



Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

Tekn. Lic. Torun Widström
KTH
Institutionen för Bygghälsa
Avd. Byggt teknik



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 1



VEM

Min bakgrund:

- Jobbat med ombyggnad och renovering av gamla byggnader i ngt 20-tal år innan nuvarande doktorandstudierna

är i Energimyndighetens forskningsprogram Spara & spara, i projektet Energieffektivisering och renovering genom klimatstyrning i kulturhistoriska byggnader med inriktning på byggnadssimulering



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 2

 **VEM**

Min bakgrund:




- Ingår i Energimyndighetens forskningsprogram Spara & Bevara, i projektet Energieffektivisering och förebyggande konservering genom klimatstyrning i kulturhistoriska byggnader med inriktning på byggnadssimulering.
- Tyngdpunkt bevarandenaspekter och därmed på skadeförebyggande – huvudsakligen skador orsakade av fukt

Fuktcentrum 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 2

 **VEM**

Min bakgrund:



 Climate for Culture

 COOPERATION

- Tyngdpunkt bevarandenaspekter och därmed skadeförebyggande – huvudsakligen skador orsakade av fukt
- Licavhandling "Enhanced Energy Efficiency and Preservation of Historic Buildings – Methods and Tools for Modeling"
- Deltar även i EU-projektet Climate for Culture

Fuktcentrum Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 2

 **VARFÖR?**

Varför stämmer inte alltid praktik med teori inom simulering av kulturhistoriska byggnader?

Kort svar:

Tid

- Tid för insamling av indata
- Tid för att bygga simuleringsmodellen och lägga in indata
- Tid för att köra modellen – inklusive kalibrering
- Tid för att analysera resultaten och dra rätt slutsatser



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 3

 **VARFÖR?**

Varför stämmer inte alltid praktik med teori inom simulering av kulturhistoriska byggnader?

Kort svar:

Tid Pengar

- Kostnad för arbetstid
- Kostnad för mätning
- Kostnad för utrustning/programvara



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 4

KTH
VETENSKAP
OCH KÖNST

VARFÖR?

Varför stämmer inte alltid praktik med teori inom simulering av kulturhistoriska byggnader?

Längre svar:

Verklighet vs. teori

- Teorin är praktiskt begränsad/avgränsad/kontrollerbar
- Verkligheten komplex, integrerad

Alltså gör vi förenklingar av verkligheten = bygger in en felmarginal i vår modell.

Adderar till osäkerheter i indata.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


5

KTH
VETENSKAP
OCH KÖNST

VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte

```

if (T >= 0)
  vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
  vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));

```

Resultat

Beslutsunderlag

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


6

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte

```

if (T >= 0)
  vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
  vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));
    
```

Resultat

Beslutsunderlag

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


6

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte

```

if (T >= 0)
  vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
  vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));
    
```

Resultat

Beslutsunderlag

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

6

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Komplexitet i objektet

Komplexitet att integrera

- Geometri – skevheter, valv, torn, rundade väggar i absider eller burspråk, lönngångar...



The slide features architectural drawings on the left, including a floor plan with irregular shapes and a dome structure. On the right, a photograph shows the interior of a church with a prominent spiral staircase and a tall, pointed tower in the background.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska bygg

7

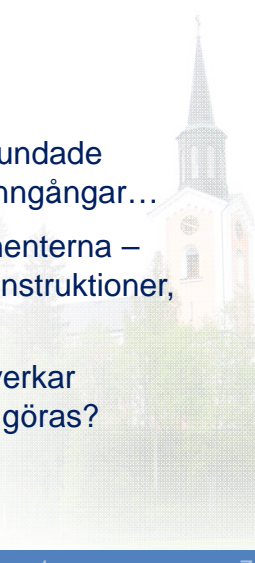
KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Komplexitet i objektet

Komplexitet att integrera

- Geometri – skevheter, valv, torn, rundade väggar i absider eller burspråk, lönngångar...
- Uppbyggnad av byggnadskomponenterna – luftspalter mellan olika lager av konstruktioner, byte av material/utfyllnad
- Förenklingar nödvändiga men påverkar resultatet – vilka prioriteringar bör göras?



The slide features a photograph of a church exterior on the right, showing a tall, pointed tower and a clock face.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

7

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Material

- Heterogenitet –
 - handgjorda, icke-standardiserade material,
 - påverkan av skador/nedbrytningsprocesser,
 - delvis utbyte vid ombyggnader
- Ytlager ofta kulturbärande och olämpliga att röra, kräver icke-invasiva undersökningsmetoder




Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

8



KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Material

- Och materialen är kanske ändå inte lika ens inom samma lager i samma byggnadskomponent
- Kräver tid och pengar att undersöka...

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

9


KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

- Ofta naturlig och
- Ofta relativt stort läckflöde
- Kräver tid och pengar att undersöka...




Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

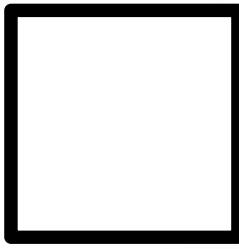


10

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

The diagram shows a square building with arrows indicating air flow: blue arrows pointing into the building from the top and right sides, and orange arrows pointing out from the bottom and left sides. A large blue arrow points from the building towards a background image of a church with a steeple. Above the church is a cloud with rain falling. The text 'Indata' is positioned above the church, and 'Ventilation' is to the left of the building.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

The diagram shows a rectangular building with arrows indicating air flow: blue arrows pointing into the building from the top and right sides, and orange arrows pointing out from the bottom and left sides. A large blue arrow points from the building towards a background image of a church with a steeple. Above the church is a cloud with rain falling. The text 'Indata' is positioned above the church, and 'Ventilation' is to the left of the building.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader



11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

12

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Dolda material och konstruktioner

- Det man inte vet har man inte ont av? Jo, dessvärre...

Värmeisolering
Tilläggsisolering av vind med 400 mm
cellulosaisolering.
Tilläggsisolering invändigt av
ytterväggar med 70 mm mineralull.
Isolering av alla golv i bottenvåningar
utom badrummet med 30 mm cellplas





WUFI



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

13

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

???

Modellen

Att hantera osäkerheterna

- X antal parametrar, med varierande osäkerhet genererar osäkerhet i resultaten – hur hantera?
- Genom att gå tillbaka till verkligheten och kolla – kalibrera mot uppmätta värden

...vilket kräver...



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

14

KTH
VETENSKAP
OCH KONST


VAD?

???

Modellen

Att hantera osäkerheterna

- Mätning –
 - över längre tid
 - kostar pengar
 - kräver rätt utrustning
- Kalibreringsprocess –
 - tar också tid
 - kräver kort tid per körning
 - kostar naturligtvis också
- Inverse modeling



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

15

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

???


Modellen

Att hantera osäkerheterna

- Kalibreringen kan avslöja det vi inte vet att vi inte vet...
- Men mätning kostar alltså tid och pengar – hur motivera beställaren?

!

?



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

16

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg

Funktionalitet

- Vad är simuleringsverktyget avsett att leverera?
- Helbyggnadssimulering nödvändigt för att bestämma de olika utrymmenas generella temperatur och fuktförhållanden
- Men om problem uppstår, så uppstår de inte mitt i rumsluften...



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

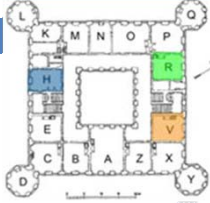
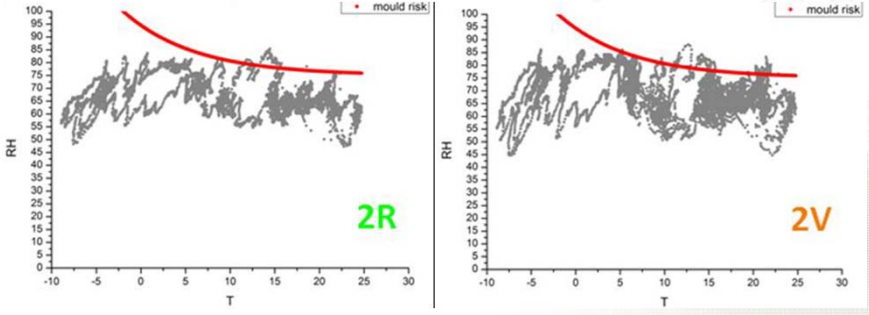
17

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg

Funktionalitet

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


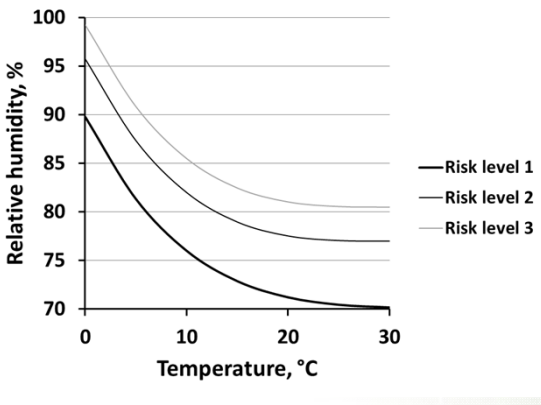
18

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg

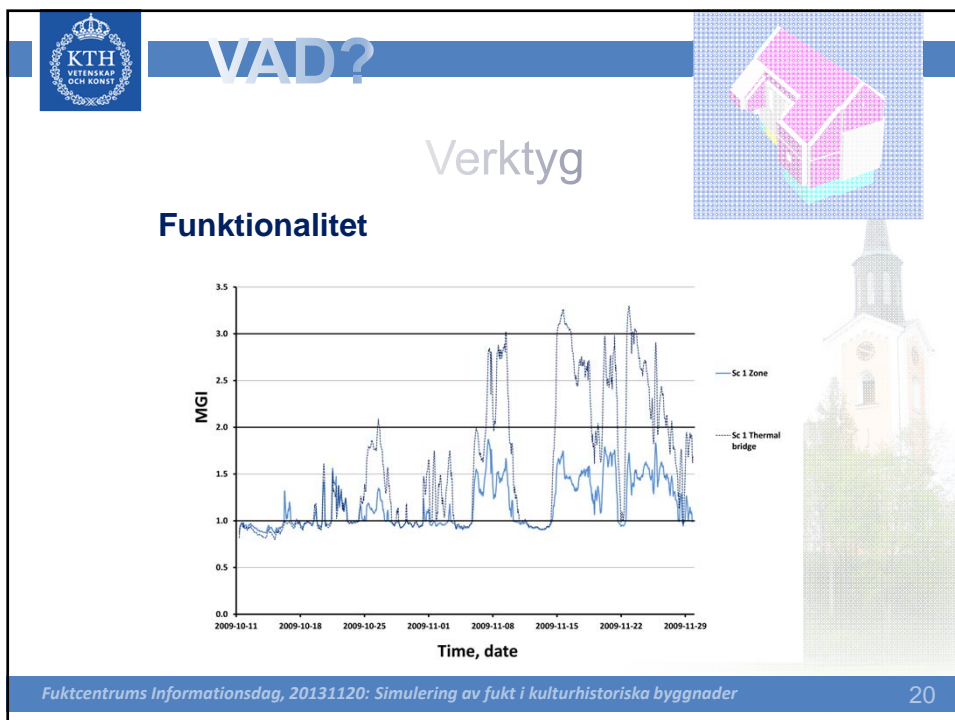
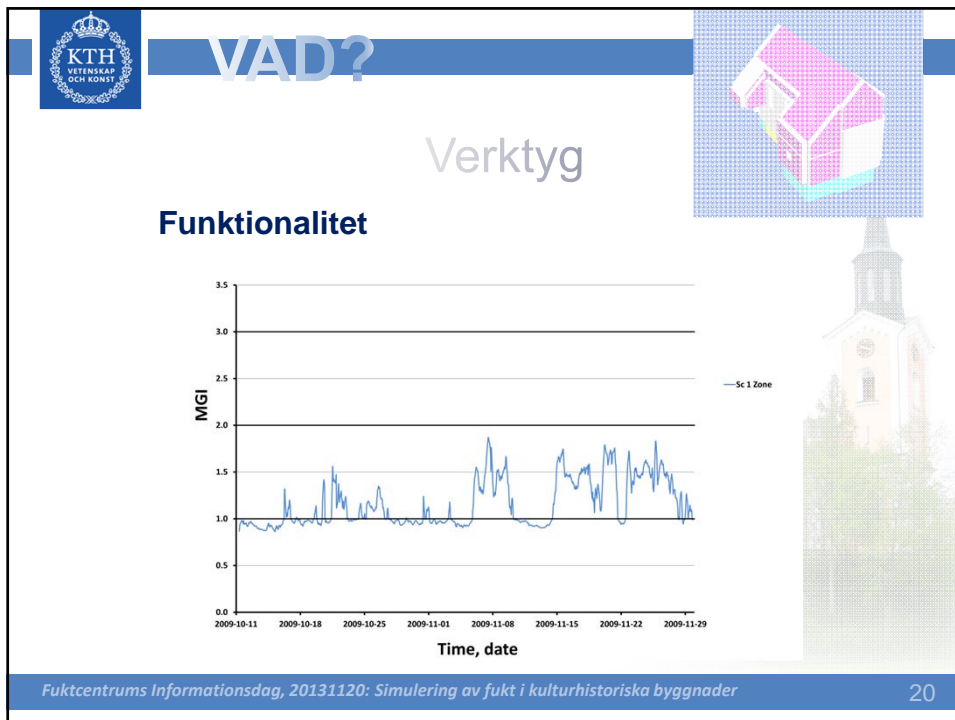
Funktionalitet

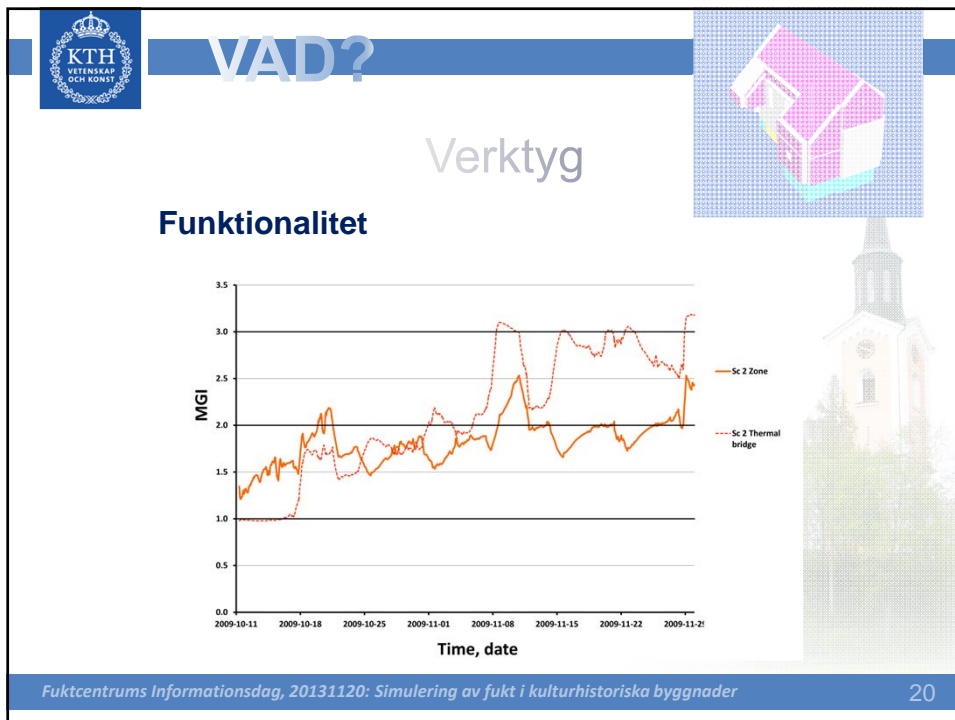
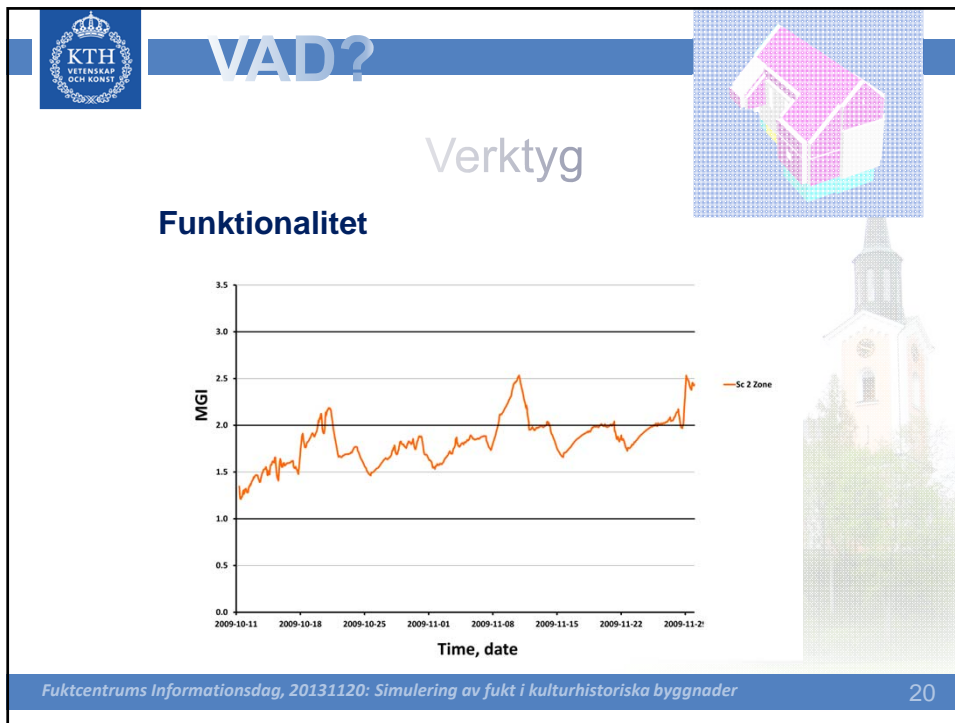



— Risk level 1
— Risk level 2
— Risk level 3

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

19





KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg



Tidsåtgång

- Hur lång tid tar det att bygga modellen?




Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

21

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg



Tidsåtgång

- Hur lång tid tar det att köra modellen en gång?
- Multiplicera med antal parameterar att kalibrera och med antal körningar tills de är kalibrerade...



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

22

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg



Tidsåtgång

- Ergo: Verktöget behöver vara snabbt, lätthanterligt, flexibelt, exakt och tillåta komplexa geometrier...
- Och vara tillgängligt på marknaden...




Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt

23


KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Resultat

Generellt

- Hur trovärdigt är trovärdigt? Hur exakt måste resultatet vara för att duga som beslutsunderlag?



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

24



VAD?

Resultat


Generellt

- Beror på vilka risker man bedömer och vilka kostnader som är förbundna med dem
- Beror på vilka kriterier man behöver uppfylla – multipla kriterier kan innebära mer begränsat utrymme för felmarginal
- Beror på kulturvärden och dessas känslighet
- Beror på vad man är beredd att betala för simuleringsprocessen...




Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


25



SLUTSATSER

Vi behöver

- Bestämma **ambitionsnivå** = acceptabel felmarginal
- **Lägga tid** på att samla in och **analysera** indata
- Välja ett eller flera lämpliga verktyg som
 - ger resultat för **helbyggnad + kritiska punkter**
 - är **snabba och lätthanterliga**
 - är **flexibla, exakta och tillåter komplex geometri**
- **Kalibrera** modellen mot långa mätserier



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

26



Tack för
uppmärksamheten!
Frågor?

