

3010 4050L 4161011

JM

FUKTMÄTNING MED INGJUTNA GIVARE

av

Nicklas Sahlén

Malmö i januari 1994

SBUF

Box 7835

103 98 Stockholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	SID
Förord	4
Sammanfattning	5
1. Inledning	
1.1 Bakgrund	8
1.2 Målsättning	9
1.3 Genomförande	9
2. Mätutrustning och mätmetodik	
2.1 Mätprincip	10
2.2 Den ingjutningsbara fuktgivarens utformning	10
2.3 Skyddsbygel	10
2.4 Fuktgivarens mätkabel	10
2.5 Registrering och avläsningsutrustning	12
3. Kalibrering	
3.1 Kalibreringskurvor, allmänt	13
3.2 Kalibreringskurva för luft	13
3.3 Kalibreringskurva för betong i laboratorium	13
3.4 Kalibreringskurva för betong i fält	14
3.5 Analys av resultat och noggrannhet hos upprättade kalibreringskurvor.	16
4. Temperaturberoende	18
5. Frystålighet	20
5.1 Frystest	20
6. Fälterfarenheter	21
7. Funktion och leveranskontroll	22
8. Slutsatser	
8.1 Hanterbarhet och hantering	22
8.2 Inmontering	22
8.3 Manual	22
8.4 Kostnad	22
8.5 Leveranskontroll	22
8.6 Noggrannhet	22
9. Mätresultat, fältmätningar	
9.1 Mätresultat JM Bygg, kv. mellanvången i Bjärred	23
9.2 Mätresultat JM Bygg, kv. basunen i Malmö	25
9.3 Mätresultat JM Bygg, kv. Pilevallen i Arlöv	25
9.4 Mätresultat JM Bygg, kv. Regeringen i Lund	26
9.5 Mätresultat JM Bygg, St. Olof i Simrishamn	27

Förord

I syfte att sänka byggkostnaderna kortas byggtiderna. Byggnadsarbetena måste naturligtvis fortfarande bedrivas så att ställda kvalitetskrav uppfylls. Under dessa förutsättningar blir det särskilt angeläget att ha en god kontroll över fuktförhållandena i betongkonstruktionerna. Detta ger oss möjlighet att välja lämpliga produktionsmetoder och tillika skydds och uttorkningsmetoder så att ställda krav uppfylls.

Utvecklingsprojektet, som presenteras här, har resulterat i ett system för mätning av fukt i betong som avsevärt bättre tillgodoser den praktiske byggarens behov än tidigare tillgängliga system och mätmetoder.

Ekonomiskt stöd till utvecklingsprojektet och utvärderingen har lämnats av bland annat SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, för vilket vi framför ett tack.

Ett stort tack till styrgruppens ledamöter och till alla andra som medverkade i projektet som välvilligt ställt upp och lämnat bidrag och uppgifter som krävts för utveckling, utvärdering och analys.

Rapporten har i samråd med styrgruppen utarbetats av Nicklas Sahlén.

Jag är övertygad om att denna mätmetod kommer att bidra till avsevärt förbättrad kontroll av fuktförhållandena i betongstommar och ge sundare hus som resultat.

Lund i januari 1995

Per - Anders Olsson
JM Byggnads AB

Sammanfattning

I ett av SBUF delfinansierat projekt med titeln Fuktmätning med ingjutna fuktgivare har en ny fuktmätningss metodik, anpassad till byggproduktionsprocessen, utvärderats och funktionsanpassats. JM Byggnads AB i Lund ha beviljats SBUF medel för att utvärdera den av Sahléns Fuktkontroll AB framtagna metoden. Projektledare har varit Civilingenjör Christina Hansson respektive Kvalitetsingenjör Per-Anders Olsson JM Bygg. Projektarbetet har till största delen utförts av Sahléns Fuktkontroll AB.

Omfattande laboratoriemätningar med givarna ingjutna i olika betongkvaliteter, där uttorkningen följts med hjälp av mätdator, har gjorts. Omfattande verklighetsrelaterade ingjutningar och mätningar samt mätning på uttagna kontrollprover har gjorts på fem byggarbetsplatser. Den naturliga byggfuktavgången har följts.

Laboratoriemätningarna är utförda på Sahléns Fuktkontrolls fuktmätningsslaboratorium i Malmö. Fälttesterna är utförda på JM:s byggarbetsplatser i Lund och Malmö regionen. Delvis har utplacering och montering av fuktgivarna utförts av JM:s egen personal på byggarbetsplatsen.

Mätssystemet är robust, tillförlitligt, billigt och framför allt ett användbart verktyg i byggproduktionen. Mätssystemet ger, relativt andra system en god mätnoggrannhet, mycket beroende på att negativa randeffekter liksom inverkan av mänskliga faktorn är minimerade i Sahléns systemet. I de flesta andra fuktmätningssystem, som idag finns på marknaden är ovan nämnda faktorer stora och påverkar här klart den slutliga mätnoggrannheten. De här aktuella givarna som går under arbetsnamnet MS 102 är resistiva, dvs man mäter ändringen i den elektriska resistansen i förhållande till hur fuktnivån i betongen ändras. Resistansen mäts mellan två elektroder inmonterade i ett hygroskopiskt material. Detta är den aktiva delen i fuktgivaren. Den omges av ett hölje som har egenskapen att släppa in och ut vatten i ångfas men ej i vätskefas. Givarhöljet är så mekaniskt stabilt att det inte skadas av betongen vid gjutning.

Innanför nämnda hölje är en temperatursensor av halvledartyp monterad. Aktuell temperatur kan därmed mätas och resistansens temperaturberoende kan kompenseras.

MS 102 är försedd med en monteringsstång i givarens hållare. Stången gör det möjligt att fästa fuktgivaren på lämplig nivå i armeringsjärn, plåt eller annan typ av form.

Under projektets gång har en skyddsbygel utvecklats. Erfarenheter från fälttesterna har visat att den behövs. Kalibrering hos användaren behövs inte, då varje givare är kalibrerad vid leverans.

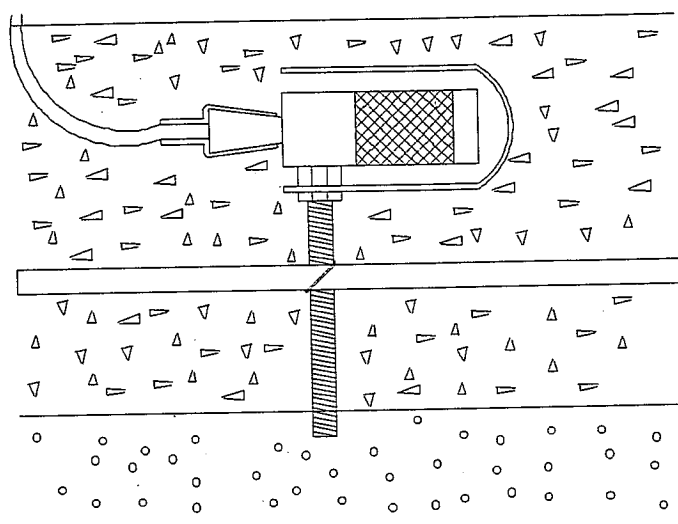


Fig 1.

I fig. 1 visas en skiss av MS 102 ingjuten i betong.

Två olika mätinstrument kommer att finnas på marknaden.

Instrument 1, det billiga, ger ett utslag i % fuktkvot (FK %). För att få veta vilken % RF utslaget motsvarar måste först eventuell temperaturkorrigering göras. Därefter går man in i en standardkurva och avläser i ett enkelt diagram vilken RF som FK utslaget motsvarar.

Instrument 2, det dyrare, är enklare att använda. Tryck på två knappar och aktuellt RF kommer på en digitaldisplay eller om man vill, via en printer, på en pappersremsa. Instrumenten ansluts via en kabel och krokodilklämmor enkelt till givaren.

MS 102:s tillledning kan göras nästan hur lång som helst innan mätresultatet påverkas, och kan alltså från givarens monteringsplats dras ut från gjutformen i alla förekommande byggobjekt. Kabeln är mycket oöm, den kommer att vara rödfärgad och därmed lätt kunna skiljas från andra elledningar.

Mätområdet för MS 102 är mellan 60 -100 % RF. Mätvärdet är mycket stabilt mellan 60 - 95 % RF. Över 95 % RF inträffar vad man kallar en viss polarisering som innebär att mätvärdet blir aningen osäkert. Dock kan man klart avgöra om RF är 96 eller 97 %

Vid upprättande av kalibreringskurvor har som RF - referens används mättade saltlösningar som ger RF nivåer 75.5, 85.1, 94.6 och 97.6 % . För mätningar av direkt RF i betongprovkropparna i laboratorium och på uttagna prover från fälttesterna har använts Protimeters daggpunktgivare typ DP 989 M. Dessa har i sin tur kontinuerligt kalibrerats över mättade saltlösningar på samma RF nivåer som ovan.

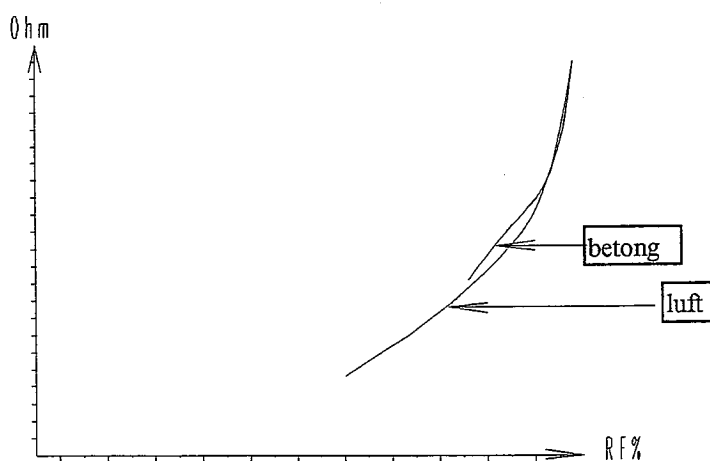


Fig 2.

I fig. 2 visas de i laboratorium upptagna kalibreringskurvorna.

1. Inledning

I ett av SBUF delfinansierat projekt med titel "Fuktmätning med ingjutna fuktgivare" har en ny fuktmätningsteknik utvecklats och utvärderats. Denna rapport utgör slutrapport över projektet.

1.1 Bakgrund

Med tanke på den stora kvalitetsbristkostnad som uppstår om man mäter fukt fel, eller inte mäter alls, har Sahléns Fuktkontroll AB utvecklat ett nytt mätsystem för att fastställa fukttillståndet i byggnadsmaterial. Målet med utvecklingsarbetet har varit att mätsystemet skall vara användarvänligt, tillförlitligt, billigt och *framför allt användningsbart i den dagliga byggproduktionen.*

Det finns idag på marknaden ett antal olika fuktgivare, i varierande prisklasser och med skiftande noggrannhet. Noggrannheten som erhålls med dessa fuktgivare är starkt påverkad av såväl negativa randeffekter som av den s.k. mänskliga faktorn. Gemensamt för givarna är att de måste handhas av personal med specialkunskaper. Denna kompetens saknas inom många byggföretag, med några få undantag. Ingen av fuktgivarna är heller anpassade för att användas vid daglig byggproduktion.

Det finns idag inom byggsektorn ett stort behov av ett okomplicerat, tillförlitligt och praktiskt användbart mätsystem för fuktmätning. Detta behov ökar ständigt i takt med att beställarna av byggprojekt ställer krav på att byggfuktproblemet skall övervakas. Även kommande byggnormer och byggföretagens strävan mot att certificeras för kvalitetsnormen ISO 9000, ökar behovet av mätsystemet.

JM Bygg i Lund har tillsammans med Sahléns Fuktkontroll AB beviljats ett SBUF-bidrag för att kunna fortsätta utveckla en ny typ av fuktgivare, för ingjutning i betong vid nyproduktion. Fuktgivaren har fått arbetsnamnet MS 102.

Fuktgivaren skall fungera som ett verktyg i byggföretagens strävan att kunna kvalitetssäkra sin produktion, dvs ha kontroll över byggfuktens avgång, främst i betongkonstruktioner.

Det nya med systemet är att man kan gjuta in fuktgivaren i betongen och därmed kommer givarna ej att störa övrig verksamhet under byggtiden. Bestämning av fukttillståndet i betong med detta system kan göras av **personal på byggarbetsplatsen**. Mätfel p.g.a. randeffekter och mänskliga faktorn är minimerade så långt det går.

1.2 Målsättning.

Målsättningen för projektet har varit att kunna presentera ett komplett fuktmättningsprogram som är enkelt att använda, tillförlitligt, ekonomiskt och praktiskt användbart.

1.3 Genomförande

För projektet tillsattes en styrgrupp bestående av följande personer:

Tekn. dr	Bengt Hansson	LTH
Tekn. dr	Göran Hedenblad	LTH
Geolog	Elisabeth Lyhagen	Sydsten
Professor	Lars - Olof Nilsson	CTH
Kvalitets Ing	Per - Anders Olsson	JM Bygg
Forskn. Ing	Sture Sahlén	LTH

Styrgruppen har haft sammanträde tre gånger, januari 94, juni 94, och i november 94. Styrgruppen enades i Januari 94 om att följande frågeställningar skulle penetreras:

- **Kalibreringskurvor för givarna i såväl luft som betong.**
- **Analys av spridning och noggrannhet.**
- **Givarnas frysningstålighet.**
- **Givarnas temperaturberoende.**
- **Infästningsanordning för givarna.**
- **Framtagning av lämpligt mätinstrument.**
- **Hur leveranskontroll av givarna skall utföras.**

Ovan nämnda punkter har genomförts inom projektets ram.

Arbetet inom projektet har till största delen utförts av Nicklas Sahlén, Sahléns Fuktkontroll i Malmö. Vid projektets start 940105 fanns givare och mätmetodik utarbetade. Även vissa tester var utförda i laboratorium och i någon mån i fält.

2. Mätmetodik och mätinstrument

Den nya mätutrustningen har utvecklats av Nicklas Sahlén, Sahléns Fuktkontroll AB. RF-givarna benämns Moisture Sensor 102, förkortat MS 102.

2.1 Mätprincip

Fuktgivarna är av en typ som kallas resistiva, dvs. man mäter givarens elektriska resistansändring som funktion av fuktändringen i sensorn, givarens aktiva del, under byggfuktsavgången.

2.2 Den ingjutningsbara givarens utformning

Själva sensorn består av ett hygroskopiskt material, i vilket det finns två elektroder inmonterade. Mellan dessa elektroder mäts aktuell resistans. Då den elektriska resistansen har ett temperaturberoende, finns intill fuktsensorn en temperatursensor av halvledartyp med vars hjälp aktuell temperatur invid fuktsensorn kan avläsas. Via en matematisk formel framtagen av H. Siiems 1983 kan temperaturkompensering göras, endera via korrigeringsstabell eller via mikroprocessor.

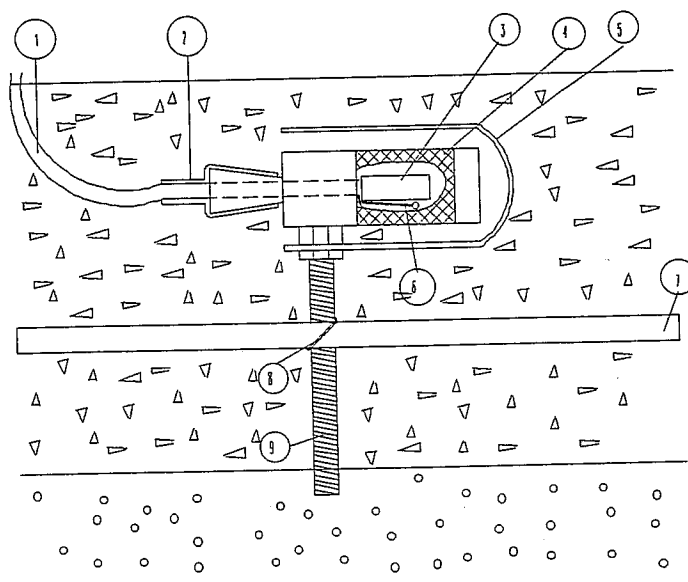
Fukt- och temperatursensorerna är infästa i en plashållare. Genom denna passerar också mätkabeln. I övrigt omges sensorerna av ett mekaniskt skydd av plast. Detta har egenskapen att släppa igenom fukt i ångfas men ej i vätskefas. Alltså kan utbyte av fukt i ångfas mellan fuktsensorn och omgivande betong ske obehindrat. Nämnade skydd har sådana mekaniska egenskaper att det tål att betong gjuts omkring fuktgivaren utan att den skadas.

2.3 Skyddsbygel och infästningsstång

Då givaren normalt monteras i gjutformen före gjutningen, finns risk att man kan trampa på och skada givaren under gjutningsarbetet. Givaren har därför försett med en skyddsbygel av stål på sin översida. Skyddsbygeln har ett antal borrarade hål för att inte hindra fukttransporten. I sensorfästets undersida finns en 8 mm gängad infästningsstång monterad. Den ger möjligheter till flera alternativa infästningsmöjligheter i gjutformen.

2.4 Givarens mätkabel

Givarens mätkabel är mycket kraftig och tål stora påfrestningar utan att få funktionsstörningar. Givarens mätprincip är resistiv och resistansens storlek, även vid mycket höga fukttillstånd är 100-tals kiloohm. Mätningstrustningen inte är därför inte störningskänslig och mycket långa mätkablar kan användas. De kan vara upp till 150 meter. Detta gör det möjligt att alltid kunna dra samman alla mätkablar till ett avläsningsställe vid bygget.



- | | |
|----------------|---------------------|
| 1. Mätkabel | 6. Temperaturgivare |
| 2. Krympslang | 7. Armeringsj rn |
| 3. Sensor | 8. Najtr d |
| 4. Filter | 9. Inf stningsst ng |
| 5. Skyddsbygel | |

Fig 2.1

I fig. 2.1 visas en principskiss av fuktgivaren MS 102.

2:5 Registrering eller avläsningsutrustning

Möjligheten att samla flera mätkablar till samma avläsningsställe, innebär att automatiserad avläsning via mät dator och modem är möjlig. Nödvändig utrustning för detta finns framtagna av Sahléns Fuktkontroll AB.

Det billigaste avläsningssättet är dock det manuella, där avläsaren via ett handhållet instrument manuellt kopplar in en givare i taget, avläser och registrerar manuellt. Den manuella avläsningsutrustningen kommer att finnas i två versioner .

Version 1: Den enklaste är i princip en kvalificerad resistansmätare med mycket hög ingångsimpedans. Den ger ett utslag i fuktkvot. Detta fuktkvotsutslag får manuellt föras in i en kalibreringskurva, ur vilken aktuell relativ luftfuktighet utläses. För temperaturavläsning behövs ett särskilt instrument.

Version 2: Är ett betydligt mer avancerat och därmed dyrare instrument. Till detta kopplas samtidigt både fukt- och temperaturgivare in. På instrumentet finns två knappar. Trycker man på den ena ger instrumentets display besked om aktuell temperatur vid fuktsensorn. Trycker man på den andra knappen visas på displayen aktuell relativ luftfuktighet, RF (%), temperatur - kompenserad och klar. Detta innebär också att om man så vill kan man beräkna ångtrycket vid aktuell fuktgivare.

Sammanfattningsvis är både givare och avläsningsutrustning mycket robusta och framtagna för att tåla den tuffa hanteringsmiljö en byggarbetsplats är.

Vidare behövs ingen omfattande utbildning. Endast en enkel instruktion krävs för den som skall handha inmonteringen av givarna eller sköta avläsningen. Den negativa inverkan på noggrannheten på mätresultat p.g.a. den s.k. mänskliga faktorn är i detta mätssystem verkligen minimerat.

3. Kalibrering

3.1 Kalibreringskurvor, allmänt

Hos de ingjutningsbara fuktgivarna har under upprättandet av de olika kalibreringskurvorna, givarnas elektriska resistans i förhållandet till relativa luftfuktigheten % RF mätts (Ohm / % RF). Referens för RF har varit mättade saltlösningar. De saltlösningar som använts ger, över sig, följande relativ luftfuktighet: 75.5, 85.1, 94.6 och 97.6 vid 20°C. Att saltlösningarna fungerat har kontrollerats med Protimeters daggpunktgivare typ DP 989M. Dessa daggpunktgivare har också används som RF-referens vid framtagning av kalibreringskurvor för betong vid såväl fält som laboriemätningar.

Temperaturmätningar har vid samtliga försök endera mätts med halvledare eller med termoelement. Vare sig mätningarna utförts med mät dator eller manuellt med resistansmätare, har dessa instrument varit kalibrerade med kända elektriska resistanser av hög kvalitet.

Enligt följande har tre olika kalibreringskurvorna tagits fram.

3.2 Kurva i luft

Givarna sänks först ner i ett vattenkar till ca: 300 mm djup. Där får de ligga i ca. 36 timmar. Efter en halvtimmes lufttorkning placeras givarna över en mättad saltlösning som ger 97.6 % RF, vid temperaturen 20°C. Här får givarna ligga tills de uppnått fuktjämvikt med 97.6 % RF. Sedan flyttas givarna till nästa saltlösning som är 94.6 % RF osv. Sedan till en saltlösning som ger 85.1% RF osv. och sist till en saltlösning som ger 75.5 % RF.

Givarna torkas alltså successivt ut, detsamma som sker vid torkning på byggplatsen.

Kontinuerliga mätningar av resistansförändringarna görs under hela kalibreringsprocessen, varje halvtimma med mät dator.

3.3 Kurva för betong i laboratorium.

För framtagning i laboratorium av betongkalibreringskurva har betongprovkroppar gjutits med 6 st MS 102 givare ingjutna. På samma nivå som givarna har rör gjutits in i betongen. Under betongens uttorkning har i dessa rör relativ luftfuktighet kontinuerligt mätts med hjälp av Protimeters daggpunktgivare kopplade till en mät dator.

Samtidigt har resistensändringarna hos MS 102 givarna registrerats med mät dator.

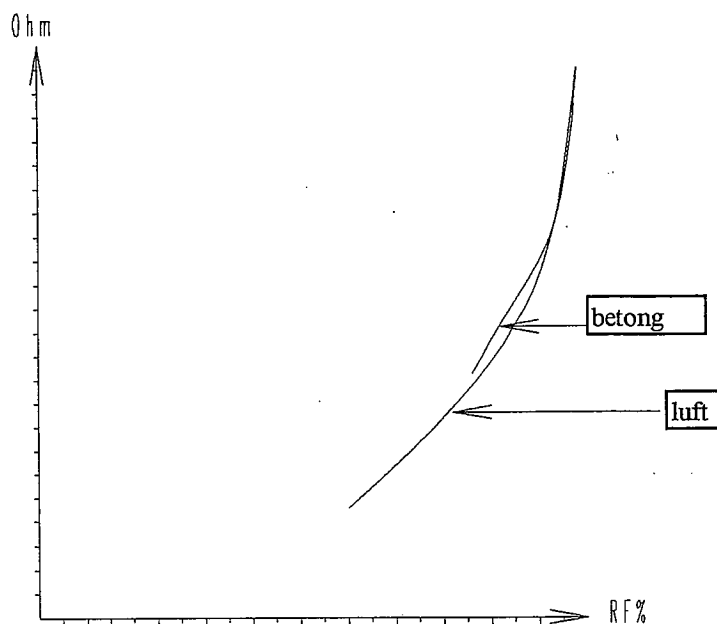


Fig 3.2 och 3.3

I figur 3.2 och 3.3 visas resultat från upprättande av luft och betongkurva i laboratorium.

3.4 Kurva för betong i fält (den resulterande kalibreringskurvan.)

Ytterligare en kalibreringskurva har tagits fram, den från fältmätningarna. Det är den för praktiken eller verkligheten mest intressanta.

Den har framtagits genom att på 5 st normala byggprojekt, i samband med ordinarie gjutningar, gjuta in 45 st MS 102 givare. Dessa givares elektriska resistens samt aktuell temperatur har med jämna mellanrum avlästs under betongens härdning och uttorkning. Minst 2 ggr under torkningsperioden har i samband med nämnda avläsningar prov på betongen bilats ut på aktuellt djup nära den ingjutna givaren. De utbilade proverna har lagts i förseglade provrör. I laboratorium vid 20°C har dessa betongprovers fukttinnehåll % RF bestäms med Protimeters daggpunktgivare. Samma daggpunktgivare som tidigare nämnts har använts.

Följande fältobjekt har utnyttjats för fälttesterna:

- JM Bygg, kv Basunen i Malmö
- JM Bygg, St Olof, Simrishamn
- JM Bygg, kv. Regeringen i Lund
- JM Bygg, Pilevallen i Arlööv
- JM Bygg, kv Mellanvången i Bjärred

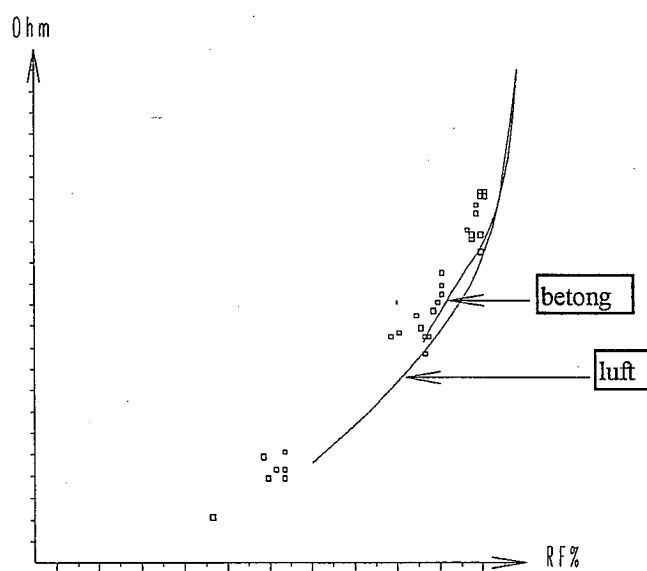
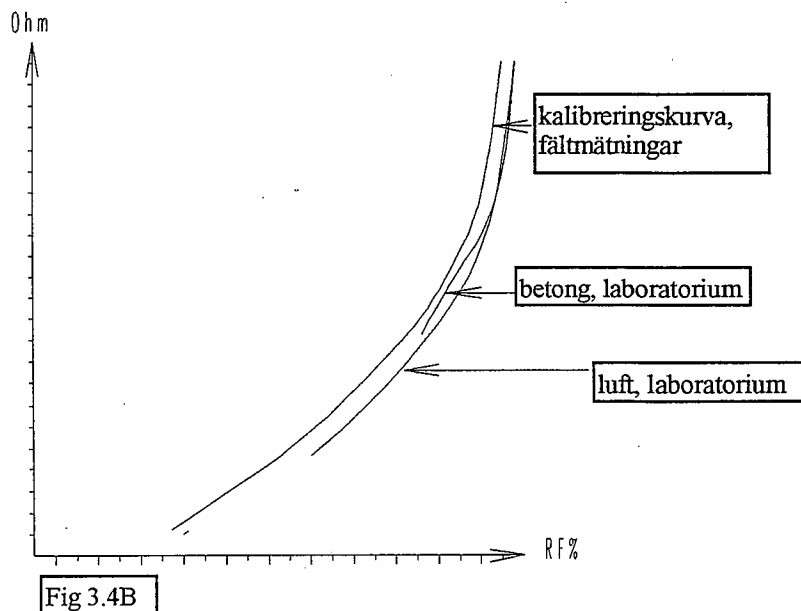


Fig. 3.4A

I figur 3.4 A visas resultat från fältmätningarna. Tillsammans med de båda laboratoriekurvorna.



I figur 3.4 B visas de upptagna kalibreringskurvorna.

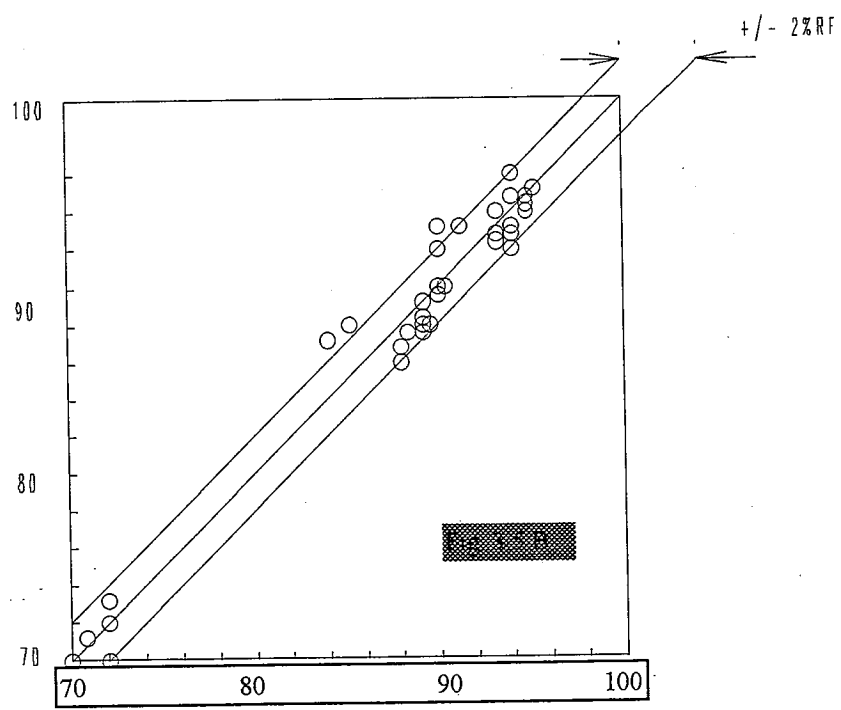
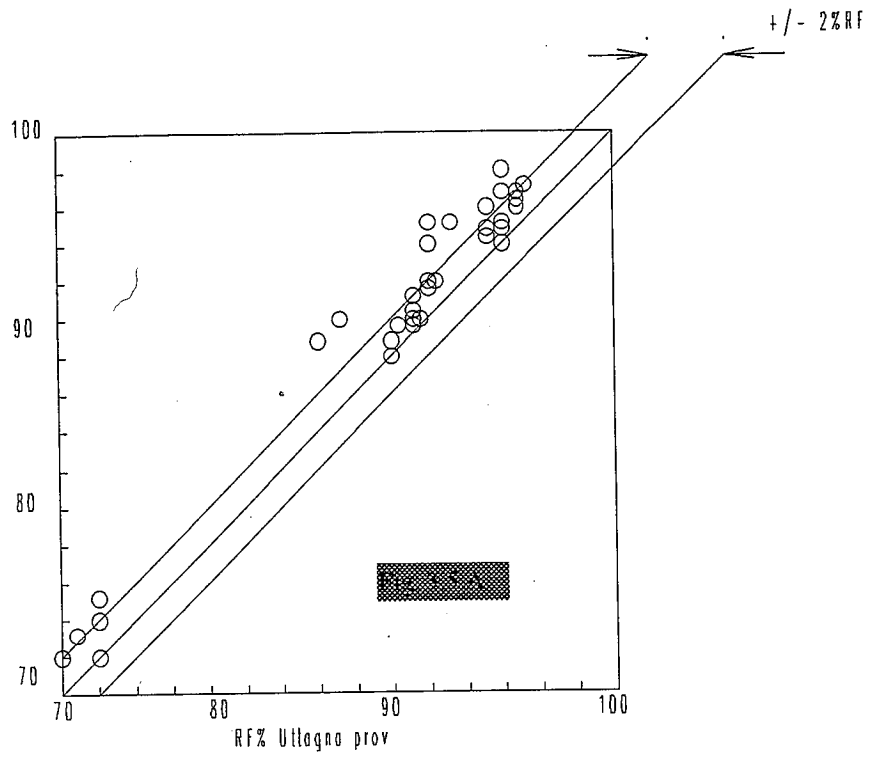
3.5 Analys av resultat och noggrannhet hos upprättade kalibreringskurvor

Nedan redovisas en sammanställning av resultat från de laboratorie- och fältmätningar som är utförda, dvs luft-laboratoriekurva, betong-laboratoriekurva och betong-fälttestkurva (se fig. 3.5A och fig. 3.5B). Denna visar på en total spridning i mätvärden på $\pm 2\%$ RF upp till 92% RF. Däröver är spridningen mellan de tre kurvorna $\pm 3\%$ RF.

Om man väljer att bortse från kurvorna upptagna i laboratorium, det är ju ändå fälttest kurvan som är den väsentliga, då visar mätresultaten att upp till ca. 92% RF är spridningen inte mer än $\pm 1\%$ RF. Däröver blir spridningen $\pm 2\%$ RF. Spridningen med detta mätsystem upp till 92% RF är alltså mycket god, däröver något sämre.

I fig. 3.5 visas spridningen av mätvärden i förhållandet betongkurva-laboratorium / uttagna prov.

I fig. 3.6 visas spridning av mätvärden i förhållandet resulterande kalibreringskurva / uttagna prov.



4. Temperaturberoende

Resistans är temperaturberoende. Beroendet i detta sammanhang är visat av H.Siimes 1983 enligt formeln:

$$UK = U(-0.01 \times t + 1.20)$$

UK = Temperaturkorrigerat resultat.

U = Avläst värde i % FK.

t = Aktuellt temperatur i °C

Temperaturkorrigeringen gäller för intervallet - 20 C till + 60 C .

Att denna temperaturkorrigering, i här aktuell applikation kan användas, är visat i ett försök som relateras nedan.

En givare samt ett termoelement gjöts in i en provkropp, 80 x 80 x 55 mm. Provkroppen fick torka ut i 10 dygn, därefter tillslöts den så att ingen uttorkning kunde ske.

Resultat enligt:

Gjutdatum: 940710 Betongkvalitet: K35 Tillslutningsdatum: 940720

Resultat avläst med Protimeter mini digital. För temperaturmätning används termoelement och termoelementförstärkare.

Datum	Temp.	Avläst värde FK%	Temp. korr. resultat	% RF enl. kurva.
940724	23.8	24.7	23.7	95
940729	22.3	24.3	23.7	95
940802	23.1	24.3	23.5	95

Efter mätning läggs provkroppen in i frys, ca. -20 °C.

940804	-19.8	14.2	19.9	90
940806	-19.0	14.4	20.0	90
940813	-19.7	14.4	20.1	90

Efter mätning provkroppen till rumsklimat, ca. 20 °C.

940814	22.9	23.9	23.2	95
--------	------	------	------	----

Efter mätning läggs provkroppen in i kyl, ca. 10 °C.

940820	9.2	22.2	24.6	96
940825	11.7	22.3	24.1	96
940923	10.1	20.8	22.9	94

Datum	Temp.	Avläst värde FK%	Temp. korr.	% RF enl. kurva.
Efter mätning provkroppen till rumsklimat, ca. 20 °C.				
941002	21.8	23.0	22.6	94
Efter mätning provkroppen in i ugn, ca. 40 °C.				
941011	28.7	40.0	23.0	94
Efter mätning provkroppen till rumsklimat, ca 20 °.				
941021	22.6	20.4	22.5	94

5. Frystålighet

Resultaten från en tidig test med dessa givare inom ett SBUF stött projekt i Uppsala där temperaturen i betongen, inom bara ett dygn efter gjutningen visade -11°C till -17°C blev en varningsklocka, då det visade sig att mer än 50 % av givarna slagits ut. Mätresultaten visade att endera berodde det katastrofala resultat på att givarna ej tålde att "frysas" eller att fritt vatten (gjutvatten) kommit in till sensorn..

För att utröna vad som var orsak till ovan nämnda problem, gjöts två givare in i en provkropp 150x150x200mm. Provkroppens sidor och botten täcktes med 150mm cellplast, givarna och termoelementet monterades på 60 mm djup. Syftet med testen var att utröna givarnas funktion vid låg temperatur.

Då givarutslagen temperaturkompenserades enligt tidigare nämnda formeln kunde vi konstatera att givarna uppfört sig helt normalt.

Incidenten i Uppsala har en annan för oss lärorik orsak nämligen att flertalet av givarna levererades med monteringsstången omonterad, denna monterades på byggarbetsplatsen. Det har vid efterkontroll visat sig att så får inte ske. Monteringsstången måste sättas på plats i samband med att övrig montering av givarna utförs, dvs före leverans.

5.1 Frystest

Resultat enligt:

Gjutdag: 940819 kl. 0930 Betongkvalitet: K35
Efter gjutning ställs provkroppen in i en frys med temperaturcyklingsfunktion.

Temperatur Ö = Frysens temperatur, ovanför provkropp.

Temperatur U = Frysens temperatur, under provkropp.

Temperatur = Temperatur vid givarna i provkroppen.

Temperaturer uppmätta med termoelement.

G2 = Givare 2

G3 = Givare 3

Datum	kl	Temp. Ö	Temp. U	Temp.	G2	G3
940819	1320	-	-	25.3	16.0	16.5
940819	2145	9.1	9.3	19.7	20.8	23.2
940820	1000	-21.4	-20.6	-2.8	19.4	21.3
940821	2000	9.1	9.6	-2.2	19.2	21.6
940822	0900	-21.6	-20.9	-7.9	18.5	20.5

Datum	kl	Temp. Ö	Temp. U	Temp.	G2	G3
940822	1000	-	-	-9.3	18.1	19.9
940822	1600	-	-	0.4	19.1	21.3
940824	1000	-	-	25.9	28.1	27.0
940829	0800	-	-	23.2	26.5	27.2
940902	-	-	-	23.1	26.2	26.9

Konklusion: Givarna rätt tillverkade tål utmärkt att utsättas för nerfrysning även vid mycket höga fukttilstånd.

6. Fältfarenheter

Vid fälttestningen har en del värdefulla erfarenheter gjorts, detta genom att låta personal på arbetsplatsen sköta monteringen av givarna.

- * Givaresladden skall dras ut/upp ur formen minst 0.5m, annars finns det risk för att sladden dras in i betongen vid ingjutning/vibrering.
- * Givaren fixeras i armeringen så nära en distansklots som möjligt, detta minimerar risken för att givaren förskjuts i höjled när man går på armeringen.
- * Markör/flagga skall användas för att markera givarens exakta läge vid ingjutning.
- * Givaren bör monteras så sent som möjligt innan gjutning, detta för att extern personal såsom rörläggare, elektriker etc. som ej är informerade om givarens placering skall undvika att demolera fuktgivaren.
- * Personal som skall arbeta med sensorn bör genomgå någon form av utbildning - information, detta för att öka förståelsen för att fuktsensorn är ett mätinstrument och bör behandlas därefter.
- * Tidsåtgången för montering av fuktgivare är ca. 5 minuter/ givare.
- * Det bör utses en "fuktgivaransvarig" på varje arbetsplats som ser till att givarna monteras och håller uppsikt över dem, under tiden mellan montering och ingjutning.

7. Funktions och leveranskontroll

I kalibreringsförfarandet ingår leveranskontroll som ett grundläggande led. Detta görs i två steg. Först sänks givarna ner i vatten i 36 timmar, med en vattenpelare över givarna på ca 300 mm. Givarna intar under denna tid en fuktnivå motsvarande 99-100 % RF. Därefter placeras givarna i en behållare över en saltlösning som ger 97.6 % RF. Då givarna är i fuktbalans med denna RF-nivå registreras mätvärdet för varje givare. Att givarna uppnått fuktjämvikt kontrolleras via mätdator. Förfarandet upprepas vid 85.1 % RF, de givare som då uppfyller kontrollnormerna är klara för leverans, övriga kasseras.

8. Slutsatser

8.1 Hanterbarhet och hantering

Mätsystemet med ingjutningsbara fuktgivare fungerar utmärkt i praktiken ute i fält. Efter det omnämnda problemen i Uppsala är det endast vid några få tillfällen som någon givare slagits ut. Då har ändå mer än 150 st givare gjutits in under det sista året.

8.2 Inmontering

Montering av givarna på arbetsplatsen har fungerat utmärkt. Den bedöms av byggpersonalen som enkel att utföra. Montering görs med fördel strax före gjutning. Placeringen av givarna i höjdd (på nominellt djup), görs med hjälp av den laser som används vid gjutningen och blir alltså mycket noggrann.

8.3 Manual

Mätsystemet kan hanteras av ordinarie personal på byggarbetsplatsen. Detta efter att ha tagit del av en enkel manual, som kommer att utarbetas omgående av Sahléns Fuktkontroll AB tillsammans med bl.a. personal från JM:s byggarbetsplatser.

8.4 Kostnad

Relativt sett blir detta mätsystem billigt att använda. Några hundralappar per givare, inga externa kostnader som för mätkonsulter eller mätentreprenörer.

8.5 Leveranskontroll

Givarna är vid leverans till kunden leveranskontrollerade och ingen kontroll behöver göras av slutanvändaren.

8.6 Noggrannhet

Noggrannheten hos detta mätsystem är lika bra eller bättre än de idag på marknaden förekommande. Då har ändå inte beroendet av sk. randeffekter och den mänskliga faktorn vägts in. Vägs nämnda faktorer in är det här redovisade systemet överlägset.

9. Mätresultat, fältmätningar

9.1 JM Bygg, kv.Mellanvången Bjärred

Hus A

Gjutdatum: 940411

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

2 st givare i hus A

Givare	9**	18	temp	övrigt
Datum				
940419	44.2	28.6	4.8	
940427	40.4	29.7	13.1	
940513	37.1	26.6	11.4	
940530	36.4	24.3	13.4	
940804	33.8	*	21.6	
940825		90		RF uttaget prov
940831	33.8	-	21.6	

* Givare 18 kass vid uppbyggnad av avloppsrör, mätkabel avbilad.

** Givare 9 kass vid ingjutning, troligt läckage.

Hus B

Gjutdatum: 940413

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

Givare	1	22	1	8	24	temp	övrigt
Datum							
940414	21.1	22.6	23.0	24.4	-	27.4	
940415	25.1	25.3	25.2	26.5	27.2	12.0	
940419	26.0	25.4	25.0	25.8	26.8	8.0	
940427	24.4	24.6	23.5	25.0	26.0	22.3	
940513	23.5	23.6	23.2	24.6	25.7	13.6	
940530	24.3	24.8	22.7	24.0	25.0	10.7	
940601	23.1	24.7	22.3	23.7	24.5	11.1	
940601	94	94	94	95	95		RF uttagna prov
940601	95	97	94	96	97		RF enl. kurva,btg

940805	20.4	21.8	22.3	22.8	25.7	21.8	
940825	19.5	20.0	20.4	21.2	22.6	21.6	
940825	89	89	89	90	90		RF uttaget prov
940825	89.5	90	90.5	91.5	94		RF enligt kurva,btg
940831	19.5	20.0	20.4	21.4	22.6	21.6	
940911	19.8	19.8	20.9	21.6	-	19.0	

Hus C

Gjutdatum: 940415

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

Givare	6	2	temp	övrigt
Datum				
940513	24.5	25.0	13.1	
940530	26.2	25.0	10.1	
940804	22.6	21.9	22.1	
940825	21.5	21.1	19.4	
940825	90	90		RF uttaget prov
940825	92	92		RF enligt kurva,btg
940831	21.5	21.1	17.8	

Hus D

Gjutdatum: 940419

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

Provtagningsdjup 30 - 40 mm

Ingen givare ingjuten, provtagning 940825, RF = 90 %.

9.2 JM Bygg kv. Basunen, Malmö

Gjutdatum: 940607

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

Givare	75	83	79	temp	övrigt
Datum					
940609	21.8	23.0	23.4	24.0	
940609	92.5	94	94		RF enligt kurva,btg
940811	26.6	26.0	27.2	19.8	
940811	97	97	98		RF enligt kurva,btg
940920	24.6	25.4	26.0	13.7	
940920	96	96.5	97		RF enligt kurva,btg

9.3 JM Bygg kv. Pilevallen, Arlöv

Gjutdatum: v22 - v33

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K35

Hus 2

Gjutvecka 27

Givare	71	35	86	74	67	temp	övrigt
Datum							
940801	30.5	25.2	27.6	29.2	29.2	24.0	
940831	31.5	26.7	28,8	30.6	30.5	18.1	
940926	30.7	24.1	25.9	30.5	30.7	12.6	
941003	30.0	23.9	25.2	30.1	30.4	13.1	
941003	-	93	93	-	-		RF uttaget prov
941003	98	95	96	98	98		RF enl. kurva,btg

Givare	pl.tjocklek	djup	Anmärkning
71	250mm	160mm	förstyvning
35	100mm	40mm	platta
86	100mm	40mm	platta
74	250mm	160mm	förstyvning
67	250mm	160mm	förstyvning

Hus	3	4	5	6	7	8	9	10	temp	övrigt
Givare	72	69	85	113	93	112	118	98		
Gjutvecka	27	27	32	32	32	33	33	33		
Datum										
940801	8.5	25.9	-	-	-	-	-	-	24.0	
940831	28.0	27.1	26.4	43.7	24.3	48.6	27.0	27.1	18.1	
941003	26.5	26.8	24.2	37.5	22.4	36.4	24.0	24.3	12.2	

9.4 JM Bygg kv. Regeringen, Lund

Gjutdatum: v.26 - f.f

Konstruktion: P.p.m 100mm, bjälklag 180 mm på filigran.

Betong: K35

Hus	1	1	1	1	1	1	2	temp	övrigt
Gjut.v	26	35	35	35	35	35	26		
Platta/bjälklag	Pl.	Bj	Bj	Bj	Bj	Bj	Pl.		
Givare	34	99	101	97	78	56	36		
Datum									
940802	26.1	-	-	-	-	-	29.4	22.1	
940831	26.0	-	-	-	-	-	28.2	18.1	
940920	-	38.2	29.2	27.2	26.1	24.4	27.8	20.2	
941011	25.8	37.9	28.8	26.5	24.3	24.4	26.2	12.7	
941011	97	-	98	97	95	95	97	RF enligt kurva btg	
941011	94	93	94	95	94	93	95	RF uttaget prov	
Givare	btg - tjocklek				djup				
99	180				155				
101	180				140				
97	180				115				
78	180				80				
56	180				40				

Hus	3	4	5	6	7	8	9	10	11	temp	övrigt
Givare	*	52	49	**	ej	ej	ej	ej	ej		
Datum											
940920	-	52.3	59.3	-	-	-	-	-	-	12.7	

* Mätkabel saknas

** Givare ej ingjuten

ej = plattan ännu ej gjuten.

Givare 52 och 49 ur funktion, trolig orsak är att de har blivit förstörda vid ingjutning, nämnda givare saknade sk. skyddsbygel.

9.5 JM Bygg St. Olof, Simrishamn

Gjutdatum: 940603

Konstruktion: P.p.m 100mm

Betong: K40

Givare	1	2	65	temp	övrigt
Datum					
940608	27.4	24.6	24.0	19.3	
940805	23.6	22.6	22.7	25.5	
940825	21.5	20.7	20.0	22.7	
940825	92	91	90		RF enligt kurva,btg
940825	90	89	89		RF uttaget prov