

Fuktmätning i betong

Baserat på arbete utfört av *Lars-Olof Nilsson* (1979) anger Rådet för Byggkompetens (RBK) att fuktmätning bör utföras på ett mätdjup motsvarande 40 procent av betongplattans tjocklek vid applicering av ett tätt och fuktkänsligt yt-skikt/matta.

och lämpligen kan väljas annorlunda än det normalt rekommenderade.

Med denna bakgrund kan det vara intressant att närmare studera vilka faktorer som påverkar mätdjupet.

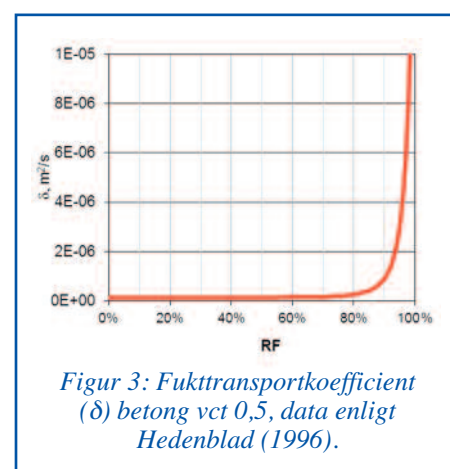
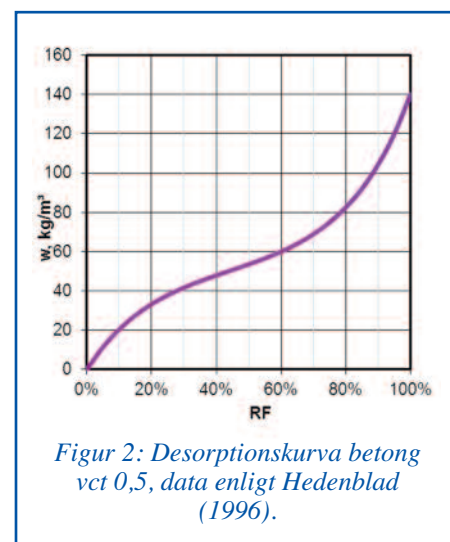
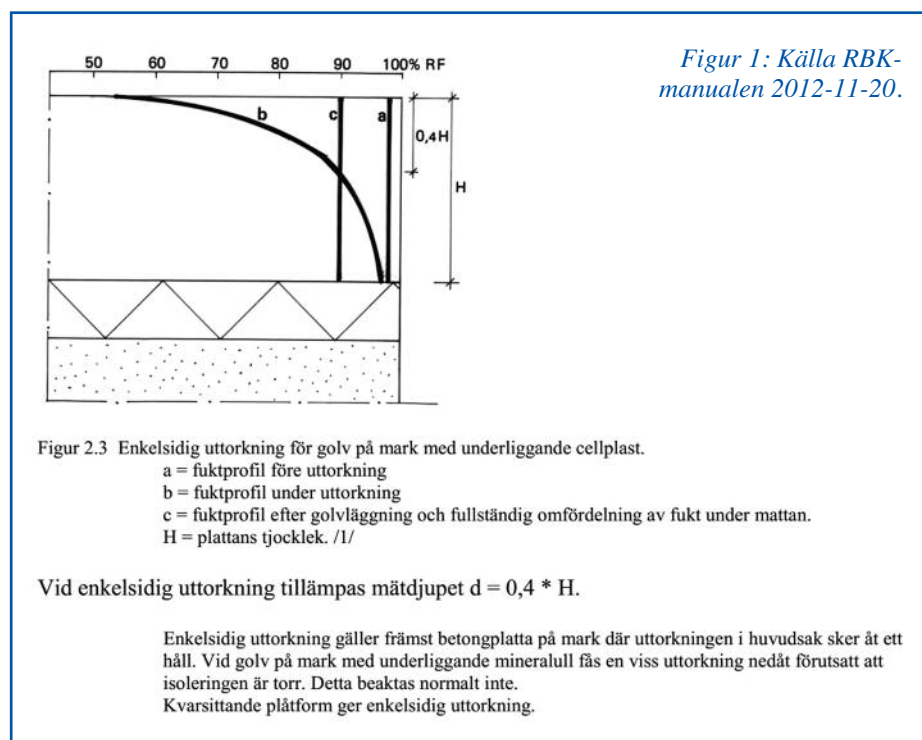
Konstruktion – beräkningsprogram

I följande exempel utgår vi ifrån en betongplatta med tjockleken 150 mm och antar att ytskiktet/mattan är helt tät samt

90 procent enligt desorptionsisotermen i figur 2.

Fall 1: Uttorkning till 85 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet.

Ekvivalent mätdjup beräknas till 54,5 mm eller 36 procent av totala tjockleken. Det vill säga i närheten av det djup som man normalt rekommenderar att mätning



I RBK-manualen anges att senare års beräkningar har visat att erforderligt mätdjup kan nyanteras genom en mer fullständig och korrekt analys. Det anges också att mätdjupet vid enkelsidig uttorkning kan variera mellan 30 och 42 procent av betongplattans tjocklek. Erforderligt mätdjup kan bli både betydligt större, *Kumlin* (2003), och betydligt mindre beroende på det aktuella materialets sorptionskurva och vid vilken fuktnivå man mäter, *Nilsson* (2003).

Ytterligare en faktor som påverkar mätdjupet är om man tar hänsyn till hysteres eller inte. Om hänsyn inte tas till hysteres blir mätdjupet på den osäkra sidan.

Slutligen anger RBK att erforderligt mätdjup ibland kan, och måste, nyanteras

att ingen fukt kan torka ut nedåt, det vill säga all fukt som finns i betongen kommer att finnas kvar, den stängs in, efter mattläggning. Under dessa förutsättningar, och under förutsättningar att all fuktändring sker enligt en sorptionskurva, kan det ekvivalenta mätdjupet definieras som det djup där fukthalten är lika med medelfukthalten för tvärsnittet/plattan.

Samtliga beräkningar som redovisas är utförda med programmet KFX. Vid beräkningsstart antas betongen ha självtorakat ned till 95 procent relativ fuktighet (RF).

Beräkningsexempel, utan hänsyn till hysteres, betong vct 0,5

Materialegenskaper betong vct 0,5 enligt Hedenblad (1996). Betong med vct 0,5 och fukttekniska egenskaper enligt *Hedenblad* (1996) har en jämviktskurva avseende desorption (uttorkning) och en fuktransportkoefficient (ånggenomsläpplighet) enligt *figur 2 och 3*.

För denna betong motsvarar en fukthalt (w) på 92 kg/m³ en relativ fuktighet på 85 procent och en fukthalt på 104 kg/m³ motsvarar en relativ fuktighet på

ska utföras på. När relativa fuktigheten är 85 procent på 54,5 mm djup erhålls RF- och fukthaltsprofil enligt *figur 4 och 5 på nästa sida*.

Efter det att jämvikt uppnåtts erhålls RF- och fukthaltsprofil enligt *figur 6*.

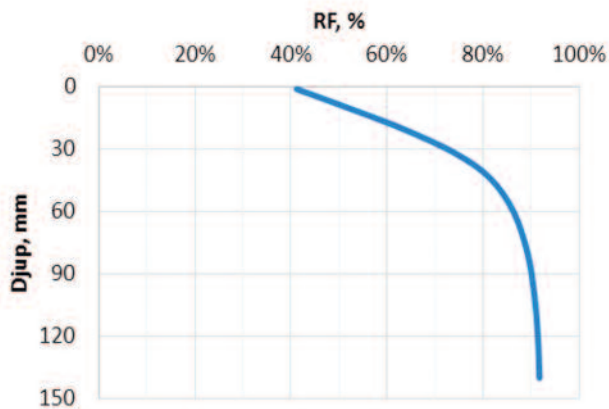
Fall 2: Uttorkning till 90 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet.

Ekvivalent mätdjup beräknas till 44,5 mm eller 29 procent av totala tjockleken. Det vill säga en ändring av kritisk relativ fuktighet från 85 till 90 procent minskar i detta fall det ekvivalenta mätdjupet från 36 till 29 procent av den totala tjockleken.

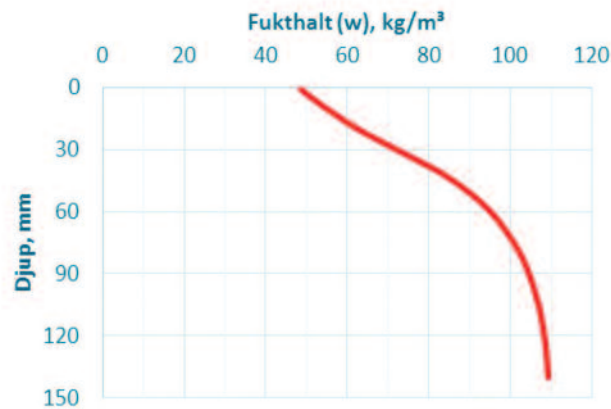
Fall 3: Uttorkning till 85 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkkli-



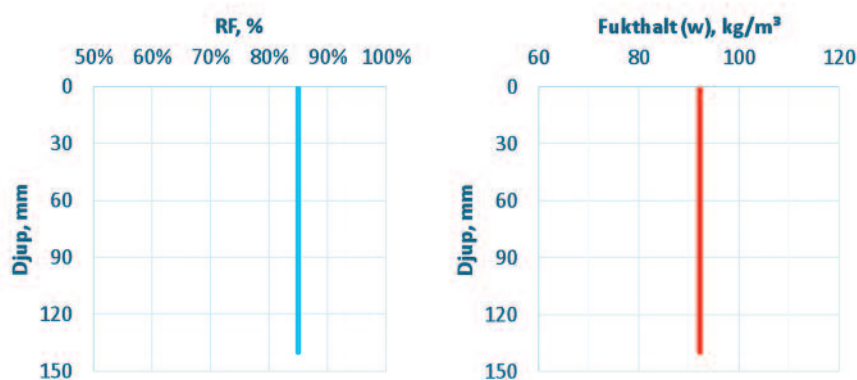
Artikelförfattare är
Anders Kumlin,
Anders Kumlin AB,
Stockholm.



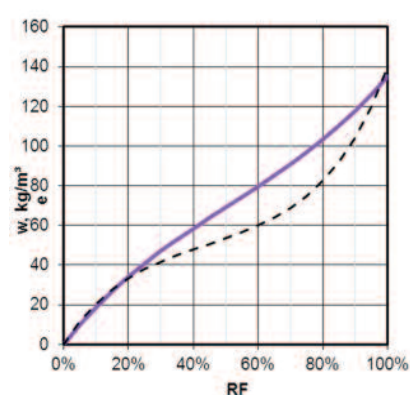
Figur 4: Torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, kritisk relativ fuktighet 85 procent. RF-profil vid 85 procent relativ fuktighet på djup motsvarande 36 procent av tjockleken. Relativ fuktighet på 40 procent djup är 86 procent.



Figur 5: Torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, kritisk relativ fuktighet 85 procent. Fukthaltsprofil vid 85 procent relativ fuktighet på djup motsvarande 36 procent av tjockleken. Medelfukthalt för plattan är 92 kg/m³.



Figur 6: RF- och fukthaltsprofil vid jämvikt, RF = 85 procent, $w = 92 \text{ kg/m}^3$.



Figur 7: Desorptionskurva betong med byggcement, data enligt Åhs (2014). Streckad linje avser traditionell betong med data enligt Hedenblad, jämför figur 2.

mat 18 °C och 60 procent relativ fuktighet.

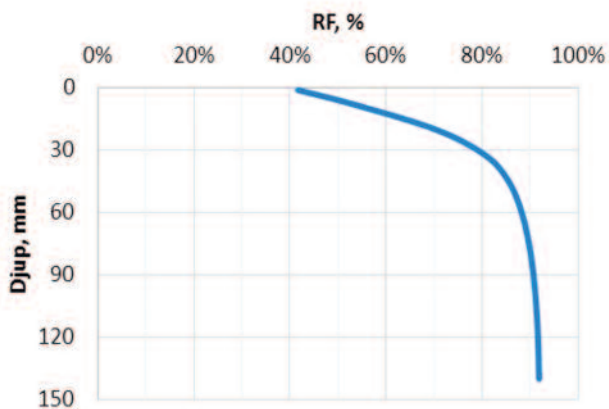
Ekvivalent mätdjup beräknas till 56,8 mm eller 38 procent av totala tjockleken. Det vill säga en ändring av torkklimatet, från 20 °C och 40 procent relativ fuktighet till 18 °C och 60 procent relativ fuktighet, ökar i detta fall det ekvivalenta mätdjupet

från 36 till 38 procent av den totala tjockleken.

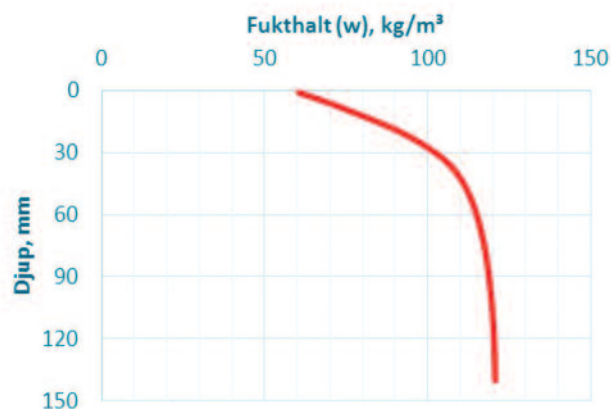
Materialegenskaper enligt Åhs (2014). Betong med byggcement, vct 0,5 har enligt Åhs (2014) en jämviktskurva avseende desorption (uttorkning) enligt figur 7.

Av figur 7 framgår att betongen med byggcement har en betydligt mindre S-

formad sorptionskurva än vad traditionell betong har. För betong med byggcement motsvarar en fukthalt (w) på 110 kg/m³ en



Figur 8: Byggcement, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, kritisk relativ fuktighet 85 procent. RF-profil vid 85 procent relativ fuktighet på djup motsvarande 29 procent av tjockleken. Relativ fuktighet på 40 procent djup är 88 procent.



Figur 9: Byggcement, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, kritisk relativ fuktighet 85 procent. Fukthaltsprofil vid 85 procent relativ fuktighet på djup motsvarande 29 procent av tjockleken. Medelfukthalt för plattan är 110 kg/m³.

Tabell 1.

Betong	Kritisk RF	Torkklimat	Ekvivalent mätdjup
Konventionell, fall 1	85 %	20 °C och 40 % RF	36 %
Konventionell, fall 2	90 %	20 °C och 40 % RF	29 %
Konventionell, fall 3	85 %	18 °C och 60 % RF	38 %
Byggcement, fall 4	85 %	20 °C och 40 % RF	29 %

relativ fuktighet på 85 procent enligt desorptionsisotermen i figur 7.

Fall 4: Uttorkning till 85 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet.

Ekvivalent mätdjup beräknas till 43,1 mm eller 29 procent av totala tjockleken. Det vill säga för en betong med mindre s-formad desorptionskurva minskar i detta fall det ekvivalenta mätdjupet från 36 till 29 procent av den totala tjockleken. När den relativa fuktigheten är 85 procent på 43,1 mm djup erhålls RF- och fukthaltsprofil enligt figur 8 och 9.

Sammanfattning beräkningar utan hänsyn till hysteres, betong vct 0,5. Erhållna resultat vid inledande beräkningar, där hänsyn inte tagits till hysteres sammanfattas i tabell 1.

Av tabell 1 framgår att kritisk relativ fuktighet, torkklimatet och betongens sorptionskurva påverkar det ekvivalenta mätdjupet. Konventionellt mätdjup på 40 procent ligger enligt utförda beräkningar på den säkra sidan.

Beräkning av relativ fuktighet under inte tät golvbeläggning

Ovanstående resultat gäller endast om golvbeläggningen antas vara helt tät. I det fall golvbeläggningen inte är helt tät kommer fukt långsamt att kunna avges från betongen till rumsluften.

Fall 5: Uttorkning till 85 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, konventionell betong. Lika fall 2 men golvbeläggning med fuktransportmotstånd $100 \cdot 10^3 \text{ s/m}$.

Under förutsättning att uttorkningen sker enligt fall 1 och golvbeläggningen har ett fuktransportmotstånd (Z) på $100 \cdot 10^3 \cdot \text{s/m}$ kan maximal relativ fuktighet under golvbeläggningen beräknas till 74 procent. Fuktprofilen när den relativa fuktigheten är max under golvbeläggning enligt figur 10.

Hysteres

För byggnadsmaterial, som till exempel betong, erhålls experimentellt en jämviktskurva vid uttorkning (desorption) och en kurva vid uppfuktning (absorption). Att olika jämviktskurvor gäller vid

kapacitet (dw/dRF) påverkas kraftigt beroende på vilken kurva ändringen följer, jämför figur 11.

När fukten omfördelas i en betongplatta efter mattläggning kommer en uppfuktning av övre delen av plattan, ovan ekvivalent mätdjup, att ske. Uppfuktningen kommer då att följa en scanningkurva med relativt låg fuktkapacitet varför en viss ändring i fukthalt ger än större ändring av den relativa fuktigheten jämfört med uppfuktning utan hänsyn tagen till hysteres.

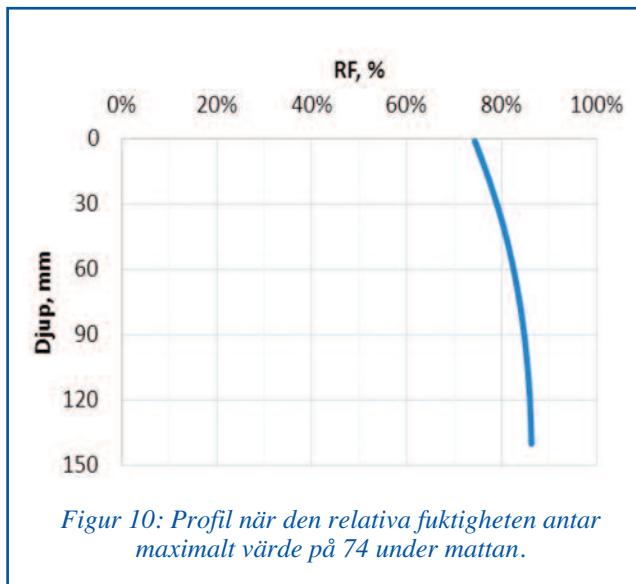
Fall 6: Uttorkning till 85 procent relativ fuktighet på ekvivalent djup, torkklimat 20 °C och 40 procent relativ fuktighet, konventionell betong. Lika fall 1 men omfördelning med hänsyn till hysteres.

Vid beräkningen använda scanningkurvor redovisas i figur 12.

I detta fall beräknas den relativa fuktigheten under en helt tät matta till 87 procent. Det vill säga om man tar hänsyn till hysteres erhålls en högre relativ fuktighet under mattan för beräknat fall. Den relativa fuktigheten vid jämvikt ökar från 85 till 87 procent. Samtidigt erhålls vid jämvikt en varierande fukthaltsprofil och en lägre fukthalt i överkant betongplatta. Se figur 13.

Sammanfattning

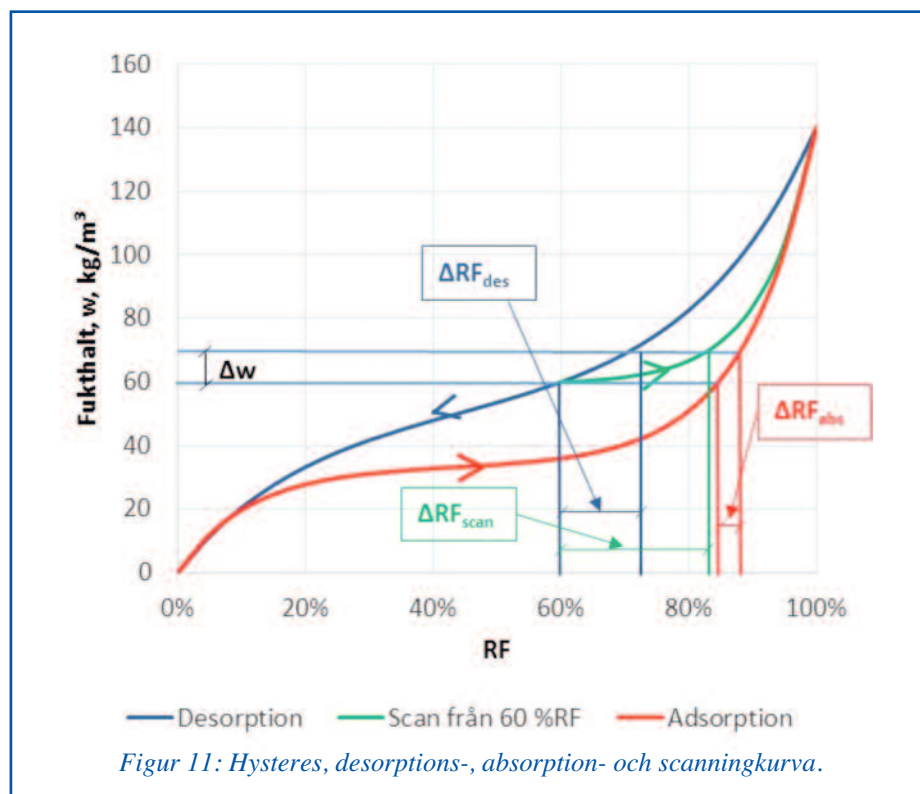
Utförda överslagsberäkningar visar att det ekvivalenta mätdjupet påverkas av kritisk relativ fuktighet, torkklimatet och betongens sorptionskurva. Resultaten indikerar att en betong med en mindre S-



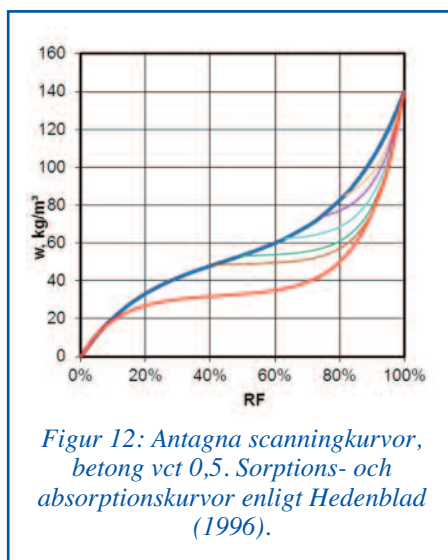
Figur 10: Profil när den relativa fuktigheten antar maximalt värde på 74 under mattan.

uppfuktning och uttorkning kallas hysteres. Om ett material som torkar enligt desorptionskurvan börjar fuktas upp kommer uppfuktningen att följa en scanningkurva. Se även figur 11.

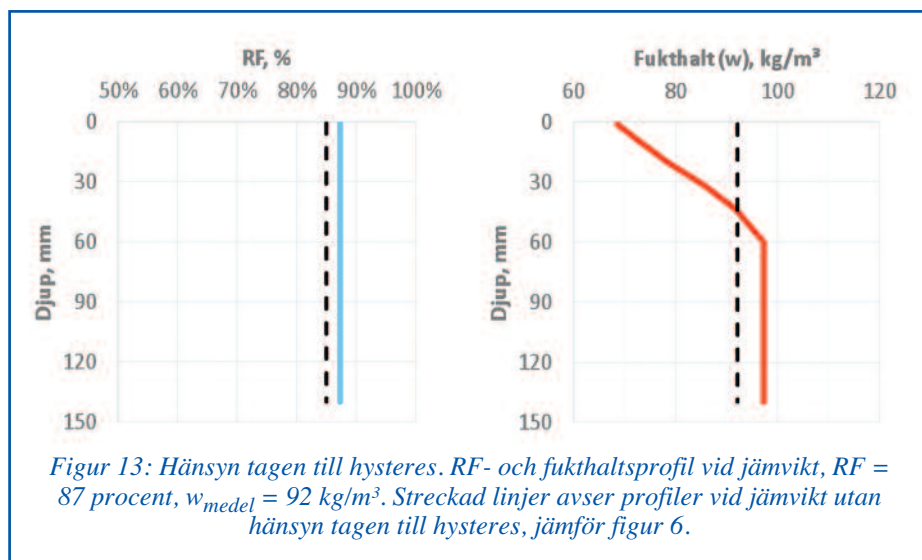
En ändring i fukthalt får olika inverkan på den relativa fuktigheten beroende om ändringen antas ske efter en desorptionskurva, absorptionskurva eller en scanningkurva. Det vill säga materialets fukt-



Figur 11: Hysteres, desorptions-, absorptions- och scanningkurva.



Figur 12: Antagna scanningkurvor, betong vct 0,5. Sorptions- och absorptionskurvor enligt Hedenblad (1996).



Figur 13: Hänsyn tagen till hysteres. RF- och fukthaltsprofil vid jämvikt, RF = 87 procent, $w_{medel} = 92 \text{ kg/m}^3$. Streckad linjer avser profiler vid jämvikt utan hänsyn tagen till hysteres, jämför figur 6.

formad sorptionskurva har ett grundare mätdjup jämfört med konventionell betong. Rekommenderat mätdjup, 40 procent av plattans tjocklek, ligger enligt utförda beräkningsexempel på den säkra sidan. Om golvbeläggningen inte kan antas vara helt tät, som till exempel en lino-leummatta, erhålls också en lägre relativ fuktighet under mattan.

Om man tar hänsyn till hysteres kommer den relativa fuktigheten under golvbeläggningen att bli högre jämfört med beräkning baserad på en sorptionskurva. I beräknat exempel ökar den relativa fuk-

tigheten med två procent. Samtidigt kommer fukthalten att variera över tvärsnittet. I överkant betongplatta erhålls en lägre fukthalt när hänsyn tas till hysteres.

Beräkningarna enligt ovan visar att det finns beräkningsmetodik för att i det enskilda fallet göra en bedömning av på vilket djup en fuktmätning bör utföras. Om hänsyn tas till hystereseffekter måste man använda ett beräkningsprogram, vilket kan hantera hysteres. Det går till exempel inte att utföra beräkningar med hänsyn tagen till hysteres med beräkningsprogrammet WUFI.

Slutligen bör det påpekas att beräkningar enligt ovan förutsätter tillgång till tillförlitliga data vad avser olika fuktme-kaniska egenskaper hos betongen. Ett exempel på denna problematik är att nya material, som till exempel betong med byggcement, visat sig ha andra sorptions-egenskaper än vad som normalt används vid fuktberäkningar. ■