

Funktionsprova betongens självtorkning och minska koldioxidavtrycket



I en artikelserie under 2022 i Husbyggaren har Anders Selander och medförfattare beskrivit tekniker att mäta fukt vid uttorkning i betong, både i pågående byggprojekt och i laboratoriemiljö.

I denna artikel visar författarna på hur förbättrade mätmetoder och mättekniker redan idag möjliggör ett betongbyggande med lägre koldioxidbelastning.

TEXT: ANDERS SELANDER, KENT BERGSTRÖM & ANDERS JOELSSON

Under lång tid har begreppet självtorkande betong funnits i byggbranschen, framförallt kopplat till tidig golvläggning. Vad som definierats som självtorkande betong har varierat under åren men

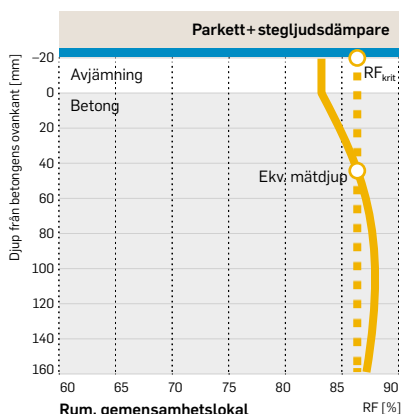
en tydlig trend är att allt lägre vattencementtal (vct) använts för att definitionen ska anses uppfylld, sannolikt drivet av en förändrad mätteknik. I dagsläget tillämpas konceptet sällan, och mätningar utförs även i denna betong likväl som i betong med högre vct. Det som blir tydligt i våra försök är att konceptet med självtorkande betong alltså är relevant och behöver lyftas på nytt, dock med en något förändrad definition.

EN KORT TILLBAKABLICK ÄR NÖDVÄNDIG

Den svenska modellen för att hantera fuktfrågan i betonggolv har sitt ursprung drygt 40 år tillbaka när kravnivåerna på relativ fuktighet (RF) sattes och karbidmätare som mätte fuktkvot ersattes av givare som mäter RF. Under samma tidsperiod har mätteknik och mätmetod förbättrats avsevärt, trots det har riskminimeringsmodellen och kraven med några få undantag lämnats oförändrade. Sammantaget har detta satt oss i en situation där kraven på RF är dimensionerande för en hög andel av de betonggolv som gjuts. Åhs & Nilsson (TVBM-7203) summerar 2010 bakgrunden på följande sätt:

De kritiska fuktillstånd som används idag har på sätt och vis "levt kvar" från 1970-talet, men sänktes under 1990-talet, då en extra säkerhetsmarginal drogs ifrån. Gamla värden på kritiska fuktillstånd fanns i HusAMA fram till 1983, uttryckta som "cm-%" (cm = karbidmätare). Lars-Olof Nilsson gjorde en "översättning" av dessa cm-% till Relativ Fuktighet RF till Råd och Anvisningar till HusAMA RA78. Denna "översättning" hade mycket liten vetenskaplig grund och var mer baserad på vad som var rimligt och acceptabelt för materialleverantörerna respektive byggnadsentreprenörerna. Översättningen utmynnade i "jäma siffror" som 95, 90 och 85 % RF. På den tiden kunde man inte mäta rf särskilt noggrant så det fanns ingen anledning att nyansera värdena mer än så.

Till saken hör att mätteknik och mätmetod förbättrats ytterligare sedan detta skrevs vilket lett till att vi mäter ännu högre idag. Det som enligt Åhs & Nilsson var rimligt och acceptabelt då leder till orimligt stora säkerhetsmarginaler i dag.



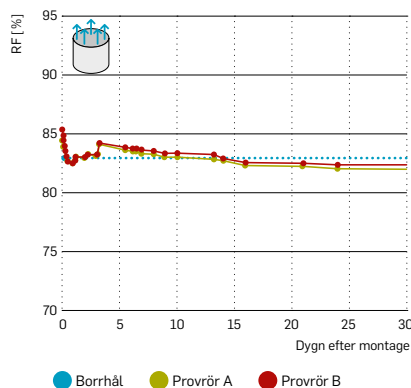
Figur 1a. Helt dragen linje visar en antagen fuktprofil (dubbelsidig uttorkning, 220 mm bjälklag) innan golvläggning där mätning av RF på ekv. mätdjup visar 87%. Streckad linje visar det scenario vi dimensionerar för.

DEN SVENSKA RISKMINIMERINGSMODELLEN BEHÖVER FÖRÄNDRAS

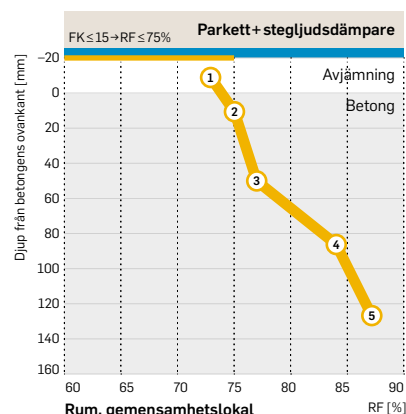
För att det material som står i kontakt med betongen inte skall påverkas negativt finns kritiska gränsvärden (RF_{krit}) att förhålla sig till. Så långt är det relativt enkelt att se logiken om vi bara hade bestämt RF i ovanytan på betongen. Det är trots allt där det känsliga materialet befinner sig. Nu mäter vi i stället på något som kallas ekvivalent djup. I ytan har vi oftast samma RF som i den omgivande miljön medan inre RF påverkas mer av betongens kemiska egenskaper åtminstone i ett lite kortare tidsperspektiv.

Modellen vi använder bygger på två antaganden:

1. Betongens inre fukt kommer omfördelas så att uppmätt RF på ekvivalent mätdjup också kan nås i kontaktytan mellan



Figur 2a. Streckad linje markerar sista avlästa borrhåls-RF på 80 mm djup innan betongen krossas. Provrör A och B visar två provrör med krossad betong från samma område i hinken. Hinken har varit öppen sedan gjutning. Drygt ett år gammal bascementbetong med vct = 0,50.



Figur 1b. Fuktprofilmätning från brf Viva, 2 år efter golvläggning. Ovanifrån redovisas: Ytskiktet. Fuktkvot (FK) översatt till Relativ fuktighet (RF) som ett intervall med säkerhetsmarginal.

1. GBR – uttaget prov i avjämningsmassa.
2. Uttaget prov i betong på 0–20 mm djup.
- 3–5. Borrhålsmätningar med HumiGuard enligt RBK.

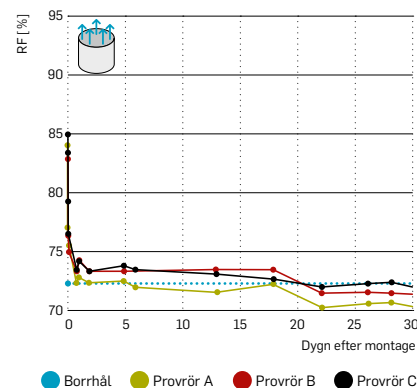
betongen och materialet som skall skyddas.

2. Betongens inre RF kan endast förändras genom omfördelning av fukt.

Dessa två antaganden ger oss en stor säkerhetsmarginal som historiskt varit väl motiverad med tanke på hur svårt det faktiskt är att mäta rätt RF i betong. Idag är dock situationen helt annorlunda tack vare den betydligt bättre mättekniken.

LÅT OSS TITTA PÅ ETT EXEMPEL

Brf Viva (Husbyggaren 2022:1) ger en bra illustration av vilka säkerhetsmarginaler vi nu jobbar med. Parkett och fuktspärr medför att RF_{krit} sätts till 90 % RF vilket med påslag innebär att RF skall vara nere på 87% på ekvivalent mätdjup innan ytskiktet får



Figur 2b. Streckad linje markerar sista avlästa borrhåls-RF på 80 mm djup innan betongen krossas. Provrör A, B och C visar tre provrör med krossad betong från samma område i hinken. Hinken har varit öppen sedan gjutning. Drygt fem år gammal bascementbetong med vct = 0,36.

→ läggs på plats. Figur 1 visar skillnaden mellan scenariot vi dimensionerar för och det faktiska utfallet. På ekv. mätdjup ligger vi till exempel ca 10 % under kravet och i avjämningen ca 15 %. Tilläggas kan att loggad fuktkvot i ytan aldrig översteg 15. Tryggt så klart men väldigt onödigt!

Skillnaden i figur 1 förklaras till viss del av att fukt diffunderar ut men framförallt av att betongen fortsätter att sänka RF långt efter att golvsystemet lagts på plats. Ännu en fantastisk egenskap som minskar risken för fuktskador. Tyvärr beaktas den inte i riskminimeringsmodellen eftersom vi inte haft ett snabbt sätt att mäta den förrän nu. Genom att nyttja kombinationen av en borrhålsmätning och en provrörmätning som vi berättade utförligare om i Husbyggaren 2022:5 går det faktiskt att bestämma till vilket RF betongen kommer att nå med sin egen självtorkande förmåga.

BETONGENS SJÄLVTORKNING

Principen för att bestämma betongens självtorkning är i grunden enkel men tidskrävande. Varje enskild krossad betongbit i ett provrör kan betraktas som ett betong-

golv i miniatyr och den fuktnivå vi läser av i provröret styrs av betongens förmåga att släppa ifrån sig och att binda vattenmolekyler kemiskt och fysikaliskt. Nu kan vi tyvärr inte mäta RF inuti varje enskild betongbit utan får nöja oss med ett snitt när RF stabiliserats i provröret. Det vi däremot kan göra är att skala upp och mäta RF med ett borrhålsmontage i till exempel en hink. När RF-provrör och RF-borrhål visar samma sak har vi nått den aktuella betongens självtorkningsnivå eller lägre förutsatt att ingen ytterligare fukt tillförs. Busenkelt eller hur?

Problemet är det tar ganska lång tid. För en hög-vct-betong tar det minst ett år innan denna nivå nås på ett med borrhål mätbart djup, för en låg-vct-betong närmare fem år. Figur 2 (sid 9) visar exempel på den nivå som krävs för en hög- respektive låg-vct-betong med bascement.

När RF-borrhål = RF-provrör är vi på eller har passerat betongens självtorkningsnivå. Genom att använda endast detta samband finns alltså en uppenbar risk att betongens självtorkningsnivå överskattas på grund av fuktavgång (hinkarna i figur 2 har trots allt stått öppna länge). För att undvika det

behöver vi genomföra ett försök där fuktavgången elimineras. Detta görs med fördel i betong som befunnit sig i förseglade hinkar. Att vänta in denna jämvikt i förseglat tillstånd är dock inte praktiskt genomförbart med hänsyn till tiden som krävs. Försöket behöver genomföras i provrör och där går det betydligt fortare.

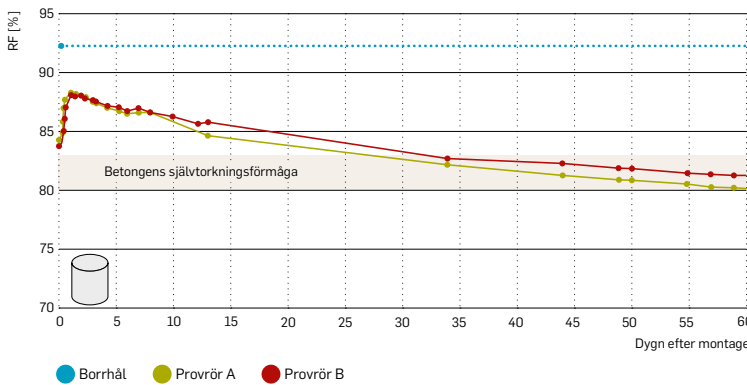
I figur 3 har vi använt samma betong som i figur 2 men som befunnit sig i en förseglad hink sedan gjutning. I början sjunker RF fort i provröret men efter 30 dygn händer inte så mycket längre utan vi närmar oss sakta den nivå vid vilken betongens självtorkningsförmåga ligger. Det stämmer inte perfekt med det vi såg i de öppna hinkarna men relativt väl. Bascementbetong med vct=0,50 kommer självtorka till någonstans mellan 80 och 83 % RF i ett provrör, i en hink och viktigast av allt i ett riktigt betonggolv. Motsvarande siffra för vct=0,36 är 73-76 % RF. Kanske ligger nivån ännu lägre av provrörmätningarna i figur 3 att döma men någonstans går också gränsen för hur länge vi kan lita på vår provpuppställning och våra givare.

ARBETSGÅNG FÖR ATT FUNKTIONSPROVA BETONGEN

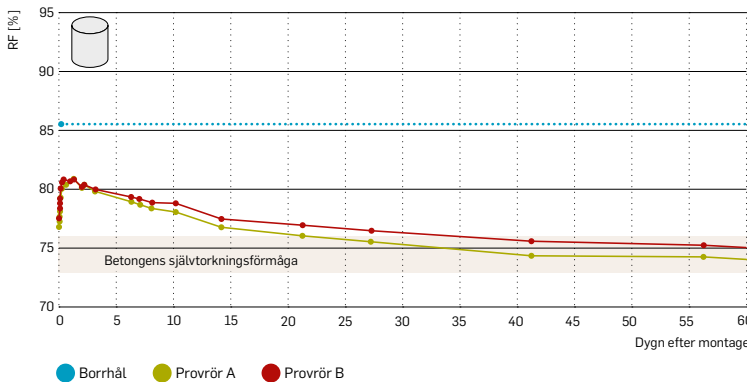
RF-provrör kan, när ett stabilt RF nås i provröret, faktiskt betraktas som ett "funktionsprov" där betongens självtorkande förmåga bestäms. För att genomföra en provning skulle denna femstegs arbetsgång kunna följas:

1. Gjut förseglade provkroppar med den aktuella betongen och lagra dessa i 20 grader. (20 grader motsvarar bäst den inomhusmiljö betongen kommer befinna sig i under drift)
2. Bestäm RF-borrhål efter 3, 6 och 9 månader. (RF-sänkningen under de första 9 månaderna kan se lite olika ut för olika bindemedel och härdningsförhållanden)
3. Spräck provkroppen efter 9 månader och placera krossat material i minst 2 st provrör. (Efter 9 månader stabiliserar RF och skillnader mellan olika bindemedel och härdningsförhållanden är därefter relativt små)
4. Följ RF-provrör i minst 30 dygn eller tills ett "stabilt" RF nås. (Även om RF fortfarande kan sjunka efter 30 dygn bör det ligga nära betongens självtorkningsförmåga)
5. Läs av RF-provrör och sätt det i relation till RF_{krit} i den aktuella tillämpningen

Om föreslagen arbetsgång tillämpas på hög-vct-betongen i figur 3 skulle betongen kunna användas i ett golvsystem utan att riskera att betongfukt höjer RF till 85 % i ytskiktet trots att Borrhåls-RF visar 92 % i



Figur 3a. Streckad linje markerar sista avlästa borrhåls-RF innan betongen krossas. Provrör A och B visar krossad betong från samma område i hinken. Hinken har varit förseglade sedan gjutning. Drygt ett år gammal bascementbetong med vct=0,50.



Figur 3b. Streckad linje markerar sista avlästa borrhåls-RF innan betongen krossas. Provrör A och B visar krossad betong från samma område i hinken. Hinken har varit förseglade sedan gjutning. Drygt ett år gammal bascementbetong med vct=0,36.

Försöken som redovisas har genomförts på betong som gjutits i 5L-hinkar. Provkroppsgeometrin saknar betydelse i sig men det är nödvändigt att betongen kan förseglas.

1. Borrhålmätningen följer RBK:s manual med två undantag.
 - Givaren som sätts från sidan tätas mot plåt för minskat läckage.
 - Slutavläsningen görs i intervallet 20–30 dygn för att minimera borrningens påverkan.

2. Provkroppen spräcks och krossat material från samma djup som borrhålmätningen genomfördes på tas ut och placeras i provrör. Minst två provrör fylls och en givare placeras i varje.
3. Provrören isoleras och RF följs under minst en månad.
4. Vid misstänkt läckage (provrör 1 och 2 divergerar) placeras provrören i 100 % RF för kontroll.



1. Borrhålmätning med tätning mot plåt.



2. Hinken spräcks kontrollerat i skivor genom att förborra.



3. HG-givare i provrör med krossad betong. Provrören placeras i en väska med isolering.



4. Efterkontroll läckage i 100 % RF.

den förseglade hinken. Sedan är det självklart en fråga om vilka säkerhetsmarginaler som behövs. I låg-vct-betongen är säkerhetsmarginalerna så stora att vi egentligen inte ens behöver mäta.

Funktionsprovning i hinkar och provrör är en sak och byggarbetsplatsen en annan. Den förseglade hinken representerar ett värsta scenario där ingen fukt alls lämnar betongen. Om den klarar nå ett visst RF kommer betongen i fält också att göra det. Här är det därför viktigt att säkerställa att betongen i fält presterar lika eller bättre än den förseglade provkroppen i labb för att undvika obehagliga överraskningar framgent. Detta görs bäst med RBK-mätningar innan golvläggning precis på samma sätt som idag, men en viktig skillnad i utvärdering av mätvärdet görs:

- Om RF-borrhål i fält ligger *under* funktionsprovat RF-borrhål utgör betongfukt ingen risk eftersom RF-provrör visat att betongens självtorkningsförmåga ligger under RF_{krit} .
- Om RF-borrhål i fält ligger *över* funktionsprovat RF-borrhål krävs en omfördelningsberäkning eller motsvarande riskbedömning för att säkerställa att RF_{krit} inte kommer överskridas i kontakten med ytskiktet.

En grundförutsättning för resonemanget ovan är självklart att den aktuella betongen inte tillförs ytterligare vatten under den tänkta torra fasen av byggtiden, snarare ökar vikten av en fuktsäkrad byggprocess.

DISKUSSION

Viktiga frågor ur ett fuktriskperspektiv är hur snabbt RF sjunker och om det föreligger en risk att RF i ytan är för högt när ytskiktet läggs på plats. Vi kan inte mäta RF-borrhål i ytan och RF-provrör kan inte berätta vilket RF betongen eller avjämningshåller om inte materialets självtorkningsnivå är nådd. Följaktligen famlar vi i mörker men det är inte unikt för den föreslagna funktionsprovningen utan det gäller även dagens situation. Det vi däremot vet är att RF sjunker först i ytan och därefter gradvis inåt. Det syns till exempel tydligt i profilen från Viva, se figur 1. De loggade fuktkvotmätningarna låg stadigt under 15 genom hela mätperioden (Husbyggaren 2022:1) vilket innebär att eventuell fuktvandring underifrån inte höjde RF i ytan. Den situation vi däremot behöver vara vaksamma på är om betongens självtorkningsnivå ligger över RF_{krit} för det aktuella ytskiktet. För ett sådant scenario måste en riskbedömning som beaktar de ingående materialens transportegenskaper genomföras.

I grunden har vi ett välfungerande kontrollsystem och en mätteknik i världsklass. Det skall vi vara stolta över men vi har också för högt ställda krav vilket lett till ett överutnyttjande av betong med lågt vct = hög självtorkande förmåga. Beaktas betongens självtorkande förmåga enligt vårt förslag är inte det nödvändigt längre.

Trots detta uppstår problem ibland och det är ofta svårt att avgöra orsaken i ett av flera material sammansatt golvsystem. För betong är det i alla fall möjligt att mäta RF i

en skadeutredning för att bestämma dess eventuella fuktbidrag. Är betongen dessutom funktionsprovad innan går det att enkelt att identifiera avvikelser.

Den föreslagna funktionsprovningen kommer inte lösa några problem relaterade till emissioner, förtvålning av lim eller mattsläpp eftersom betongfukt i dagens byggande sannolikt inte har med problematiken att göra.

Den föreslagna funktionsprovningen kommer däremot möjliggöra ett sjumilakliv mot ett betongbyggande med lägre koldioxidavtryck när betongens hållfasthet återigen blir dimensionerande och inte dess förmåga att sänka RF. ■

ANDERS SELANDER
Tekn. Dr Specialist betong,
Heidelberg Materials Cement



KENT BERGSTRÖM
Utvecklingsansvarig Tork- och
Mätmetoder, Polygon



ANDERS JOELSSON
Affärsenhetschef,
Fuktsakkunnig
Polygon

