

## **Datorverktyget *KFX03* för en-dimensionell beräkning av samtidiga fukt- och temperaturändringar med fuktberoende materialegenskaper och tidsvarierande randvillkor.**

### Bakgrund

Datorverktyget KFX har successivt utvecklats vid institutionen för Byggnadsmaterial vid Chalmers. Ursprunget är ett datorverktyg "KortFukt" som Bengt Elmarsson gjorde på 1980-talet inför en doktorandkurs på Chalmers, avsett för beräkningar av fukt i en yttervägg. Programmet har omarbetats av Bengt Hedberg och utvecklats ytterligare av Mats Rodhe, båda i samarbete med Lars-Olof Nilsson. Programmet KFX har använts under många år i kurser och forskarutbildningen vid Chalmers och kursdeltagarna och doktoranderna har tagit programmet med sig och ibland använt det för skilda tillämpningar. Programmet har också använts av några skadeutredare i mer avancerade tillämpningar. Institutionen för Byggnadsmaterial vid Chalmers har använt KFX i många olika typer av uppdrag, från ytterväggar till konstruktioner mot mark och biltunnlar i berg!

Ursprungligen, och fram till 2002 kunde materialegenskaperna bara anges som konstanter, vilket skapade stora begränsningar. Nu har en uppgradering gjorts av Mats Rodhe, KFX03.

### Programmet

Programmet beräknar en-dimensionella fuktfördelningar icke-stationärt genom att med finita-differensmetod, numeriskt lösa massbalanskvationen för fukt och stationärt beräkna temperaturfördelningen i varje tidssteg. Beräkningarna görs i Excelblad med hjälp av makron och Visual Basic. 10 celler med mellanliggande skikt med fuktmotstånd måste användas.

Fuktransport beskrivs med ekvationerna

$$q = \delta \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{Z} \quad [kg / (m^2 \cdot s)]$$

där  $v$  är ånghalten,  $\delta$  är fukttransportkoefficienten och  $Z$  är fuktmotståndet.

I den senaste versionen KFX03 kan indata anges fuktberoende och ytterligare alternativ att ange randvillkor har inarbetats.

### Materialegenskaper

Fukttransportkoefficienten  $\delta$  anges som fuktberoende, dvs ökande med ökande RF, med hjälp av tre parametrar. Fuktmotståndet  $Z$  hos ett skikt anges som konstant.

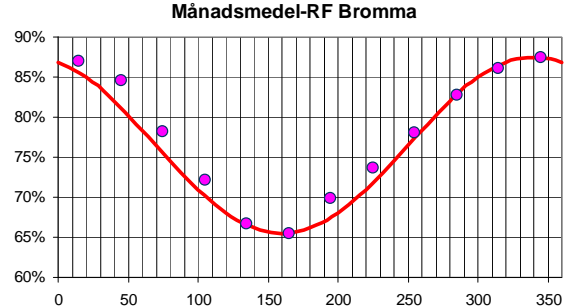
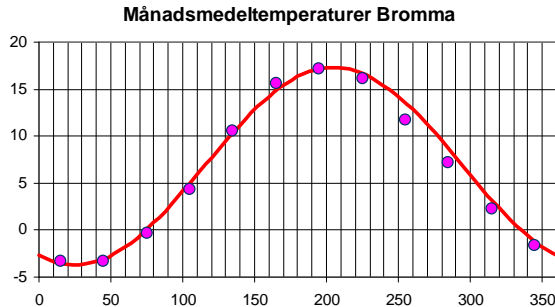
Fukthaltsändringar beskrivs med hjälp av materialens sorptionskurva, vars "omvända S-form" kan beskrivas med fyra parametrar.

Parametrarna för materialegenskaperna finns ännu inte i en databas utan måste anges av användaren.

Tidssteget måste anges av användaren. Beräkningsresultaten visar tydligt om tidssteget är för kort och behöver göras större.

## Randvillkoren

Randvillkoren på de två sidorna kan anges på olika sätt. Klimatet på Sida I ("ute") kan anges med temperatur och relativ fuktighet som varierar sinusformat, med ett medelvärde, amplitud och fasförskjutning. Exempel på indata (kurvor) och klimatdata från SMHI (punkter) visas i nedanstående figurer.



Strålning, t ex solstrålning, kan anges som en sinusvariation med en medelintensitet, amplitud och fasförskjutning.

Klimatet på andra sidan, Sida II ("inne") kan anges på två alternativa sätt. Alternativ 1 är detsamma som på Sida I. I alternativ II kan istället en konstant innetemperatur anges och ett fukt tillskott. Programmet räknar då om ånghalten och RF inne från uteluftens ånghalt. En övre gräns för RF inne kan sättas.

Exempel på ett indatablad:

Material	Enhet	Element												
		Sida I	I-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-II	Sida II
W <sub>ext</sub>	[kg/m <sup>3</sup> ]	0.25	0.25	0.25	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	
W <sub>int</sub>	[kg/m <sup>3</sup> ]	0.8	0.8	0.8	105	105	105	105	105	105	105	105	105	
W <sub>ext,0</sub>	[kg/m <sup>3</sup> ]	990	990	990	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
α, fönst faktor		5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
U <sub>ext</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	1.5E-05	1.5E-05	1.5E-05	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07	
U <sub>int</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	1.5E-05	1.5E-05	1.5E-05	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	
U <sub>ext,0</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	1.5E-05	1.5E-05	1.5E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	6.0E-05	
U <sub>int,0</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	0.04	0.04	0.04	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	
Elementjocklek	[m]	0.0100	0.0400	0.0400	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	
W <sub>in</sub> koeff		99.5	0.6	0.4	73.0	86.1	89.1	89.9	89.2	86.1	44.7			
E <sub>ö</sub> övergångsretning	[m/W]													
E <sub>i</sub> övergångsretning	[m]													
Mellan element		I-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-II		
Element	[m]	1.00E+07										1.00E+08		

Material	Enhet	Sida I		Sida II		Tid	
		alt 1	alt 2	ak 1	ak 2	Period	Tid
T <sub>ext</sub>	[°C]	22	20	T <sub>ext</sub>	[°C]		360
T <sub>ext,0</sub>	[°C]	0	0	Max RF <sub>ext</sub>	[%]		0.1
T <sub>ext</sub> (för T <sub>ext</sub> )	[W/m <sup>2</sup> ]	10	10	U <sub>ext</sub> = w <sub>ext</sub> - w <sub>int</sub>	[kg/m <sup>3</sup> ]	0.004	24
RF <sub>ext</sub>		100.0%	-0.0%				360
RF <sub>ext,0</sub>		0.0%	0.0%				
RF <sub>ext</sub> (för RF <sub>ext</sub> )	[W/m <sup>2</sup> ]	100	100				
I <sub>ext</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	0	0				
I <sub>ext,0</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	0	0				
I <sub>ext</sub> (för I <sub>ext</sub> )	[W/m <sup>2</sup> ]	0	0				
I <sub>int</sub> /I <sub>ext</sub>							

Element	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.000	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300				

Calculate

## Beräkningsresultat

RF och fukthaltsprofiler visas under beräkningens gång i ett diagram. Beräkningsresultaten i form av profiler av temperatur, RF, fukthalt och ånghalt kan begäras skrivas till ett Excelark efter ett visst antal tidssteg. Från detta ark kan sedan resultaten redovisas på en mängd olika sätt, som fuktprofiler eller som RF eller fukthalt som funktion av tiden i olika punkter.

Exempel på alternativa sätt att presentera beräkningsresultaten:

