

27 BERÄKNING AV KORREKTION OCH MÄTOSÄKERHET

Förutsättningen för att korrektion och osäkerhet i en RF-mätning ska kunna bestämmas enligt detta avsnitt är att mätningen är utförd helt i enlighet med de mätrutiner och dess begränsningar som beskrivs i denna manual. Rutinen för beräkning av mätosäkerhet ger användaren en möjlighet att för vissa faktorer välja olika värden på standardosäkerhetens storlek beroende på hur RF-mätning eller kalibrering utförs. På anmodan ska användaren kunna redovisa dokumentation som styrker valet av standardosäkerhet.

Om användaren har ett förfinat arbetssätt som ger en lägre osäkerhet får denna användas förutsatt att dokumentation finns som styrker detta. Ett exempel på detta är om kalibrering och egenkontroll av givare utförs med så täta intervall att en lägre drift kan säkerställas än vad som föreskrivs i denna manual.

27.1 Beräkning och redovisning av korrektion

Korrektion kan sägas vara ett sätt att hantera de systematiska felen, se 2.14. Om vi vet att det sätt vi mäter på medför ett fel i RF som blir lika stort vid varje mätning under samma förhållanden så kan vi uppskatta felets storlek och korrigera mätresultatet för detta fel. Den korrektion vi gör är i sig en uppskattning av felet som i sin tur är behäftad med en viss osäkerhet vilken behandlas i 27.2. De systematiska felen ger således upphov till både en korrigering av mätresultatet och ett bidrag till mätosäkerhetsberäkningen. Detta medför att de faktorer som ger upphov till en korrigering av mätresultatet behandlas på två ställen i denna manual.

De korrektioner som behandlas i detta avsnitt är:


- Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20°C
- Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20°C

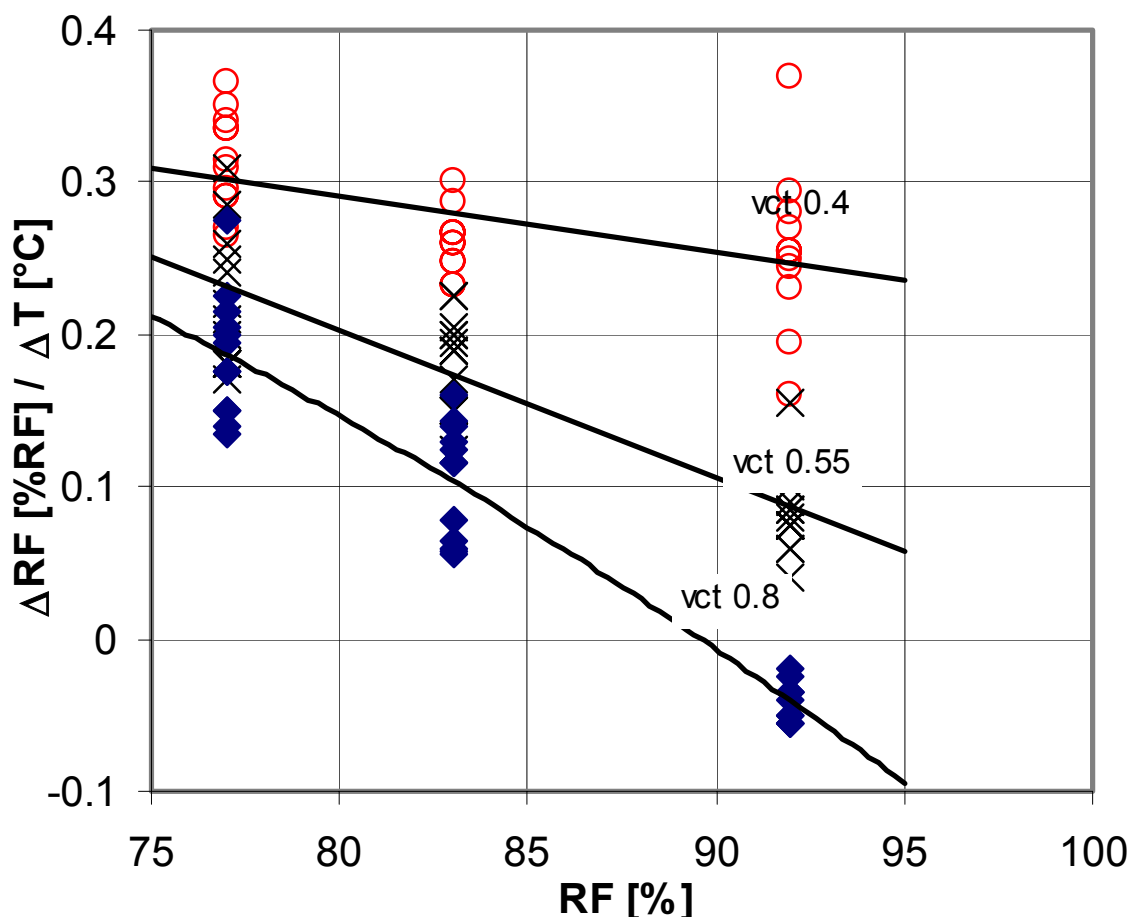
Jämviktsfuktkurvan för betong är temperaturberoende. Det innebär att om temperaturen i betongen ändras men vattenhalten hålls konstant så kommer RF att ändras något. Hur stor ändring i RF som erhålls beror på temperaturen, RF-nivå och vilket vct betongen har. Vanligtvis gäller att om temperaturen sänks så kommer RF att sjunka trots att samma mängd fukt finns i betongen och om temperaturen ökar stiger RF. Observera att vid hög RF och högt vct kan det faktiskt vara tvärt om. Se figur 27.1.

När en korrektion beräknas är det kalibrerad RF och inte avläst RF som ska ligga till grund för korrektionens storlek.

Riktlinjerna för högsta tillåtna RF i betongen före matläggning enligt Hus AMA 98, se 4.1, gäller RF vid 20°C vilket antas vara konstruktionens brukstemperatur. Av denna anledning och för att underlätta jämförelsen av mätresultat utförda vid olika temperatur redovisas resultaten från en RF-mätning vid 20°C. Detta innebär att RF-värden från mätningar vid annan temperatur måste räknas om, korrigeras, till RF vid 20°C.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	1(14)

Korrekturens storlek bestäms av en korrektionsfaktor, dRF/dT , som multipliceras med skillnaden i temperatur mellan brukstemperaturen, 20°C , och betongtemperatur vid mätningen. För att korrekturen ska få rätt tecken, plus eller minus, är det viktigt att alltid beräkna temperaturskillnaden genom att ta brukstemperaturen minus uppmätt temperatur och även hålla reda på tecknet avseende korrektionsfaktorn dRF/dT . Se exempel på nästa sida.



Figur 27.1. Diagram för bestämning av korrektionsfaktor dRF/dT , data från Sjöberg et al 2002 /4/.

Korrekturen, K , beräknas $K = dRF/dT \times (20 - t)$ [% RF]

Korrektionsfaktorn dRF/dT utläses ur Figur 27.1. Interpolera mellan kurvorna för olika vct vid behov. Om betongen har lägre vct än 0,4 används kurvan för vct 0,4. I formeln ovan avser t betongens temperatur vid avläsningen av RF. OBS! Håll reda på plus och minustecknen!

Korrekturen förs därefter in i mätprotokollet, med tecken + eller -, i kolumnen **Korr för RF vid 20°C** . Se figur 27.6.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	2(14)

Exempel

Mätning har utförts i betong med vct 0,55 och uppmätt RF (kalibrerad RF) är 80,0%. Beräkna korrektionen för att räkna om RF till RF vid 20°C om betongtemperaturen vid mätning är:

- a) 15°C
- b) 25°C

Svar a) Diagrammet ger korrektionsfaktorn $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 15) = +1,0\% \text{ RF}$$

Korrektionen är således +1,0% RF

(RF vid 20°C är $80,0 + 1,0 = 81,0\% \text{ RF}$)

Svar b) Korrektionsfaktorn är densamma, $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 25) = +0,2 \times (-5) = -1,0\% \text{ RF}$$

Korrektionen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

(RF vid 20°C är $80,0 - 1,0 = 79,0\% \text{ RF}$)


Om mätningen i stället utfördes i betong med vct 0,8 och avläsningen gav kalibrerad RF 95% vid temperaturen 25 °C blir korrektionsfaktorn negativ.

$$dRF/dT = -0,1.$$

Korrektionen blir då:

$$K = -0,1 \times (20 - 25) = -0,1 \times (-5) = +0,5\% \text{ RF}$$

Således kommer mätresultatet i detta fall att öka trots att omräkning görs från högre temperatur än 20°C.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfördad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	3(14)

Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

När en RF-givare monteras i ett borrhål eller provrör kommer en del av fukten i betongen att åtgå för att fukta upp givaren. RF-givaren själv tar således upp fukt (den har fuktkapacitet) vilket kan medföra att fukten från betongen inte är tillräcklig för att erhålla rätt RF. Hur stor avvikelser blir beror på givarens sensor, filter, vid vilken RF givaren förvarats i innan den monteras och borrhålets/betongprovets förmåga att transportera fukt. De värden som finns att tillgå på givarnas fuktkapacitet visas i figur 27.2.

	RF	Fukt-kapacitet	Borrhål	Uttaget prov
			Korrektion K % RF	Korrektion K % RF
Humi-Guard & Betong@datorn	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0	0
Testo	40 – 97 %	4 mg	+0,5	+0,2
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	+0,5	+0,2
Protimeter	40 – 85 %	10 mg	-	+0,3
	>85 – 97 %	10 mg	-	+0,6

Figur 27.2. Korrektion på grund av givarens fuktkapacitet.

Humi-Guard givaren, som även används vid mätning med Betong@datorn, förvaras före montering i en förpackning där RF är ca 85 % RF. Vid uttaget prov är givaren i jämvikt med en referenscell, 85 %RF, innan den placeras över provet. Givaren har således från början fuktinnehållet ca 0,3 mg och behöver uppta högst 0,3 mg fukt eller avge högst 0,1 mg för att komma i jämvikt med betongen i området 75 – 95 % RF vilket ger en försumbar inverkan på grund av fuktkapacitet.

Vid mätning enligt denna manual ska korrektion av mätresultatet på grund av fuktkapacitet utföras med de värden som anges i figur 27.2. Korrektionen förs in i mätprotokollet i kolumnen **Korr pga fuktkapacitet**. Se figur 27.6.

Den korrigering som utförs av mätresultatet är även behäftad med ett slumpmässigt fel vilket behandlas i rutinen för beräkning av mätosäkerhet, 27.2.

27.2 Rutin för beräkning av mätosäkerhet

Syfte: Att sätta ett siffervärde, standardosäkerhet, på varje felkälla som förekommer vid mätning enligt denna manual samt att kombinera osäkerheten för dessa felkällor till ett värde, utvidgad mätosäkerhet, som representerar den totala osäkerheten i mätningen vilken ska adderas till mätresultatet.

Denna rutin beskriver i punktform, **a – s**, de olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten i mätningen samt anger standardosäkerheten för varje felkälla eller ger vägledning till hur man bestämmer storleken. Villkor som måste vara uppfyllda för att angiven storlek på standardosäkerhet ska få användas anges under respektive punkt.

Standardosäkerheterna, som är framtagna med beräkningar och uppskattningar, under punkt **a – s**, grundar sig på skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong / 3 /.

Standardosäkerhet för varje felkälla

För att bestämma standardosäkerheten för varje felkälla ska följande avsnitt gås igenom punkt för punkt. Använd mätmetod styr vilka felkällor nedan som är aktuella vilket beskrivs under varje punkt. Standardosäkerheten för de felkällor som är aktuella ska noteras i blankett F8, se flik 28, där sedan den totala mätosäkerheten beräknas enligt nästa avsnitt.

I diagram och tabeller får interpolering utföras mellan angivna värden. En uppskattning av standardosäkerheten **utanför** de yttre gränserna i tabeller och diagram medges inte utan att särskild redovisning.

a. Spridning, konduktans (gäller Humi-Guard och Betong®datorn)

Borrhålmätning

Antalet referensgivare (och referensceller) vid borrhålmätning ska vara minst två. Med enbart en referensgivare så är det svårt att upptäcka eventuella fel som kan bero på läckage, referenscell eller referensgivare. Standardosäkerheten minskar med ökande antal referensgivare. Mätgivarna antas ha lika stor spridning som referensgivarna.


Följande värden på standardosäkerhet ska användas:

Två referensgivare	0,62 % RF
Tre referensgivare	0,59 % RF
Fyra referensgivare	0,57 % RF

Efterkontrollerad givare **0 % RF** (av samma skäl som vid uttaget prov)

Uttaget prov

Samma givare används i referens- och mätposition vilket medför att spridningen elimineras. Standardosäkerheten sätts till **0 %RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	5(14)

b. Ickelinearitet (gäller Vaisala, Protimeter och Testo)

De använda RF-givarna ska kalibreras vid 75, 85, 90 och 95 %RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. En viss olinearitet kan dock förekomma mellan kalibreringspunkterna. De yttre gränserna (a+ och a-) inom vilket den olinjära kalibreringskurvan antas ligga är $\pm 0,5$ % RF från den linjära kalibreringskurvan. Denna osäkerhet på $\pm 0,5$ %RF antas vara rektangelfördelad, vilket medför att standardosäkerheten blir $0,5/\sqrt{3} = 0,29$ %RF.

c. Drift hos RF-givare

RF-givarna ska kalibreras minst en gång per år samt däremellan när de regelbundna egenkontrollerna påvisar behov av ny kalibrering (gäller inte Humi-Guard och Betong@datorn). När egenkontrollen påvisar en drift som avviker med mer än tillåtet värde så ska ny kalibrering utföras.

Uttaget prov

För givare som används i lab. vid uttaget prov är tillåtet värde avseende drift $\pm 1,0$ %RF. Drift antas vara rektangelfördelad, varvid standardosäkerheten blir $1,0/\sqrt{3} = 0,58$ %RF.

För Humi-Guard är standardosäkerheten **0 % RF** eftersom driften elimineras när samma givare används i mätposition och referensposition.

Borrhålmätning

För givare som används för borrhålmätning är tillåtet värde avseende drift $\pm 1,5$ % RF vilket ger standardosäkerheten **0,87 %RF**.

Vid **efterkontroll** med Humi-Guard är standardosäkerheten **0 % RF** eftersom driften elimineras när samma givare används i mätposition och referensposition.


d. Hysterés hos RF-givare

Mätning enligt manualen förutsätter att kalibrering och RF-mätning utförs från lägre RF till högre. Givarna ska ”torka ut” innan de monteras för kalibrering eller mätning i betong och när givaren kommit i jämvikt och avläsning utförts så ökas RF (vid kalibrering) alternativt så demonteras givaren inför nästa mätning. Detta medför att RF-givaren hela tiden befinner sig på jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och hysterés undviks vilket annars kan ge stora mätfel.

Standardosäkerheten för Vaisala, Protimeter och Testo kan sättas till noll när detta förfarande används.

Humi-Guard givaren, som även ingår i mätsystemet **Betong@datorn**, används som kvarsittande givare. Detta innebär att givaren först fuktas upp för att sedan torka ut i takt med att betongen torkar och effekten av hysterés måste således beaktas. På grund av givarens konstruktion, förpackning och hantering är effekten förhållandevis liten och inkluderas i punkt **i**, kalibreringstabell RF.

Under denna punkt sätts således standardosäkerheten till noll.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	6(14)

e. Fuktkapacitet

Fuktkapaciteten som är framtagen för respektive givare är behäftad med en viss osäkerhet. Detta innebär att förutom den korrektion som utförs enligt 27.1 så måste hänsyn tas till osäkerheten i denna korrektion. Standardosäkerheten avseende denna korrektion anges i figur 27.3.

	RF	Fukt-kapacitet	Borrhål	Uttaget prov
			Std.osäkerhet % RF	Std.osäkerhet % RF
Humi-Guard Betong@datorn	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0	0
Testo	40 – 97 %	4 mg	0,29	0,12
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	0,29	0,12
Protimeter	40 – 85 %	10 mg	-	0,17
	>85 – 97 %	10 mg	-	0,35

Figur 27.3. Standardosäkerhet avseende korrektion på grund av givarens fuktkapacitet.

f. Noggrannhet på temperaturangivelse

(gäller endast Daggpunktsgivare Protimeter)


Humi-Guards mätprincip (och Betong@datorn) bygger på kvoten mellan två konduktanser och inte primärt på temperaturen. Felkällan är försumbar.

Vaisalas och Testos mätprincip bygger på kapacitansändring i en polymerfilm på grund av fuktupptagning i filmen. Felkällan är försumbar.

Mätprincipen för **Daggpunktsgivare Protimeter** bygger på temperaturmätningar, vilket medför att en osäkerhet i temperaturgivarna påverkar mätosäkerheten i %RF. Eventuellt kan en del av denna osäkerhet försvinna vid kalibreringen med kända RF. Dock kvarstår att om temperaturen registreras med enbart en decimal, och denna decimal används vid beräkning av RF så finns en felkälla.

Antag att registrering sker med en decimal, tex. 21,3 °C. Temperaturen inom intervallet 21,3 ±0,05 °C registreras som 21,3 °C. I RF-givaren finns två stycken temperaturgivare, båda då med ett intervall om ±0,05 °C. Antag att intervallen är rektangelfördelade, vilket ger standardosäkerheten $0,05/\sqrt{3} = 0,03$ °C. Kombinationen med två intervall ger att standardosäkerheten för dessa blir $\sqrt{(0,03^2 + 0,03^2)} = 0,04$ °C.

Denna standardosäkerhet i temperatur medför att vi får en standardosäkerhet i RF med ca **0,2 % RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	7(14)

g. Osäkerhet i kalibreringen (gäller Vaisala, Protimeter och Testo)

Kalibrering ska utföras enligt avsnitt 2.9 vid en mätplats med spårbarhet avseende RF. Efter slutförd kalibrering ska dokumentation erhållas innehållandes en kalibreringskurva och uppgift om kalibreringens mätosäkerhet och spårbarhet. Vid mätplatsen där kalibrering utförs har de felkällor som påverkar kalibreringen utretts och den totala mätosäkerheten avseende kalibreringsförfarandet beräknats på liknande sätt som i denna rutin. Vanligt är att osäkerheten redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor $k = 2$ (täckningsfaktor betecknas vanligen **k**). Se även nästa avsnitt.

De standardosäkerheter, standardavvikelse, som ska användas för beräkning i blankett F8 ska vara angivna med en standardavvikelse d.v.s. täckningsfaktor $k = 1$. Således måste uppgiften om kalibreringens osäkerhet divideras med 2 innan den noteras i blankett F8 förutsatt att den är angiven med täckningsfaktor $k = 2$.

Vanligt är att mätosäkerheten avseende kalibrering ligger mellan $\pm 0,8\%$ RF till $\pm 1,4\%$ RF med täckningsfaktor $k = 2$. Detta medför att standardosäkerheten som ska in i blankett F8 avseende kalibrering ligger mellan 0,4 och 0,7% RF beroende på var någonstans kalibreringen utförts och vid vilken RF-nivå kalibreringen utförts. Generellt blir osäkerheten större vid högre RF-nivå.

Om mätosäkerhetsberäkningen enligt blankett F8 ska gälla vid godtycklig RF-nivå ska standardosäkerheten avseende punkt **g** anges som kalibreringens mätosäkerhet vid 95%RF vilken utläses ur kalibreringsprotokollet.

h. Kalibreringstabell, temperatur (gäller Humi-Guard och Betong®datorm)


Standardosäkerhet i datorprogrammet som används vid omvandling av konduktansvärde till temperatur är **0 % RF**.

i. Kalibreringstabell, RF (gäller Humi-Guard och Betong®datorm)

Standardosäkerhet i datorprogrammet som används vid omvandling av konduktansvärde till RF är **0,4 % RF**. Detta inkluderar effekten av hysterés vid mätning.

j. Referenscell (Gäller Humi-Guard och Betong®datorm)

Kalibreringsintyg från NPL i England styrker att standardosäkerheten avseende referenscellens kalibreringsvärde (85 % RF) är 0,5 % RF. Standardosäkerheten innefattar såväl NPL's interna kalibreringsosäkerhet som osäkerheten hos de undersökta referenscellerna. En stor del av standardosäkerheten 0,5 % RF härrör från NPL's kalibreringsosäkerhet varför värdet inte reduceras med ökat antal referensgivare. Använd standardosäkerheten **0,5% RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	8(14)

k. Mättemperatur annan än kalibreringstemperaturen

(Gäller Vaisala, Protimeter och Testo)

Får försummas förutsatt att givaren är kalibrerad vid 20°C och mätningen utförs i intervallet 15 - 25°C.

Daggpunktsgivare Protimeter får endast användas i lab. för RF-bestämning på uttagna prover. Temperaturen under RF-bestämningen ligger vanligtvis nära 20°C.

Kapacitiva givare kan vara något känsliga för temperatur. Detta medför att utslaget för en viss RF ändras med temperaturen på grund av givaren.

På uppdrag av RBK har ett försök utförts vid avdelningen för Byggnadsmaterial på LTH där givare av fabrikatet Vaisala och Testo undersökts i en fuktgenerator vad gäller mätning vid annan temperatur än kalibreringstemperaturen. Givarna visar generellt sett högre RF med ökande temperatur för samma RF nivå och tvärtom vid sjunkande temperatur.

Effekten är något större vid temperaturer över 20°C än under.

Sammanfattningsvis påvisar försöket en effekt av detta som uppskattas ge en avvikelse på maximalt 0,07% RF/°C med standardosäkerheten 0,04% RF/°C. Eftersom dessa värden är relativt låga jämfört med övriga korrektioner och osäkerhetsfaktorer och eftersom mätning som ligger till grund för beslut om att ytskikt kan appliceras ofta utförs vid en temperatur närmare 20°C gäller ovanstående.

l. Mättemperatur annan än 20°C

En korrektion görs för varje mätvärde i mätprotokollet enligt 27.1. Kurvorna i Figur 27.1 som används för att beräkna denna korrektion är behäftade med en viss osäkerhet som ska tas med i mätosäkerhetsberäkningen. Standardosäkerhetens storlek beror på vilken temperatur, T, som mätningen är utförd vid och beräknas enligt nedan.


$$T < 20^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (20 - T)$$

$$T > 20^{\circ}\text{C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (T - 20)$$

alternativt används alltid standardosäkerheten **0,18% RF**.

m. Olika temperatur mellan givare och betong

Vid mätning av RF ska temperaturskillnad mellan betong och RF-sensor undvikas. Det går inte att ange några korrigeringsanvisningar för denna typ av fel. Felet kan uppskattas teoretiskt, men den uppskattningen behöver inte alltid stämma med verkligheten. Standardosäkerheten sätts till 0 % RF vilket förutsätter att temperaturskillnad inte förekommer mellan betong och givare under mätning.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	9(14)

n. Borrningens inverkan

Vid mätning i borrar hål samt uttagning av prover ska erforderlig tid gå enligt manualen mellan borring/provtagning och RF-bestämning. Standardosäkerheten sätts då till 0 % RF.

o. Mättid

Under förutsättningen att manualtexten följs vad avser mättid mellan givarmontage och avläsning, d.v.s. erforderlig tid för att givare och betong ska komma i jämvikt, sätts standardosäkerheten till 0 % RF.

p. Temperaturvariationer under mätning


Borrhålsmätning

En förutsättning för att kunna mäta ”rätt” RF är att temperaturvariationen som råder under mätningen inte är för stor. Vid borrhålsmätning kan det vara svårt att uppfylla detta. Vid mindre temperaturvariationer, enligt nedan, kan dessa behandlas som slumpmässiga fel. Vid borrhålsmätning tillåts temperaturen i betongen under mätning variera maximalt $\pm 1,0$ °C (yttre gränser). Uppskattningsvis motsvarar detta en temperaturvariation i omgivande luft med ca ± 2 °C. Varaktigheten hos temperaturvariationerna i luften har betydelse för förhållandet mellan temperaturvariationerna i luften och i betongen. Om rektangelfördelning antas blir standardosäkerheten $1,0/\sqrt{3} = 0,58$ °C. Detta ger enligt $/3/$ att standardosäkerheten i RF blir ca **0,3 % RF**.

För att kontrollera att gränserna avseende maximal temperaturvariation inte överskrids under mätning ska loggning av temperaturen utföras vid minst en mätpunkt i varje projekt.

Betong@datorn

När Betong@datorn används loggas temperaturen avseende betongen fortlöpande. Detta innebär att standardosäkerheten kan beräknas baserat på verklig temperaturvariation. En utvärdering görs av temperaturvariationen under en 12 respektive 48 timmars period före avläsning beroende på betongens vct. Utifrån denna utvärdering kan standardosäkerheten beräknas för varje mätning.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	10(14)

Uttaget prov

Vid RF-bestämning i laboratorium ger temperaturvariationen $\pm 0,2$ °C (yttre gränser) under mätningen att standardosäkerhet vid antagen triangelfördelning blir $0,2/\sqrt{6} = 0,08$ °C. Detta ger att standardosäkerheten i RF blir ca 0,4 % RF. Inverkan på RF av olika temperaturvariationer visas i figur 27.4.

Maximal temperaturvariation, se ovan, (°C)	Standardosäkerhet i RF (% RF)
0	0
$\pm 0,1$	0,2
$\pm 0,2$	0,4
$\pm 0,5$	1,0
$\pm 1,0$	2,0

Figur 27.4. Standardosäkerhet beroende på temperaturvariation under RF-bestämning vid uttaget prov.

Humi-Guard

Maximal temperaturskillnad mellan omgivningstemperatur och mätblockets temperatur (avläst med givarkontaktens temperaturgivare) under timmen närmast före avläsning och vid avläsning får högst uppgå till 1,0°C. Skillnaden i betongprovets RF vid dessa två tidpunkter får maximalt vara 0,1% RF. Prov och referenscell är ”inkapslade” i ett mätblock. Mätblocket, av aluminium, har stor värmekapacitet, vilket dämpar temperaturvariationerna i provet och i referenscellen. Standardosäkerheten bedöms vara **0,2 % RF**.


q. Ojämnt uttaget prov (gäller endast vid uttaget prov).

Denna felkälla avser fallet att man vid uttagning av provbitar får en överrepresentation från någon del av det djupintervall som man tar provbitarna ur. Detta fel är normalt litet med en standardosäkerhet på **0,2 % RF**.

r. Avvikelse i mätdjup.

Borrhålmätning

Borrhål ska borras 0 – 2 mm djupare än det beräknade ekvivalenta mätdjupet. Mätdjupet antas bestämmas på ± 3 mm. Beräkning enligt /3/ med förutsättningen att plattjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,26 % RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	11(14)

Uttaget prov

Provet ska bilas ut på djupintervallet 5 mm ovanför ekvivalent mätdjup till max. 10 mm under ekvivalent mätdjup. Övre delen av detta intervall har toleransen 0 – 5 mm. Mätdjupet antas bestämmas på ±5 mm.

Beräkning enligt /3/ ger med varierande betongtjocklek och uttorkningsförhållanden standardosäkerheten enligt figur 27.5.

	Enkelsidig uttorkning	Dubbelsidig uttorkning	Standardosäkerhet % RF
Betongtjocklek	80 – 110mm	160 – 220mm	0,31
Betongtjocklek	> 110mm	> 220 mm	0,22

Figur 27.5. Standardosäkerhet beroende på avvikelse i mätdjup vid uttaget prov.

s. Avvikelse i plattjocklek

Bottenplatta på mark. De största variationerna i betongtjocklek antas vara ± 10%.
Platsgjutet mellanbjälklag. Variation i betongtjocklek på ± 5%.


Beräkning enligt /3/ med förutsättningarna enligt ovan samt att plattjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,19 % RF**.

Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet

När standardosäkerheten för samtliga felkällor har bestämts är det dags att räkna ihop dessa till ett värde som representerar den totala osäkerheten för mätningen som brukar betecknas kombinerad mätosäkerhet. Kombinerad mätosäkerhet anges som ett intervall, ±, inom vilket mätresultatet förutsätts ligga. 80% RF med kombinerad mätosäkerhet ±1% innebär således att RF i betongen ligger mellan 79 – 81%.

För att beräkna den kombinerade mätosäkerheten används en ”statistisk kompromiss” som innebär att felkällorna summeras enligt formeln $\pm\sqrt{a^2 + b^2 + \dots + s^2}$. I blankett F8 utförs denna beräkning i flera steg.

När den kombinerade mätosäkerheten beräknats på detta sätt innebär det att för ca 67% av de mätningar som utförs så kommer mätresultatet att ligga inom angivet intervall vad gäller mätosäkerheten. Resterande mätningar kommer statistiskt att hamna utanför intervallet. D.v.s. om den kombinerade mätosäkerheten beräknas till ±1% RF enligt ovan så kommer 67% av de mätningar som utförs ge ett mätresultat som ligger inom intervallet ”betongens RF”±1% RF. Resterande mätningar har en större mätosäkerhet än 1% RF och ligger utanför intervallet!

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	12(14)

RBK-auktoriserad fuktkontrollant - betong

För att kunna ange hur stor del av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet används begreppet täckningsfaktor som vanligen betecknas **k**. Täckningsfaktorn multipliceras med den kombinerade mätosäkerheten vilket ger en utvidgad mätosäkerhet. Är täckningsfaktorn $k = 1$ är det ca 67 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet enligt ovan. Ökas täckningsfaktorn till $k = 2$ så är det ca 95% av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet samtidigt som mätosäkerheten ökar med det dubbla! Är $k = 3$ så är det ca 99% av mätningarna som ligger inom mätosäkerheten som nu har tredubblats från ursprungligt värde. D.v.s. antalet mätningar som ligger inom angiven mätosäkerhet ökar när intervallet för mätosäkerheten utökas.


När det gäller fuktmätning i betong ska täckningsfaktor $k = 2$ användas. Det är viktigt att beakta att detta innebär att 5% av de mätningar som utförs enligt denna manual statistiskt kommer att ligga utanför angiven mätosäkerhet.

Den utvidgade mätosäkerheten med täckningsfaktor $k = 2$ beräknas således enligt formeln $\pm 2 \times \sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + s^2)}$ och är värdet som ska noteras längst ner på blankett F8. Detta värde, avrundat uppåt till en decimal, ska redovisas i mätprotokollet i kolumnen Osäkerhet. Detta är osäkerheten som gäller för utförd mätning.

Kalibrerad RF [%]	Korr för RF vid 20°C + / - [%]	Korr pga fuktkapacitet + [%]	Osäkerhet $k = 2$ + [% RF]	Slutvärde RF [%]	Kom.
87,8	- 0,6	+ 0,2	+ 2,0	89,4	


Figur 27.6. Del av Mätprotokoll, Blankett F5 (alt. F4 i princip) ifylld med värden från följande exempel: Kalibrerad RF (RF) **87,8** %, korrektion för RF vid 20°C **- 0,6** %, korrektion p.g.a. givarens fuktkapacitet **+0,2% RF**, utvidgad mätosäkerhet $k=2$ **$\pm 2,0\%$ RF**.

I kolumnen **Slutvärde** redovisas summan av kolumnerna **Kalibrerad RF (RF)**, **Korr.för RF vid 20°C**, **Korr pga fuktkapacitet** samt **Osäkerhet $k = 2$** (med plus tecken). Slutvärde, Korrigerad RF vid 20°C + osäkerhet ($k = 2$), är det värde som representerar mätningens resultat och är det värde som ska jämföras med kritisk RF-nivå för vald ytbeläggning. D.v.s. den RF som ska underskridas för att ytskiktet som appliceras på betongen inte ska ta skada.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utförd av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	13(14)

Referenser

- 1 P.H. Huang. Determining Uncertainties of Relative Humidity, Dew/Frost-point Temperature, and Mixing Ratio in a Humidity Standard Generator. Third International Symposium on Humidity and Moisture. Teddington, UK, April 1998.
- 2 P.R. Wiederhold. Water Vapor Measurement – Methods and Instrumentation. Marcel Dekker Inc. New York, USA, 1997.
- 3 G. Hedenblad. Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1999.
- 4 A Sjöberg, L-O Nilsson & T Rapp (2002) Fuktmätning i betonggolv med golvvärme. Etapp I: Förstudie. Publikation P-02:1, institutionen för Byggnadsmaterial, Chalmers tekniska högskola, Göteborg 2002.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
4:1	2006-04-05	2006-04-24	Peter Löfgren		27	14(14)