathertron värmepumpar med kompressoreffekterna 5,5-15 kW.

Service - en känslig punkt

Vid de energidiskussioner som har förts under de senaste åren har värmepumpen framstått som ett gott alternativ att med bibehållen eller bättre komfort minska energikonsumtionen. Servicefrågan har endast nämnts i begränsad omfattning.

En värmepumpsanläggning skiljer sig från en konventionell olje- eller elvärmeanläggning bl a genom att service och reparationer endast kan utföras av ett begränsat antal specialutbildade kylmontörer. Ett byte av tex en värmepumpskompressor i samband med ett haveri är ett komplicerat och tekniskt avancerat arbete som knappast kan förenklas så att det kan utföras av någon annan än en kyltekniker. Förutsättningen för att värmepumpen skall vara ett intressant alternativ även efter ett eventuellt haveri, är därför att värmepumpen installeras endast i de delar av vårt land där leverantören kan tillhandahålla utbildad servicepersonal utan att långa och kostsamma resor behöver företas. ■