



Linus Björnlund, Conservator AB, bilar ut betongbitar som placeras i ett provrör för att därefter utföra RF-bestämningen i ett "laboratorium". Mätmetoden kallas Uttaget prov.

Fuktmätning i betong

En viktig del i byggprocessen är uttorkning av byggfukt. Material som byggs in i konstruktionen måste vara tillräckligt torrt för att skador på grund av fukt inte ska uppstå. I Boverkets Byggregler, BBR står det att "Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa".

TEXT OCH FOTO: TED RAPP. FOTO: LENA PETTERSSON

För att klara detta krav krävs noggrann planering i projekterings- utförande- och förvaltningsskedet. Hela kedjan måste fungera på ett oklanderligt sätt för att friska hus med sund inomhusmiljö ska kunna uppnås. Ibland kan jag fundera över om branschen känner till texten i BBR eller om vi väljer att sticka huvudet i sanden och hoppas på det bästa. Det brukar ju gå bra?

BYGGFUKT

Betong är ett material som innehåller en stor mängd vatten. Ett riktvärde är cirka 180 liter per kubikmeter betong. En del av detta vatten binds kemiskt i hydrationsprocessen men en ansenlig mängd måste torkas ut innan RF, relativa fuktigheten, kommer i jämvikt med omgivningen. Det är inte förrän i det stadiet som betongen upphör att avge fukt till

omgivningen. Den fukt som avgår från betongen, från gjutning till jämvikt, kallas byggfukt och kan ta år att torka ut.

Kan vi då bygga med detta material över huvudtaget? Dagens korta produktionsstider medför att tiden till uttorkning är knapp. Svaret på frågan är ja eftersom materialen vi använder inte kräver att betongen kommit i jämvikt med omgivningen innan den kan appliceras.



KRITISK FUKTKVOT FÖR MATERIAL

Problemet är inte betongen i sig utan att de material vi sammanfogar med betongen fuktas upp med risk för att fuktskada uppstår. Vi brukar tala om kritisk RF och med det menas den högsta RF som materialet tål utan att en fuktskada uppstår. Kritisk RF ska naturligtvis materialtillverkaren ange. Det är ju tillverkaren som borde ha kunskap om vad materialet tål. Så är inte alltid fallet.

I AMA Hus 11 kan högsta tillåta RF, kritisk RF, utläsas för några vanligt förekommande material i de fall något annat inte anges av tillverkaren. Kritisk RF för olika ytskikt som limmas på betongunderlag anges i kapitel M. Ett exempel är gummimatta. RF får vid limning inte överstiga 85 procent. Hur ska detta säkerställas? Naturligtvis måste en fuktmätning utföras. Det har visat sig att RF-mätning i betong är komplicerat. Tyvärr är det så att en felaktigt utförd mätning oftast ger ett för lågt värde. Således kommer uttorkningen avslutas för tidigt och ytskiktet läggas på ett för fuktigt underlag med risk för att en fuktskada uppstår.

KONTROLL AV RELATIV FUKTKVOT I AMA

För att undvika detta kan fuktmätning i betong regleras genom att hänvisa till avsnitt YSC.13 Kontroll av relativ fuktighet (RF) i undergolv, i AMA Hus 11. Här regleras utförandet av RF-mätning och dokumentation på ett detaljerat och systematiskt vis. Däremot står det inget om vilken kompetens som krävs. Utförandet av en RF-mätning kräver kompetens! Hur ska en beställare kunna utvärdera fuktkontrollantens kompetens? Ska detta vara möjligt måste beställaren ifråga i princip besitta samma kompetens som kontrollanten vilket inte känns rimligt. För att säkerställa erforderlig kompetens har branschen upprättat ett system för RF-mätning i betong, RBK-auktorisera fuktkontrollant – betong.

RÅDET FÖR BYGGKOMPETENS, RBK

Systemet, som togs i bruk 1999, är upprättat i harmoni med AMA Hus men bry-

ter ner anvisningarna på en mer praktisk och detaljerad nivå. Systemet innefattar till exempel mallar för egenkontroll och kalibrering, mätprotokoll och anvisningar för beräkning av mätosäkerhet med mera. De som verkar inom systemet är auktoriserade av RBK och RBK utför revisioner av kontrollanternas mätuppdrag.

RBK står för Rådet för ByggKompetens och är ett samarbetsorgan vilket verkar för en hög kompetensnivå i branschen. Rådet kvalitetssäkrar utbildningar och kunskapsprov, till exempel Fuktmätning i betong, Teknisk Grundkurs, Betong klass II och Byggarbetsmiljösamordnare BAS P/U. För mer information om rådet och RBK-systemet se www.rbk.nu.

MANUAL FUKTMÄTNING

RBK-systemet bygger på en manual, Manual fuktmätning i betong. Den kan beskrivas som en kokbok där det steg för steg är angivet hur en RF-mätning ska utföras, vilken mätutrustning som ska användas och hur dokumentationen ska se ut. Manualen uppdateras fortlöpande, vid behov, och sedan 1999 har den reviderats fem gånger. Manualen, version 5, kan laddas hem kostnadsfritt på www.rbk.nu. Revideringarna föranleds av erfarenheter från mätningar utförda enligt systemet men även av resultat från forskningsprojekt på högskolor och från byggbranschen.

I manualen och i AMA beskrivs två huvudtyper av RF-mätning. Borrhålmätning och Uttaget prov. Borrhålmätning innebär att ett mäthål borras i betongen ute på arbetsplatsen. Mät hålet fodras med ett mätrör i vilket RF-givaren senare monteras efter angiven tid. När mät hål och givare är i fukt- och temperaturjämvikt kan givaren läsas av. Hela mätningen utförs således på arbetsplatsen.

Uttaget prov innebär att betongbitar bilas ut på ett visst djup i betongen. Bitarna placeras i ett provrör. Provet transporteras till ett laboratorium där själva RF-bestämningen utförs. Definitionen på laboratorium är en lokal med ett ut-

rymme för RF-bestämning där temperaturstabiliteten inte bör överstiga $\pm 0,3$ °C, vilket är svårt att uppnå utan extraordinära åtgärder.

Ett antal viktiga saker som framkommit under de drygt tio år som systemet varit i bruk ska nu poängteras.

DOKUMENTATION AV MÄTNINGAR

Det har visat sig att dokumentation av mätningarna och hur de utförs är viktigt. Detta för att kunna granska mätningen om resultatet, slutvärdet, avviker från förväntat. Det kan visa sig att fel mät djup använts, att en givare som vid kontroll visat sig vara obrukbar för mätning använts ändå, till exempel av misstag, eller att temperaturvariationen under mätningen varit för stor med mera. Det underlättar även vid jämförelse av mätningar som avviker från varandra om de utförts av olika personer. Begränsning av temperaturvariationen under mätningen är viktig för att resultatet ska bli korrekt. Därför är det nu krav på att loggning av temperaturen ska utföras vid minst en mätpunkt i byggnaden där RF-mätningar utförs. Vid borrhålmätning får lufttemperaturen inte variera med mer än ± 2 °C från tidpunkten då givaren monteras till det att avläsning utförs.

Protokoll ingår i manualen så att all viktig information ska kunna dokumenteras.

VCT VIKTIGT

Om uppgift avseende vct (vattencementtal), konstruktionstjocklek, uttorkningsmöjlighet och eventuell golvvarme saknas så går det inte att utföra en fuktmätning. Dessa uppgifter måste kontrollanten ha innan mätningen kan påbörjas. Varför? Vct styr mättiden, det vill säga hur länge givaren måste sitta monterad innan avläsning får utföras. Vct behövs även för att räkna om RF till RF vid 20 °C, vilket är den temperatur vid vilken kritisk RF för respektive material redovisas. Konstruktionstjocklek och uppgift om betongen kan torka åt ett håll, enkelsidig uttorkning, eller två, dubbelsidig uttorkning, ►



RF-mätning i betong är en förstörande mätning. Uttaget prov lämnar ett hål med diametern 9 cm efter utförd provtagning medan en borrhålmätning utförs i ett 16 mm hål.

- styr mätdjupet. Golvvärme ställer extra stora och speciella krav på mätningen och naturligtvis måste läget för golvvärmeslingorna vara känt. Viktigt är även dokumentation av var i byggnaden mätningen är utförd. Lämpligen markeras detta på en ritning som bifogas protokollet. Mätpunktens placering ska kunna lokaliseras upp till tio år efter slutförd mätning. Detta är naturligtvis särskilt intressant om en skada uppstår i byggnaden efter färdigställande. Under byggtiden brukar arbetsplatspersonalen ha bra koll på mätpunkternas placering men för en förvaltare är det inte lika lätt ett antal år efter att byggnaden färdigställts.

GOLVVÄRME

Mätning under inverkan av golvvärme har diskuterats ända sedan systemet togs i bruk. I version 5, gällande manual från och med 2010-10-21, har detta vidareutvecklats. Det största frågetecknet har varit på vilket mätdjup som mätningen ska utföras. I en enkelsidigt torkande botten-

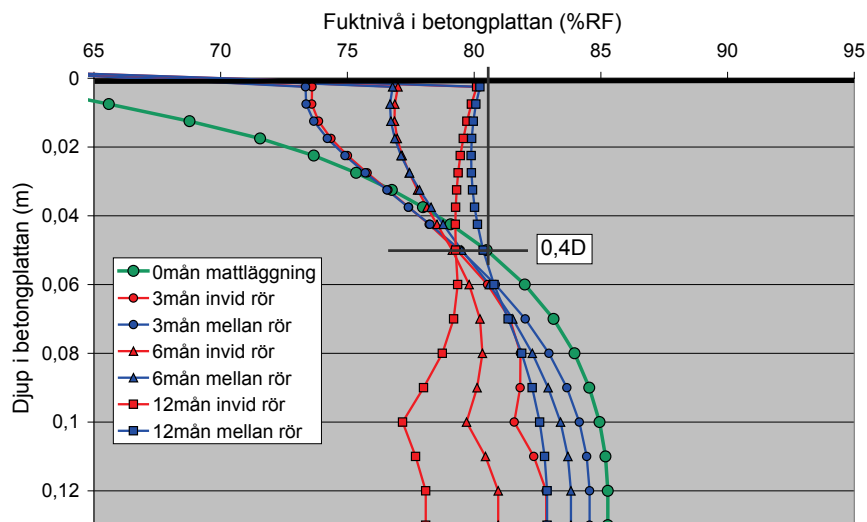
platta utan golvvärme är mätdjupet 40 procent av plattjockleken. Detta bygger på att när ett tätt golvmaterial limmas mot betongytan, vilket förhindrar fortsatt uttorkning, så kommer kvarvarande fukt i betongen att omfördelas. RF mellan betong-ytan och ytskiktet kommer, efter fullständig omfördelning, inte att överstiga den RF som uppmäts på mätdjupet. Men vad sker under inverkan av golvvärme? Ökar fuktbelastningen under ytskiktet eller minskar den? Ett antal försök och beräkningar, utförda på Lunds Tekniska Högskola, indikerar att slutresultatet liknar det som erhålls utan golvvärme. Således kan samma mätdjup användas, 40 procent av plattjockleken. (Se bilden nedan) Detta har föranlett kompletteringen avseende mätdjup vid golvvärme i Tabell YSC13/1 under avsnitt **YSC.13** i AMA Hus 11.

När mätning utförs måste golvvärmen vara avstängd. Detta för att undvika kondens i provrör eller borrhål och på givare. Bottenplattan måste ha svalnat till cirka 20 °C innan uttaget prov kan utföras eller innan ett hål kan borraras för mätning på plats. Bilden överst på nästa sida visar att avsvälningen från cirka 30 °C till

20 °C tar cirka två dygn, vänta alltså så länge innan mätning. Vid borrhålmätning måste värmen vara avstängd från det att givaren monteras tills det att avläsning utförs. Ska ny mätning utföras måste ett nytt hål borraras om golvvärmen är på mellan mättillfällena. Kompletterande föreskrifter om golvvärme har införts i Fukt-mätningmanualen och i AMA Hus 11, avsnitt **YSC.13**.

BERÄKNING AV TORKTID

För att kunna tidsplanera torktid, tidpunkt för mätning och läggning av ytskikt finns olika prognosverktyg. Till exempel datorprogrammen TorkaS eller Bi Dry. Det är viktigt att beakta att de är prognosverktyg och inte företräder den absoluta sanningen. Således räcker det inte att utföra en beräkning och därmed fastlägga datum för mattläggning. En uppföljande mätning måste alltid göras innan beslut tas om mattläggning. De olika prognosverktygen kan ge olika resultat. De bygger på försök och beräkningsalgoritmer som skiljer sig mellan programmen och det finns alltid ett visst mått av osäkerhet i prognoserna. Ett SBUF-projekt ”Jämförelse mellan verktyg



Beräknade RF-profiler, vid fuktomfördelning efter mattläggning, för en bottenplatta med ingjuten golvvärme. Plattan är 120 mm och värmeslingorna ligger 100 mm från ytan. Värmen aktiveras efter mattläggning.

Figuren visar att RF på djupet 0,4D dvs mätdjupet är cirka 80 procent vid mattläggning. Efter omfördelning av fukten 12 månader senare överstiger inte RF, under mattan, den RF som uppmättes på mätdjupet 0,4D före mattläggning. Figur 32a. i rapport TVBM-3140, LTH /25/)

för bedömning av uttorkning av betongkonstruktioner” (12389) som avslutades i december 2010, där tre olika beräkningsverktyg jämförts, påvisar i vissa fall betydande skillnader i resultat trots att samma indata används. Naturligtvis medför detta problem vid prognostisering av torktider. Vilket resultat är ”det rätta”? Tanken är att reda ut orsaken till detta i ett uppföljande projekt.

INDATA FÖR TEMPERATUR

Ett vanligt fel vid beräkning är att indata avseende temperaturen i betongen överskattas, vilket medför att torktiden underskattas. Min rekommendation är att beräkning utförs under sämsta tänkbara förutsättningar och därefter mer realistiska samt att därefter tidsplanera torkinsatsen. Även för den kontrollant som utför fuktmetningen är torkberäkningen viktig. Den används för att bestämma när mätning ska utföras men även för jämförelse med mätresultatet. En jämförelse möjliggör upptäckt av eventuell grova fel som kan ha uppkommit under mätningen.

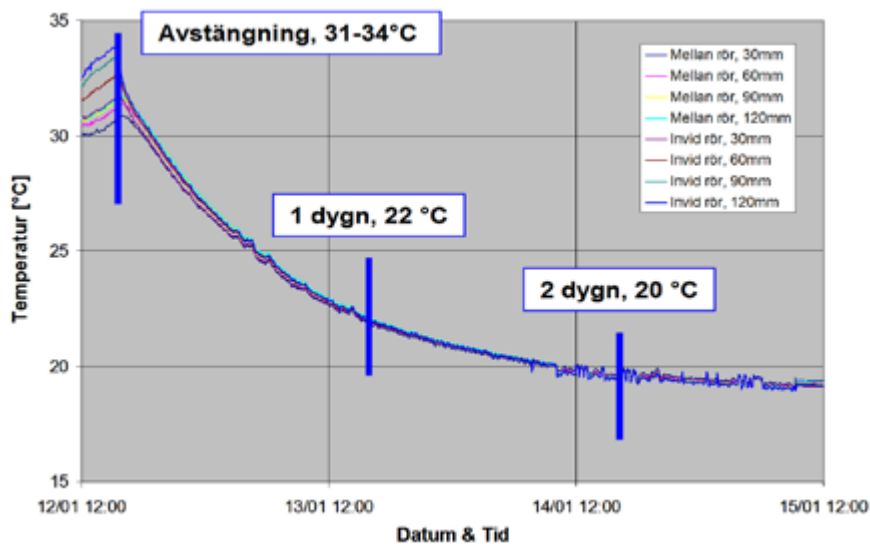
VCT IGEN

Störst påverkan på torktiden har vct. Ett lågt vct ger en kortare torktid än ett högre. När betongen ligger på plats i formen så är det fysikens lagar som styr torktiden. Inverkan av temperatur och RF i omgivningen har naturligtvis en viss påverkan men störst möjlighet att styra uttorkningstiden finns i projekteringsskedet.

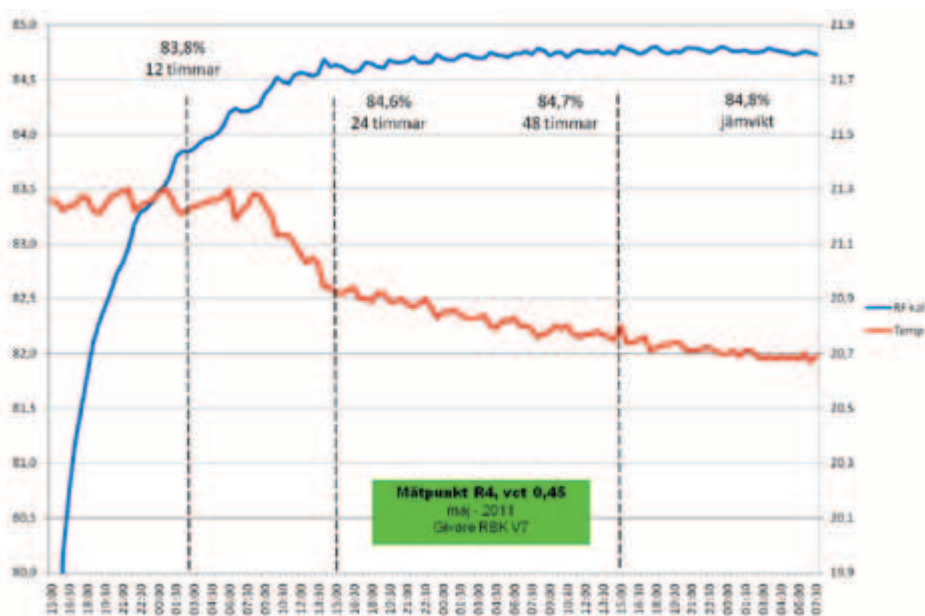
Av denna anledning har en komplettering utförts i AMA Hus 11 under avsnitt **ESE Betongsammansättning**. ”Betongens sammansättning ska anpassas till krav på beständighet, toleranser för ytojämnheter, kulör och krav på uttorkning av byggfukt”.

I RA finns förslag till att ta med texten ”Redovisa högsta tillåtna vct med hänsyn till uttorkning av byggfukt”.

Om detta beaktas i ett tidigt skede finns inte bara möjligheten att förkorta uttorkningstiden. Ett lägre vct ger en högre hållfasthet avseende betongen, vilket



Avsvältningsförloppet, i en 120 mm tjock betongplatta på underliggande värmeisolering, efter avstängning av golvvärmen. (Figur 2.5.1 i rapport TVBM-3141, LTH /26/).



Diagrammet visar kalibrerad RF vid mätning på 40 procent av plattjockleken avseende en 120 mm ensidigt torkande betongplatta med vct 0,45. RF har loggats från det att givaren monterats i borrhålet till det att fuktjämvikt uppnåtts. Temperaturen avser loggad temperatur i betongen. Efter tolv timmar är jämvikt, vilket inträder först efter drygt 48 timmar inte uppnådd. Skillnaden, i detta fall, mellan RF vid jämvikt och RF efter 12 timmar är cirka en procent RF.

ibland kan användas statistiskt för att minska armeringsmängden. Däremot krävs ofta ökad mängd sprickarmering.

Två saker som ofta orsakar irritation och frågor från den som beställer mätuppdraget är mättid och mätosäkerhet.

MÄTTIDEN

Ett mätresultat erhålls tidigast fyra dygn efter påbörjad mätning! Värme alstras vid

borrningen eller provuttagningen, vid uttaget prov, vilket kan påverka mätningen. Därför är väntetiden tre dygn innan RF-givaren kan monteras. Efter montage av RF-givaren så måste fukten i borrhålet/betongprovet komma i jämvikt med givaren och den luftvolym som finns i mäthållet alternativt provröret. Detta avser både fuktjämvikt och temperaturjämvikt. För att uppnå fuktjämvikt ska givaren sitta ▶

► monterad i minst 12 timmar. Om vct är lägre än 0,4 så är väntetiden minst 48 timmar. Detta beror på att ett lägre vct ger en tätare betong. Fukttransporten går långsammare, vilket medför att tiden ökar till det att fuktjämvikt uppnås. Även aktiviteten fuktmatning måste således tidsplaneras.

Det har visat sig att tiden till fuktjämvikt kan ta avsevärt längre tid än 12 timmar även när vct överstiger 0,4 och RF i betongen närmar sig 85 procent. Se nedre figuren på föregående sida. Av denna anledning har AMA Hus 11, **YSC.13 Mätmetod**, kompletterats med texten "För betong med högre vattencementtal än 0,4 bör mättiden förlängas till minst 48 timmar när RF närmar sig 85 procent".

MÄTOSÄKERHET

Alla former av mätningar är behäftade med fel. Mätningen är en uppskattning av det "verkliga" värdet, mer eller mindre korrekt. När det gäller betongmätningar är det betongens RF som eftersöks. Det är viktigt att betongen torkat till en RF som understiger kritisk RF för det material som ska användas. Om vi känner till felet i mätningen, mätosäkerheten, så kan vi ta hänsyn till detta. Mätosäkerhet brukar anges som ett intervall, \pm , inom vilket mätvärdet antas ligga. För RF-mätning enligt AMA och RBK är mätosäkerheten någonstans mellan ± 2 procent och ± 3 procent. Detta beror på mätmetod och utförande, vilket hanteras i systemet. Om vi vet att mätosäkerheten är ± 2 procent RF och vi läser av 83 procent så ligger RF i betongen någonstans mellan 81 och 85 procent. Problemet är att vi inte kan avgöra vilken RF som gäller. För att därför inte riskera att underskatta RF i betongen så lägger vi alltid till osäkerheten till det avlästa värdet. Det innebär i detta fall att det mätvärde som kommer att redovisas i mätprotokollet är 85 procent RF trots att RF rent statistiskt lika gärna skulle kunna vara 81 procent. Värdet i protokollet ska därefter jämföras med kritisk RF för det ytskikt som ska användas.



Montage av en RF-givare vid utförandet av borrhålmätning.

Sättet att hantera mätosäkerheten är inte unikt för betong utan används vid mätning av andra storheter men brukar kunna orsaka en hel del diskussioner mellan fuktkontrollanten och den som beställer RF-mätningen. Mer att läsa om detta finns i "Manual fuktmatning i betong" som kan hämtas hem kostnadsfritt på www.rbk.nu.

FUKTMÄTNING KRÄVER KOMPETENS

Som redan påpekats är fuktmatning i betong komplicerat och kräver kompetens. Avsnitt **YSC.13** i AMA Hus 11 ger en

detaljerad beskrivning av hur en mätning bör utföras för att möjliggöra ett tillförlitligt resultat inom angiven mätosäkerhet. Kompetensen erhålls genom att mätningen utförs av en person med verifierad kunskap och erfarenhet. Detta säkerställs genom att anlita en RBK- auktoriserad fuktkontrollant. Nedan följer ett förslag till text att föra in i AF-delen för de byggherrar och beställare som vill säkerställa att fuktmatning utförs och att det sker på ett tillförlitligt sätt. Koderna är hänvisning till AMA AF 07. ■

Följande text infogas under kod **AFC.352** eller **AFD.352 Proving**, beroende på entreprenadform

Berörd entreprenör ska tillse och bekosta att fuktmatning i betong utförs enligt systemet RBK- auktoriserad fuktkontrollant betong.

Personen som utför mätningen ska vara RBK- auktoriserad. Se www.rbk.nu

Mätningen gäller bjälklag, bottenplattor och övriga byggdelen av betong som ska beläggas med ytskikt/material där krav ställs på kritisk RF. Kritisk RF avser högsta tillåtna relativa fuktighet som får råda i betongen när ytskikt/material ska appliceras. Om värde på kritisk RF inte tillhandahålls av materialtillverkaren, eller står angiven på ritning, gäller kritisk RF enligt AMA Hus 11 beroende på vilket ytskikt/material som ska användas.