

Nya och gamla utmaningar med betonguttorkning och fuktmetning

Polygon och Ak har de senaste åren upplevt att fler projekt än tidigare behöver akut hjälp med att klara uttorkningstider i betong enligt prognos och tidplan. Flera nyare undersökningar tyder på samma sak [1, 2, 3]. Uttorkningstider underskattas lätt vid prognosläggning. Mycket av utmaningarna tillskrivs i dagsläget nya betongrecept som inte har lika snabba uttorkningsförlopp som gamla men det förekommer också enligt vår erfarenhet ofta mätsituationer som inte uppfyller RBK:s grundkriterier och därför inte heller bör utvärderas enligt RBK:s standardmall. Det uppträder också situationer där mätningar visar fel värden och bör förkastas.

RBK-manualen kräver rimlighetsbedömning av mätvärden innan de lämnas över till kund. Sedan ungefär ett år tillbaka använder Polygon och AK ett egenutvecklat verktyg för att vid behov kunna utföra och presentera rimlighetsbedömningar mer precist. Både för prognos och för uppföljning i fält. Denna artikel handlar om erfarenheter med verktyget. Upplevelsen hittills är att det går att se tydligt att mätresultat avviker från RBK-standard samt att det går att förklara varför det blir som det blir via djupare analyser av den specifika mätsituationen. Från RBK-manualen kan utläsas:

”4.4 Avläsning och rimlighetsbedömning av mätresultat

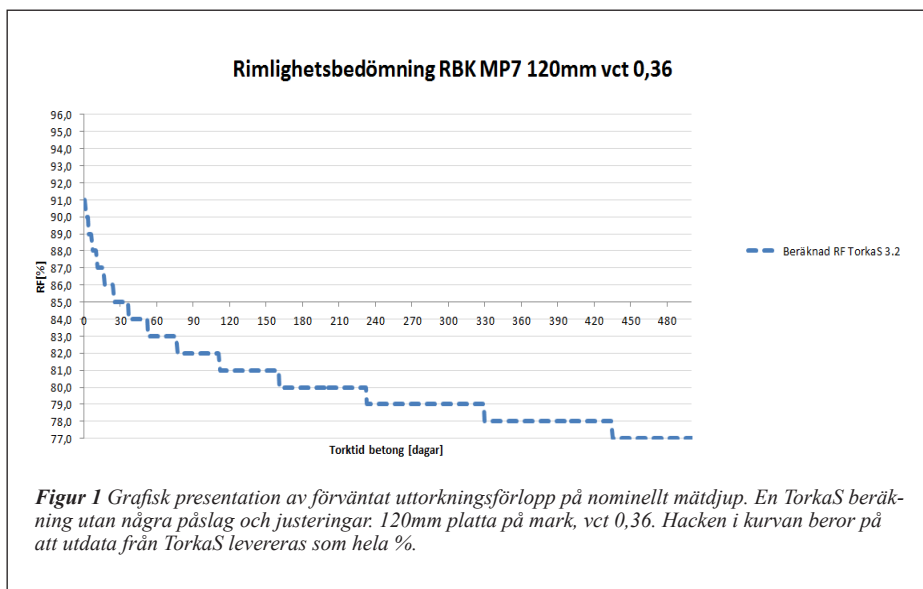
Läs av givarna med de mätinstrument som hör till varje givare. Läs av RF och temperatur. Gå in i kalibreringskurvor alternativt datorprogram för att få fram det aktuella RF-värdet,

kalibrerad RF. Efter korrigering för temperatur, fuktkapacitet och osäkerhet kan slutvärdet

Jämföras med den överslagsmässiga beräkningen av uttorkningsförloppet. Verkar det rimligt?”



Artikelförfattare är Peter Brander, AK-Konsult Indoor Air AB.



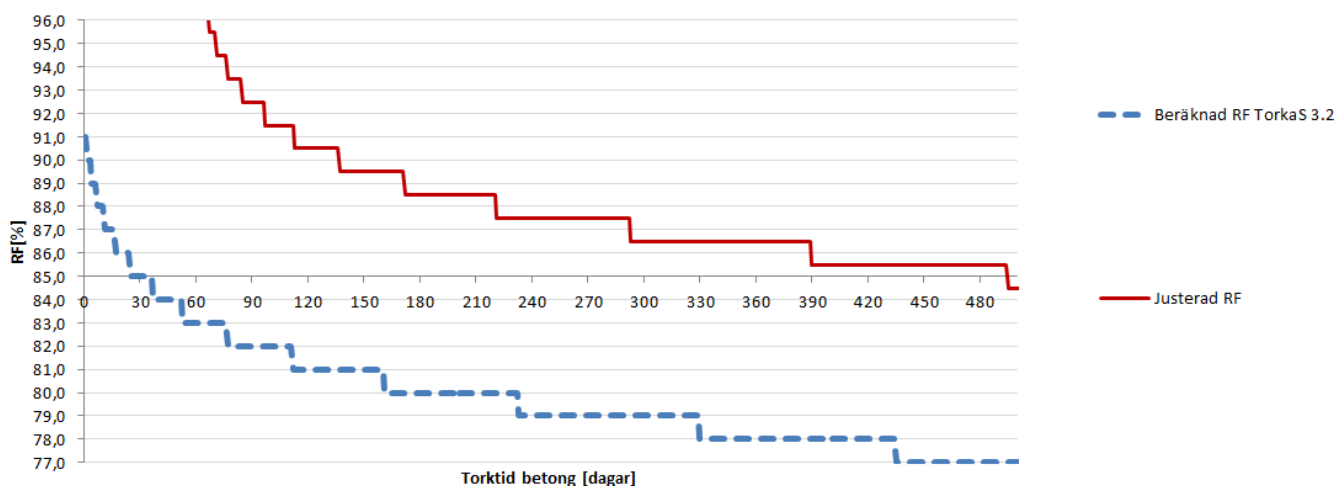
RF	Torktid torkaS [dagar]	Justerad RF
91	1	98
90	2	97
89	3	96
88	4	95
87	6	94
86	8	93
85	12	92
84	16	91
83	24	90
82	35	89
81	49	88
80	72	87
79	97	86
78	105	85
77	98	84

Tabell 1 Automatisk presentation av torktid i dagar för att torka RF en procent i taget för en specifik uttorkningsberäkning. Sista hoppet, 78-77 saknar delvis summerade dagar eftersom beräkningstiden tagit slut.

vct	0,36	
påslag vct 3,2 [%RF]	4,8	
påslag RBK osäkerhet[%RF]	2,7	
Påslag drift skiljer från 20 grader [%RF]	0,0	
Påslag avjämning [st dagar]	30,0	
Påslag försenad/forcerad torkstart [st dagar]	30,0	
ant. Torkmiljö [grader temp], [%RF]	18	45
ant. ånghalt 85 [g]	6,2	
ant. ånghalt 90 [g]	7,0	
ant. ånghalt 95 [g]	7,8	

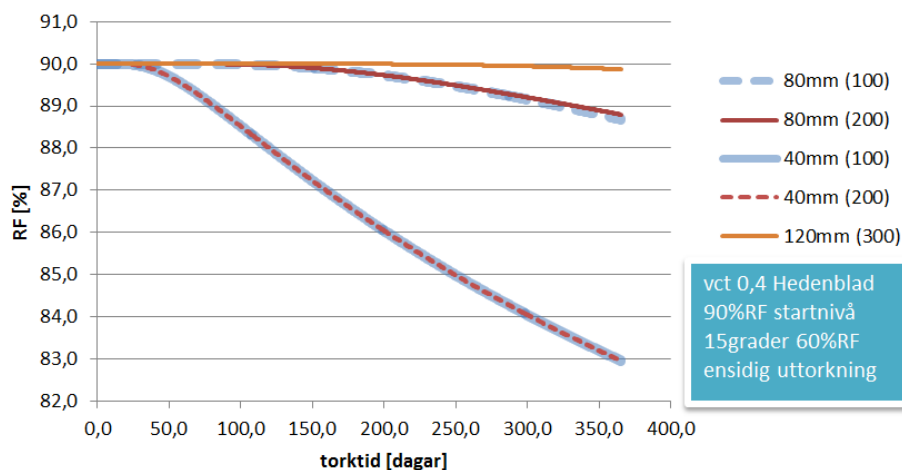
Figur 2 Exempel på justeringar av tider och RF som bör bedömas för att hamna rätt med en prognos med hjälp av exempelvis TorkaS3.2. I verktyget bedöms även drivkrafter för diffusionstorkning som senare går att spåra via klimatmätning i fält. I det här fallet gäller påslagen för vct0,36 med Byggcement.

Rimlighetsbedömning RBK MP7 120mm vct 0,36



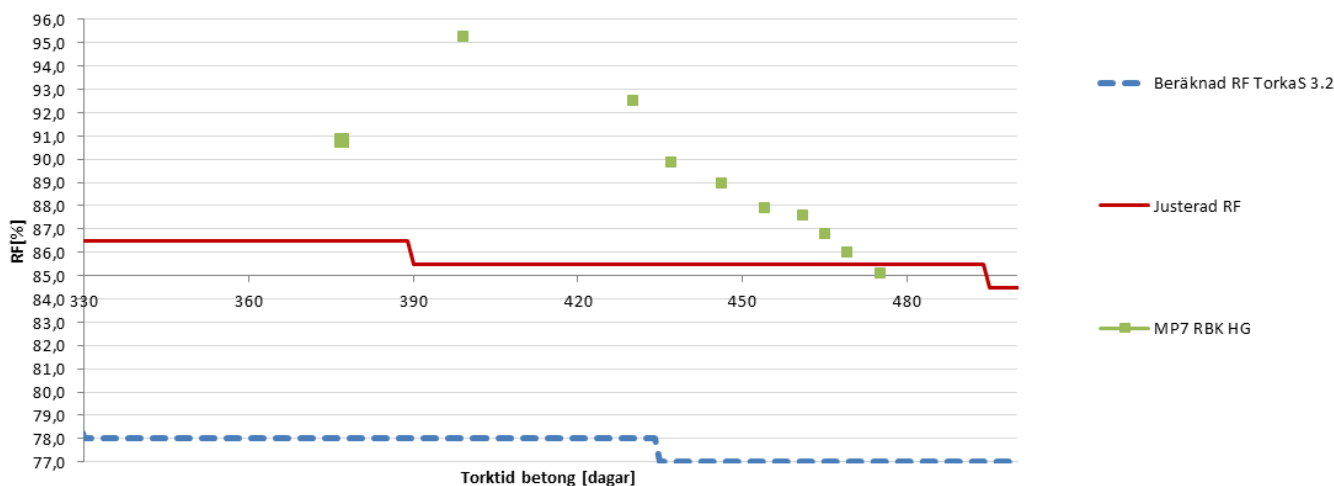
Figur 3 Justerade resultat. Det ser ut som beräkningen i TorkaS når under 85%RF i september (blåa fält). Förväntad uppmätt RBK siffra i fält med rekommenderade påslag är då i själva verket 91,5%RF. Verktöget räknar om till uttorkningsdygn för att underlätta förståelsen. Det tar 37 dygn utan påslag. Med påslag tar det 435 dygn eller 465 om avjämningen ska hinna torka också.

RF utv. på nominellt mätdjup via diffusion



Figur 4. Exempel på ensidig uttorkning på ett år via diffusion i olika tjocklekar räknat i WufiPro5.3. Oavsett tjocklek är det ca 1,2 kg som hinner ut per m² i den här beräkningen. Fuktprofiler som bildas är i princip identiska oberoende av plattjocklek. Ju tjockare konstruktion är desto längre tid tar det för fuktprofilen att nå nominellt djup och att hinna påverka mätningen. För en 100mm tjock platta hinner det påverka 7%RF medan det för en 300mm tjock platta bara ändras 0,2%

Rimlighetsbedömning RBK MP7 120mm vct 0,36



Figur 5 Grafisk presentation av förloppet via användande av rimlighetsverktyget för sämsta punkten i projektet. Drivkrafterna för uttorkning är svagt stigande under perioden.

Vad behövs då för en bra överslagsmässig beräkning av uttorkningsförlopp att jämföra mot?

Ta fram en förväntad uttorkningskurva

Det första en rimlighetsbedömning bör ta sikte på är förväntad uttorkningsutveckling, i en viss torkmiljö, i en viss konstruktion och i en viss betongkvalitet. Här används normalt något beräkningsverktyg. Precisionen kan dock aldrig bli bättre än kvaliteten på indata. Generella beräkningsprogram kämpar därför konstant med att trycka in nya materialdata efterhand som nya produkter introduceras.

Använd relevanta säkerhetspåslag

Utöver beräkningsresultat krävs diverse påslag för att ta hänsyn till mätosäkerhet, pågjutningar, drift skild från 20 grader... Om inte dessa påslag görs tydligt i ett utvärderingsverktyg är det svårt att uppfatta vad förväntad RF är vid en viss tidpunkt. Ofta ger påslagen mycket stora effekter på förväntad sluttid. I figur två blir påslaget 7,5% plus 30 dagar för uttorkning av avjämning. Det kan vara svårt att utan hjälpmedel omsätta procenten till uttorkningstid.

Med ångtäta produkter i större tjocklek är det kemisk uttorkning som styr det mesta. I vårt verktyg räknas förväntad torkhastighet ut vid olika RF-situationer. Att torka ut från 93%RF till 92%RF tar bara 8 dygn i figur tre eftersom hydratationen går snabbt framåt. Att torka ut från 86%RF till 85%RF tar 97dygn eftersom hydratationen vid den tidpunkten utvecklas mycket långsamt. Vid ångtäta



Figur 6 Montage av trippelpunkt för exaktare bestämning kan användas vid osäkerheter, Stålrिंगarna sitter som påkörningsskydd för mätpunkten.

och tjocka konstruktioner är detta ett typiskt uttorkningsbeteende. Det kan bli stora förseningar i projektet om inte kemien fungerar som tänkt. Därför är det nyttigt att bilda sig en uppfattning om hur mycket av uttorkningen som är kemisk och hur stort bidrag diffusionstorkningen kan ge i en viss situation.

Jämför mätning mot beräkning

Det sista ett bra verktyg för rimlighetsbedömning behöver kunna är att effektivt jämföra beräknad data med uppmätt data. I vårt verktyg för vi även in uppmätta drivkrafter för diffusionstorkning. Sen är det bara att börja bedöma och analysera.

Exempel

Ett bygge har problem med en betong, vct 0,36, som skulle ha varit torr i maj enligt tidigare bedömning men som inte visar torra värden i början på juli. Mätning utförs enligt RBK i borrhål i fält. Från första till andra mätning stiger värdena kraftigt. Våra beräkningar med våra påslag visar att det inte går riktigt så fort som ursprungsbedömningen men att mätningarna visar mycket högre värden än förväntat.

Vi har noterat det här tidigare i liknande situationer och ber därför om upprepad avläsning en gång i veckan. Vi följer utvecklingen ett par veckor och nu torkar det med över en procent i veckan (beräk-

ning säger att förväntad uttorkning är under 0,1 procent i veckan).

Analys

Det finns en mycket enkel slutsats att dra baserad på presenterad data. Det är sannolikt inte en RBK-situation vi mäter i. Så vad skiljer sig då mot RBK-manualen? Vi spårar följande:

- A. Projektet har relativt tjocka avjämningsplattor på relativt tunna plattor. Nominellt mätdjup är bara 48mm och avjämningsarna är upp till 40mm. Första avläsning sker ca 1 månad efter avjämningsplattor.
- B. Vi har bascement i betongen.

A. Vi rör oss sannolikt på scanningkurvor

Det finns en mening i RBK-manualen som är högst relevant i många projekt med lite tjockare pågjutning.

"Hysterés kan ge upphov till stora mätfel och betraktas som ett grovt fel som ska undvikas"

Den tjocka pågjutningen i kombination med det grunda mätdjupet gör att det initieras ett skifte från uttorkning till uppfuktning på nominellt mätdjup. Då hamnar vi på en scanningkurva som snabbt höjer RF utan att det absoluta fuktinnehållet behöver höjas så mycket. Samma effekt uppstår när det börjar torka igen då vi springer på en scanningkurva tillbaka till uttorkningsisotermen. Vår uppfattning är att det här uppträder med jämna mellanrum i relativt många projekt vid tjockare pågjutningar.

Många mättekniker pratar därför erfarenhetsmässigt mättekniskt om vikten att torka torrt betongen först innan avjämningsplattor (för då vet vi att den var torr). Beräkningstekniskt får man ut fler kilo vatten ur byggtorkningen om flytavjämningsplattor läggs tidigt och får torka ut ordentligt. Rimligen är det även smartast att ha torrast vid mattlimmet. Detta är dock ingen

RBK situation som går att analysera bra på nominellt mätdjup så länge scanning pågår!

B Basementets nya egenskaper har förändrat mättekniken

Vi vet i dagsläget inte hur väl TorkaS 3.2 kan simulera hur betonger med bascement fungerar uttorkningsmässigt. I SBUF projektet Praktisk produktionsplanering betong pågår mätning som förhoppningsvis ska få fram mer applicerbar materialdata till våren 2017. När det här specifika projektet valde betongkvalitet så fanns inte beräkningspåslaget för vct i TorkaS3.2 kommunicerat (kom i oktober 2015). De tidigare mätningar på uttorkningsegenskaper som leverantörer tog fram för bascement baserades också delvis på de mättekniker som nu delvis visat sig ge glädjesiffror och som justerades hösten 2015.

Betong baserad på bascement har visat sig mer svårhanterad i mätning och i en alldeles färsk rapport från LTH visar det sig att direktmonterad Humiguard enligt RBK kan ge överskattningar av RF som det tar flera veckor att återhämta sig ifrån.

Våra lärdomar och funderingar hittills

- Att ha kvarsittande givare i permanenta hål som läses av frekvent ger en bra möjlighet att spåra vad som sker över tid. Helst bör trendmätning starta tidigt. I det specifika projektet har vi haft svårt att värdera hur mycket som kan bero på pågjutning och hur mycket som kan bero på mättekniska problem. Om mätning initieras innan pågjutning blir en sådan särskiljning enklare. Läs alltså av minst en gång innan avjämningsplattor.
- Om mätning med kvarsittande givare monteras tidigt minskar även risken att avläsningar görs på hål som inte är i jämvikt vid slutavläsning.

Tabell 2. Exempel på uttorkningsförmåga genom olika ytbeläggningar vid olika inomhusklimat. I RBK:s normalfall antas noll i flöde genom mattan vid omfördelningsberäkning.

Täthet matta (s/m)	Flöde ₈₅₋₁₅ [g/mån/m ²]	Flöde ₈₅₋₄₀ [g/mån/m ²]	Flöde ₈₅₋₆₅ [g/mån/m ²]
10 000	3140	2019	897
100 000	314	202	90
500 000	63	40	18
1 000 000	31	20	9
10 000 000	3	2	1

- Med bra rimlighetsbedömningar hittar vi avvikelser och kan börja utreda orsak.
- Bra rimlighetsbedömning ger oss möjlighet att iterera fram bättre prognoser till nästa gång baserat på erfarenhet.
- Det är rimligt att fler rimlighetsbedömningar görs och presenteras. Annars är det rimligtvis inte en RBK-mätning.

Hur kommer vi då vidare i vårt projekt om vi inte hinner vänta in uttorkningen överallt?

Följdfrågan blir hur farliga siffror över 85% RF är. Där har bascementet positiva ångtåta egenskaper som påverkar omfördelningsberäkningar vilket gör att nominellt mätdjup kan och bör utmanas mer aktivt. Denna möjlighet finns beskriven inom RBK-systemet men det fördjupar vi oss mer i en annan gång. Det går nämligen att räkna hem en del projekt vid gynnsamma förutsättningar. ■

Referenser

- [1] Uttorkning av betongprover, Henrik Frifelt, Willie Larsson, Karlstad universitet, 2016
- [2] Mätning av fuktinivåer i betonggolvet, Dennis Metin, Dylan Hashem, Högskolan i Borås, 2015
- [3] Analysjämförelse mellan prognostiserad och uppmätt betong, Simon Ingesson, Jonatan Skog Högskolan i Jönköping, 2016
- [4] SBUF 12656 Fuktmätning i betong med lågt vct, Steg 1, Peter Johansson, LTH, 2014