

# Fuktdimensionering av betong med TorkaS

**Skador på byggnader och anläggningar i Sverige orsakar kostnader i storleksordningen sex miljarder kronor per år för reparationer och extraordinärt underhåll. Drygt tre miljarder av dessa kostnader beror på fukt, se [1] från 1994.**

I "Kvalitetsfelkostnader på 90-talet – en studie av sju byggobjekt" [2] har sju observatörer följt allt arbete på sju byggarbetsplatser. Man noterade "alla" fel och kostnaderna för att åtgärda felen. Felkostnaden kan räknas om till en merkostnad om 23 kr/timme, exklusive moms, per person på byggarbetsplatsen. Cirka sju procent av arbetstiden användes för att rätta fel. Felkostnaden varierade mellan två och nio procent av produktionskostnaden i de studerade objekten.

Den stora variationen i felkostnader, mellan två och nio procent, indikerar att med god planering, samverkan samt engagemang och utbildning kan felkostnaderna minskas. I studien har troligtvis endast de felkostnader tagits upp som upptäckts på byggarbetsplatsen och inte kostnaderna för fel som upptäckts i senare skede.

Fukt är en bidragande orsak till osunda inomhusmiljöer och så kallade sjuka hus med negativa konsekvenser för människors hälsa, se [3] från 1993. Stockholms stads utrednings- och statistikkontor (USK) har i en studie [4] visat att ju nyare byggnad desto större andel av de boende har en eller flera typer av sjuka hus besvär.

I en nyligen publicerad artikel "Fukt i byggnader och hälsa (Dampness in Buildings and Health)" [5] har artikelförfattarna gått igenom ett stort antal artiklar, för att se om artiklarna visade på något samband mellan hälsa och fukt i byggnader. I sammanfattningen står "Att bo eller arbeta i byggnader som är "fuktiga" synes att öka risken för ett antal hälsoeffekter huvudsakligen andningssymptom (hosta, rosslingar och astma) men även andra hälsoeffekter som ospecificerade symptom som trötthet och huvudvärk." Artikelförfattarna fann starka samband mellan "fukt" och hälsoeffekter.

En del av problematiken, som redovisats ovan, kan säkert hänföras till en obefintlig fuktdimensionering av betongkonstruktionen. Fuktdimensionering med

TorkaS är endast en del av den totala fuktdimensioneringen för konstruktionen.

Uttorkning av betong ligger ofta på kritiska linjen i ett bygges tidplan genom att välja konstruktionsutformning, betongkvalitet, produktionsmetoder etc kan torktiden påverkas, dvs förkortas eller förlängas.

Om man redan i projekteringsstadiet gör en första (preliminär) fuktdimensionering, så kan uttorkningstiden bedömas och därmed finns möjligheter att få en mer ekonomisk utformning av betongkonstruktionen. Val av ytmaterial och utformningen av konstruktionen närmast under ytmaterialet påverkar naturligtvis även uttorkningstiden, dvs till vilken relativ fuktighet (RF) som betongen behöver torka.

I rapporten "Betong för sunda golv – fuktdimensionering, materialval, produktion [6] skrivs under avsnitt "Val av betongkvalitet, Råd till beställare, arkitekt och projektör" bland annat följande: "Krav på fuktdimensionering i de olika efterföljande projekterings- och byggskedena samt kvalitetskontroll bör föreskrivas och därmed utgöra en förutsättning i den fortsatta byggprocessen. Kvalitetskontrollen ska omfatta fuktmätning utförd av därtill kvalificerad person." De olika skedena i byggprocessen åskådliggörs i *figur 1* på nästa sida. I figuren visas vilka åtgärder som bör vidtagas i byggprocessens olika skeden för att säkerställa en "torr" byggnad.

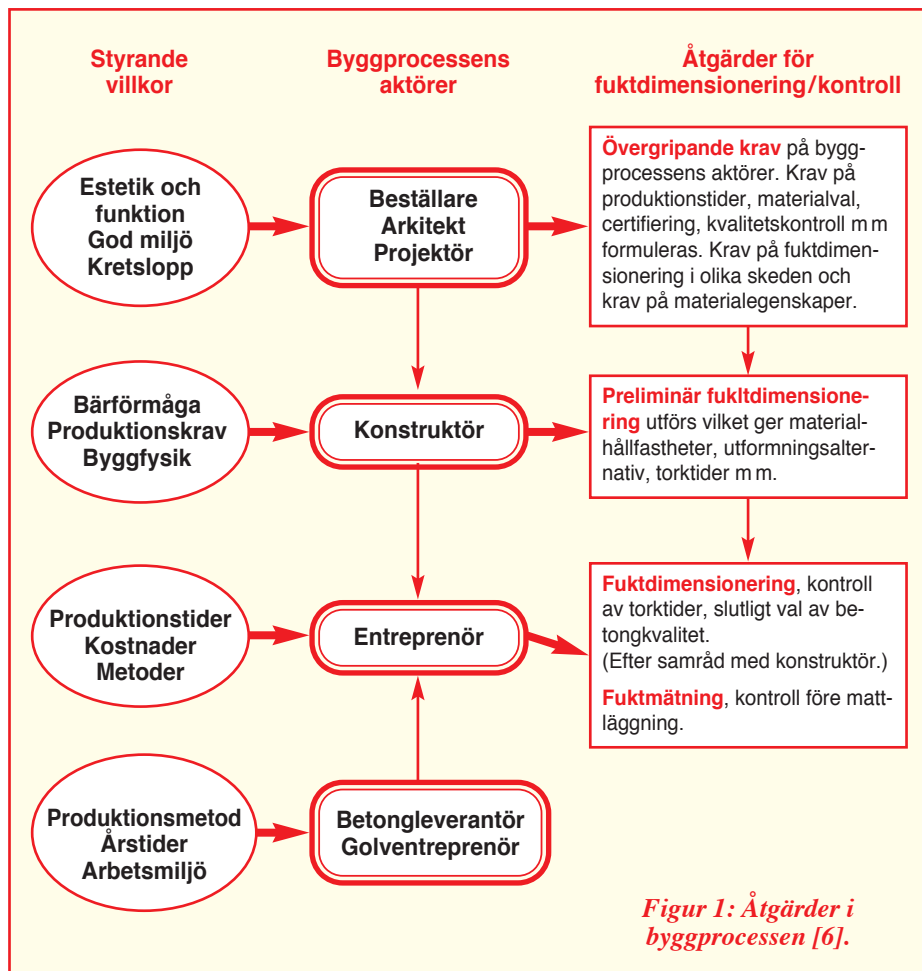
## Ett hjälpmedel vid fuktdimensionering

En utgångspunkt för den nu aktuella modelleringen av betongs torkning är de fukttransportegenskaper för välfärdad betong, som redovisas av *Hedenblad* i [7]. Även om dessa fukttransportdata är fram-



"Cirka sju procent av arbetstiden användes för att rätta fel. Felkostnaden varierade mellan två och nio procent av produktionskostnaden i de studerade objekten."

Artikelförfattare är **Göran Hedenblad** och **Jesper Arfvidsson**, Institutionen för Bygg- och miljöteknologi, Lunds Tekniska Högskola.



tagna för flera år gammal välhydratiserad betong av olika kvaliteter så kan de, genom att relateras till cementpastans porstruktur, räknas om till transportdata för nygjuten betong. Cementpastans porstruktur beror såväl av vattencementtalet (vct) som av hydratationsgraden, dvs hur långt den kemiska reaktionen mellan cementet och vattnet har hunnit.

Fukttransportegenskaperna för betong vid given RF varierar mycket starkt med hydratationsgraden, som i sin tur påver-

kas av betongens ålder, RF, temperatur, vct och cementtyp.

Andra delar vid beräkning av betongs torkning är jämviktsfuktkurvor och hydratationsgradsutveckling. Som bas för modelleringen av jämviktsfuktkurvorna har använts resultat publicerade av Nilsson i [8]. I programmet har använts de senaste forskningsresultaten beträffande hydratationsgradsutvecklingen, hämtade ur en avhandling av Norling-Mjörnell, Byggnadsmaterial, CTH [9].

Med datorprogrammet beräknade uttorkningsförlopp har sedan kunnat jämföras med ett antal oberoende uppmätta uttorkningsförlopp. En omfattande jämförelse mellan beräkningar och mätta torkförlopp har redovisats i [10].

Rapporten styrker tillförlitligheten i de med TorkaS 1.0 beräknade torkförloppen. Programmet är utvecklat för Slite standardcement. Denna cementtyp är numera ersatt av Byggcement med något annorlunda egenskaper, se under avsett Begränsningar och under Vidareutveckling/modifiering nedan.

## Programmets användargränssnitt

Programmet är utvecklat för Windows 95/98 och Windows NT och fungerar endast i dessa operativsystem. Då programmet är installerat på en dator, startas det genom att klicka på programmets ikon. Programmet är skrivet i Delphi-Pascal.

## Varierbara indata

- Typ av konstruktion. Det finns två principiellt olika konstruktioner, se figur 2; a) platta på mark, b) mellanbjälklag.

För dessa två konstruktioner finns det tre varianter av varje.

- Ort i Sverige. Det finns 10 orter att välja mellan.
- Gjutdatum.
- Datum för tätt hus, dvs då det inte längre kan komma fritt vatten på betongen (till exempel regn eller snö).
- Datum då uttorkningen påbörjas.
- Datum då uttorkningen ska vara avslutad.
- Betongtjocklek.
- Betongkvalitet i form av vct samt eventuell tillsats av silikastoft;

$$vct = \frac{\text{vikt vatten}}{\text{vikt cement}} \text{ per } m^3 \text{ betong}$$

- Cementhalt per  $m^3$  betong.

## Varierbara indata

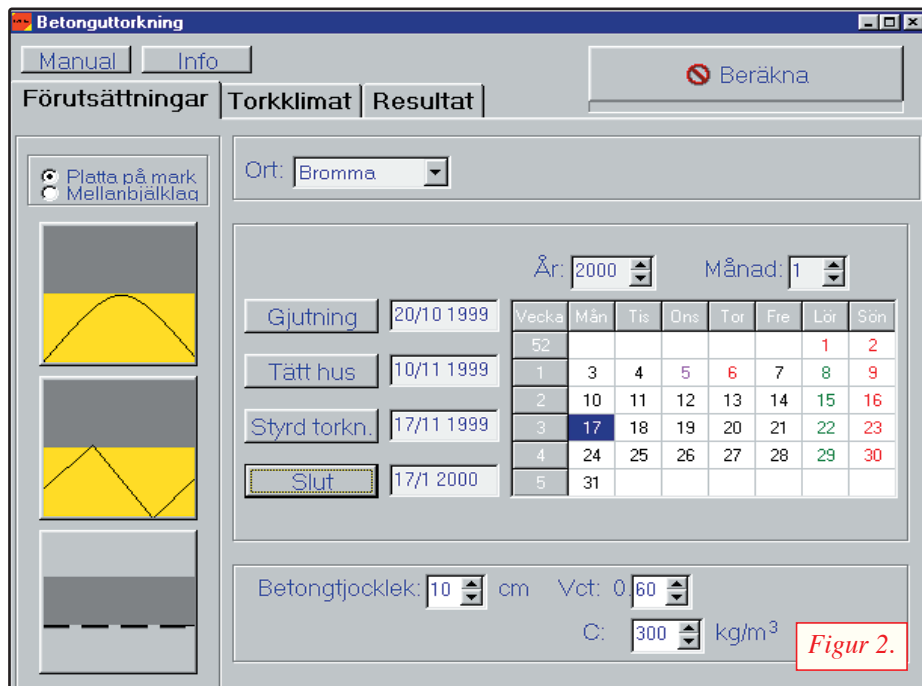
Om man vill kontrollera och eventuellt justera härdnings- eller torkklimatet kan man gå in på nästa "flik" i menyn. Under denna flik "Klimat" redovisas;

- temperaturer,
- RF som omger konstruktionen,
- eventuellt regn (anges som R).

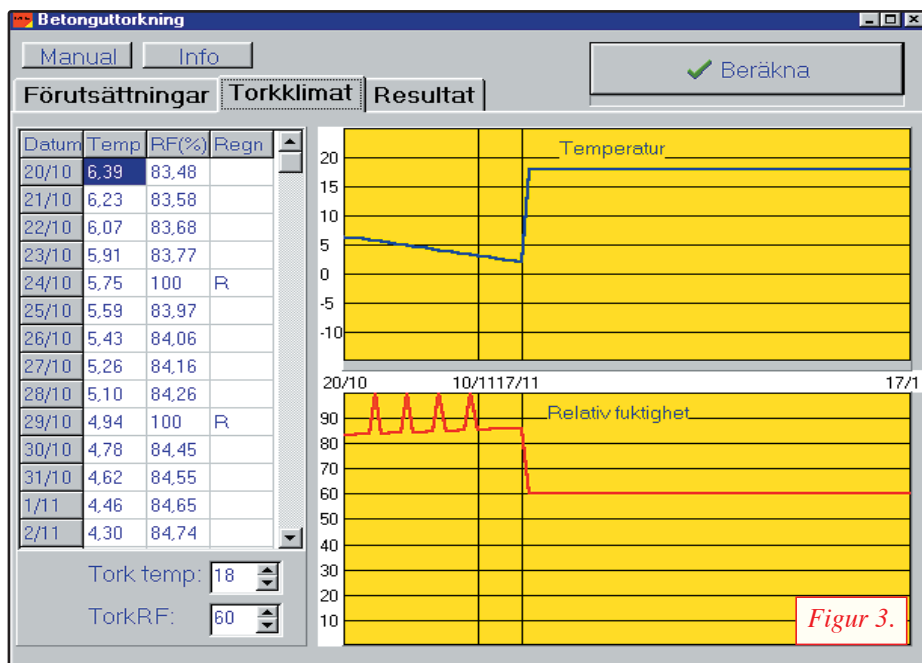
Då man under flik "Förutsättningar" valde ort och de olika tidpunkterna beräknas automatiskt "normala" klimatdata för bygget. Dessa data avser medelvärden under en 30-års period, varför klimatet för det aktuella bygget kan skilja sig ifrån dessa.

I tabellen till vänster i figur 3 visas datum, temperatur, RF och eventuella regndagar (R). I det övre diagrammet visas temperaturen från gjutningen till torkslut.

I det undre diagrammet visas RF under samma period. I diagrammet kan man lägga märke till de fyra regndagarna innan "tätt hus". Dessa visar sig som "spi-







Figur 3.

kar" på kurvan, dvs man har 100 procent RF.

### Beräkningsresultat

Det som redovisas av datorprogrammet är:

□ RF på representativt (normalt) mätdjup, som funktion av tiden, den övre delen av figur 4.

□ RF-utvecklingen i hela konstruktionen, som funktion av tiden, undre delen av figur 4.

Till vänster i figur 4 anges väsentliga indata, så att man efter beräkningen kan kontrollera dessa. Det övre diagrammet visar beräknad RF-utveckling på normerat mätdjup (20 procent eller 40 procent av betongens tjocklek, beroende på konstruktionstyp).

### Begränsningar

Enbart en beräkning av uttorkningstiden är inte tillräckligt för att säkerställa att be-

tongen har torkat till den RF-nivå som man vill uppnå. För att verkligen säkerställa detta, bör en fuktmätning på representativt djup (betongfukt) också utföras. I förekommande fall måste även ytfukt och limfukt beaktas. Först då beräkning och fuktmätning visar ungefär samma RF kan man börja få förtroende för resultaten. Om beräkningen och fuktmätningen visar olika RF får man kontrollera både fuktmätningen och beräkningen. Vid beräkningstillfället hade man kanske inte de aktuella förutsättningarna helt klart för sig, t ex kan vädret blivit annorlunda än det antagna, även materialkvaliteter och eventuellt konstruktionsutförande kan ha ändrats.

Vid en fuktdimensionering ska man skilja mellan *betongfukt*, *ytfukt* och *limfukt*.

□ Med betongfukt avses den fukt som finns på standardiserat mätdjup, före golvläggning.

Den består av:

- (1) Mängd blandningsvatten.
- (2) Mängd kemiskt bundet vatten.
- (3) Mängd uttorkat vatten.

□ Ytfukt, vid betongs härdning och ibland under dess torkning kan vatten tillföras på betongens yta, till exempel i form av regn, vattenbegjutning eller snö. Beroende på betongens kvalitet, dvs vattencementtal eller dess vattenbindemedelstal, kan denna fukt kapillärt sugas olika snabbt och långt in i betongen. För vanlig betong (vct större än cirka 0,5) sker denna insugning relativt snabbt. För betong med lågt vct/vbt kan insugningen ta lång tid. Det betyder att ytan på denna typ av betong kan ha högt fuktillstånd, medan RF på det normerade mätdjupet kanske är under kritisk nivå, dvs acceptabelt.

□ Limfukt, det som här kallas limfukt är all fukt som till förs betongytan strax före själva golvläggningen, dvs inte enbart eventuell fukt från limmet utan även från spackling med mera.

Programmet TorkaS 1.0 tar hänsyn till betongfukt och i viss mån ytfukt (för vanlig betong).

Programmet är framtaget för cementtypen Slite Standard. Detta cement produceras inte längre utan har ersatts av Byggcement, som är ett portlandkalkstencement. Då Byggcementet skiljer sig från Slite standardcement genom att det innehåller cirka 15 procent kalkfyller, så har det troligtvis något annorlunda fuktegenskaper. I en studie av uttorkningen, år 1999, [11] hos Byggcement drogs följande slutsatser:

"Vid jämförelse av resultaten ovan med bland annat de för Slite standardcement som redovisats i Bilagor 4 och 5 konstateras att uttorkning av betong tillverkad med CEM II/A-L42.5 inte tar längre tid än för betong tillverkad av Slite standardcement. En kompletterande studie skulle troligtvis påvisa att vid lägre vct är uttorkningen snabbare med CEM II/A-L42.5 än med Slite standardcement."

År 1999, när studien genomfördes, hade beteckningen Byggcement inte kommit till användning utan cementet betecknades CEM II/A-42.5. I citatet ovan står det "...vid lägre vct...". Detta ska tolkas som vid vct lägre än cirka 0,5.

### Vidareutveckling/modifiering

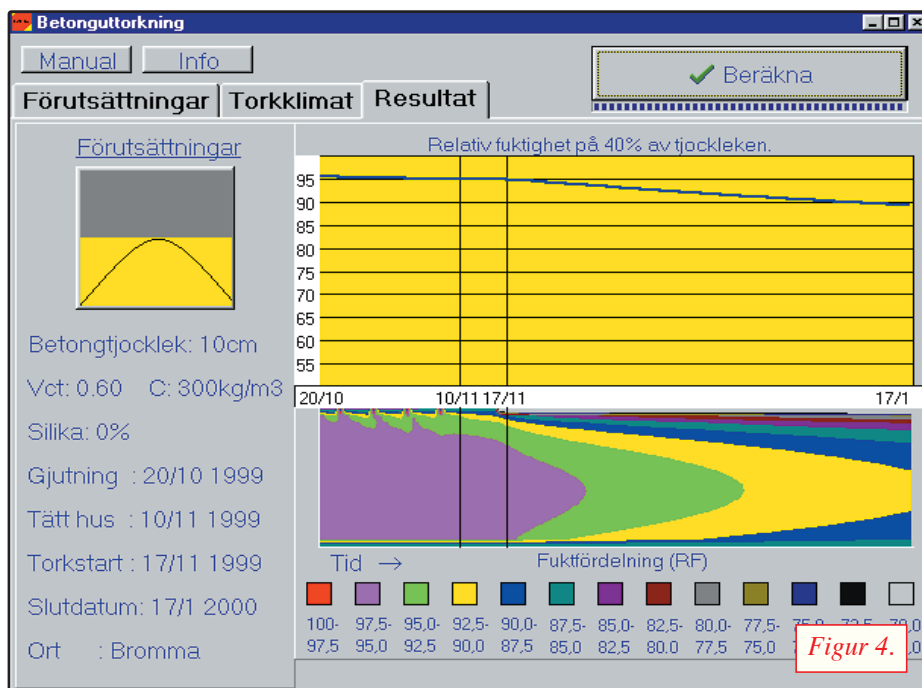
TorkaS ska modifieras så att det täcker in Byggcement. För att kunna göra detta behövs;

- 1) jämviktsfuktkurvor,
- 2) hydratationsgradsutveckling,
- 3) torkförlopp,
- 4) fukttransportdata.

Bestämning av dessa egenskaper pågår vid Byggnadsmaterial/LTH.

Även den synliga delen av programmet (gränssnittet) ska det ske ändringar, bland annat ska:

- a) Indata och utdata ska kunna sparas.
- b) Utskriftsfunktion för samtliga "fönster".



Figur 4.

- c) Uttorkningsförloppet ska kunna redovisas i tabellform vecka för vecka.  
d) Plattjockleken ändras så att det täcker in tjocklekar mellan 7 och 35 cm.  
e) Möjlighet ska finnas att lägga in olika torkklimat under flera tidsperioder.  
f) Vattenhalt ska anges istället för cementhalt. Vattenhalten är mer konstant än cementhalten.

Målsättningen är att den modifierade versionen ska föreligga vid årsskiftet 2001/2002.

## Fuktmätning – kontroll före matläggning

En beräkning med TorkaS är inte tillräckligt för att säkerställa att betongen har torakat till den RF-nivå som man vill uppnå.

### Tack

Ett tack till Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) som finansiellt har stött utvecklingen av TorkaS 1.0 och nu även, tillsammans med Cementa AB, stöder vidareutvecklingen av programmet. Vi tackar även vår dåvarande projektledare *Olof Adler* och vår nuvarande projektledare *Bengt Ström* på NCC, som har gett och ger oss ett värdefullt stöd.

För att säkerställa detta, ska en fuktmätning utföras. Rådet för Byggkompetens (RBK) auktoriserar fuktkontrollanter för fuktmätning i betong. En RBK-auktoriserad fuktkontrollant, betong har dels genomgått en tvådagars utbildning om fuktmätning i betong dels ett teoretiskt prov och ett praktiskt prov. Men detta är inte tillräckligt, han ska dessutom ha praktisk erfarenhet av fuktmätning i betong. I dagsläget finns cirka 50 RBK-auktoriserade fuktkontrollanter spridda över större delen av Sverige. RBK har en hemsida med ytterligare information, [www.rbk.nu](http://www.rbk.nu).

## Distribution av programmet

Programmet är kostnadsfritt då det hämtas via "nätet" på följande hemsidor, [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se) eller [www.fuktgruppen.se](http://www.fuktgruppen.se). ■

## Referenser

- [1]. Tolstoy, N. *The Condition of Buildings. Investigation methodology and applications*, Byggnadsmaterial, KTH. Rapport TRITA-BYMA 1994:3, Stockholm.  
[2]. FoU-Väst. *Kvalitetsfelkostnader på 90-talet – en studie av sju byggprojekt*. Rapport 9608.  
[3]. Ekstrand-Tobin, A. *Samband mellan astma och inomhusmiljö? Undersökning av 60 unga astmatikers bostäder*. Byggeforskningsrådet R35:1993.  
[4]. Fyrhake, L. m fl. *Stockholmsenkät om inomhusmiljö och hälsa – vad skiljer bra*

*och dåliga flerbostadshus?* Stockholms stads utrednings- och statistikkontor (USK), 1998.

[5]. Bornehag, C.G. m.fl. *Dampness in Buildings and Health*. Indoor Air 2001;11.

[6]. Svenska Betongföreningen. *Betong för sunda golv – fuktdimensionering, materialval, produktion*. Betongrapport nr 6. 1997.

[7]. Hedenblad, G. *Moisture Permeability of Mature Concrete, Cement Mortar and Cement Paste*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund Rapport TVBM-1014. 1993.

[8]. Nilsson, L.-O. *Hygroscopic Moisture in Concrete – Drying, Measurements & Related Material Properties*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund Rapport TVBM-1003. 1980.

[9]. Norling Mjörnell, K. *Moisture Conditions in High Performance Concrete*. Byggnadsmaterial, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. Rapport P97:6, 1997.

[10]. Hedenblad, G. *Jämförelse mellan uppmätta uttorkningstider och uttorkningstider beräknade med "TorkaS 1.0"*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund Rapport TVBM-7133. 1998.

[11]. Hedenblad, G. *Uttorkning av betong med cement, CEM II/A-L.42.5*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, Uppdragsrapport U99.12. 1999.