

DTU

Fugtbergningsmetoder

Carsten Rode
Lektor, DTU Byg

DTU Civil Engineering
Department of Civil Engineering

DTU

Beregningsmetoder

- Hygrotermik
- Skimmelvurdering - temperaturfaktor
- Glaser's metode
- Instationære - analytiske
- Numeriske metoder
 - 1D
 - MATCH
 - WUFI
 - 2D
 - Delphin
 - WUFI2D
 - Whole building
 - BSim
 - WUFI Plus

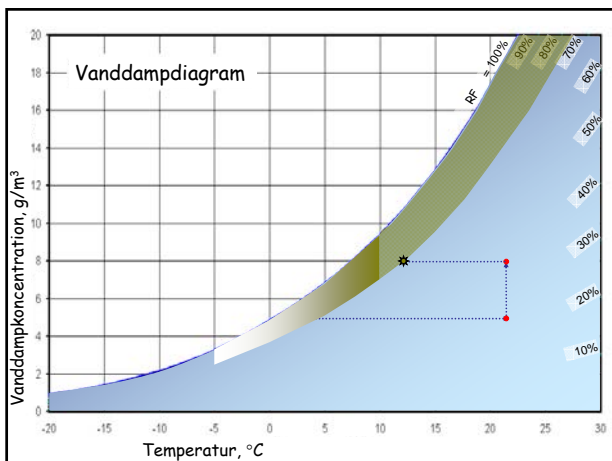
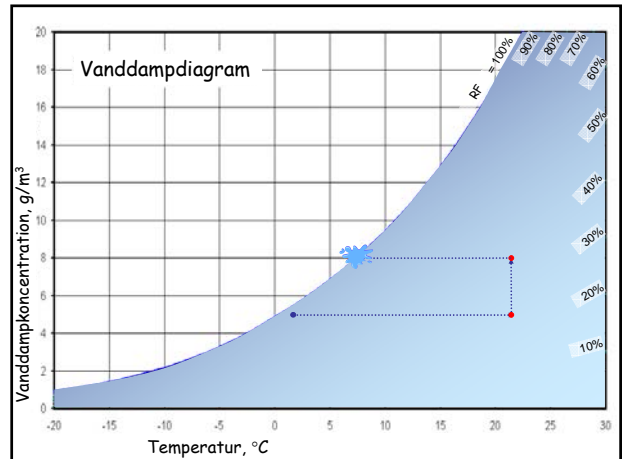
Fugtbergningsmetoder

DTU

Hygrotermik

- Mange beregningsværktøjer kan undværes - hvis bare man har lidt fornemmelse for basale hygrotermiske forhold
- Vanddampdiagrammet...

Fugtbergningsmetoder



DTU

Skimmelvurdering

- Temperaturfaktor:

$$f_{si} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$
- f_{si} er altid mindre end 1. Jo lavere værdier, jo større kuldebrovirkning => risiko for indendørs kritisk fugtighed.
- Adan, 1994 (Holland):

$$f_{si} > 0,73$$

Fugtbergningsmetoder

Glaser's metode

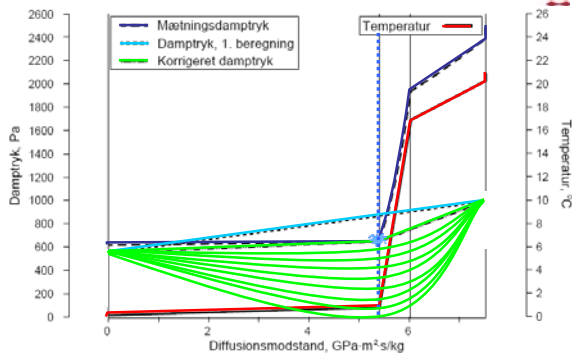
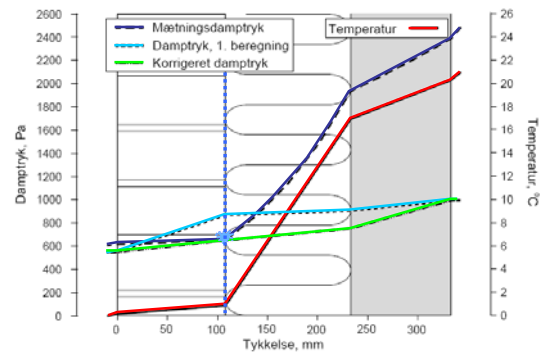
- Skemabaseret regnemetode
- Regneark
- Grafisk metode

Beregning af temperaturfordeling

| Materiale | Tykkelse, s | Varmelednings-evne, λ | Isolans, R | Temperatur-fald, Δθ | Temperatur, θ |
|----------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--|
| | m | W/m·K | m ² ·K/W | °C | °C |
| Udv. overgang | | | | | |
| Tegl | 0,110 | | | | |
| Mineraluld | 0,125 | | | | |
| Porebeton | 0,100 | | | | |
| Indv. overgang | | | | | |
| ΣR: | | | | | θ _{indv} - θ _{udv} : |

Beregning af damptryksfordeling

| Materiale | Mætnings-damptryk, p _s | Damppermea-bilitet, δ | Diffusions-modstand, Z | Damptryks-fald, Δp | Damptryk, p | Relativ fugtighed, RF |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|--|-------------|-----------------------|
| | Pa | μg/m ² ·s·Pa | GPa·m ² ·s/kg | Pa | Pa | % |
| Udv. overgang | 611 | | | | | |
| Tegl | 620 | | | | | |
| Mineraluld | 662 | | | | | |
| Porebeton | 1937 | | | | | |
| Indv. overgang | 2398 | | | | | |
| | 2487 | | | | | |
| ΣZ: | | | | p _{indv} - p _{udv} : | | |



Glaser's metode - ulemper

- Stationær metode
- Betragter kun vanddampdiffusion
 - ikke væskestrømning
 - ikke luftbåren fugt (konvektion)
- ...

Instationære - analytiske

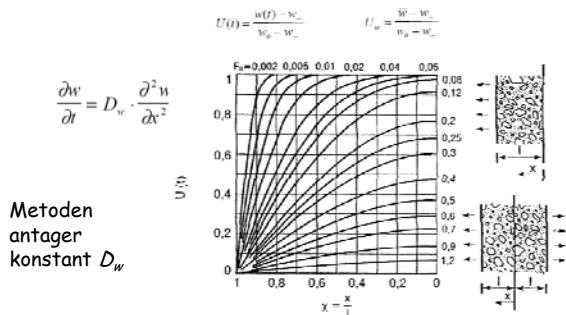


Figure 14. Moisture content distributions at various times for a slab. The curves correspond to different values of the Fourier number (Fo)

13 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

Numeriske metoder

- Differens- og finite element-metoder
 - 1D
 - 2D
 - Whole building

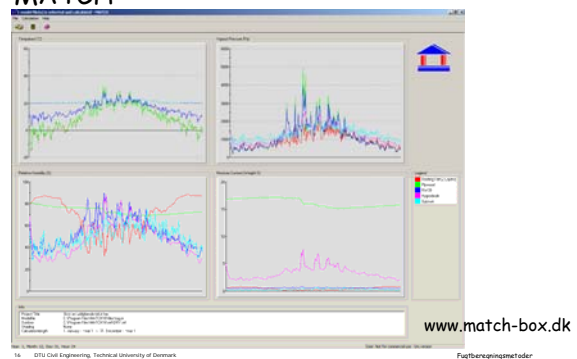
14 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

1D

- MATCH (Bygge- og Miljøteknik + DTU)
- ...
- ...
- ...
- ...
- WUFI (Holzkirchen Institut für Bauphysik)

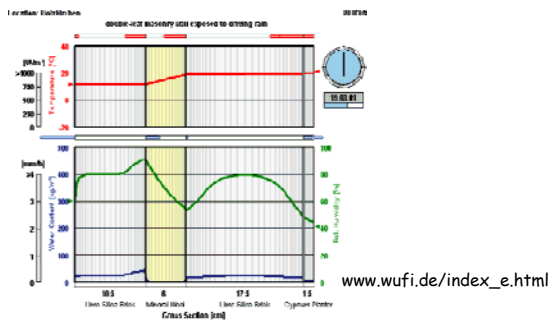
15 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

MATCH



16 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

WUFI



17 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

Programmernes fordele

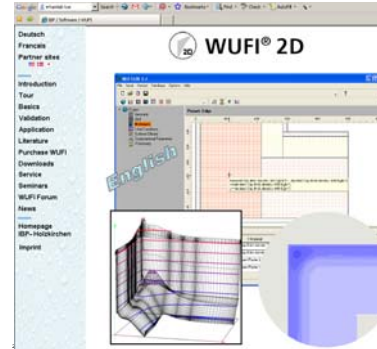
- MATCH
 - Tager hensyn til hysteresis, latent varme og langbølget udstråling fra udvendige overflader
 - Regner hurtigt
 - Kan regne på visse konvektionsformer
- WUFI
 - Moderne program
 - Mange brugere over hele verden
 - Væsketransport og slagregn

18 DTU Civil Engineering, Technical University of Denmark

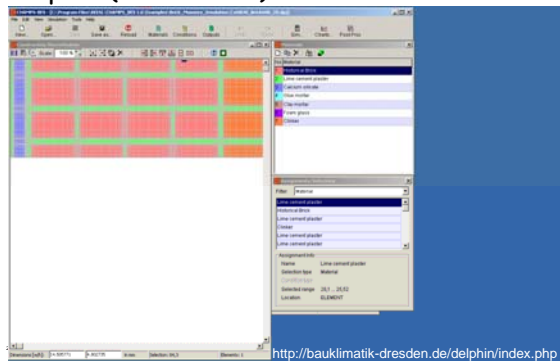
2D

- WUFI 2D (Holzkirchen Institut für Bauphysik)
- ...
- ...
- Delphin (TU Dresden)

WUFI 2D



Delphin (& CHAMPS)

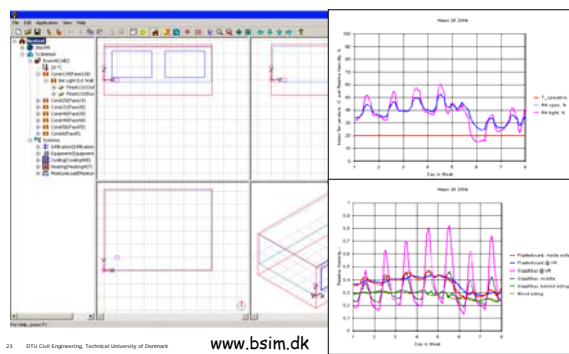


Whole Building Simulation

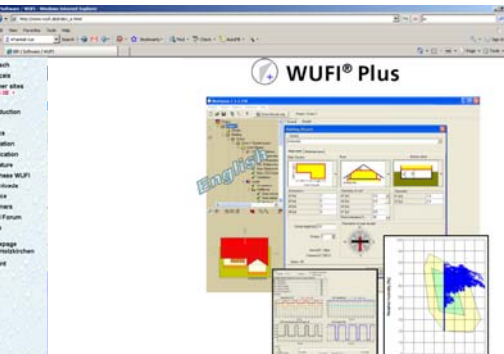
- BSim (Statens Byggeforskningsinstitut)
- ...
- WUFI Plus (Holzkirchen Institut für Bauphysik)

-
- Konstruktionernes fugtighed afhænger meget af inde- og udeklimaets fugttilstand
 - Indeklimaets fugtighed afhænger (også) af konstruktionernes fugttilstand
 - Der er tæt sammenhæng mellem temperatur, fugtighed og ventilation
 - Simulering for hele bygningen må derfor være "rigtigst"

BSim

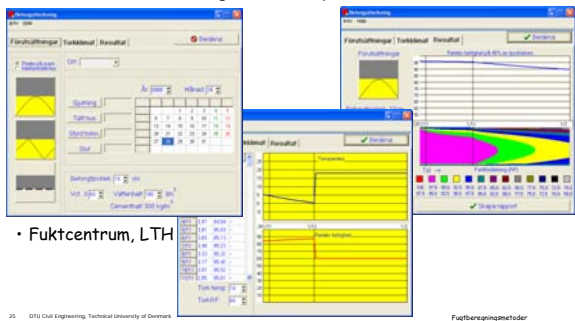


WUFI Plus



TorkaS

- Bedømmelse af udtørningstider for nystøbt beton



- Fuktcentrum, LTH

Toolbox

- International Building Physics Toolbox in Simulink (WWW.IBPT.ORG) . HAM Tools.

- Angela Sasic Kalagasidis, Chalmers University, S.

Simulink model

- Heat and moisture balance for one calculating node

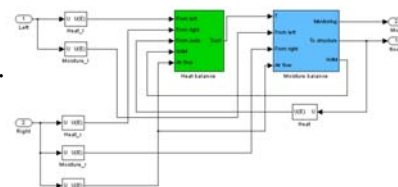


Figure 4: The first subsystem of the *One node* block.

Konklusion

- De beregningsmæssige muligheder er ved at være ganske veludviklede
- Men sund fornuft og basal bygningsfysisk viden er nu stadig nok det vigtigste...

