SBUF-projekt 13701
Praktiska vägledningar för säkrare uttorkningstider hos betongbjälklag

A. WORKSHOP 2 - ÖVERSIKT

Mål och genomförande
Workshop 2 hade som mål att enas om utformningen av Vägledningen och Dokumentationsmallen för fuktomfördelningsberäkningar. Utkast till dessa båda testades genom att använda dem i fyra ”hemuppgifter” som alla deltagare skulle lösa inför workshopen.

Resultatet av dessa tester erhölls genom att jämföra deltagarnas respektive lösningar, identifiera eventuella skillnader samt förklara dessa skillnader. Skillnaderna diskuterades liksom konsekvenserna för utformningen av Vägledningen och Dokumentationsmallen.

Vid workshopen gjordes också grundliga genomgångar av tidigare delprojekt, främst parameterstudien och beräkningsverktyget SimScan. Dessa redovisas inte här.

Vägledning och Dokumentationsmall
De versioner av Vägledningen och Dokumentationsmallen som testades inför workshopen finns som Bilaga 1 respektive Bilaga 2.

Hemuppgifter 1-4
Polygon-AK, genom S Olof Mundt-Pedersen och Oskar Linderoth, utformade fyra hemuppgifter med ökande svårighetsgrad och minskande preciseringsgrad. Den detaljerade beskrivningen av respektive hemuppgift finns som Bilaga 3. Kompletterande information gavs för ett par av uppgifterna.

Till varje hemuppgift följde en Excelfil med materialegenskaper.

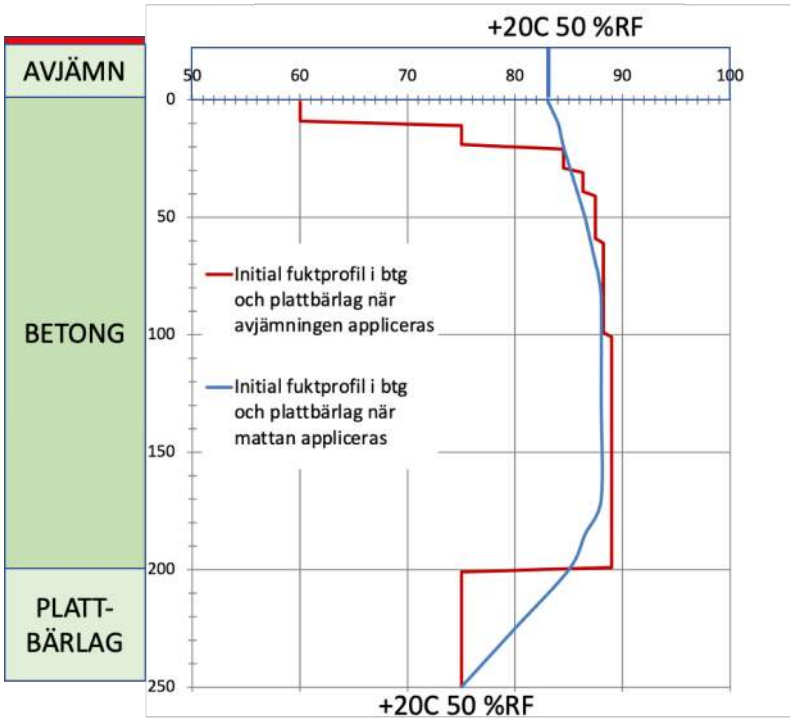
Sju projektdeltagare löste de fyra hemuppgifterna, fyllde i en utsänd redovisningsmall med beräkningsresultaten och en dokumentationsmall för varje uppgift. Dessa sändes sedan till projektledaren som lät sammanställa resultaten.

Sammanställningen utsändes i god tid inför workshopen och en del skillnader kommenterades via mail. Några frågetecken och enkla misstag besvarades respektive rättades till och några reviderade beräkningar gjordes före workshopen.

De fyra hemuppgifterna beskrivs nedan. Lösningarna har sammanställts och skillnader identifierats och delvis förklarats.

B. HEMUPPGIFT 1 – PÅGJUTNING PÅ PLATTBÄRLAG

Uppgiften
På ett 50 mm tjockt plattbärlag, som levererats torkat till 75 % RF, har gjutits 200 mm betong med vct 0.5. Bjälklaget har senare avjämnats med 20 mm avjämning. Efter uttorkning är initial fuktprofil vid mattläggning given, se figur B1.



Figur B1. Konstruktion och initial fuktprofil

Beräknade fuktprofiler ska redovisas 0, 3, 6 och 12 år efter mattläggning liksom RF under mattan under 15 år.

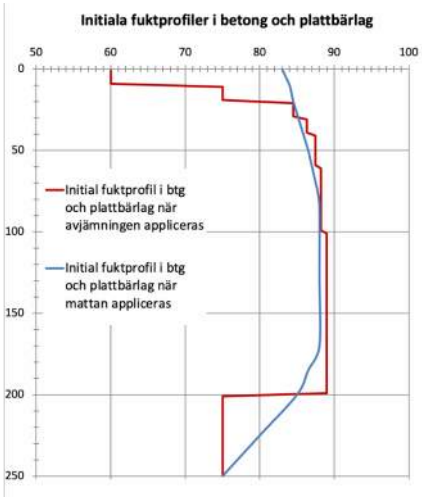
Givet
Fukthistorien beskriven i kvalitativa termer. ”Alla” materialegenskaper givna, inklusive (absorptions-)skanningkurvor.

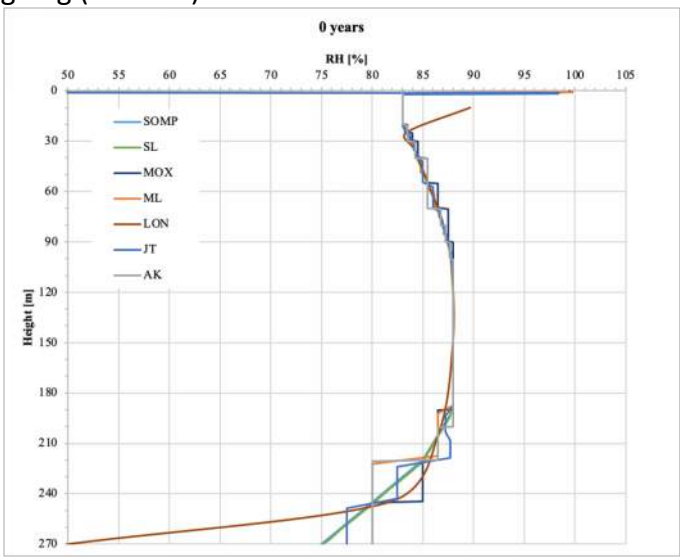
Begränsning
Betongen måste beskrivas med minst åtta celler!

Kommentar: Detta är en ”svår” begränsning för beräkningsverktyget KFX som bara har 10 celler att tillgå. Det fanns därför bara vardera en cell att använda för plattbärlaget respektive avjämningen. Utan den begränsningen skulle en helt annan cellindelning valts med två-tre vardera för avjämning och plattbärlag och fyra-sex för betongen.

Initialprofiler
De initiala fuktprofilerna visas i figur B2. De följer den givna ”slaviskt”, visserligen som en trappa som anpassats till den givna kurvan i de flesta fallen, med ett undantag.

Den initialprofil som avviker är i toppen profilen efter mattläggning, dvs med limfukt adderad i den översta cellen. I underkanten har profilen, felaktigt, lagts som om torkklimatet varit det som är givet efter mattläggning (50 % RF).

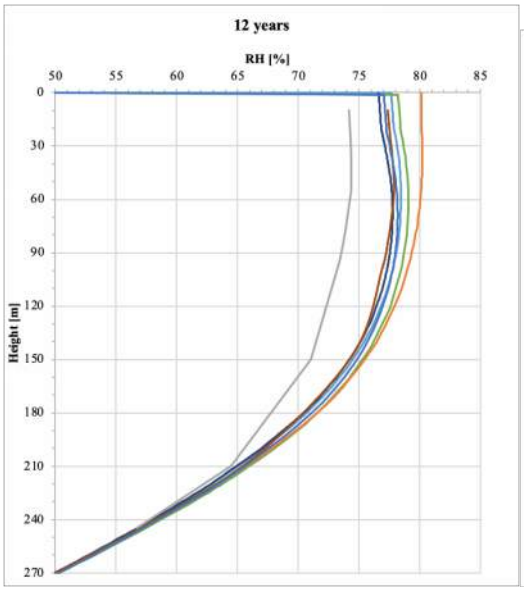


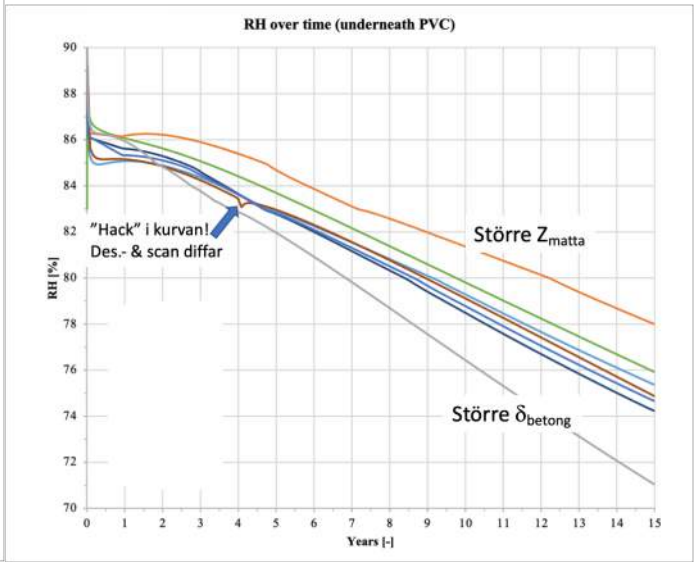


Figur B2. Initialprofiler för Hemuppgift 1. Den givna till vänster (blå kurva) i betongen. 83 % RF var givet i 20 mm avjämning. De sju beräknarnas till höger.

Fuktprofil efter 12 år – RF under mattan under 15 år

Beräknade fuktprofiler efter tre års omfördelning visas i figur B3.





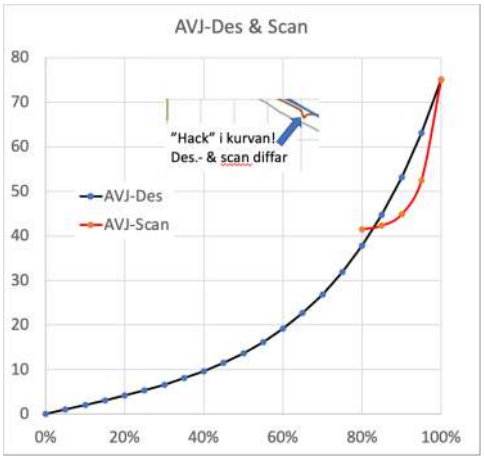
Figur B3. Beräknade fuktprofiler efter 12 år respektive beräknad RF under mattan under 15 år.

Alla beräkningsresultat utom två ligger inom ±1 % RF på alla djup och under 12-15 år.

Missförstånd
Det resultat som har högre RF beror på ett missförstånd i omräkningen av det givna fukttransportmotståndet Z för mattan. Z var givet i ett visst RF-intervall och skulle räknas om till ett annat, mer relevant, intervall. En omräkningsfaktor var given för detta. Omräkningen gjordes här med ett verktyg för sådana omräkningar vilket gav en större omräkningsfaktor.

Kopieringsfel
Det resultat som gav lägre RF beror på att en större fukttransportkoefficient använts för betongen, vilket ger en snabbare uttorkning nedåt. Detta, i sin tur, beror på ett enkelt kopieringsfel när givna data skulle kopieras in i beräkningsverktyget. En kolumn med RF-värden för avjämningen användes istället för kolumnen för betongen. Fukttransportvärdena är de riktiga men respektive RF-värde blev fel. De båda kolumnerna råkade ha lika många värden vilket möjliggjorde att felet uppstod.

Dålig överensstämmelse mellan desorptionsisoterm och skanningkurva
Ett beräkningsresultat har en ”knyck” i RF-kurvan efter 4 år i högra delen av figur B3. Detta visar sig bero på att absorptionsskanningkurvan inte börjar exakt på desorptionsisotermen då skanningen börjar på ett djup.

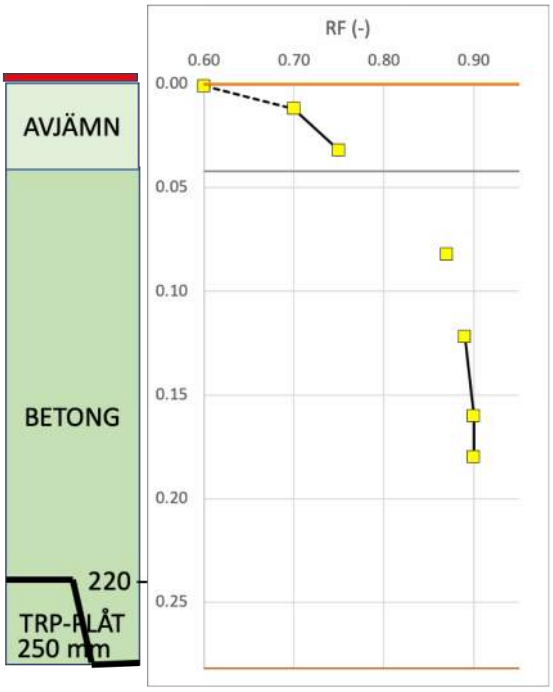


Figur B4. Skanningkurva som inte börjar på desorptionsisotermen

I beräkningsverktyget KFX konstrueras skanningkurvan som en del av en hel sorptionskurva. Bara den delen av denna som ligger till höger om desorptionsisotermen ska användas i beräkningen. Här måste man särskilt kontrollera att skanningkurvan verkligen startar exakt på desorptionsisotermen, vid den fukthalt man har på detta djup då skanningen börjar. I detta fall hade man missat att kontrollera detta, vilket ledde fram till att RF sjönk tillfälligt då man bytte sorptionskurva. Detta ledde också till att verktyg konstruerades för KFX som särskilt säkerställer att detta inte kan ske.

C. HEMUPPGIFT 2 – BJÄLKLAG MED KVARSITTANDE FORM AV TRP-PLÅT

Uppgiften
På en TRP-plåt har en betong gjutits med största tjocklek 250 mm som har avjämnats med 40 mm avjämning. Efter uttorkning har RF mätts på fyra djup i betongen och på två 20 mm tjocka skikt av avjämningen, se figur C1.



Figur C1. Konstruktion och mätvärden

Beräknade fuktprofiler ska redovisas 0, 3, 6 och 12 år efter mattläggning liksom RF under mattan under 15 år.

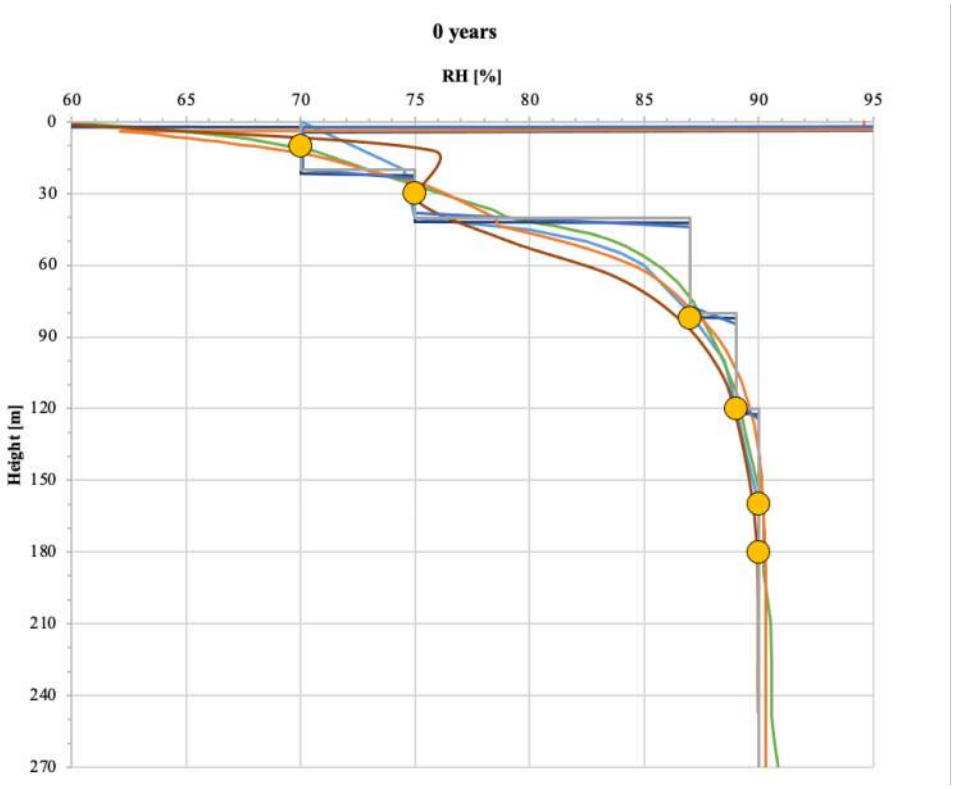
Givet
Fukthistorien beskriven i, osäkra, kvalitativa termer. ”Alla” materialegenskaper givna, exklusive skanningkurvor.

Begränsning
Skanningkurvor ska beräknas med verktyget SimScan, med givna exponenter för betong respektive avjämning.

Initialprofiler
De konstruerade initiala fuktprofilerna visas i figur C2.

Fyra initialprofiler är (beräknade?) kurvor som ligger inom någon % RF från mätvärdena på de fyra djupen. En av dessa ligger under mätvärdena medan de andra tre ligger på eller över mätvärdena. En ligger ett par % RF över mätvärdena i botten av betongen.

Tre initialprofiler är ”trappor” där trappstegen börjar på respektive mätdjup, dvs är mycket på ”säkra sidan”.



Figur C3. Konstruerade initialprofiler jämförda med mätvärdena i betongen på fyra mätdjup

Beräknade profiler och RF under matten med dessa initialprofiler visas i figur C4.

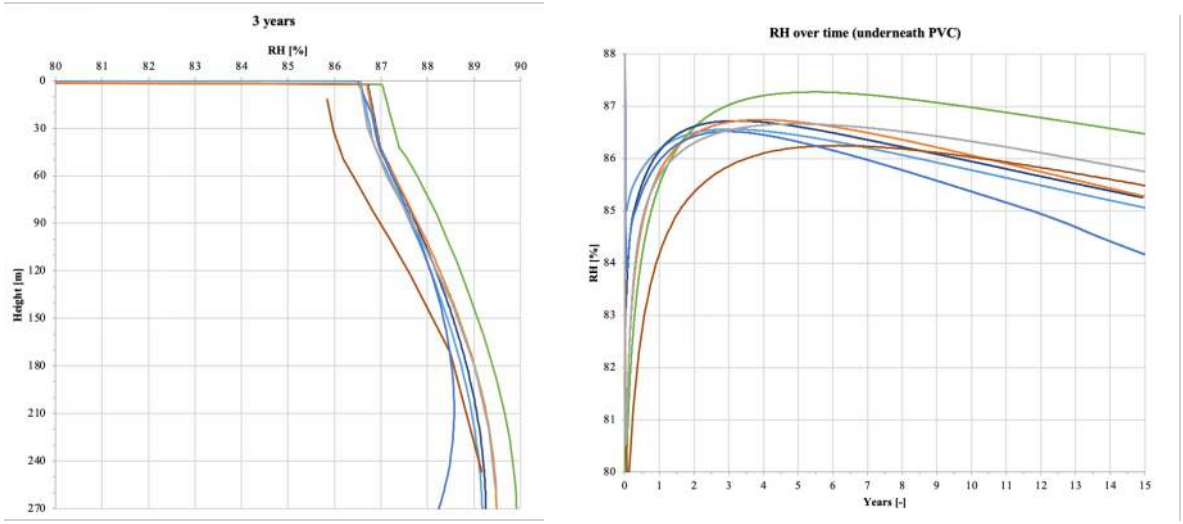


Fig. C4. Beräknade RF-profiler efter tre år respektive RF under mattan under 15 år.

Tre beräkningsresultat avviker markant från övriga. De som ligger högst respektive lägst efter tre år har initialprofiler som ligger klart högst respektive lägst. Den som ligger lägst vid tre år har dessutom en stor fuktkapacitet hos skanningkurvan för avjämningen, men bara på djupet 20-40 mm. Det som ligger lägst i botten av betongen har ett fuktmotstånd hos TRP-plåten som är alldeles för litet. Allt detta ändrades och nya beräkningar utfördes, se figur C5.

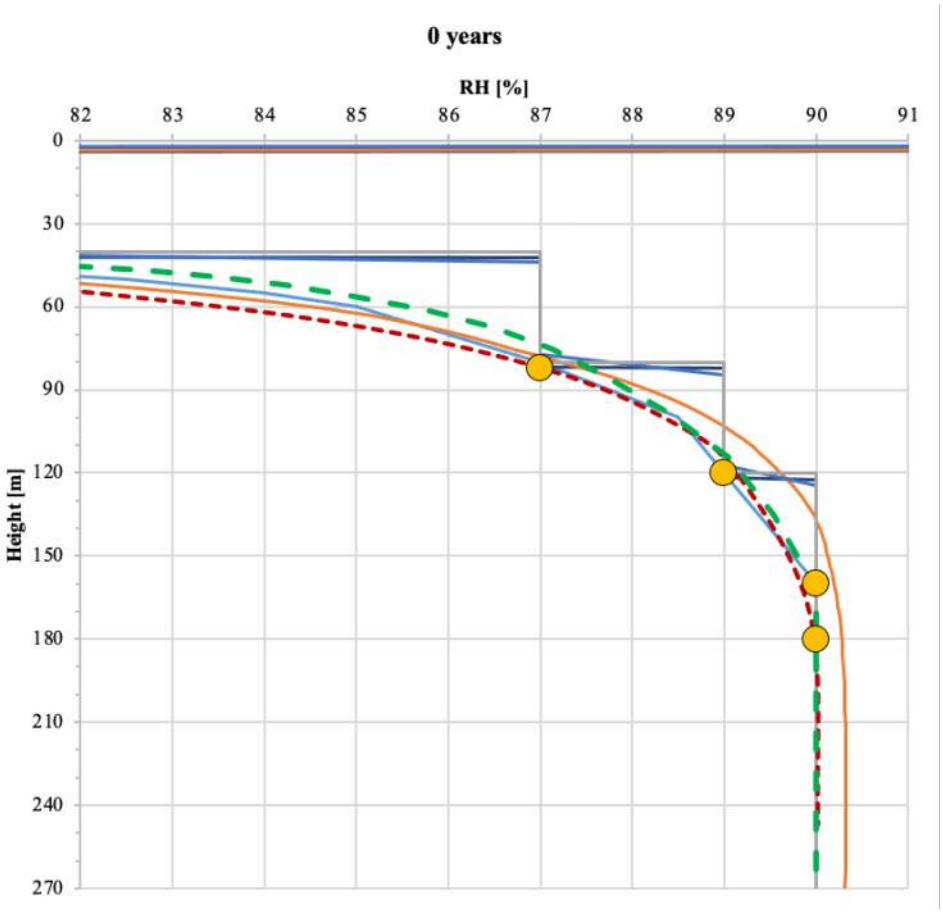


Fig. C5 Reviderade initialprofiler

Efter dessa ändringar ligger maximala RF hos alla beräkningarna inom ±0.3 % RF, se figur C6!

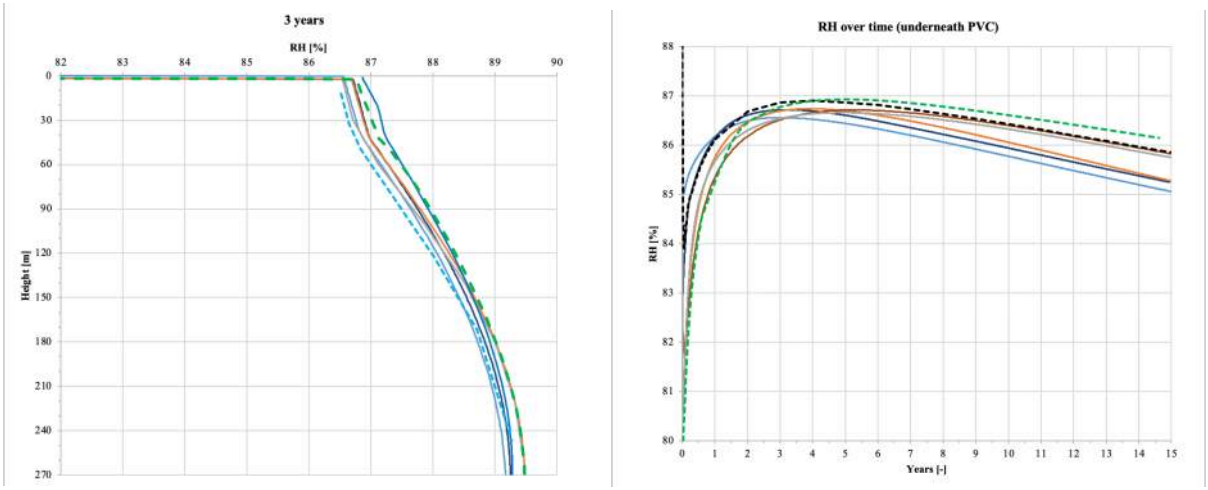


Fig. C6 Resultat av reviderade beräkningar

D. HEMUPPGIFT 3 – FOGGJUTNING MELLAN HD/F-PLATTOR

Uppgiften

En 200 mm foggjutning i längsfogen mellan HD/F-plattor, som avjämnats med 40 mm avjämning, ska beräknas med en förenklad endimensionell modell enligt figur D1. Det avjämnade bjälklaget har torkat fyra månader i +20C 60 % RF. I figur D1 visas mätvärden på fyra djup i fogbetongen och två skikt i avjämningen efter uttorkningen.

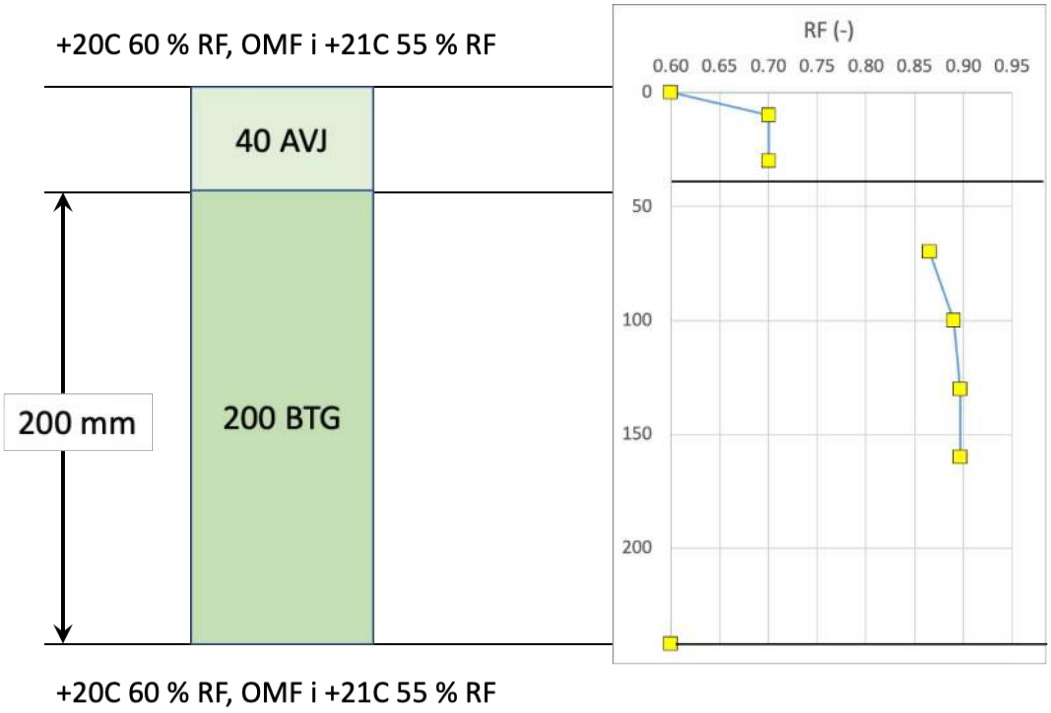


Fig. D1. Endimensionell modell för foggjutningen, till vänster, och mätvärden på sex djup, till höger

Oklara materialegenskaper

Materialegenskaperna är oklara i denna uppgift. För plastmattan anges att det är en ”Tarkett IQ Optima 1,5 mm”. För denna anger Tarkett $Z = 2.5 \cdot 10^6$ s/m, motsvarande ett S_D-värde på 66 m, men inte i vilket RF-intervall det gäller. En provning Tarkett lät göra hos VTT 2008 för ”Tarkett IQ Optima 2,0 mm” gav S_D-värden på 60-85 m i RF-intervallet 75-100 % RF. Det är osäkert om den mattan från 2008 liknar en matta med samma namn men en annan tjocklek år 2021. Dessa båda uppgifter ligger nära varandra, om man beaktar de olika tjocklekarna. Flera Beräknare har egna data, men det är oklart vilka källorna är och om dessa data är aktuella och relevanta.

I vilket fall som helst behöver Z-värdet för mattan räknas om till ett RF-intervall som är relevant i fuktomfördelningsberäkningen, dvs i intervallet 55-85 % RF. Ovanstående fuktmotstånd Z(75,100) kan räknas om till en fuktberoende fukttransportkoefficient δ(RF) med nyutvecklat verktyg ZavRF-LON, som baseras på mätningar på Tarkett Eminent av Åhs (2011) och att denna mattas fuktberoende är detsamma som fuktberoendet hos Tarkett Optima 1.5 mm. Flera beräknare har gjort det och har hamnat på på lite olika Z-värden.

Avjämningsmassan är en ”Weberfloor 140 nova”. För denna finns heller inga officiella data från leverantören/producenten. För avjämningsmassor finns bara skanningkurvor i litteraturen för två produkter. Avsikten med uppgiften var att använda de skanningkurvor som redovisas av Anderberg (2004), men det är oklart om dessa gäller för Weberfloor 140 Nova. En del Beräknare har muntliga uppgifter som säger att det är så.

För betongen var desorptions- och absorptionskurvorna givna. Med SimScan kan då olika skanningkurvor konstrueras.

För betongen fanns data från mätningar med Burkmetoden. Utvärderingen av dessa kräver desorptionskurvans lutning, som var given, och RF i betongen efter självuttorkning. Flera Beräknare hamnade på fukttransportkoefficienten δ = 3.9-4.2·10^{-8} m^2/s.

Initialprofiler

Framtagna initialprofiler ligger nära varandra och när mätvärdena, se figur D2.

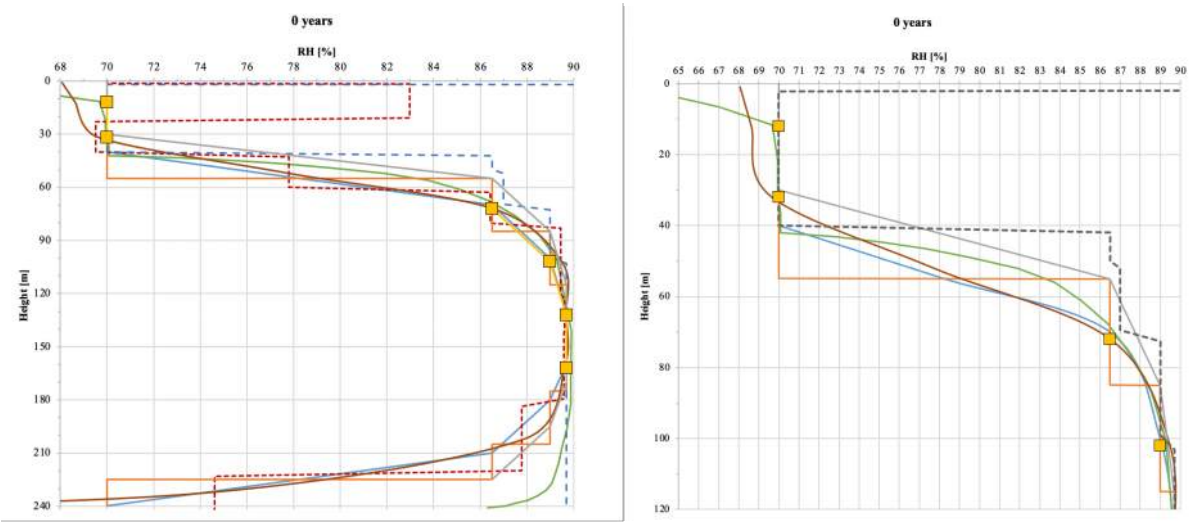


Fig. D2. Initialprofiler från sju beräkningar. Detalj till höger för övre delen av betongen

En ”trappa” har mätvärdena i centrum av respektive trappsteg medan en annan har trappstegen helt ovanför mätvärdena. Skillnaden är stor i betongen ytskikt mellan betongytan och det första mätdjupet i betongen.

Första beräkningsresultat – stora skillnader

Två beräkningsresultat avviker mycket från fyra andra, se figur D3. Det är ungefär samma initialprofil i alla sex beräkningarna men det är mycket snabbare uttorkning nedåt i två. Det är också mycket snabbare omfördelning i dessa och de ger ett högre RF_{max}, men tidigt och under kort varaktighet tidigt. Förklaringen är mycket enkel: dessa beräkningar har mycket större fukttransportkoefficienter för betongen.

Den ena, avvikande, beräkningen fick felaktig fukttransportkoefficient för betongen genom ett enkelt räknefel.

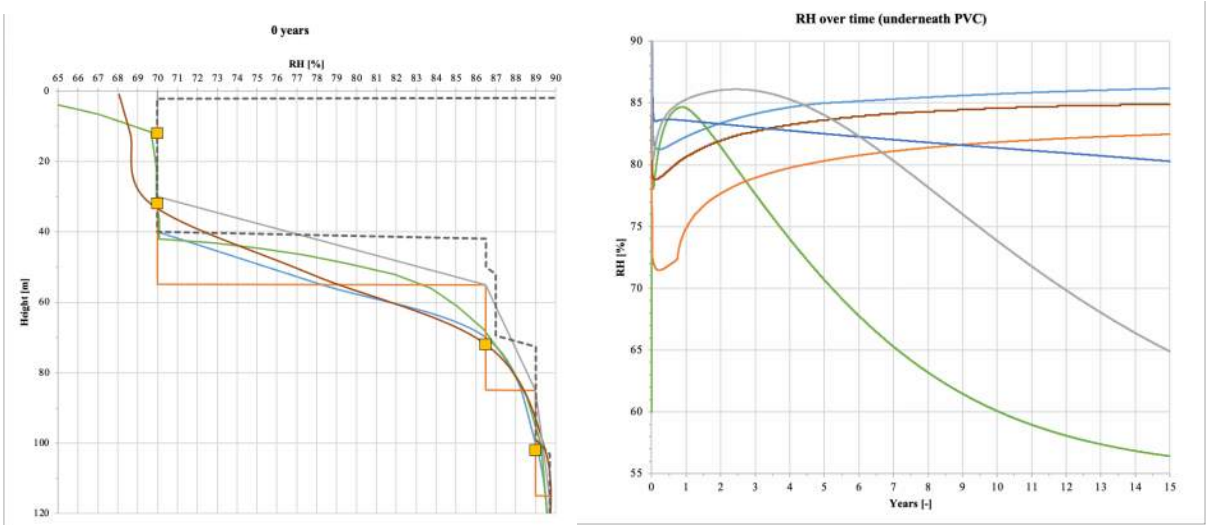


Fig. D3. Sex beräknade fuktprofiler efter tre år, till vänster, och sex beräknade RF under mattan under 15 år

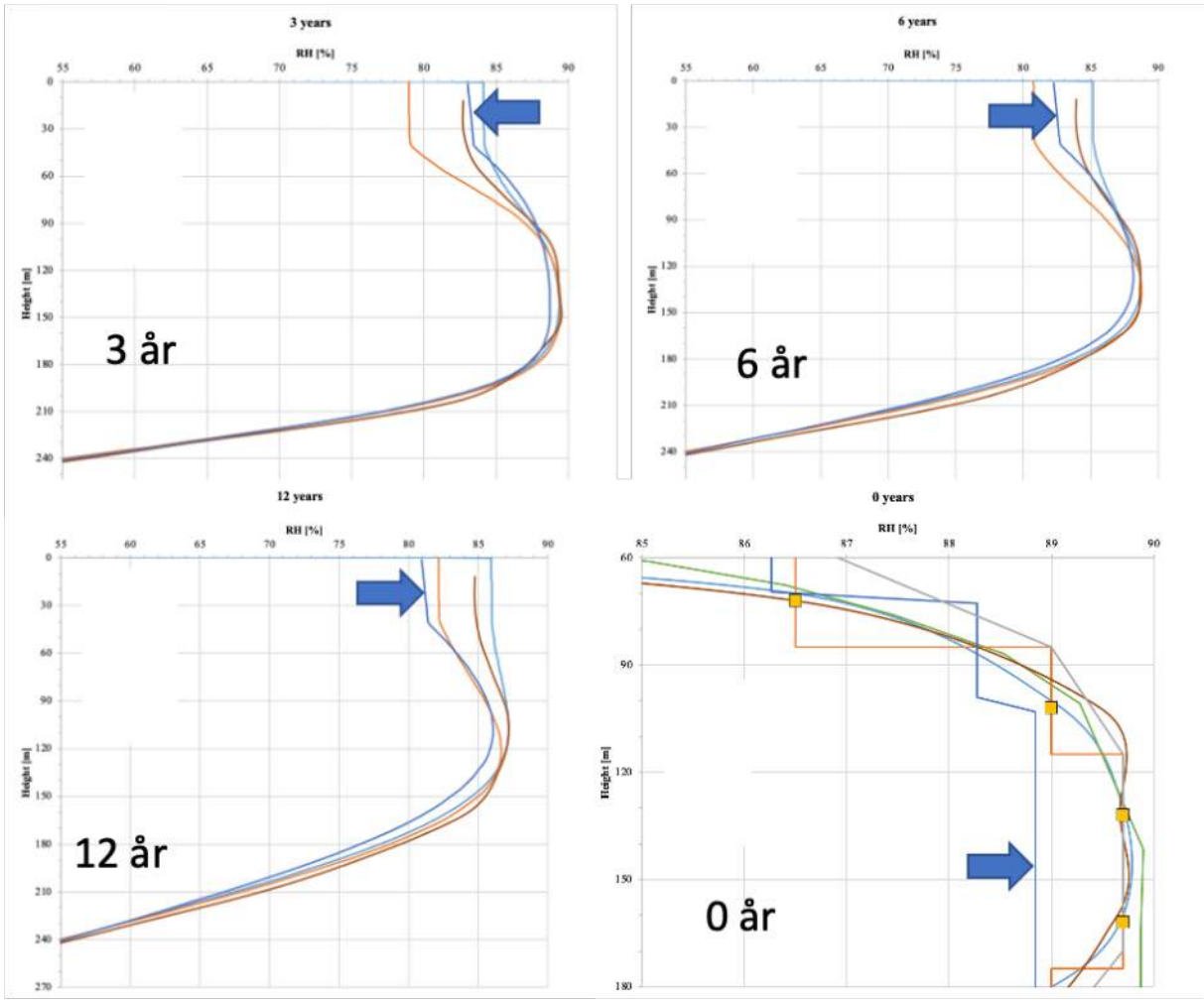
Den andra avvikande beräkningen, med den snabbaste uttorkningen nedåt, har inte använt data från Burkmetoden utan uppskattat betongens fukttransportegenskaper och beaktat betongens unga ålder. De fukttransportkoefficienter som använts stämmer förmodligen bättre med verkligheten än de som erhålls från en påhittad burkmätning.

Dessa, avvikande beräkningsresultat visar hur viktigt det är att ta hänsyn till betongens ekvivalenta ålder på ett korrekt sätt.

Första beräkningsresultat – mindre skillnader

De fyra beräkningsresultat som ligger nära varandra, se figur D3, har ungefär samma kurvform hos fuktprofilerna, se vänstra delen av figur D3, men en av dessa har ett helt annat förlopp hos RF under mattan, se högra delen av figur D3!

Trots att fukttransport sker uppåt mot den relativt täta mattan, ökar inte RF under mattan i denna beräkning, se figur D4! Tvärtom sjunker RF! Fukttransporten uppåt är alltså mindre än fukttransporten upp genom mattan. Z hos mattan måste vara lägre än övrigas. Använt my-värde är 96878 för en tjocklek av 2 mm; dvs Z=7.75 Ms/m. Övriga har Z =. 17-22 Ms/m**.** Orsaken är alltså skillnader i omvandlingen av Z från ett RF-intervall till ett annat.



Figur D4. Beräknade fuktprofiler från fyra beräkningar varav en har mycket lägre Z-värde hos mattan än övriga.

I en av de tre beräkningarna i figur D3 som ligger nära varandra har Z-värdet varierats med en faktor 2 och 3, se figur D5. Förloppet hos omfördelningen blir då helt olika.

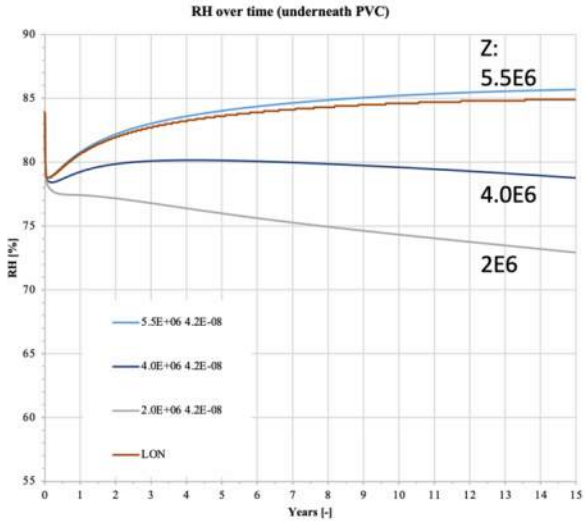


Fig. D5. Effekten av förhållandet mellan tätheten hos betongen och tätheten hos mattan

De tre beräkningar som fick samma ungefär samma kurvform hos fuktprofiler och förlopp hos RF under mattan har olika absoluta nivåer; en skillnad på nära 5 % RF. Att döma av gradienterna i betongen och över mattan kan det vara förhållandet mellan fukttransportkoefficienterna för betong och matta som skiljer. En uppskattning kan göras med en beräkning av den stationära fördelningen enligt figur D6.

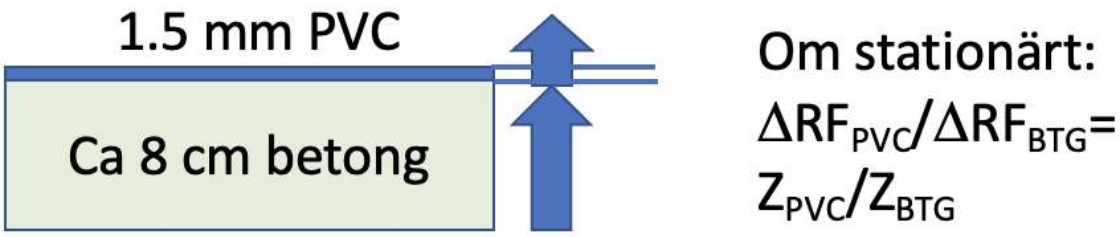


Fig. D6. Stationär fuktfördelning mellan betongens toppskikt och golvbeläggningen

Tabell I. Uppskattning av ”stationär” fuktfördelning mellan betongens toppskikt och matta

N.N	Tjl (mm)	Z_{matta} (Ms/m)	δ_{btg} (m^2/s)	Kvot	RF-stationärt, 6 år
A	1.5	19.1	3.9E-8	4.9	84.0 %
B	1	17.5	4.2E-8	4.2	83.9 %
C	2	ca 22	4.2E-8	5.2	84.5 %

Detta kan uppenbarligen inte förklara skillnaden på 4-5 % RF.

Skillnaden minskar med tiden. Kanske är det inte stationärt än. Då är det fuktkapaciteten hos scanningkurvorna som skiljer! Dessa jämförs mellan de tre beräkningarna i nedanstående figur.

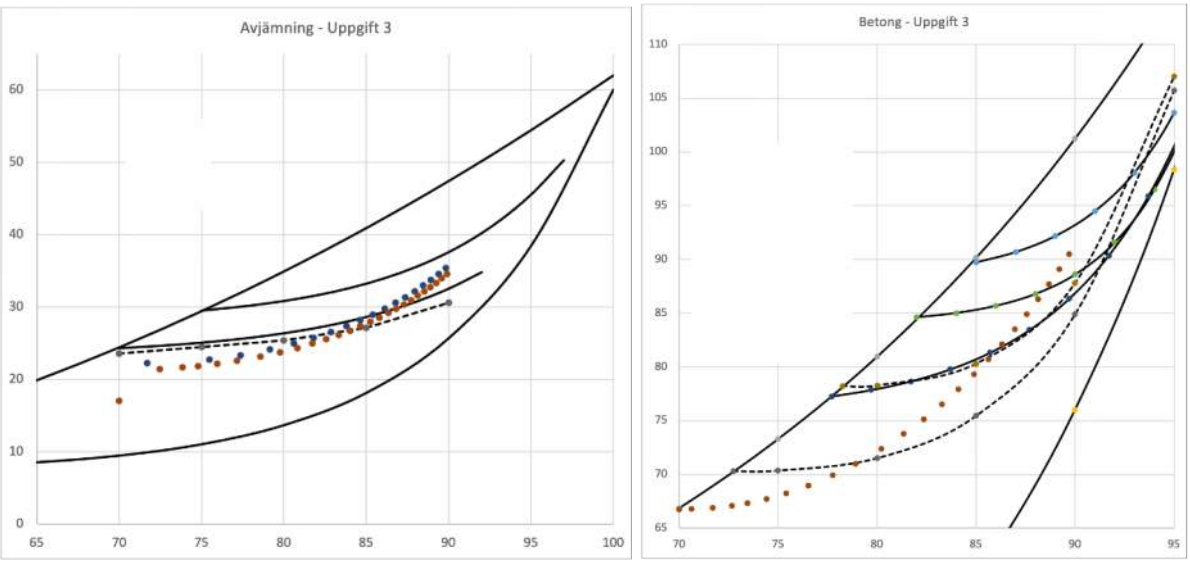


Fig. D7. Absorptionsskanningkurvor använda i de tre beräkningarna med samma förlopp

Slutsatsen blir att det är fuktkapaciteten hos skanningkurvorna som ger skillnaden. Den beräkning som har störst fuktkapacitet får minst RF-ändring. Den som har minst fuktkapacitet får störst RF-ändring.

Beräkning i 2-D

Ovanstående endimensionella fuktomfördelningsberäkningar är naturligtvis helt orealistiska för ett verkligt fall. För längsfogar borde beräkningar i 2D göras. En modell för en sådan beräkning kan se ut som i mitten av figuren nedan.

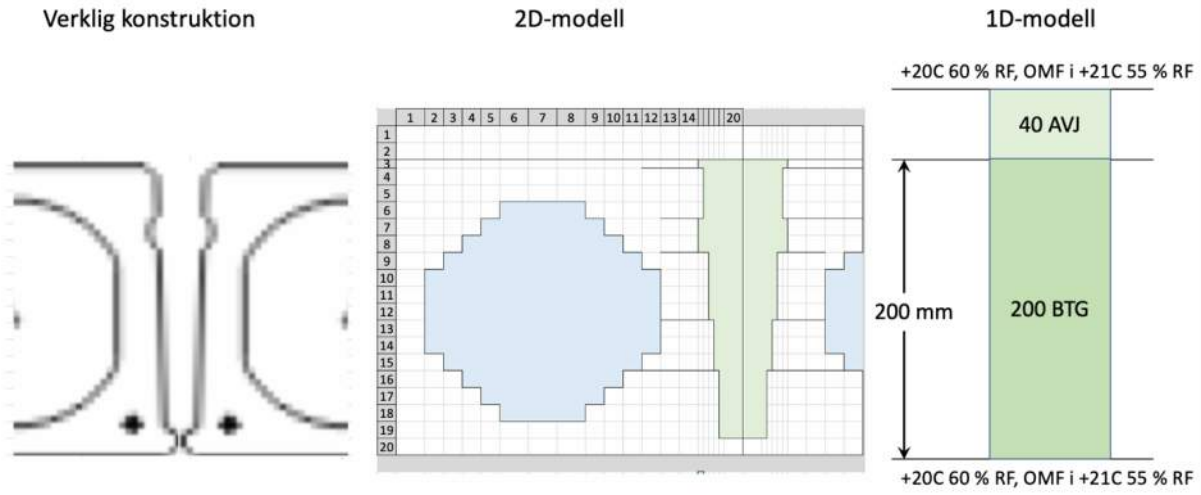


Fig. D7. Verklig konstruktion (t. v.), 2D-modell respektive 1D-modellen använd i uppgift 3

I en 2D-modell skulle man kunna kvantifiera fukttransporten i sidled, dels mellan fogbetongen och HD/F-plattan och dels i sidled i avjämningen lokalt ovanpå fogen. Under omfördelningen av fukt i en relativt tät fogbetong kan den fukt som transporteras uppåt mot mattan sprida sig i sidled i avjämningen och därmed inte ge den fuktbelastning på beläggningen som man får i en endimensionell beräkning.

Den initiala RF-fördelningen skulle kunna se ut som i figur D8, med de alternativa förutsättningatna som gavs i Hemuppgit 3.

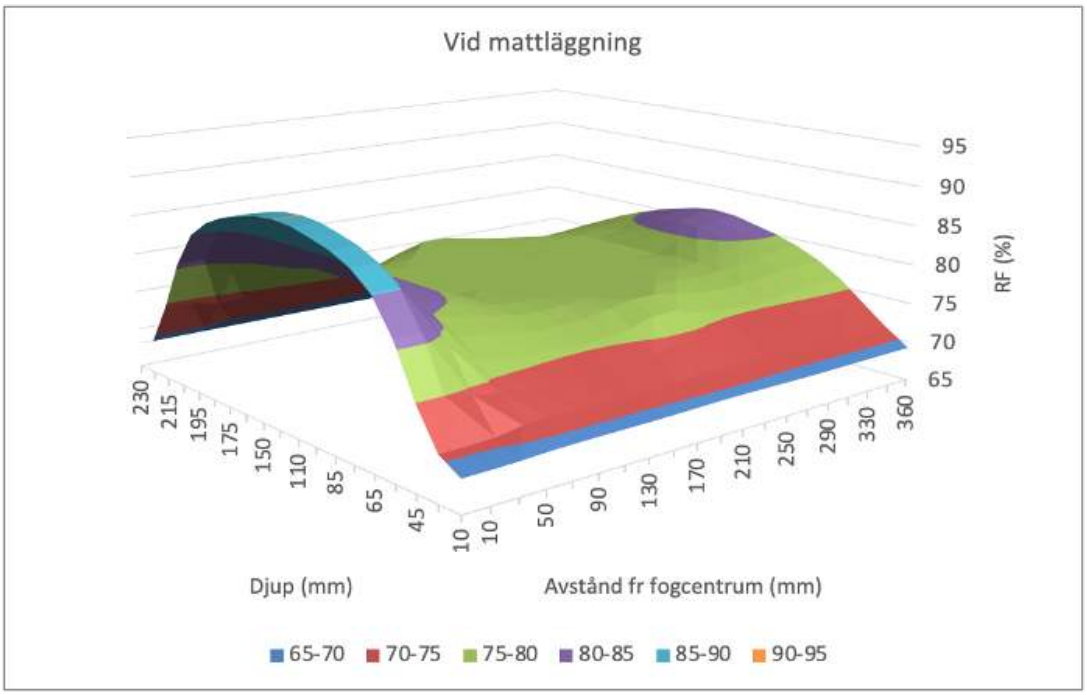


Fig. D8. Beräknad initial RF-profil i 2D med de förutsättningar som ges i Hemuppgift 3. Det plana gröna området i mitten av bilden är hålet i HD/F-plattan. Fogbetongen är partiet till vänster med högst RF i mitten och torkklimat på över- och undersida. Beräkning med beräkningsverktyget Vadau.

E. HEMUPPGIFT 4 – PLATTA PÅ MARK

Uppgiften
Konstruktionen är en 120 mm tjock betongplatta på mark i Göteborg med golvvärme i betongen. Betongen är avjämnad med 20 mm avjämning av fabrikat TM och ska förses med en plastmatta.

Information om materialen och deras egenskaper är kryptisk.

Samtliga Beräknare avstod från att lösa uppgiften eftersom det saknas många väsentliga och avgörande uppgifter som inte kunde erhållas, bla annat

- Typ och tjocklek hos eventuell värmeisolering under plattan,
- Temperatur i marken eller byggnadens storlek och from samt markförhållanden,
- Betongsammansättning; bara hänvisning till Hedenblad,
- Egenskaper hos TMs avjämningar,
- Mm mm

Dessutom finns det för närvarande inte kunskap om beskrivning av fukttransport under temperaturgradient som i golv med golvvärme.

Givna mätvärden var också märkliga och osannolika.

Det räcker med en av dessa punkter för att fuktomfördelningsberäkningar inte ska göras förrän tillförlitlig information finns tillgänglig.

F. BILAGOR

Bilaga A. Vägledning för fuktomfördelningsberäkning i golvkonstruktioner-rev4

Bilaga B. Dokumentationsmall OMF-version1

Bilaga C. Hemuppgifter till omf beräkningar 2020-12-08

Bilaga D. Materialdata till hemuppgifterna.

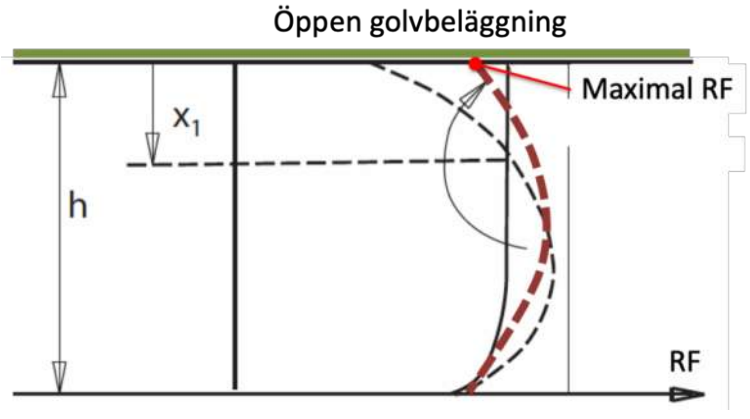
Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar i betonggolvkonstruktioner

Anders Kumlin, Anders Kumlin AB, Stockholm
Sture Lindmark, FuktCom AB, Lund
Mathias Lindskog, Fuktanalys AB, Ängelholm
S. Olof Mundt-Petersen, AK-konsult indoor air AB, Stockholm(?)
Lars-Olof Nilsson, Moistenginst AB, Trelleborg
Nilla Olsson, NCC Sverige AB, Malmö
Mikael Oxfall, NCC Sverige AB, Stockholm(?)
Johan Tannfors, AK-konsult indoor air AB, Uppsala

1. SYFTE 2
2. TIDIGA FÖRBEREDELSER - KOMPETENSKRAV 3
2.1 Kompetenskrav 4
3. DEFINIERA OBJEKTET 5
3.1 Bjälklagets geometri 5
3.2 Material & materialkvaliteter 5
3.3 Omgivningsförhållanden och tidplan 5
4. KVANTIFIERA MATERIALEGENSKAPER 7
4.1 Betong 7
4.2 Avjämning 8
4.3 Golvmaterial 8
4.4 Lim 10
4.5 Andra material 10
4.6 HD/F-plattor och plattbärlag 10
5. KVANTIFIERING AV INITIAL FUKTPROFIL FÖRE GOLVLÄGGNING. 11
6. FÖRBEREDELSER INFÖR FUKTOMFÖRDELNINGSBERÄKNING 15
6.1 Definition av startpunkter på absorptionsskanningkurvor 15
6.2 Hänsyn till limfukt 16
7. KVANTIFIERA RANDVILLKOR 17
8. FUKTOMFÖRDELNINGSBERÄKNING 18
8.1 Genomförande av fuktomfördelningsberäkningen 18
8.2 Beräkningsverktyget Wufi 18
8.3 Beräkningsverktyget Wufi2D 19
8.4 Beräkningsverktyget KFX 19
8.5 Beräkningsverktyget VaDau 20
8.6 Beräkningsverktyget PPB 20
8.7 Beräkningsverktyget X 20
9. RESULTATREDOVISNING 21
9.1 Jämförelse med Högsta tillåtna fukttillstånd 22
9.2 Jämförelse med kritiskt fukttillstånd 22
10. DOKUMENTATION AV BERÄKNINGARNA 23
REFERENSER 24
BILAGOR 25
Bilaga 1A. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Wufi. 26
Bilaga 1C. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med KFX 27
Bilaga 1D. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Vadau 28

1. Syfte

En fuktomfördelningsberäkning utgår från en fuktfördelning i en betonggolvkonstruktion vid tidpunkten för applicering av en golvbeläggning. Den syftar till att kvantifiera de framtida fukttillstånd som kommer att uppstå under golvbeläggningen och då ta hänsyn till fler relevanta faktorer än vad som görs inom ramen för RBK-systemet. Som regel ska den beräknade, maximala fuktbelastningen på golvbeläggningens undersida jämföras med ett ”högsta tillåtna fukttillstånd” för denna beläggning.



(behövs figuren?)

Figur 1. Principiell fuktomfördelning.

- *Tunn, streckad kurva visar initial fuktprofil, då fuktomfördelningen börjar, dvs då golvbeläggning appliceras.*
- *Heldragen kurva visar det traditionella sättet att hantera fuktomfördelning, genom att anta att maximal fuktpåfrestning på golvbeläggningens undersida kommer att bli densamma som på mätdjupet x_1.*
- *Röd, tjock, streckad kurva visar fuktprofil under omfördelningen då man tar hänsyn till att golvbeläggningen inte är helt tät, inverkan av limfukt, andra fuktbuffrande materialskikt, samt ingående materials fuktegenskaper.*

1.4 Användning i samband med RBK-mätningar

Fuktomfördelningsberäkningen ska ofta användas för att kontrollera om den existerande, eller förväntade, fuktfördelningen vid tidpunkten för golvläggning kan godkännas som en tillräcklig grad av uttorkning, dvs att det högsta tillåtna fukttillståndet för beläggningen inte överskrids efter det att golvbeläggningen applicerats.

Ett vanligt exempel är att RBK-mätning har gjorts på RBKs ekvivalenta mätdjup men mätvärdet på detta djup uppfyller inte de torkkrav som ställts.

RBK-systemet ger möjlighet att använda en fuktomfördelningsberäkning som ett alternativ till RBKs ekvivalenta mätdjup: ”*Förutsatt att tillräcklig kunskap, lämpligt beräkningsverktyg och aktuella indata finns tillgängligt kan en beräkning av fuktomfördelningen efter applicering av ytskikt utföras. Problemet kan angripas på två sätt. Antingen utförs beräkningen för att bestämma vilken RF som kan tillåtas i de två mätpunkterna ovan utan att kritisk RF överstigs efter omfördelning. Det andra är att räkna på alternativa mätdjup dvs på vilka två djup mätning måste utföras med resultatet 85% utan att kritisk RF kommer att överskridas efter fuktomfördelning*”, RBK (2019-01-16), flik 2, sid 10(30).

RBKs alternativ behöver naturligtvis inte begränsas till två mätpunkter. RBK avser egentligen att uppmätta värden i två (eller flera) punkter kan användas som en initial fuktprofil för en fuktomfördelningsberäkning för att avgöra om en ”kritisk” RF överskrids. RBK menar då om den överskrids under golvbeläggningen, inte om den överskrids på de olika mätdjupen.

Med uttrycket ”kritisk” RF måste RBK avse det Högsta tillåtna fukttillståndet RF_{OK} eftersom siffran 85 % RF nämns. Se vidare avsnitt 9.1.

RBK anger två alternativa användningsområden. Det ena är att mätningar har gjorts på två (eller flera) mätdjup och mätresultaten kan användas för att, med hjälp av en fuktomfördelningsberäkning värdera om det högsta tillåtna fukttillståndet överskrids (under golvbeläggningen).

RBKs andra föreslagna användningsområde är att, innan RBK-mätning gjorts, t ex under projekteringen, pröva vilka mätdjup som är eller kommer att vara lämpliga att använda. En sådan prövning görs med hjälp av fuktomfördelningsberäkningar.

1.2 Användning i samband med fuktsäkerhetsprojektering

Utöver att pröva lämpliga mätdjup används fuktomfördelningsberäkningar i samband med fuktsäkerhetsprojektering för att pröva om vald konstruktionsutformning och valda material är lämpliga med den tidplan som förväntas användas. Fuktomfördelningsberäkningen möjliggör då att identifiera om konstruktionslösningen är möjlig att använda och om den ligger på den kritiska linjen. På så vis identifieras också behovet av att använda material med kända egenskaper.

En fuktomfördelningsberäkning möjliggör att man prövar effekten av alternativa materialkvaliteter hos t ex betong och golvbeläggning.

1.3 Användning i samband med skadeutredning

Fuktomfördelningsberäkningar görs ibland också i samband med skadeutredningar för att förklara hur en uppmätt fuktprofil har uppkommit. Här används fuktomfördelnings-beräkningar för att ”räkna baklänges”, dvs för att bedöma hur fuktigt det var vid en viss tidpunkt om fuktprofilen nu, vid uppmätning, har erhållits efter att fuktomfördelning skett.

Tillvägagångssättet är då att pröva olika alternativa fuktprofiler och med en sådan som initial fuktprofil genomföra en fuktomfördelningsberäkning. Om den beräknade fuktprofilen inte stämmer med den uppmätta görs en ny fuktomfördelningsberäkning, med en annan initial fuktprofil, andra randvillkor eller andra materialegenskaper.

Se också avsnitt 9.2.

1.4 Begränsningar

Vägledningen behandlar bara golvkonstruktioner som inte har temperaturgradienter över eller i betongplattan, t ex golv med golvvärme. Sådana konstruktioner kräver speciella beräkningsverktyg och materialdata anpassade för dessa. Sådana data saknas idag.

2. Tidiga förberedelser – kompetenskrav

En fuktomfördelningsberäkning bör förberedas så tidigt som möjligt för att säkerställa att så mycket av den information som behövs finns tillgänglig vid själva beräkningstillfället. Detta gäller framför allt information om vilka material som ingår i bjälklagskonstruktionen och golvbeläggningen och vilka fuktegenskaper dessa har. Saknas någon av dessa egenskaper krävs det som regel tidsödande provningar som måste startas så snart det står klart att nödvändiga data saknas. Notera att specifika materialdata gäller för varje enskild produkt och att materialdata för en produkt inte kan ersättas av data för en annan även om den bedöms som "likvärdig" i andra sammanhang.

Ställ krav vid upphandling av fuktomfördelningsberäkning att nödvändiga materialdata finns tillgängliga.

Vägledande provningsresultat kan erhållas, för en del material, även tidigt i en provning. Kräv att en sådan provning påbörjas så snart som möjligt om data saknas för något material.

Fukttransportegenskaper för en ny betong och en betong i tidig ålder (från 2-3 månader) kan bestämmas med hjälp av Burkmetoden, Nilsson & Bergström (2020). Kräv att sådana mätningar görs så snart betongsammansättningen bestämts.

2.1 Kompetenskrav

Fuktomfördelningsberäkningar får bara göras av den som har kompetensen för det. Det krävs dels en god förståelse för hur fukt beter sig i material och konstruktioner och dels en väl förtrogenhet med det beräkningsverktyg som ska användas.

Det första kravet kan anses uppfyllt av den som godkänts som ”Diplomerad Fuktsakkunnig” av FuktCentrum eller som ”Byggdoktor” av föreningen Byggdoktorerna i Sverige.

Det andra kravet ….

(SOMP: Hur säkerställer man kompetensen? Ska inte det in här. tex minst diplm fuktsakkunnig, dokumenterad utbildning i det beräkningsverktyg de använt. ska vi sätta ihop en kurs i detta som alla som ska göra beräkningarna ska tvingas gå)

En fuktomfördelningsberäkning måste granskas av en Granskare som uppfyller kompetenskravet enligt ovan. Vid granskningen ska särskilt säkerställas att använda indata är korrekta. Detta görs genom att Granskaren genomför en egen beräkning med utgångspunkt från uppgifterna från Beräknaren då denne genomfört och dokumenterat punkterna i kapitel 3-7.
SOMP: Hur säkerställer vi att det inte blir inmatningsfel? När vi ser hur mycket inmatningsfel vi gjort så undrar jag man kan ställa kravet på att minst två personer ska utföra beräkningen oberoende av varandra, dvs inte dela materialdata i använt beräkningsverktyg (samma verktyg får dock användas).

3. Definiera objektet

Utifrån den aktuella byggnaden väljs objektet för en fuktomfördelningsberäkning i form av ett tvärsnitt genom ett bjälklag i en dimensionerande punkt. I den aktuella byggnaden kan det naturligtvis finnas flera sådana dimensionerande punkter. Samtliga dimensionerande punkter ska identifieras, specificeras, motiveras och utredas med positivt utfall innan golvbeläggning får appliceras.

Denna vägledning gäller en sådan punkt och omfattar inte val av punkter i en byggnad.

Objektet definieras genom att kvantifiera följande punkter.

3.1 Bjälklagets geometri

Ange exakt ingående material och deras tjocklekar. För fuktomfördelningsberäkningar i produktionsskedet ska materialskiktens tjocklekar verifieras i samband med fuktmätningar.

Bedöm om fukttransport genom dessa material kommer att bli endimensionell eller flerdimensionell (t ex varierande tjocklek hos något material, HD/F-plattor, fogigjutningar, ingjutningsgods, ingjutna stålbalkar, anslutande konstruktioner etc.)

3.2 Material & materialkvaliteter

Ange exakt materialkvalitet eller exakt materialsammansättning för samtliga ingående material, så långt de är kända.

För platsgjuten betong och prefabricerade betongelement redovisas betongsammansättningen i form av bindemedelstyp (”cement”), bindemedlets sammansättning (eventuella andelar av SCM[1]), bindemedelshalt B eller C (kg/m^3) i betongen, lufthalt (volym-%) och betongens vattenbindemedelstal vbt (kvoten mellan blandningsvattenhalten w_0 och bindemedelsmängden B, båda i kg/m^3 eller kg/sats).

Alla dessa detaljer i betongsammansättningen är ofta inte definierade i projekteringsskedet. Redovisa då vilken betongsammansättning de använda fuktegenskaperna gäller för. På så sätt kan eventuellt behov av reviderade beräkningar i produktionsskedet identifieras, då slutlig betongsammansättning är känd.

För träbaserade material redovisas ingående träslag, tjockleken (m) hos eventuellt olika skikt och densiteten (kg/m^3) hos dessa. För tunna golvbeläggningar redovisas tjockleken.

3.3 Omgivningsförhållanden och tidplan

Klimatförhållandena kring det aktuella bjälklaget under byggtiden kvantifieras så bra som möjligt, speciellt med avseende på

- tidpunkt för gjutning och härdningsbetingelser
- tidpunkt för montage av eventuella betongbjälklagselement (HD/F, plattbärlag etc),

[1] SCM = Supplementary Cementitious Materials, dvs reaktiva tillsatsmaterial som t ex flygaska, kiselstoft och GGBS (Ground Granulated Blastfurnace Slag, dvs mald granulerad masugnsslagg, från stålindustrin)

- tidpunkt för ”tät byggnad”, dvs då det inte längre kan regna in eller läcka in regnvatten via fönsteröppningar, hisschakt el dyl.,
- tidpunkt för ”lufttät byggnad”, dvs då det är möjligt att värma bygganden,
- tidpunkt för avjämning
- tidpunkt för eventuell värmning/ventilation och avfuktning,
- eventuella klimatdata under byggtiden, fram till golvläggning.

Vid projektering uppskattas dessa uppgifter med hjälp av tidplanen för entreprenaden.

Klimatförhållanden efter golvläggning kvantifieras med avseende på luftens (förväntade) temperatur och relativa fuktighet (RF) på ömse sidor av bjälklaget.

Observera att fall med temperaturgradienter över betongen i bjälklaget eller fall med golvvärme kräver särskilda beräkningsverktyg och sådana kan inte beräknas med t ex Wufi och KFX utan särskilda specialinsatser, se Slutrapport, avsnitt x.x.

Vid betongplatta på mark kan randvillkoret nedåt anges med utgångspunkt från lufttemperaturen över betongplattan före respektive efter golvläggning, årsmedeltemperaturen, byggnadens storlek och form samt markförhållandena, se Slutrapport avsnitt x.x. Alternativt kan randvillkoren kvantifieras med hjälp av 4D-beräkningar med t ex beräkningsverktygen HEAT eller Comsol (”4D” = 3D + tid).

4. Kvantifiera materialegenskaper

För fuktberäkningar krävs i första hand två fuktegenskaper hos alla ingående material: sorptionskurvor och fukttransportkoefficienter. Egenskaperna måste gälla för de material som är aktuella, inte bara för ”liknande” material eller material i samma materialgrupp. Här kan man inte vara nog försiktig.

Fukttransportegenskaperna måste vara kvantifierade i rätt RF-intervall, dvs i det RF-intervall som uppkommer under beräkningen.

Kräv provningsprotokoll, för exakt det aktuella materialet, och kontrollera under vilka förhållanden (RF-intervall och temperatur) materialet är provat. För golvbeläggningar gäller att det högsta uppmätta provningsresultatet för täthet ska användas. Medelvärden får inte användas.

Är provningsresultat för fukttransportkoefficienter och fukttransportmotstånd från ett annat RF-intervall än det aktuella i beräkningarna kan egenskaperna uppskattas genom att räknas om med metod enligt Slutrapport, avsnitt x.x.

Var noggrann vid översättning av en fukttransportegenskap i en dimension till en annan. Observera att diffusiviteten D och fukttransportkoefficienten δ, vid ånghalt som transportpotential, båda har dimensionen m^2/s, men är helt olika storheter!
Ange referenser till var och en av nedanstående uppgifter!

4.1 Betong

Desorptionsisoterm, (absorptions-)skanningkurvor, fukttransportkoefficient[2] δ(RF) (eller μ(RF)), självuttorkning $RF_{själv}(t)$/kemiskt bundet vatten $w_n(t)$.

Dessa egenskaper kan som regel uppskattas relativt väl för välhärdad betong med utgångspunkt från litteraturdata och betongsammansättningen: cementhalt (kg/m^3), vbt, typ av bindemedel, lufthalt.

(Absorptions-)skanningkurvor kan t ex uppskattas med hjälp av verktyget SimScan, se Lindmark (2020).

Observera att dessa uppgifter ska vara vid den ålder betongen har då golvläggning kommer att ske; för beräkningar av uttorkning under byggtiden behövs data för ännu yngre ålder än så. Det mesta av litteraturuppgifterna om dessa egenskaper gäller för ”välhärdad” betong, ofta ett år gammal eller mer. En del uppgifter är visserligen för så gammal betong men den har ofta blivit självuttorkad under det mesta av tiden vilket innebär att den inte åldrats så mycket.

Fukttransportegenskaper för en ny betong och betong i tidig ålder (från 2-3 månader) kan bestämmas med hjälp av Burkmetoden, Nilsson & Bergström (2020).

[2] Fukttransportkoefficienten är sannolikt något olika vid desorption och skanning, men data för detta saknas.

Fukttransportegenskaperna hos betong i tidig ålder kan uppskattas, om de är kända hos välhärdad betong, med metoden i avsnitt 17.6:4 i Betonghandboken del 2, Nilsson (2021). Det innebär att man först kvantifierar betongens ekvivalenta ålder på olika djup med hänsyn till fukt- och temperaturhistorien på respektive djup. Därefter beräknas fukttransportegenskaperna på respektive djup för respektive ekvivalent ålder.

Dessa beräkningar av fukttransportegenskaper hos betong vid tidpunkten för golvläggning är särskilt viktiga om betongens toppskikt inte fått ordentlig härdning under den första månaden. Toppskiktet kan då ha fått en betydligt mindre täthet mot fukttransport än betongen på större djup. Inför en fuktomfördelningsberäkning måste därför härdningsförhållandena under den första månaden efter gjutning vara känd.

4.2 Avjämning

Desorptionsisoterm, (absorptions-)skanningkurvor, fukttransportkoefficient δ(RF) (eller μ(RF)).

(Absorptions-)skanningkurvor kan uppskattas med hjälp av verktyget SimScan.

Många avjämningsprodukter åldras inte mycket efter några dagar, dvs mätdata bör vara representativa oberoende av ålder.

Anderberg (2004) innehåller sorptionskurvor, skanningkurvor och fukttransportkoefficienter för några av Webers äldre avjämningsmassor. Dessa data har länge varit de enda tillgängliga för avjämningar, men de kan inte användas för andra avjämningar än för de som de bestämts för! Kräv att materialleverantören tillhandahåller aktuella materialdata!

4.3 Golvmaterial

Tunna material, som plast-, linoleum-, gummi-, textilmattor, tunna skikt el dyl.: fukttransportmotstånd Z(RF).

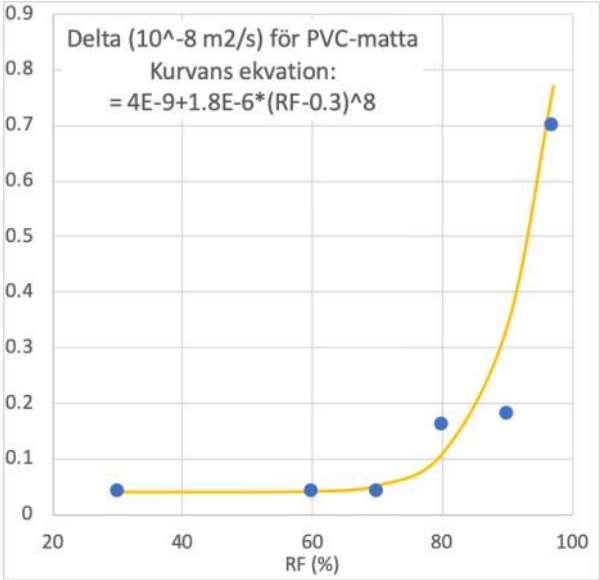
Tjockare, hygroskopiska material, som trägolv: (absorptions-)skanningkurvor från rumsklimat, fukttransportmotstånd Z(RF) eller fukttransportkoefficient δ(RF) (eller μ(RF)).

Observera vilket RF-intervall data är bestämd i.

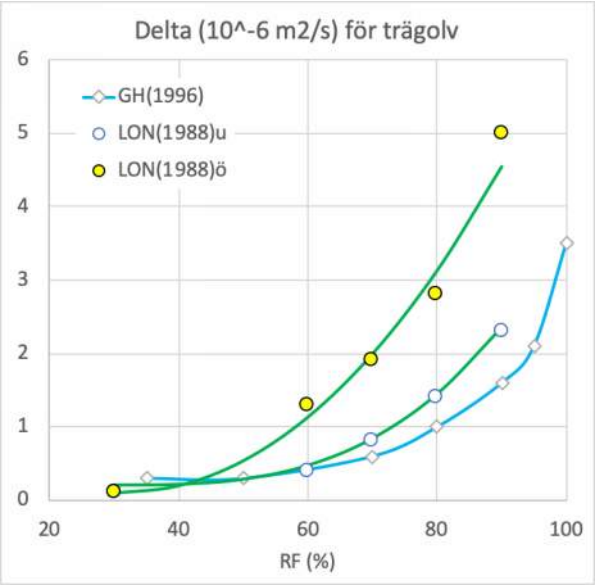
Fukttransportmotstånd, Z-värdet, ska vara giltigt för intervallet från omgivande klimat till tillåten fuktbelastning för det specifika ytskiktet och underliggande infästningsmaterial. För t.ex. limmade plastmattor gäller att ett konstant Z-värde bör användas. Detta Z-värde bör vara uppmätt i intervallet 33-85 % RF. Det använda Z-värdet ska utgöras av det högsta uppmätta Z-värdet i en provserie om minst 5 prover enligt SS-EN-ISO 12572:2016.

Fuktberoende Z-värde får endast användas om detta är känt för den specifika mattan.

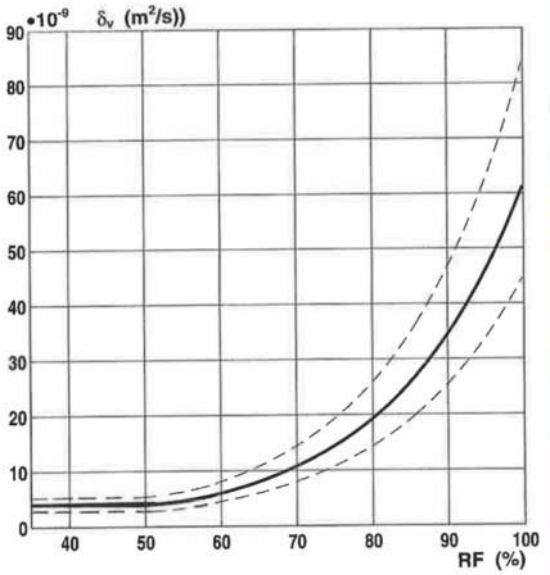
Diagrammen nedan ger exempel på hur fukttransportkoefficienten kan variera över olika RF-intervall och får inte användas i ett generellt perspektiv.



Figur 2a. Exempel på en RF-beroende fukttransportkoefficient δ (RF) för en PVC-matta. Data från Åhs (2011)



Figur 2b. Exempel på RF-beroendet hos fukttransportkoefficienten δ (RF) för furu och gran tvärs fiberriktningen. Data från Nilsson (1988) och Hedenblad (1996). Olika densiteter



Figur 2c. Exempel på RF-beroende fukttransportkoefficient δ (RF) för en linoleummatta. Data från Hedenblad (1996)

Observera att andra PVC-mattor, trägolv och linoleummattor kan ha ett helt annat fuktberoende.

4.4 Lim

För vattenbaserade lim kan mängden limfukt (kg/m^2) uppskattas från uppgifter om mängden torrsubstans hos limmet. Limfukten påverkar fuktförhållanden under den första tiden efter golvläggning och är försumbar efter en längre fuktomfördelning.

4.5 Andra material

För eventuellt andra material anges egenskaperna på samma sätt som för golvmaterial, t ex tunna skikt som primers, ”fuktspärrar”, etc, respektive ”tjocka skikt” som t ex värmeisoleringsmaterial.

4.6 HD/F-plattor och plattbärlag

HD/F-plattor, och fogar till sådana plattor, bör beräknas som tvådimensionella. Detta kan göras med t ex Wufi-2D eller Vadau, men säkerställ att konvergenskriterierna är tillräckliga, se avsnitt 8.3.

Om detta inte är möjligt kan en förenklad beräkning göras genom att ”översätta” det tvådimensionella tvärsnittet till en ”ekvivalent” massiv betongplatta med tjockleken (m) = betongarean (m^2) i tvärsnittet per breddmeter.

Fogar är svårare att räkna som endimensionella. Ska det göras måste särskilda omgivningsvillkor gälla i omkringliggande plattor; de måste vara torrare än fogbetongen på alla djup. Beräkningen blir då väldigt mycket på säkra sidan, men alternativet är en tvåsidig beräkning.

Fukttransportegenskaperna hos betongen i en HD/F-platta, och i plattbärlag, ges inte nödvändigtvis av betongsammansättningen på samma sätt som för en platsgjuten betongplatta på grund av att kompakteringen kan vara annorlunda. Mätdata saknas till stor del för HD/F-plattor och plattbärlag. En mindre studie med jämförelser mellan beräkningar och RF-mätningar efter uttorkning indikerade fukttransportegenskaper många gånger större än förväntat.

Kräv materialleverantörerna på tillförlitliga data, så tidigt som möjligt! Utnyttja uppdragsgivaren/entreprenören/byggherren för att få tillgång till sådana data.

5. Kvantifiering av initial fuktprofil före golvläggning.

Den initiala fuktprofilen kan kvantifieras på olika sätt. De två vanligast är att göra uttorkningsberäkningar som anpassas till mätvärden respektive att använda mätvärden som direkt underlag för en initial fuktprofil i form av en ”trappa”.

5.1 Initial fuktprofil med hjälp av beräkningar

Beräkning av initial fuktprofil kan naturligtvis göras med samma beräkningsverktyg som senare ska användas för omfördelningsberäkningen, se nedan. Eftersom det är fråga om beräkning av uttorkning av betongkonstruktioner kan med fördel också andra verktyg användas, t ex TorkaS, BI-Dry och PPB.

Dessa tar hänsyn till sådant som är speciellt för uttorkning av betong, som normalt inte ingår i andra beräkningsverktyg, framförallt självuttorkning, kemisk bindning av vatten samt åldersberoende sorptionskurvor och fukttransportegenskaper. Dessa parametrar måste beaktas på något, förenklat sätt om mer traditionella fuktberäkningsverktyg används för uttorkningsberäkningen. Men dessa beräkningsverktyg tar inte hänsyn till avjämningen, dvs den uppfuktning av betongens toppskikt som avjämningen ger upphov till och effekten på den efterföljande uttorkningen av att det ligger ett skikt avjämning på betongen. Effekten på uttorkningen bör vara liten eftersom avjämningen som regel torkar mycket snabbare än betongen.

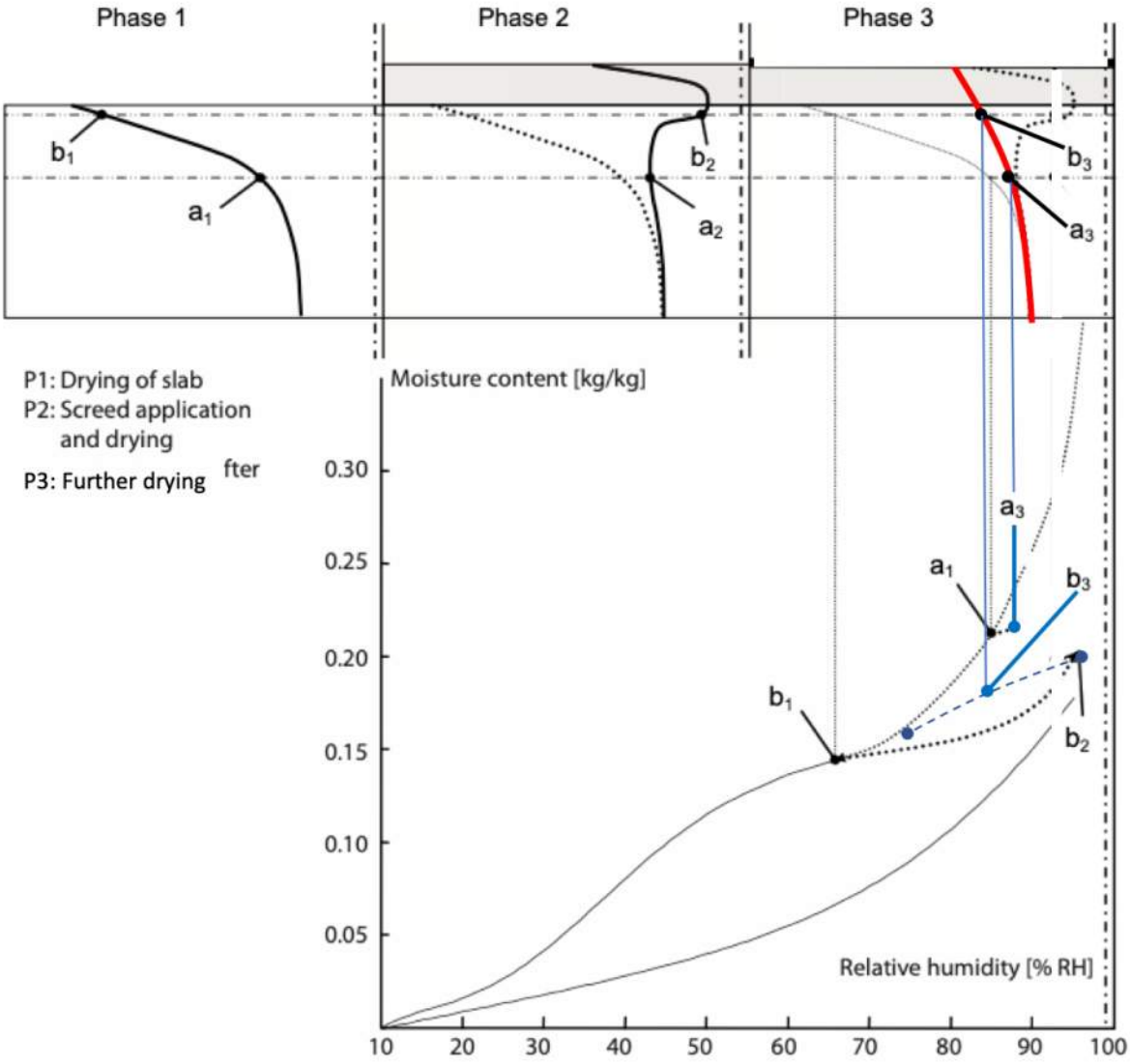
Uppfuktningen av betongens toppskikt efter avjämning medför att detta skikt, efter att ha torkat, kommer att först att uppfuktas och sedan torka ytterligare en gång. Denna komplicerade fukthistoria exemplifieras i nedanstående figur 3.

Betongens toppskikt vid golvläggningstidpunkten har först följt desorptiopnsisotermen, sedan absorptionsskanningkurvor efter uppfuktningen och sedan desorptionsskanningkurvor då den avjämnade betongen torkat fram till golvläggning. Detta komplicerar val av skanningkurvor då fuktomfördelningsberäkningen börjar, se nedan.

Uttorkningsberäkningen syftar inte till att beskriva uttorkningsförloppet in i minsta detalj, utan till att få fram en sannolik fuktprofil vid tidpunkten för applicering av golvmaterialet med beaktande av uttorkningsförhållandena under tiden närmast dessförinnan. Den syftar också till att kvantifiera fukthistorien på olika djup som underlag för val av skanningkurvor då fuktomfördelningsberäkningen ska startas.

Används mer traditionella beräkningsverktyg kan självuttorkningen beräknas först. Detta kan göras från mätningar på den aktuella betongen eller en snarlik betong. Ett annat sätt är att kvantifiera mängden kemiskt bundet vatten w_n och därmed fukthalten $w_e = w_0 - w_n$ efter självuttorkning. Denna fukthalt, eller den RF som kan erhållas ur desorptionsisotermen, används sedan som initialvillkor för uttorkningsberäkningen.

En uppmätt fuktprofil (RF-profil) ska naturligtvis användas som utgångspunkt för kvantifieringen av den initiala fuktprofilen Det är då viktigt att absolutvärdena hos uppmätta RF är så tillförlitliga som möjligt, t ex genom att använda (?) RBK-metoden och GBR-metoden (för avjämningen).



Figur 3. Fukthistorien hos två djup i betongens toppskikt efter viss uttorkning (steg 1), efter avjämning, uppfuktning och viss uttorkning (steg 2) samt ytterligare uttorkning av den avjämnade betongen fram till golvläggning. Initial fuktprofil markerad med röd kurva. Figuren baseras på en figur i Åhs (2011)

Om mätningar redan gjorts väljs naturligtvis de djup som då använts. Komplettera med mätning på fler djup om de avviker mycket från vad som rekommenderas nedan.

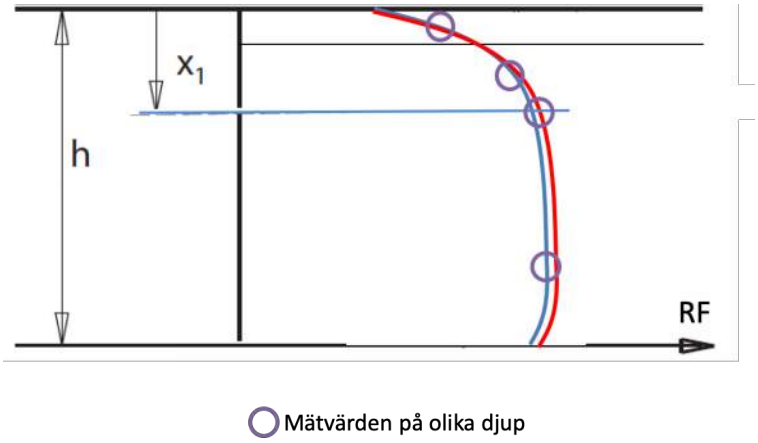
Input till kvantifiering av den initiala fuktprofilen bestäms genom mätning av RF på följande djup:

- Avjämningens hela tjocklek, alternativt om avjämningens tjocklek medger det bör två eller flera prov tas från olika skikt i avjämningen.
- Minst tre djup per betongskikt förslagsvis 20, 40 och 75 % av tjockleken. (Mätdjup vid en RBK-mätning är begränsade: minst 35 mm respektive högst 120 mm).

- Vid pågjutningar på HD/F-bjälklag[3] eller motsvarande tas ytterligare minst ett prov i dessa, på mätdjup enligt RBK.
- Vid tjockare pågjutningar över 50 mm tas minst två prov.

Mätvärden används utan adderad mätosäkerhet. Mätosäkerheten ingår i den senare jämförelsen mellan beräkningsresultat och högsta tillåtna fukttillstånd, se avsnitt 9.1. Om exempelvis mätvärdet är 86 % RF och mätosäkerheten är 2 % RF är det 86 % RF på det aktuella djupet som ska användas för att konstruera den initiala fuktprofilen.

Beräknade fuktprofiler efter uttorkningsberäkningar jämförs sedan med mätvärdena på olika djup och den som ligger närmast mätpunkterna väljs som initial fuktprofil. Alternativt kan en fuktprofil ”på säkra sidan” väljas som en fuktprofil som har högre RF än mätvärdena på alla djup.



Figur 4. Jämförelse mellan två beräknade fuktprofiler och mätvärden på fyra djup, varav ett är hela avjämningen. Cirklarnas storlek anger mätosäkerheten.

I exemplet i figur 4 överensstämmer mätvärdena på djup x_1 och i avjämningen med den röda, beräknade fuktprofilen, medan mätvärdena på de övriga två djupen ligger tydligt lägre än denna. Båda de beräknande fuktprofilerna ligger inom mätvärdena plus/minus mätosäkerheten på alla djup. Om man beaktar alla mätvärdena, stämmer den blå, beräknade fuktprofilen bättre än den röda.

- Välj den blå för att efterlikna verkligheten så bra som möjligt!
- Välj den röda för att vara något på säkra sidan!

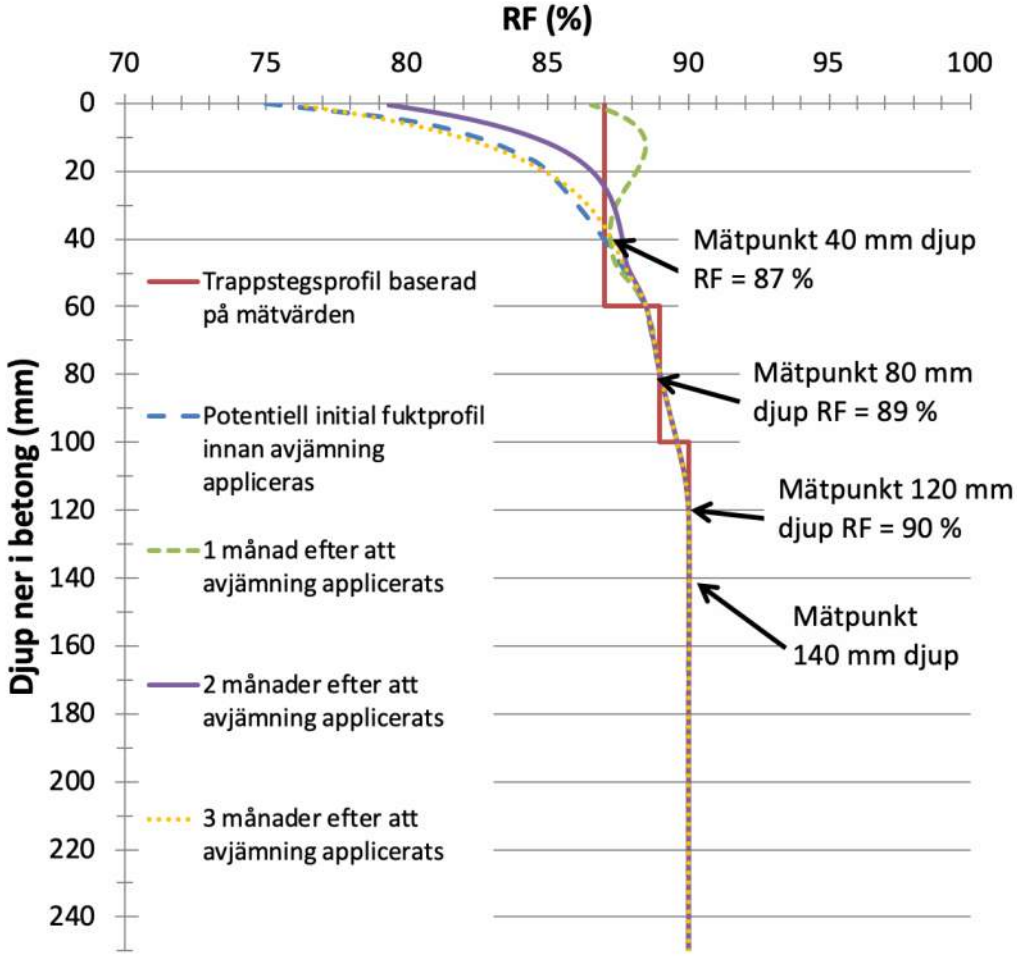
Om det är stor skillnad mellan formen hos de beräknade fuktprofilerna och mätpunkterna på olika djup bör skillnaden förklaras, åtminstone om skillnaden är större än mätosäkerheten. Den kan bero på att använda materialegenskaper hos betong och avjämning inte stämmer. Den kan också bero på att antagna randvillkor eller antagna initialvillkor avviker från de verkliga. Skillnaden förklaras lämpligen genom förnyade uttorkningsberäkningar med ändrade förutsättningar.

När en trovärdig förklaring erhållits väljs den slutliga fuktprofilen som initial fuktprofil.

[3] Fuktomfördelningsberäkningen förutsätter att det inte nyligen stått vatten i hålen i håldäcksplattor. Detta kan kontrolleras genom RF-mätningar underifrån i borrhål in i hålen.

5.2 Initial fuktprofil med mätvärden i en ”trappa”

Ett alternativt, enkelt sätt att välja en initial fuktprofil är att anpassa ”trappsteg”/materialskikt till uppmätta RF på olika djup och ansätta samma RF i hela materialskiktet, se exemplet i figur 5.



Figur 5. Exempel på en initial fuktprofil i form av en ”trappa”, helt baserad på mätvärden på olika djup där fukthalten/RF är konstant i respektive materialskikt/”trappsteg”. Observera att respektive materialskikt måste väljas så att respektive mätpunkt hamnar i eller under skiktets centrum.

Observera att om den initiala fuktprofilen konstrueras som en ”trappa”, dvs en serie materialskikt, utifrån mätvärden på flera djup måste dessa skikt väljas så att mätpunkterna hamnar i mitten eller i undre delen av respektive materialskikt.

En ”trappa” som initial fuktprofil medför en beräkning på ”säkra sidan”, dvs den överskattar fuktnivån under golvbeläggningen. Det är enkelt att konstruera den initiala fuktprofilen men det är svårt att välja skanningkurvor vid fuktomfördelningsberäkningen eftersom fukthistorien på olika djup inte är känd. Detta medför också att det saknas underlag för att uppskatta fukttransportkoefficienterna för betongen på olika djup.

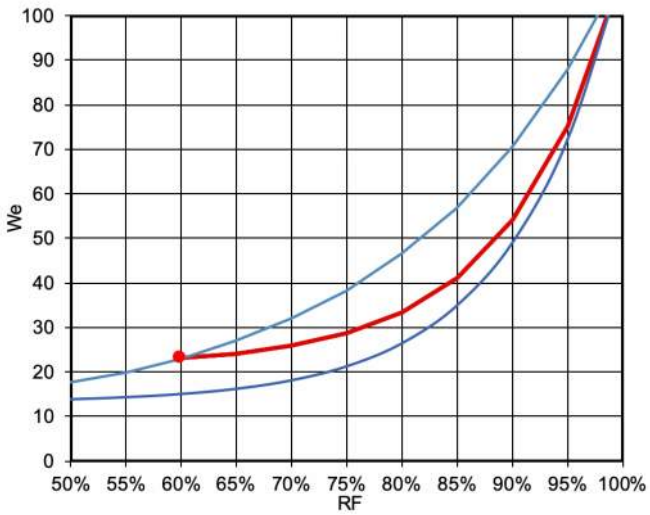
6. Förberedelser inför fuktomfördelningsberäkning

Innan fuktomfördelningsberäkningen startas ska två moment genomföras.

6.1 Definition av startpunkter på absorptionsskanningkurvor

Under fuktomfördelningen kommer skikten närmast under golvbeläggningen att uppfuktas. Ett bra sätt att avgöra hur djupt denna uppfuktning kommer att ske är att genomföra en kortvarig fuktomfördelningsberäkning med desorptionsisotermer för alla djup och ur resultaten se på vilka djup uppfuktning ägde rum.

För dessa djup ska nu absorptionsskanningkurvor konstrueras för respektive material, med utgångspunkt från fukthalten w_e och RF samt fukthistorien på respektive djup. Uppmätta desorptionsisotermer, absorptionsisotermer och skanningkurvor används som vägledning.



Figur 6. Exempel på en absorptionsskanningkurva utgående från punkten (RF=60%, w_e=23 kg/m^3) på desorptionsisotermen. Den ansluter till absorptionsisotermen vid RF > 95 %.

För övriga djup används desorptionsisotermer.

Strängt taget ska en absorptionsskanningkurva anges för varje djup i konstruktionen, dvs en kurva för varje beräkningscell. Förfarandet kan dock förenklas genom att man beaktar vilka fukthaltsgradienter som råder: Vid stora fukthaltsskillnader inom ett och samma material bör flera skanningkurvor användas, men i material med nästan samma fukthalt tvärs igenom kan det räcka att ange bara en enda skanningkurva.

Vid val av skanningkurva i betongens toppskikt ska fukthistorien beaktas särskilt. De olika djupen i denna del av betongen ligger på desorptionsskanningkurvor, se figur 3. Respektive absorptionsskanningkurva måste konstrueras så att den startar vid den RF man hade på respektive djup då betongen där uppfuktades av avjämningen, och sedan torkade, så att den går genom punkten med fukthalten och RF i den initiala fuktprofilen, på respektive djup.

Efter avslutad fuktomfördelningsberäkning kontrolleras om den beräknade fukthistorien verkligen följt den förväntade, dvs att uppfuktningen skedde och fortsatte på de djup där

absorptionsskanningkurvor användes i beräkningen. Om inte, görs beräkningen om, med nya absorptionsskanningkurvor.

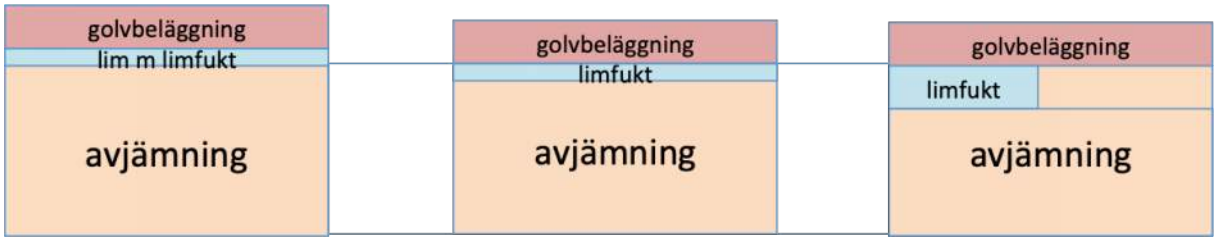
Eventuellt måste absorptionsskanningkurvor ersättas med desorptionsskanningkurvor i slutet av fuktomfördelningsberäkningen, på vissa djup, efter att en efterkontroll visat att uppfuktning följts av sänkning av fuktnivån. Men det är på säkra sidan att bara använda absorptionsskanningkurvor.

Ett verktyg, SimScan, har utvecklats som ger en absorptionsskanningkurva vid en startpunkt (w, RF) på desorptionsisotermen för ett material där data finns för desorption, absorption och någon/några skanningkurvor, Lindmark (2020).

6.2 Hänsyn till limfukt

Vid användning av vattenbaserade lim, för mattor och trägolv, får det översta skiktet av avjämningen ett omedelbart fukttillskott. Detta kan modelleras på olika sätt och under olika antaganden. Mängden limfukt (kg/m^2) kan

a. läggas som ett särskilt skikt mellan avjämning och golvbeläggning, utan fuktmotstånd,
b. läggas i en särskild, tunn beräkningscell för avjämningen så att den får 100 % RF initialt vid den aktuella mängden limfukt eller
c. fördelas jämnt i den översta beräkningscellen för avjämningen, förutsatt att limfuktmängden "får plats" i denna cell. I annat fall fördelas en del i cellen under.



a. Ett separat skikt med lim

b. Limfukt i ett tunt skikt i övre delen av avjämningen

c. Limfukt i en tjockare cell av avjämningen .

Figur 5. Alternativa sätt att inkludera limfukten

~~Alternativ a. med ett separat skikt för limmet ligger närmast verkligheten och rekommenderas.~~

Ytskiktet hos avjämningen kommer först att uppfuktas av limfukten. Därefter sjunker fuktnivån för att sedan öka igen när hela betongplattan får en fuktomfördelning. Avjämningens ytskikt följer alltså först en absorptionsskanningisoterm, därefter en desorptionsskanningisoterm och sedan en ny absorptionsskanningisoterm. I slutet av fuktomfördelningen sjunker fuktnivån igen och ytskiktet följer då en ny desorptionsskanningisoterm. Hela denna omväxlande fukthistoria bör kunna beskrivas med en absorptionsskanningisoterm utan att det systematiska felet blir för stort(?).

7. Kvantifiera randvillkor

Temperaturen och relativa fuktigheten på bjälklagets ömse sidor, från och med golvläggning, behöver kvantifieras.

Temperaturförhållandena bör kunna baseras på uppgifter från entreprenören och, senare, fastighetsförvaltaren om vilka temperaturnivåer man avser att hålla under byggtiden och under brukstiden.

Relativa fuktigheten under kvarvarande byggtid bör baseras på eventuella uppgifter från entreprenören om vilka ventilations- och avfuktningsinsatser som kommer att göras. Vilka andra byggnadsarbeten som kommer att pågå är viktiga att beakta, t ex flytspackling i angränsande lokaler, målningsarbeten etc.

Finns det inte tillgång till säkra sådana uppgifter får en rimlighetsbedömning göras av vilket fukttillskott (g/m^3) man kan förvänta sig. Under byggtiden kan fukttillskott upp till 3-4 g/m^3 vara aktuella, medan fukttillskottet under brukstiden i välventilerade byggnader ofta är mindre än 1 g/m^3.

Relativa fuktighetens variation med tiden kan sedan uppskattas från klimatdata (T & RF) för den aktuella platsen och uppgifterna om innetemperatur och fukttillskott.

8. Fuktomfördelningsberäkning

Vad man måste tänka på, och kontrollera, under själva fuktomfördelningsberäkningen beskrivs nedan. Några tips om mer eller mindre vanliga beräkningsverktyg för fuktomfördelningsberäkningar ges därefter.

8.1 Genomförande av fuktomfördelningsberäkningen

Med ytskiktets fukttransportmotstånd tillagt och ändring av randvillkoren till de som gäller under brukstiden görs nu fuktomfördelningsberäkningen med start i den initiella fuktprofilen, inklusive eventuell limfukt och med hänsyn till att fuktförhållandena på vissa djup följer absorptionsskanningkurvor.

En stor komplikation är att på vissa djup fortsätter fukthalten att sjunka, och förloppet följer desorptionsisotermen, men efter en viss omfördelning börjar fukthalten att stiga, och förloppet börja då följa en absorptionsskanningkurva. Detta börjar att hända på ett djup, vid en viss tidpunkt, och det fortsätter sedan att hända på större och större djup vid senare tidpunkter. Inte förrän beräkningen är gjord kan man se var och när detta börjar ske! I de flesta befintliga beräkningsverktygen måste detta hanteras genom att utföra beräkningarna stegvis och successivt ändra desorptionsisotermer till absorptionsskanningkurvor efter hand som fuktomfördelningen sker! I beräkningsverktyget REDIST görs detta med automatik, Lindmark (2019).

Fuktomfördelningsberäkningen fortgår så länge som uppfuktning sker under ytskiktet och att maximal fuktbelastning med säkerhet, och med viss tidsmarginal, passerats. För relativt täta ytskikt som PVC-mattor kan detta innebära beräkningstider på flera år medan det för mer öppna trägolv är fråga om veckor och månader. I riktigt grova konstruktioner kan beräkningstider på 5-10 år krävas!

(Projektbeskrivningen: ”Olika antaganden kommer att göras och effekterna av dessa kommer att analyseras. Beräkningsverktygens för- och nackdelar kommer att dokumenteras och en ”Att tänka på”-/”Att göra”-lista för respektive beräkningsverktyg kommer att utarbetas.”
(har vi gjort det?)

8.2 Beräkningsverktyget Wufi

Wufi är användbart också för fuktomfördelningsberäkningar. Man kan framför allt ta hänsyn till verklighetstroget inneklimat och man kan enkelt beskriva geometrin i detalj. Det finns stora möjligheter att lägga in nya materialegenskaper för just de material som är aktuella. Det går, med viss möda, att lägga in fuktberoende fuktmotstånd, Sd-värden, för tunna skikt.

En fördel med Wufi är att fukttransportmotståndsfaktorn μ(RF) (-) kan användas som fukttransportparameter. Denna är en jämförelse med egenskaperna hos luft och är därför universell; vid översättning av alla andra fukttransportkoefficienter, med egendomliga dimensioner, till μ(RF) får man direkt en uppfattning av om översättningen är rimlig. Antalet beräkningsceller är normalt så många att inga numeriska problem kopplat till för få celler kan uppstå.

Däremot är en viktig begränsning i Wufi att man inte enkelt kan inkludera både desorptionsisotermer och skanningkurvor för ett material. Att fuktändringar sker genom att en del viktiga punkter i konstruktionen följer sådana är ett av de speciella förhållanden som gäller just vid fuktomfördelning.

För att lösa detta måste man ”skapa” olika ”materialtyper” av ett och samma material, med olika (absorptionsskanning)kurvor, att användas på olika djup i konstruktionen där uppfuktning från olika fuktnivåer kommer att ske. Ett antal materialskikt skapas där dessa olika ”materialtyper” används. Minst två-tre (?) sådana materialskikt bör skapas i den delen av betongen som kommer att uppfuktas. Avjämningen bör ha minst två sådana skikt, om tjockleken är större än 20 (?) mm.

Wufi har en stor databas för olika material. Det kan vara frestande att använda något material i den när materialdata saknas för ett material i den konstruktion man ska göra beräkningar för. Detta är inte acceptabelt och kommer med stor sannolikhet att ge allvarliga fel i beräkningsresultaten.

I Wufi beskrivs normalt fukttransport genom att den delas upp i en del som beskriver ”ångtransport”, med ångtrycket som transportpotential och en del som beskriver ”vätsketransport”, med fukthalt som transportpotential. Denna uppdelning är tveksam när man ska beakta skanningkurvor eftersom samma fukthalt betyder olika RF beroende på fukthistorien. Den är också tveksam vid temperaturgradienter eftersom fukttransporten går i riktning mot lägre fukthalt, vilket inte nödvändigtvis är korrekt vid temperaturgradient.

Rekommendation: Använd materialegenskaper uttryckta som fukttransportmotståndsfaktorn μ(RF) som funktion av RF istället för att en del använder ett konstant μ och en del använder diffusiviteten D. Denna är avsedd för material som kommer i kontakt med vatten och är inte användbar för uttorkning och fuktomfördelning.

8.3 Beräkningsverktyget Wufi2D

Wufi2D har samma fördelar och begränsningar som Wufi i 1D, men kan användas för beräkningar i 2D, t ex för håldäcksplattor, fogar, kantbalkar, hattbalkar etc.

Beräkningstiderna är långa så det kan vara frestande att pruta på konvergenskraven, vilket kan ge helt felaktiga beräkningsresultat men som kan se ut att vara riktiga. Beräkningar i 2D, liksom alla numeriska beräkningar, måste kontrolleras m a p numerisk konvergens. Detta görs lämpligen genom jämförelse med kända, analytiska lösningar.

8.4 Beräkningsverktyget KFX

KFX är inte kommersiellt tillgängligt utan bara tillgängligt för de som visat sig besitta nödvändiga fuktkunskaper genom att ha blivit godkända som byggdoktorer av Föreningen Sveriges Byggdoktorer eller blivit godkända som Diplomerade Fuktsakkunniga av FuktCentrum. V-teknologer vid Chalmers som följt en påbyggnadskurs i byggnadsmaterial sedan 1990-talet har också tillgång till detta beräkningsverktyg.

KFX är ett mycket enklare beräkningsverktyg än Wufi genom att inneklimatet beskrivs med sinuskurvor och konstruktionen f n bara kan beskrivas med tio beräkningsceller.

Temperaturfördelningen beskrivs stationärt i varje beräkningssteg, dvs värmekapaciteten beaktas inte; detta har dock ingen betydelse för fuktomfördelningsberäkningar.

En stor fördel är att det är förhållandevis enkelt att lägga in skanningkurvor för de beräkningsceller som kommer att uppfuktas. Andra fördelar är att det är känt i detalj hur programmet beskriver fuktändringar, att det är lätt att presentera beräkningsresultat och att det är lätt att göra en komplett dokumentation av en beräkning.

Det begränsade antalet beräkningsceller måste hanteras genom att använda så många och tunna celler där fuktändringarna är som störst och snabbast. Sådana celler ska därför användas i betongens övre del, medan större celler kan användas i de centrala delarna där fuktändringarna är långsamma.

8.5 Beräkningsverktyget VaDau

VaDau är bara tillgängligt för några få konsulter eftersom det är relativt komplicerat att använda, saknar en detaljerad manual och inte kan köras på moderna PC utan en särskild partition med äldre Windows operativsystem.

Vadau har liknande begränsningar som KFX men kan beskriva konstruktioner i 2D i 20 x 20 beräkningsceller. Den stora fördelen med Vadau är att fukttransport beskrivs med två termer som använder ånghalt respektive porvattentryck som fukttransportpotentialer. Detta medför att man kan göra beräkningar för konstruktioner med temperaturgradienter i betongen, t ex vid golvvärme eller vid temperaturdifferens mellan under- och ovansidan av ett bjälklag.

8.6 Beräkningsverktyget PPB

Fuktmodulen i PPB är ännu inte klar (2020), men den är avsedd att i en framtid kunna hantera även omfördelningsberäkningar. När så är fallet finns förutsättningar för att samtidigt kunna hantera dels betongens åldrande och dels skanningkurvor så verklighetstroget som möjligt.

Frågetecken gällande den tidigare fuktmodulen måste då rätas ut, främst då det gäller vilka materialegenskaper hos betongen som används och tillförlitligheten hos dessa. Det måste också vara möjligt att dokumentera de förutsättningar som använts i varje beräkning.

8.7 Beräkningsverktyget REDIST

I beräkningsverktyget REDIST finns en automatisk beräkning av skanningkurvan på respektive djup med hänsyn tagen till den aktuella fuktnivån och fukthistorien.

8.8 Beräkningsverktyget X

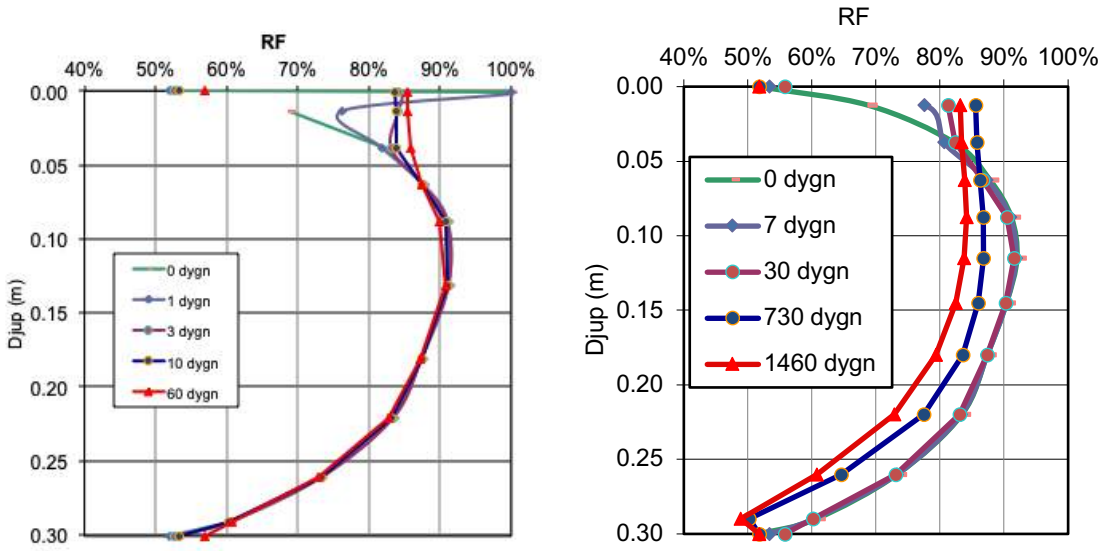
Finns fler som används för OMF-beräkningar?

9. Resultatredovisning

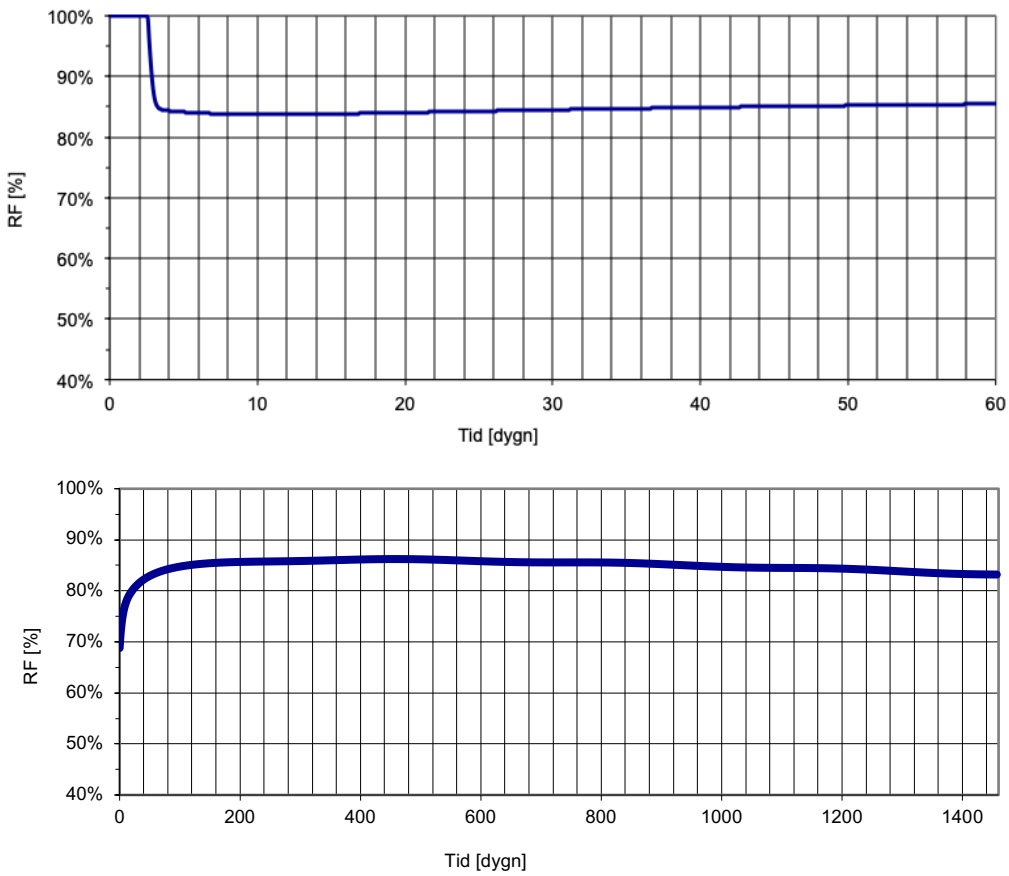
Resultaten av en fuktomfördelningsberäkning redovisas som

A. RF-profiler vid några väl valda tidpunkter, inklusive den initiala RF-profilen och RF-profilen då maximal RF uppkommit under ytskiktet.
B. RF som funktion av tiden under hela omfördelningsperioden, för relevanta djup i konstruktionen, inklusive RF alldeles under golvbeläggningen.

Exempel på dessa två diagram ges i figur 6 och 7.



Figur 6. Exempel på beräknade RF-fördelningar under fuktomfördelning efter mattläggning på ett mellanbjälklag av 250 mm betong och 50 mm avjämning. Diagram med två olika tidskalor för de första två månaderna. Diagrammen visar max 86 % RF (bortsett från de första två dygnen) under mattan och RF = 92 % på ett djup av 0.10 m, dvs mätdjup 50 mm (=20 %) i betongen vid mattläggning.



Figur 7. Exempel: RF-utvecklingen under mattan i figur 6, som funktion av tid, med två olika tidskalor. Högst påfrestning efter ca 400 dygn. Inverkan av limfukt de första dygnen.

9.1 Jämförelse med Högsta tillåtna fukttillstånd

Observera att beräkningsresultaten ges som ”verkliga” fukthalter och relativa fuktigheter RF. Resultaten ska oftast jämföras med ett ”Högsta tillåtet fukttillstånd” RF_{OK}, t ex 85 % RF för många PVC-mattor. Vid kontroll av detta under produktion eller under brukstiden är mätmetoden behäftad med en viss mätosäkerhet, ofta i området 2-3 % RF.

Beräkningsresultaten ska jämföras med Högsta tillåtet fukttillstånd MINUS mätosäkerheten.

9.2 Jämförelse med kritiskt fukttillstånd

För att förklara en uppkommen skada ska däremot beräkningsresultaten jämföras med det kritiska fukttillståndet RF_{krit}, t ex 90 % RF för många limmade PVC-mattor. Vid kontroll av om detta överskridits i det aktuella betonggolvet ska beräkningsresultatet jämföras med det aktuella mätvärdet, utan att inkludera mätosäkerheten.

10. Dokumentation av beräkningarna

Beräkningen dokumenteras genom att resultaten av punkterna i kapitel 3-7 beskrivs i detalj, med angivande av källor till de olika uppgifterna och med en redovisning av på vilket sätt eventuella antaganden och förenklingar gjorts. Avgörande materialegenskaper bör redovisas med angivande av värden hos indataparametrar om detta inte framgår av dokumentation i diagramform.

I vissa beräkningsverktyg finns det möjlighet att enkelt göra en kopia av alla indataparametrar. Sådana kopior kan bifogas beräkningsrapporten och göra det möjligt för en granskare att exakt upprepa beräkningen. Exempel på sådan dokumentation för olika beräkningsverktyg ges i Bilaga 1.

11. Förslag till rubriker i Beräkningsrapport

En rapport innehållande dels en dokumentation av alla indata och dels en redovisning av resultaten bör ha minst följande avsnitt.

A. Uppdraget
B. Syfte
C. Konstruktion – Punkt på bjälklaget (geometri, material, 2D?)
D. Tidplan för bjälklaget, inkl. gjutning, härdning, avjämning, uttorkning och klimat
E. Materialegenskaper (desorptionsisotermer och skanningkurvor samt fukttransportdata (värden och diagram) för alla ingående material, med referenser
F. Framtagning av initial fuktprofil inkl hur beräkningsverktyg använts
G. Använda skanningkurvor
H. Hänsyn till limfukt
I. Använt beräknigsverktyg – eventuella begränsningar
J. Kontroll av uppfuktningstidpunkter på olika djup – exempel på fuktprofiler vid relevanta tidpunkter
K. Resultat – fuktprofiler
L. Resultat – tidsförlopp på olika djup
M. Slutsatser – Kommentarer
N. Bilagor: skärmdumpar av indata

Referenser

Anderberg, A. (2004) *Moisture properties of self-levelling flooring compounds*. Rapport TVBM-3120, Avd. Byggnadsmaterial, LTH

Hedenblad, G. (1993) *Moisture permeability of mature concrete and cement paste*. Rapport TVBM-1014, Avd. Byggnadsmaterial, LTH

Lindmark, S. (2019) *Verktyget REDIST för fuktomfördelningsberäkningar,* FuktCom, Lund

Lindmark, S. (2020) *Verktyget SimScan för skanningkurvor*, FuktCom, Lund

Nilsson, L.-O. & Bergström, K. (2020) *The tin can method for determining moisture transport properties of concrete*. Nordiskt Symposium för Byggnadsfysik, Tallin 7-9 september 2020

Nilsson, L.-O. (2020) *Fukt och betong. Avsnitt 17.6:4 Fukttransportkoefficienter för ung betong*. Betonghandboken, del 2. Under publicering 2020.

Åhs, M. (2011) *Redistribution of moisture and ions in cement-based materials*. Rapport TVBM-1028, Avd. Byggnadsmaterial, LTH

Mm

Mm

Anders Kumlin, Sture Lindmark, Mathias Lindskog, S. Olof Mundt-Petersen, Lars-Olof Nilsson, Nilla Olsson, Mikael Oxfall, Johan Tannfors (2021) *Fuktomfördelningsberäkningar. Slutrapport*. Utgivare(?)

Bilagor

Bilaga 1A. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Wufi.
Bilaga 1B. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Wufi-2D
Bilaga 1C. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med KFX
Bilaga 1D. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Vadau
Bilaga 1E. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med XXXX

Bilaga 1A. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Wufi.

Skärmdumpar av alla sidor som fordras för att kunna upprepa en beräkning.

Bilaga 1C. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med KFX

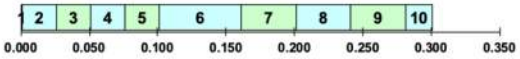
Detta är en skärmdump av indatabladet för KFX.

		Sida I	I, yta	Element 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II, yta	Sida II
Material				AVJ	AVJ	AVJ	BTG0.36	BTG0.36	BTG0.36	BTG0.36	BTG0.36	BTG0.36	BTG0.36		
We_{60}	[kg/m³]			13	13	24	64	64	64	64	64	64	64		
We_{100}	[kg/m³]			28	28	44	118	118	118	118	118	118	118		
We_{max}	[kg/m³]			120	100	100	137	137	137	137	137	137	137		
a, formfaktor				6	6	6	3	3	3	3	3	3	3		
δ_0	[m²/s]			8.0E-06	3.0E-07	3.0E-07	1.3E-07	1.3E-07	1.3E-07	1.3E-07	1.3E-07	1.3E-07	1.3E-07		
δ_{95}	[m²/s]			8.0E-06	4.4E-06	4.4E-06	6.5E-07	6.5E-07	6.5E-07	6.5E-07	6.5E-07	6.5E-07	6.5E-07		
δ_{100}	[m²/s]			8.0E-06	8.0E-06	8.0E-06	9.5E-07	9.5E-07	9.5E-07	9.5E-07	9.5E-07	9.5E-07	9.5E-07		
λ	[W/mK]			1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70		
Elementtjocklek	[m]			0.001	0.025	0.025	0.025	0.025	0.060	0.040	0.040	0.040	0.020		
W, initiellt				113.0	14.2	29.9	95.9	101.3	101.4	95.3	89.5	77.1	64.6		
R, övergångsmotstånd	[m²K/W]		0.05											0.12	
Z, övergångsmotstånd	[s/m]		60											360	

Mellan element		I - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5-6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - II
Z_ ångspärr	[s/m]	2.50E+06										

		Sida I	Sida II alt. 1	Sida II alt. 2		
T_{medel}	[°C]	22.5	22.5	T_{II}	[°C]	
$T_{amplitud}$	[°C]	1.5	1.5	Max RF_{II}		75%
T_{fas} (för T_{min})	[dygn]	145	145	$\Delta v = v_I - v_{II}$	[kg/m³]	0.004
RF_{medel}		45.0%	45.0%			
$RF_{amplitud}$		12.0%	12.0%			
RF_{fas} (för RF_{min})	[dygn]	145	145			
I_{medel}	[W/m²]	0	0			
$I_{amplitud}$	[W/m²]	0	0			
I_{fas} (för I_{min})	[dygn]	0	0			

Tid		
Period	[dygn]	365
Start i perioden	[dygn]	271
Tidssteg, (Δt)	[tim]	1
Tid per resultat	[tim]	2
Tid totalt	[dygn]	60



Beräkna

Med detta blad kan beräkningen upprepas exakt av någon som har tillgång till beräkningsverktyget. Det behövs ingen annan information än denna.

Bilaga 1D. Exempel på dokumentation av en fuktomfördelningberäkning med Vadau

Exempel på skärmdumpar av alla indatafiler med 20 x 20 celler:

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	IMR		ISR	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3				95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IMA		IXY	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.03																							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0.60																							

Materialdata för använda material:

```
M:  1  por% ****  iax *****  iay *****  ica *****  dens ****  Betong K40
 K40  16        1.7       1.7       950       2250
 We  ------   ------   ------   ------   ------   ------   ------
    30   60   80   88   92   96   98
    20   40   57   75   99   110   125
    20   40   57   75   99   110   125
 Dv  ------   ------   ------   ------   ------   ------   ------
    30      60      80      88      92      96      98
    2.3e-7  2.0e-7  1.7e-7  1.5e-7  1.3e-7  0.9e-7  0.7e-7
    2.3e-7  2.0e-7  1.7e-7  1.5e-7  1.3e-7  0.9e-7  0.7e-7
 Kp  ------   ------   ------   ------   ------   ------   ------
    30      60      80      88      92      96      98
    4.0e-18 2.6e-17 1.2e-16 3.6e-16 0.9e-15 3.5e-15 0.6e-14
    4.0e-18 2.6e-17 1.2e-16 3.6e-16 0.9e-15 3.5e-15 0.6e-14
```

Omfördelningsberäkning – Dokumentationsmall

Rapportens första sida skall minst innehålla:

Rapportnamn, Rapport nummer, Uppdragsnummer

Författare:

Granskad av:

Datum:

Version

Sammanfattning

En sammanfattande del som beskriver resultat på ett lättillgängligt sätt för uppdragsgivaren och som uppskattar säkerheten i resultaten.

Sammanfattningen skall i korthet beskriva:

- Att beräkningen har genomförts i enlighet med Vägledning för fuktomfördelningsberäkning i golvkonstruktioner samt ev. avsteg från denna.
- Syftet till beräkningen,
- Beräkningens förutsättningar,
- Typ av konstruktion,
    - geometri och generell uppbyggnad,
    - materielgrupper
    - nyckelprodukter
- Resultat
- Bedömning av resultat och risker
- Vad betyder resultatet, tex om resultatet innebär ett godkänt RBK resultat.

Rapport:

En detaljerad beskrivning av indata och antaganden som möjliggör tredjepartsgranskning av beräkningarna.

Rapporten skall som minst innehålla följande delar, respektive del skall vara synliga i innehållsförteckningen om annan rubrikindelning görs.

Innehållsförteckning

A. Uppdraget
    a. Beskrivning av uppdraget: givna förutsättning och initialt antaganden
    b. Bedömningskriterier
B. Syfte
    a. Vad är syftet med beräkningen och hur kan resultatet användas
C. Konstruktion –
    a. Objektbeskrivningen: ingående material, uppbyggnad
    b. Beräkningspunkt på bjälklag: dess representation, (geometri, material)
    c. Randvilkor
D. Materialegenskaper

   a. Desorptionsisotermen, skanningkurvor samt fukttransportdata (värde och diagram) föra alla ingående material, källhänvisning.
   b. Sammanfattande tabell över ingående material och dess egenskaper
   c. Antaganden och förenklingar samt dess förväntade inverkan på resultatet
   d. Använda skanningkurvor, metodval; modell; eller källa
   e. Hänsyn till limfukt

E. Framtagning av initial fuktprofil,
   a. Metodik: Mätning; beräkning; o.dyl

F. Använt beräkningsverktyg
   a. Upphovsman, Använd version
   b. Beräkningsprincip,
   c. Eventuella begränsningar

G. Riskbedömning
   a. Genomgång av antaganden och val samt en bedömning av dess effekt
   b. ev. avsteg från vägledningen med motivering

H. Resultat –
   a. Kontroll av uppfuktningstidpunkter på olika djup – exempel på fuktprofiler vid relevanta tidpunkter
   b. Fuktprofiler
   c. Tidsförlopp på olika djup

I. Slutsatser – Kommentarer

J. Referenser

K. Bilagor:

Hemuppgifter till WS 2

Nedan finner ni fyra stycken hemuppgifter som ska vara klara och lämnas in till Nilla Olsson senast den 21 januari kl 23:57 2021. Uppgifterna mailas in till nilla.olsson@ncc.se

I arbetet med hemuppgifterna ska ni slaviskt använda väglendningen vers 4 i den mån det går som Lars-Olof mailat ut tidigare (bifogas med detta mail). Notera att det kan finnas ”luckor” och brister i vägledningen och ett mål med hemuppgifterna är att proaktivt försöka hitta dessa nu.

Vidare skall dokumentationsmallen som Mikael Oxfall mailat 2020-11-16 ut fyllas i till fullo för respektive uppgift. Dvs en ifylld dokumentationsmall för respektive uppgift (bifogas med detta mail). Även här är avsikten att försöka stämma av potentiella fel och brister som kan justeras.

Utöver den dokumentationsmall som ska fyllas i så redovisas under punkten 3 ”Uppgifter att lösa fall X” för respektive uppgift nedan ett antal frågor som skall besvaras och rapporteras. Dessa rapporteras i en separat excelfil för respektive uppgift. Exempel på lämpliga flikar finns i en ”tom” excelfil som bifogad med uppgifterna. Varje excelfil ska döpas med ert för- eller efternamn, uppgiftens nummer samt använt beräkningsverktyg, t.ex. ”Johan Uppg1 WUFI”.

Det finns ett visst överlapp med saker som ska rapporteras både i Mikael Oxfalls dokumentationsmall i word och excelfiler där en massa resultat ska rapporteras. I förekommande fall så går det i dokumentationsmallen (worddokumentet) utmärkt att bara hänvisa till excelfilen – dvs allt som efterfrågas specifikt i de fyra uppgifterna enligt nedan ska finnas i en excelfil för respektive uppgift. Anledningen till den omfattande rapporteringen som efterfrågas är för att om möjligt i ett proaktivt syfte kunna leta efter potentiella fel i det fall avvikelser uppstår mellan olika resultat. Om sättet att rapportera resultat inte passar i KFX och REDIST (Sture) så återkoppla till mig så hittar vi en lösning.

Varje person får lämna in max en lösning/ ett svar per uppgift (dvs en dokumentationsmall och en excelfil). För t.ex. Anders Kumlin som räknar med både KFX och WUFI så får han lämna in två svar med två olika beräkningsprogram för respektive uppgift om han så önskar.

Om ni har några frågor så mailas dessa till olof.mundt.petersen@akkonsult.com och nilla.olsson@ncc.se. För att ge alla så lika förutsättningar som möjligt är avsikten att inkomna frågor besvaras till samtliga personer i gruppen.

I proaktivt syfte vill jag vara tydlig med att det är jag och Oskar Linderoth som gjort hemuppgifterna. Eftersom jag är inblandad finns det således risk för att vissa slamkrypare och annat djävulskap kan vara utplacerat i uppgifterna – följ vägledningen! Vi hoppas att det inte ska finnas några fel i hem-uppgifterna men garanterar inget då det är första gången vi gör något så här svårt på det här sättet.

Bilagor:

1. Vägledning vers 4
2. Dokumentationsmall (word dokument att fylla i för respektive uppgift)
3. Excel film med exempel på flikar att rapportera resultat i (en för respetkive uppgift
4. Excelfiler med materialdata för respektive uppgifter (1, 2 och 3. Uppg 4 saknar def mtrl data)
5. PDF fil med de faktiska uppgifterna 1-4 som ska lösas

Uppgift 1

1. **Allmänna förutsättningar**
    a. Uppgiften och indata antas avspegla förutsättningar som skulle kunna råda i projekteringsskedet.
    b. Beräkningen utförs på ett:
        i. plattbärlag
        ii. med ovanpåliggande betong
        iii. avjämning
        iv. ytskikt av plastmatta

2. **Antagna förutsättningar under produktion**
    a. Plattbärlag levereras uttorkade till 75 %
    b. Gjutning utförs 20 januari 2021
    c. Tätt hus och styrd torkning runt 20 juli
    d. Avjämning läggs på betong 8 augusti 2021

    Materialdata samt initiala fuktprofiler inför start omfördelningsberäkning enligt nedan specificerat samt i bifogad excelfil

3. **Uppgifter att lösa och rapportera i separat excelfil i uppgift 1**
    a. Beräkna maximal RF som uppstår under golvbeläggningen
        i. Plotta maximal RF (y-axel) som uppstår under golvbeläggningen mot tiden (X-axel)
        ii. Beräkningen utförs för en tid av 15 år
    b. Agne när maximal RF, från föregående punkt, uppstår under golvbeläggningen
    c. Plotta fuktprofil efter
        i. 0 år = initial fuktprofil = Beräkningsstart
        ii. 3 år
        iii. 6 år
        iv. 12 år
    d. Ange och plotta specifikt vilka sorptionsisotermer samt absorptions- och/eller desorptionsisotermer som du valt för
        i. 20 mm avjämning
        ii. 200 mm betong
        iii. 50 mm plattbärlag
    e. Ange och plotta valda fukttransportkoeffeicenter för
        i. 20 mm avjämning
        ii. 200 mm betong
        iii. 50 mm plattbärlag
    f. I uppgiften ges en framräknad initial fuktprofil där hänsyn tagits till
        i. Tidpunkt för montage och gjutning
        ii. Uttorkning och klimat under uttorkning
        iii. Regn under initial uttorkning av betong
        iv. Tätt hus
        v. Torkklimat efter tätt hus innan mattläggning

Närmare information om dessa uppgifter kan således försummas

4. **Geometri och ingående material**
    a. 1 mm plastmatta
        i. z = 1 200 000 s/m i intervallet 100 – 75 %
            För omräkning till z i intervallet 85 – 33 % ökar täthet med en faktor 2,1
        ii. plastmattan antas ha konstant ånggenomgångsmotstånd
        iii. plastmattan är limmad med ett lim som ger ett fukttillskott på 55 g/m2
    b. 20 mm avjämningsmassa
        i. Avjämningen antas vara helt uttorkad till 83 % med en vertikal rak initial fuktprofil
        ii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        iii. Övriga materialparameterar enligt bifogad excelfil
    c. 200 mm betong
        i. vct 0,5 Initialprofil enligt bifogad excelfil
        ii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        iii. Sorptionsisotermer ska väljas av någon eller några av de valbara i bifogad excelfil
        iv. 200 mm tjocka betongskiktet och dess fuktprofil ska delas upp i minst 8 olika materialskikt (WUFI) eller 8 olika celler (KFX och REDIST)
        v. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil
    d. 50 mm plattbärlag
        i. vct 0,4
        ii. Plattbärlaget antas vara helt uttorkat till 75 % med en konstant fuktprofil av 75 % rak igenom vid leverans till byggarbetsplatsen
        iii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        iv. Sorptionsisotermer ska väljas av någon eller några av de valbara i bifogad excelfil
        v. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil

5. **Omgivande klimat efter applicering av ytskikt antas vara konstant**
    a. 20 grader
    b. 50 % RF

6. **Tid**
    a. Beräkningen utförs för en tid av 15 år

Uppgift 2

1. **Allmänna förutsättningar**
    a. Uppgift och indata antas avspegla förutsättningar som kan råda i produktionsskedet
    b. Beräkningen utförs på ett:
        i. Betongbjälklag med kvarsittande form av TRP plåt
        ii. Avjämning
        iii. Ytskikt av plastmatta

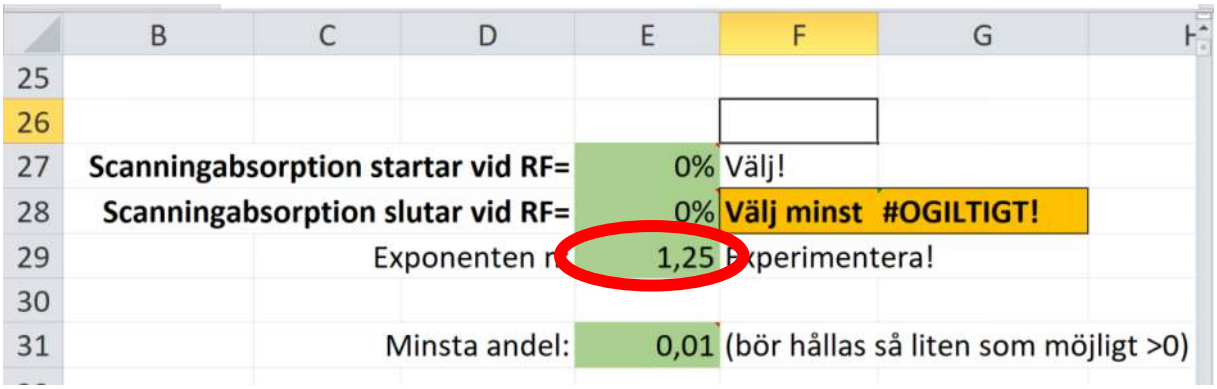
2. **Fortsättningar som rått under produktion är i förhållandevis okända. Nedan angivna uppgifter bör inte hållas för helt säkra.**
    a. Byggnaden uppförs i Skåne
    b. Gjutning 1 mars
    c. Därefter har betongen har torkat i ca 6 månader.
        i. Tätt hus erhölls efter ca 2 månader.
        ii. Samtidigt som tätt hus erhölls applicerades avjämningen. Avjämningen kan ha applicerats i två omgångar för få till en snabbare uttorkning.
        iii. Kontrollerat torkklimat: 60 % RF 20 grader under ca 4 månader
    d. Efter tätt hus erhållits har det inte stått något fritt vatten någonstans på plattan

3. **Uppgifter att lösa och rapportera i separat excelfil i uppgift 2**
    a. Beräkna maximal RF som uppstår under golvbeläggningen
        i. Plotta maximal RF (y-axel) som uppstår under golvbeläggningen mot tiden (X-axel)
        ii. Beräkningen utförs för en tid av 15 år
    b. Agne när maximal RF, från föregående punkt, uppstår under golvbeläggningen
    c. plotta fuktprofil efter
        i. 0 år = initial fuktprofil = Beräkningsstart
        ii. 3 år
        iii. 6 år
        iv. 12 år
    d. Ange och plotta specifikt vilka sorptionsisotermer samt absorptions- och/eller desorptionsisotermer som du valt för
        i. 30 mm avjämning
        ii. 250 mm betong
    e. Ange och plotta de scanningisotermer du initialt fick fram med stures verktyg SimScan (obs att det är flera för de olika materialen)
        i. Avjämning
        ii. Betong
    f. Ange och plotta valda fukttransportkoeffeicenter för
        i. Plastmatta (z-värde)
        ii. 30 mm avjämning
        iii. 250 mm betong

4. **Geometri och ingående material**
    a. 2 mm plastmatta eminent
        i. Variabelt ånggenomgångsmotstånd
        ii. plastmattan är limmad med ett lim som ger ett fukttillskott på 90 g/m2
    b. 40 mm avjämningsmassa
        i. Två prover finns från avjämningsmassan
            1. 0-20 mm RF = 70 %
            2. 20-40 mm RF = 75 %
        ii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        iii. Du ska själv plocka fram lämpliga scanningkurvor
            1. DELUPPGIFT ATT RAPPORTERA <u>INNAN</u> DU FORTSÄTTER
                a. Ange och plotta absorptionsscanningkurvor/kurva
                b. Ange värde för A, B och n - Både:
                i. Intervallet med max och min värden (gröna värden) och
                ii. Värden som används (gula fältet)

under fliken ”Passa ABn”. Gör detta för både absorption och desorption som du plockat fram. Vi vill se hur olika kurvor vi gör för att hitta potentiella fel. Oklart hur KFX användare gör detta men det borde gå att lista ut något bra sätt så vi hoppas Lars-Olof och Anders kan göra det även denna gång

2. ”Exponenten n” för absorptionsscanningkurvan sätts till n = 1,25



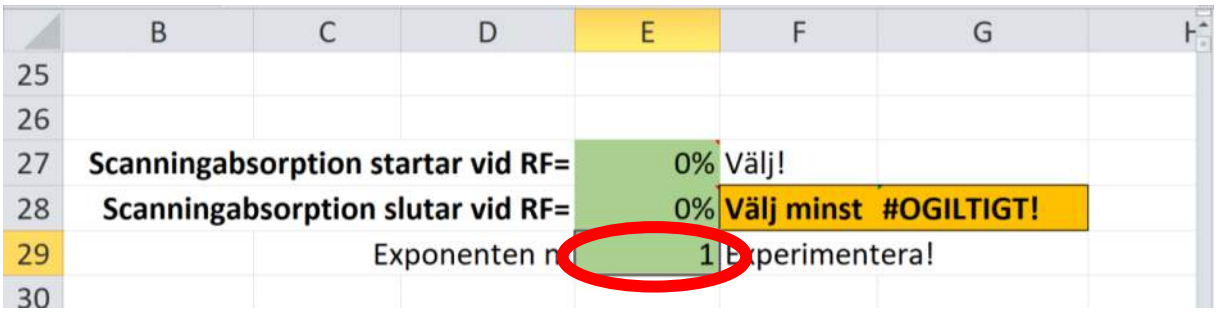
	B	C	D	E	F	G	H
25							
26							
27			Scanningabsorption startar vid RF=	0%	Välj!		
28			Scanningabsorption slutar vid RF=	0%	Välj minst #OGILTIGT!		
29			Exponenten n	1,25	Experimentera!		
30							
31			Minsta andel:	0,01	(bör hållas så liten som möjligt >0)		

iv. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil

c. 250 mm betong
   i. Största djup i betongen är 250 mm och minsta djup i betongen är 220 mm beroende på att TRP plåten är korrugerad med veck som bygger 30 mm
   ii. vct 0,5
   iii. Uppmätt RF
      1. 40 mm = 87 % RF
      2. 80 mm = 89 % RF
      3. 120 mm = 90 % RF
      4. 140 mm = 90 % RF
   iv. Den initiala fuktprofilen får väljas genom att göra en profil eller en trappa med 4 mätpunkter
   v. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
   vi. Sorptionsisotermer enligt bifogad excelfil
   vii. För förekommande fall ska du själv plocka fram lämpliga scanningkurvor
      1. DELUPPGIFT ATT RAPPORTERA <u>INNAN</u> DU FORTSÄTTER
         a. Ange och plotta absorptionsscanningkurvor/kurva
         b. Ange värde för A, B och n - Både:
            i. Intervallet med max och min värden (gröna värden) och
            ii. Värden som används (gula fältet)

under fliken ”Passa ABn”. Gör detta för både absorption och desorption som du plockat fram. Vi vill se hur olika kurvor vi gör för att hitta potentiella fel. Oklart hur KFX användare gör detta men det borde gå att lista ut något bra sätt så vi hoppas Lars-Olof och Anders kan göra det även denna gång

      2. ”Exponenten n” för absorptionsscanningkurvan sätts till n = 1



   viii. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil

5. Omgivande klimat efter applicering av ytskikt antas vara konstant
   a. 22 grader
   b. 45 % RF

Uppgift 3

1. **Allmänna förutsättningar**
    a. Uppgiften och indata antas avspegla förutsättningar som kan råda i produktionsskedet
    b. Beräkningen utförs på ett:
        i. Betongbjälklag av HDF plattor med foggjutningar
        ii. Avjämning
        iii. Ytskikt av plastmatta
    c. Beräkningen ska i detta fall utföras genom en förenklad modell i 1D. Det är dock frivilligt att göra en 2D beräkning

2. **Fortsättningar som rått under produktion är i genomgående förhållandevis okända. Nedan angivna uppgifter bör inte hållas för helt säkra.**
    a. Byggnaden uppförs i Stockholm
    b. Montage och gjutning HDF 1 februari
    c. Montage och gjutning sker i en befintlig industribyggnad under tak
    d. Därefter har foggjutningen av betong mellan HDf plattorna torkat i ca 1 månader innan avjämningsmassa appliceras.
        i. Tätt hus och torkklimat erhölls direkt efter gjutning.
    e. HDf plattorna är torrare jämfört med RF i betongen i foggjutningarna
    f. Avjämning sker efter 1 månad.
        i. Torkat under kontrollerat klimat 60 % RF 20 grader i ca 3 månader
        ii. Avjämning är utfört med weberfloor 140 nova
    g. Varken betong eller avjämning har utsatts för någon form av vattenbejutning

3. **Uppgifter att lösa och rapportera i separat excelfil i uppgift 3**
    a. Beräkna maximal RF som uppstår under golvbeläggningen
        i. Plotta maximal RF (y-axel) som uppstår under golvbeläggningen mot tiden (X-axel)
        ii. Beräkningen utförs för en tid av 15 år
    b. Agne när maximal RF, från föregående punkt, uppstår under golvbeläggningen
    c. plotta fuktprofil efter
        i. 0 år = initial fuktprofil = Beräkningsstart
        ii. 3 år
        iii. 6 år
        iv. 12 år
    d. Ange och plotta specifikt vilka absorptions- och/eller desorptionsisotermer som du valt för
        i. 40 mm avjämning
        ii. 200 mm betong i HDf fogen
    e. Ange och plotta de scanningisotermer du använt för
        i. 40 mm Avjämning
        ii. 200 mm Betong

f. Ange och plotta valda fukttransportkoefficienter för
    i. Plastmatta (z-värde)
    ii. 40 mm avjämning
    iii. 200 mm betong

4. Geometri och ingående material

a. Plastmatta Tarkett IQ optima 1,5 mm för våtrumsgolv
    i. Anta konstant ånggenomgångsmotstånd
    ii. Beakta och hantera mätintervallet som mattans täthet är testad i
    iii. Anta 100 g/m2 limfukt

b. 40 mm avjämningsmassa - weberfloor 140 nova
    i. Två prover finns från avjämningsmassan
        1. 0-20 mm RF = 70 %
        2. 20-40 mm RF = 70 %
    ii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
    iii. Du ska själv plocka fram lämpliga sorptionsisotermer och scanningkurva (se Anders Anderbergs lic)
    iv. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil

c. 200 mm betong
    i. vct 0,4
    ii. Uppmätt RF
        1. 30 mm = 86,5 % RF (avvikelse för tunt mätdjup är godkänd)
        2. 60 mm = 89 % RF
        3. 90 mm = 89,7 % RF
        4. 120 mm = 89,7 % RF
    iii. Den initiala fuktprofilen får väljas genom att göra en profil eller en trappa med 4 mätpunkter
    iv. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
    v. Fukttransportkoefficenten tas fram med hjälp av data enligt nedan samt enligt data i bifogad excelfil

BURKMETODEN för fukttransportkoefficie Version 6 2020-06-08/L-O NMoistenginst A

STEG 1. Vägningar www.moistenginst.

Burkens vikt direkt efter att locket avlägsnats och regelbundet därefter läggs in i nedanstående t

Datum för vägningen läggs in i formatet 2019-12-25 GULA FÄLT fylls Blå fält får ej användas!

BURK NR	Gjutdatum	Lock av	Datum	urkens vikt (kg)		
xxxx	2020-02-01	2020-01-08	2020-02-01	12,6884	12523,3	12,5233
Diameter:	0,19	m	2020-02-02	12,6874	12516,5	12,5165
Tjocklek:	0,14	m	2020-02-08	12,6861	12506,5	12,5065
Area:	0,0284	m^2	2020-02-14	12,6853	12501,3	12,5013
Temp.-medel:	18	%	2020-03-01	12,6839	12490,9	12,4909
RF-medel:	60	%	2020-03-12	12,6831	12487,4	12,4874
RF-självtorkning:	88,7	%	2020-03-20	12,6826	12484,5	12,4845
ättnadsånghalt:	15,3	g/m^3	2020-03-28	12,6821	12481,2	12,4812
			2020-04-05	12,6817	12475,9	12,4759
			2020-04-15	12,6811	12465,9	12,4659
			2020-04-24	12,6806	12455,6	12,4556

vi. Sorptionsisotermer enligt bifogad excelfil

vii. För förekommande fall ska du själv plocka fram lämpliga scanningkurvor

1. DELUPPGIFT ATT RAPPORTERA <u>INNAN</u> DU FORTSÄTTER
    a. Ange och plotta absorptionsscanningkurvor/kurva
    b. Ange värde för A, B och n - Både:
        i. Intervallet med max och min värden (gröna värden) och
        ii. Värden som används (gula fältet)

    under fliken ”Passa ABn”. Gör detta för både absorption och desorption som du plockat fram. Vi vill se hur olika kurvor vi gör för att hitta potentiella fel. Oklart hur KFX användare gör detta men det borde gå att lista ut något bra sätt så vi hoppas Lars-Olof och Anders kan göra det även denna gång

2. ”Exponenten n” för absorptionsscanningkurvan sätts till n = 1,1

viii. Se givna materialparameterar enligt bifogad excelfil

5. Omgivande klimat efter applicering av ytskikt antas vara konstant

a. 21 grader
b. 55 % RF

Uppgift 4

1. **Allmänna förutsättningar**
    a. Uppgiften och indata antas avspegla förutsättningar som kan råda i produktionsskedet
    b. Beräkningen utförs på en:
        i. Platta på mark med betong med golvvärme
        ii. Avjämning
        iii. Ytskikt av plastmatta

2. **Fortsättningar som rått under produktion är i genomgående förhållandevis okända. Nedan angivna uppgifter kan dock hållas för helt säkra.**
    a. Byggnaden uppförs i Göteborg
    b. Gjutning 8 augusti
    c. Avjämningen
    d. Avjämning läggs 10 oktober samtidigt som tätt hus sker
        i. Torkat under kontrollerat klimat 60 % RF 18 grader i ca 3 månader
        ii. Avjämningens fabrikat är okänt
    e. Varken betong eller avjämning har utsatts för någon form av vattenbegjutning

3. **Uppgifter att lösa fall 4**
    a. Beräkna maximal RF som uppstår under golvbeläggningen
        i. Plotta maximal RF (y-axel) som uppstår under golvbeläggningen mot tiden (X-axel)
        ii. Beräkningen utförs för en tid av 15 år
    b. Agne när maximal RF, från föregående punkt, uppstår under golvbeläggningen
    c. plotta fuktprofil efter
        i. 0 år = initial fuktprofil = Beräkningsstart
        ii. 3 år
        iii. 6 år
        iv. 12 år
    d. Ange och plotta specifikt vilka absorptions- och/eller desorptionsisotermer som du valt för
        i. 20 mm avjämning
        ii. 120 mm betong i HDf fogen
    e. Ange och plotta de scanningisotermer du använt för
        i. 20 mm Avjämning
        ii. 120 mm Betong
    f. Ange och plotta valda fukttransportkoefficienter för
        i. Plastmatta (z-värde)
        ii. 20 mm avjämning
        iii. 120 mm betong

4. **Geometri och ingående material**
    a. Plastmatta
        i. Tillverkaren har angivet ett $S_{D\ (medel)}$ = 15 m i mätintervallet 40-85 % RF
        ii. Anta konstant ånggenomgångsmotstånd

    b. 20 mm avjämningsmassa
        i. Prov från avjämningsmassan
            1. 0–20 mm RF = 75 %
        ii. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        iii. Du ska själv plocka fram lämpliga sorptionsisotermer och scanningkurva
        iv. Avjämningsmassan är av fabrikatet TM

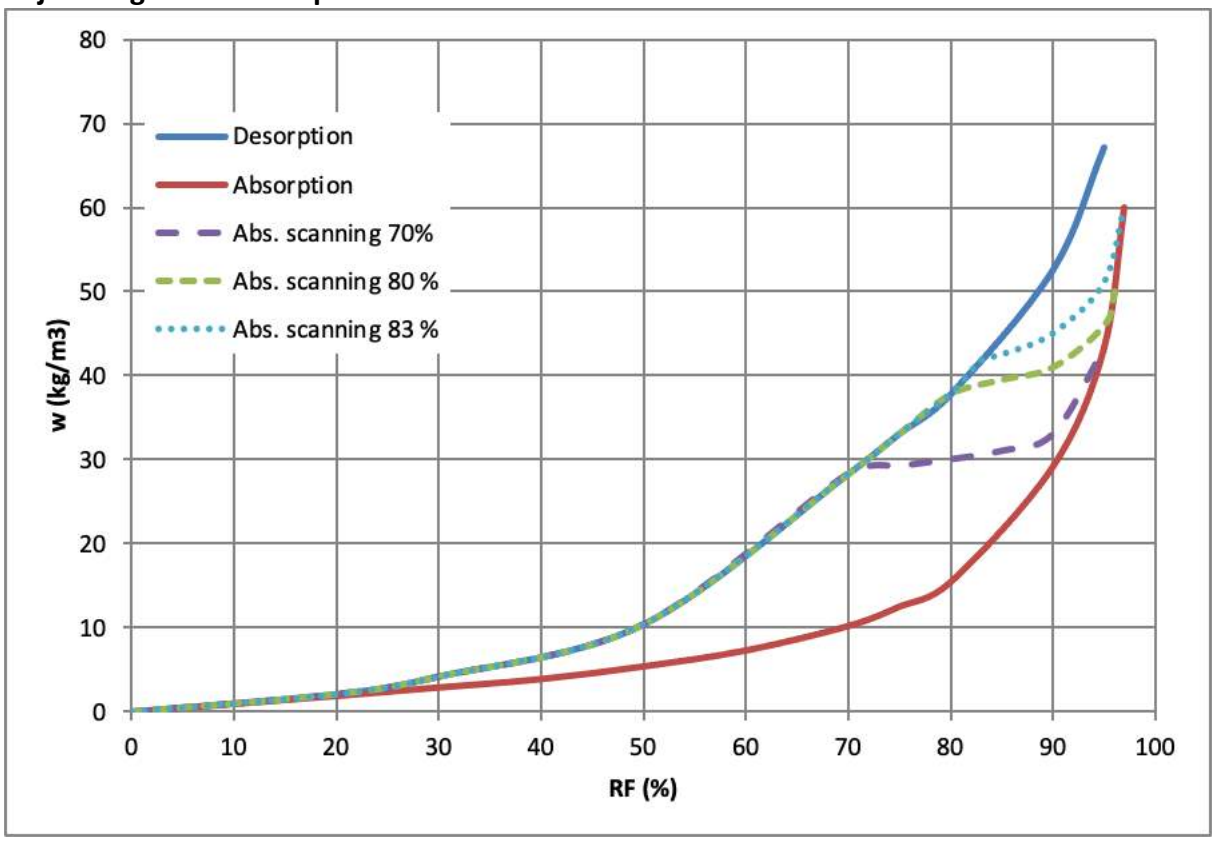
    c. 120 mm betong
        i. vct 0,55
        ii. Uppmätt RF
            1. 35 mm = 73 % RF
            2. 60 mm = 88 % RF
            3. 100 mm = 88,7 % RF
        iii. Den initiala fuktprofilen får väljas genom att göra en profil eller en trappa
        iv. Fukttransportkoefficienten antas vara den samma vid både absorption och desorption
        v. Fukttransportkoefficenten är okänd men leverentören hänvisar till Hedenblad
        vi. Sorptionsisotermerna är okända men leverantören hänvisar till Hedenblad

5. **Omgivande klimat efter applicering av ytskikt antas vara konstant**
    a. 22 grader
    b. 50 % RF

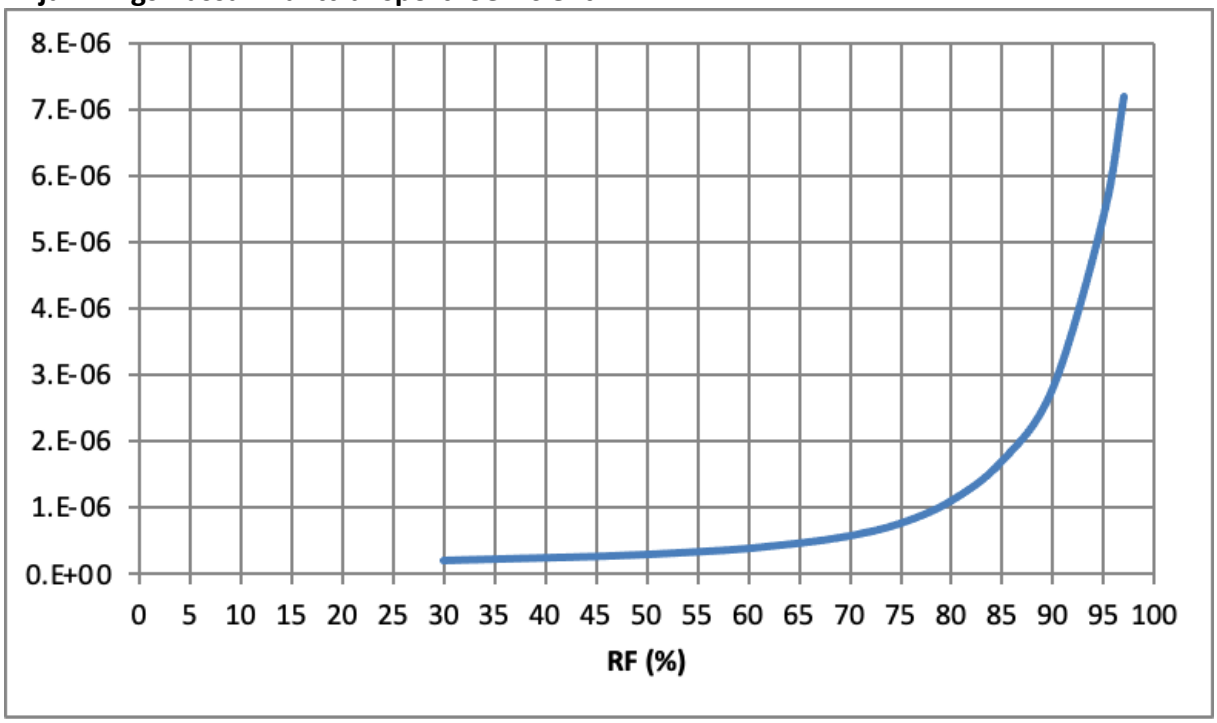
BILAGA D.1 MATERIALDATA TILL HEMUPPGIFT 1

Materialdata gavs som datapunkter i Excelblad samt uppritade i diagramform. Här redovisas givna data bara i diagramform.

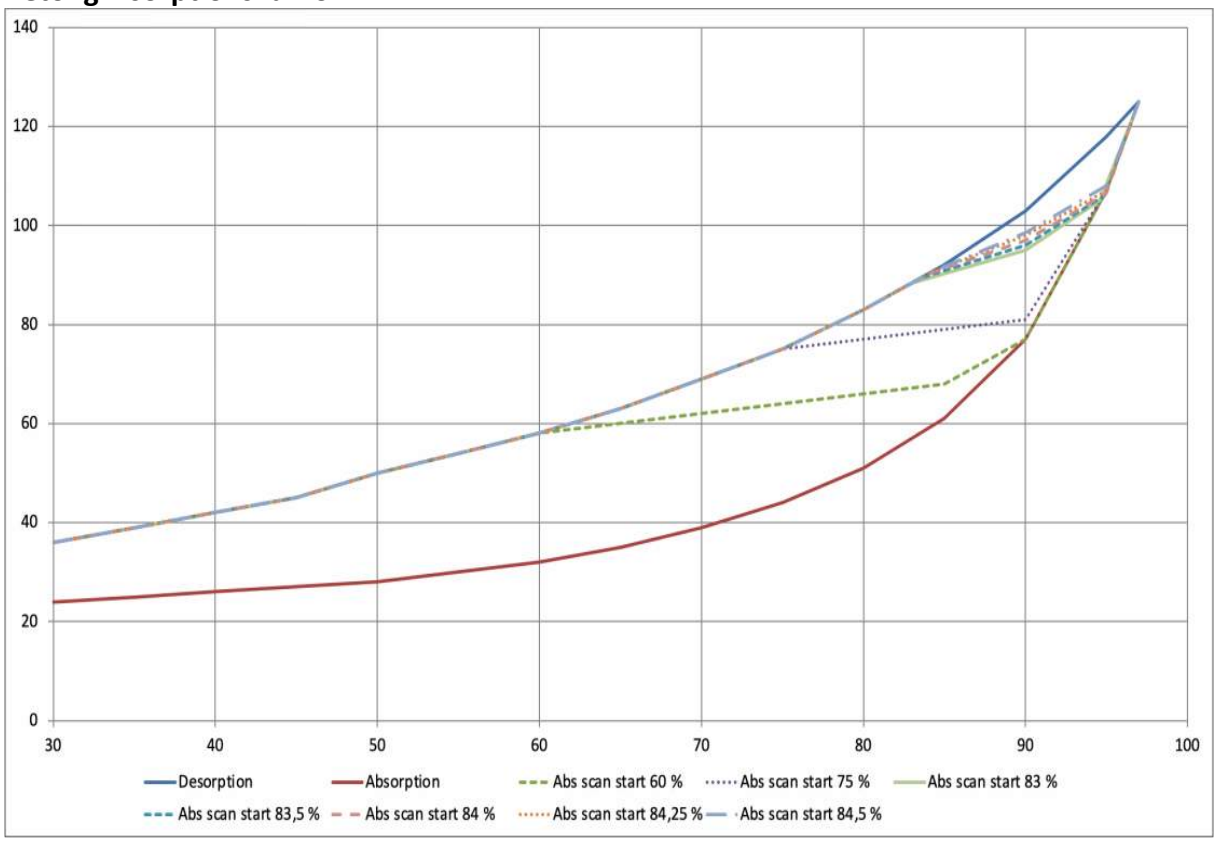
Avjämningsmassa – sorptionskurvor



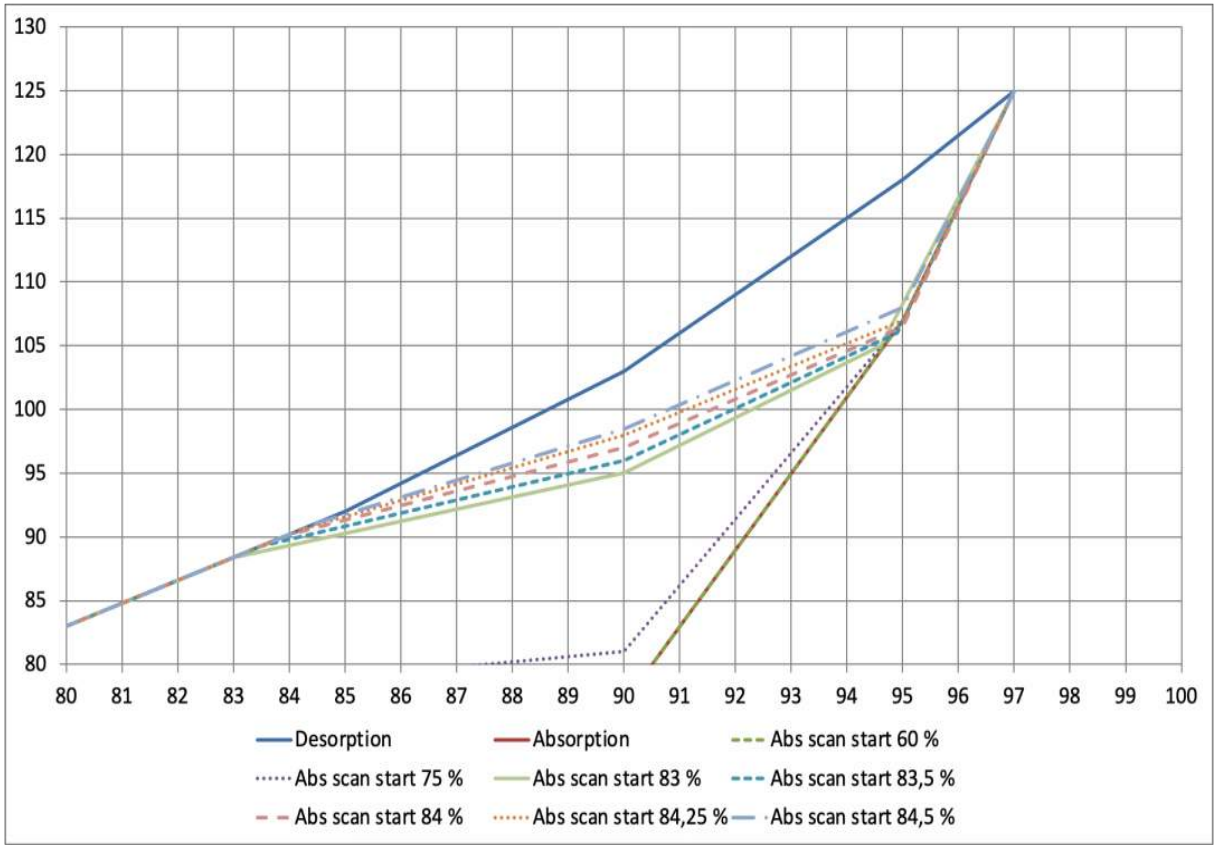
Avjämningsmassa – fukttransportkoefficient



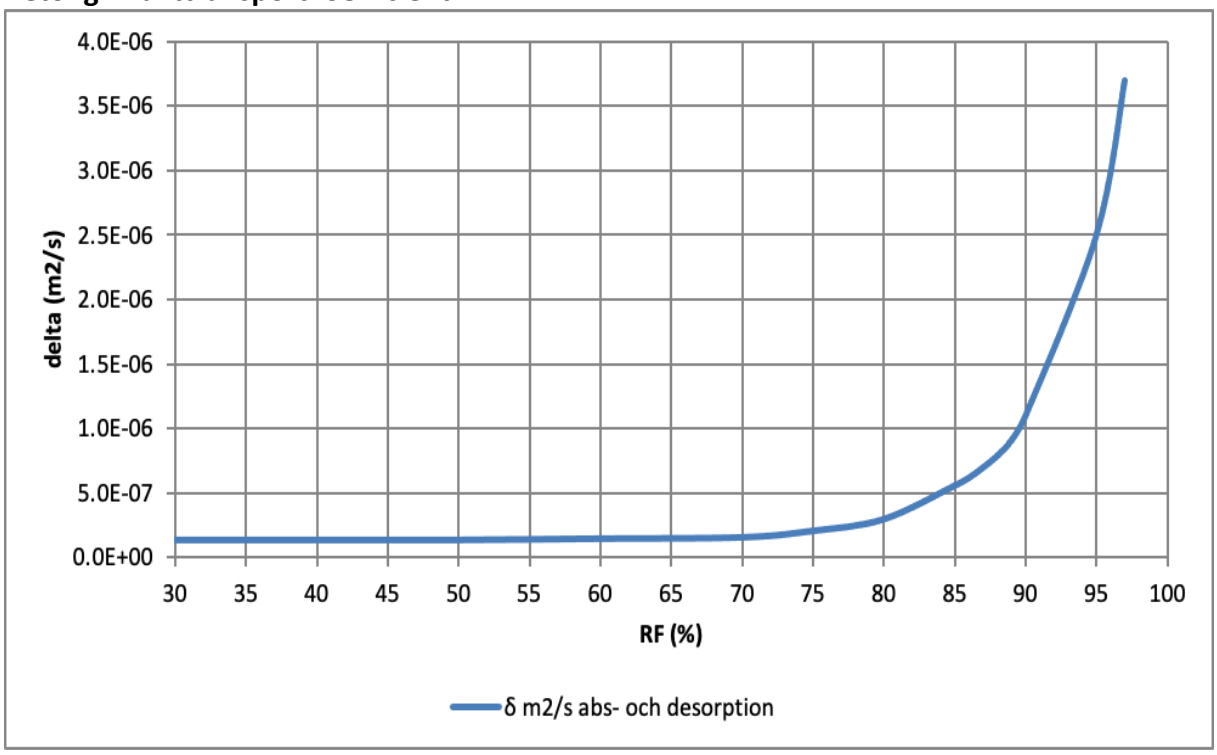
Betong – sorptionskurvor



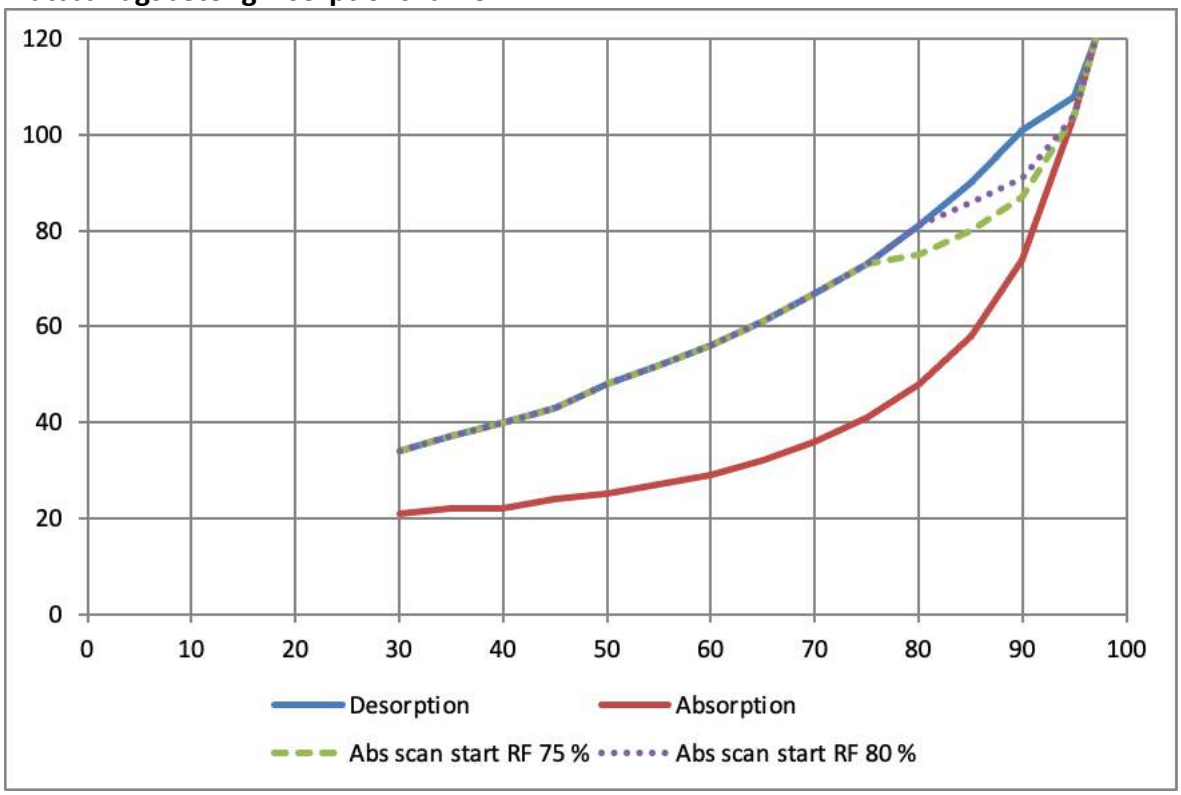
Detalj



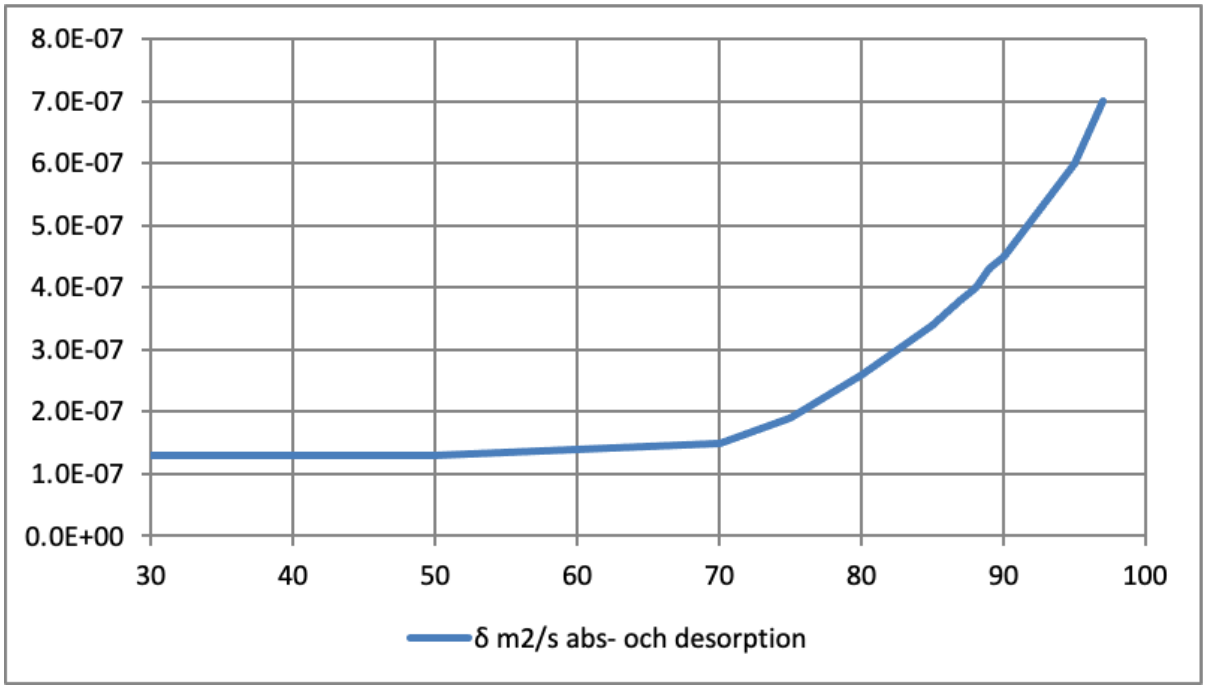
Betong – fukttransportkoefficient



Plattbärlagsbetong – sorptionskurvor



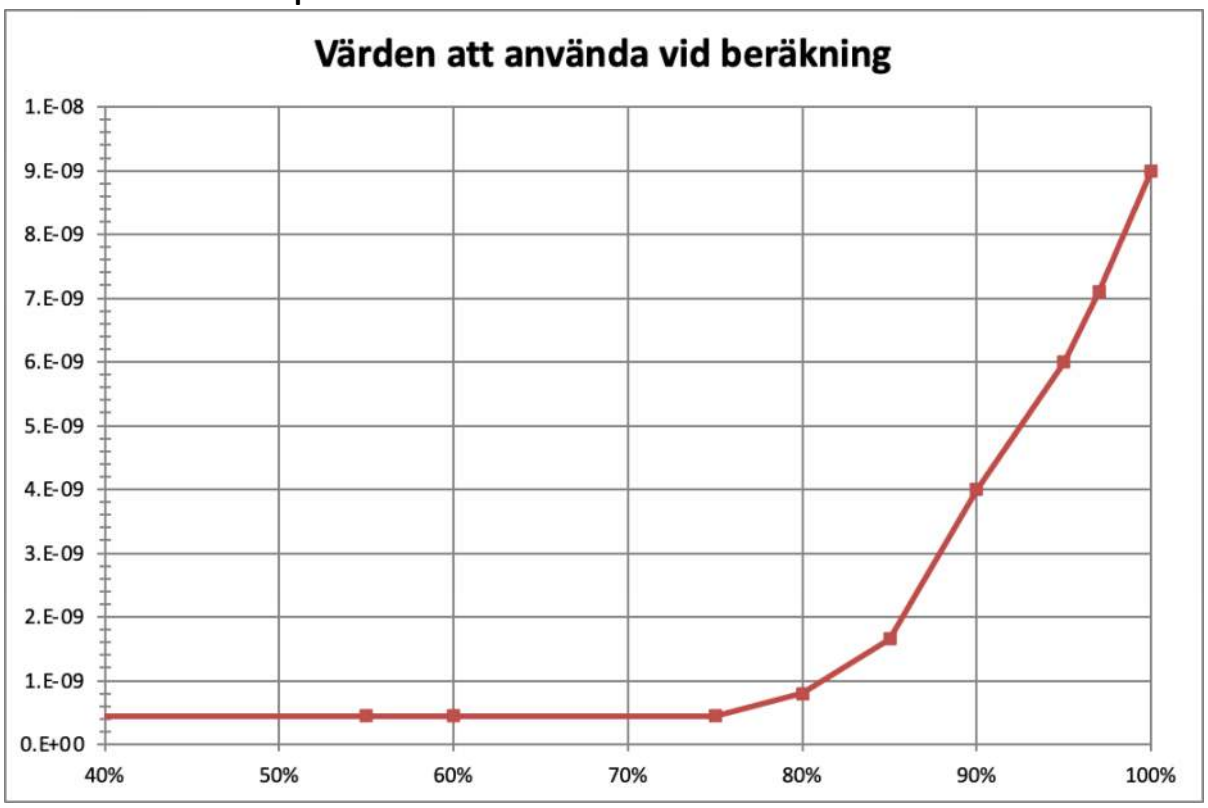
Plattbärlagsbetong – fukttransportkoefficient



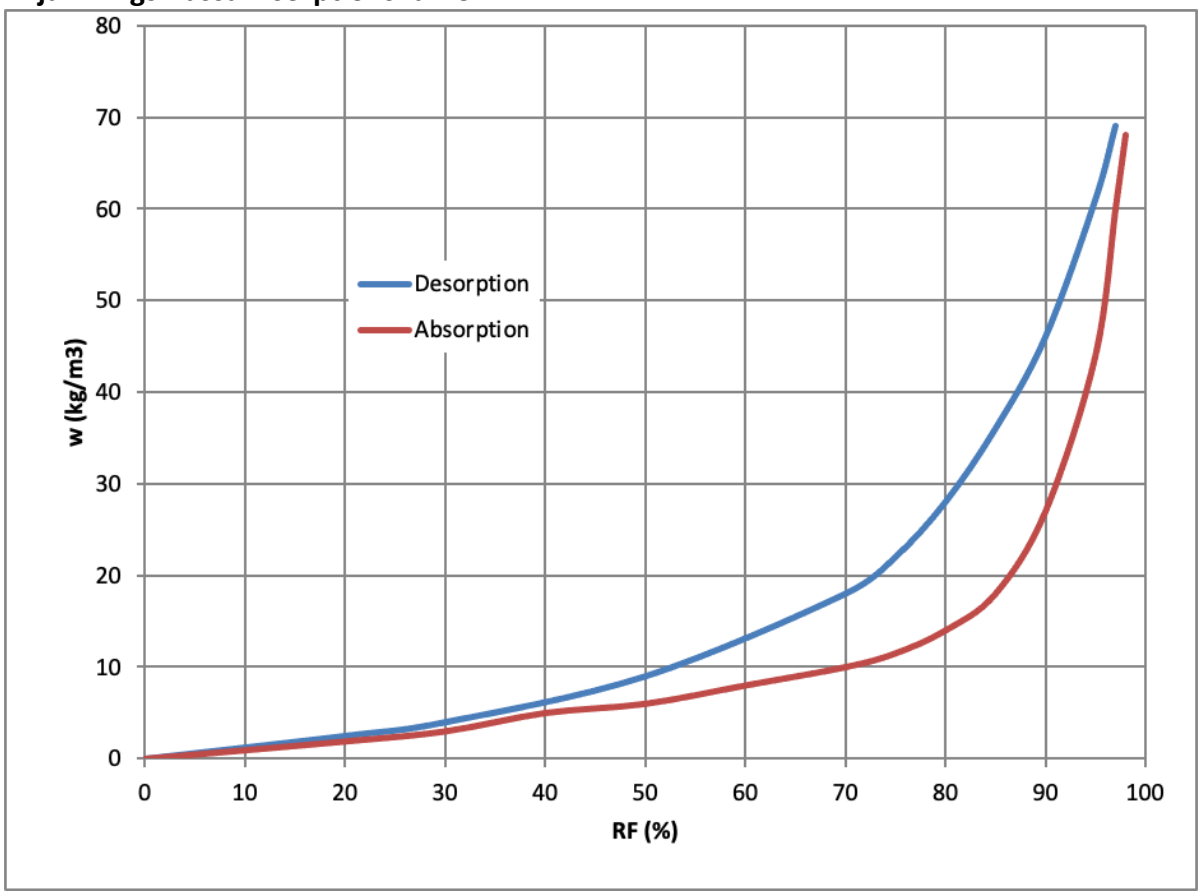
BILAGA D.2 MATERIALDATA TILL HEMUPPGIFT 2

Materialdata gavs som datapunkter i Excelblad samt uppritade i diagramform. Här redovisas givna data bara i diagramform.

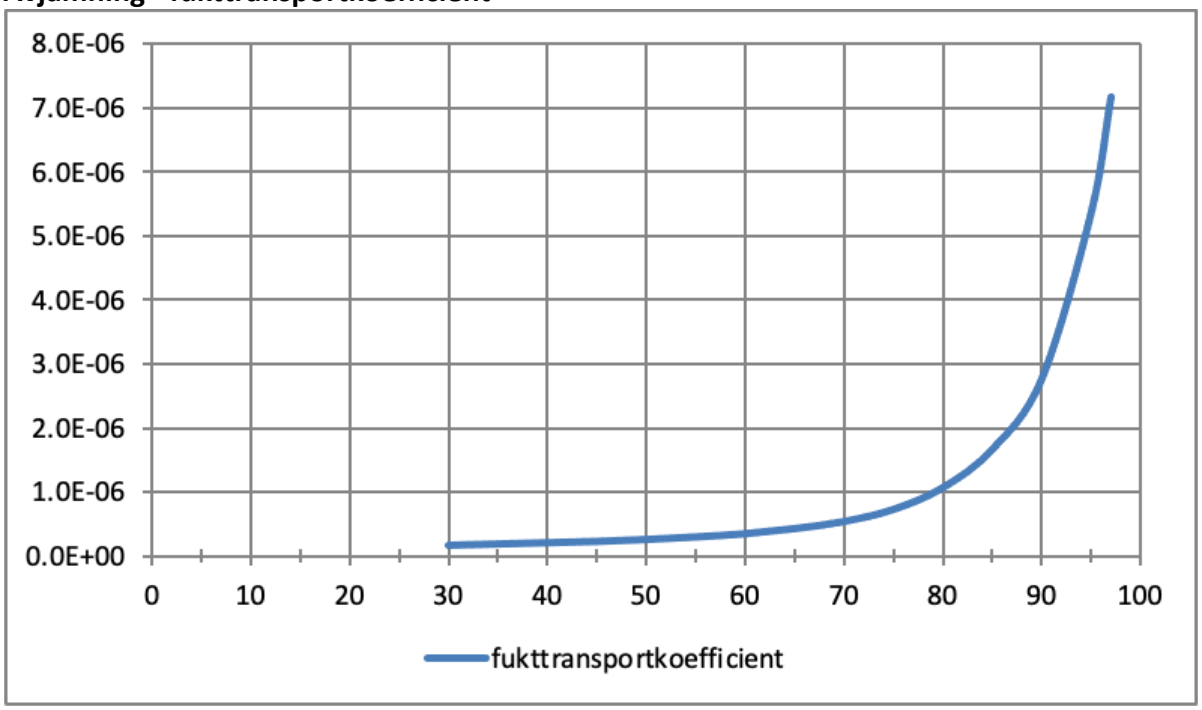
Plastmatta - fukttransportkoefficient



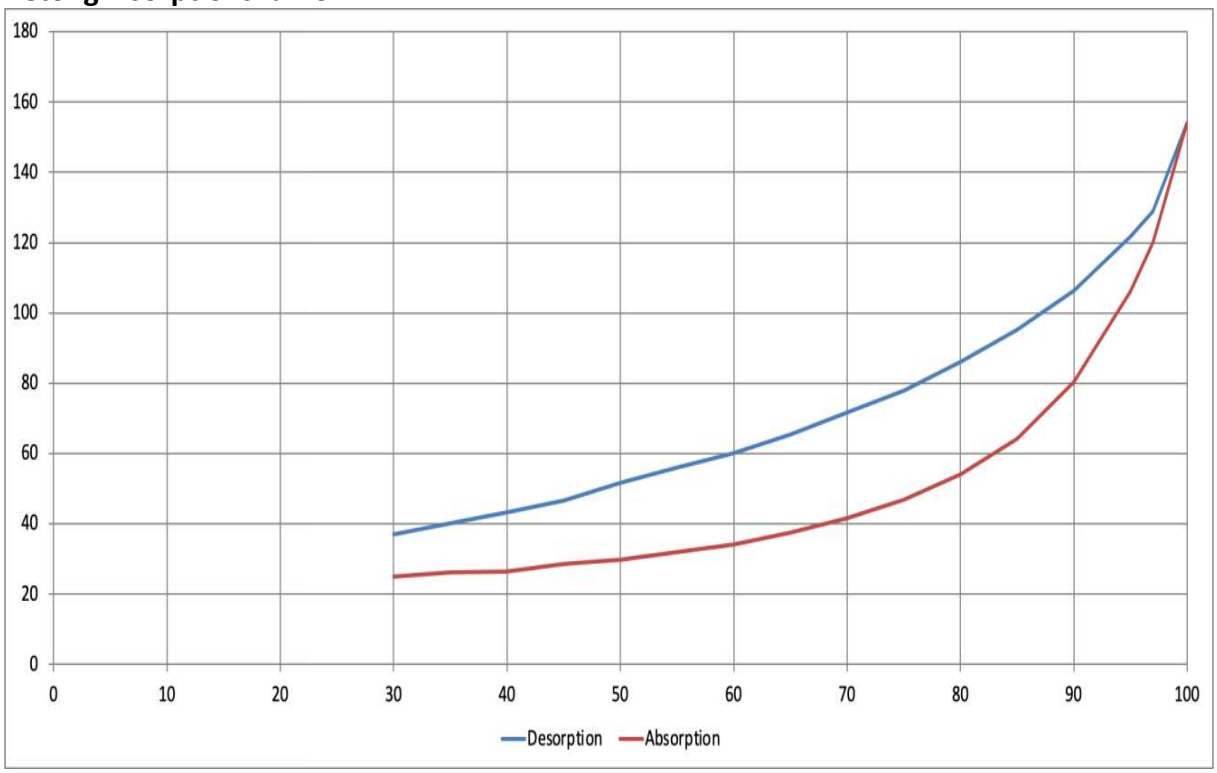
Avjämningsmassa – sorptionskurvor



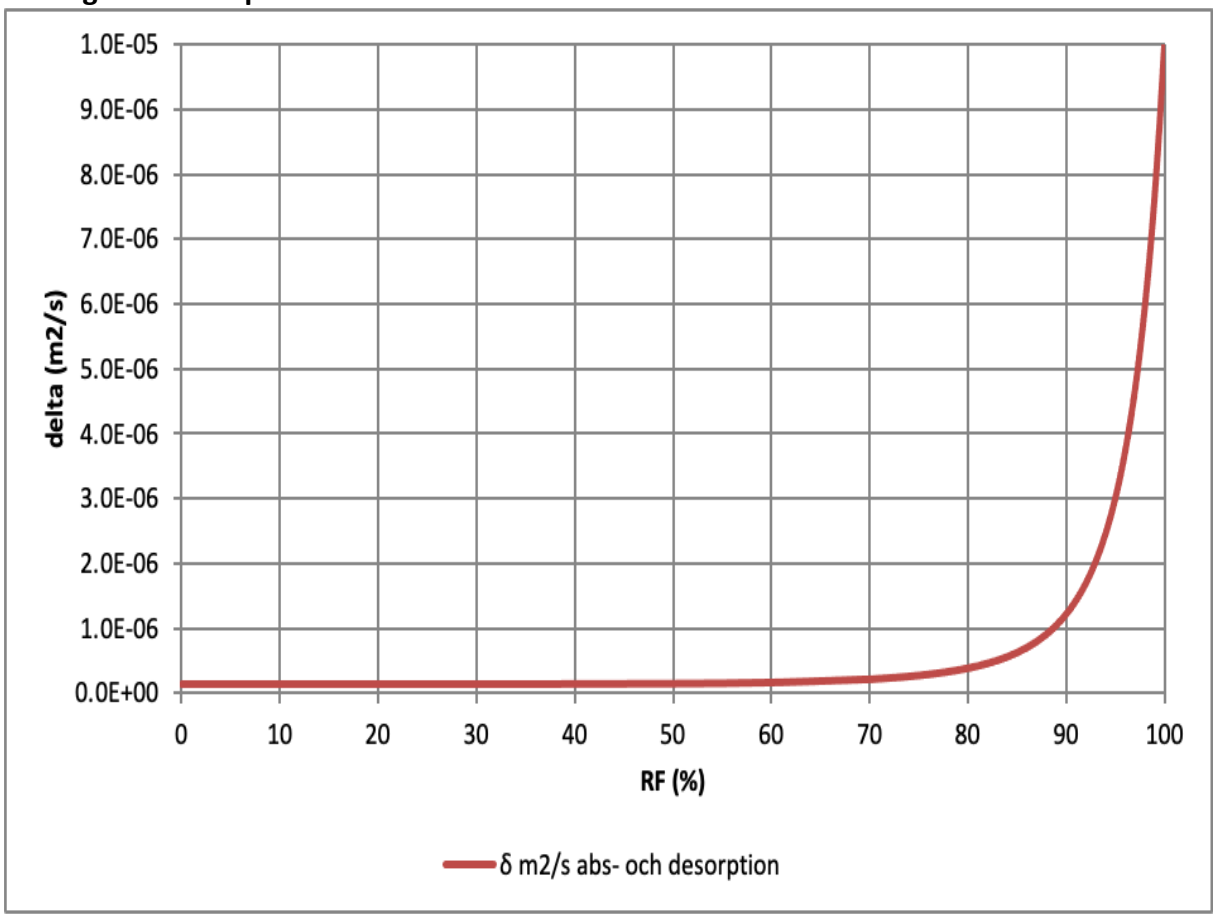
Avjämning - fukttransportkoefficient



Betong – sorptionskurvor



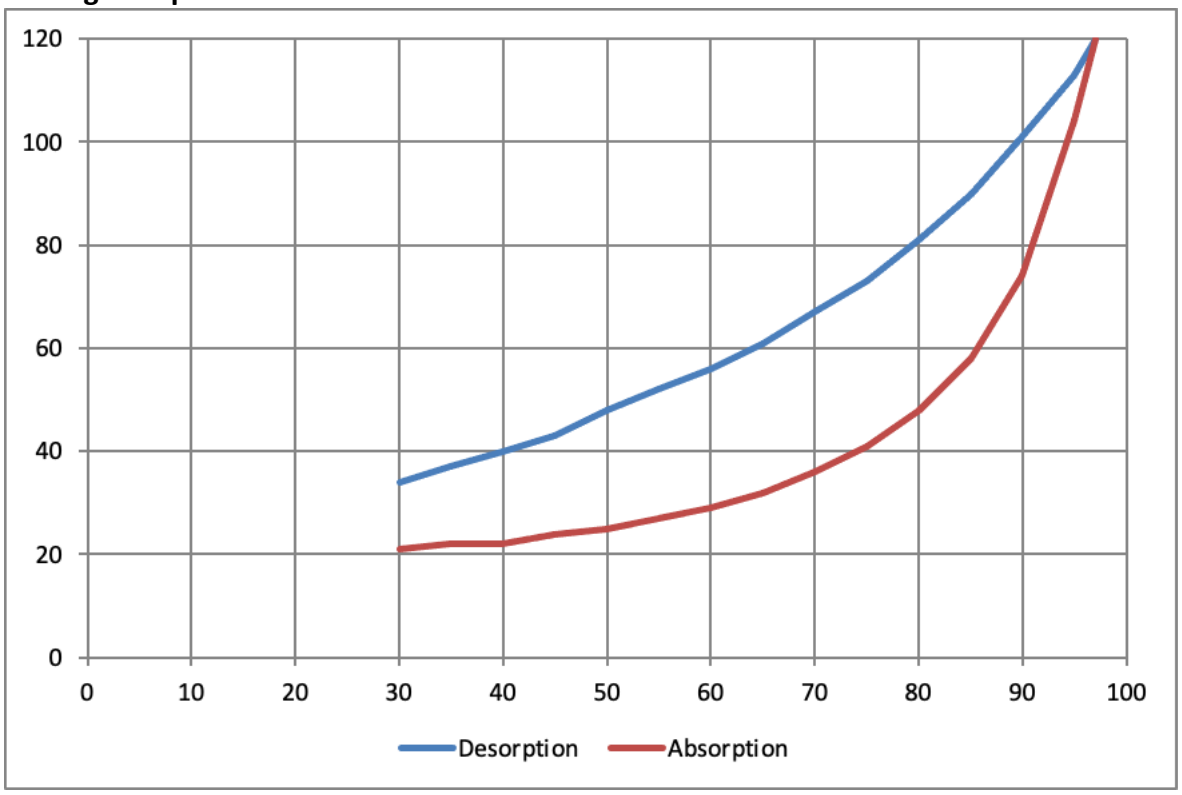
Betong - fukttransportkoefficient



BILAGA D.3 MATERIALDATA TILL HEMUPPGIFT 3

Materialdata gavs som datapunkter i Excelblad samt uppritade i diagramform. Här redovisas givna data bara i diagramform.

Betong – sorptionskurvor



Övriga materialdata – se Uppgiften!