

Omfördelningsberäkningar SBUF 13701

Nilla Olsson, NCC

Anders Kumlin, Anders Kumlin AB

Lars-Olof Nilsson, Moistenginst AB

S. Olof Mundt-Petersen, Polygon | AK

Mattias Lindskog, Fuktanalys AB

Sture Lindmark, FuktCom

Johan Tannfors, Polygon | AK

Mikael Oxfall, NCC



Agenda

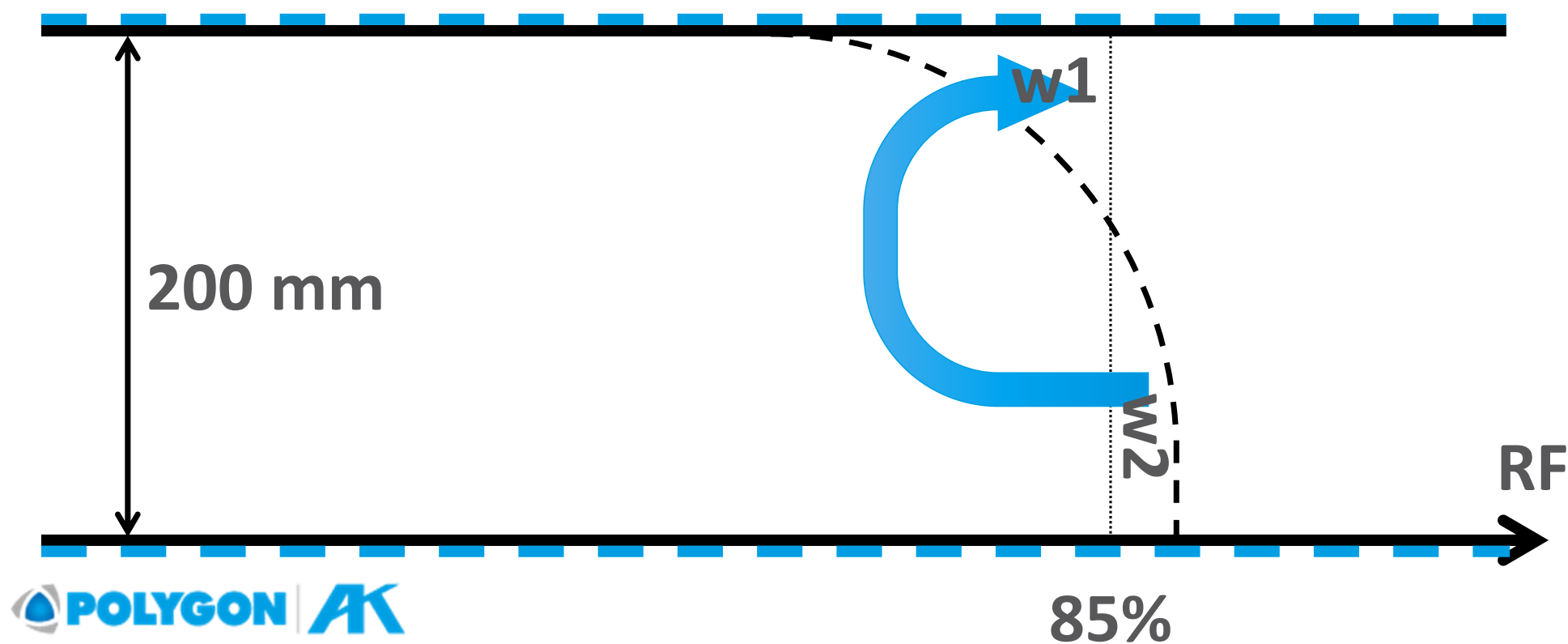
- **Vad är en omfördelningsberäkning**
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

Vad är en omfördelningsberäkning
Ex betongbjälklag med kvarsittande tät form



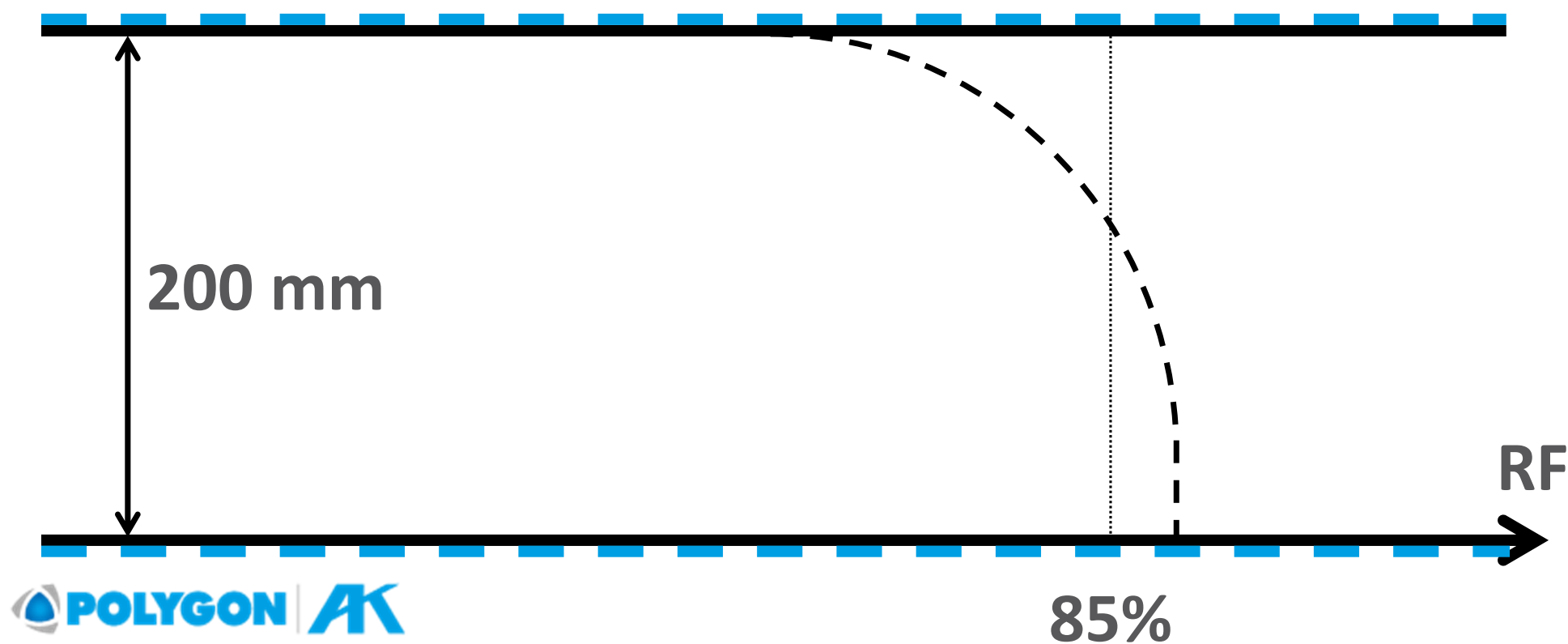
Omfördelningsberäkning = en beräkning av om överskottsvatten i w2 ryms i w1 och hur det transporteras dit

Helt tät golvbeläggning $\rightarrow S_d = \infty$ m



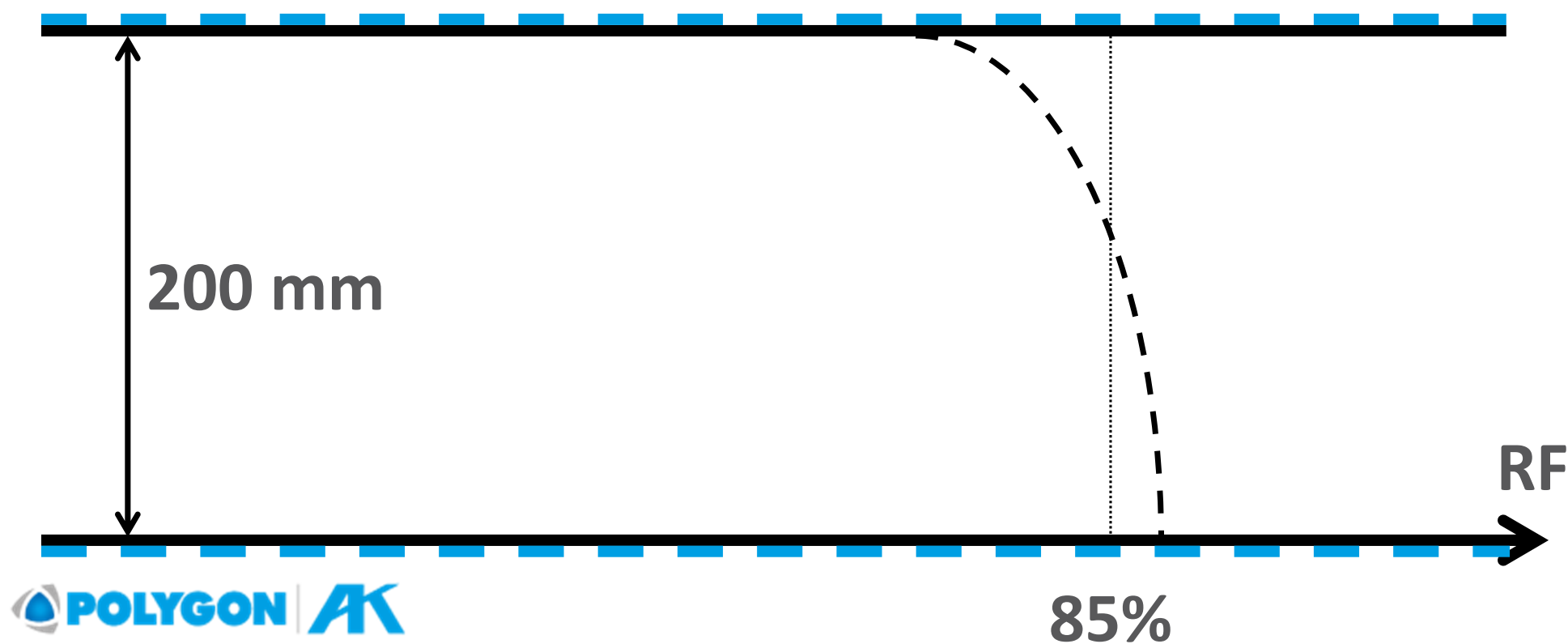
Omfördelning av fukt startar direkt efter mattläggning

Helt tät golvbeläggning $\rightarrow S_d = \infty$ m



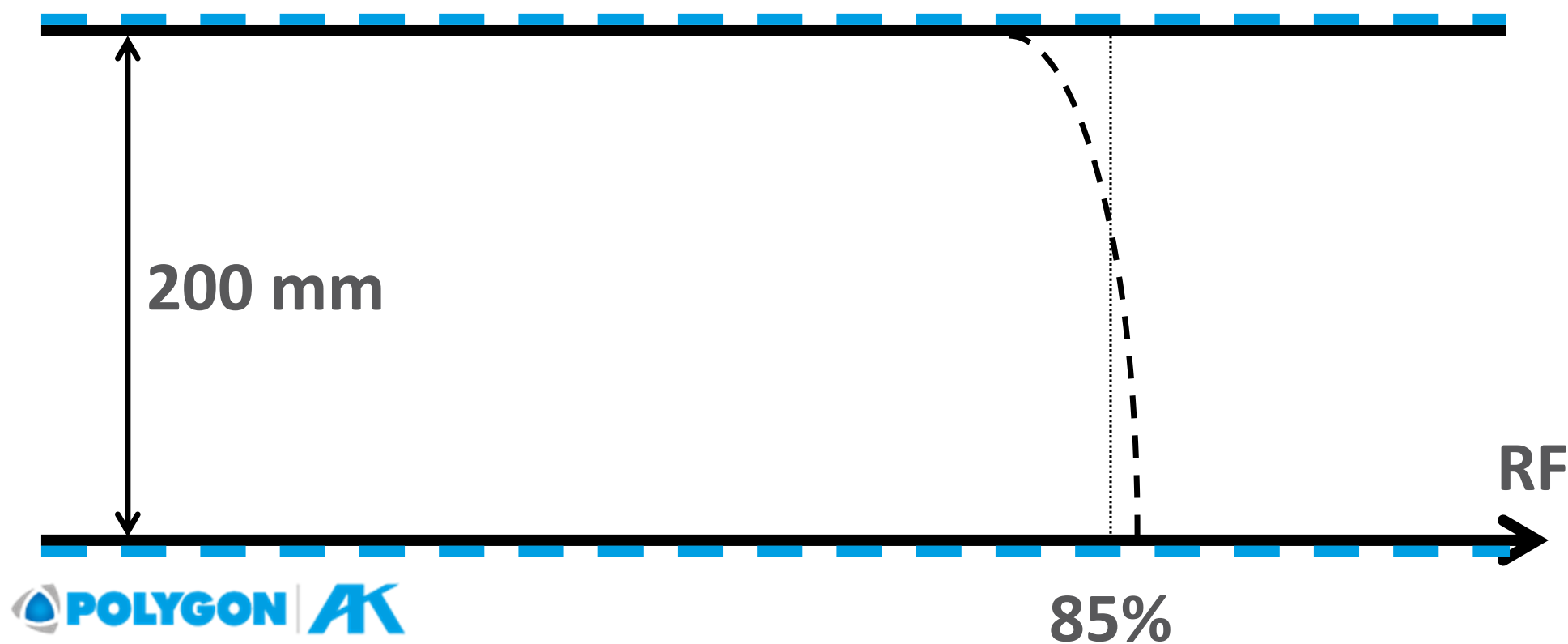
Omfördelning av fukt w_2 till w_1

Helt tät golvbeläggning $\rightarrow S_d = \infty$ m



Omfördelning av fukt w_2 till w_1

Helt tät golvbeläggning $\rightarrow S_d = \infty$ m



Omfördelning av fukt w_2 till w_1 tills jämvik uppstår

Helt tät golvbeläggning $\rightarrow S_d = \infty$ m



Brister och begränsningar i nuvarande system (exempel ovan)

- Kvantifierades 1979
- Ett ekvivalent mätdjup
- Endast ett material – en homogen betong
- Ingen avjämning
- Betong med relativt högt vct
- Limfukt beaktas inte
- Golvbeläggning av pvc matta som beaktades som helt tät

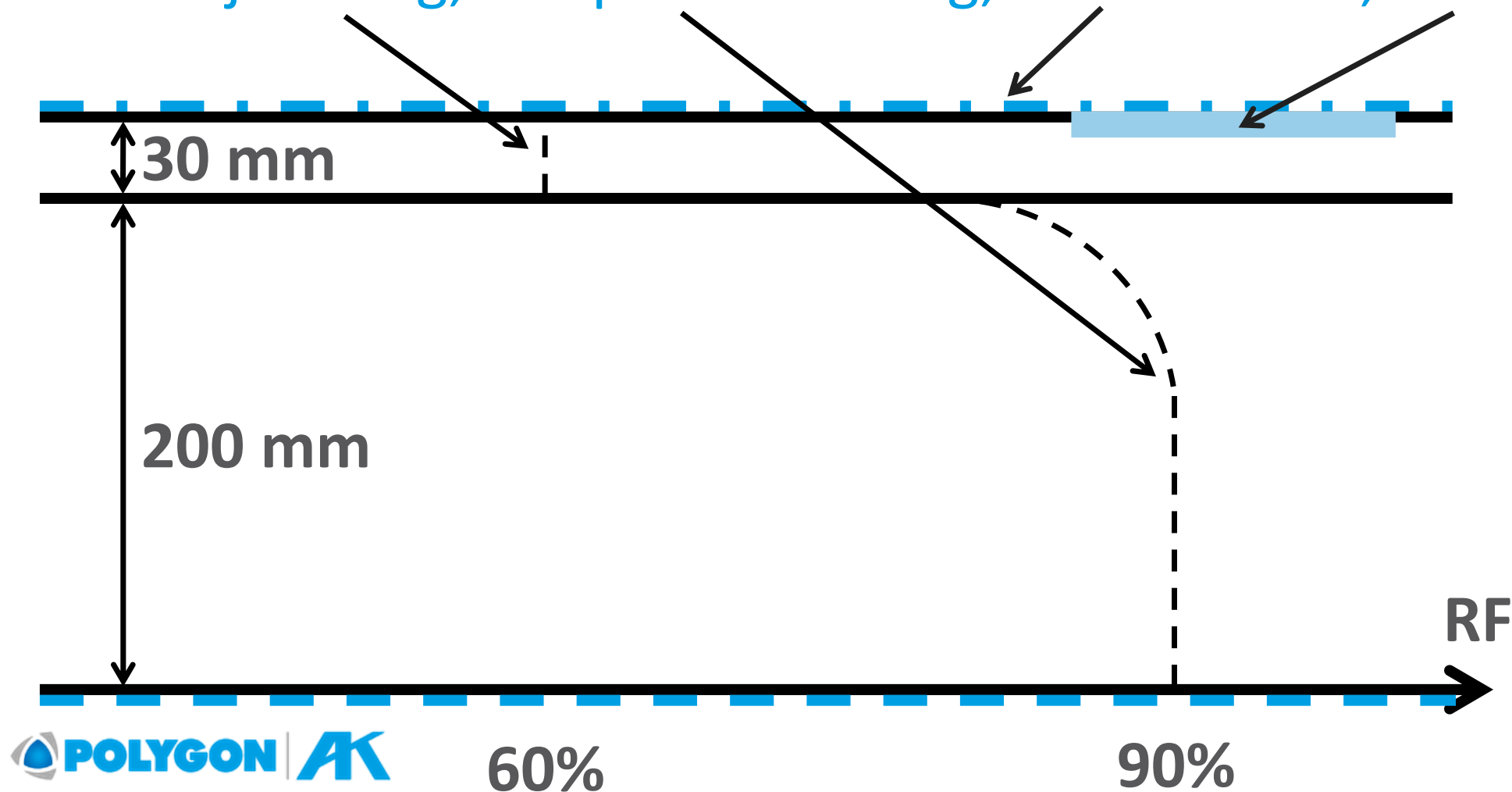
Fuktfördelningsberäkningar beaktar dagens “nya” förutsättningar i större utsträckning

- Avjämning
- Flera olika materialskikt med olika RF och fuktprofiler
 - HD/f foggjutningar och K-ändar
 - Pågjutning
 - Avjämning
- Mer eller mindre diffusionsöppna ytskikt – plastmattor, textilmattor, linoleummattor, etc
- Limfukt
- Nya material och nya materialegenskaper

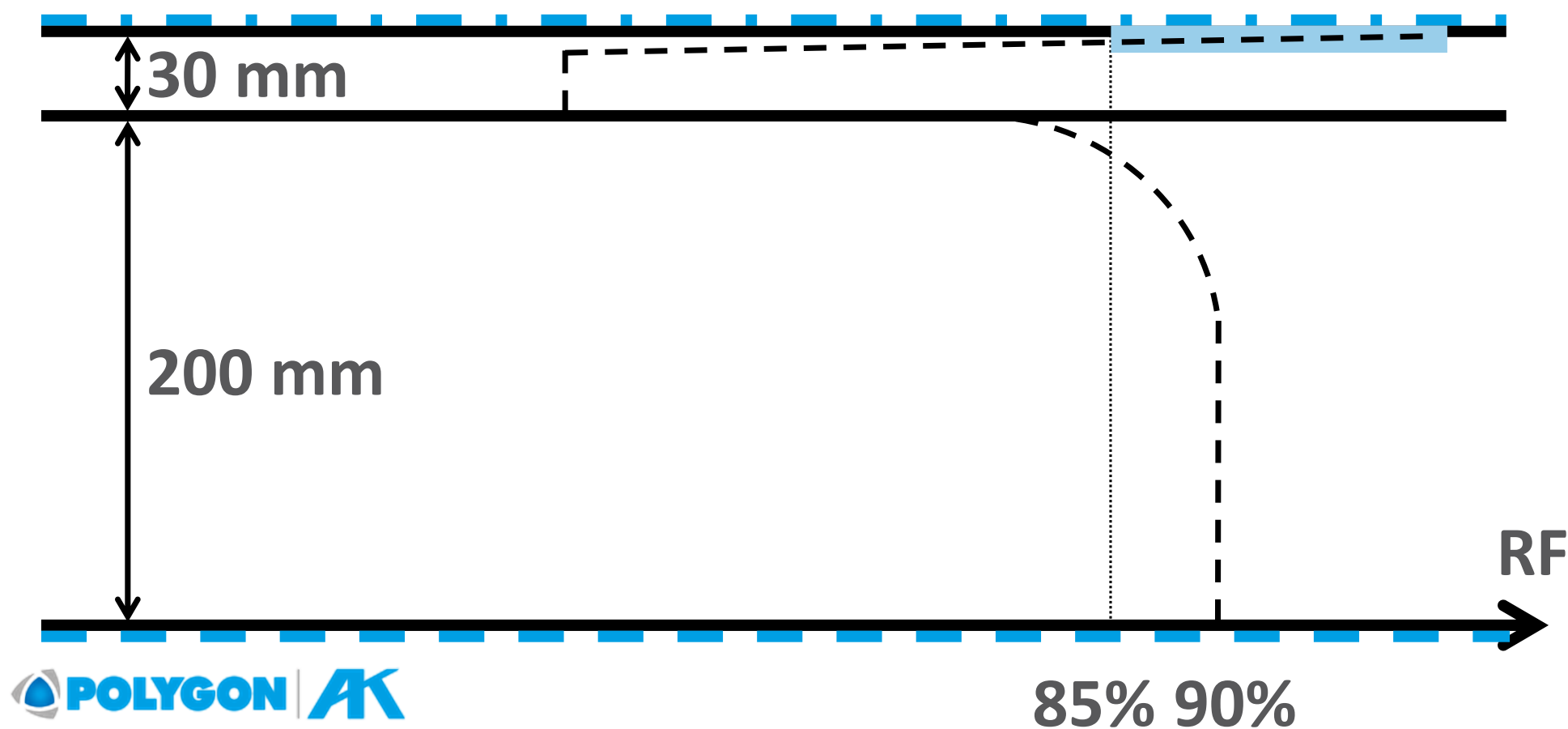
Nytt mer komplicerat exempel från verkligheten
Betongbjälkag kvarsittande form, avjämning och matta



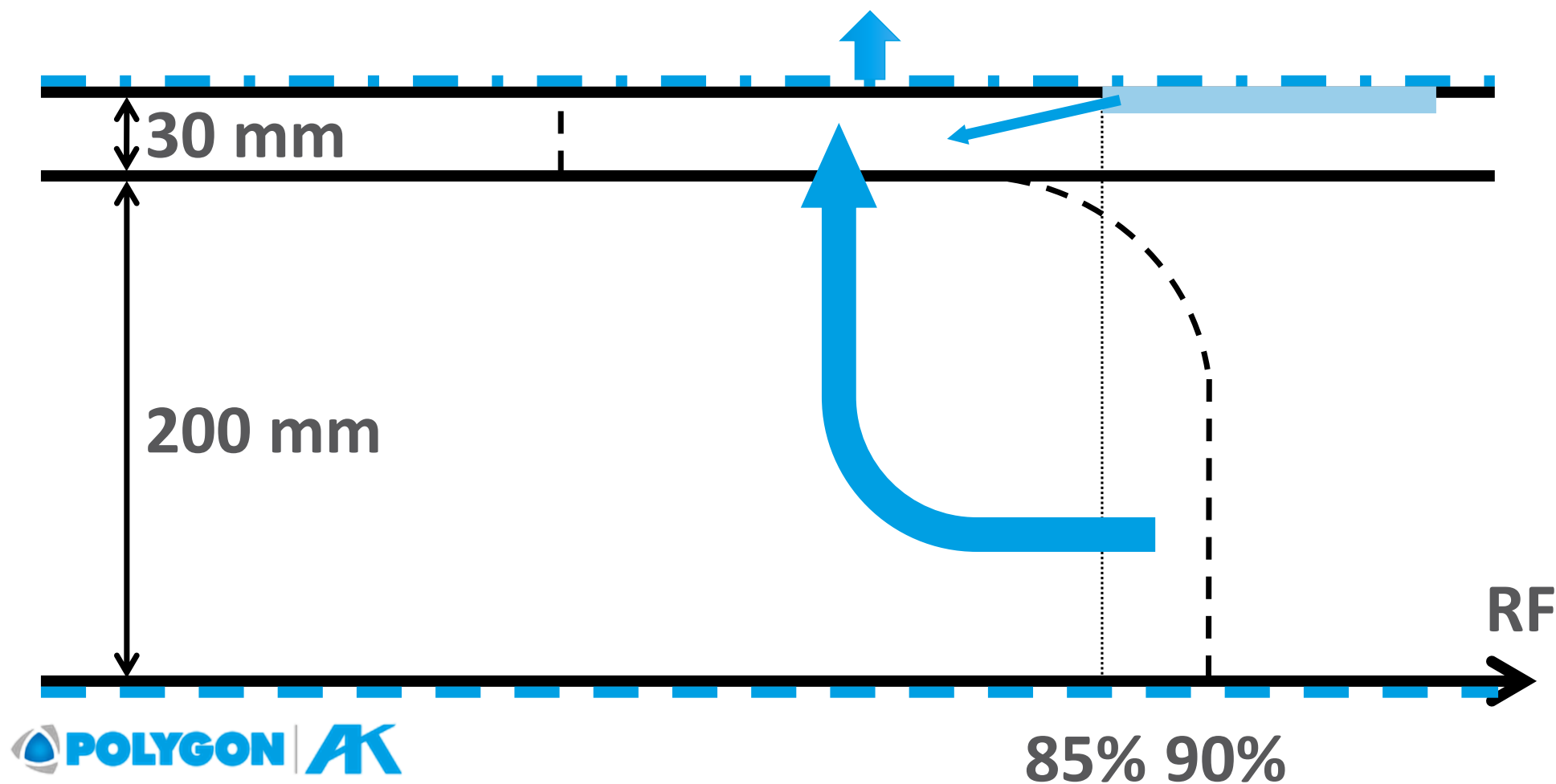
RF i avjämning, fuktprofil i betong, täthet matta, limfukt



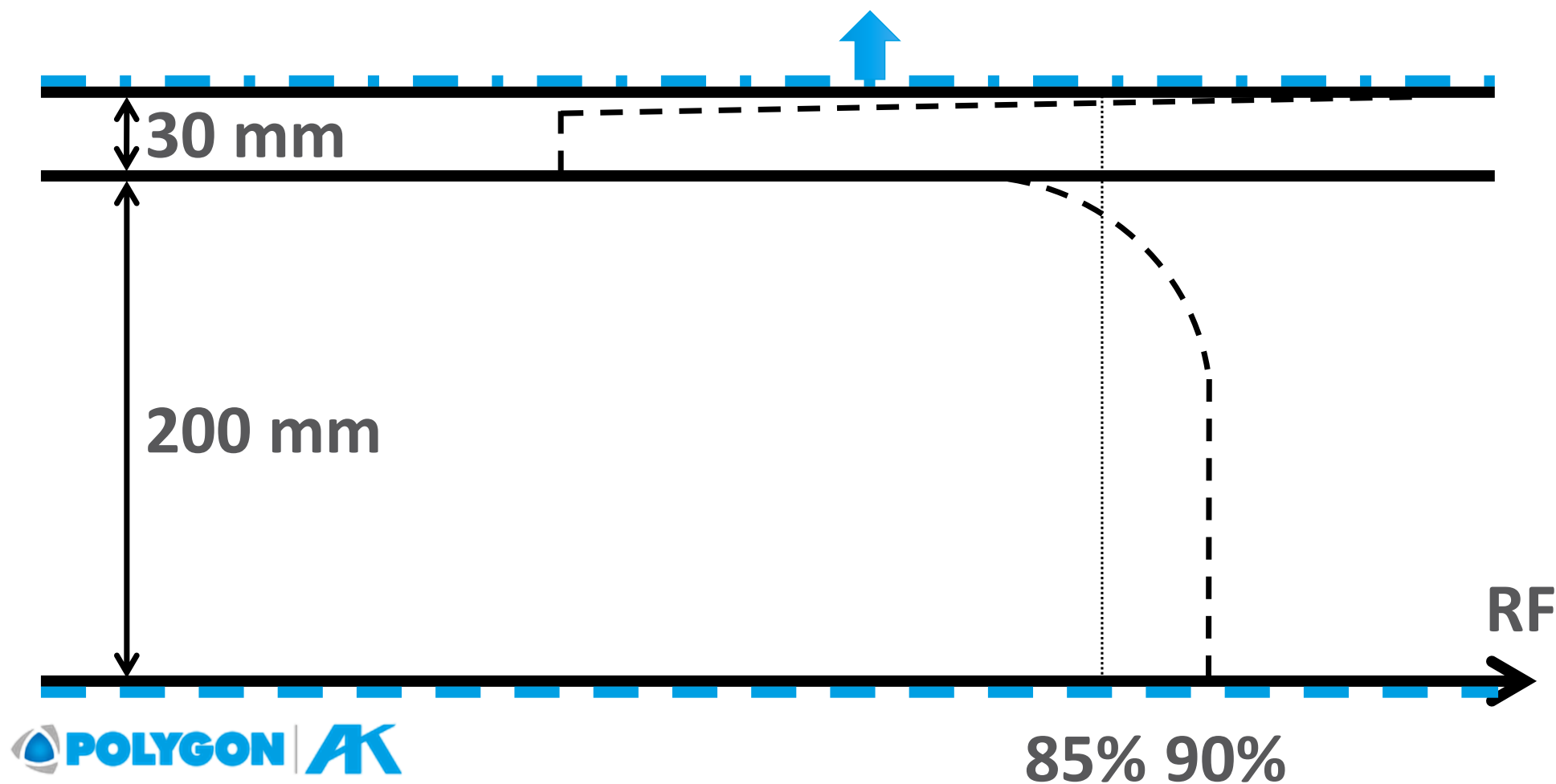
Omfördelningsberäkning startar efter applicerat ytskikt



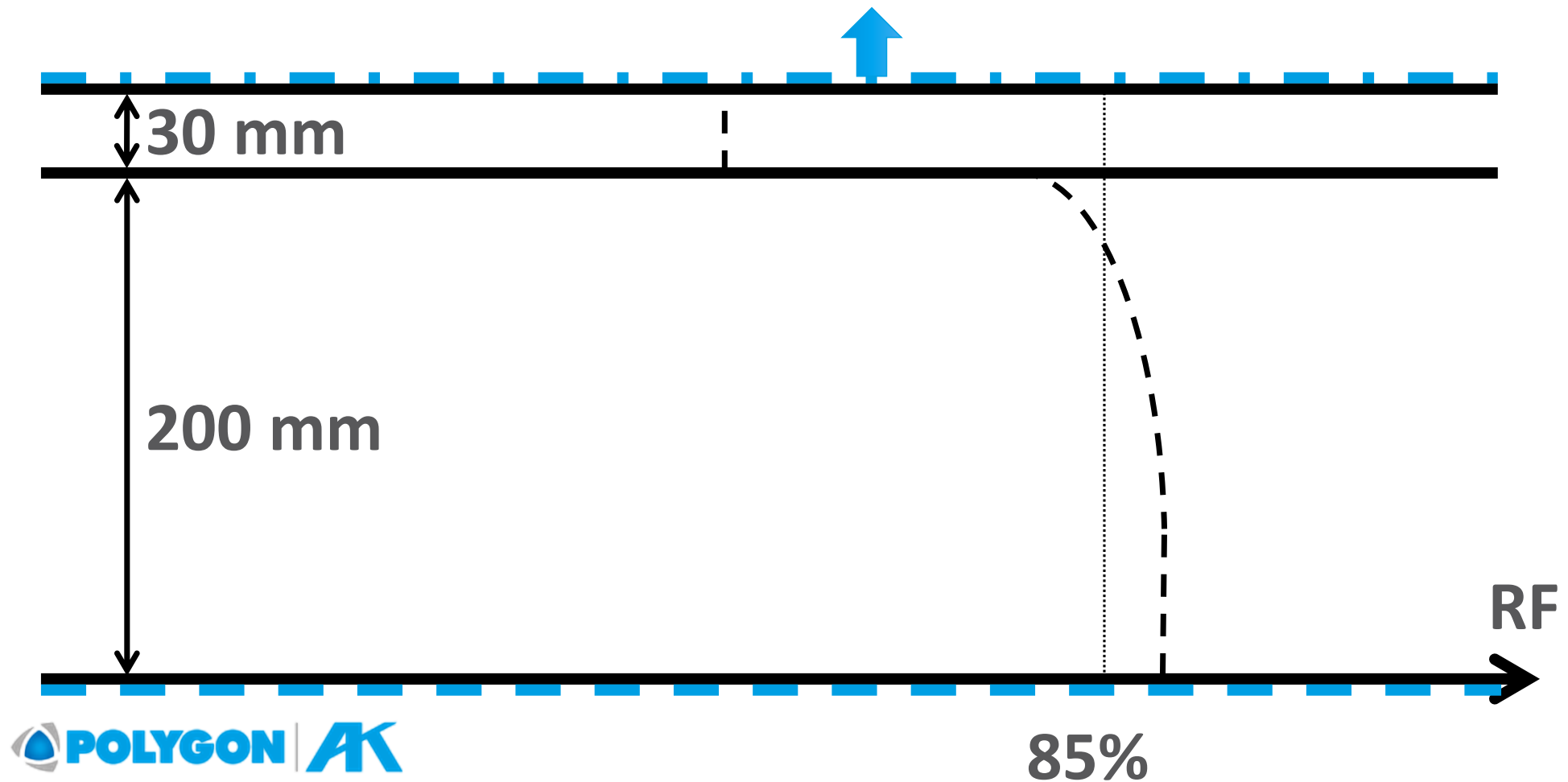
Fuktomfördelning inkl. långsam uttorkning genom ytskikt



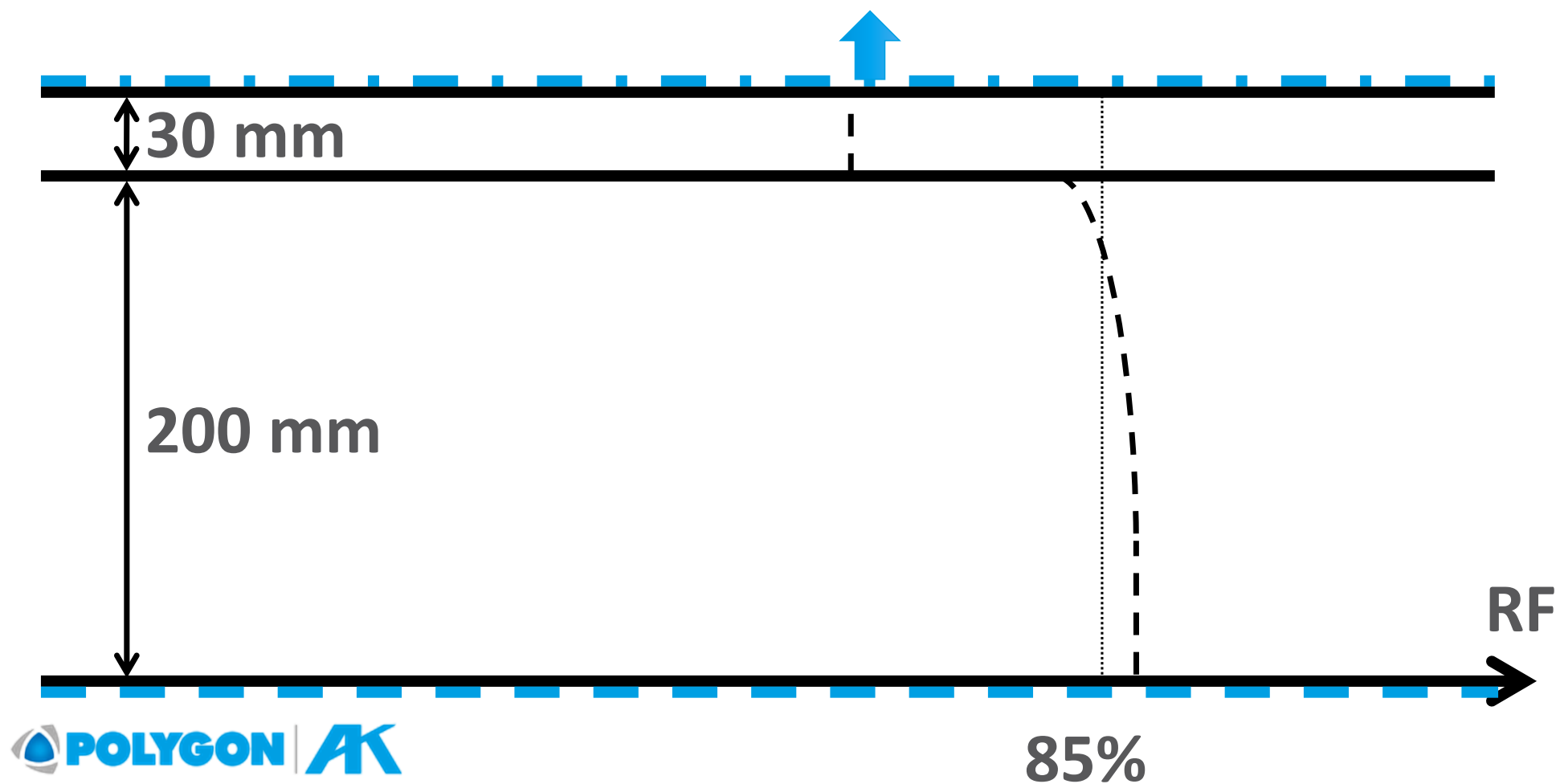
Fuktomfördelning inkl. långsam uttorkning genom ytskikt



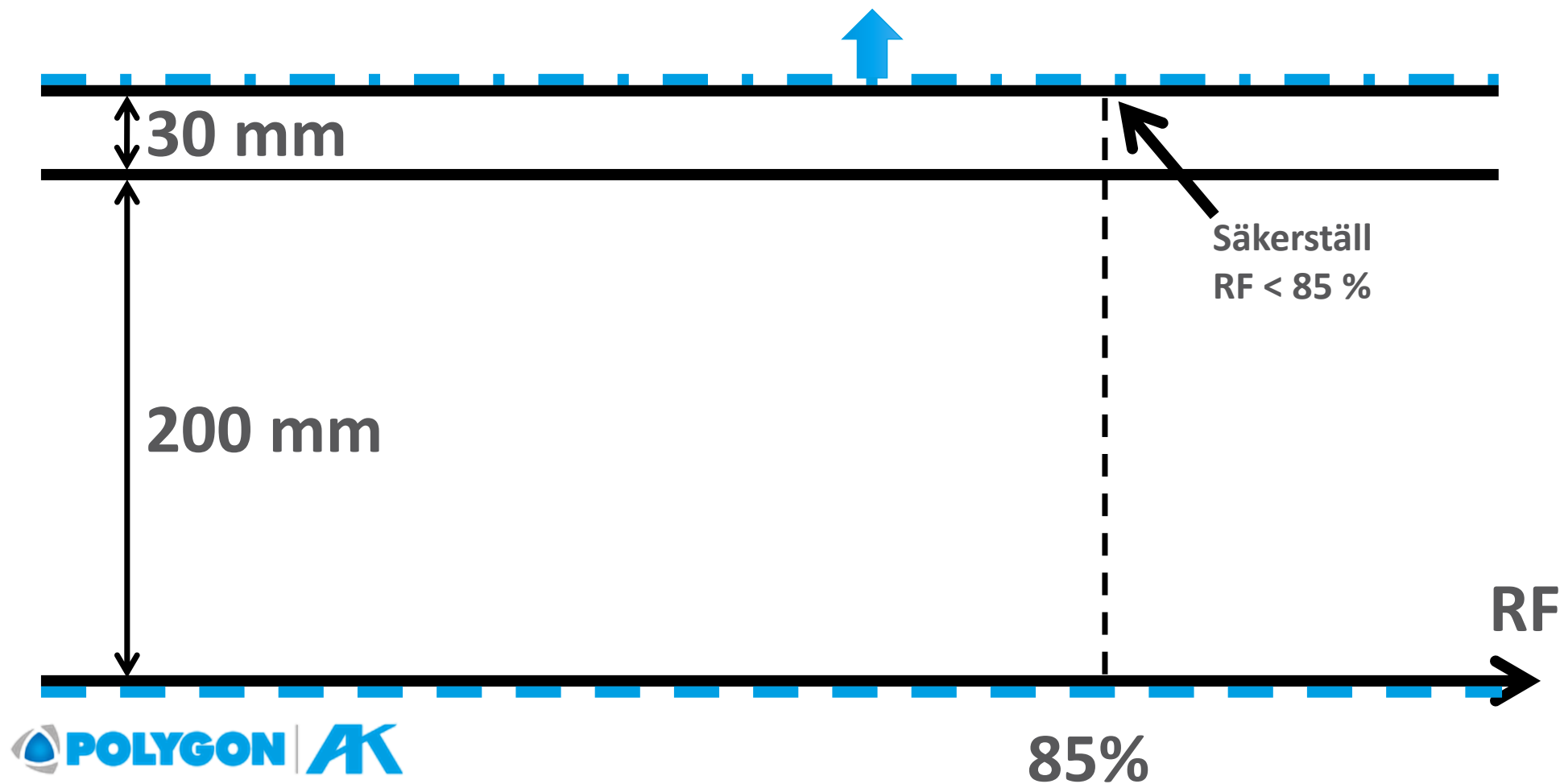
Fuktomfördelning inkl. långsam uttorkning genom ytskikt



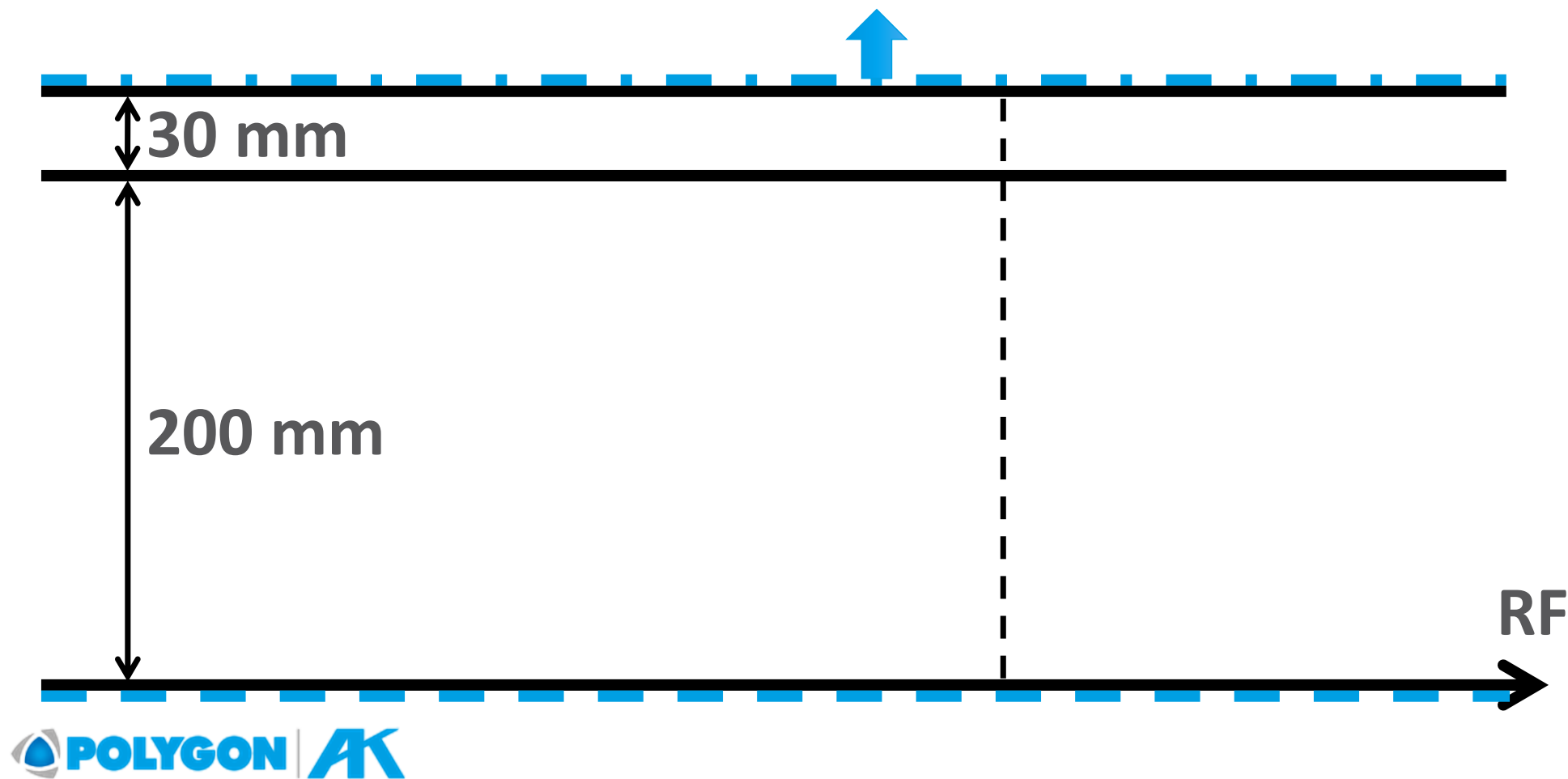
Fuktomfördelning inkl. långsam uttorkning genom ytskikt



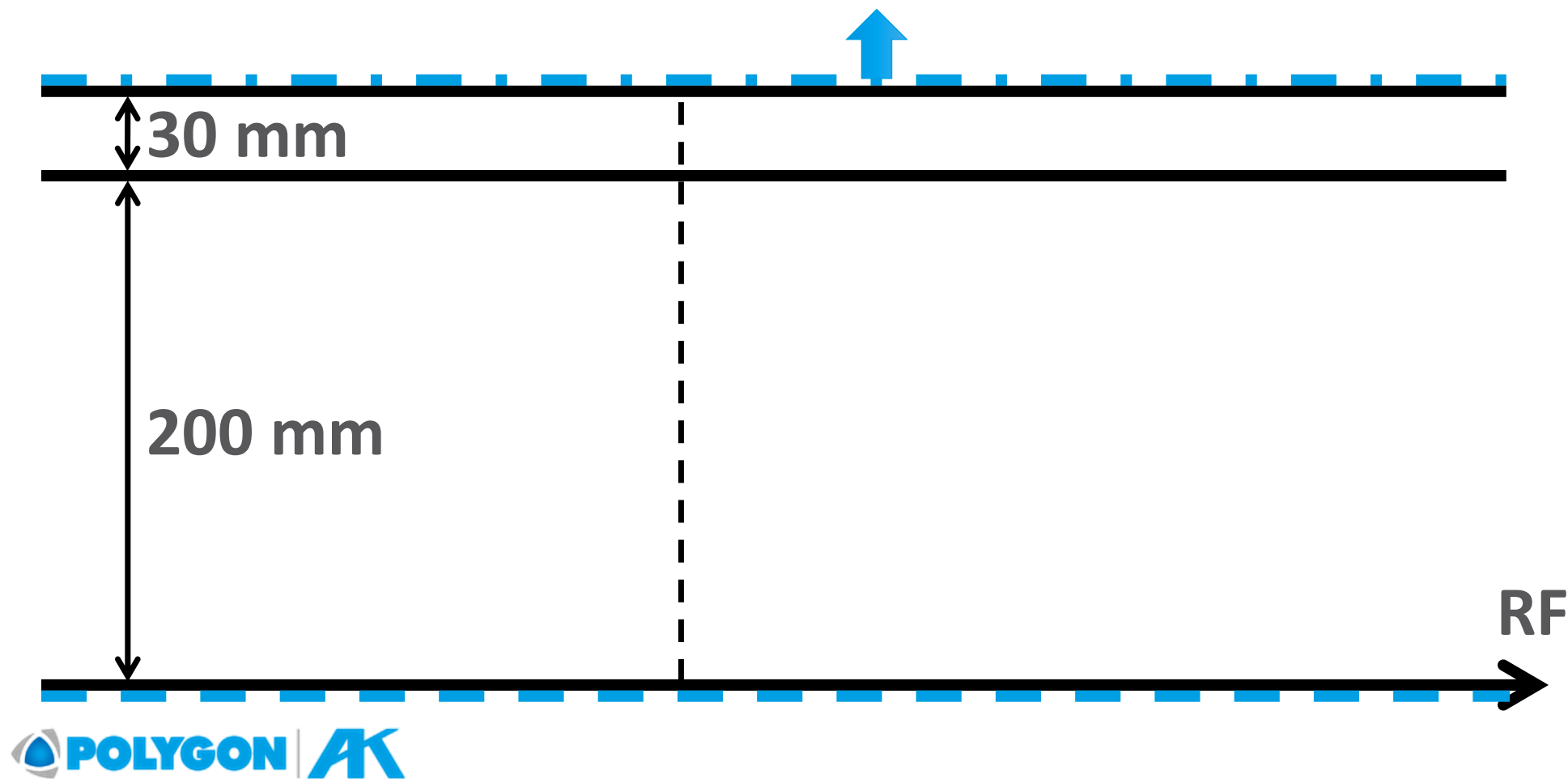
Fuktfördelning inkl. långsam uttorkning genom ytskikt



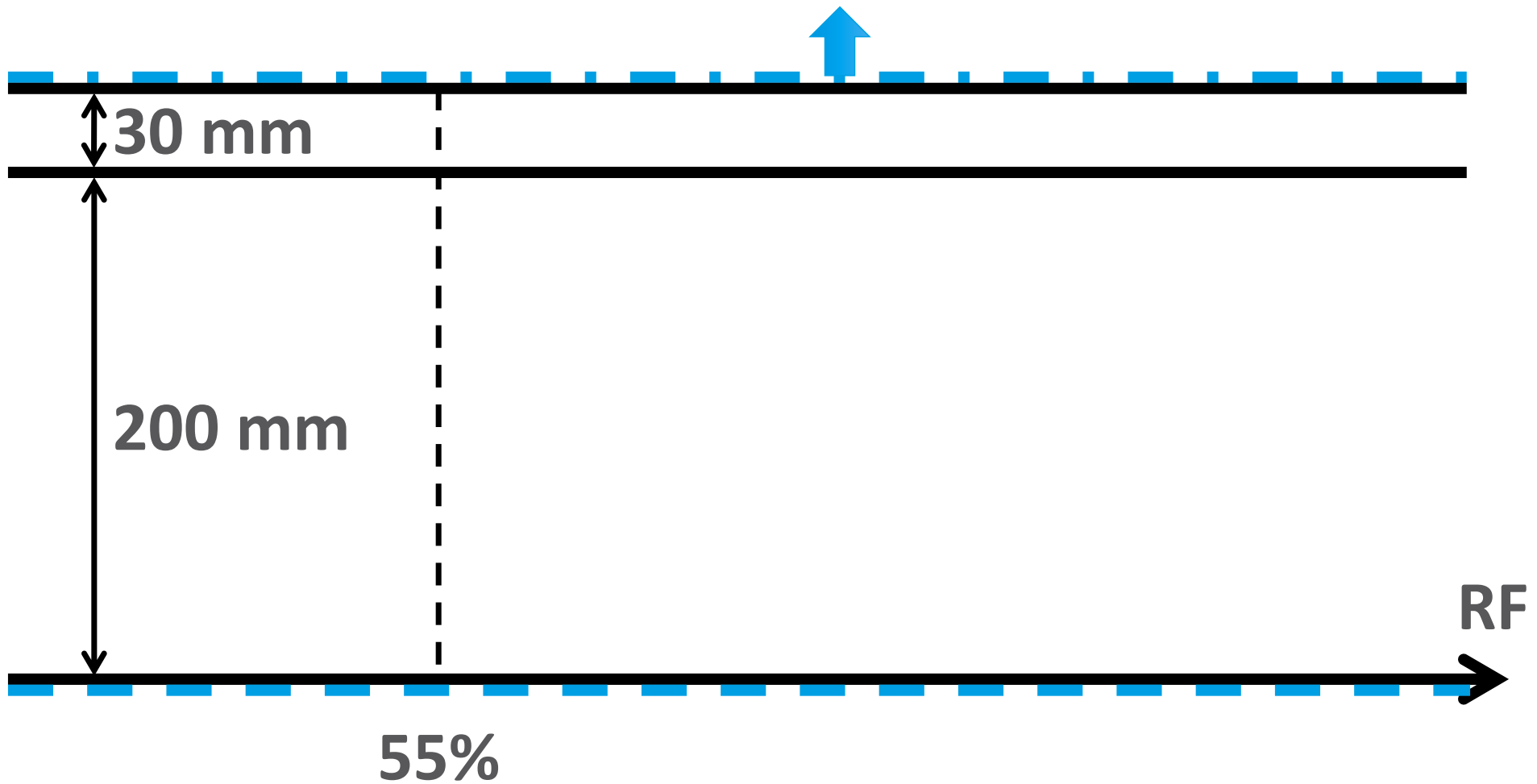
Fortsatt långsam uttorkning genom ytskikt till jämvikt



Fortsatt långsam uttorkning genom ytskikt till jämvikt



Fortsatt långsam uttorkning genom ytskikt till jämvikt



Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- **Inledande kalibrering**
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

Inledande kalibrering

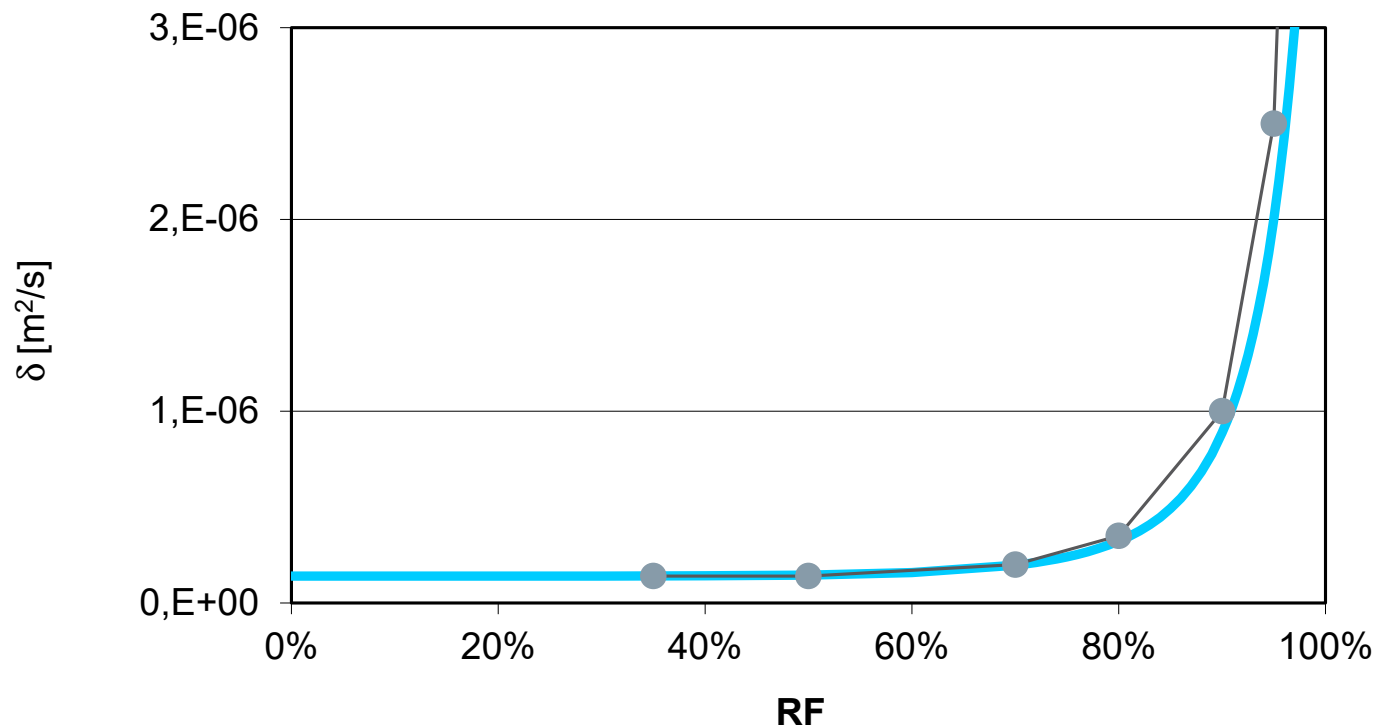
- Omfördelningsberäkningar kan utföras med olika beräkningsverktyg
 - WUFI
 - KFX
 - Sture REDIST
 - VADAU
 - DELPHINE
 - PPB
- Beräkningsverktygen har olika möjligheter och begränsningar
- Inledande kalibrering avser att säkerställa så att likvärdiga resultat erhålls när beräkning utförs på en och samma konstruktion med likvärdiga materialdata och samma rand- och initialvillkor

Inledande kalibrering – Metod

- Räknade på enkla golvkonstruktioner
- Iterativ process där främst materialdata succesivt justerats till dess att god korrelation erhållits

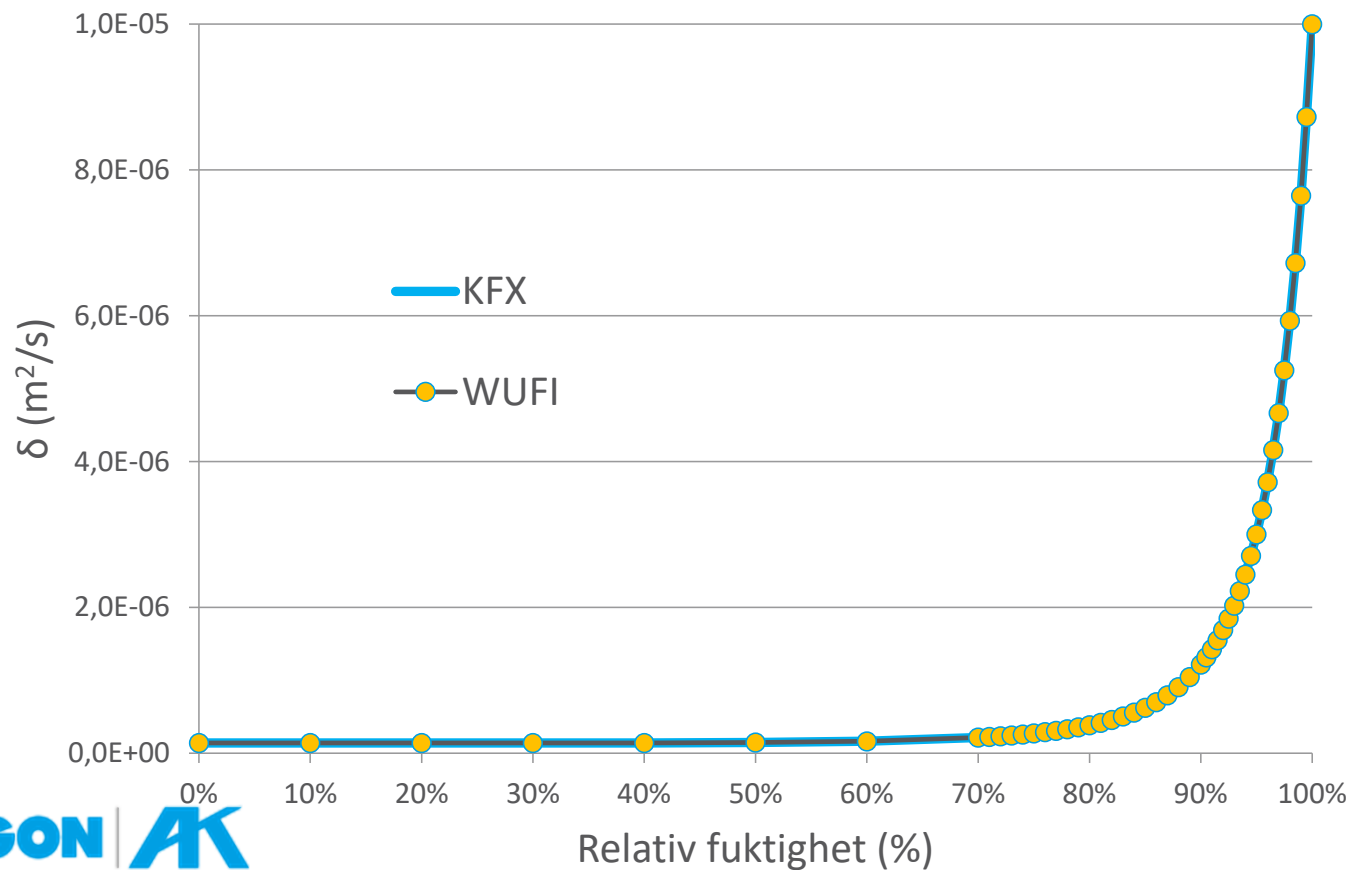
Inledande kalibrering – Iterativ process

Exempel på justering noggrannhet i materialdata Fall 1



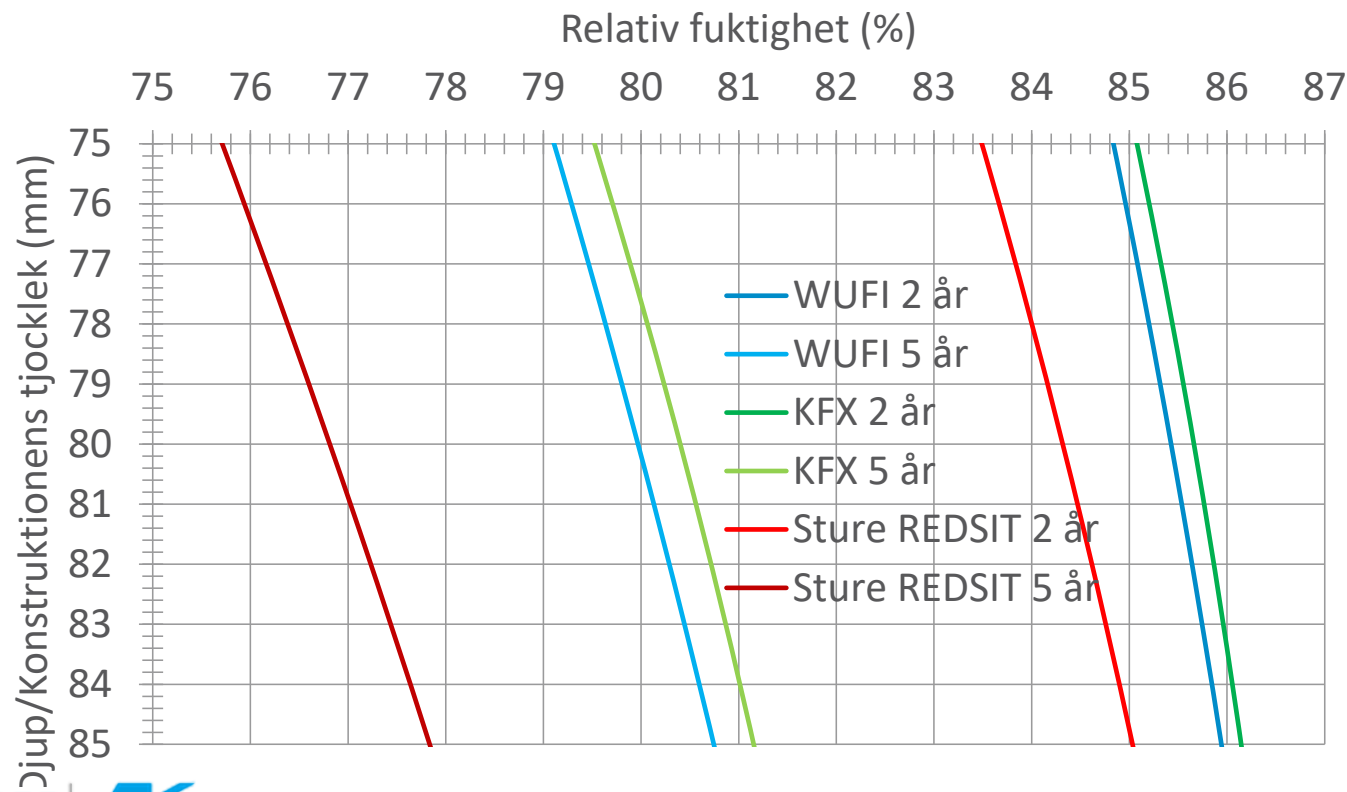
Inledande kalibrering – Iterativ process

Exempel på justering noggrannhet i materialdata Fall 3 - 4



Inledande kalibrering – Reulstat – Iterativ process

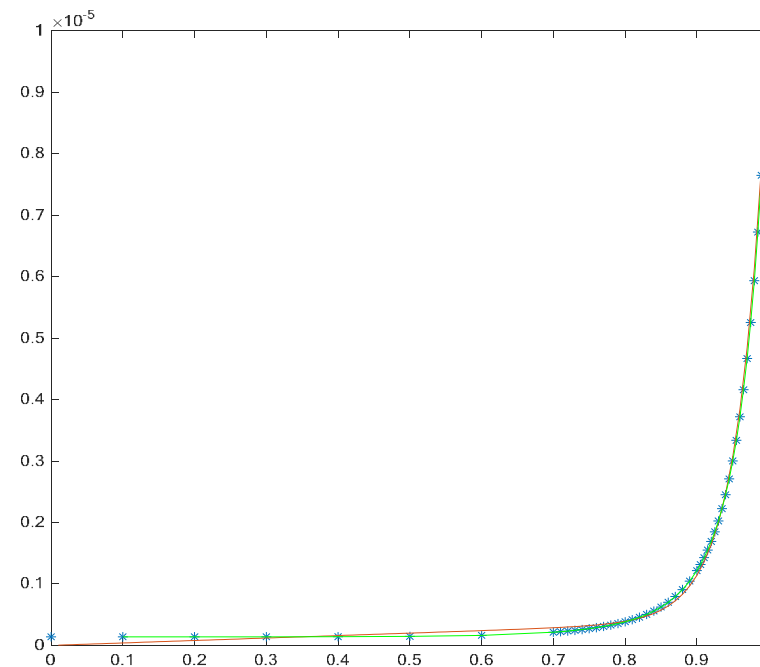
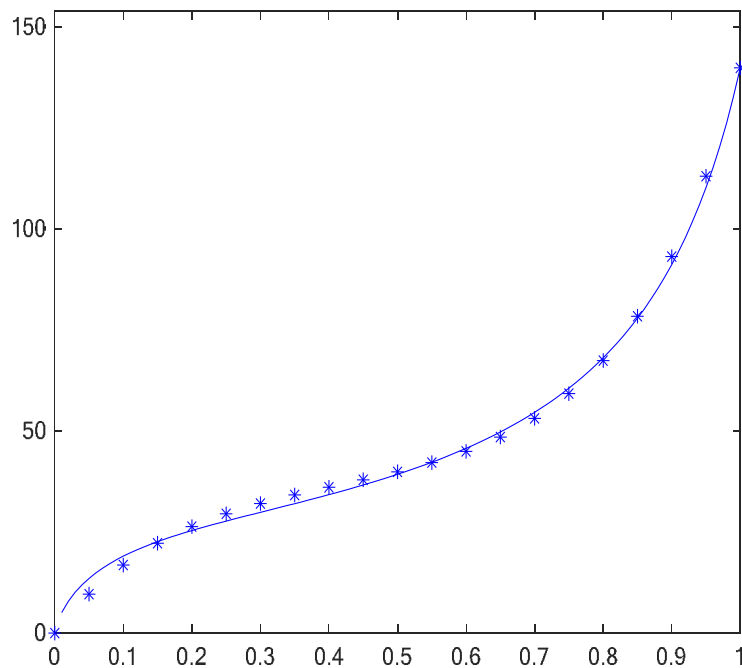
Fall 3 fuktprofil WUFI, KFX och Sture REDSIT



Inledande kalibrering – Iterativ process

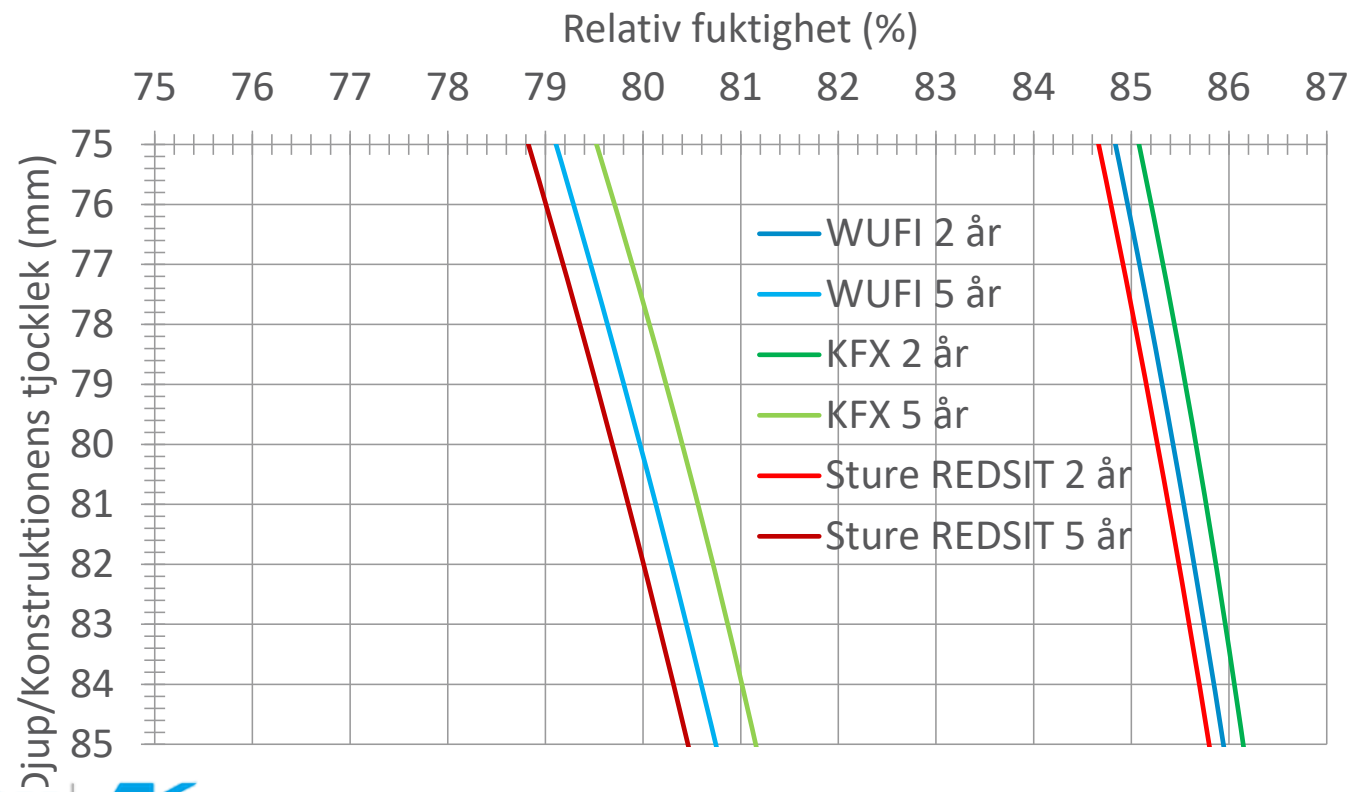
Exempel på skillnader i materialdata som skapar avvikelser i resultat.

Jämförelser mellan WUFI och REDIST i Fall 3 - 4



Inledande kalibrering – Reulstat – Iterativ process

Fall 4 fuktprofil WUFI, KFX och Sture REDSIT



Inledande kalibrering – Resultat och slutsatser

- Går att erhålla god korrelation ner till 0,2 % RF under tätskikt/matta och på ekvivalent mätdjup
 - Små skillnader i materialdata kan generera stora avvikelser.
 - Små skillnader i materialdata som kan uppfattas som försumbara kan ha stor betydelse
 - Materialdata måste överensstämma på mycket hög nivå för att erhålla korrelation
 - Olika beräkningsverktyg ger olika förutsättningar för hur materialdata appliceras och hanteras
 - Stegvis linjär- eller kurvanpassad applicering av materialparameterar
 - Genom handpåläggning hanterat att WUFI bara klarar av absorptionsscanning
- Betydande och intressanta observationer
 - Mängden inmatningsfel är omfattande och småfel kan ge stora avvikelser med stor betydelse
 - System för att hantera svårigheter och inmatningsfel
 - Kalibreringen har varit en mycket rörig och tidskrävande process – ”desto fler kockar”

Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- **Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall**
- Parameterstudie
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

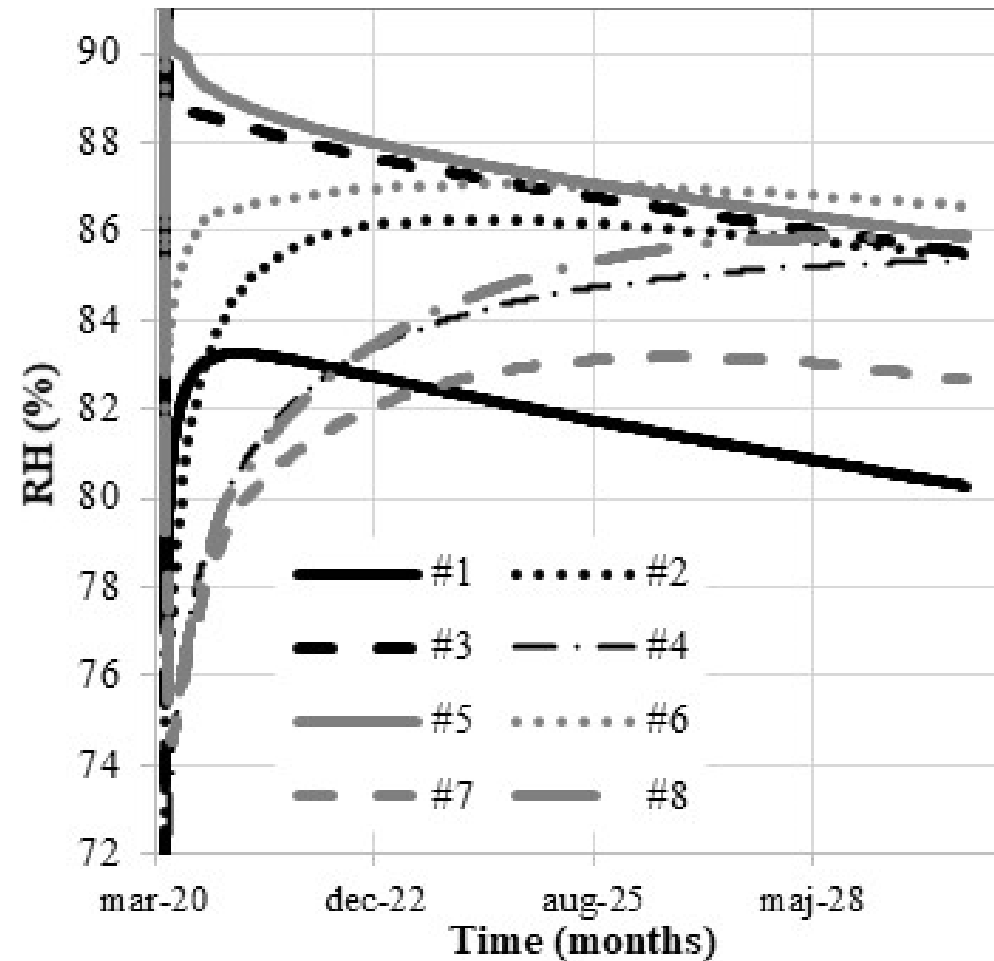
WS 1 – Round-Robin test

- Round-Robin testet avser att studera om och hur olika fuktkonsulter erhåller likvärdiga eller olika resultat vid omfördelningsberäkningar
- Sju erfarna fuktkonsulter som utför omfördelningsberäkningar på kommersiell basis räknade enskilt på samma fall
- Beräkningsfall
 - Tarkett eminent
 - 20 mm avjämning (RF avjämning 70 %)
 - 180 mm betong (RF ekvivalent mätdjup 90 %)
 - Kvarsittande tät form i botten
 - Omgivande klimat efter uttorkning 20°C och RF = 50%



WS 1 – Round-Robin test – Resultat

RF under plastmatta över tid



WS 1 – Round-Robin test – Slutsatser

- Klara divergenser i beräknade resultat
 - Stort behov av att upprätta riktlinjer och standarder för hur man ska räkna
- Hur ska eventuella säkerhetsmarginaler hanteras
- Utred skillnader mellan de olika beräkningsverktygen och dess inverkan
- Parameterstudie bör sättas upp för att studera vilka parametrar som har störst inverkan på beräknat resultat

Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- **Parameterstudie**
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

Parameterstudie

- Parameterstudien avser att:
 - Undersöka vilka faktorer som har stor betydelse vid en omfördelningsberäkning
 - Studera om skillnader uppstår vid användandet av olika beräkningsverktyg och om dessa går att härleda till specifika parametrar
- Beräkningsverktyg: WUFI och Sture REDIST
- Basfall definierats
- Huvudsakligen enskilda parametrar justerats
- Enstaka fall flera parametrar justerats samtidigt
- Rörigt och administrativt svårt! – ”desto fler kockar”



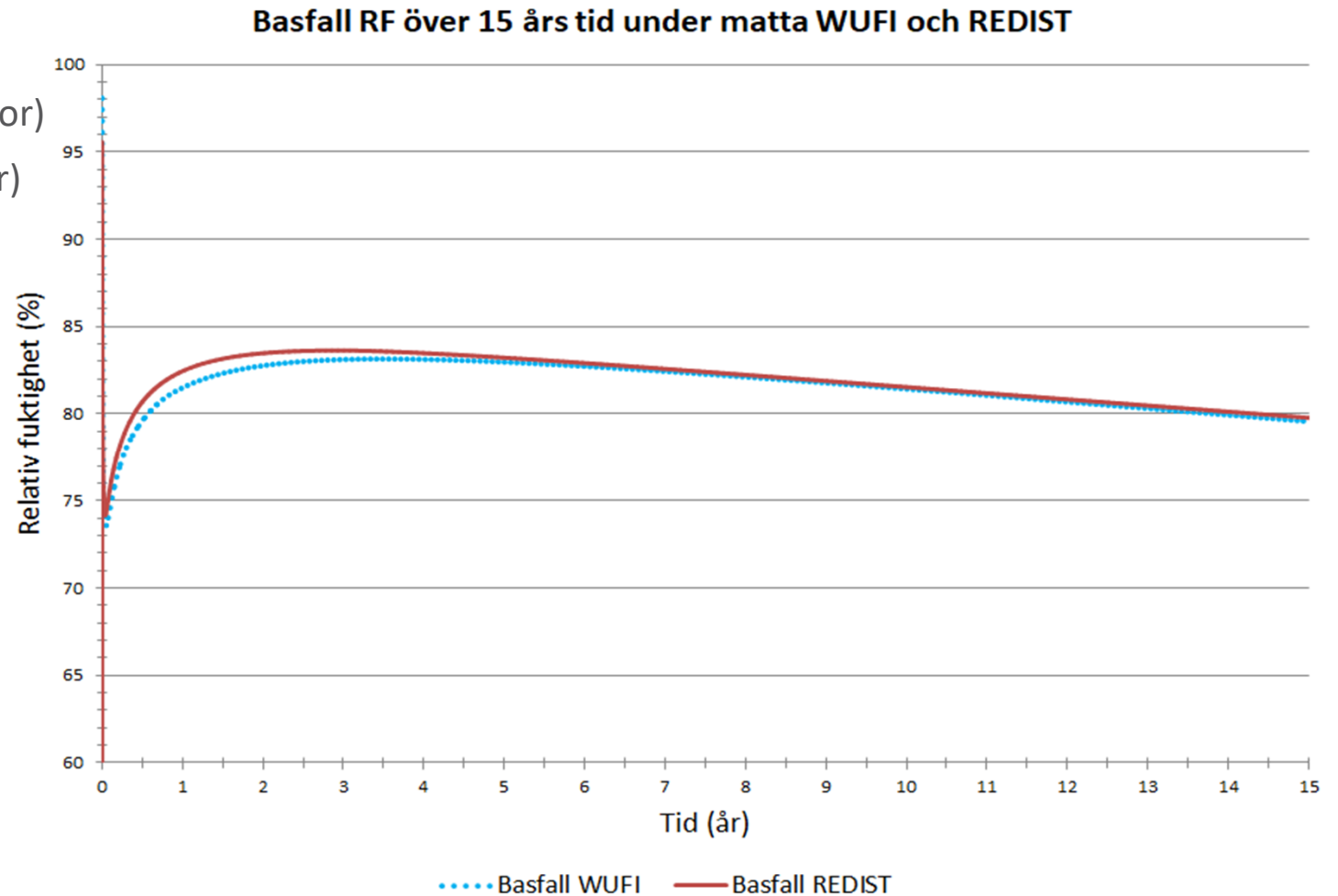
Parameterstudie – Studerade parametrar

- Cellindelning
- Inverkan av olika tidssteg
- Initial fuktprofil i betong respektive i avjämning
- Metod för att ange initialprofilen
- Mattans täthet
- Isotermer
- Fukttransportkoefficienter
- Betongkvalitet (vct och dess påverkan på sorptionsisotermen och fukttransportkoefficient)
- Avjämningsmassans tjocklek
- Limfukt (mängd, ej placering)
- Omgivande klimat – konstant eller variabelt



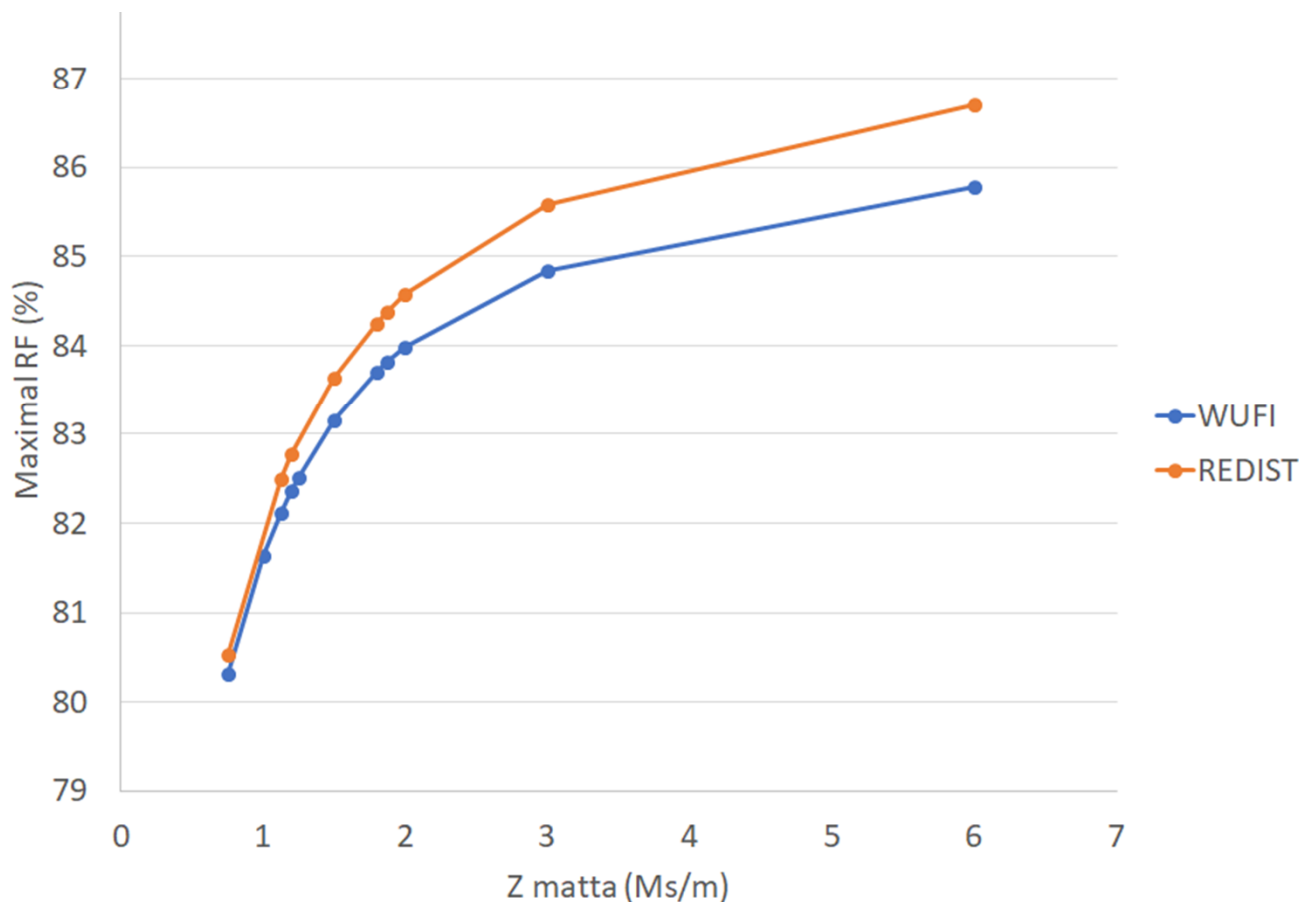
Parameterstudie – Basfallet resultat

- Max RF under mattan
 - REDIST 83,65 % (153 veckor)
 - WUFI 83,15 % (183 veckor)
- Exakt orsak till avvikelse om 0,5 % RF är ej känd och har inte studerats närmare



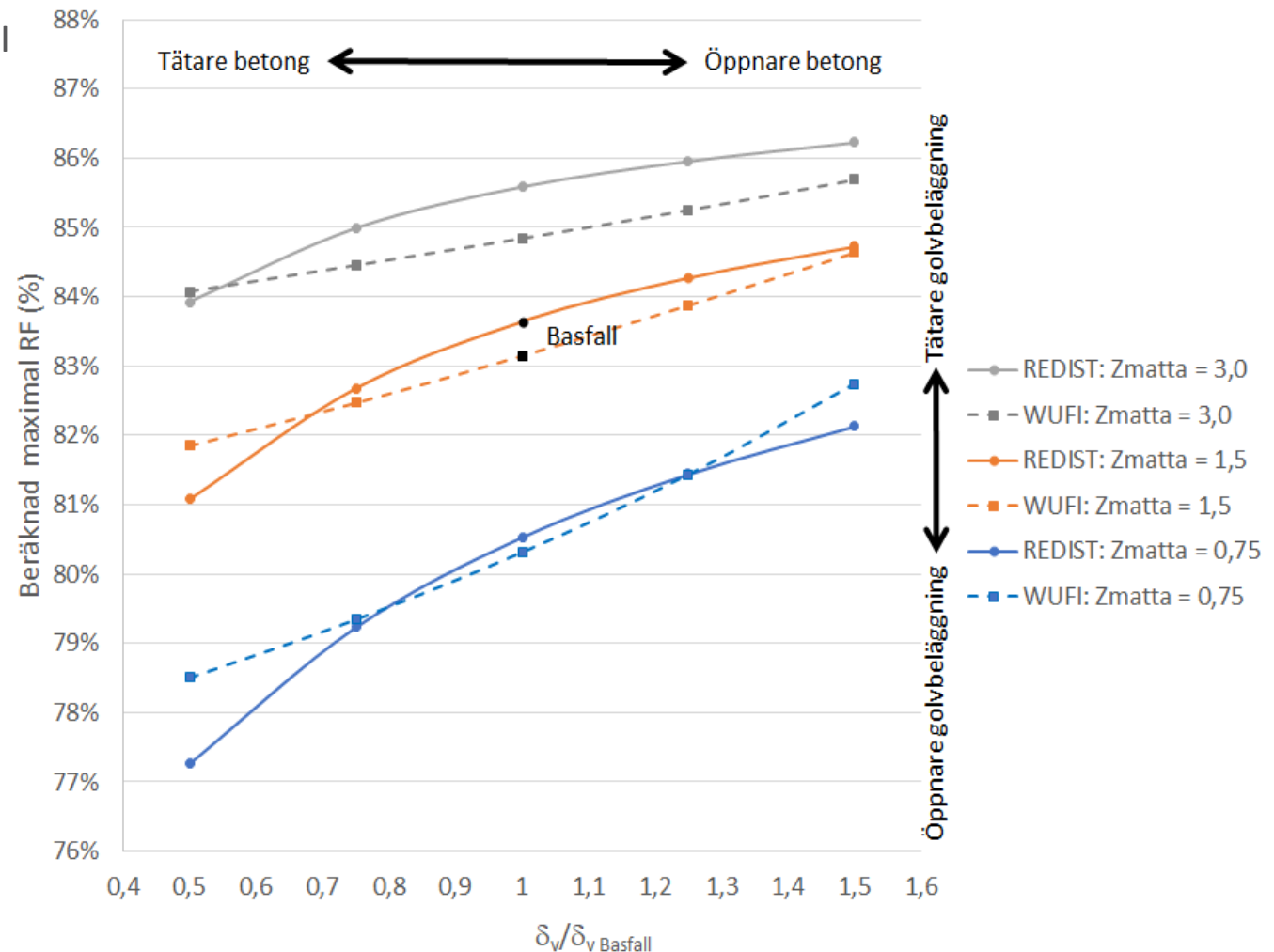
Parameterstudie – Olika täthet på mattan

- Korrekta materialparameterar för mattan är av stor vikt om denna är diffusionsöppen
- Resultat för WUFI och REDIST avviker från varandra vid tätare mattor även om de kvalitativa har samma beteende



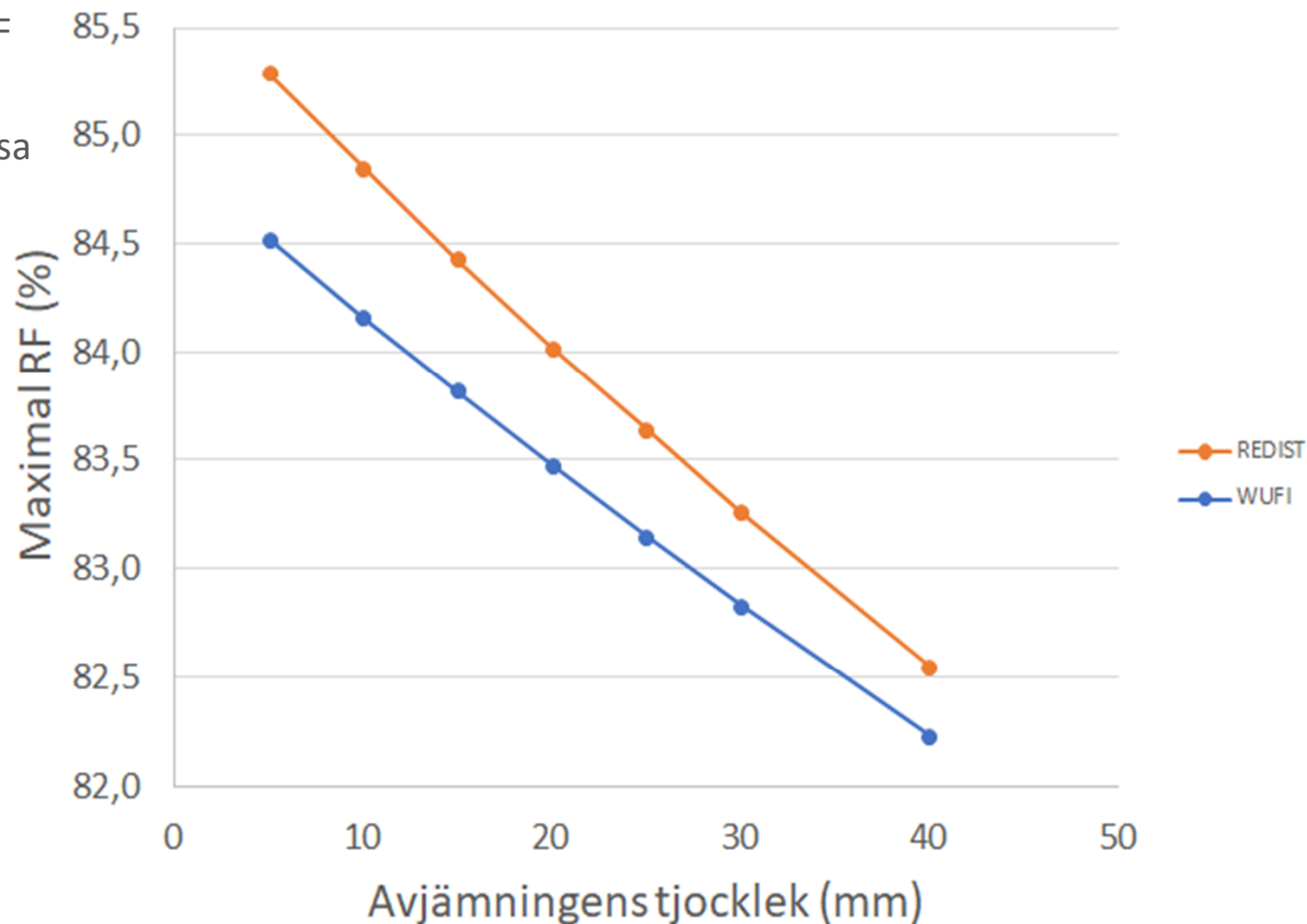
Parameterstudie – Betongens transportkoefficient

- Kvalitativt olika resultat i WUFI respektive REDIST
- Olika krökningar



Parameterstudie – Avjämningsmassans tjocklek

- Approximativt – 2-2,5 % lägre RF för 35 mm avjämnning
- 0,07 % RF / mm avjämningsmassa
- OBS i detta specifika fall
- OBS med denna specifika avjämningsmassa



Parameterstudie – Slutsatser

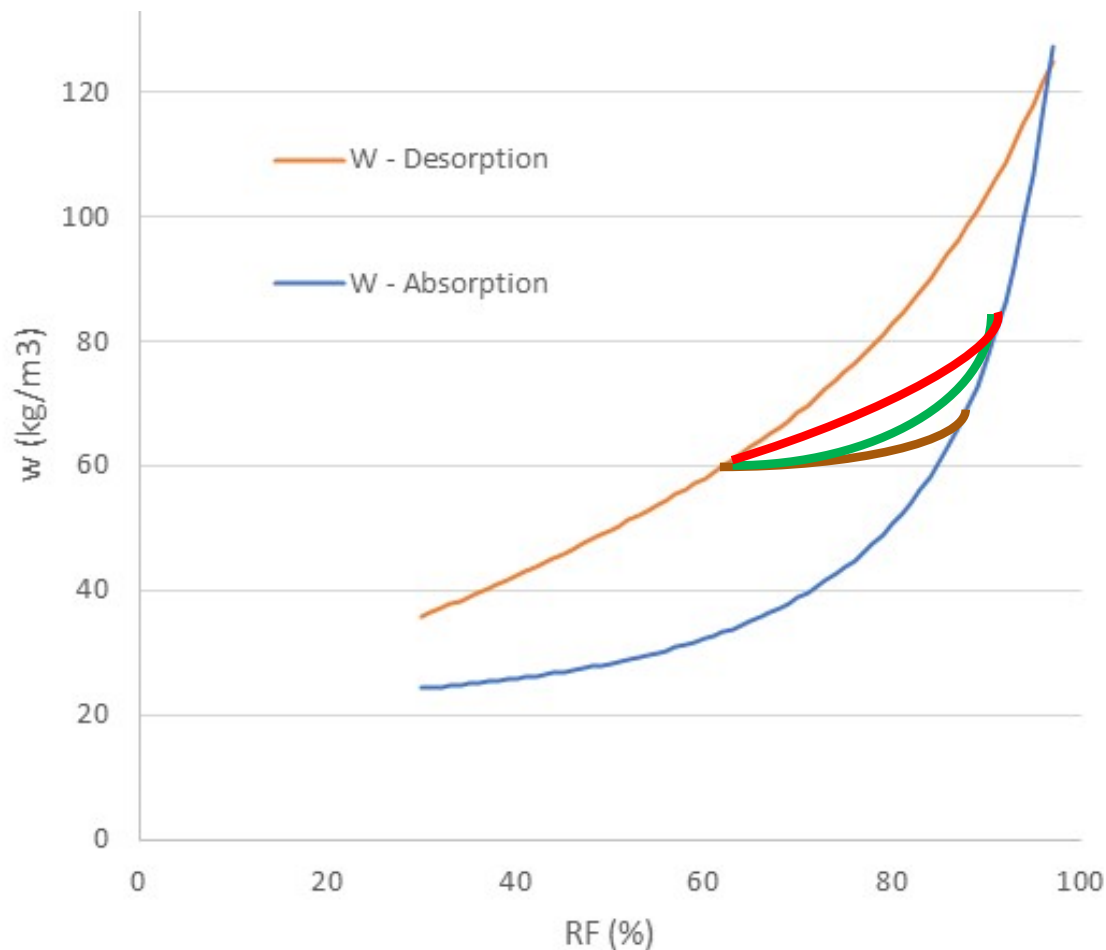
- Generellt – Beräknad RF under mattan är inte så känslig för variationer i parametrarna som vi trodde
- Krävs bra data på den initiala fuktprofilen
- Potentiella numeriska och beräkningstekniska problem går att hantera
- Isotermerna är måttligt viktiga
- Skiktjocklekar – desto tunnare avjämningsmassa i förhållande betong, desto mindre viktiga blir avjämningsmassans egenskaper
- Ju mer diffusionsöppen matta, desto viktigare att ha rätt indata
- En ökning av tjockleken på en uttorkad avjämningsmassa sänker maximal RF under mattan med ca 0,07 % / mm avjämningsmassa
- Mängden limfukt har begränsad inverkan om högst ca 0,4 % på maximal RF under mattan

Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- **Scanning**
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

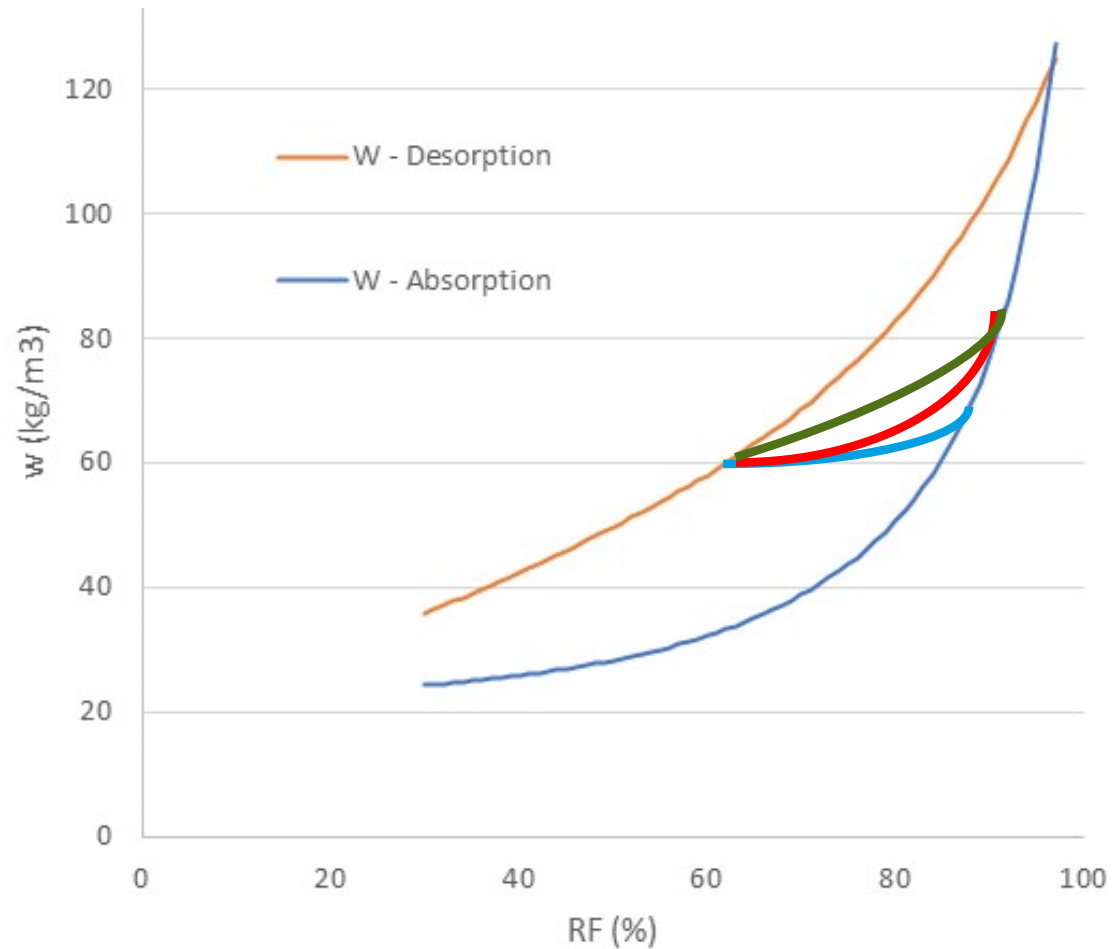
SimScan – Verktyg för att ta fram scanningkurvor

- SimScan
- Tar fram scanningkurvor för betong och avjämningsmassor
- Beror av
 - Desorptionsisotermen
 - Absorptionsisotermen
 - Koefficient för utseende på scanningkurvan



Inverkan av olika scanningkurvor

- Formen på scanningkurvan har stor betydelse för maximal beräknad RF
- Så länge rimlig scanningkurva används så har den exakta formen på scanningisotermen begränsad betydelse



Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- Scanning
- **Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning**
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

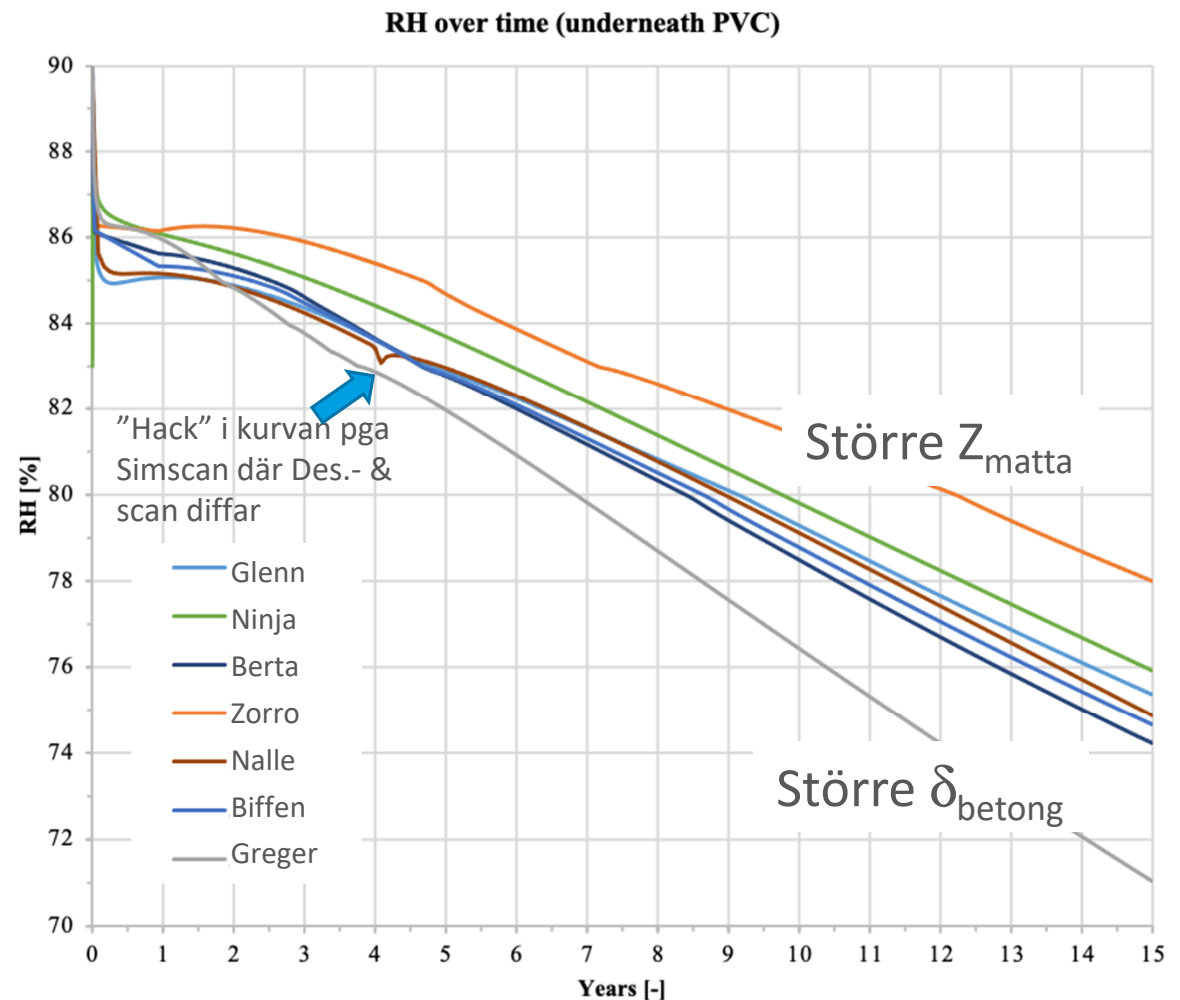
WS 2 – Hemuppgift och test av vägledningen

- Fyra olika uppgifter med stigande svårighetsgrad
- Uppgift 1 var enkel
- Uppgift 2 och 3 innehöll diverse extramoment och slamkrypare
- Uppgift 4 gick inte att lösa
- Följa vägledningen – Felen i uppgifterna förväntas "high lighta" potentiella oklarheter i vägledningen
- Alla uppgifter skulle lösas individuellt
- Sammanställning och jämförelse av resultat
- Fastställande av orsak till avvikelser
- Möjlighet att justera avvikelser



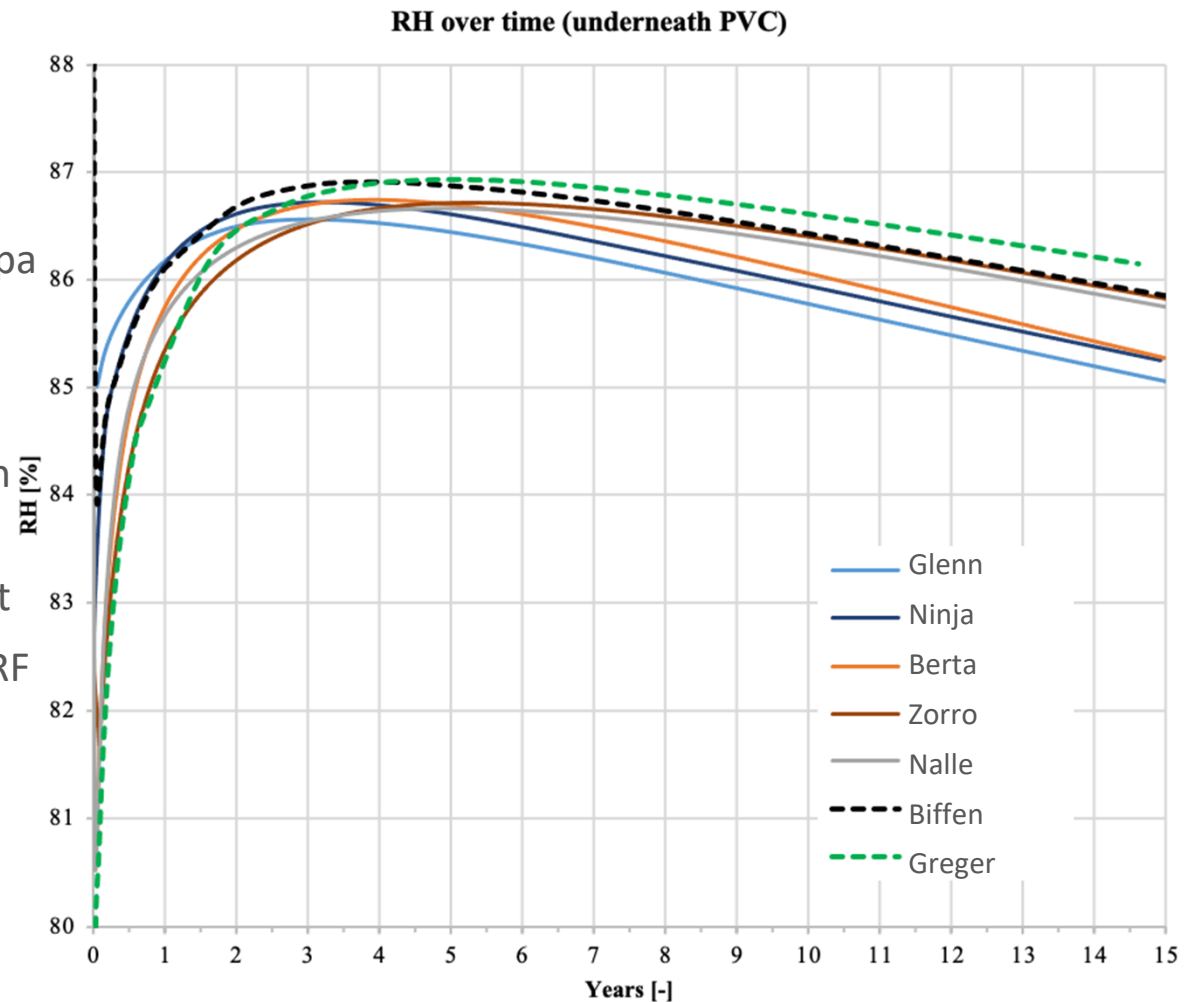
WS 2 – Test av vägledningen – uppgift 1

- Enklaste uppgiften
- Fingerat fall i projektering
- Syftade att testa om vi i ett liknande fall som gavs i WS 1 kunde få korrelation
- Misstag/Orsaker till avvikelser
 - En person avvikande z värde för plastmattan (missförstånd)
 - En person har gjort ett inmatningsfel av avvikande fukttransportkoefficient
- Efter justering av misstag erhöles $\pm 0,3 \%$ RF



WS 2 – Test av vägledningen – uppgift 2

- Lite svårare uppgift med slamkrypare
- Fingerat fall i produktion med mätvärden
- Testa Simscan
- Jmf inverkan av initial fuktprofil med trappa
- Misstag/Orsaker till avvikelser
 - En person fel z värde för tät form
 - En person hög initial fuktprofil i botten
 - En person stor fuktkapacitet (ej anv Simscan) + initial fuktprofil i underkant
- Efter justering av misstag erhöles $\pm 0,3$ % RF

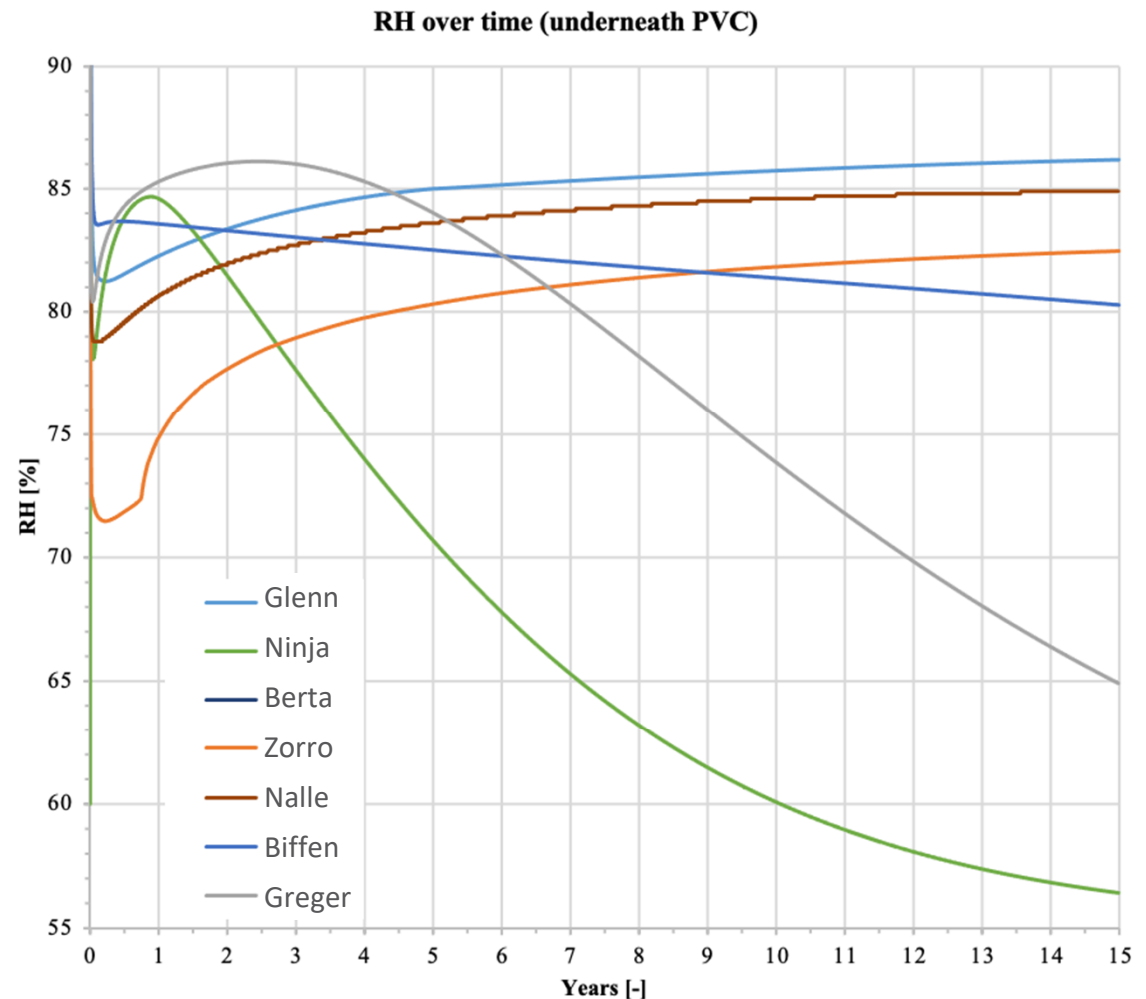


WS 2 – Test av vägledningen – uppgift 3

- Svår uppgift med flera slamkrypare
- Fingerat fall i produktion med mätvärden
- Otydliga och ofullständiga uppgifter om materialdata – hitta materialdata själva
- Testa Burkmetoden
 - Otydlig indata för burkmetoden
- Testa Simscan

WS 2 – Test av vägledningen – uppgift 3

- Misstag/Orsaker till avvikelser
 - En person avvikande fukttransportkoefficient
 - En person tagit hänsyn till betongens låga ålder (sannolikt korrekt i verkligheten)
 - Otydlig indata till burkmetoden
 - Olika fuktmotstånd hos plastmattan
 - Olika lutning hos scanningkurvorna



Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- **Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar**
- Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar

Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar

- Vägledningen baseras på resultat och slutsatser från utförda moment
- Avser att ge riktlinjer för hur en omfördelningsberäkning ska utföras
 - Syfte
 - Tidiga förberedelser – kompetenskrav
 - Objektet
 - Materialegenskaper
 - Initial fuktprofil före golvläggning
 - Förberedelser inför omfördelningsberäkning
 - Randvillkor
 - Omfördelningsberäkningen
 - Resultatredovisning
 - Dokumentation



Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar

- Vägledningen baseras på resultat och slutsatser från utförda moment
- Avser att ge riktlinjer för hur en omfördelningsberäkning ska utföras
 - Syfte
 - Tidiga förberedelser – kompetenskrav
 - Objektet
 - **Materialegenskaper**
 - Initial fuktprofil före golvläggning
 - Förberedelser inför omfördelningsberäkning
 - Randvillkor
 - Omfördelningsberäkningen
 - Resultatredovisning
 - Dokumentation



Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar

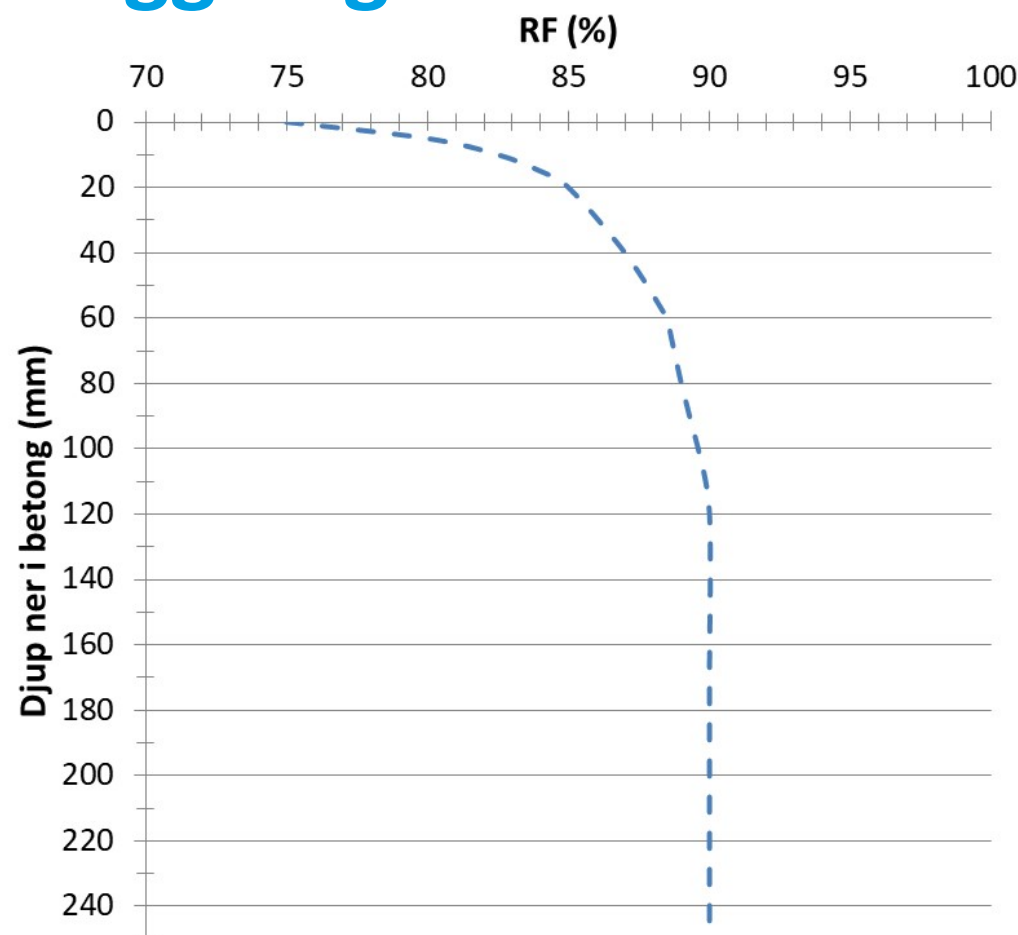
- Vägledningen baseras på resultat och slutsatser från utförda moment
- Avser att ge riktlinjer för hur en omfördelningsberäkning ska utföras
 - Syfte
 - Tidiga förberedelser – kompetenskrav
 - Objektet
 - Materialegenskaper
 - **Initial fuktprofil före golvläggning**
 - Förberedelser inför omfördelningsberäkning
 - Randvillkor
 - Omfördelningsberäkningen
 - Resultatredovisning
 - Dokumentation



Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar

Initial fuktprofil före golvläggning

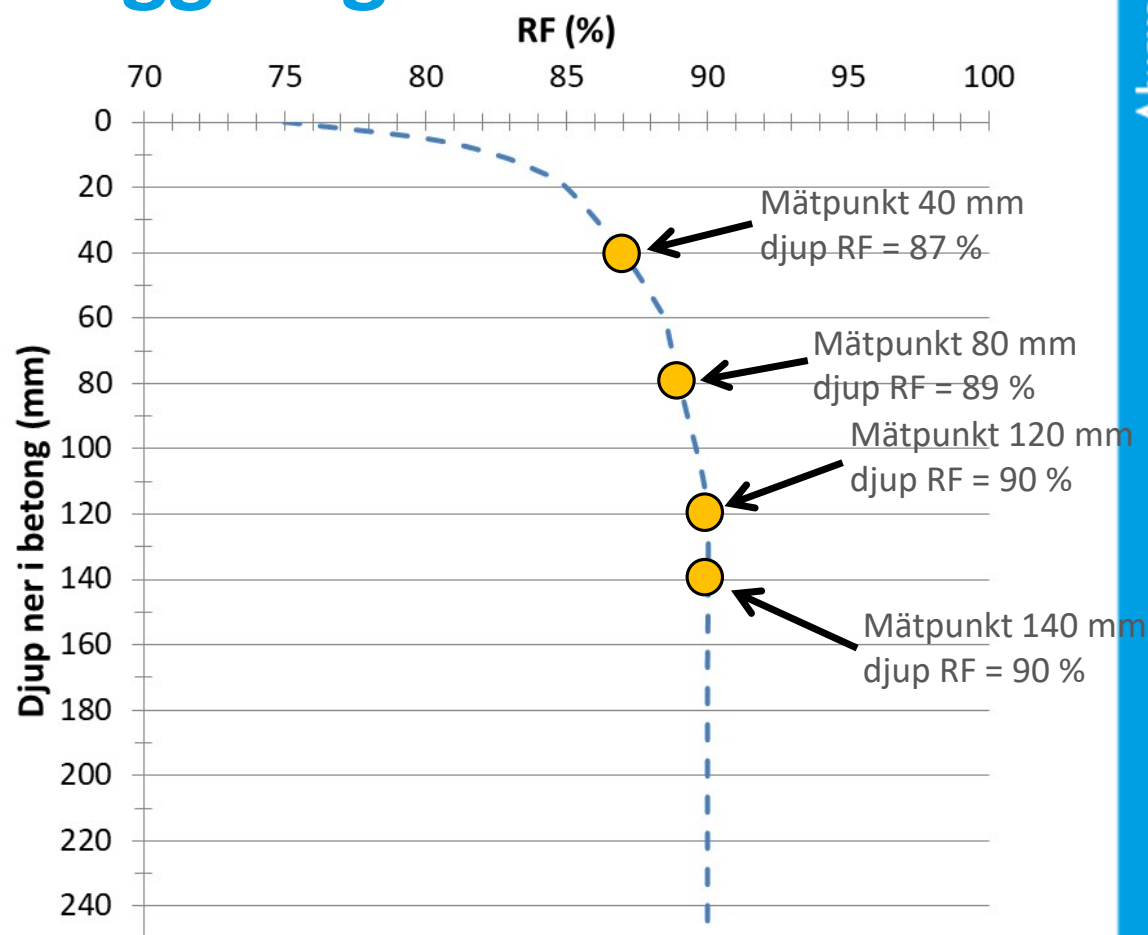
- Initial fuktprofil baserat på beräkningar
- Initial fuktprofil som baseras på mätningar
 - Initial fuktprofil som baseras på mätningar och beräkningar
 - Initial fuktprofil med mätvärden i en "trappa"



Vägledning för fuktfördelningsberäkningar

Initial fuktprofil före golvläggning

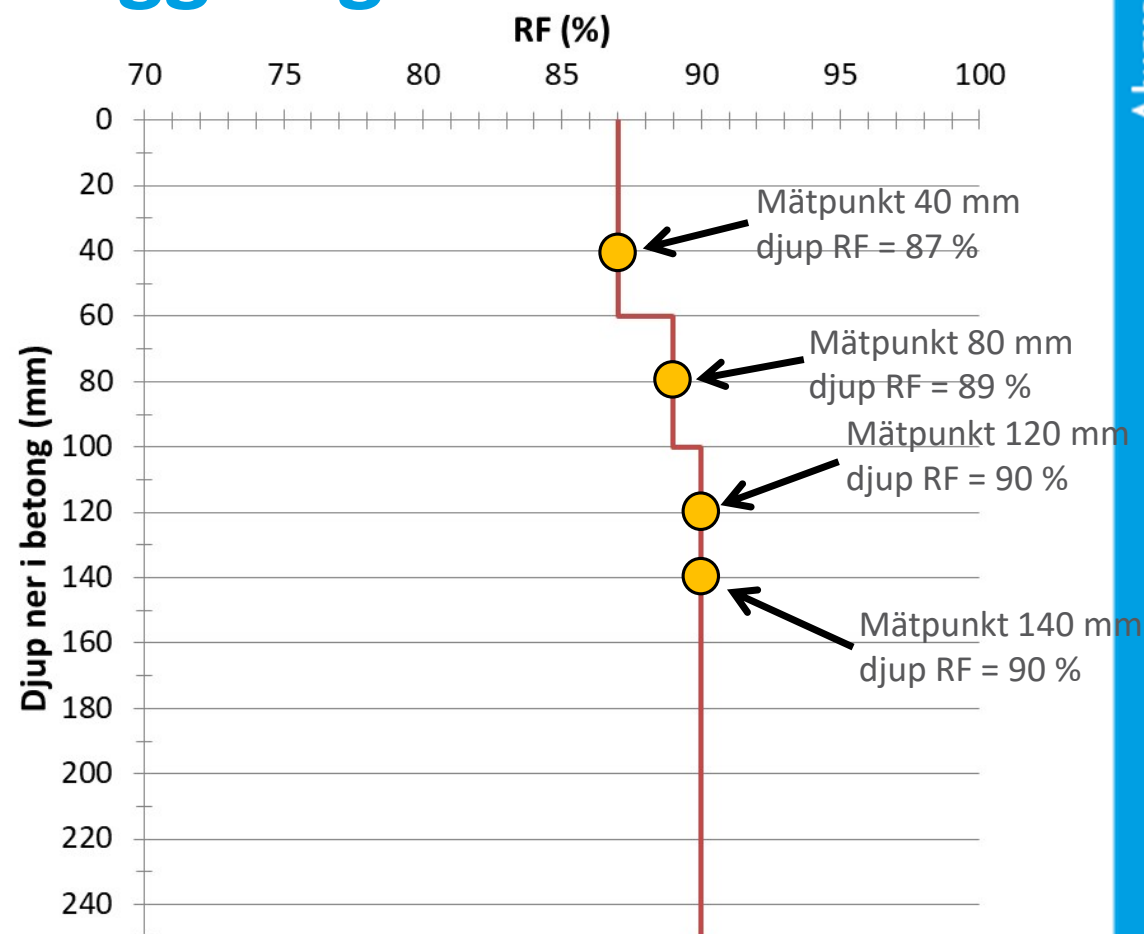
- Initial fuktprofil baserat på beräkningar
- Initial fuktprofil som baseras på mätningar
 - Initial fuktprofil som baseras på mätningar och beräkningar
 - Initial fuktprofil med mätvärden i en "trappa"



Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar

Initial fuktprofil före golvläggning

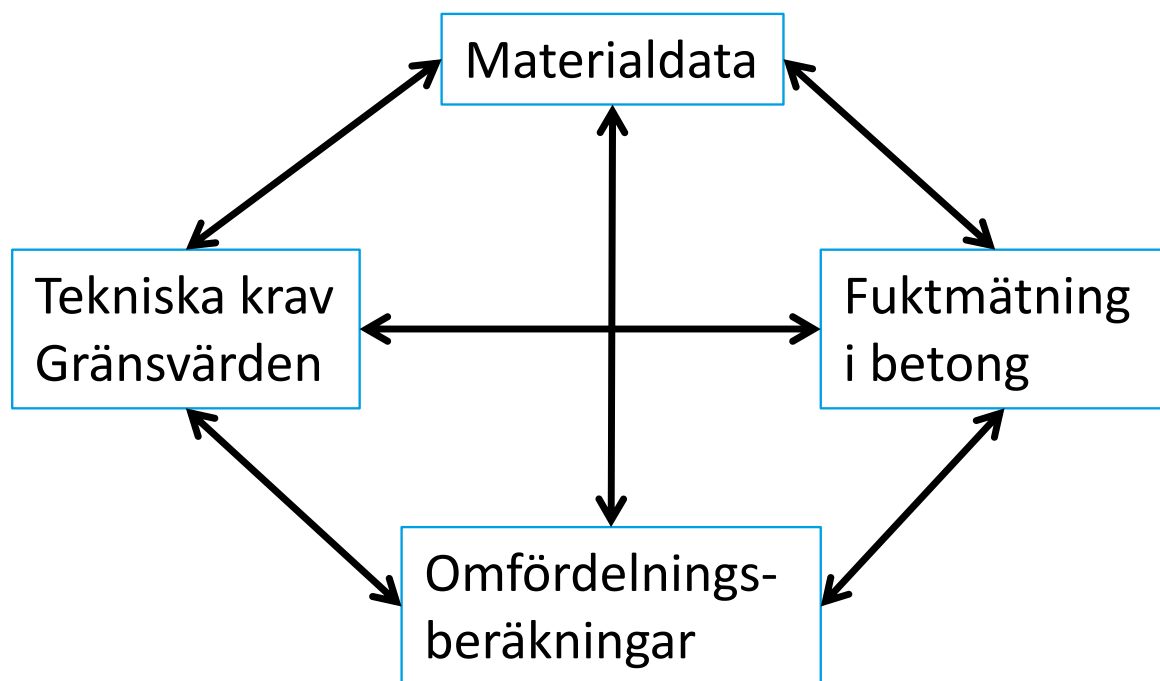
- Initial fuktprofil baserat på beräkningar
- Initial fuktprofil som baseras på mätningar
 - Initial fuktprofil som baseras på mätningar och beräkningar
 - Initial fuktprofil med mätvärden i en "trappa"



Agenda

- Vad är en omfördelningsberäkning
- Inledande kalibrering
- Workshop 1 – Round-Robin test omfördelningsberäkningar för ett fall
- Parameterstudie
- Scanning
- Workshop 2 – Hemuppgifter och test av vägledning
- Vägledning för fuktomfördelningsberäkningar
- **Trovärdighet och förutsättningar för omfördelningsberäkningar**

Beroenden, samband och samspel



Förutsättningar för att kunna göra en omfördelningsberäkning

- En omfördelningsberäkning görs INTE istället för en RBK-mätning
- Känd konstruktionsuppbyggnad
 - Skiktjocklekar geometri mm
 - Material
- Fuktprofil
- Fukttransportegenskaper och nödvändig relevant materialdata för ingående material
- Kända omgivande randvillkor
- Kännedom och förståelse för RF gränsvärden för att undvika skador (RF och tid)
- Tillräckligt hög kunskapsnivå
- Känna till sina egna och beräkningsverktygets begränsningar
- Vara väldigt noggrann

Kan man lita på en fuktomfördelningsberäkning?

- Numeriskt/ matematiskt
- Randvillkor
- Materialdata
- Risk för fel
 - Inmatningsfel – slarvfel
 - Materialdata – felaktig eller felaktigt applicerad materialdata
- Vilka kan göra en omfördelningsberäkning
 - Kännedom och förståelse för gränsvärden för att undvika skada
 - Tillräckligt hög kunskapsnivå
 - Känna till sina egna och beräkningsverktygets begränsningar
 - Noggranna personer