

# RAPPORT

Anders Lindskog, Robert Roos

## **Studie av fuktproblem i högisolerade träkonstruk- tioner — Examensarbete i byggnadsteknik**

**TräteknikCentrum**

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING



Anders Lindskog (studerande)  
Robert Roos (studerande)

STUDIE AV FUKTPROBLEM I HÖGISOLERADE TRÄKONSTRUKTIONER  
Examensarbete i byggnadsteknik (KTH)

TräteknikCentrum, Rapport P 8702014

Nyckelord

*energy consumption  
insulation  
moisture measurement  
moisture meters  
mold  
residential construction  
single family houses*

Stockholm februari 1987

	<b><u>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</u></b>	<b>sid</b>
	<b><u>FÖRORD</u></b>	<b>3</b>
<b>0</b>	<b><u>SAMMANFATTNING</u></b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b><u>INLEDNING</u></b>	<b>6</b>
	1.1 Problemet	
	1.2 Projektet	
<b>2</b>	<b><u>BESKRIVNING AV LÄTTBYGG-85</u></b>	<b>8</b>
	2.1 Huvudprinciper för projektet	
	2.2 Husens utformning	
	2.3 Övriga mätningar i projekt LÄTTBYGG-85	
<b>3</b>	<b><u>ALLMÄNT OM FUKT</u></b>	<b>11</b>
	3.1 Fuktkällor	
	3.2 Fuktransport	
	3.3 Fuktpåverkan och gränsvärden	
<b>4</b>	<b><u>MÅLSÄTTNING OCH MÄTMETOD</u></b>	<b>15</b>
	4.1 Målsättning för undersökningen	
	4.2 Vald mätmetod	
<b>5</b>	<b><u>TEORETISK BEDÖMNING</u></b>	<b>17</b>
	5.1 Beräkningsmetod	
	5.2 Förutsättningar och resultat för väggar	
	5.3 Förutsättningar och resultat för bottenbjälklag	
	5.4 Förutsättningar och resultat för kryprum	
	5.5 Förutsättningar och resultat för vindsgarderob	
	5.6 Förväntade fukttillstånd	
<b>6</b>	<b><u>MÄTNINGARNAS GENOMFÖRANDE</u></b>	<b>20</b>
	6.1 Allmänna förberedelser	
	6.2 Preparering av de olika konstruktionsdelarna	
	6.3 Mätningarnas praktiska genomförande	
<b>7</b>	<b><u>BEHANDLING AV MÄTVÄRDEN</u></b>	<b>27</b>
	7.1 Insamling och sammanställning	
	7.2 Redovisningsmetod	

<b>8</b>	<b><u>RESULTAT OCH UTVÄRDERING</u></b>	<b>29</b>
	8.1 Väggar, resultat	
	8.2 Väggar, analys	
	8.3 Bottenbjälklag, resultat	
	8.4 Bottenbjälklag, analys	
	8.5 Kryprum, resultat	
	8.6 Kryprum, analys	
	8.7 Vindsgarderob, resultat och analys	
	8.8 Fortsatta mätningar	
	8.9 Slutsatser av undersökningen	
<b>9</b>	<b><u>NOGGRANNHETSANALYS</u></b>	<b>33</b>
	9.1 Transporttiden	
	9.2 Torktiden	
	9.3 Mätintervallet	
	9.4 Vågen	
<b>10</b>	<b><u>METODER FÖR ATT MÄTA FUKT</u></b>	<b>36</b>
	<b><u>APPENDIX</u></b>	
<b>A</b>	<b><u>TJÄLNEDTRÄNGNING VID GRUNDPLINT</u></b>	<b>38</b>
	A.1 Tjälnedträngning vid kryprumsgrundläggning	
	A.2 Mätning av tjälnedträngning	
	A.3 Resultat	
<b>B</b>	<b><u>KRYPRUMSVENTILATION</u></b>	<b>40</b>
	B.1 Ventilationens utformning	
	B.2 Mätning med spårgasmetoden	
	B.3 Luftomsättningen i kryprummen	
<b>C</b>	<b><u>RÖRELSER I BOTTENBJÄLKLAGET</u></b>	<b>42</b>
	C.1 Orsaker till rörelser	
	C.2 Mätmetod	
	C.3 Resultat	
	<b><u>SUMMARY</u></b>	<b>43</b>
	<b><u>BILAGOR</u></b>	<b>45</b>
	<b><u>LITTERATUR</u></b>	

## FÖRORD

I mars 1984 togs den första kontakten med ledningen för projekt LÄTTBYGG-85. Per Olof Carlson, Arne Johnson Ing.byrå AB (AJ), och Åke Thorn, Swanboard Masonite, berättade entusiastiskt om framtidens småhus. Arne Elmroth, KTH, var lämplig som handledare då han redan var engagerad i projektet. Fuktmätningar kunde bli ett utmärkt examensarbete och ett likaledes utmärkt tillfälle för Torbjörn Schmidt, Träteknik-Centrum, att prova sitt elektroniska mätsystem.

Hur och var mäter man? Sommaren '84 tillbringades på AJ tillsammans med Jan Sjölund. Planering inför preparering av husen stod på schemat. I inledningsstadiet bidrog Eva Falkå på LB-Hus med en utbildning i fuktmätning.

En utflykt till Ö-vik och besök hos Åke Lidfalk, Masonite Lättelement, resulterade i 12 st hål i bjälklagen. Därefter tillbringades en vecka i Vansbro, där Faluhus huserar. Bo Millbäck såg lite betänksam ut när väggarna till hans hus försågs med luckor och tomrör.

Ett omfattande och till synes oändligt arbete med att komplettera det elektroniska mätsystemet påbörjades. Samtidigt mättes fuktkvoter i husen som i december '84 var inflyttade. Bearbetning och utvärdering av mätvärdena påbörjades omgående. Mätmetoden utvecklades och förenklades i och med att dator användes för lagring och presentation.

Ofattbart toleranta husägare på Travarevägen hjälpte oss på alla vis under hela mätperioden. Ett speciellt jättetack till Er!!

Även till synes oändliga projekt har ett slut. Resultaten måste redovisas. Tore Hansson, TräteknikCentrum, fick tag i ett utkast och sedan var det klippt. Nu måste vi lära oss att skriva också. För att lindra bördan något hjälpte Carl-Michael Johannesson, KTH, till med att rita några svåra figurer.

Tack ska ni ha.

## 0 SAMMANFATTNING

Under andra hälften av 1984 uppfördes 18 stycken 1 1/2 plans småhus i Visinge, Täby. Husen ingår i projektet LÄTTBYGG-85, vars syfte är att åstadkomma energisnåla och billiga småhus. I detta examensarbete redovisas resultat från fuktbestämningar i fyra av dessa hus. Dessutom mäts bottenbjälklagens rörelser samt i ett hus tjälens nedträngning vid grundplint. Vid ett tillfälle har luftomsättningen i kryprummen bestämts med spårgasmetoden.

Syftet med fuktmätningarna är att ge underlag för bedömning av riskerna för mikrobiologisk tillväxt. Fuktmätningarna påbörjades under december 1984 och omfattar väggar, bottenbjälklag, kryprum samt det uppvärmda utrymmet bakom stödbensväggen.

Enligt den teoretiska bedömningen finns det risk för kondens i vissa konstruktioner. De uppmätta värdena har dock varit lägre och ingen kondens har kunnat upptäckas, med undantag för undersidan av bottenbjälklaget samt på ovansidan av plastfolien i kryprummen.

Efter ett års fuktbestämningar dras följande preliminära slutsatser avseende LÄTTBYGG-husen:

- I de välisolerade ytterväggarna har inte uppmätts så höga fukthalter att risk för fuktskador bedöms föreligga.
- Ytterväggar utan plastfolie är obetydligt fuktigare än väggar med folie. Om väggarna kan göras lufttäta är ångspärrens fukttekniska betydelse därför tveksam.
- Sett från fuktsynpunkt är stålplåt likvärdig med plywood som blindbotten i bottenbjälklagen.
- De mineralullsiserade ytterväggarna utan luftspalt har samma fuktkvoter som väggar med luftspalt.
- Virke exponerat mot krypgrunden har uppnått så höga fuktkvoter att risk för mögel och röta föreligger.
- Tjälnedträngningsbestämningar antyder att den höga värmeisoleringsgraden i bottenbjälklaget inte föranleder skärpta krav på grundläggningsdjup.

## 1 INLEDNING

### 1.1 Problemet

I jakten på att spara energi byggs småhusen i Sverige allt mer välisolerade. Samtidigt som isolertjocklekarna ökas och husen tätas kommer rapporter om dålig lukt i nyproducerade hus. Finns det ett samband? Är det en högre fuktbelastning som förorsakar problemen och beror den i så fall på att husen är extremt välisolerade? Frågorna är många och det finns för lite underlag för att kunna bestämma orsakerna.

Forskningen bedrivs på två fronter. Mykologerna försöker fastställa förutsättningar i klimat för mögelangrepp medan byggnadstekniker arbetar med att bestämma klimatet i olika konstruktionsdelar.

### 1.2 Projektet

Som ett led i att öka kunskaperna om klimatet i konstruktionerna till dagens småhus har på uppdrag av TräteknikCentrum fuktbestämningar utförts inom projektet LÄTTBYGG-85.

LÄTTBYGG-85 består av 18 st välisolerade småhus. Syftet med projektet är att åstadkomma energisnåla småhus som är billiga att bygga och att bo i. Samtidigt skall boendekomforten vara högre än i hittills förekommande småhus.



*Figur 1. Småhus i projekt LÄTTBYGG-85*

Fuktbestämningar utfördes som examensarbete under perioden december '84 till juli '86. Syftet med examensarbetet är att genom mätningar undersöka fukttillståndet i husens konstruktionsdelar. I arbetet ingår val av mätmetod, preparering av husen samt insamling och utvärdering av mätvärden. Undersökningen begränsas till fyra av husen och omfattar väggar, bottenbjälklag, kryprum samt utrymme bakom stödbensvägg. *Kapitel 4.1* redovisar de frågeställningar som undersökningen behandlar.

Förutom fukt bestäms även tjälnedträngning vid grundplint och rörelser hos bottenbjälklag. Vid ett tillfälle bestämdes ventilationen i kryprummen.

Projekt LÄTTBYGG-85 är på flera punkter ett pilotprojekt, varför det är svårt att hitta jämförbara resultat från andra arbeten.

## 2 BESKRIVNING AV PROJEKT LÄTTBYGG-85

### 2.1 Huvudprinciper för projektet

LÄTTBYGG-85 är ett projekt som syftar till att åstadkomma energisnåla småhus som är billiga att bygga och bo i. Samtidigt ska boendekomforten vara högre än i jämförbara hittills förekommande småhus. Huvudprinciperna för att nå dessa mål är:

- Lättbyggteknik.
- Krypgrund med stor spännvidd.
- Fullisolerad yttervägg med reglar c 1200 mm.
- Modifierat frånluftsystem.
- Enkelt uppvärmningssystem.
- Enkelt reglersystem för behovsanpassning av inomhusklimatet.
- Energi- och vattensnåla installationer.
- Energisnål hushållsutrustning.
- Instruktiv skötselhandledning.

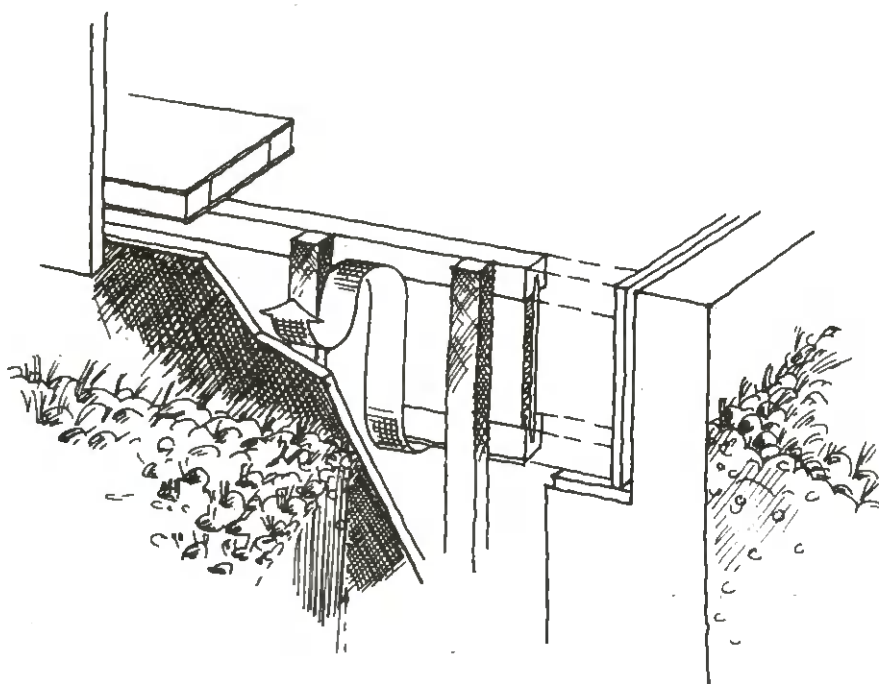
Projekt LÄTTBYGG-85 genomförs under ledning av Arne Johnson Ingenjörbyrå AB tillsammans med Faluhus, Swanboard Masonite och ingenjörbyrån Bengt Dahlgren Stockholm. Projektet finansieras av Byggeforskningsrådet.

### 2.2 Husens utformning

Under hösten och vintern '84 uppfördes 18 st småhus i Visinge i Täby. Huselementen tillverkades av Faluhus och husen monterades samt färdigställdes av Diös Östra.

Husen har utformats med 1 1/2 plan, med de utvändiga planmått 10,3x7,9 m<sup>2</sup>. Detta ger en relativt sett liten omslutande yta i förhållande till boendeytan. Den primära bruksarean är 119 m<sup>2</sup> (70+49) fördelad på kök, vardagsrum, tre sovrum och vårdel. Till huset hör en carport med förråd. Husen är friliggande byggnader på tomter med arean 800-1000 m<sup>2</sup>.

Grunden är utformad som krypgrund med två balkar av betong utefter husets långfasader. Balkarna vilar på fyra plintar eller pålar beroende på markförhållandena. Kryprummet ventileras genom en luftspalt som löper längs hela gavelsidorna. *Se fig 2.*



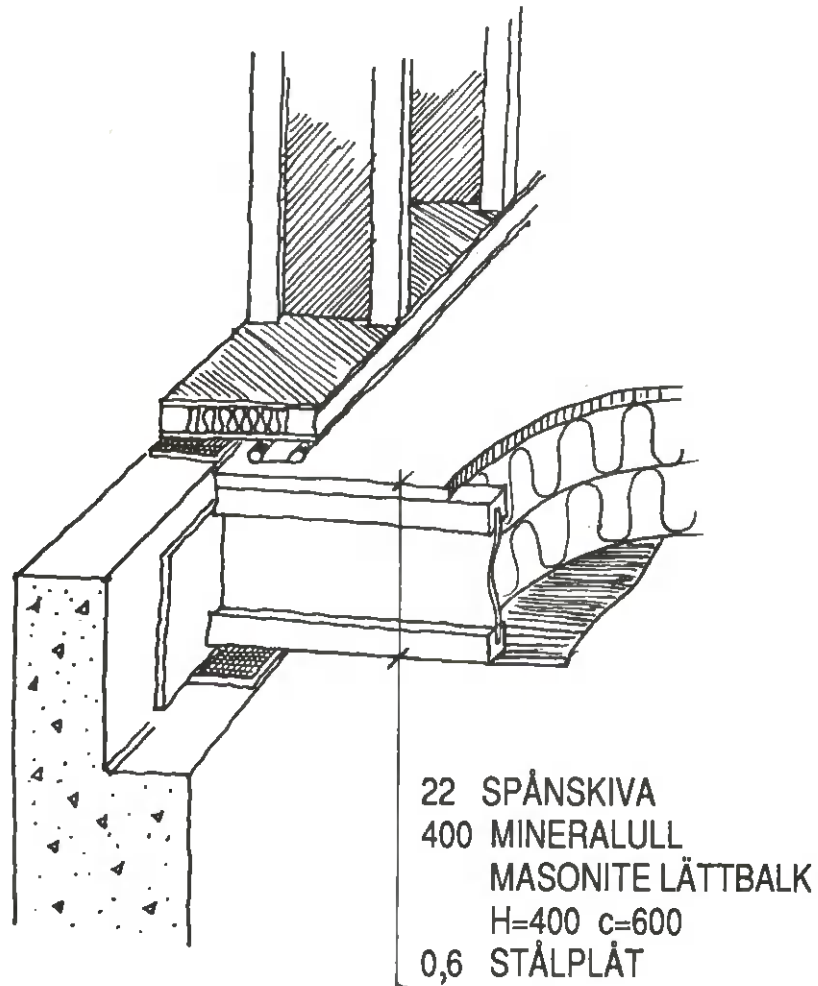
*Figur 2. Kryprummet ventileras genom en luftspalt som löper längs hela gavelsidorna.*

Stommen i LÄTTBYGG-husen består av Masonites Lättreglar och Lättbalkar. De 300 mm tjocka ytterväggarna är fullisolerade. Fasadskivan är en strukturpressad härdad träfiberskiva med påspikad läkt. Innerbeklädningen är en 9 mm tjock hård träfiberskiva. Lättreglarna är monterade med centrumavståndet 1200 mm. För att öka beklädningsskivornas styvhet har kortlingar med centrumavståndet 800 mm spikats mellan Lättreglarna. Ett snitt av väggen visas i *bilaga 3, figur 13*.

Bottenbjälklaget består av 400 mm höga Lättbalkar som tillsammans med 22 mm spånskiva mot överflänsen och stålplåt mot underflänsen bär fritt över husets hela bredd. En konstruktionsdetalj som visar ett bjälklag med upplag visas i *figur 3*.

Husen ventileras genom en frånluftsfläkt, som är placerad på taket. Till fläkten kommer kanaler från kök, bad, toalett, tvätt och i en del hus även från sovrummen. Luftflödet kan ställas in i fyra olika lägen (max, hemma, borta och avstängt). Tilluften tas in via reglerbara friskluftventiler ovanför fönster i vardagsrum och sovrum.

Uppvärmningen av husen i LÄTTBYGG-85 sker med stickproppsanslutna elkonvektorer. Uppvärmningsbehovet från elkonvektorerna är knappt 4000 kWh/år och installerad effekt är 2,4 kW.



*Figur 3. Bottenbjälklagets anslutning mot grundbalk och yttervägg.*

### 2.3 Övriga mätningar i projekt LÄTTBYGG-85

Förutom fuktmätningar utförs även mätningar, för att bestämma energiförbrukning och rumsklimat, av Statens Provningsanstalt. Vidare sker en uppföljning av byggandet av husen, ekonomi, bjälklagsutformning och boendemiljö. Denna uppföljning utförs av Arne Johnsons Ing.byrå AB, som även är projektledare för hela LÄTTBYGG-85 projektet.

### 3 ALLMÄNT OM FUKT

Det följande kapitlet behandlar fukt allmänt. Innehållet är dock begränsat till sådant som kan knytas till denna delstudie i LÄTTBYGG-85. Områden som tas upp är fuktkällor, fukttransport, fuktpåverkan och gränsvärden. Dessutom förklaras några termer inom fuktmekanik.

#### 3.1 Fuktkällor

De fuktkällor som förekommer i byggnader är:

- a) Luftfukt
- b) Byggfukt
- c) Markfukt
- d) Nederbörd

Dessa tas nedan upp var för sig.

##### a) Luftfukt

Luft innehåller vattenånga som kan avges till eller upptas av omgivningen. Mängden vattenånga som luften kan innehålla avgörs av temperaturen om lufttrycket är konstant. Ju högre temperatur desto mer vattenånga kan luften innehålla. Vattenånghalt i luft är den term som betecknar massan vattenånga per volymenhet luft.

Den ånghalt som luften maximalt kan uppnå vid den aktuella temperaturen kallas mättnadsånghalt. Om ånghalten är lägre än mättnadsånghalten anges luftens fuktinnehåll oftast med den sk relativa ånghalten. Den definieras som kvoten mellan aktuell ånghalt och mättnadsånghalten vid den aktuella temperaturen.

Luft inomhus som inte behandlats i klimatanläggning innehåller normalt mer fukt än utomhusluft. Skillnaden, det sk fukttillskottet, utgörs av den fukt som avges av personer och aktiviteter såsom matlagning, duschning och torkning av tvätt.

I kommentaren till SBN 1975 ges riktvärdet för bostadshus vintertid till  $4 \text{ g/m}^3$  vid konstant ventilation.

## b) Byggfukt

Konstruktioner tillförs ofta fukt under byggskedet och vid tillverkningen eller hanteringen av byggmaterialen. Den fukt som efter byggtiden måste torkas ut för att konstruktionen ska komma i jämvikt med omgivningen kallas byggfukt. Det vatten som är kemiskt bundet i porer och därför inte är förångningsbart ingår inte i byggfukten.

Husen i LÄTTBYGG-85 projektet består av element som tillverkats inomhus i en fabrik. Detta medför oftast att hus innehåller mindre byggfukt än om de skulle ha platstillverkats. Under monteringskedet för de fyra hus där fuktbestämningarna utförs regnade det mycket. Det antas därför att husen innehöll relativt mycket byggfukt när de var inflyttningsklara.

Fukttinhåll i ett material kan bl a anges med fuktkvot, som har enheten viktprocent. Fuktkvot är kvoten mellan massan vatten och massan torkat material. Varje material har en jämviktskurva. Kurvan visar vilken fuktkvot ett material får i en omgivning med en viss relativ ånghalt. *Bilaga 1* visar jämviktskurvan för de provkroppar som använts vid mätningarna.

## c) Markfukt

Fukt avges från marken. Enligt SBN 1980 förutsätts den relativa ånghalten i markens porer vara 100 %. Detta innebär att marken har lika stor fuktavgivning som en fri vattenyta. Den avgivna fukten måste tas om hand på något sätt för att inte orsaka skador.

Grundvatten och nederbörd som infiltreras ned i marken ska dräneras bort. Marken har dock en kapillär sugförmåga som gör att en vattenmättad zon uppstår ovanför grundvattennivån trots dränering. Zonens tjocklek avgörs av jordartens kapillära stighöjd. Den beror av jordartens kornstorlek och porvolym. Stighöjden ökar med minskad kornstorlek. Exempelvis kan lera ha en kapillär stighöjd på mer än tio meter.

De aktuella husen i LÄTTBYGG-85 ligger i en mindre sänka. Detta medför en stor risk för tillrinnande vatten från intilliggande tomter. Dräneringen var från början otillräcklig vid några av husen men den har i efterhand kompletterats. Husägarna ansåg efter våren 1986 att kompletteringarna gjort nytta och att snösmältningen inte skapat några problem.

#### d) Nederbörd

Regnvatten eller snö kan tränga in i konstruktioner p g a olämplig utformning. Detta orsakas av tyngdlagen, kapillära krafter eller skillnader i lufttryck.

### 3.2 Fukttransport

Fukt transporteras i ångfas, vätskefas eller fast fas. Transport i ångfas sker i huvudsak genom konvektion eller genom diffusion. Transport i vätskefas orsakas av någon av drivkrafterna vattenövertryck, vindtryck eller kapillär sugning. Fast fas, dvs snö, kan transporteras med vinden och p g a tyngdlagen.

Fuktkonvektion innebär att vattenånga transporteras med luftströmmar. Om luftströmmen går från ett varmt till ett kallt utrymme kan fukt kondenseras. Om strömmen går åt andra hållet sker i stället uttorkning. Konvektion kan uppstå genom otätheter eller genom porösa material.

Fuktdiffusion innebär att vattenånga i luft strävar efter att utjäma olikheter i koncentrationen. Luft inomhus har i genomsnitt högre ånghalt än luft utomhus. Detta medför att fukt transporteras genom bl a ytterväggar och tak.

Fukttransport orsakad av vattenövertryck gäller främst grundvattenströmning och konstruktioner utsatta för vattenövertryck. Dessa tillämpningar har dock ingen direkt anknytning till LÄTTBYGG-85 och tas därför inte upp.

Så länge ett poröst material inte är vattenmättat finns ett porvattenundertryck. Detta kan orsaka kapillär sugning när ett material har uppnått kritisk fukthalt. Kritisk fukthalt innebär att det finns tillräckligt med vatten i materialet för att bilda ett sammanhängande porvattensystem.

Kapillär sugning kan inträffa vid slagregn, när byggnadsdelar står i direkt kontakt med vatten eller fuktig mark och vid olämpliga kombinationer av material. Det senare innebär t ex att ett finporöst material suger fukt från ett fuktigare grovporöst material.

### 3.3 Fuktpåverkan och gränsvärden

Fukt kan ge upphov till flera olika effekter på konstruktioner. Många material sväller och träbaserade material kan angripas av mögel- och rötsvamp. Fukt kan också orsaka korrosion och frostsador.

De svampar som angriper trä är sällan en enskild svamp med ett rotsystem. De är i stället en fiberaktig massa som sprider sig längs träets yta med hjälp av strängar av hyfer. Efter en tid tränger svamparna ner i virket och sprider sig även inne i veden. Detta gäller dock inte för mögelsvampar som endast breder ut sig på träets yta. Spridningen kan också ske genom att sporer transporteras med vinden eller insekter.

Mögel- och blånadssvampar kan endast obetydligt skada de strukturella beståndsdelarna i trä. Träets hållfasthet är oftast oförändrad. Däremot åstadkommer svamparna missfärgning. Mögelsvampar avger ibland en mycket karakteristisk lukt.

Rötsvampar är virkesförstörande. De bryter ned cellväggarna i veden och därmed virkets hållfasthet. I extrema fall kan virke ha förlorat nästan all hållfasthet efter ett halvt år.

Mögel- och rötsvamp utvecklas bara vid vissa miljöförhållanden. De kräver bl a en hög fukthalt och samtidigt att temperaturen är över fryspunkten och lägre än ca 50 °C. Temperaturgränserna varierar från olika arter av svampar och kan därför inte anges exakt. Nevander, 1981, anger intervallet 3 till 55 °C. För många mögel- och rötsvampar är de optimala förhållandena för tillväxt en temperatur mellan 20 och 28 °C.

I *bilaga 18* redovisas gränsvärden för träets fuktkvot när det gäller risk för mögel och röta. Det bör observeras att kunskaperna om när sporer gror ännu är mycket bristfälliga. *Bilaga 18* ska därför ses som en orientering om vilka värden som kan vara aktuella vid risk för mögel och röta.

## **4 MÅLSÄTTNING OCH MÄTMETOD**

### **4.1 Målsättning för undersökningen**

Målet med denna undersökning är att besvara följande frågor:

- Innebär utökad isolertjocklek större risk för fuktskador?
- Innebär täta hus större risk för fuktskador?
- Är luftspalt nödvändig i ytterväggar?
- Behövs ångspärr i ytterväggar?
- Hur inverkar stålplåt fukttekniskt som blindbotten i bottenbjälklag?
- Är kryprumsventilationen tillräcklig?
- Medför bottenbjälklagets stora spännvidd oacceptabla deformationer?
- Innebär det välisolerade bottenbjälklaget ett behov av ökat grundläggningsdjup?

### **4.2 Vald mätmetod**

TräteknikCentrum har under en period av tio år utvecklat ett elektroniskt mätsystem avsett för att bli a mäta relativa fuktigheter i huskonstruktioner. Ett av skälen till att Träteknikansvarar för fuktmätningarna i projekt LÄTTBYGG-85 är att detta mätsystem skall provas.

Mätsystemet bygger på en kapacitiv givare tillverkad av det finska företaget Vaisala. Insamling och lagring av data sker med hjälp av en persondator från Luxor.

Då detta elektroniska mätsystem ej tidigare använts till liknande mätningar måste kontrollmätningar ske parallellt med en annan mätmetod. För kontrollmätningarna valdes den icke förstörande absolutbestämningsmetoden. De ingrepp i husen som krävdes för installationen av det elektroniska mätsystemet medförde att denna mätmetod kunde användas utan ytterligare arbete.

Den icke förstörande absolutbestämningsmetoden tillgår så att provkroppar av gran med måtten  $25 \times 25 \times 100 \text{ mm}^3$  placeras i den konstruktionsdel mätningar skall utföras. Efter det att provkroppen ställt in sig efter omgivningens klimat, bestäms provkroppens fuktkvot genom torkning och vägning.

Igångsättningen av det elektroniska mätsystemet har försenats. Därför är insamlade mätvärden i denna rapport framtagna med absolutbestämningsmetoden.

Andra metoder för fuktmätning beskrivs i *kapitel 10*.

## **5 TEORETISK BEDÖMNING**

### **5.1 Beräkningsmetod**

Den teoretiska bedömningen omfattar beräkning av kondens i väggar, bottenbjälklag, kryprum och vindsgarderob. Beräkningarna har gjorts enligt den metod som beskrivs i Nevander, 1981. I avsnittet om väggar jämförs konstruktioner med och utan ångspärr och i det som behandlar bottenbjälklag jämförs konstruktioner med blindbotten av stålplåt med motsvarande av plywood.

I samtliga beräkningar har fukttillskottet inomhus valts till  $4 \text{ g/m}^3$ , se *kapitel 3.1*. Detta motsvarar fuktproduktionen  $2 \text{ g/m}^3\text{h}$  med en ventilation på 0,5 oms/h. Inomhustemperaturen har satts till  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

I beräkningarna har dels utomhustemperaturen, dels den relativa ånghalten utomhus varierats. De valda värdena är inte några momentana extremvärden. I stället har värden som kan gälla som medelvärden för t ex tre till fyra veckor använts.

Resultaten har delats upp i två kategorier. Den första benämns sommar och omfattar perioden april-september. Den andra benämns vinter och omfattar oktober-mars.

*Bilaga 26* redovisar beräkningsförutsättningar och visar ett räkneexempel för väggar.

### **5.2 Förutsättningar och resultat för väggar**

Beräkningarna för väggar har gjorts med de relativa ånghalterna 60 och 85 % utomhus i sommarfallet samt 75 och 95 % i vinterfallet. Utetemperaturerna var 10 och  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  för sommarfallet samt  $-10$  och  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  för vinterfallet.

I väggen med ångspärr uppstår enligt beräkningarna ingen kondens i varken sommar- eller vinterfallet. Fuktkvoten direkt innanför fasadskivan var dock mycket hög i vinterfallet med den högre relativa ånghalten.

För vägg utan ångspärr orsakade samma klimatförhållanden kondens på fasadskivans insida i samtliga fall utom sommarfallet med låg temperatur och relativ ånghalt.

Inga beräkningar har gjorts för vägg med luftspalt. Det bedöms att fuktkvoterna vid luftspalten blir ungefär samma som de vid fasadskivans insida för vägg med ångspärr.

### 5.3 Förutsättningar och resultat för bottenbjälklag

Bottenbjälklaget består av kassetter med blindbotten av antingen stålplåt eller plywood. Plywood har endast använts till ett av husen och är avsett som referens vid utvärderingen av husen med stålplåt.

Plåtkonstruktionens täthet är osäker. Plåten får anses vara helt tät, men spikningen längs bjälklagsbalkarna orsakar otätheter. Bjälklagskassetterna är dessutom öppna i kortändarna, vilket innebär att kondens kan torka ut den vägen. Samma ånggenomgångsmotstånd som för polyetenfolie användes för plåten.

I Elmroth, 1975, redovisas beräknade temperaturer och relativa ånghalter för luft i kryprum. Dessa värden är beroende av bl a bottenbjälklagets värmegenomgångstal, kryprummets ventilationsgrad och dess fuktförhållanden. Förutsättningarna för husen i projekt LÄTTBYGG-85 skiljer sig delvis från de som använts i Elmroths beräkningar. Därför gjordes även beräkningar med lägre lufttemperatur i kryprummet än vad Elmroth visar. Dock användes den relativa ånghalten 95 %, som Elmroth visar kan förekomma även vintertid.

Lufttemperaturerna i kryprummen sattes till 15 och 20 °C för sommarfallet samt -5 och 5 °C för vinterfallet. För kryprummen användes de relativa ånghalterna 75 och 95 % både för sommar- och vinterfallen.

I konstruktionen med stålplåt uppstod kondens på plåtens insida i samtliga beräkningsfall utom sommarfallet med den högre temperaturen.

För bottenbjälklaget med blindbotten av plywood uppstod endast kondens i vinterfallet med låg temperatur och hög relativ ånghalt i kryprummet.

### 5.4 Förutsättningar och resultat för kryprum

För kryprummen redovisas de beräknade extremvärden som anges i Elmroth, 1975. De relativa ånghalterna har dock räknats om till fuktkvoter för trä.

## 5.5 Förutsättningar och resultat för vindsgarderob

Det bedöms att fuktkvoterna i vindsgarderoberna blir något lägre eller lika med de som beräknats uppkomma i väggar direkt innanför ångspärren.

## 5.6 Förväntade fukttillstånd

Sammanställning av de fuktkvoter som förväntas uppkomma i konstruktionerna när jämvikt uppnåtts:

	fuktkvot (%)	
	sommar	vinter
<b>Väggar med ångspärr</b>		
vid isoleringens insida	9-14	3-4
vid isoleringens utsida	13-20	17-27
i luftspalt	13-20	17-27
<b>Väggar utan ångspärr</b>		
vid isoleringens insida	12-20	8-13
vid isoleringens utsida	17-M	M
<b>Bottenbjälklag med blindbotten av stålplåt</b>		
vid isoleringens överkant	13-17	9-13
vid isoleringens underkant	13-M	M
<b>Bottenbjälklag med blindbotten av plywood</b>		
vid isoleringens överkant	13-29	5-9
vid isoleringens underkant	17-28	17-M
<b>Kryprum</b>		
på plastfoliens översida	17-28	17-23
<b>Vindsgarderob</b>		
bakom badrummet	13-22	8-14

M= Mättnad vid fuktkvot ca 30 %. Den relativa ånghalten är lika med mättnadsånghalten och kondens bildas.

## 6 MÄTNINGARNAS GENOMFÖRANDE

### 6.1 Allmänna förberedelser

Efter val av mätmetod för fuktbestämningarna följer förberedelserna inför dessa. I förberedelserna ingår följande åtgärder:

- Att bestämma var och i vilken omfattning mätningarna skall utföras.
- Att avgöra hur utrustningen ska placeras i husen.
- Att bestämma hur utrustningen ska göras tillgänglig för reparationer, kalibrering och utbyte av provkroppar.
- Att fastställa tidplan för preparering av husen, samt utförande av prepareringen.
- Att planera för avveckling efter mätperiodens slut.

Syftet med mätningarna var att 18 st småhus skulle bedömas ur fuktteknisk synvinkel. Att mäta i samtliga hus var orealistiskt och därför måste ett representativt urval göras. För att nå ett statistiskt godtagbart resultat i kombination med en rimlig ekonomi utförs mätningar i fyra hus.

Det eftersträvades att husen skulle vara orienterade i samma riktning, att de yttre förhållandena såsom utsatthet för väder och vind var likartade, samt att husens konstruktion var densamma.

För den statiska utvärderingen av bottenbjälklaget byggdes ett av husen med blindbotten av plywood i stället för stålplåt. Detta var också av fukttekniskt intresse, varför detta hus fick ingå i mätgruppen. Dessutom byggdes ett hus utan ångspärr. Detta gjordes i huvudsak för fuktmätningarna, men också för att se hur försämrad täthet påverkar boendemiljö och energiförbrukning.

Med dessa förutsättningar som underlag valdes fyra hus på Travarevägen. Inom projektet betecknas dessa med nummer 4-7. Husens placering och numrering framgår av *bilaga 2*.

För att utföra en noggrann utvärdering av mätvärdena var målsättningen att mäta så likartat som möjligt i de fyra husen och att försöka begränsa antalet varianter av konstruktionsdelar där mätningar utförs.

Fuktmätningar görs i väggar, bottenbjälklag, kryprum och i det uppvärmda utrymmet bakom stödbensväggen på övervåningen. Utrymmet kallas i denna rapport för vindsgarderob.

## 6.2 Preparering av de olika konstruktionsdelarna

Nedan redogörs för de olika konstruktionsdelarna uppdelat på väggar, bottenbjälklag, kryprum och vindsgarderob.

### a) Väggar

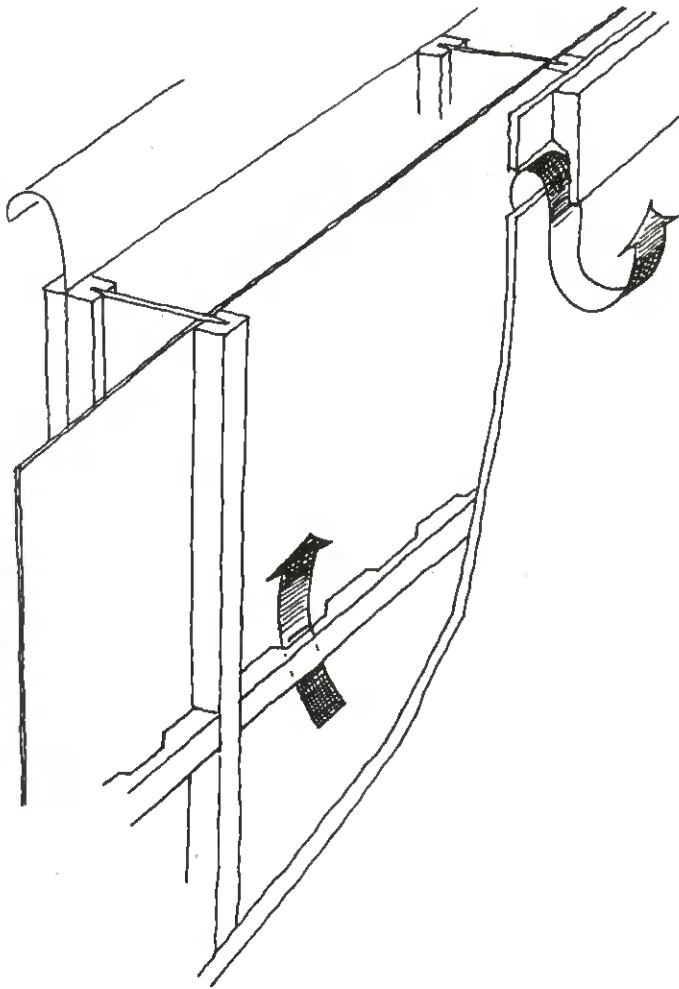
Utöver jämförelsen mellan väggar med och utan plastfolie studeras även fuktens variation i höjddled. Dessutom görs en jämförelse mellan ventilerad och ej ventilerad fasadskiva.

För att kunna bestämma fuktillståndet i väggarna till huset utan plastfolie (nr 5) bedömdes tre mätpunkter vara tillräckligt. Resultaten från dessa tre mätpunkter jämförs sedan med resultat från mätpunkter i hus med plastfolie. För denna jämförelse utsågs två mätpunkter vardera i intilliggande hus (nr 4 och 6). Samtliga mätpunkter för väggarna finns redovisade i *bilaga 2*.

Mätningarna av fuktens variation i höjddled krävde minst tre mätpunkter för att nå en rimlig noggrannhetsnivå. Mätpunkterna placerades ovanför varandra mitt på norrväggen till hus nr 7. Till jämförelsepunkter valdes motsvarande väggar till hus nr 5 och 6.

För att kontrollera om en ventilerad fasadskiva har lägre fuktkvot än en fasadskiva i en fullisolerad vägg, ordnades en luftspalt mot fasadskivan i ett väggfack mot öster i hus nr 7. *Se figur 4*. Fuktillståndet i väggen med luftspalt utvärderas med hjälp av tre mätpunkter orienterade i samma riktning i hus nr 4 och 6 samt i ett intilliggande fack i hus nr 7. Dessutom förbereddes ett motsvarande väggfack med ventilerad fasadskiva i hus nr 6, för att kunna utöka mätningarna vid behov.

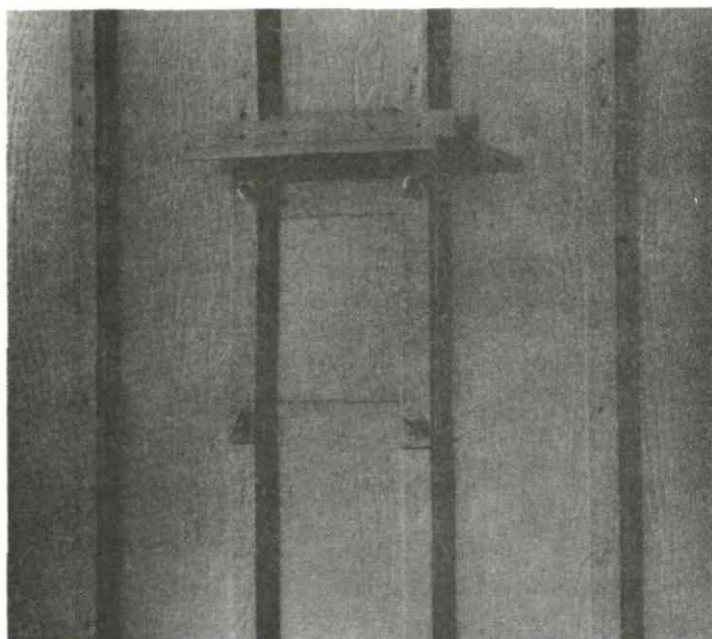
Samtliga mätpunkter, utom de för bestämning av fuktens variation i höjddled, placerades ungefär mitt på väggen. Höjden bestämdes dels av praktiska skäl, dels för att hitta en naturlig plats för provkropparna i väggen.



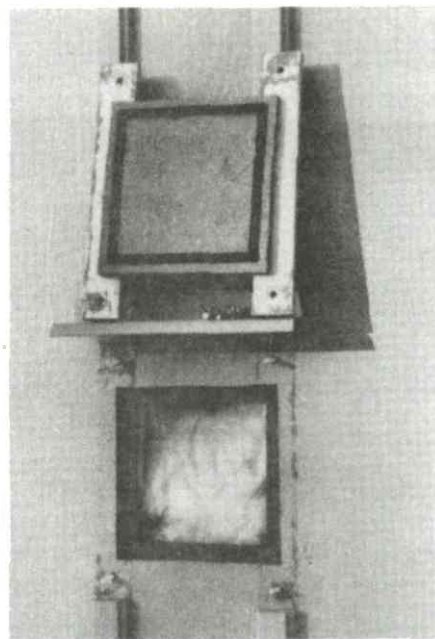
Figur 4. Ventilerade väggfack i hus 7.

#### a) Väggar forts

Vid mätningar med absolutbestämningsmetoden i andra projekt togs stora delar av fasadpanelen bort vid t ex byte av provkroppar. Eftersom fasaderna i LÄTTBYGG-85 husen består av strukturpressade träfiberskivor, var denna metod inte lämplig i detta projekt. Att ordna åtkomsten från insidan var också olämpligt eftersom plastfolien då måste punkteras. Därför konstruerades en lucka i fasadskivan. Luckan förändrar inte väggens funktion. *Figurerna 5 och 6* visar luckans utformning. Luckans konstruktion och provkropparnas placering beskrivs i *bilaga 3*.



Figur 5. Lucka i fasadskiva.



Figur 6. Öppen lucka.

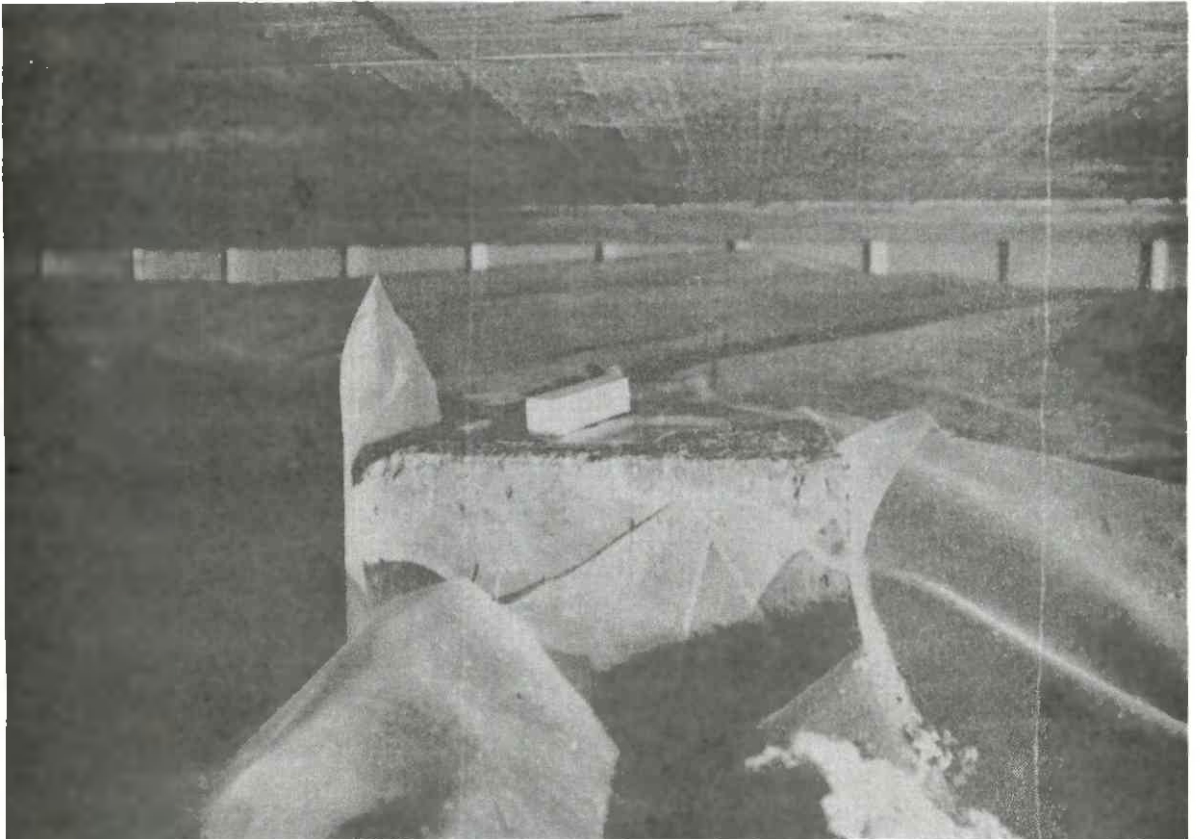
## b) Bottenbjälklag

I bottenbjälklagen mäts på tre ställen i varje hus. Möjligheterna till håltagningar i bottenbjälklaget styrde placeringen av mätpunkterna. Därför mäts mitt i huset, längs långsidan mot grundbalken och mot kortsidan.

För att göra så liten synlig åverkan som möjligt gjordes hålen under spisen, i klädkammaren, samt i utrymmet under trappan. *Bilaga 4* visar mätpunkternas placering i bottenbjälklagen. En mätpunkt saknas i hus nr 7 på grund av att ett bjälklagselement monterades fel. *Bilaga 3* beskriver luckornas utformning.

## c) Kryprum

Mätningar utförs i kryprummen till de fyra husen med sex mätpunkter i varje kryprum. Provkropparna placeras direkt på plastfolien i kryprummens hörn. De återstående två placeras på de extra plintar som finns i samtliga kryprum. *Figur 7* visar en provkropp på en av dessa plintar. I *bilaga 5* redovisas mätpunkternas numrering och placering i kryprummen.



*Figur7. Provkropp i kryprum placerad på en plint med plastfolie mellan provkropp och plint.*

#### **d) Vindsgarderob**

En mätpunkt per hus ansågs vara tillräckligt för vindsgarderoberna. Provkroppen i vindsgarderoben är tillgänglig genom en lucka från badrummet på den övre våningen. Provkroppen placeras på en regel så långt bort från dörren som möjligt.

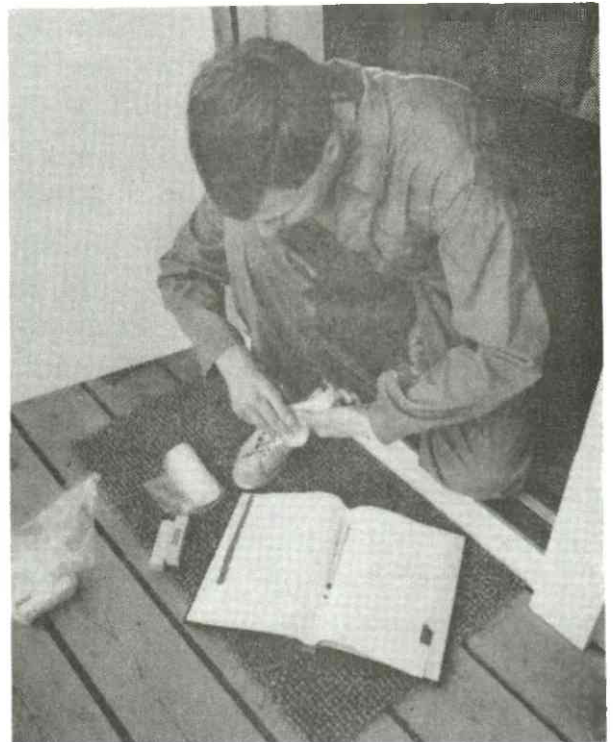
### **6.3 Mätningarnas praktiska genomförande**

Nedan förklaras hur det praktiskt går till när provkropparna byts ut. Dessutom redogörs för de förberedelser som görs varje gång provkropparna byts ut.

Ett mätplatsbesök förbereds bl a genom att fylla i mätprotokoll så långt det är möjligt. Det går att i förväg fylla i beteckningarna på mätpunkterna och på både de provkroppar som ska läggas in och de som ska tas ut vid mätplatsen. Även provkropparna ska då märkas upp. Ett exempel på ett fullständigt ifyllt protokoll och ett förslag på utrustning som behövs vid ett mätplatsbesök finns i *bilaga 6*.

Det ska vara otvetydigt längs vilken sorptionskurva provkropparna anpassar sig när de placerats ut på mätplatsen. Detta åstadkoms säkrast genom att provkropparna från början har en bestämd fuktkvot. Ett antal provkroppar lagras därför i klimatkammare med den relativa ånghalten 80 %. Enligt vad som visas i *kapitel 9.3* om noggrannhet bör provkropparna placeras i klimatkammaren ungefär en månad innan de ska användas.

Utbyte av provkroppar görs lättast av två personer. Arbetsuppgifterna fördelas då så att en person öppnar och stänger luckor samt byter ut klossar. Samtidigt förpackar den andre provkropparna och kontrollerar att protokollet är riktigt ifyllt. Se *figurerna 8 och 9*.



*Figur 8 och 9 Utbyte och förpackning av provkroppar*

Provkropparna förpackas i plastpåsar som tillsluts noggrant med tape. I *kapitel 9.1* noggrannhetsanalys visas att väl tillslutna påsar håller provkropparnas fuktkvot i minst sju timmar. De bör ändå vägas så snart som möjligt för att skyddas mot läckage genom otäta plastpåsar.

Om vägning sker i fält kan förpackningsarbetet undvikas. Det måste då finnas möjlighet att placera vågen inomhus på ett stadigt och horisontellt underlag. Vägning i fält innebär också att det inte är nödvändigt att återvända till laboratoriet omedelbart.

Absolutbestämningsmetoden innebär att provkropparna ska torkas efter den första vägningen. Torkningen bör pågå i ca 24 timmar i ett torkskåp med temperaturen  $103 \pm 2$  °C. Det visas dock i noggrannhetsanalysen, *kapitel 9.2*, att små skillnader i torktiden inte medför några betydande effekter. Efter torkningen vägs provkropparna på nytt och fuktkvoterna kan beräknas.

Ett datorprogram finns utvecklat som gör det möjligt att ansluta vågen direkt till datorn. Då behöver endast provkropparnas beteckningar matas in. Programmet registrerar vikterna samt beräknar och lagrar fuktkvoterna. Då snabba arbetsrutiner utvecklades redan i början av projektet har denna metod inte använts.

Mätmetoden med provkroppar innebär i detta fall att husen måste besökas en gång i månaden. För att detta inte ska vara alltför besvärande för husägarna är det viktigt att vara flexibel i kontakterna med dessa. Då det varit möjligt har därför husägarna kontaktats innan varje besök.

Vid några tillfällen har brist på kontakt eller förhinder för husägarna inneburit att insamlingen av provkroppar tagit två eller tre dagar. Detta har dock ringa betydelse för mätningarnas resultat.

Husägarna kan ibland bidra med viktiga upplysningar om kalla golv, problem med drag, kondens på fönster, rörelser eller sprickor orsakade av fukt- eller temperaturändringar etc. De husägare som är intresserade bör därför informeras om vilka mätningar som görs och varför. Det är önskvärt att husägarna inte ses som en belastning av projektgruppen utan som deltagare i mätningarna.

## **7 BEHANDLING AV MÄTVÄRDEN**

I detta kapitel beskrivs dels hur insamlingen av mätdata har gått till, dels hur presentationen av dessa lagts upp. Dessutom motiveras sättet att presentera insamlade data och hur lagringen av dessa går till. En beskrivning av mätmetoden görs i *kapitel 4.2*.

### **7.1 Insamling och sammanställning**

Användning av metoden med provkroppar och fuktkvotsbestämning enligt absolutbestämningsmetoden medför att mycket tid går åt till bokföringsliknande arbete. Det är därför lämpligt att utnyttja ett förberett protokoll. Protokollföringen har väsentligt underlättat arbetet i fält. Det krävs oftast enbart kontroll av i förväg ifyllda uppgifter. Protokollet visas i *bilaga 6*.

### **7.2 Redovisningsmetod**

Mätningarna utförs under en lång tid. Det är därför ett krav att kunna presentera användbara resultat medan mätningarna ännu pågår. En kontinuerlig utvärdering är viktig för att i tid kunna åtgärda fel och eventuellt komplettera mätningarna. I detta fall är det även önskvärt att för varje mätpunkt kunna redovisa fuktkvotens förändringar under mätperioden. Därför lagras de insamlade värdena på datafiler.

För varje mätpunkt finns det en datafil. Där lagras de framräknade fuktkvoterna sammankopplade med tidpunkterna då provkropparna hämtades in. Varje datafil har ett unikt namn konstruerat så att namnets bokstavs- och sifferkombination kan hänföras till en viss mätpunkt.

För att snabbt och lättfattligt kunna presentera de värden som lagrats på datafilerna utnyttjas en plotter. Plottern ritar upp fuktkvoterna i diagramform. Diagrammets tidsaxel omfattar hela den planerade mätperioden.

Det går att kombinera flera olika fuktkvotskurvor i samma diagram. För närvarande är det möjligt att jämföra fyra olika kurvor i samma diagram, men det krävs dock bara några få ändringar i plotterns styrprogram för att kunna jämföra ännu fler.

Denna metod för lagring och redovisning av data gör det möjligt att när som helst ta fram hitintills insamlade mätvärden för den mätpunkt som ska studeras.

De program som använts är skrivna i programspråket Extended Basic och är avsedda för datorer av typ Luxor 800. Diagrammen har ritats med en Hewlett-Packard 7550 A Graphics Plotter.

## 8 RESULTAT OCH UTVÄRDERING

För att lättare kunna göra jämförelser redovisas resultaten av fuktmätningarna uppdelade på de olika konstruktionsdelarna. Den första gruppen omfattar mätvärden för väggar, sedan redovisas kryprum, bottenbjälklag och vindsgarderob.

### 8.1 Väggar, resultat

Mätresultat för väggar redovisas för perioden december 1984 - juni 1986. Mätningarna i hus nr 7 började i juli 1985. Resultat för väggar redovisas i *bilagorna 7-11*.

Fuktkvoterna mot den varma sidan i väggarna visar värden med liten spridning. Resultaten varierar mellan 5 och 13 % beroende på årstid. Det har inte förekommit några skillnader mellan olika typer av väggar, såsom ventilerad eller oventilerad fasadskiva samt med eller utan ångspärr. Däremot uppvisar den mät punkt i hus nr 7 som befinner sig nära marken högre värden än övriga mätvärden mot väggens insida.

Mätvärdena mot fasadskivan varierar mer. Hus nr 5, som saknar ångspärr, har genomgående de högsta värdena. I början av mätperioden var skillnaderna stora, men de har successivt minskat. Den högsta fuktkvot som erhållits var närmare 25 %. Ett mer genomsnittligt värde på högsta fuktkvot är ca 20 %, vilket motsvarar en relativ ånghalt på ca 77 %. De högsta värdena uppnås under vinterhalvåret.

Väggens orientering har betydelse. Mätpunkter orienterade mot norr visar en jämnare och något högre fuktkvot. Resultaten från mätningarna av ventilerad fasadskiva visar inga skillnader i en jämförelse med fullisolerade väggar orienterade i samma riktning. Vid en jämförelse mellan mätpunkterna för bestämning av fuktens variation i höjdlängd har de lägst placerade mätpunkterna de högsta värdena.

## 8.2 Väggar, analys

Resultaten från mätningarna i väggarna överensstämmer med de beräknade värden som erhållits i den teoretiska bedömningen. Se kapitel 5. Någon koppling mellan välisolerad konstruktion och högre fuktkvoter kan därför inte göras.

De högsta uppmätta värdena i väggarna inträffade under vinterhalvåret. De låga temperaturerna under denna period minskar dock riskerna för eventuella mögelangrepp. *Bilaga 25* visar klimatdata från SMHI.

Mätpunkterna i hus nr 5 visar högre värden i början av mätperioden. Det beror troligen på att det regnade mer än normalt när huset byggdes.

Skillnaderna mellan hus med och utan fuktspärr är små, se *bilaga 8*. I detta fall saknar ångspärren betydelse vid en fuktteknisk bedömning och kan därför utelämnas.

Den fullisolerade väggen fungerar fukttekniskt lika bra som väggen med ventilerad fasadskiva. Väggen med ventilerad fasadskiva är en dyrare konstruktion med samma funktion som en fullisolerad vägg.

Att de lägre placerade mätpunkterna visar högre fuktkvoter kan bero på konvektion i väggen som ger en sned temperaturgradient som i sin tur påverkar uttorkningen.

## 8.3 Bottenbjälklag, resultat

Oavsett hus och mätpunktens placering i plan är resultaten för mätpunkterna i bottenbjälklagens överkant mycket lika. Därför redovisas endast de högsta värden som uppmätts, se *bilaga 14*. Den högsta fuktkvoten, ca 14 %, inträffade under sensommaren. Detta värde motsvarar den relativa ånghalten 62 %.

Även i underkant är fuktkvoterna oberoende av placering i plan. Värdena är genomgående högre i underkant än i överkant av bottenbjälklagen. Den högsta fuktkvoten, 20 %, uppmättes i början av mätperioden. Därefter stabiliserades värdena omkring ca 17 %, vilket motsvarar en relativ ånghalt på ca 70 %. Inga skillnader har uppmätts mellan bjälklag med blindbotten av stålplåt och blindbotten av plywood. Se *bilagorna 12-13*.

#### **8.4 Bottenbjälklag, analys**

Värdena från mätningarna i bottenbjälklagen är lägre än de beräknade värdena i *kapitel 5* teoretisk bedömning. Mätningarna visar att stålplåten som blindbotten varken är bättre eller sämre än dito av plywood.

#### **8.5 Kryprum, resultat**

Kryprumsmätningarna visar under det första halvåret stor spridning. Mätvärdena ligger inom intervallet 13-29 %. De högsta värdena uppmättes under sommarhalvåret. Då uppstod även kondens mot plåten i hus nr 5. Dräneringen i området var vid detta tillfälle inte helt färdigställd. Spridningen minskade därefter under vinterhalvåret för att sedan öka igen till sommaren '86.

Mätningarna som är belägna nära centrum av kryprummet visar högre värden än de i hörnen. Resultaten redovisas i *bilagorna 15-16*.

#### **8.6 Kryprum, analys**

Resultaten av fuktmätningarna i kryprummen visar att det är stor risk för mögelangrepp under sommarhalvåret. Oskyddat trä bör användas med stor försiktighet i dessa kryprum.

#### **8.7 Vindsgarderob, resultat och analys**

Resultaten av mätningarna i vindsgarderoberna är mycket lika de som erhållits för väggarnas insidor. Fuktkvoterna är låga och föranleder inte någon oro. De uppmätta fuktkvoterna redovisas för alla fyra husen i *bilaga 17*.

#### **8.8 Fortsatta mätningar**

Mätningarna har pågått sedan december '84 i väggar och från maj '85 inom övriga mätområden. För att kunna göra en riktig utvärdering av resultaten bör mätningarna fortsätta så att värden från två kalenderår erhålls. För kryprum och bottenbjälklag är sommarvärdena mest intressanta. Detta innebär att mätningarna bör fortsätta t o m 1987.

Det som saknas i denna rapport är temperaturuppgifter. Avsikten var att det elektroniska mätsystemet skulle ge denna information, men driftstörningar har inneburit att temperaturdata endast finns för juni '86. Ett mycket värdefullt tillskott till denna rapport vore alltså temperaturdata för ett år.

## 8.9 Slutsatser av undersökningen

Nedanstående slutsatser grundar sig på ett års mätningar och bör följas upp med fortsatta mätningar för att ytterligare styrkas.

Efter en jämförelse mellan beräknade och mätta värden, konstateras att de mätta värdena är lägre än de beräknade. Den relativt stora isolertjockleken i ytterväggarna har inte medfört så höga fuktkvoter att riskerna för fuktskador bedömts öka.

Då fullständiga uppgifter om husens täthet saknas, är det inte möjligt att bedöma om riskerna för fuktskador är större i täta hus. Om ytterligare täthetsprovning utförs kan dessa resultat jämföras med fuktmätningarna, vilket förhoppningsvis ger ett samband mellan täthet och fuktskador.

Det är inte nödvändigt med luftspalt i ytterväggarna. Resultaten visar samma fuktkvoter i väggar med ventilerad fasadskiva som i fullisolerade väggar.

Ångspärrens fukttekniska betydelse är tveksam. Mycket små skillnader i fuktkvot finns mellan hus med och utan ångspärr. Däremot kan plastfolien visa sig ha betydelse i täthetssynpunkt enligt ovan.

Stålplåt är likvärdig med plywood som blindbotten i bottenbjälklagen. En jämförelse med mätvärden från bottenbjälklaget med plywood som blindbotten har inte påvisat några skillnader.

Spårgasmätningen i husens kryprum ger en indikation om att de är väl ventilerade. En upprepning av spårgasmätningarna i kombination med noggrann vindmätning skulle ge ett säkrare resultat.

Bottenbjälklagets stora spännvidd har inte medfört några oacceptabla deformationer.

Det välisolerade bottenbjälklaget medför inte ett behov av utökat grundläggningdjup.

## **9 NOGGRANNHETSANALYS**

För att undersöka tillförlitligheten av de mätvärden som samlats in kontrollerades i hur stor grad några olika faktorer påverkar resultaten. En sammanställning av nedanstående felkällor visar att det preliminära antagandet att noggrannheten är inom området +/- 1 procentenhet är rimligt.

### **9.1 Transporttiden**

Det första som undersöktes var om fuktkvoten förändrades vid olika långa tidsintervall mellan tidpunkten då provkroppen tas ut från mätstället och när den kan vägas. Insamlingen av provkroppar blir ofta utdragen då det är svårt att få tillgång till alla fyra husen direkt efter varandra. Transportmöjligheterna, väderleken och antalet personer som deltar vid insamlingen är några faktorer som påverkar tiden innan vägning kan ske.

Viktförlusterna visade sig vara mycket små oavsett tidintervallets längd och de var inte heller större för längre intervall än för kortare. Vid jämförelse av fuktkvoterna, beräknade dels med vikten före, dels med vikten efter inplastning, framkom att de eventuella avvikelserna inte någon gång blev större än 0,14 procentenheter och att medelavvikelsen var mindre än 0,1 procentenheter. *Se bilaga 19.*

Undersökningen genomfördes på så sätt att 36 provkroppar, som konditionerats i en klimatkammare, vägdes och förpackades i plastpåsar på samma sätt som om de hade samlats in från fältet. I klimatkammaren hade luften 80 % relativ ånghalt och temperaturen 18 °C. Provkropparna placerades sedan i en mindre kontrollerad miljö med en relativ ånghalt av ca 45 % och ungefär samma temperatur som tidigare. Efter två timmar och vid varje hel timme upp till sju timmar öppnades sedan sex påsar och provkropparna vägdes igen.

### **9.2 Torktiden**

Nästa faktor som undersöktes var torktiden. Målet var att visa att 24 timmar är en tillräckligt lång torkningstid för de aktuella provkropparnas storlek.

Enligt Esping, 1977, ska torkningen ske "...tillräckligt länge för att vid upprepade vägningar med en timmes mellanrum uppvisa en maximal viktskillnad av 0,1 %". Det visade sig dock att de torkade provkropparnas vikt inte hade en stadigt sjunkande tendens för torktider från 23 till 28 timmar. Variationerna av vikterna var dock mycket små och deras påverkan av beräknade fuktkvoter blev maximalt något större än 0,1 procentenheter. *Se bilaga 20.*

Torktidens inverkan undersöktes genom att de 36 provkropparna från ovanstående prov togs ut ur torkskåpet och kontrollvägdes efter 23 timmar och vid varje hel timme därefter. Undersökningen avbröts då större delen av klossarna vägts för torktiderna 23 till 28 timmar. Att vikterna inte visade någon klar tendens kan bero på störningen att torkskåpet måste öppnas vid flera tillfällen. Det ansågs inte nödvändigt att studera kopplingen mellan torktid och fördröjd vägning.

### 9.3 Mätintervallet

Avsikten med den tredje undersökningen var att kontrollera hur snabbt provkropparna anpassar sig efter omgivningens relativa ånghalt. Målsättningen var att visa att en månad inte är ett för kort intervall för utbyte av provkropparna.

Resultatet av undersökningen visar att anpassningstiden är under en månad. Provkropparna som hämtas in en gång i månaden har alltså hunnit anpassa sig med god marginal. Det hade också varit möjligt att byta klossarna oftare än vad som gjorts.

För att göra undersökningen anslöts samma våg som använts tidigare till en dator. Med hjälp av ett styrprogram kunde sedan en kloss vägas kontinuerligt under en längre tid. Vikterna registrerades på en datafil var femtonde minut. Det visade sig dock att det hade varit fullt tillräckligt att registrera vikterna t ex en gång i timmen. När vägningarna avbrutits torkades klossen och vikterna räknades om med ett dataprogram till fuktkvoter som redovisas i diagramform i *bilaga 21.*

En provkroppas fuktkvot sjunker relativt snabbt det första dygnet och planar sedan ut asymptotiskt mot jämviktsfuktkvoten för miljön där den har placerats. Klossen togs från en klimatkammare, med 80 % relativ ånghalt och temperaturen 18 °C, och placerades på vågen i ett rum med 45 % relativ ånghalt och temperaturen 18 °C.

#### 9.4 Vågen

Den våg som använts under hela projektarbetet är av fabrikat Mettler, modell PE3600 DeltaRange. Vågen har reproducerbarheten 0,01 g och lineariteten +/- 0,002 g.

## 10 METODER FÖR ATT MÄTA FUKT

Metoder för fuktmätning kan vara förstörande eller icke förstörande. Med förstörande menas att en provbit av det material som ska undersökas måste tas ur en konstruktion på så sätt att den delvis förstörs.

En av avsikterna med projektet LÄTTBYGG-85 var att mäta fukt i träkonstruktioner och kryprum. Alla metoder kan inte användas för mätningar i dessa delar av husen varför de tas upp mycket kortfattat.

Nedan beskrivs mätmetoder indelade efter mätprincip.

Absolutbestämningsmetoden innebär att en provbit vägs, torkas och därefter vägs igen. Detta ger efter beräkning provbitens fuktkvot. Metoden kan vara både förstörande och icke förstörande.

Vid användning av kemiska metoder blandas provet med vissa kemikalier. Provets fuktmängd fås ur reaktionsprodukten eller förbrukningen av kemikalier. Metoderna är oftast förstörande.

Hygrometriska metoder bygger på olika materials anpassning till fuktig luft. Dessa metoder kan antingen vara av en typ som mäter fukttillståndet i luften eller av en typ som mäter en provkropps fuktinnehåll. Till den förstnämnda typen räknas bl a psykrometer, daggpunktshygrometer och termohygrograf.

På en psykrometer avläses skillnaden mellan en fuktad och en torr termometer. Temperaturen på den våta termometern påverkas av avdunstningen som är beroende av luftens ånghalt. Den relativa ånghalten kan sedan läsas ur en tabell. Psykrometers mätnoggrannhet kan vara 0,5 procentenheter eller bättre.

Med en daggpunktshygrometer mäts vid vilken temperatur fukt kondenserar på en spegel vars temperatur kan regleras. Denna temperatur är relaterad till den relativa ånghalten i luften. Noggrannheten är inom +/- 1,5 procentenhet relativ ånghalt.

Termohygrografer är visarinstrument som ritar upp luftens relativa ånghalt. Visarens läge styrs av behandlade hårstrån vilkas längd varierar med luftens ånghalt. Noggrannheten är normalt +/- 5 procentenheter relativ ånghalt.

Elektriska metoder kan vara antingen resistiva eller kapacitiva. Elektriska givare mäter fukt genom att resistansen eller kapacitansen förändras efter fukttinnehållet. Givarnas noggrannhet är vanligen ca +/- 3 procentenheter relativ ånghalt.

## **A TJÄLNEDTRÄNGNING VID GRUNDPLINT**

### **A.1 Tjälnedträngning vid kryprumsgrundläggning**

På grund av bottenbjälklagets låga värmeledningsförmåga minskar värmeavgivningen till kryprummet. Detta medför en lägre temperatur i marken kring grundplintarna. Den höga ventilationsgraden i kryprummen bidrar också till att sänka temperaturen. Detta leder till ökad tjälnedträngning, som kräver ett större grundläggningsdjup. Därför mättes tjälens nedträngning vid grundplintarna.

I SBN 1980 kapitel 33:52 behandlas tjälfri nivå. Där anges tjäldjupet till 1,6 m i Stockholmstrakten. LÄTTBYGG-husens reduktionsfaktor ger ett lägsta grundläggningsdjup på 1,1 m.

Efter studie av ritningar samt besök i samband med uppförandet av husen, konstaterades att det verkliga grundläggningsdjupet överensstämmer med det projekterade, 1,2 m.

### **A.2 Mätning av tjälnedträngning**

Efter en översiktlig utredning konstaterades att två metoder för bestämning av tjälens nedträngning var tänkbara. Den första, och mest sofistikerade, innebär att elektriska temperaturgivare placeras på olika nivåer i ett sandfyllt foderrör, som sätts ned i ett borrhål i marken. Temperaturerna kan sedan registreras kontinuerligt med hjälp av dator.

Ett enklare och i detta fall fullt tillräckligt alternativ är den metod som VTI, Väg och Trafikinstitutet, använder sig av för att bestämma tjälnedträngningen vid vägar. Ett graderat plaströr fylls med kaliumpermanganat löst i vatten. Röret placeras i ytterligare ett plaströr nedborrat i marken. När lösningen av kaliumpermanganat fryser blir den ursprungligen klarblå vätskan färglös. Vid avläsning dras det inre röret upp och tjälens nedträngning kan tydligt avläsas som längden av en klar istapp. *Se figur A1.*

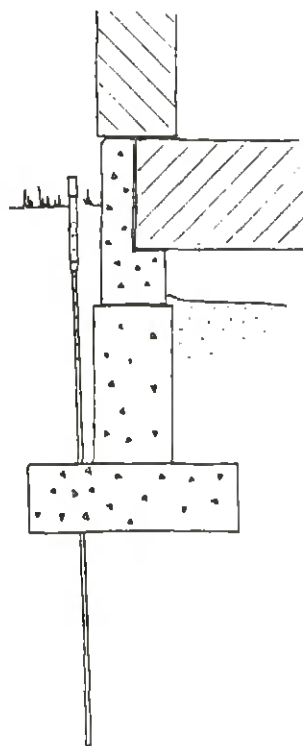
För bättre samordning med de övriga mätningarna valdes hus nr 7 för mätning av tjälens nedträngning. Det förutsätts att det inte är några större skillnader mellan husen. Två tjälgränsmätare från VTI placerades vid grundplintar enligt *figur A2 och A3.*

### A.3 Resultat

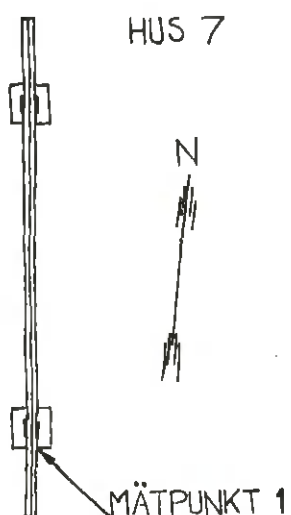
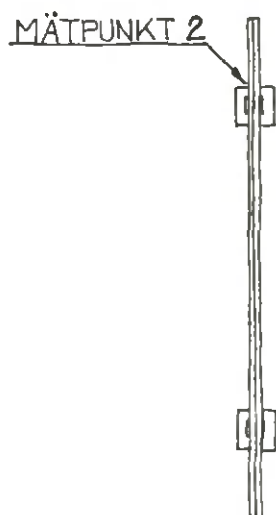
Den avläsning som gjordes under mars '85 visade ett tjäldjup på drygt 3 dm. Under 1986 har tjäldjupet ökat från drygt 3 dm i januari till ca 7 dm i mitten av mars. Vid avläsningen i slutet av april fanns det ingen tjäle kvar.



Figur A1. Avläsning av tjälgräns.



Figur A2. Tjälgränsmätare placerad vid grundplint.



Figur A3. Mätpunkterna är placerade vid grundplintarna.

## **B KRYPRUMSVENTILATION**

### **B.1 Ventilationens utformning**

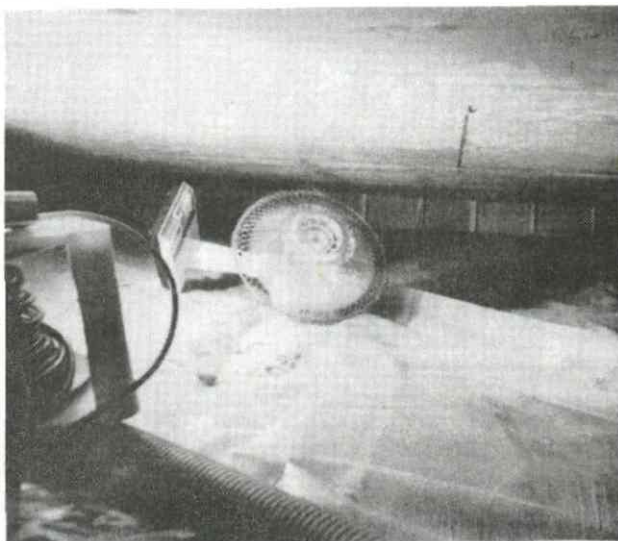
Kryprummen till husen som ingår i projektet har inte traditionella kvadratiska ventilationsöppningar, utan ventileras genom en 45 mm bred öppning längs hela gavelsidorna. Öppningsarean i kryprummen är ungefär nio gånger större än vad som krävs för den aktuella bottenbjälklagsytan enligt SBN 1980. Det var därför av intresse att undersöka om de utförda ventilationsöppningarna ger en tillfredsställande luftning. Ventilationsöppningarnas utformning framgår av *figur 2, sid 9*.

### **B.2 Mätning med spårgasmetoden**

Spårgasmätningar innebär att en mindre dos gas,  $N_2O$ , släpps ut i ett begränsat utrymme. Därefter mäts hur snabbt gaskoncentrationen avklingar. Detta ger antalet luftomsättningar per timme i utrymmet. Två elektriska fläktar användes för att snabbare fördela gasen i hela utrymmet. För att inte någon forcerad luftcirkulation skulle finnas kvar stängdes dessa av och luften tilläts avstanna innan mätningen påbörjades. Gaskoncentrationen i kryprumsluften registrerades av ett instrument och resultaten erhöles från en skrivare som funktion av tiden. *Se figur B1 och B2.*



*Figur B1. Instrument som registrerar och skriver ut gaskoncentrationen.*



*Figur B2. Fläkt som fördelar gasen i kryprummet.*

### B.3 Luftomsättningen i kryprummen

I augusti 1985 mättes luftomsättningen i kryprummen med spårgasmetoden. Omsättningarna varierade från ca fyra till elva per timme i de olika kryprummen. Dessa värden kan räknas om till ventilationsgraderna 1,6 - 4,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h, vilket anger luftomsättningen per ytenhet bottenbjälklag och tid. Skillnaderna mellan husen kan bero på något olika terrängförhållanden och sjunkande temperatur, eftersom mätningarna utfördes under en eftermiddag. Vinden uppfattades som obefintlig eller mycket svag. Diagram och resultat redovisas i *bilagorna 22-23*.

Resultaten uppfattades som mycket höga redan under mätningarnas utförande. Att förutsättningarna var lika vid mätningarna kontrollerades noga. Dessa resultat bör därför ses som ett utgångsläge inför fortsatta mätningar. Kryprummen är välventilerade, men kontrollmätningar behövs för att trovärdigt kunna fastställa ventilationens storlek.

## **C RÖRELSER I BOTTENBJÄLKLAGET**

### **C.1 Orsaker till rörelser**

För att förenkla grundläggningen har balkarna i bottenbjälklaget större spännvidd än vad som är normalt för småhus. Vid projekteringen rådde en viss osäkerhet om storleken på eventuella rörelser i bottenbjälklaget. De deformationer som förekommer orsakas av laster samt fukt- och temperaturskillnader. Den välisolerade konstruktionen ger upphov till större skillnader än normalt. Därför har kontrollmätningar gjorts ungefär en gång i månaden sedan april 1985. Mätningarna har skett i samband med utbyte av provkroppar i kryprummen.

### **C.2 Mätmetod**

Bottenbjälklagets rörelser har mätts i förhållande till en ståltråd som spänts upp i kryprummen. Nedböjningen mäts vid bjälklagens centrum. Tråden, som är spänd mellan grundbalkarna, är stumt fastsatt i en av balkarna och löper i andra änden genom en ögla. På grund av utrymmesskäl var det mycket svårt att anordna en tyngd för att åstadkomma en bra sträckning. I stället sträcks tråden för hand.

### **C.3 Resultat**

Bjälklagen har inte rört sig lika. Både sänkningar och höjningar har förekommit. Resultaten visar att inga stora deformationer har skett. Rörelserna ligger inom ett 3 mm brett intervall fr o m juli 1985 och ett år framåt. Rörelserna dessförinnan redovisas inte beroende på en ändring i mätmetod. Resultaten redovisas i *bilaga 24*.

## SUMMARY

During the last six months of 1984 eighteen single-family houses were built in Visinge, Täby. These houses constitute the project LÄTTBYGG -85, whose purpose is to produce cheap single-family houses with low energy consumption.

In four of the houses TräteknikCentrum is measuring moisture. Moreover the movements in the floors over the crawl spaces have been measured and in one house also the frost depth at the foundation columns. On one occasion the ventilation in the crawl spaces was determined.

According to calculations there is a great risk that condensation will occur in some of the constructions. However, the measured moisture contents have been lower and no condensation has been discovered anywhere with the exception of the crawl spaces.

The purpose of the moisture measurements is to produce background material to make it possible to estimate the risk of microbiological growth. The moisture measurements began in December 1984 and comprise walls, crawl spaces with the floor above them and the heated spaces behind the queen posts.

The highest moisture content in the walls occurred on the inside of the facade panels. This moisture content also varied more than that on the warmer side of the wall. The spread was greater in the beginning of the measuring period. The orientation of the wall is significant. Walls facing north have higher moisture content, which varies less during the year. An estimated average of the highest moisture content in the wall is 20 %.

The results of the measurement of moisture in the crawl space had a large spread during the first six months but have now converged. The moisture contents are lower in the corners than in the centers of the crawl spaces.

The moisture contents in the floor above crawl spaces are similar, independent of placing and house. No differences in the moisture content have been detected between floor constructions with counter floor made of plywood or sheet metal. The highest moisture content has stabilized at about 17 %.

The measurement in the heated space behind the queen posts began in June 1985. The highest moisture content was 13 %, which occurred in September '85.

Movements in the floor above the crawl space have been measured in relation to a stretched wire. The floors have moved differently. Both rise and fall have occurred. The movements are within +/- 3 mm.

The frost depth at the foundation columns was determined to confirm that the depth of foundation was sufficient. The greatest frost depth read off was 7 dm which is less than the depth of foundation.

The ventilation in the crawl spaces was determined in August 1985 using a detectable gas. The turnover amounts were between four and eleven per hour.

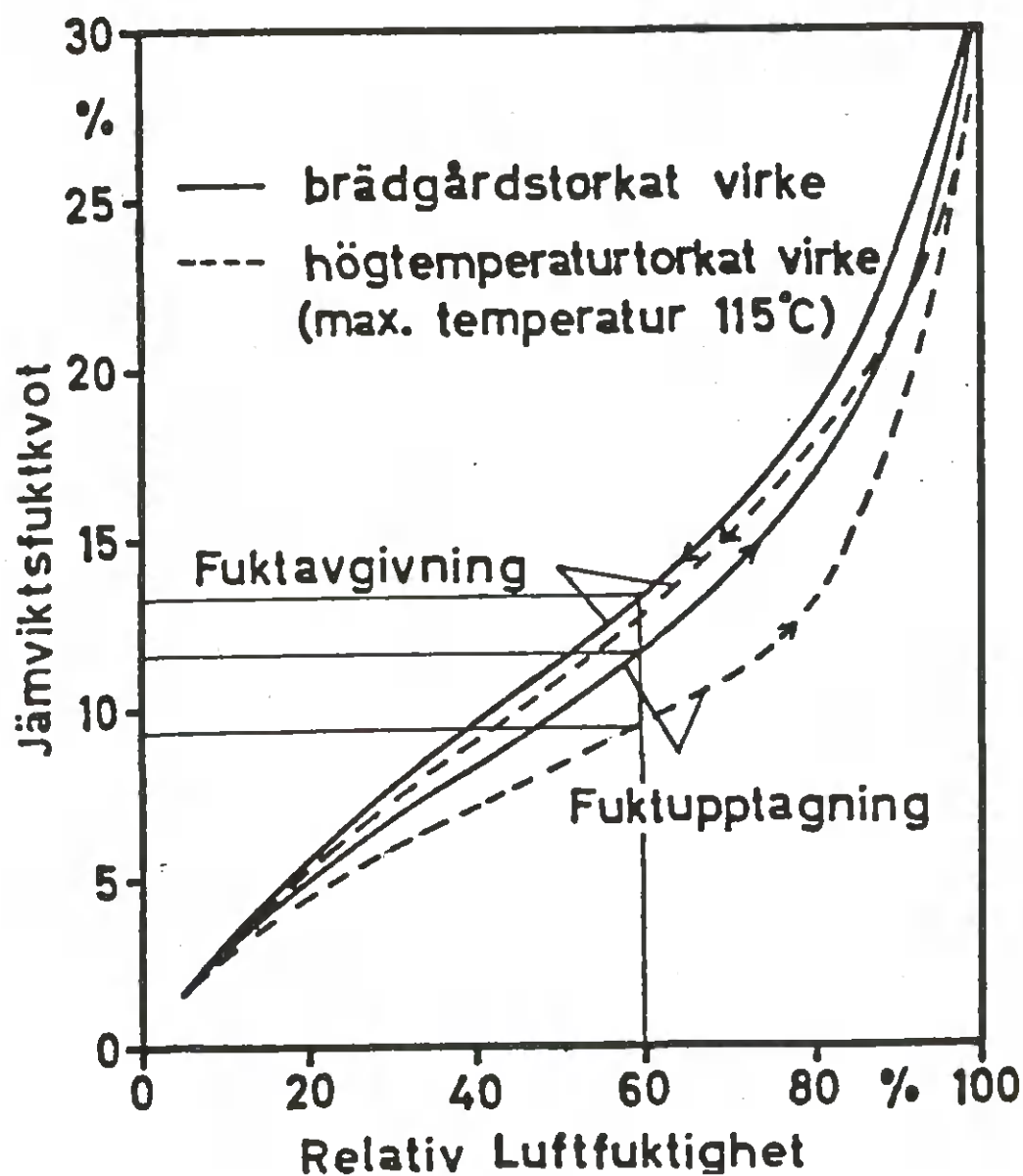
After having determined frost depth and moisture content for one year the following conclusions can be made about the houses in the project LÄTTBYGG-85:

- No exceptionally high moisture contents have been determined in the extremely well heat insulated outer walls and hence there is no pronounced risk for damages due to moisture.
- There is not a significantly higher moisture content in outer walls without a vapour barrier. Consequently, the need for a vapour barrier is doubtful.
- Counter floor made of metal sheeting works as well as plywood considering moisture problems.
- Outer walls without an air layer immediately behind the facade panel have the same moisture content as walls with an air layer.
- Wood in the crawl spaces has attained such a high moisture content that there is a definite risk for mould and rot.
- Determination of frost depth indicates that the extremely well heat insulated floor above crawl space does not necessitate increased requirements on depth of foundation.

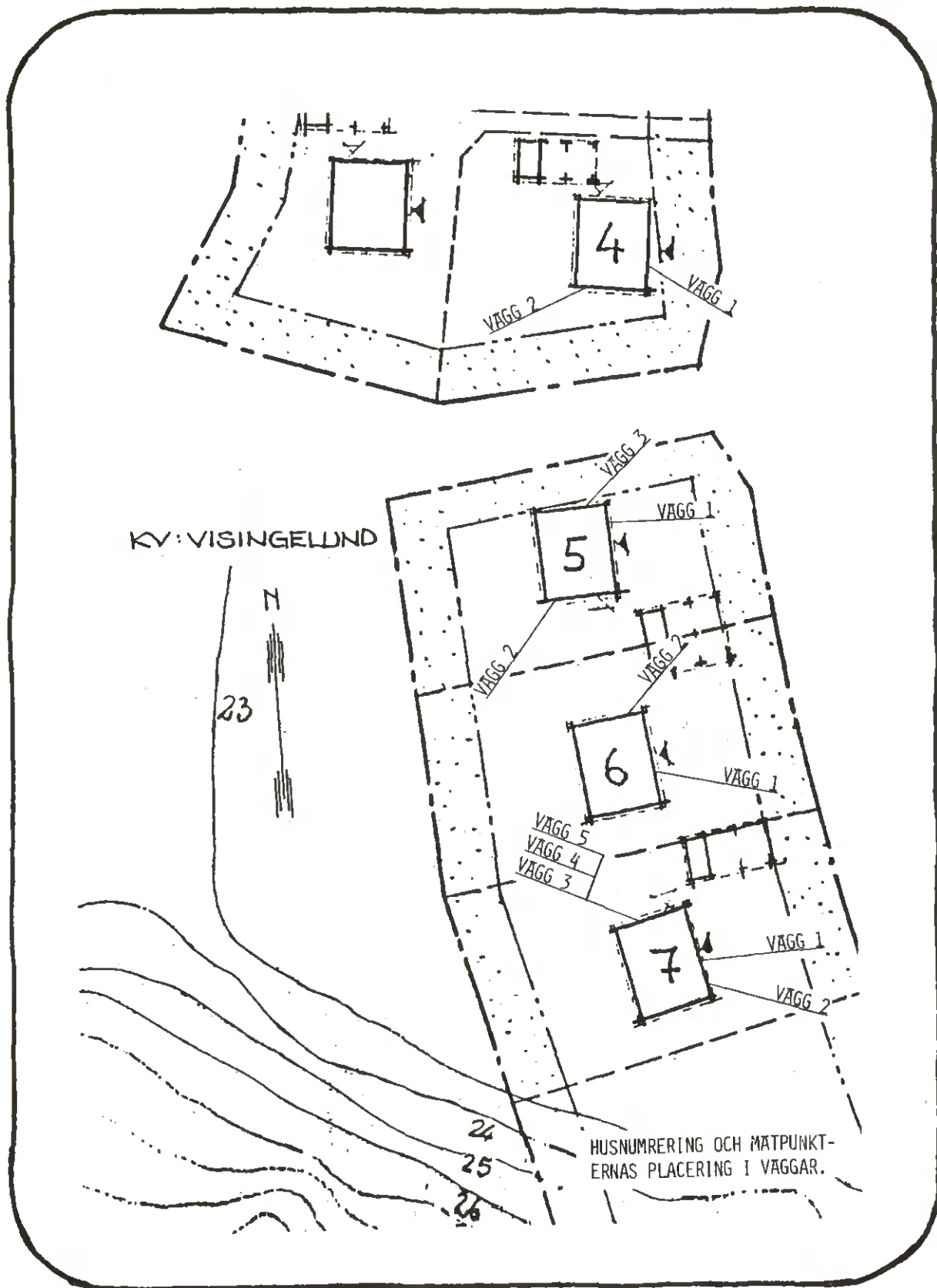
## **BILAGEFÖRTECKNING**

- 1 Jämviktskurva för trä
- 2 Husnumrering och mätpunkternas placering i väggar
- 3 Utformning av luckor i väggar och bjälklag
- 4 Husnumrering och mätpunkternas placering i bjälklag och vindsgarderob
- 5 Mätpunktsnumrering i kryprum
- 6 Mätprotokoll och utrustningslista
- 7-11 Resultat för väggar
- 12-14 Resultat för bottenbjälklag
- 15-16 Resultat för kryprum
- 17 Resultat för vindsgarderob
- 18 Gränsvärdesdiagram för riskanalys
- 19 Fuktkvotens förändring efter olika förvaringstider
- 20 Fuktkvotens förändring efter olika torkningstider
- 21 Anpassningstid för provkropp
- 22-23 Diagram från spårgasmätning
- 24 Rörelser i bottenbjälklag
- 25 Klimatdata från SMHI
- 26 Beräkningsexempel och förutsättningar till teoretisk bedömning.

## JÄMVIKTSKURVA FÖR TRÄ



Figur 10. Jämviktskurva för de provkroppar som använts vid mätningarna.



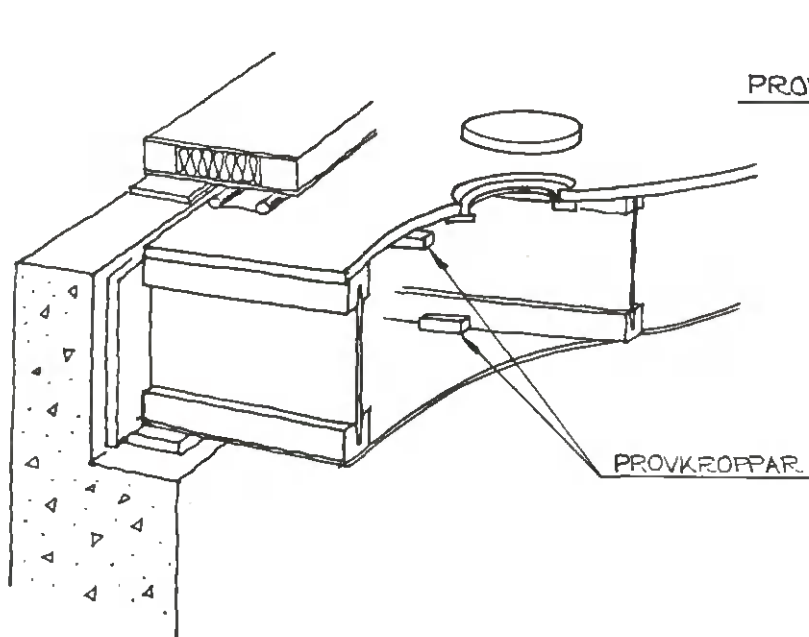
Figur 11.

## BESKRIVNING AV LUCKA I VÄGG OCH BJÄLKLAG

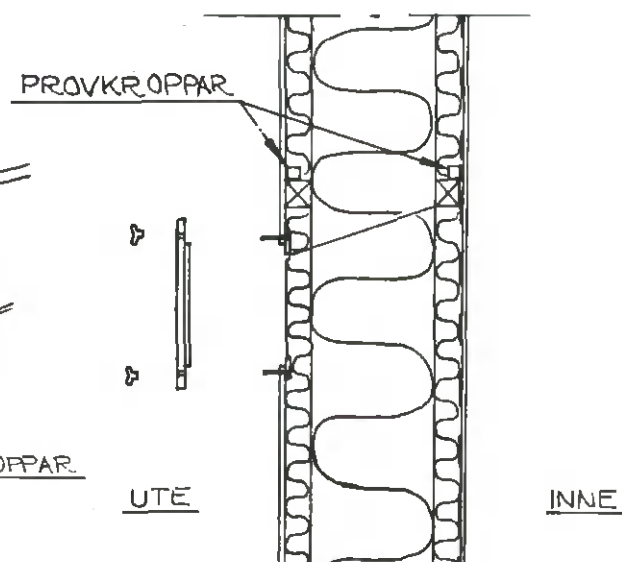
För att snabbt och enkelt nå provkroppar och mätutrustning i olika konstruktionsdelar utfördes luckor i väggar och bjälklag. Kravet var att de inte fick förändra klimatet i konstruktionsdelarna.

Väggluckan är kvadratisk med sidlängden 20 cm. De lodräta skarvarna mellan lucka och fasadskiva är placerade under läkten. De kan därigenom användas för att sätta fast luckan. Luckan sätts fast med plastskruvar och vingmutter. En ram av hård träfiberskiva, som är spiklimmad mot baksidan av fasadskivan, utgör mothåll för luckan. Tätning sker med en P-list av EPDM-gummi som är fasthäftad i ett fräst spår i luckan. För att minska riskerna för regnvatteninträngning monterades en plåtprofil ovanför luckan. Se *figurerna 5 och 6* sid 22.

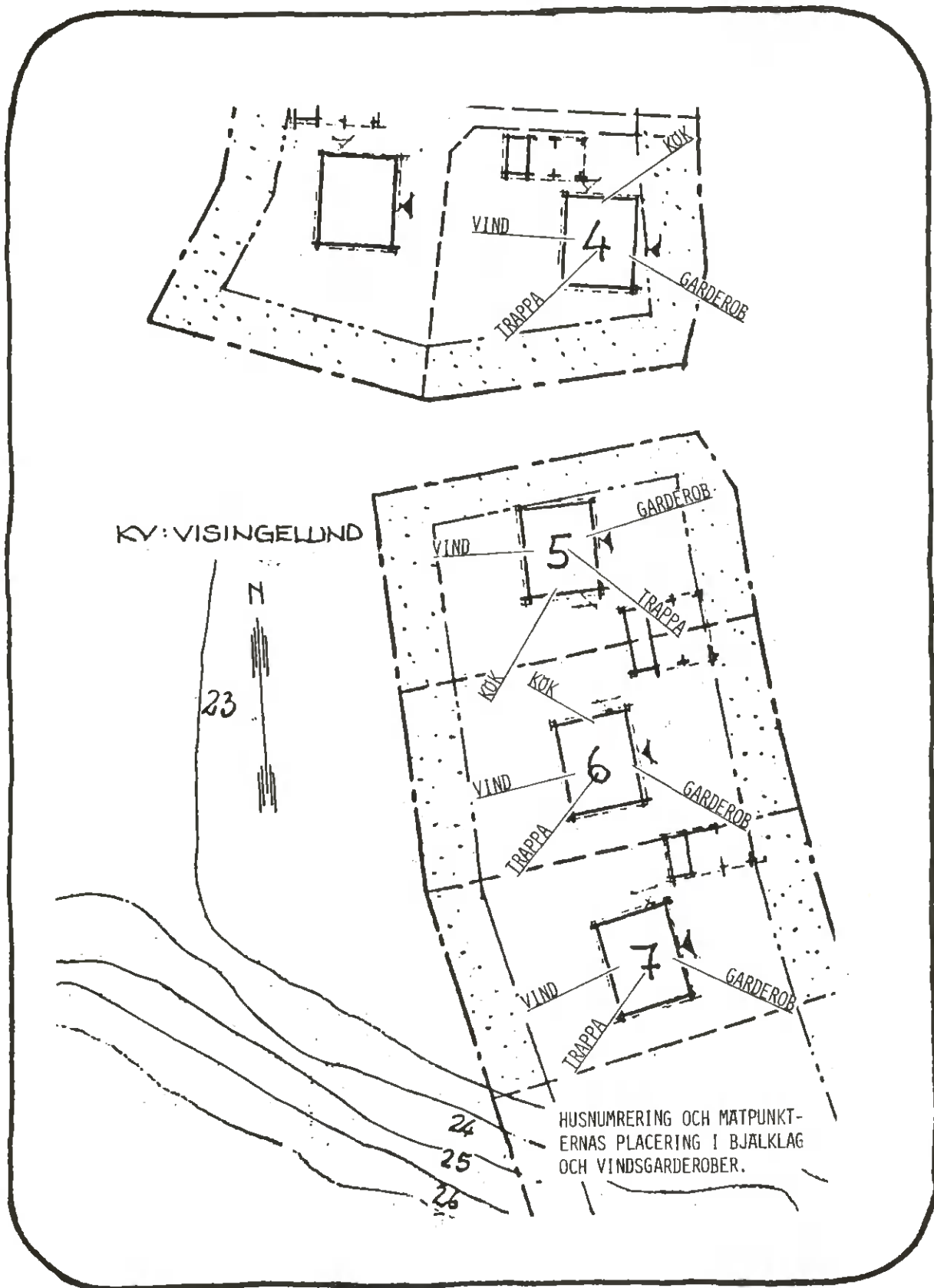
För mätningarna i bottenbjälklagen konstruerades en lucka så att åtkomsten sker inifrån husen. Hål med diameter 15 cm sågades upp i spånskivan. Mothåll av plywood skruvlimmades mot undersidan av spånskivan. Luckor av spånskiva svarvades för exakt passform. Plastmatta limmades på golvet över den ditlagda luckan. Luckan kunde därefter skäras ut ur mattan. Se *figur 12*.



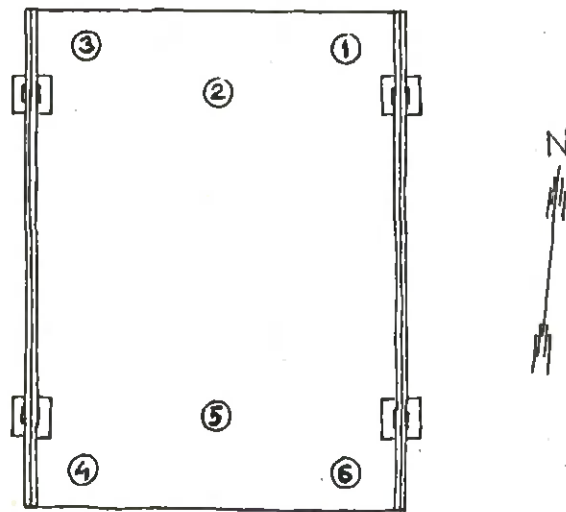
Figur 12. Lucka i bottenbjälklag.



Figur 13. Provkroppars placering i vägg



Figur 14.



Figur 15. Mätpunkternas placering och numrering i kryprummen.

MÄTPROTOKOLL FÖR MUS $L_4$		DATUM 1985-12-31		KLOCKAN ~ 23		
Namn KERSTIN KARLSSON		Tele hem 0762/51144				
Adress TRAVÄRGEN 10		Tele arb				
UTRUSTNINGSBESTÄMMNING	NET-punkt	Nummer prov ut	Vikt Våt (g)	Fukthvot u (g)	Nummer prov in	
Väggar	IU	47	28.49	24.43	16.6	107
	II	48	29.62	26.74	9.9	108
	EU	49	26.39	23.21	13.7	109
	EI	50	25.06	22.66	10.6	110
Bjälklag	GO	51	27.41	25.02	9.6	111
	GM	52	26.65	23.48	13.5	112
	TO	53	28.73	26.35	9.0	113
	TM	54	29.69	25.41	15.0	114
	KO	55	29.46	26.72	10.2	115
	KN	56	31.55	27.19	16.0	116
Krypprum	I	58	29.52	24.56	20.2	118
	R	59	29.31	24.59	20.8	119
	3	60	28.86	23.77	21.4	120
	4	61	29.62	25.53	16.0	121
	5	62	28.66	23.91	19.9	122
	6	63	28.27	24.12	17.2	123
Vindgardarob	VIND	57	29.69	27.26	8.9	117
NEDBÖJNING Avstånd mellan bjälklag och träd: 35.5 (mm)						
YRDER <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Temp -5 °C						
ANV. KONDENS UNDERBJÖDA PLASTFILM I KRYPPRUM <input type="checkbox"/> MÄTNING AV BE. <input type="checkbox"/> MÄTNING AV ALI. <input type="checkbox"/>						

Figur 16.  
Exempel på ifyllt  
mätprotokoll.  
Naturlig storlek: A4

## UTRUSTNINGSLISTA

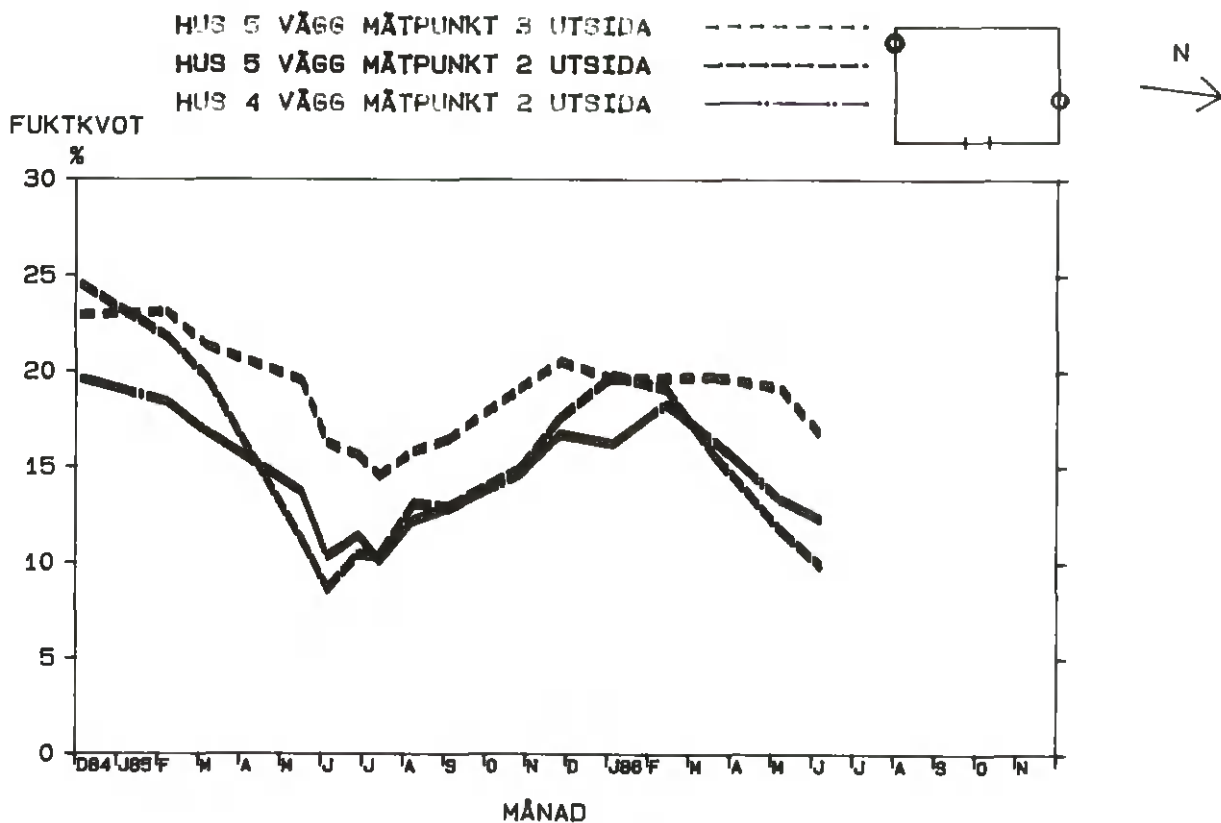
Utrustning som behövs vid mätningar enligt  
absolutbestämningsmetoden.

Tas med i fält:

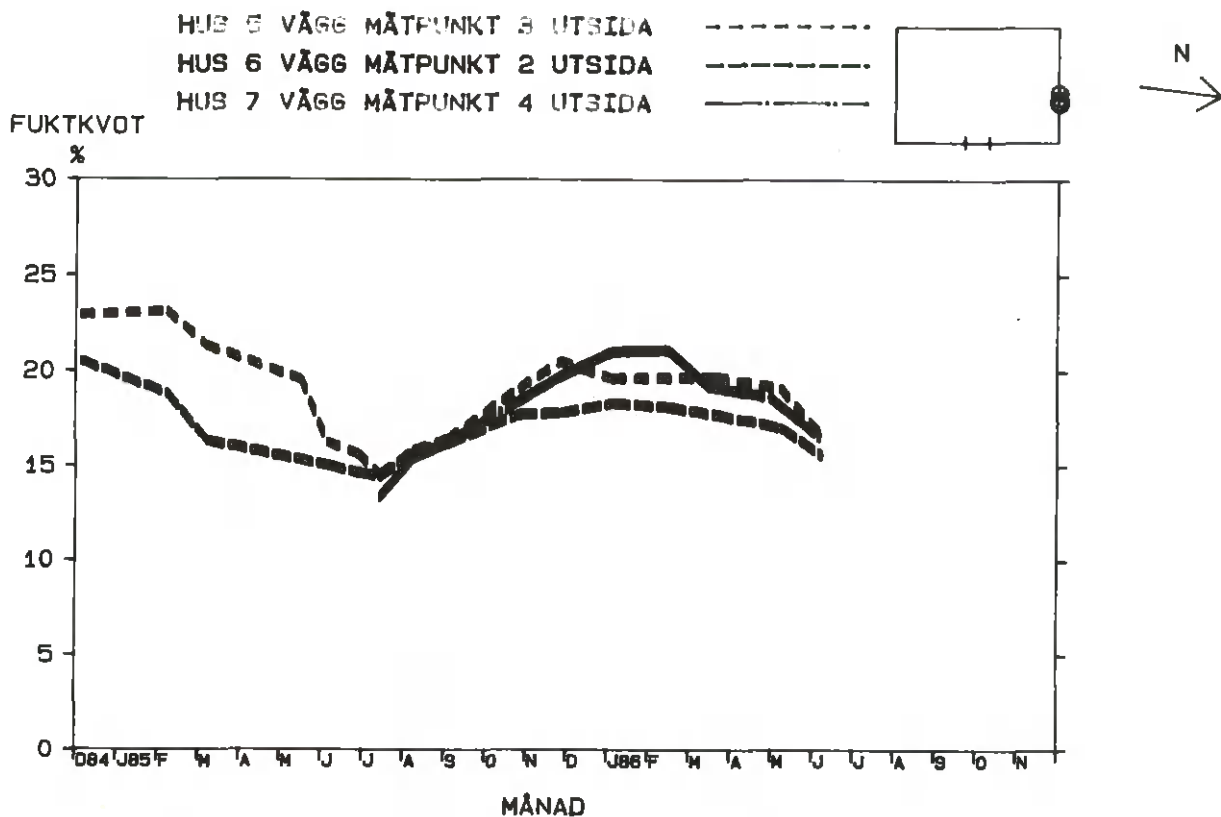
- Numrerade provkroppar
- Lika många 1-liters frysplastpåsar
- Tape av hög kvalitet
- Ifyllda protokoll
- Blyertspenna
- Overall/stövlar
- Ficklampa med batterier
- Stålskala för mätning av bjälklagets rörelser
- Skruvmejsel och polygrip
- Reservdelar (vingmuttrar, brickor)
- Termometer

I laboratorium:

- Våg (noggrannhet 0,01 g)
- Torkskåp (103 +/- 2 °C)
- Kalkylator, ev dator

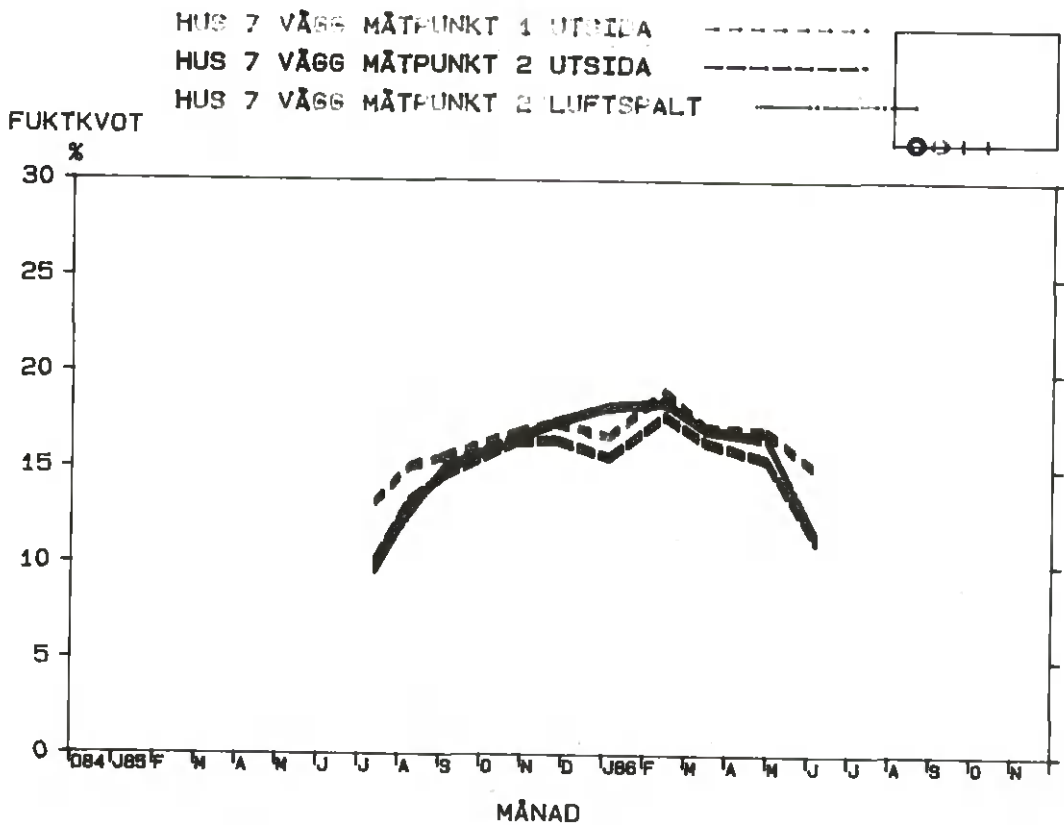


Den övre kurvan visar resultat från mätpunkten orienterad mot norr. De två kurvorna som följer varandra åt är orienterade mot söder.

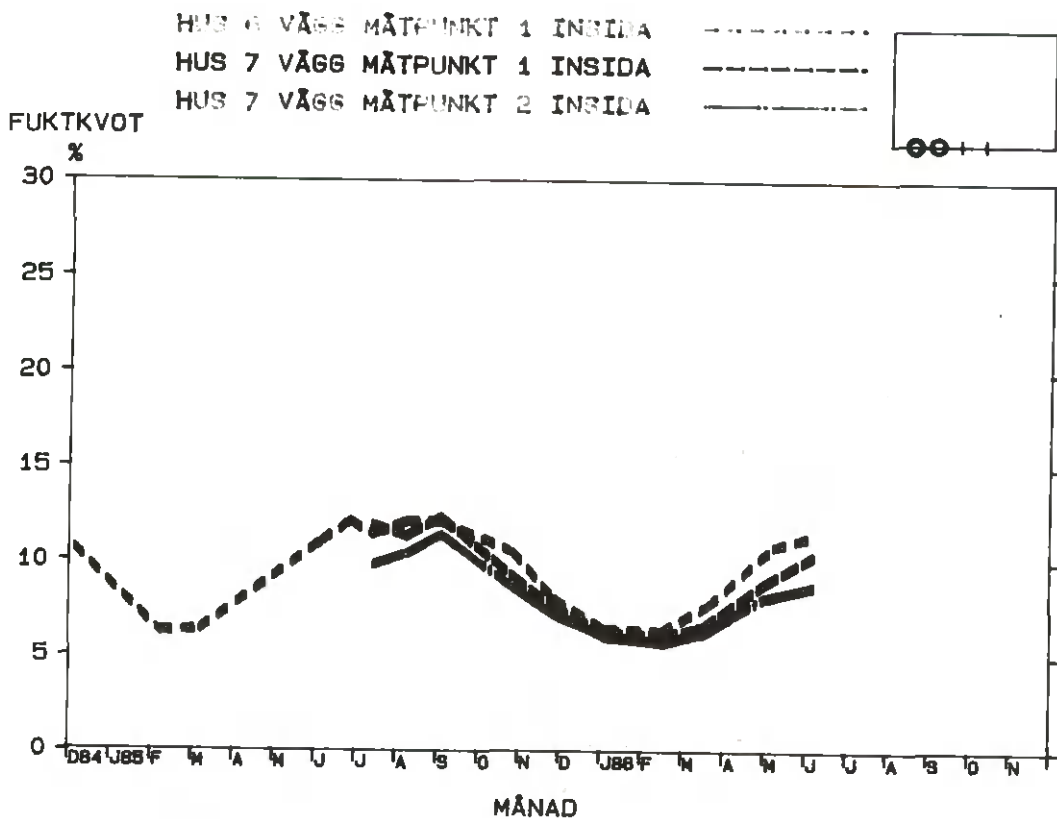


Dessa mätpunkter är alla orienterade mot norr. Resultaten är väl samlade förutom i början av mätperioden då hus 5 redovisade högre värden. Detta beror troligen på att det regnade onormalt mycket då hus 5 byggdes.

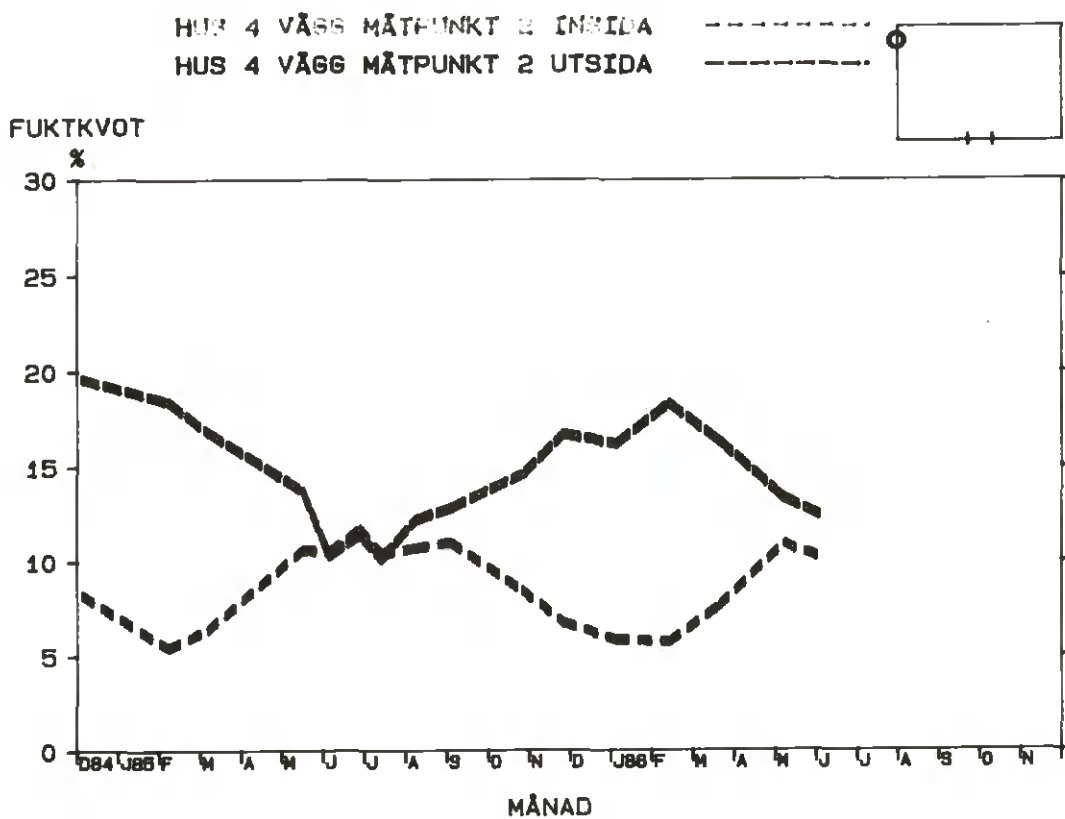
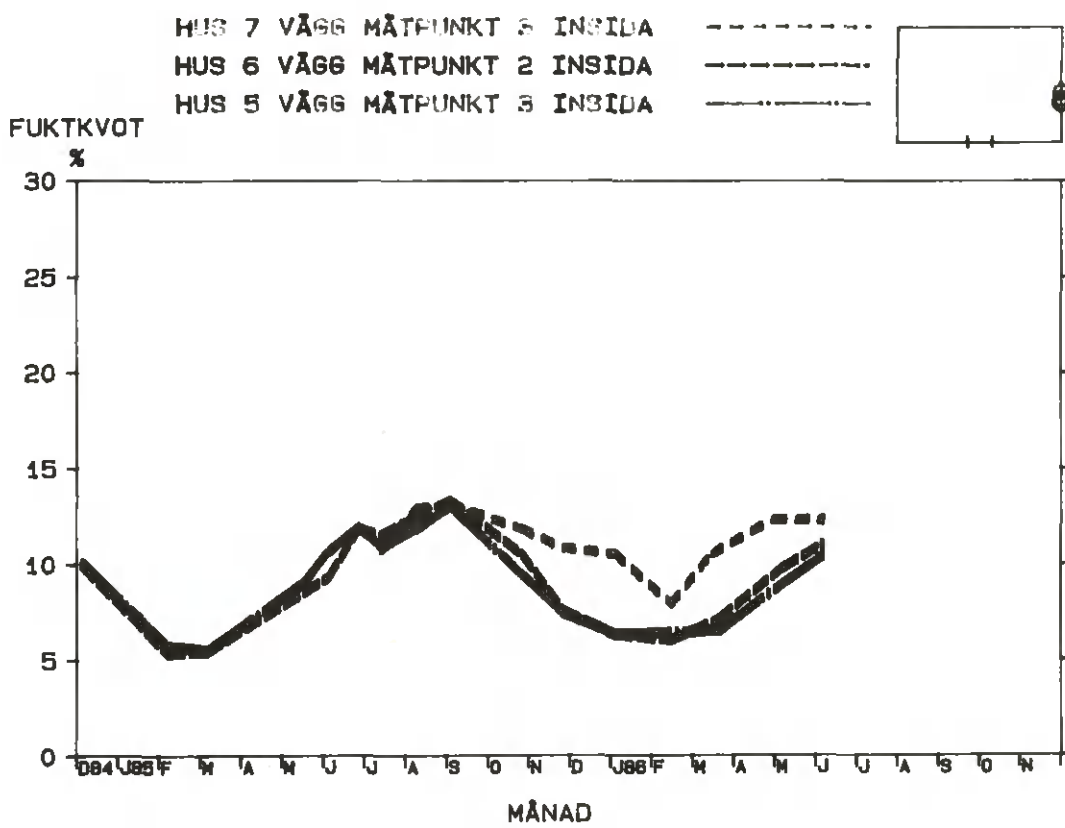


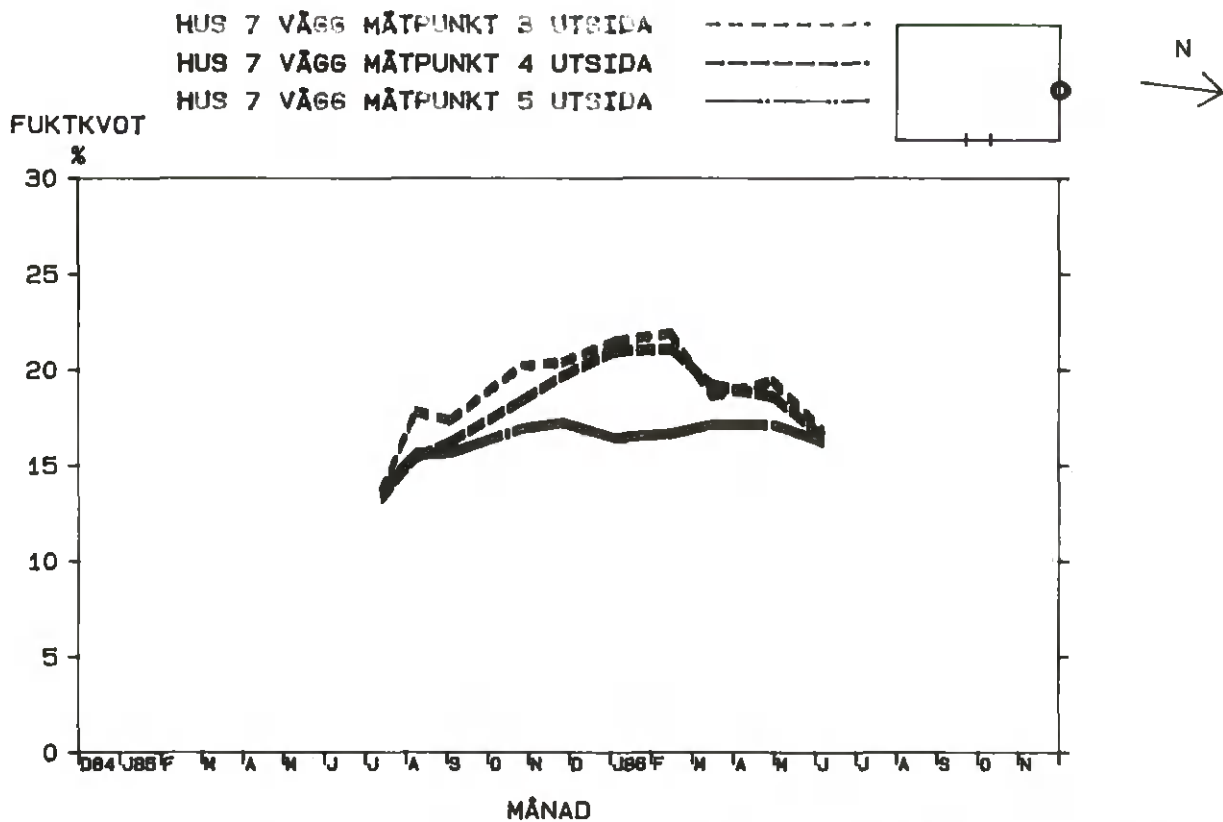


Ventilerad fasadskiva eller inte? Några skillnader går inte att påvisa efter ett års mätningar.

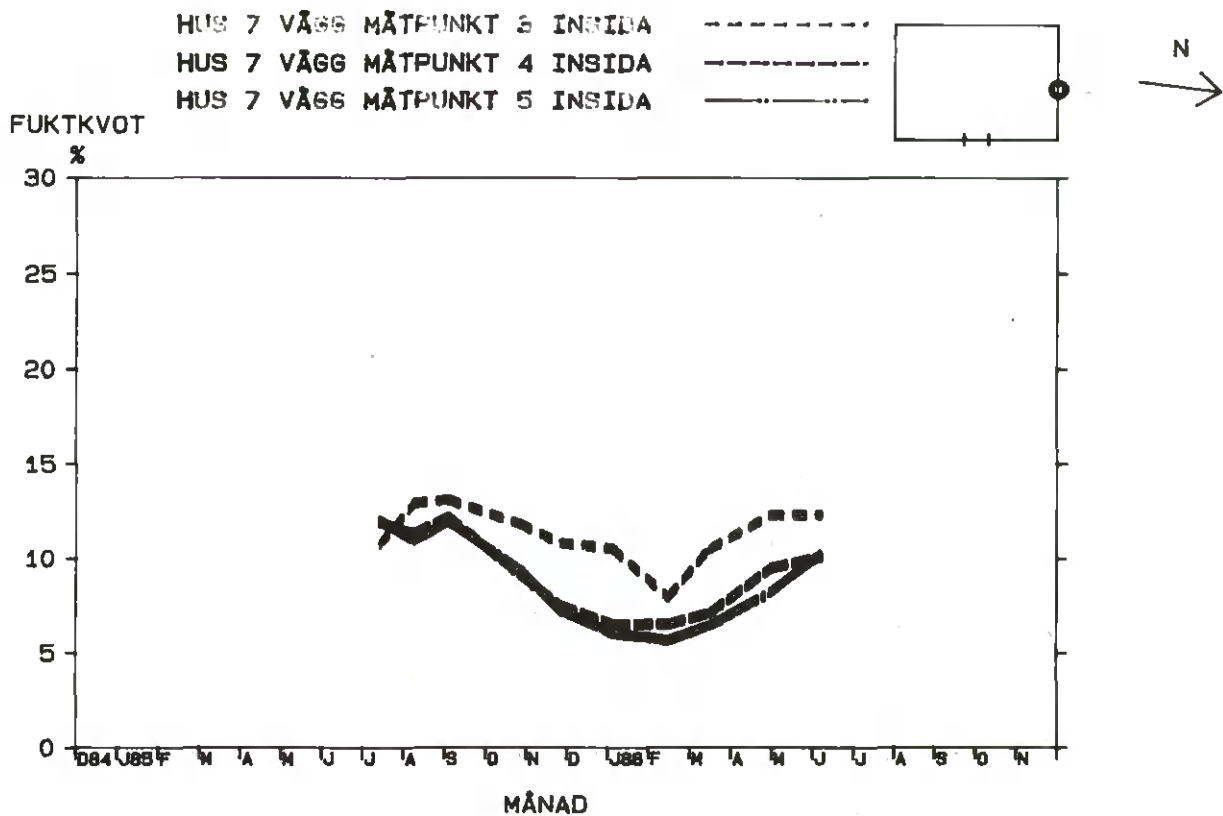


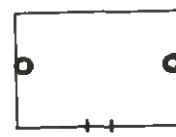
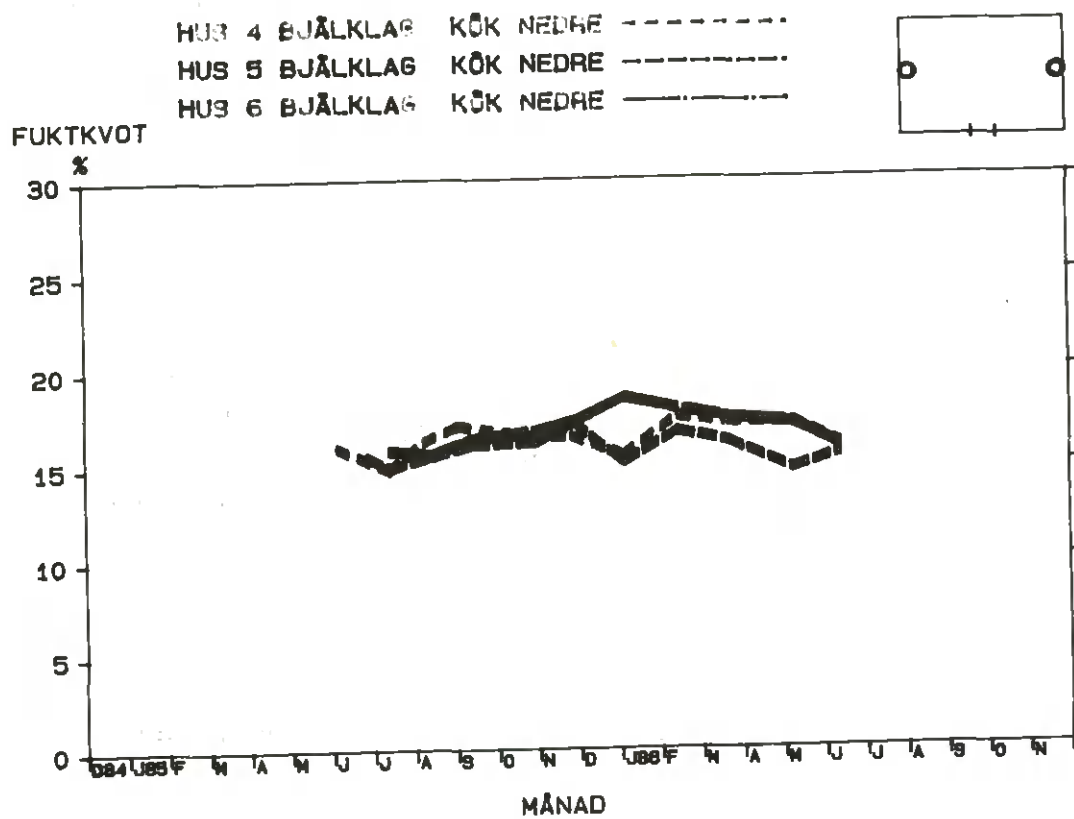
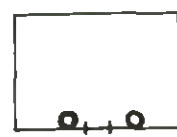
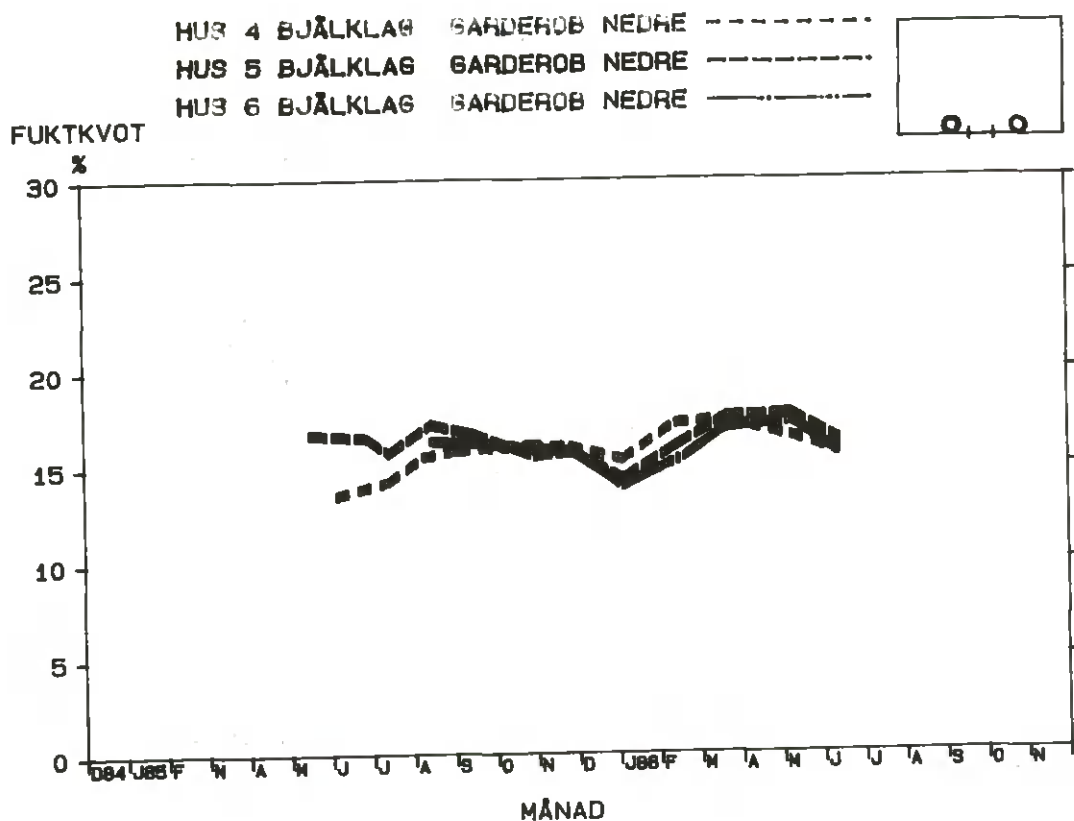
Väggens insida påverkas inte av om fasadskivan är ventilerad eller ej.

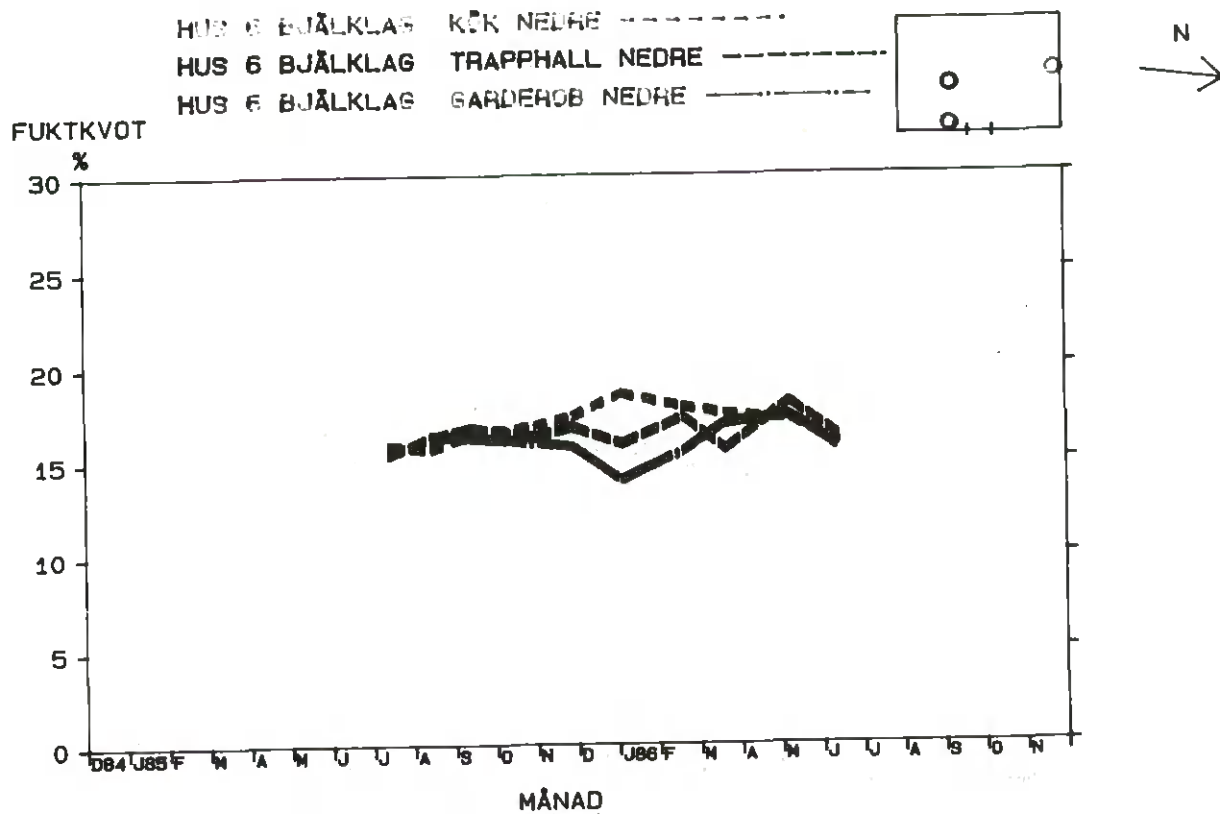
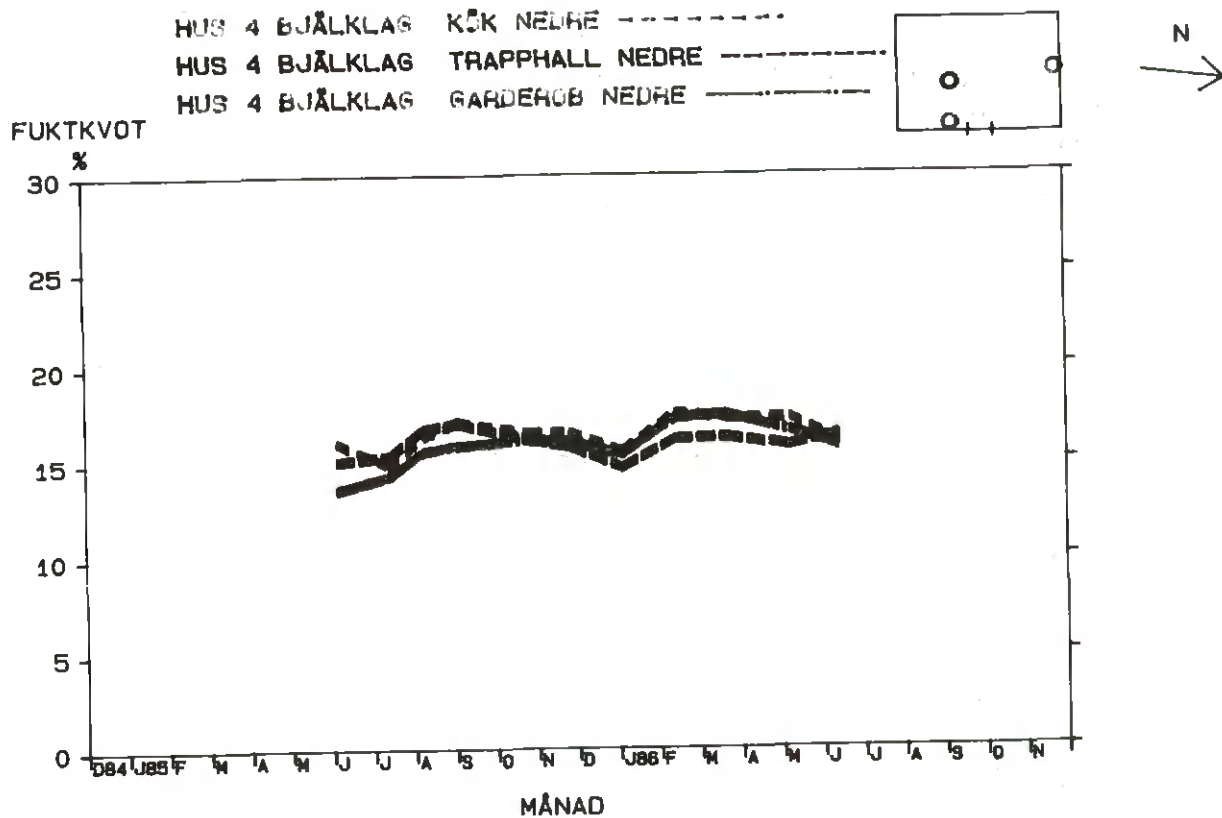


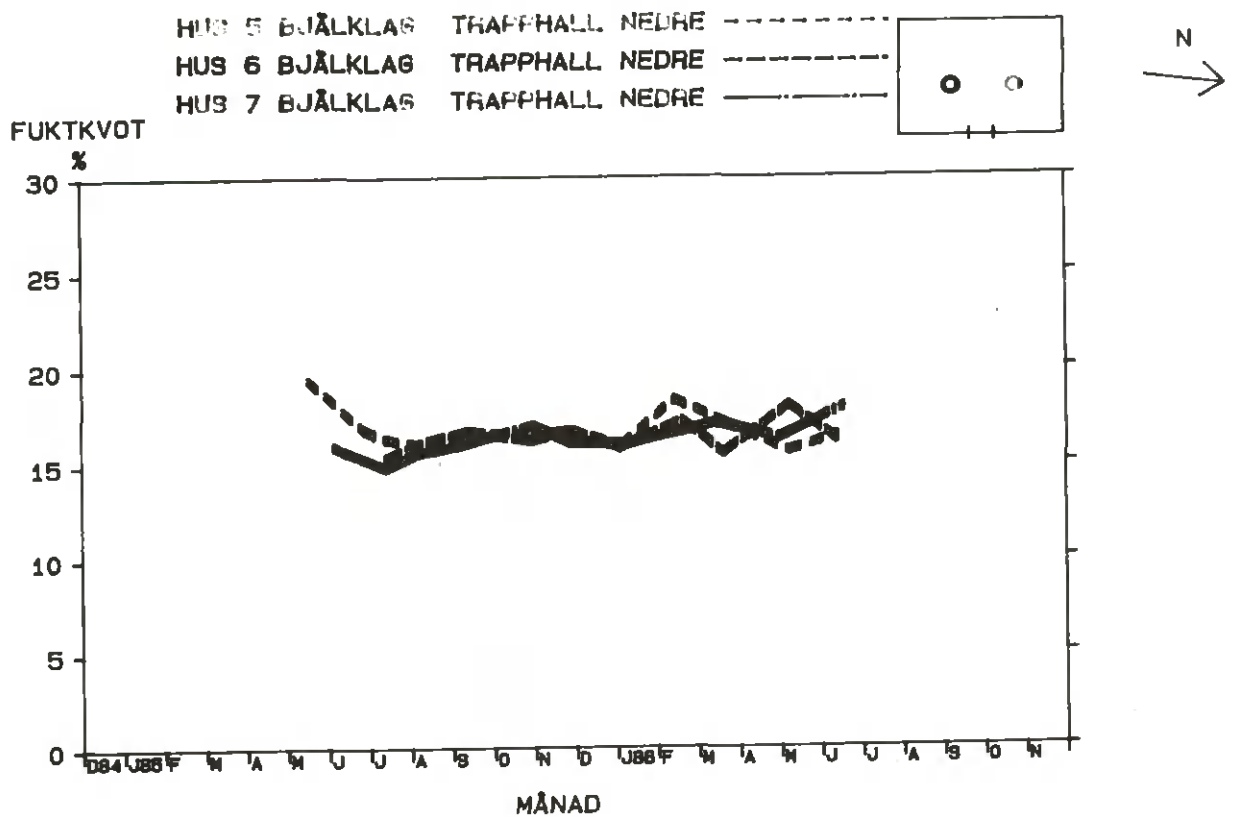
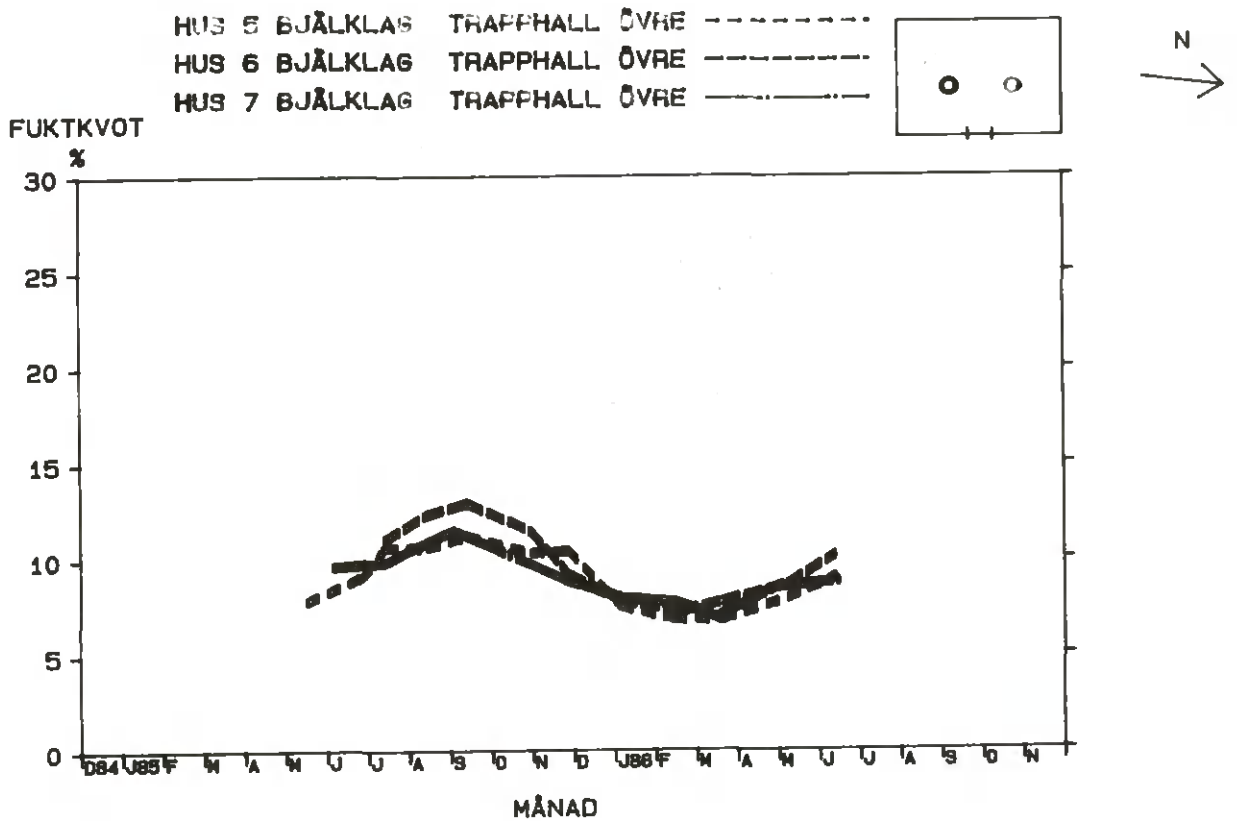


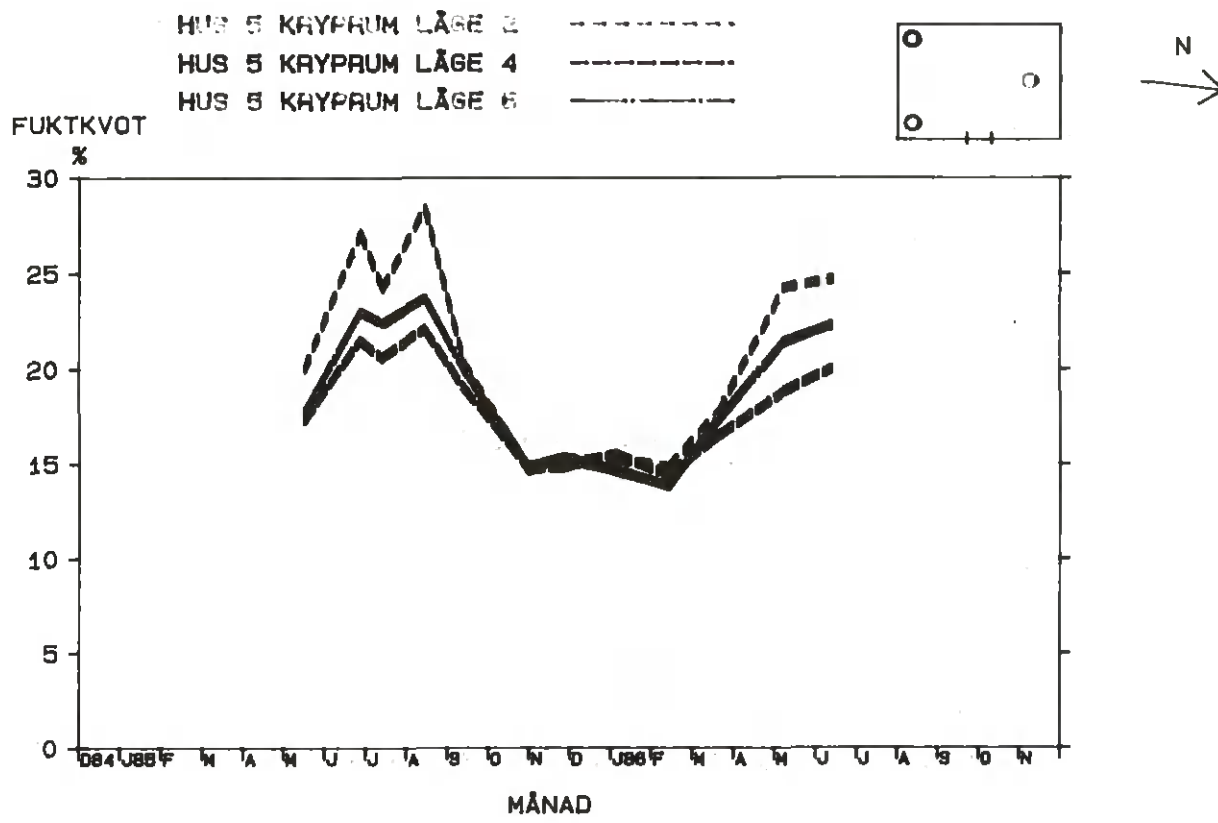
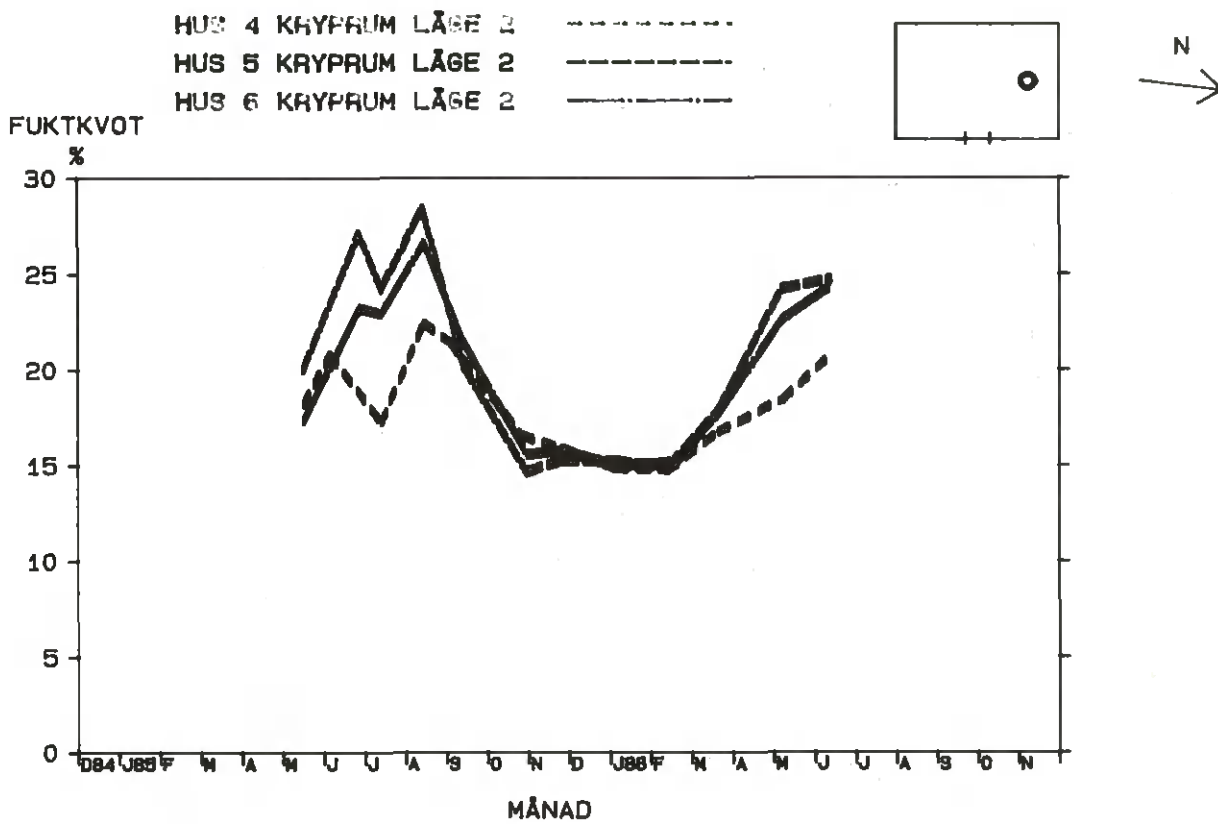
Mätpunkterna är placerade ovanför varandra. Nr 3 mot syllen, nr 4 i huvudhöjd och nr 5 i höjd med mellanbjälklaget. Den högst placerade mätpunkten redovisar de lägsta värdena under större delen av året.

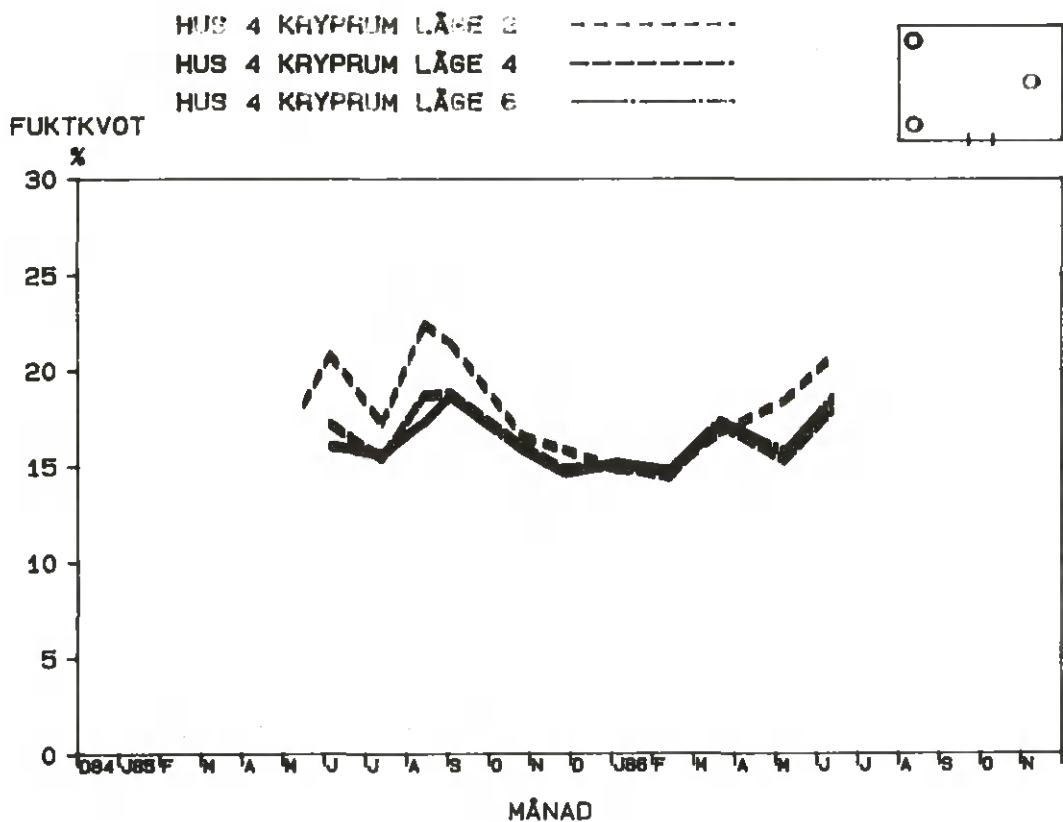




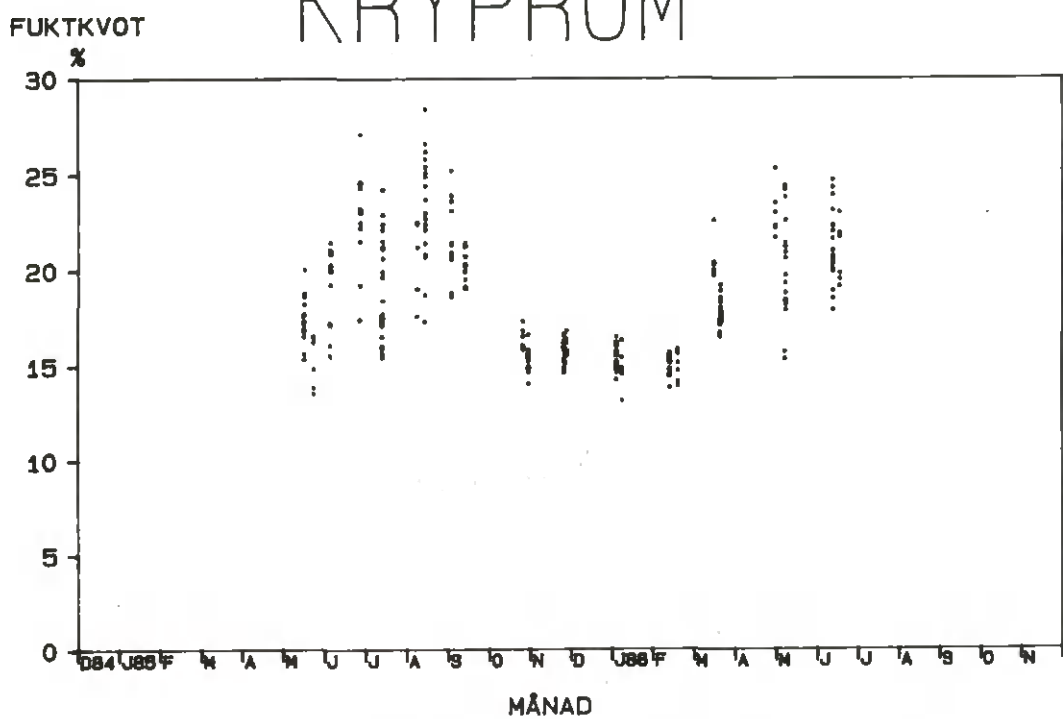






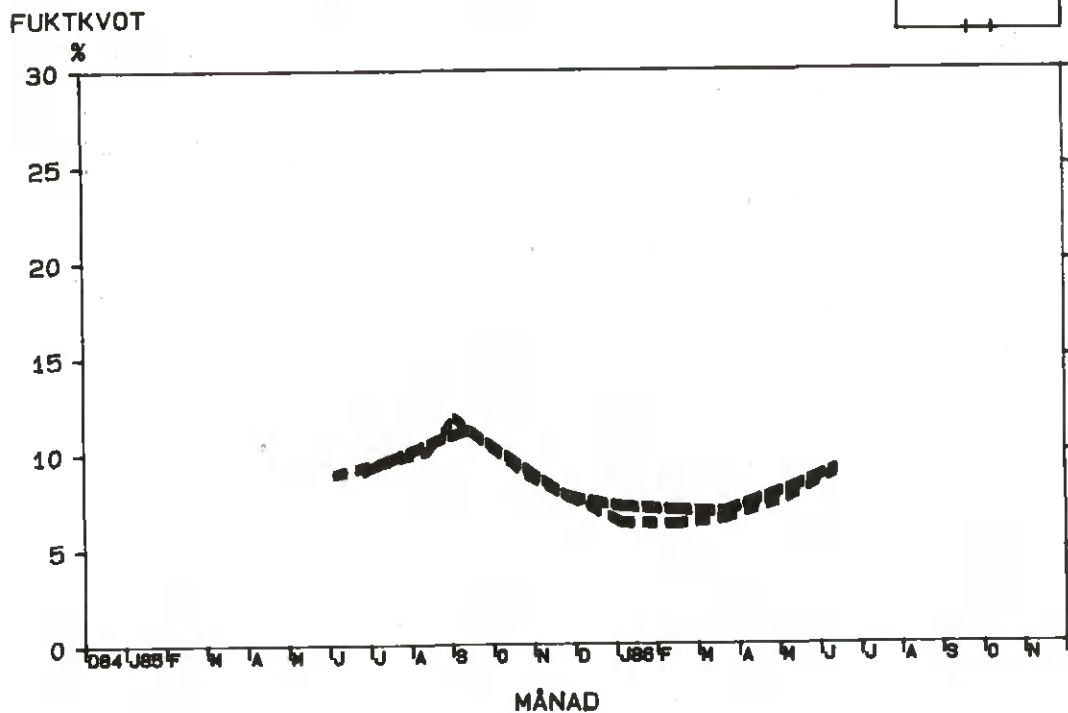
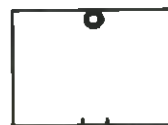


# KRYPRUM

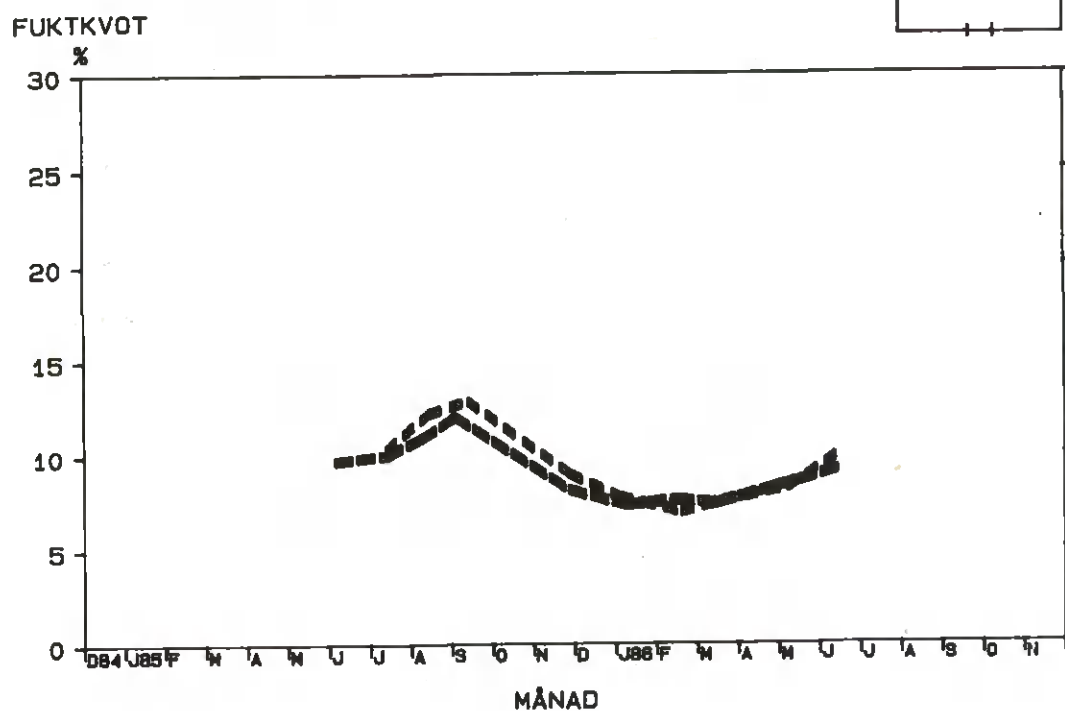


Varje punkt representerar en uppmätt fuktkvot. Detta är alltså samtliga uppmätta värden i kryprummen.

HUS 4 VINDSGARDEROB ---  
 HUS 5 VINDSGARDEROB ---



HUS 6 VINDSGARDEROB ---  
 HUS 7 VINDSGARDEROB ---



<b>STOR FARA FÖR MÖGEL OCH RÖTA</b>	28
<b>BETYDANDE RISK FÖR MÖGEL- OCH RÖTTILLVÄXT</b>	20
<b>RISK FÖR MÖGEL- OCH RÖTTILLVÄXT</b>	17
<b>INGEN RISK FÖR MÖGEL OCH RÖTA</b>	

<b>STOR FARA FÖR MÖGEL OCH RÖTA</b>	28
<b>BETYDANDE RISK FÖR MÖGEL- OCH RÖTTILLVÄXT</b>	20
<b>RISK FÖR MÖGEL- OCH RÖTTILLVÄXT</b>	17
<b>INGEN RISK FÖR MÖGEL OCH RÖTA</b>	

## Noggrannhetsanalys, tabell 1

Tabellen visar provkroppars fuktkvot före och efter förvaring i slutna plastpåse under olika tidsintervall

Tid (h)	(nr)	Fuktkvot		Differens Före-Efter
		Före (%)	Efter (%)	
2	A1	17.22	17.09	-0.13
	2	16.54	16.49	-0.05
	3	16.66	16.66	0
	4	16.70	16.65	-0.05
	5	17.23	17.15	-0.08
	6	17.02	16.94	-0.08
		medel:		
3	B1	16.43	16.43	0
	2	16.40	16.35	-0.05
	3	16.75	16.75	0
	4	17.20	17.20	0
	5	17.15	17.15	0
	6	16.91	16.79	-0.12
		medel:		
4	C1	17.04	17.00	-0.04
	2	16.61	16.61	0
	3	16.49	16.44	-0.05
	4	16.75	16.70	-0.05
	5	16.62	16.57	-0.05
	6	16.81	16.81	0
		medel:		
5	D1	16.73	16.65	-0.08
	2	16.43	16.39	-0.04
	3	16.50	16.45	-0.05
	4	16.54	16.40	-0.14
	5	16.77	16.68	-0.09
	6	16.68	16.63	-0.05
		medel:		
6	E1	16.61	16.52	-0.09
	2	16.66	16.57	-0.09
	3	16.67	16.60	-0.07
	4	16.56	16.53	-0.03
	5	16.81	16.77	-0.04
	6	17.19	17.07	-0.12
		medel:		
7	F1	17.02	16.89	-0.13
	2	17.12	16.98	-0.14
	3	17.17	17.05	-0.12
	4	17.02	16.98	-0.04
	5	16.82	16.78	-0.04
	6	16.75	16.64	-0.11
		medel:		

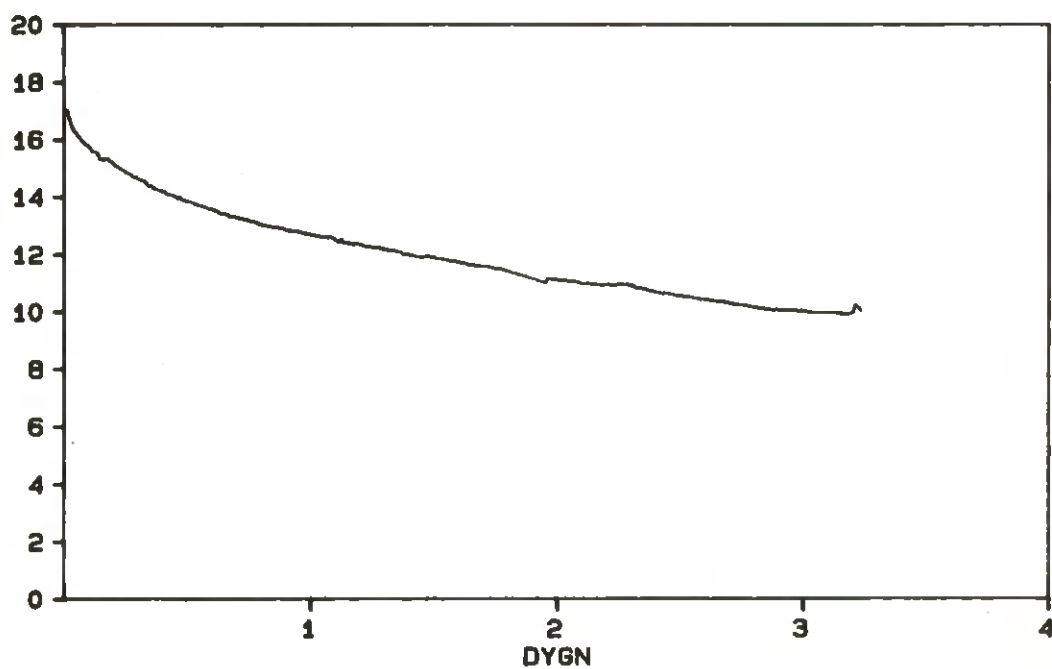
## Noggrannhetsanalys, tabell 2.

Tabellen visar provkroppars vikter efter olika långa torkningstider.

(nr)	ANTAL TIMMAR I TORKSKÅP (105 +/-3 °C)					
	23	24	25	26	27	28
A1	23.05	23.06	23.04	23.05	23.05	23.06
2	19.58	19.58	19.60	19.60	19.60	19.60
3	19.33	19.35	19.33	19.33	19.33	19.34
4	21.61	21.63	21.62	21.62	21.62	21.63
5	26.64	26.63	26.64	26.64	26.64	26.64
6	23.25	23.25	23.27	23.27	23.26	23.26
B1	20.07	20.08	20.09	20.08	20.08	20.07
2	20.61	20.62	20.62	20.61	20.61	20.60
3	20.97	20.95	20.96	20.94	20.94	20.95
4	23.90	23.89	23.90	23.90	23.90	23.90
5	23.34	23.31	23.33	23.33	23.33	23.33
6	23.76	23.79	23.77	23.77	23.76	23.75
C1	22.72	22.71	22.71	22.72	22.71	22.71
2	21.37	21.37	21.37	21.37	21.37	21.36
3	19.90	19.89	19.89	19.89	19.89	19.89
4	21.86	21.86	21.85	21.85	21.85	21.85
5	20.12	20.09	20.09	20.10	20.12	20.11
6	21.95	21.95	21.95	21.95	21.95	21.94
D1	26.61	26.60	26.61	26.60	26.60	26.61
2	23.98	23.97	23.97	23.99	23.97	23.98
3	23.34	23.33	23.33	23.34	23.33	23.34
4	21.83	21.82	21.83	21.83	21.82	21.83
5	23.61	23.62	23.62	23.63	23.63	23.63
6	20.00	20.02	20.01	20.02	20.02	20.02
E1	22.70	22.70	22.70	22.71	22.70	
2	23.10	23.11	23.11	23.10	23.11	
3	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	
4	28.38	28.37	28.38	28.38	28.38	
5	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	
6	26.99	26.98	27.01	27.00	27.00	
F1	23.09	23.08	23.09	23.09		
2	20.44	20.45	20.45	20.44		
3	24.11	24.12	24.12	24.10		
4	27.50	27.51	27.50	27.51		
5	23.23	23.24	23.23	23.24		
6	26.61	26.62	26.62	26.62		

## ANPASSNINGSTID FÖR PROVKROPP

FUKTKVOT  
(%)



Diagrammet visar hur en provkropp's fuktkvot förändras med tiden.

## DIAGRAM FRÅN SPÅRGASMÄTNING I HUS 4 OCH 5

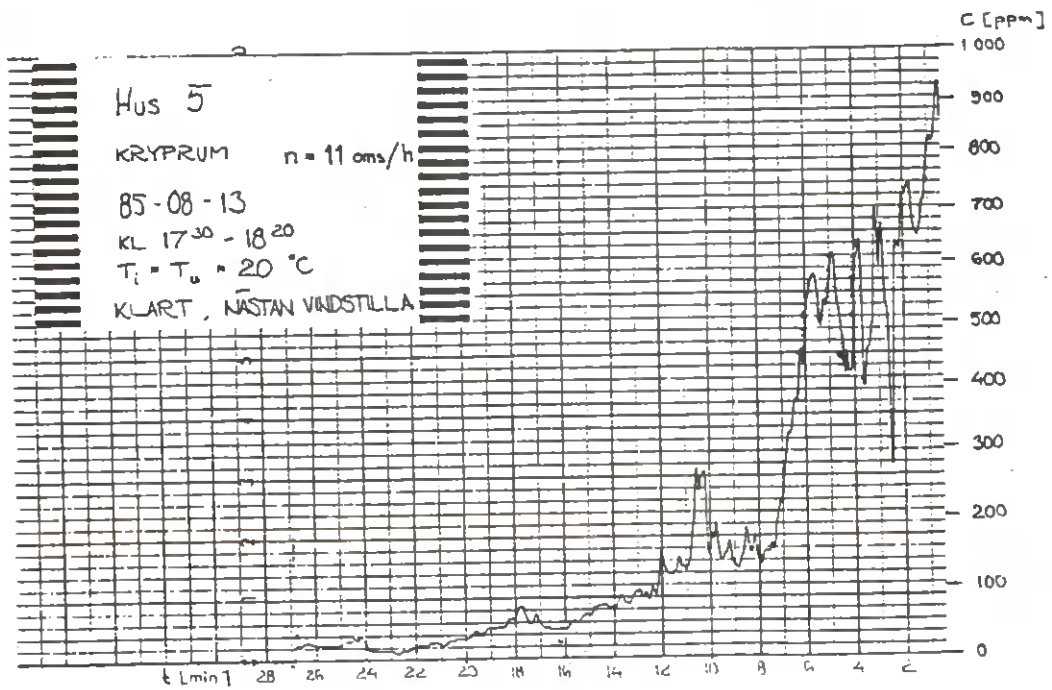
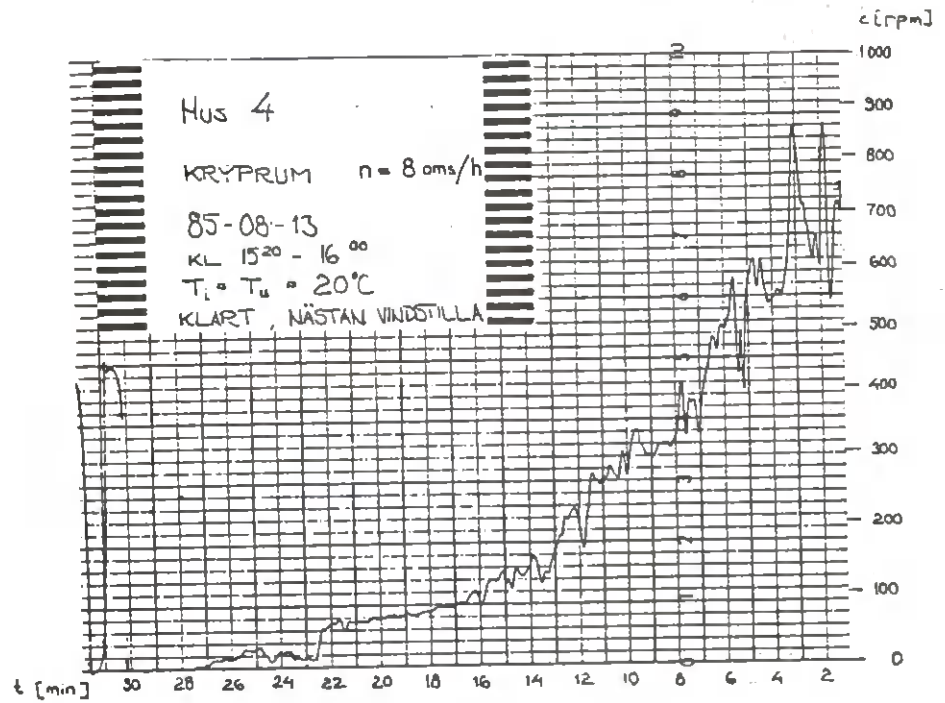
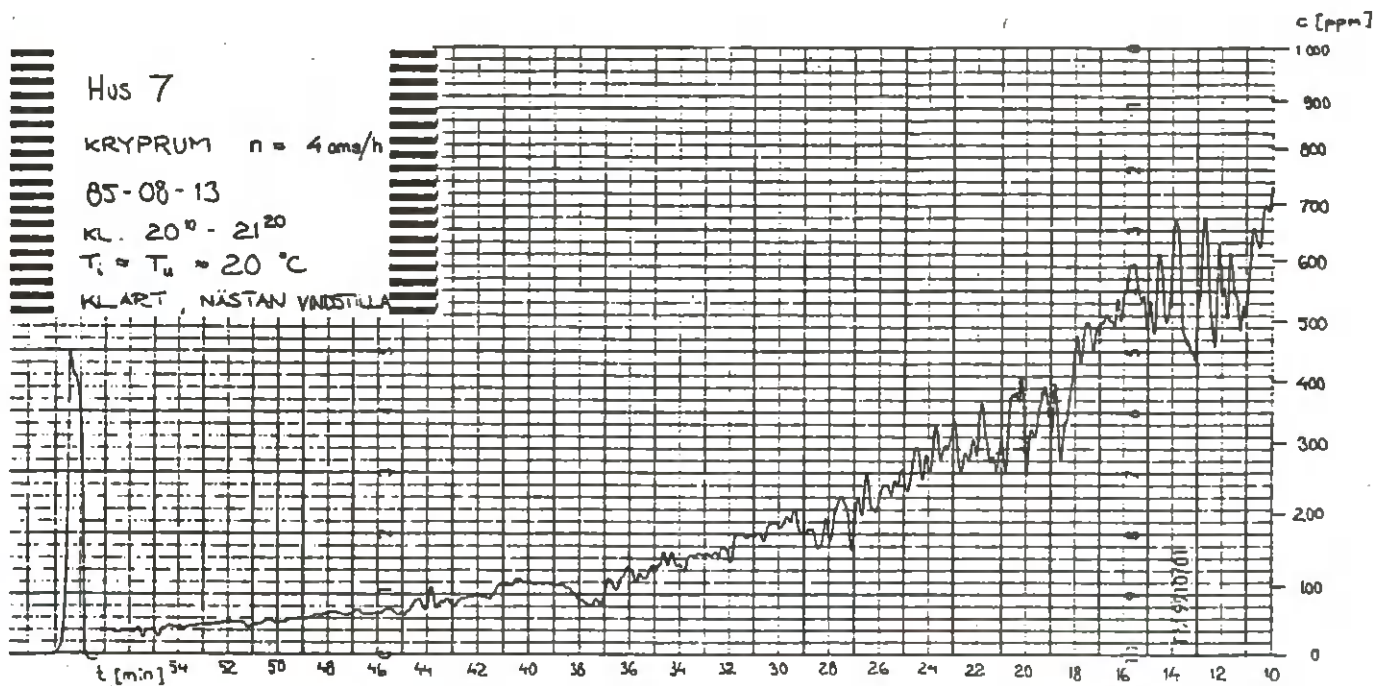
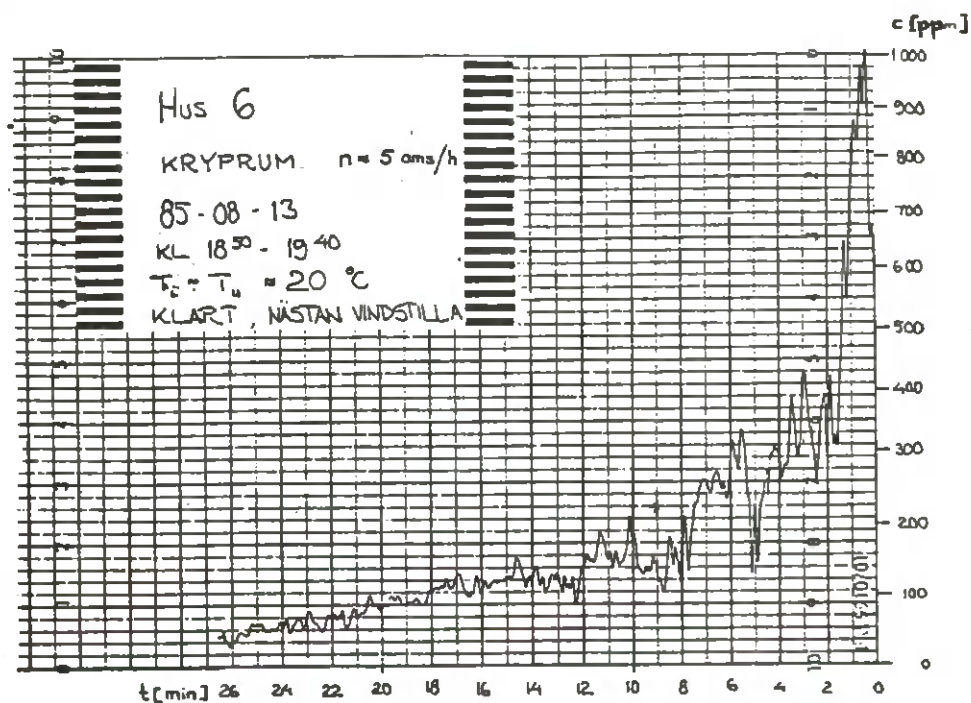
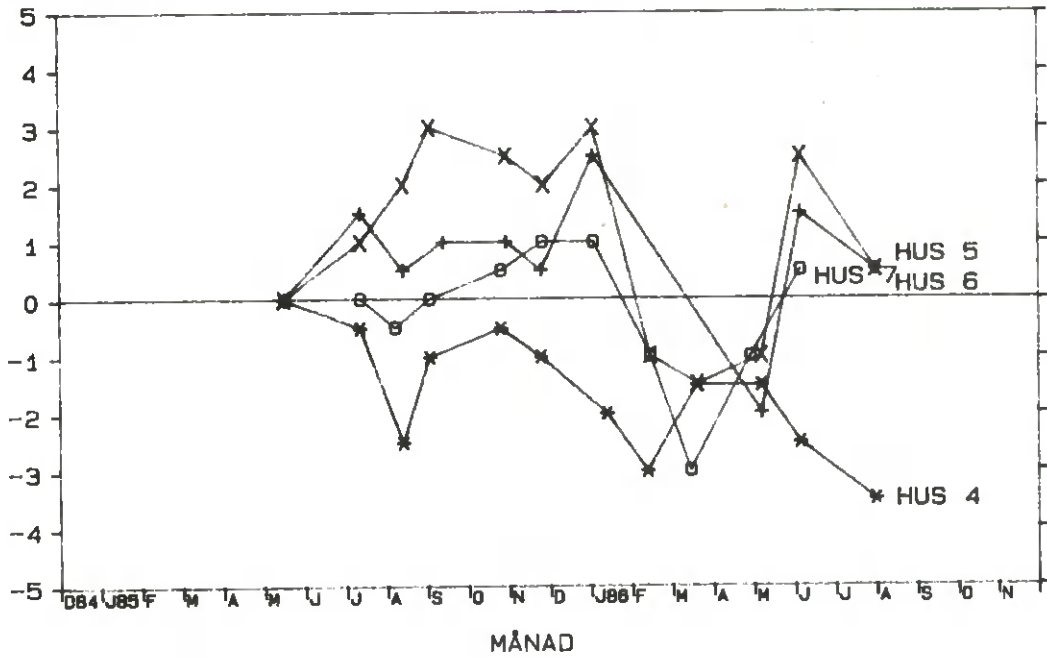


DIAGRAM FRÅN SPÄRGASMÄTNING I HUS 6 OCH 7

## RÖRELSER I BOTTENBJÄLKLAG

AVVIKELSE  
mm



Bottenbjälklagens rörelser i förhållande till en ståltråd som spänts upp i kryprummen.



## BERÄKNINGSEXEMPEL OCH FÖRUTSÄTTNINGAR TILL TEORETISK BEDÖMNING

SOMMAR			VINTER		
$\varphi_u$	60	85	$\varphi_u$	75	95
$T_u$			$T_u$		
10	VÄGG OCH		-10	VÄGG OCH	
15	VINDSGARDEROB		5	VINDSGARDEROB	
$\varphi_u$	75	95	$\varphi_u$	75	95
$T_u$			$T_u$		
15	BOTTENBJÄKLÄG		-5	BOTTENBJÄKLÄG	
20	OCH KRYPRUM		5	OCH KRYPRUM	

- FUKTTILLSKÖTTET INOMHUS  $v_{RT} = 4.00 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$

- INOMHUSTEMPERATUR  $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

SKIKT	d	$\lambda$	m	$\Delta T$	T	$v_s$	$\delta$	Z	$\Delta v$	v	$\varphi$	u
	[m]	[W/m°C]	[m²°C/W]	[°C]	[°C]	[kg/m³]	[m²/s]	[s/m]	[kg/m³]	[kg/m³]	[%]	[%]
UTELUFT			0.05	0.03	+15.0	$12.82 \cdot 10^{-3}$	-	0	0	$7.69 \cdot 10^{-3}$	60	
HÄRD TRÄFIBERSKIVA	0.010	0.13	0.08	0.05	+15.1	12.82	$0.25 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^3$	$0.04 \cdot 10^{-3}$	7.69		
MINERALULL KVAL. A	0.300	0.040	7.50	4.72	+19.8	17.08	24	12	0.01	7.73	60	13
PLASTFOLJE	0.0002	0.00	0.00	0.00	+19.8	17.08	-	4000	3.94	7.74	45	10
HALVHÄRD TRÄFIBERSKIVA	0.0092	0.080	0.12	0.08	+19.9	17.18	2.5	4	0.01	11.68	68	15
INNELUFT			0.20	0.13	+20.0	17.28	-	0	0	11.69		
			7.94					$4056 \cdot 10^3$	$4.00 \cdot 10^{-3}$			

-  $\lambda$  ENLIGT SBN KOMMENTÄRSAMLING 1985

-  $v_s$  OCH  $\delta$  ELLER Z ENLIGT NEVANDER, 1981

## LITTERATUR

- 1 ANDERLIND, G, BOND, S & STADLER, C-G, Rättviksprojektet  
-Fuktförhållanden vid tilläggsisolering av vindsbjälklag.  
Ängelholm 1984.
- 2 AXEN, B, HYPPEL, A & MOQVIST, S, Mögel i bjälklag  
-Undersökningsrutiner och skadefall.  
Byggforskningsrådets rapport T29:1981.  
Stockholm 1981.
- 3 BECKER, B, m fl, Fukt -Allmänt.  
Byggforskningsrådets rapport T28:1981.  
Stockholm 1981.
- 4 BECKER, B, m fl, Fukt -Dränering, Grunder.  
Byggforskningsrådets rapport T29:1981.  
Stockholm 1981.
- 5 BECKER, B, m fl, Fukt -Ytterväggar, Fönster.  
Byggforskningsrådets rapport T30:1981.  
Stockholm 1981.
- 6 BERGSTRÖM, U, Fukt- och temperaturberoende rörelser i  
småhusstommar.  
Träförädlingsbyråns rapport nr 109.  
Stockholm 1981.
- 7 BERGSTRÖM, U, Lufttäthet i prefabricerade småhus  
-enkätundersökning samt energibesparing och lufttäthet i  
prefabricerade småhus.  
Träförädlingsbyråns rapport. Stockholm.
- 8 BERGSTRÖM, U, Lätta byggsystem, isolering, energifrågor  
-inventering av dokumentation och pågående utredningar, del 2.  
Träförädlingsbyråns rapport. Stockholm 1979.
- 9 BERGSTRÖM, U, Träpanel direkt mot vindskydd  
-enkätundersökning och problemanalys.  
Träförädlingsbyråns rapport.

- 10 BRAMWELL, M, m fl, The International Handbook of Wood. Artists House. London 1976.
- 11 ENGLUND, B-O, Klimatmätningar i byggnadsdelar av trä -erfarenheter från mätningar i sju småhus. Svenska Träforskningsinstitutets meddelande serie D nr 127. Stockholm 1981.
- 12 ELMROTH, A, Kryprumsgrundläggning. Byggeforskningsrådets rapport R12:1975. Stockholm 1975.
- 13 ELMROTH, A & LEVIN, P, Yttertaks konstruktion utan luftspalt mellan underlagstäckning och värmeisolering -en fältstudie. Träteknikrapport nr 64, TräteknikCentrum. Stockholm 1985.
- 14 ESPING, B, Handbok i virkestorkning. Svenska Träforskningsinstitutets meddelande serie A nr 443. Stockholm 1977.
- 15 HARDERUP, L-E, Luftfuktighet i bostäder. Inst f byggnadsteknik, rapport TVBH-3009, LTH. Lund 1983.
- 16 HARRYSSON, C, & ENQUIST, B, Fukt- mögel- och rötaproblem i moderna småhus -en inventering och problemanalys. Träförädlingsbyråns rapport, TräteknikCentrum. Stockholm 1982.
- 17 NEVANDER, L-E & ELMARSSON, B, Fukthandbok. Svensk Byggtjänst. Helsingborg 1981.
- 18 SAMUELSON, I, Mögel i hus -orsaker och åtgärder. Statens Provningsanstalt, teknisk rapport 1985:16. Borås 1985.

- 19 Svensk byggnorm. Statens planverks författningssamling.  
PFS 1980:1.  
Stockholm 1980.
- 20 Wood Handbook: Wood as an Engineering Material.  
Agriculture Handbook no 72. Forest Products Laboratory,  
Forest Service, U.S Department of Agriculture.  
Washington 1974.

Detta digitala dokument  
skapades med anslag från

**Stiftelsen Nils och Dorthi  
Troëdssons forskningsfond**

## **TräteknikCentrum**

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

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

Åsenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING  
Telefon: 036-12 60 41

Box 354, 931 24 SKELLEFTEÅ  
Besöksadress: Bockholmsvägen  
Telefon: 0910-881 40  
Telex: 650 31 expolar s  
Telefax: 0910-889 88