



## Konsten att förstå sig på LÄCKANDE MÄTHÅL I BETONG

Så står man där igen med en betongmätning som är för blöt för att få lägga mattan. Någonstans i kedjan har det klickat och trots att alla lovat att det skulle vara klart så är det "fel" siffra i mätprotokollet.

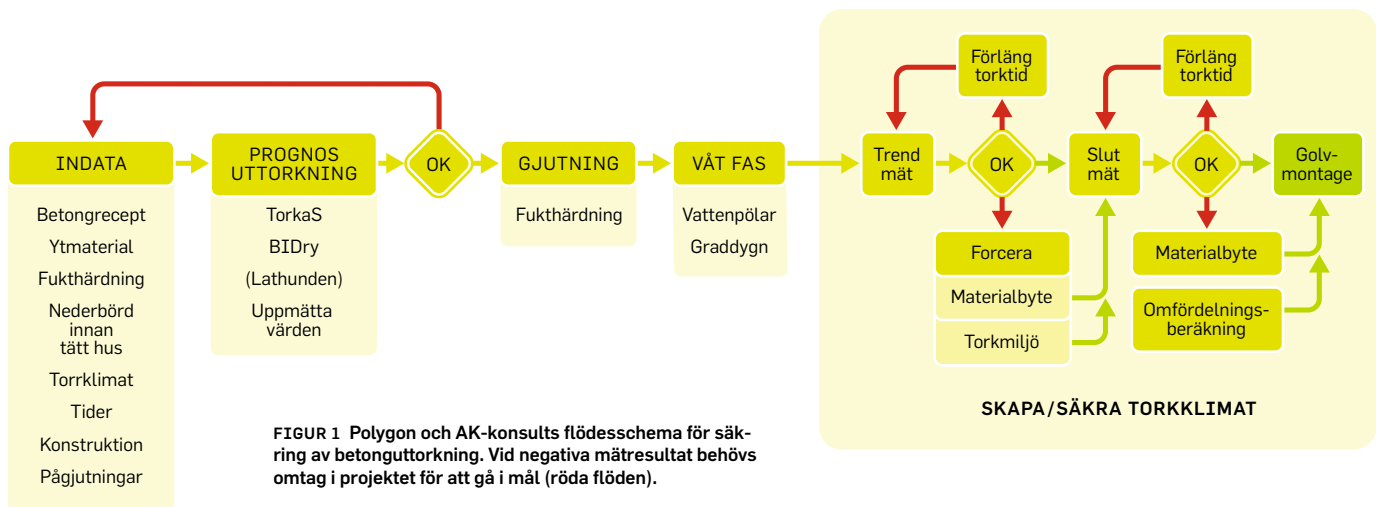
**S**tora omplaneringar, force-ringsåtgärder och viten hotar vardagslunken! Men är värdet rätt? Alla mätningar innefattar mätfel. Om beslut ska baseras på mätresultat är det därför avgörande att kunna identifiera om det finns mätfel som är så stora att mätresultaten borde förkastas. Den här första artikeln i en serie om tre artiklar handlar om hur analys av trendkurvor kan avslöja grova systematiska fel vid fuktmätning i betong beroende på mätthål som har för stora ångläckage.

### MÄTHÅLETS ÅNGLÄCKAGE GER ALLTID RABATT PÅ MÄTRESULTATET

Ett mätthål kommer oavsett tätningsteknik alltid att läcka vattenånga eftersom det tätas mot ånggenomsläpplig betong. Hastighet på läckaget beror även på andra faktorer såsom med vilken teknik mätrören monteras samt kvaliteten på tätningen av mätrören. Så länge torkmiljön inte är blötare än betongen kommer ett avläst värde därför alltid att innefatta en rabatt mot verklig relativ fuktighet, RF, i betongen. En principiell enkel jämvikt kan ställas upp där flödet till hålet ska bli lika med flödet från hålet, se figur 2.

När diskussioner kring rimliga mätresultat dyker upp är det bra att få tag i fler mätvärden och mätvärden i profil på djupet. Profil + trippelpunkt kan bli många mätthål koncentrerade på en liten yta nu när uttaget prov inte går att lita på längre.

Eftersom målsättningen är att nå ett mätvärde så nära betongens RF som möjligt i hålet blir drivkraften in i hålet (ånghaltsskillnaden mellan betong och mätthål) normalt mycket mindre än drivkraften ut ur hålet (ånghaltsskillnaden mellan mätthål och torkmiljö). Det gör att tätningen av borrhålet behöver vara mångdubbelt tätare än motståndet i betongen för att inte ge en för stor rabatt på mätvärdet. Hur snabbt hålet når jämvikt efter montage av mätrör beror också på hur nära jämvikt hålet och mätutrustning befinner sig vid montage samt de totala buffringseffekter som finns i systemet. I tabellen på nästa sida redovisas



FIGUR 1 Polygon och AK-konsults flödesschema för säkring av betonguttorkning. Vid negativa mätresultat behövs omtag i projektet för att gå i mål (röda flöden).

**Flödesbalans i ett fiktivt mäthål (20°C)**

$$\frac{\Delta V (\text{BETONG-HÅL})}{Z (\text{BETONG-HÅL})} = \frac{\Delta V (\text{HÅL-TORKMILJÖ})}{Z (\text{HÅL-TORKMILJÖ})}$$

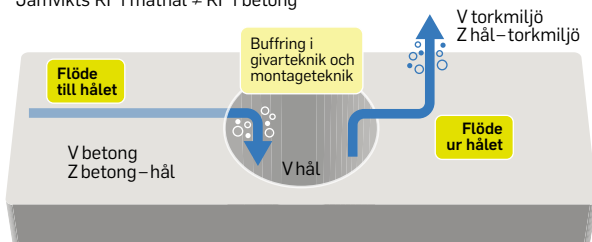
1 100

FORMEL Teoretiska flödesjämvikt i ett mäthål. Vid en viss temperatur ges en mättnadsånghalt som, beroende på förhållandet av tätheter, ger en RF-fördelning. Hur nära flödesbalansen ett mäthål kan komma är betydligt mer komplext. Ofta uppnås aldrig jämvikt fullt ut eftersom materialdata och klimatdata

påverkas av den pågående omfördelningen. I formeln är ett flöde balanserat. Siffrorna i exemplet är hämtade från andra raden i tabellen nedan. I tabellen finns fler klimat- och täthetsförhållanden uträknade.

**Jämvikt i borrhålsmätning – faktorer**

Flöde till = Flöde ur  
 Jämvikts RF i mäthål ≠ RF i betong



FIGUR 2 Principer för jämvikt i ett mäthål. Ånghaltsskillnaden (Vbetong-Vhål) måste vara nära noll för att kunna mäta hur blöt betongen är via fuktmätning i hålet.

	Z1 (betong)	Z2 (betong)	RF vid jämvikt
20 grader 85-20	1	200	84,7
20 grader 85-20	1	100	84,4
25 grader 85-15,6	1	100	84,3
20 grader 85-20	1	20	81,9
20 grader 85-20	1	10	79,1
15 grader 85-27	1	10	79,7
20 grader 85-60	1	200	84,9
20 grader 85-60	1	100	84,8
25 grader 85-46	1	100	84,6
20 grader 85-60	1	10	82,7
25 grader 85-46	1	10	81,5
15 grader 85-79,4	1	10	84,5
20 grader 90-60	1	100	89,7

TABELL Beräknad avläst RF på sensor vid flödesbalans. Rabatten kan bli stor vid täta betongprodukter alternativt läckande montage-teknik. Även vid gynnsamma täthetsförhållanden kommer verklig RF i betongen att vara flera tiondelar över den RF som mäts upp i borrhålet.

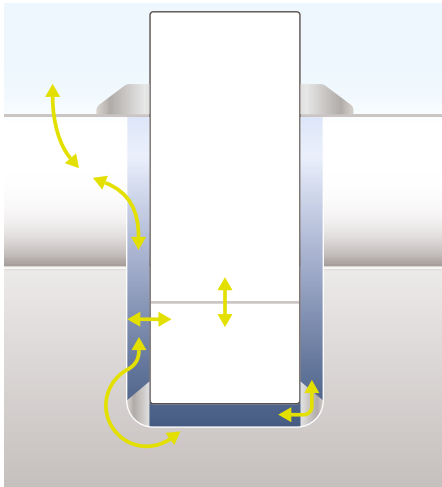
en enklare beräkning på hur det kan slå vid jämvikt. Låt oss anta att ett vanligt montage har en tätning som har 100 gånger högre motstånd än betongen. Vi vill mäta 85% RF i betongen vid 20 grader vintertid med 20% RF i luften över hålet. Rabatten blir i det här fallet 0,6% RF. Om betongen skulle bli 10 gånger tätare alternativt håltätningen 10 gånger sämre, allt annat likvärdigt, ökar rabatten till 5,9% RF. Sommardid när drivkraften mot torkmiljön blir mindre (ånghalten ökar i luften över betongen) minskar mätfelet och blir då vid 60% RF i torkmiljön 2,3% RF.

Principiellt innebär det följande: Ju

tätare betongen blir desto större mätarbatt kommer att presteras om inte tätningstekniken utvecklas i motsvarande grad. Vid ett systematiskt montage kommer även mätarbatten att vara helt systematisk. Det gör tyvärr att rabatten blir mycket svår att upptäcka och kvantifiera (om få montage-tekniker med likvärdiga läckage används). Har inte montage skett med full systematik i tätningen blir mätresultaten spretigare och läckage kan avslöja sig på varierande jämviktsnivåer och uttorkningshastigheter. Detta kan upptäckas förutsatt att det finns flera mätpunkter i närheten av varandra som läses av trendmässigt via flera efterföl-

jande avläsningar i tid per punkt. Innan jämvikt uppnåtts kan förflyttningen mot jämvikt lätt uppfattas som en snabb uttorkning av betongen. När mät hålet börjar torka kommer materialytan i mät hålet att få ett större ångmotstånd. Med större motstånd för fuktransport till hålet flyttas jämvikten och mätfelet kan därför öka över tid och då visa ett relativt lägre mätvärde än det verkliga.

En specialistsituation som uppstår är vid pägjutningar med material som är mycket ångöppnare än betongen som ska mätas. Då kan övre tätningens funktion i princip försvinna och mätfelet kan fördubblas.

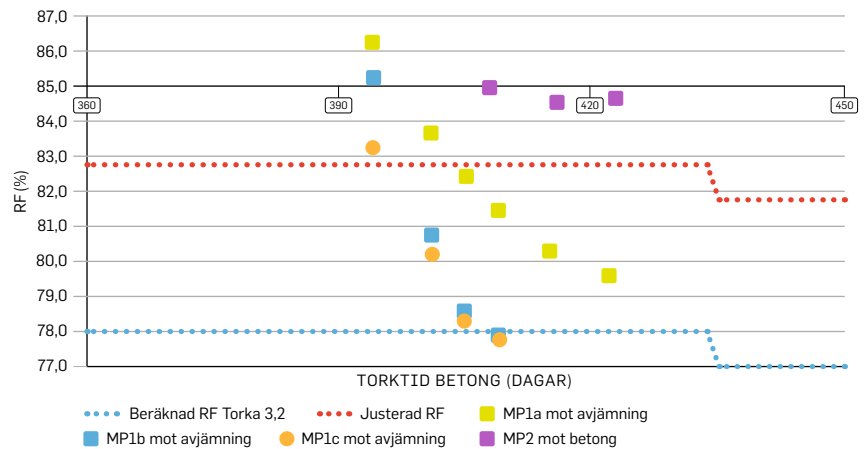


FIGUR 2 Läckagevägar runt borrhålstätningar går i alla riktningar. Mängden betong som bromsar läckaget kan bli kraftigt reducerat vid ångöppna pågjutningar där fukten lätt transporterar sig förbi övre tätningen.



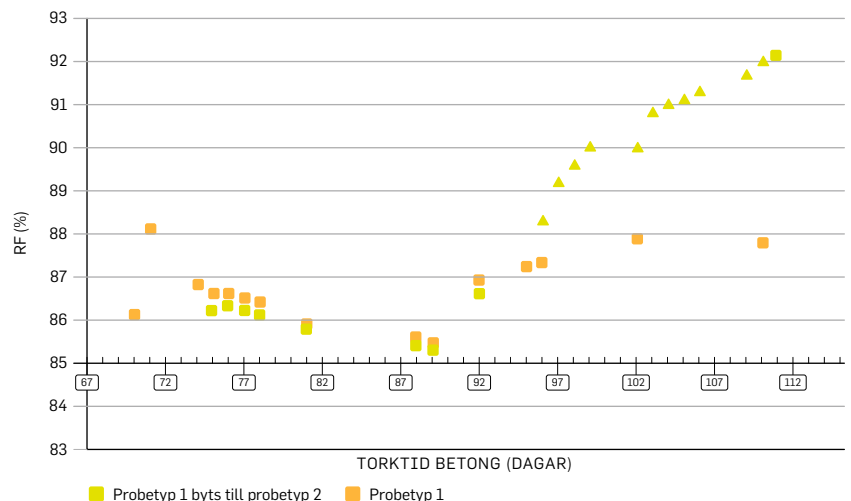
FIGUR 5 Polygon och AK-konsult håller just nu på med ett stort kvalitetssäkringsprojekt gällande montage teknik och mätteknik i fält. Här syns delar av mätuppställningen i laboratoriemiljö där ett antal mättekniker och montage tekniker korstestas mot varandra i syfte att upptäcka systematiska skillnader.

Rimlighetsbedömning



FIGUR 3 Trippelpunkt monterad mot torr avjämning visar helt annan uttorkningshastighet än mät punkt 2 där avjämningen bilats bort.

Probebyte med förbättrad tätning i mäthål



FIGUR 4 Vid läckande mätrör visas för låga mätvärden. Vid förbättrade montage ändras jämvikten och mät hålen kommer närmare betongens RF.

REKOMMENDATIONER

- Vill du veta om ditt mätvärde är stabilt bör du ha minst två avläsningar samt bedöma det mot en uttorkningsprognos. Torkar det mycket snabbare än prognos kan det vara läckande mätpunkter som spökar. Är det en osäker analys situation så fortsätt läsa av kontinuerligt tills det finns en trendkurva som går att tolka.
- Det underlättar med ett analysverktyg som visualiserar skillnader mellan förväntat och uppmätt värde.
- Montera mätrör mot betongen om du vill veta hur blöt betongen är.
- Försiktighetsprinciper bör råda. Det är lätt att förklara ett orimligt lågt mät-

värde med läckande mät hål. Det är mycket svårare att förklara hur uppfuktning över betongens fuktnivå kan ske efter tätt hus. Därför bör de höga mätvärdena normalt bedömas som "troligare" än låga mätvärden om de uppmätts samtidigt.

Beslut blir oftast inte bättre än beslutsunderlaget. I en kommande artikel i Husbyggaren kommer vi att ta upp hur en för hög mätsiffra kan hanteras för att komma vidare i sitt projekt. Att mäta rätt siffra är avgörande för att kunna ta ett beslut men det gäller också att kunna värdera risken med den siffran beroende på projektets förutsättningar. ■

Referens: G.Hedenblad TVBM 7146. Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong, LTH avdelningen byggnads material.



**PETER BRANDER**  
Teknologie licentiat i Byggtorkning  
Diplomerad fuktsakkunnig,  
Byggdoktor.  
Polygon/AK



**KENT BERGSTRÖM**  
Teknik och utbildningsansvarig  
Polygon/AK