

# Välkomna

FuktCentrums informationsdag 2010

Mera fakta, mindre fukt  
-aktuella forskningsresultat



## Viktiga händelser under året

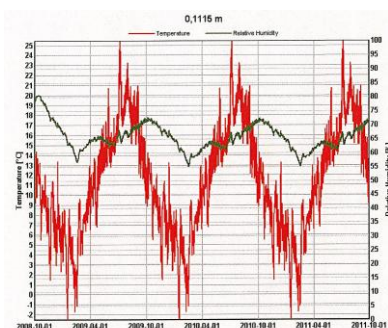
En översiktlig tillbakablick av vad som har hänt inom fuktområdet senaste året. Ny kunskap och nya erfarenheter.

## FUKTCENTRUM

Många använder beräkningsprogrammet WUFI i samband med projektering. Programmet är lämpligt för parameterstudier

- konstruktion
- material
- läge, väderstreck
- vad händer om fukt av misstag kommer in till känsliga delar (till exempel till en gipsskiva med kartong).

**Varning för övertro på resultaten!**  
**Erfarenheter samlas in av Fuktcentrum.**



## FUKTCENTRUM

Slutrapporten om fukt i putsade regelväggar som var klar i augusti 2009 visar skadeomfattningen, förslag till åtgärder i byggda väggar och exempel på konstruktioner under utveckling.

Rätt utförda detaljer är A och O.

Många hus byggs om.

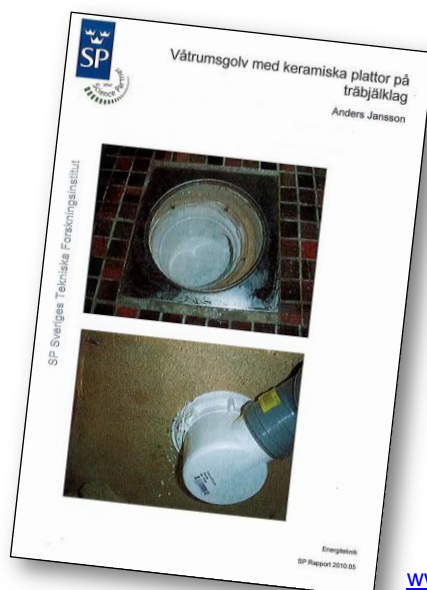
Tyvärr visar fortsatta undersökningar att problemen inte är lösta. Även nybyggda hus får problem.

[www.sp.se](http://www.sp.se)



## FUKTCENTRUM

En undersökning av orsaken till fuktskador i våtrumsgolv visade på omfattande slarv. I rapporten föreslås att egenkontrollen skall dokumenteras med foto.



## FUKTCENTRUM

Erfarenheter från många skadefall i byggnader med särskilt fuktigt klimat visar en brist på förståelse för problemen. Man bygger som om det vore småhus.



## FUKTCENTRUM

Många händelser den senaste tiden pekar på behov av ökat kvalitetstänkande. Fukt är en viktig faktor. Exempel:

- våtrumsväggar och vårumsgolv
- putsade fasader, fortsatta problem
- känsliga material som pappbelagd gips i fuktig miljö
- känsliga detaljer

Branschen har också reagerat och jobbar med att komma till rätta med detta:

- nya tätskiktssystem
- alternativa skivmaterial
- utvärdering av fasadlösningar
- långtidsuppföljning av nya system

## FUKTCENTRUM

Det blir allt viktigare med kunskap i alla led i byggprocessen.

FuktCentrum medverkar till att höja kunskapsnivån genom

- Omfattande forskning
- Informationsspridning
- Rapporter och utredningar
- Kvalitetssäkring i byggprocessen
- Utbildningar
- Hemsidan [www.fuktcentrum.se](http://www.fuktcentrum.se)



## FUKTCENTRUM

# homes for tomorrow

Building Solutions for Tomorrow as a Reference for Today

## Research programme

*Application for grants for strong research environments – Formas*

Homes for tomorrow (h42) is planned as a strong research environment which will support our future homes in the global era with new technologies, materials and spatial structures which radically reduce resource and energy intensity. The findings will also underpin the retrofit of current homes through new technologies and experiential developments.

*The specific aim of this strong research environment is to bring together leading researchers on building and homes at Chalmers within interdisciplinary projects to create cutting edge innovations and a transdisciplinary arena with society to create new approaches and applications.*

- Active multifunctional building envelopes
- Concrete composites with energy storage potential
- Indoor water systems
- Perceptions of homes – light and structures

*Beviljat under hösten 2010  
5 år, 5 Mkr/år*

## FUKTCENTRUM

Jörgen Falks licuppsats  
om ventilerad luftspalt i  
yttervägg skall  
presenteras 2010-11-19



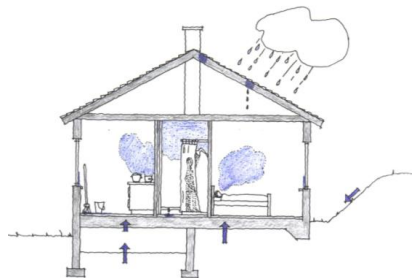
## FUKTCENTRUM

Förändringar inom FuktCentrum:

- Lars Wadsö ny professor på Byggnadsmaterial, LTH
- Anders Sjöberg har lämnat FuktCentrum
- Stephen Burke är ny sekreterare

## FUKTCENTRUM

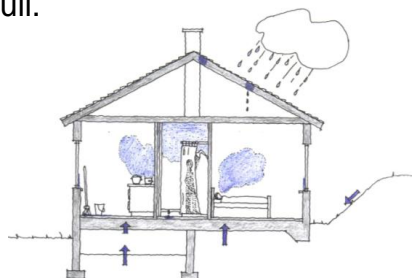
# Fuktforskningsprogram



## FUKTCENTRUM

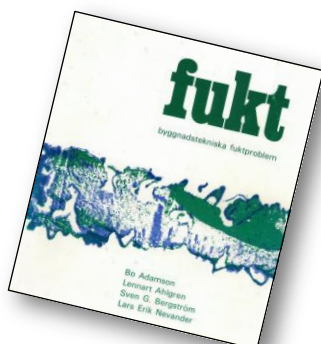
Hus bygg för att användas.  
 Fuktskador kan medverka till att hus rasar.  
 Fukt kan också ge rörelser och missfärgningar.  
 Fukt kan ge kemisk eller biologisk nedbrytning som kan ge emissioner som försämrar inommiljön.

Vi bygger fuktsäkert för beständighetens och för inommiljöns skull.



## FUKTCENTRUM

Ett första program som handlade om behovet av fuktforskning skrevs redan 1970. Detta blev starten på intensiv fuktforskning vid LTH. Fuktcentrums nuvarande forskningsprogram upprättades för några år sedan och har reviderats efter hand.



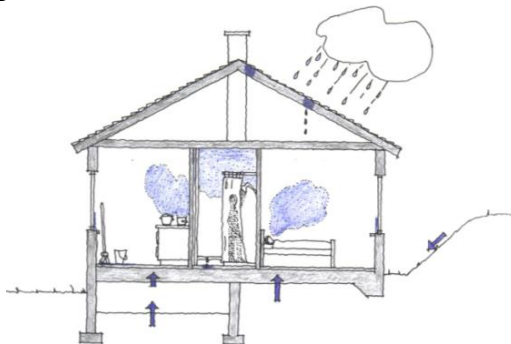
### FÖU-PROGRAM FÖR FUKTCENTRUM

Allmänna .....	2
1 Fuktforskning, målsättningar .....	2
1.1 Fuktskador, målsättningar .....	2
1.2 Målsättningar .....	3
2 Materialfyller .....	4
2.1 Materialfyller och materialförhållanden .....	4
2.2 Fuktutsläpp .....	5
2.3 Rågfukt .....	5
2.4 Fuktutsläpp .....	5
3 Byggnadsdelar .....	7
3.1 Värme och (massiva tak) .....	7
3.2 Kalla vindar .....	7
3.3 Kryggnader .....	7
3.4 Plåst på mark .....	7
3.5 Värme .....	8
3.6 Bjällra .....	8
3.7 Pysade funder .....	8
3.8 Märten .....	8
3.9 Fuktsäkerhet i konstruktioner med liten fuktkapacitet .....	8
3.10 Fuktiga, till exempel, fuktutsläpp vid ventilation .....	8
3.11 Samspel byggnad/omgivningsluft .....	9
3.12 Fuktutsläpp som rör sig med temperaturen .....	9
3.13 Källor till fukt .....	9
3.15 Detaljer, anslutningar, genomförelser .....	9
4 Byggnadsstyrelse .....	10
4.1 Modeller för väg betong .....	10
4.2 Modeller för fuktutsläpp i materialkonstruktioner .....	10
4.3 Helheten hos modeller .....	10
4.4 Förhållanden vid tillfälligheter .....	10
4.5 Användningsbara beräkningsmetoder för olika material och konstruktioner .....	10
4.6 Beräkningsmetoder enligt europeisk standard .....	10
4.7 Simulera Toxbox .....	10
4.8 "Ståa här" -modeller .....	10
4.9 Räknesätt, räknesätt .....	10
4.10 Kombination värme, fukt- och luftventilation i 2D .....	10
4.11 Modeller för fuktutsläpp i material och yttill .....	10
5 Fuktutsläpp, fuktutsläpp, fuktutsläpp .....	11
5.1 Fuktutsläpp .....	11
5.2 Kommunikation av fuktutsläpp .....	11
5.3 GFK .....	11
5.4 Hjälpmedel för fuktutsläpp .....	11
5.5 Egna fuktutsläppprojekt .....	11
5.6 Utvärdering i fuktutsläpp .....	11
6 Fuktutsläpp .....	12
6.1 Utvärderingsmetoder för både fuktutsläpp och "stilla hus" .....	12
6.2 Fuktutsläpp i byggnadsdelar .....	12
7 Fuktutsläpp .....	12
7.1 Nationella .....	12
7.2 Internationella .....	12
7.3 Tvärvetenskapliga projekt .....	12

**FUKTCENTRUM**

Fuktforskningsprogrammets huvudområden:

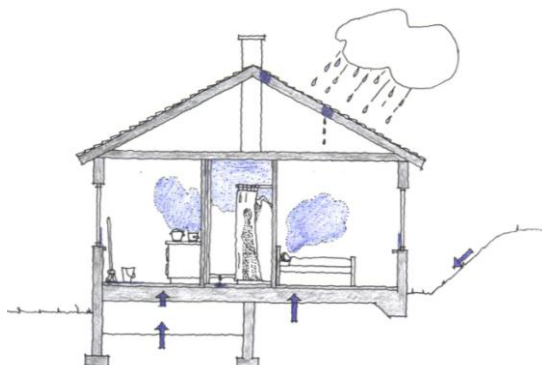
- Fuktkällor
- Materialegenskaper
- Konstruktioner
- Beräkningsverktyg
- Fuktsäkerhetsprojektering
- Skadeutredning

**FUKTCENTRUM**

Fuktforskningsprogrammet:

**Fuktkällor**

- Uteklimat
- Inneklimat

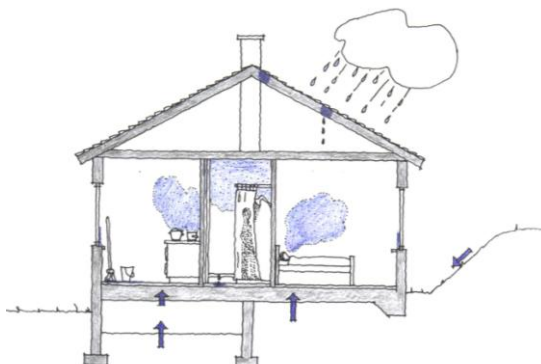


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Materialegenskaper

- *Materialegenskaper och materialbeteende*
- *Fuktmätning*
- *Byggfukt*
- *Fuktpåverkan*

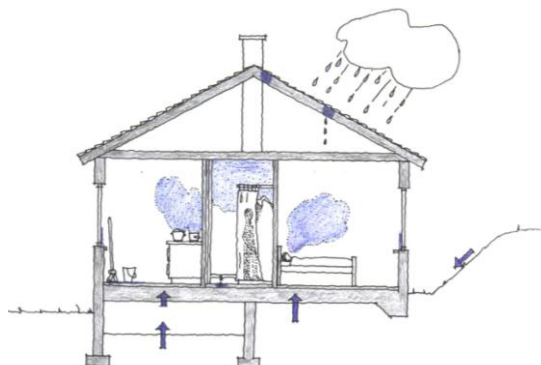


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Konstruktioner

- *Tak och vindar*
- *Krypgrunder*
- *Platta på mark*
- *Våtrum*
- *Bjälklag*
- *Putsade fasader*
- *Murverk*
- *Installationer/byggnader*
- *Källare*
- *Med mera*

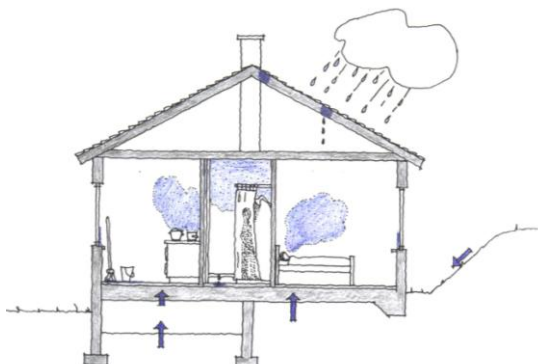


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Beräkningsverktyg

- Modeller för ung betong
- Modeller för omfördelning av fukt
- Förenklingar vs tillförlitlighet
- Användarvänliga verktyg
- Simulink Toolbox
- "Hela hus"-modeller
- Riskanalys
- Värme/fukt/luft i 2D
- Fuktbuffring i ytor
- Med mera

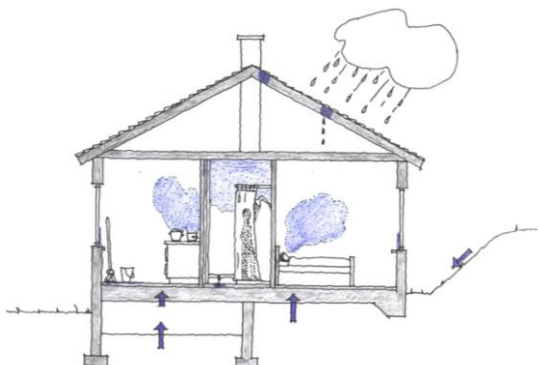


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Fuktsäkerhetsprojektering

- Fuktbegrepp
- Kommunikation av fuktsäkerhet
- Obligatorisk fuktkontroll OFK
- Hjälpmedel
- Erfarenhetsåterföring
- Utbildning

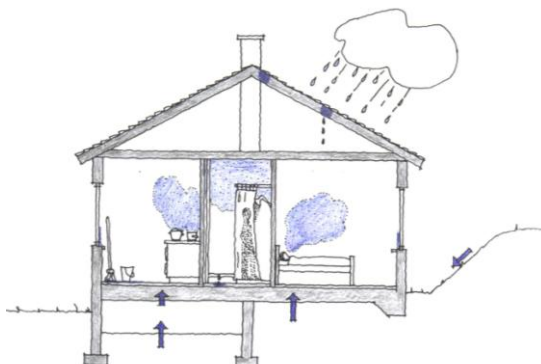


**FUKTCENTRUM**

Fuktforskningsprogrammet:

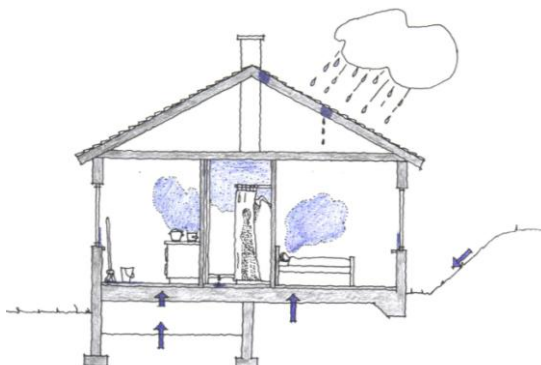
**Skadeutredning**

- *Utredningsmetodik för fuktskador och för inomhusmiljöproblem ("sjuka hus")*
- *Fältmätmetoder för fuktfördelning i byggnadsdelar*

**FUKTCENTRUM**

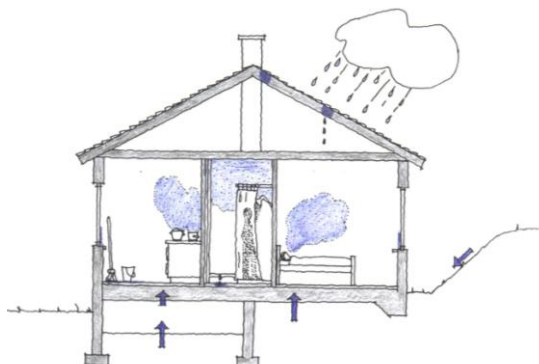
Forskningssamarbete

- *Nationellt*
- *Internationellt*
- *Tvärvetenskapliga projekt*



## FUKTCENTRUM

Vi kommer under dagen att ge exempel på viktig forskning inom alla dessa huvudområden. Men det görs mycket mer, detta är bara exempel.



## FUKTCENTRUM

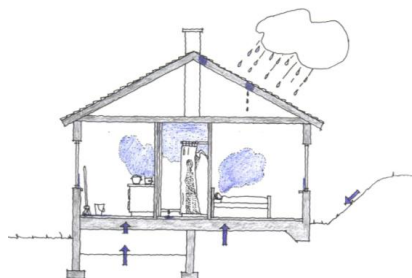
Tid	Program	
09.30	Välkommen Viktiga händelser under året. Fuktcentrums fuktforskningsprogram	Ingemar Samuelson
10.00	<b>Fuktkällor</b> Nederbörd, fukt utifrån och inifrån Interna fuktkällor Klimatmodell Ändrat klimat	Carl-Eric Hagentoft  Angela Sasic Lars-Erik Harderup Nikolaj Tolstoy, Boverket
10.45	Kort paus med frukt	
11.00	<b>Materialfrågor</b> Fukt i tjocka konstruktioner Omfördelning av fukt i betong Trådlös mätning i material Frost i cellulosafiberisolering och minull	Peter Johansson  Magnus Åhs Anders Sjöberg, STO Folke Björk
12.00	Lunch	



## FUKTCENTRUM

Tid	Program	
13.00	<b>Byggnadsdelar</b> Kalla vindar Kvalitetssäkring av ytterväggskonstruktioner Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum	Ingemar Samuelson Petter Wallenten Lars Olsson Tord af Klintberg
14.00	<b>Beräkningsverktyg</b>	Jesper Arfvidsson
14.10	<b>Byggprocessen</b> Bygga F och Bygga L Minska energianvändningen i byggprocessen	Eva Sikander Kristina Mjörnell Peter Brander
14.30	<b>Erfarenheter från fuksäkerhetsprojekt</b>	Anders Kumlin
15.00	Kaffe	
15.30	<b>FoU-samarbete</b>	Carl-Eric Hagentoft
16.00	<b>Mögel och mikroorganismer</b>  Cram, Woodbuild, Framtidens trähus	Sven Telandersson Sanne Johansson Pernilla Johansson
16.30	<b>Roterande, energisnåla värmepumpar</b>	Lars Jensen
17.00	Slut för dagen	

# Fuktforskningsprogram



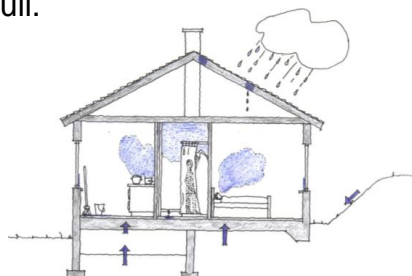
Hus bygg för att användas.

Fuktskador kan medverka till att hus rasar.

Fukt kan också ge rörelser och missfärgningar.

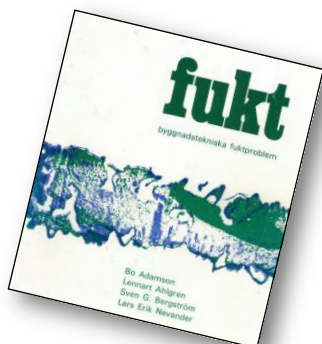
Fukt kan ge kemisk eller biologisk nedbrytning som kan ge emissioner som försämrar inomhusmiljön.

Vi bygger fuktsäkert för beständighetens och för inomhusmiljöns skull.



## FUKTCENTRUM

Ett första program som handlade om behovet av fuktforskning skrevs redan 1970. Detta blev starten på intensiv fuktforskning vid LTH. Fuktcentrums nuvarande fuktforskningsprogram upprättades för några år sedan och har reviderats efter hand.

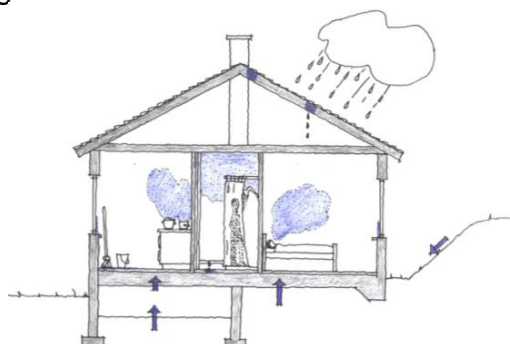


FoU-PROGRAM FÖR FUKTCENTRUM	
Allmänna	2
1 Fuktkällor	2
1.1 Fuktströmmar: materialflöden	2
1.2 Måttflöden	3
2 Materialtegrar	4
2.1 Materialegenskaper och materialbestånd	4
2.2 Fuktströmmar	5
2.3 Byggnader	5
2.4 Fuktströmmar	5
3 Byggnadsdetaljer	7
3.1 Varusäck (massiva tak)	7
3.2 Kalla smidar	7
3.3 Karyggnader	7
3.4 Platta på mark	7
3.5 Värmen	8
3.6 Bjälklag	8
3.7 Putsvad fönster	8
3.8 Murverk	8
3.9 Fuktisolering i konstruktioner med stora fuktansatser	8
3.10 Provetta, fuktsporrningar, blödningsrör för ventilation	8
3.11 Särskilda byggnadsdetaljer/fuktströmmar	9
3.12 Fasadblödnor som rör sig med temperaturen	9
3.13 Källor/fuktströmmar	9
3.14 Detaljer, anslutningar, genomförlingar	9
4 Beräkningsverktyg	10
4.1 Modeller för väg betong	10
4.2 Modeller för fuktströmmar i materialkonstruktioner	10
4.3 Hjälpmedel för fuktströmmar i materialkonstruktioner	10
4.4 Förenklade vs. Tillförlitliga	10
4.5 Användning av beräkningsverktyg för olika material och konstruktioner	10
4.6 Beräkningsverktyg enligt europeisk standard	10
4.7 Simulera fuktströmmar	10
4.8 "Hela hus"-modeller	10
4.9 Riktlinjer, rekommendationer	10
4.10 Kombination värme-, fukt- och luftströmmar i 2D	10
4.11 Modeller för fuktströmmar i material och konstruktioner	10
5 Fuktströmmar, projektering, fuktströmmar	11
5.1 Fuktströmmar	11
5.2 Kommunikation av fuktströmmar	11
5.3 ÖPN	11
5.4 Hjälpmedel för fuktströmmarprojektering	11
5.5 Egna fuktströmmarprojekteringsprocedurer	11
5.6 Utbildning i fuktströmmarprojektering	11
6 Fuktströmmar i konstruktioner	12
6.1 Utredningsmetoder för både fuktströmmar och "stuka hus"	12
6.2 Fuktströmmar i fuktströmmarprojektering	12
7 Fuktströmmar	12
7.1 Nationella	12
7.2 Internationella	12
7.3 Fuktströmmar i projekter	12

## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammets huvudområden:

- Fuktkällor
- Materialegenskaper
- Konstruktioner
- Beräkningsverktyg
- Fuktsäkerhetsprojektering
- Skadeutredning

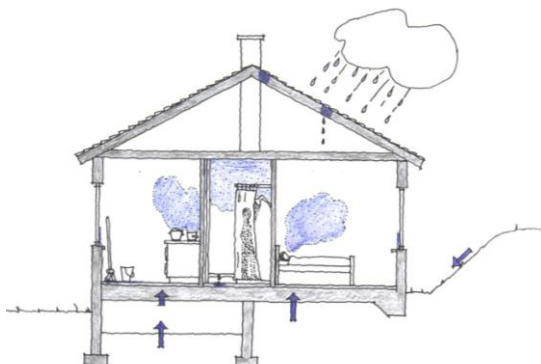


**FUKTCENTRUM**

Fuktforskningsprogrammet:

**Fuktkällor**

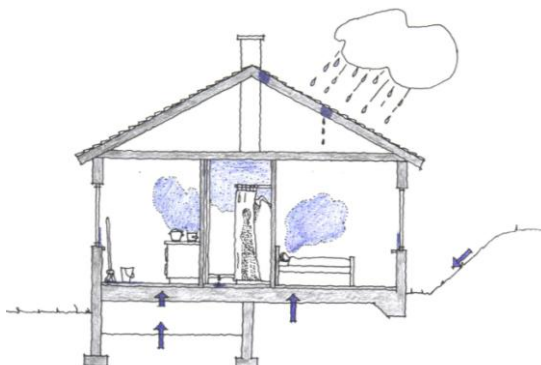
- Uteklimat
- Inneklimat

**FUKTCENTRUM**

Fuktforskningsprogrammet:

**Materialegenskaper**

- Materialegenskaper och materialbeteende
- Fuktmätning
- Byggfukt
- Fuktpåverkan

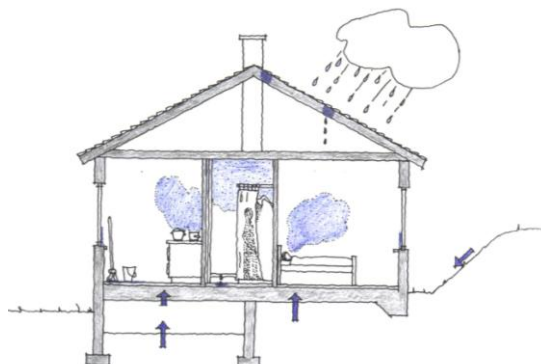


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Konstruktioner

- Tak och vindar
- Krypgrunder
- Platta på mark
- Våtrum
- Bjälklag
- Putsade fasader
- Murverk
- Installationer/byggnader
- Källare
- Med mera

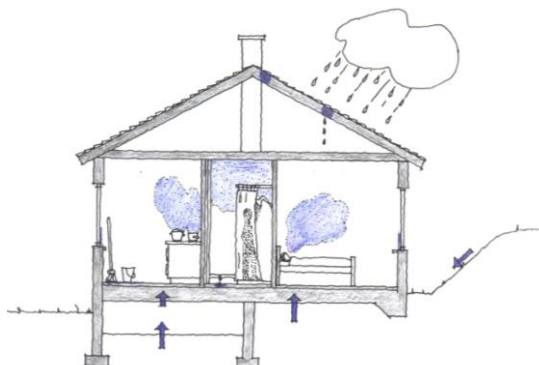


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Beräkningsverktyg

- Modeller för ung betong
- Modeller för omfördelning av fukt
- Förenklingar vs tillförlitlighet
- Användarvänliga verktyg
- Simulink Toolbox
- "Hela hus"-modeller
- Riskanalys
- Värme/fukt/luft i 2D
- Fuktbuffring i ytor
- Med mera

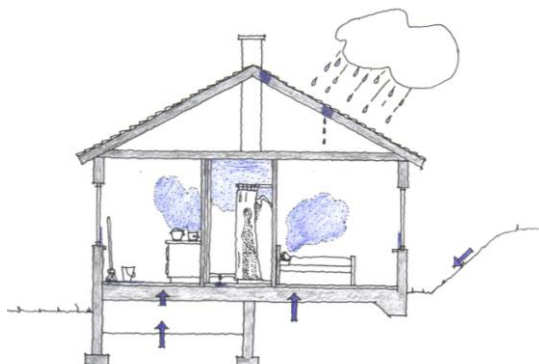


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

### Fuktsäkerhetsprojektering

- *Fuktbegrepp*
- *Kommunikation av fuktsäkerhet*
- *Obligatorisk fuktkontroll OFK*
- *Hjälpmedel*
- *Erfarenhetsåterföring*
- *Utbildning*

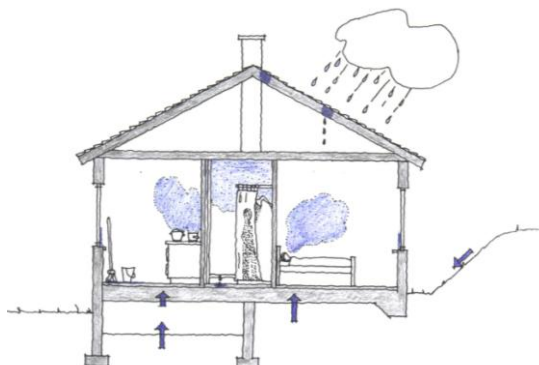


## FUKTCENTRUM

Fuktforskningsprogrammet:

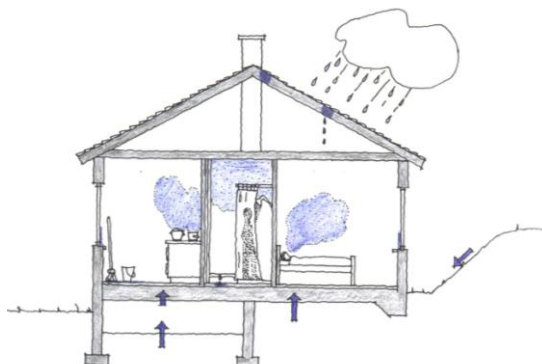
### Skadeutredning

- *Utredningsmetodik för fuktskador och för inomhusmiljöproblem ("sjuka hus")*
- *Fältnätmetoder för fuktfördelning i byggnadsdelar*

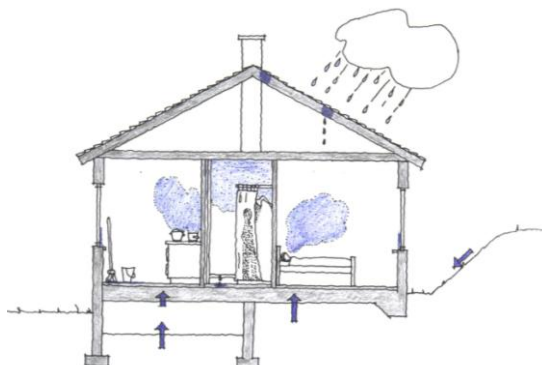


**FUKTCENTRUM****Forskningsamarbete**

- *Nationellt*
- *Internationellt*
- *Tvårvetenskapliga projekt*

**FUKTCENTRUM**

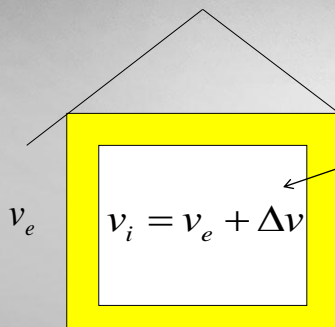
Vi kommer under dagen att ge exempel på viktig forskning inom alla dessa huvudområden. Men det görs mycket mer, detta är bara exempel.



## Fuktkällor - Inifrån och utifrån

Carl-Eric Hagentoft  
 prof. Byggnadsfysik  
 Chalmers

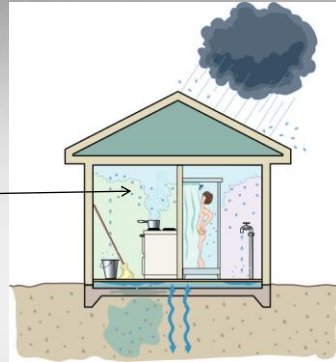
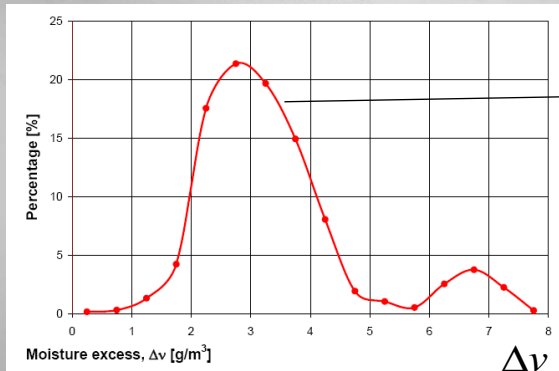
### Fukttillskott i inomhusluften, $\Delta v$



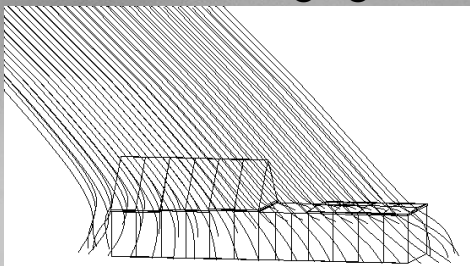
Diffusion och konvektion



### Mätt fuktillskott i 13 estniska lägenheter under vinterhalvåret



### Nederbörd – Slagregn



## Byggfukt!



Tid: 10.00-10.45

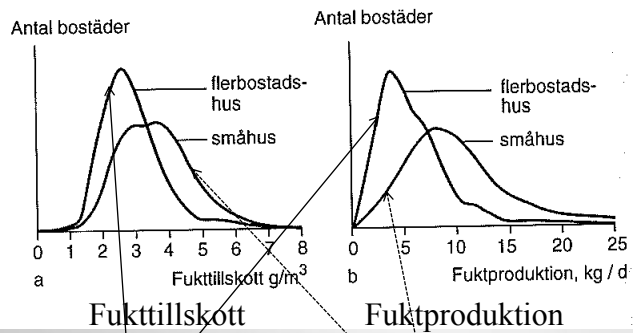
Presentationer av:

- Angela Sasic, Chalmers
- Lars-Erik Harderup, LTH
- Nikolaj Tolstoy, Boverket



## Elib -studien

Fältstudie av  
2000 svenska



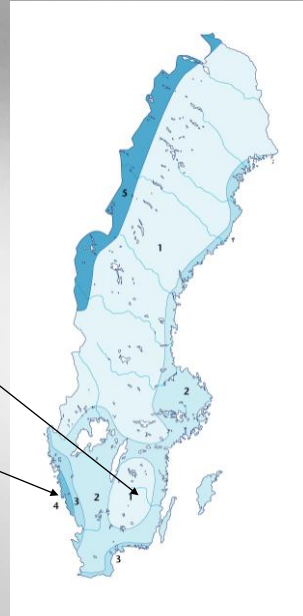
Flerbostadshus

Småhus

## Slagregnsmängder

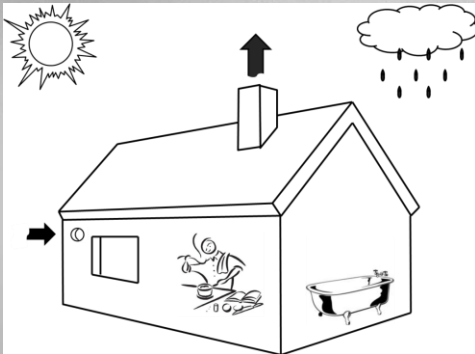
Zon	År	Dag
1	150	30
2	300	45
3	450	55
4	550	70
5	100-400	Lok.variation

Västkusten – utsatta lägen:  
550 kg per kvadratmeter och år  
70 kg per kvadratmeter och dag



# Externa och interna fuktkällor

Angela Sasic Kalagasidis



## Uteklimat - vattenånga, regn

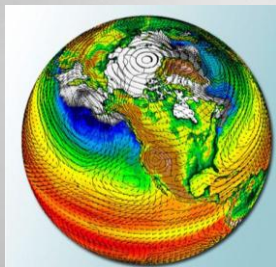
Tidigare och framtida väderdata  
från SMHI

## Inneklimat – fukttillskott inomhus

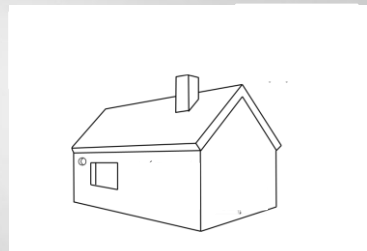
Är förutsägbar i viss mån med hjälp av  
byggnadsfysikaliska beräkningsverktyg som tar  
hänsyn till fuktkällor och aktiviteter inomhus  
samt ventilation

## Uteklimat från Rossby Centre SMHI

tidigare (uppmätta) data för Sverige 1961-2010  
framtida klimatscenarioer 2010-2100 (ca 11 scenarier)



Global Climate Model (GCM)



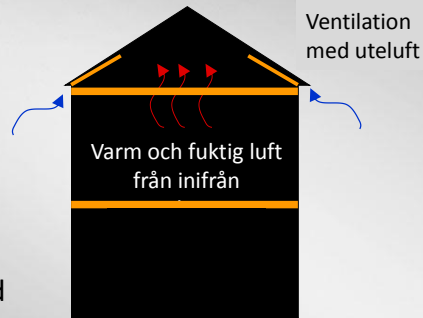
En byggnadsfysikaliks modell  
= Impact Model

## Doktorandprojekt: Hållbar svensk samhällsbyggnad med tanke på klimatförändringar.

Doktorand:

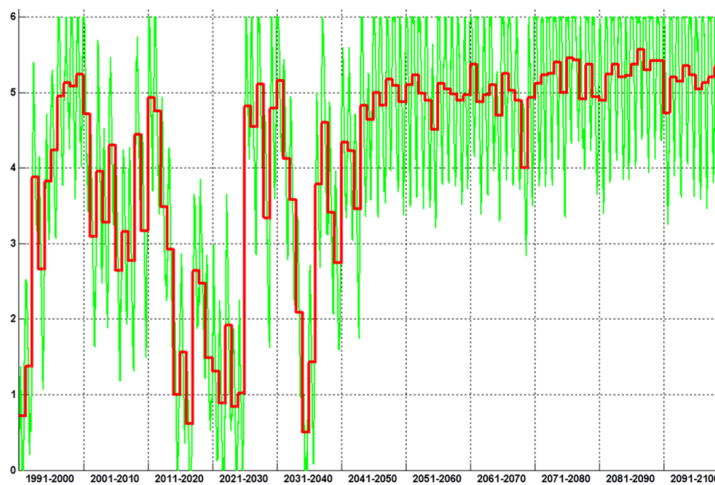
Vahid Moussavi Nik  
(Lic. Mars 2010)

Exempel på resultat –  
temperatur- och  
fuktförhållande i en uteluft  
ventilerad kallvind för en period  
från 1991-2100



Kallvinds- och husetsmodell i HAM-Tools

Diagrammet visar års- och dygnsvariationer av mögel index på en uteluft ventilerad kallvind med klimatdata från en scenario.

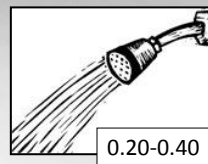
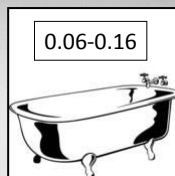




## Inneklimat - fuktproduktion inomhus

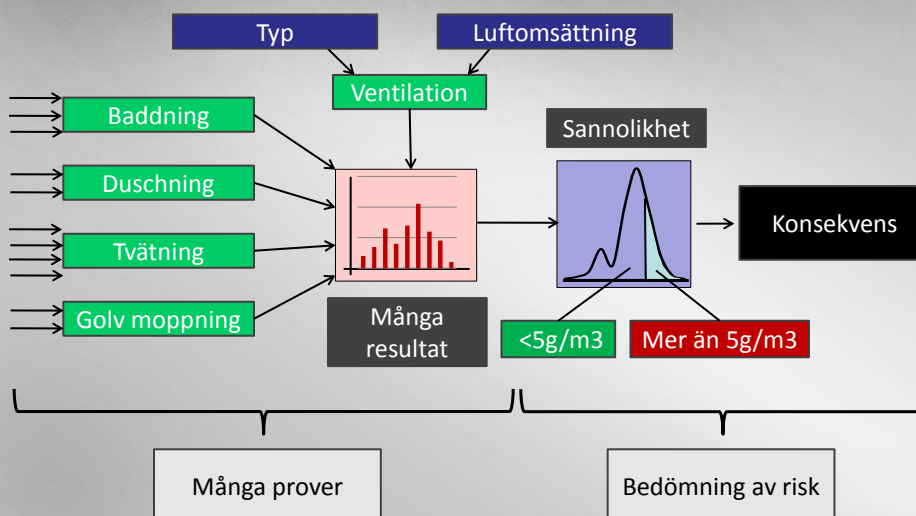
### VIKTIGA FAKTORER

- STARTTID
- LÄNGD på aktiviteten
- FUKTPRODUKTION  
kg fukt / aktivitet
- SAMMANTREFFANDE

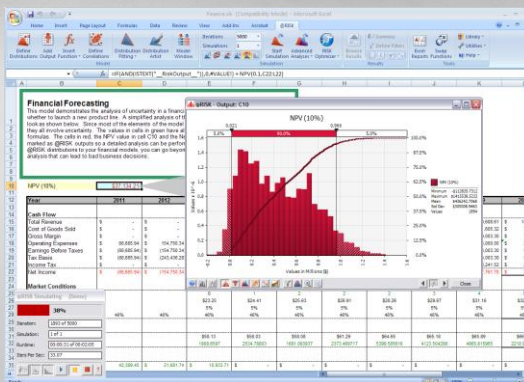


[kg/aktivitet]

### Exempel – fukttillskott i badrummet överstiger 5 g/m<sup>3</sup>



## @RISK - ett Excel baserat beräkningsprogram för statistisk modellering av fuktproduktion inomhus



Doktorander: Simon Pallin och Pär Johansson

## Resultat från beräkningar med @Risk: Fuktproduktion i en lägenhet med 1-3 familjemedlemmar

Förekommandet  
av resultat

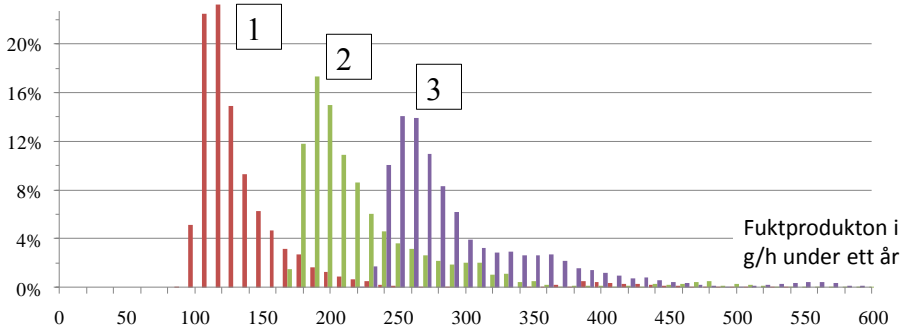






Photo: Harderup L-E. 2009

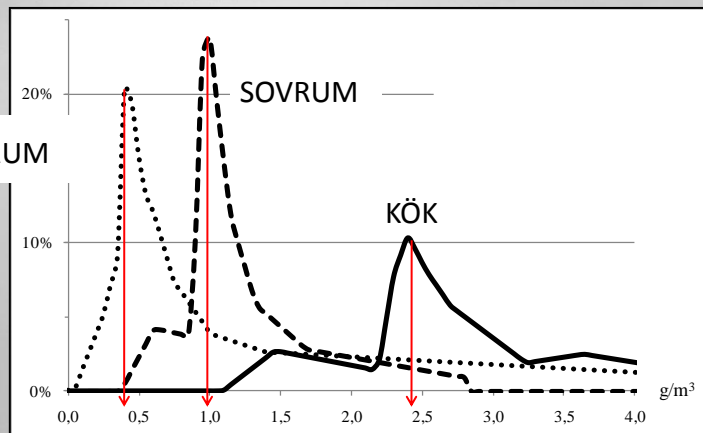
Bostadsområde Sigtuna

Fuktproduktion inomhus  
från @RISK kombineras med  
luftflödes beräkningar

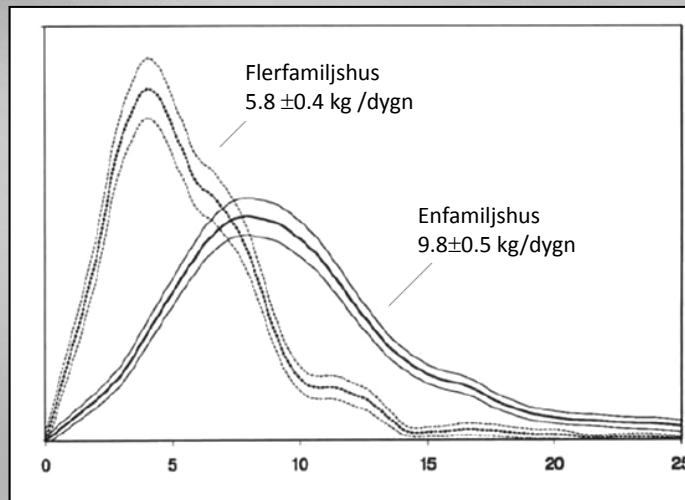


Resultat visar olika  
fukttillskott i olika rummen

VARDAGRUM



Resultat från @Risk stämmer väl med uppmätta data från ELIB studie 1993. Fuktproduktion i svenska bostäder





# Fukttillskott

Lars-Erik Harderup  
Lunds Universitet  
Byggnadsfysik

**Modell:** Lars-Erik Harderup (inspiration från Fukthandbok)  
Finansieras av WoodBuild  
*Preliminära resultat från preliminär modell*

**Mätningar:** Hans Bagge  
Dennis Johansson

## Mätprojekt

**Mätprojekt planerat och genomfört av:**

- Hans Bagge, Byggnadsfysik LTH
- Dennis Johansson, Installationsteknik LTH, Swegon AB

**Projekttitel:** Energianvändning och inneklimat i moderna flerbostadshus

**Finansiärer:** Energimyndigheten och Swegon AB

**Redovisas i kommande publikation:**

Bagge, Johansson och Lindström (2010) Indoor Hygrothermal Conditions in Multi-family Dwellings – Measurement and Analysis, ASHRAE Transactions, Volume 116, Part 2



# Fuktbalans för inomhusluften

Fukttillskott ( $v_{FT}$ ) = Skillnaden i ånghalt mellan luften inne och ute, ( $v_i - v_e$ )

Generella åtgärder för att reducera fukttillskottet är minskning av fuktproduktionen och ökning av ventilationen.

Fuktproduktionen kommer i första hand från:

- avdunstning från människor och djur
- våtrengöring, bad, dusch, disk, tvätt m.m.
- matlagning
- avdunstning från växter
- befuktning.



Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



# Fuktbalans för inomhusluften

Fuktbalansen för luften i en byggnad bestäms väsentligen fyra komponenter:

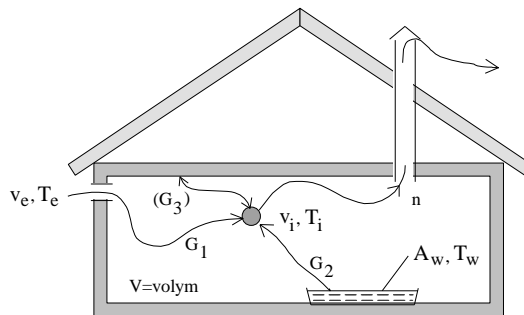
- Ventilation ← Sannolikt *högre* på sommaren
- Fuktproduktion genom hushållsaktiviteter ← Sannolikt *lägre* på sommaren
- Fuktlagrande förmåga hos luften själv
- Fuktabsorberande förmåga hos inredning och textilier samt de skikt i klimatskalet och innerväggar som har kontakt med inneluften.



Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



## Fuktbalans för inomhusluften



- $G_1$  = fuktutbyte mellan luften inne och ute genom luftrörelser
- $G_2$  = fuktavgivning från en våt yta,  $A_w$   
 $T_w$  sannolikt *högre* på sommaren
- $G_3$  = fuktlagring i omgivande material, inredning, möbler etc.

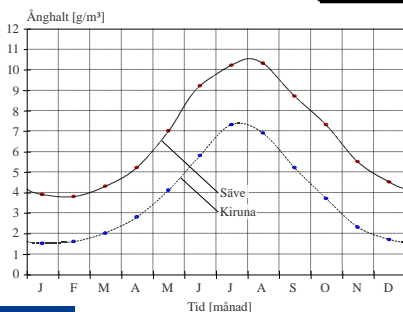
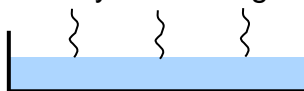


Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



## Fuktbalans för inomhusluften

Avdunstningen påverkas av differensen i ånghalt mellan vattenyta och omgivande luft



Med högre ånghalt utomhus minskar fuktillskottet på sommaren

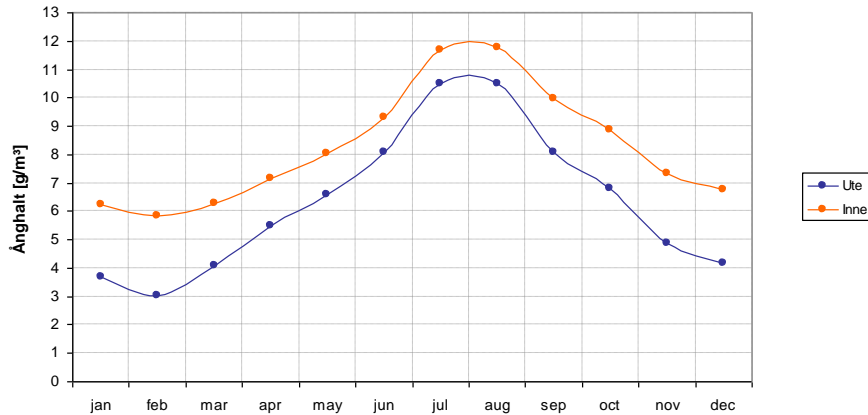


Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



# Ånghalt ute och inne

Karlstad



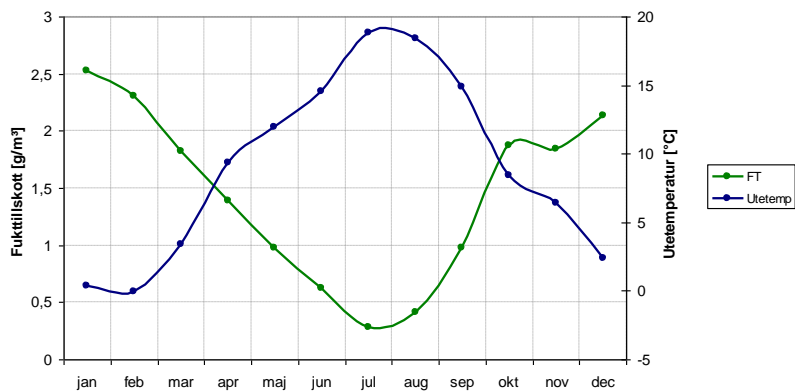
(Bagge & Johansson)

Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



# Fukttillskott och utetemperatur

Malmö



(Bagge & Johansson)

Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



## Fukttillskottet varierar med årstiden

- ELIB & BETSI  $\Rightarrow$  Mätningar/beräkningar under uppvärmnings-säsongen, bland annat avseende fukttillskottet
- Beräkna fuktavgivande area,  $A_w$
- Månadsmedelvärden från SMHI 1961-90
  - Temperatur
  - Relativ fuktighet
  - Ånghalt
- Hypotes: Ventilationen är en funktion av utomhustemperaturen
- Beräkna fukttillskottet för övriga månader. Funktion av uteånghalten och ventilationsintensiteten.



Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup

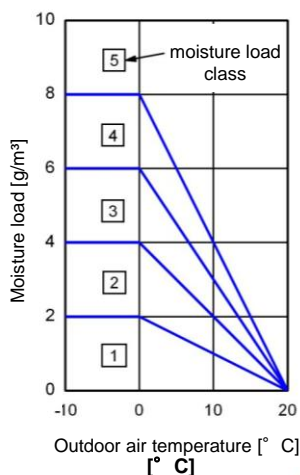


## Moisture load (moisture supply)

### EN ISO 13788

- 5 moisture load classes
- calculation of the indoor air humidity from the outdoor climate
- indoor air temperature constant 20 ° C

Unrealistic high moisture loads – only classes 1 to 3 recommendable

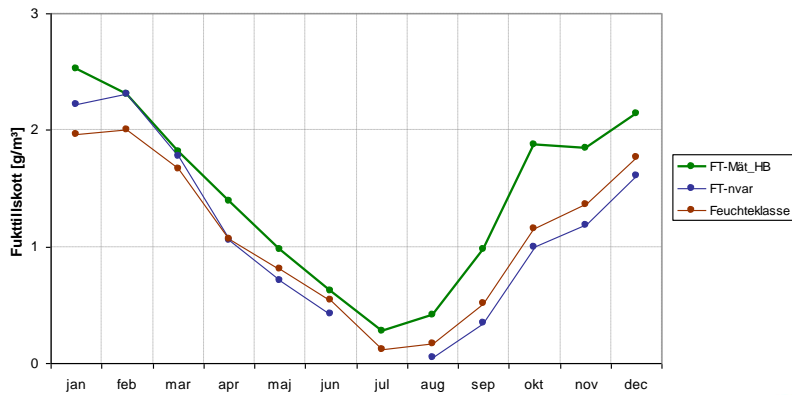


Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



# Resultat - fukttillskott

## Malmö

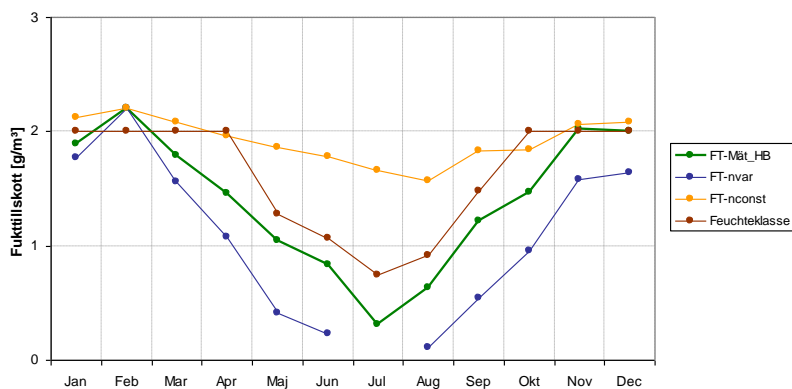


Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup



# Resultat - fukttillskott

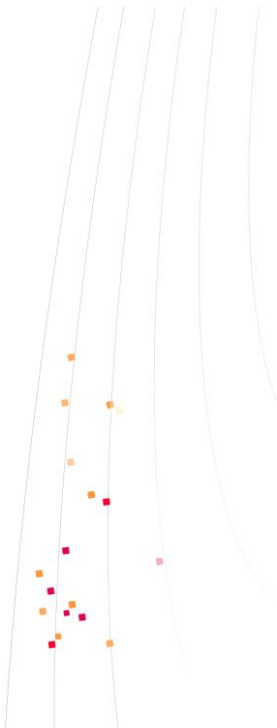
## Kiruna



Lunds universitet / LTH / Bygg- och miljöteknologi / Byggnadsfysik / Lars-Erik Harderup







# Boverket

Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende

Nikolaj Tolstoy  
utvecklingsledare

## Boverkets förslag för miljökvalitetsmålet God bebyggd miljö Fukt och mögel



År 2020 ska byggnader och deras egenskaper inte påverka hälsan negativt. Därför ska det säkerställas att...

- fukt inte medför problem i inomhusmiljön genom att skapa förutsättningar för mögel och bakterier eller emissioner från material.

Andelen byggnader med fuktskador av betydelse för inomhusmiljön ska år 2020 vara lägre än 5 procent av det totala byggnadsbeståndet.

## Fukt och mögel



### **Boverket föreslår**

- Information om husens svaga punkter
- Information om olika åtgärder
- Informationsprojekt till skolor och förskolor
- Obligatorisk fuktbesiktning vid försäljning av småhus



## Byggnader i förändrat klimat



**Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan förutom översvämning, jordras och skred**

### **Vindlast**

Extrema vindar ger effekt på antalet stormskador men även på uppvärmningsbehov samt fukttransporter.

### **Slagregn**

Ökat slitage på klimatskal samt större risk för fuktskador i konstruktioner

### **Temperaturomställning**

Ökat slitage på exempelvis tak av papp, frostsprängningar i fasadputs och fler röt månadsdagar



## Hus i Älvdalen 1285 Sveriges äldsta profana trähus



Kyrkhärbre i  
Älvdalen byggt  
1285. Foto Lars  
Dahlström



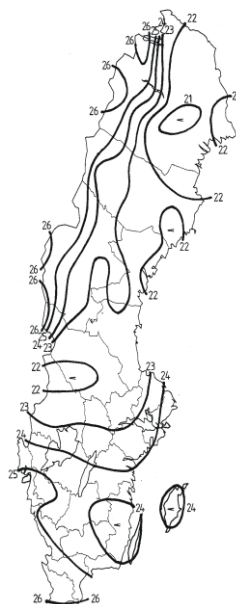
### Känsliga faktorer mögel och röta

- Nederbörd
- Slagregn (Nederbörd och vind)
- Avvattning (Fönster, balkong, tak, hängrännor, stuprör, bräddavlopp,  
Utformning fönsterbleck mm)
- Kommer vatten in- leda ut (ex överkant fönster)
- Kondensrisker (Kalla ytor och hög luftfuktighet)
- Temperatur
- RH- temperatur –tid.
- När börjar rötmanaden? När kommer frosten?



# Vindlaster i Boverkets konstruktionsregler

Referensvind m/s  
medelvindhastighet  
under 10 minuter på  
höjden 10 meter över  
markyta , terrängtyp II,  
och med  
upprepningstiden 50 år  
Beräknade från  
uppmätta lufttryck.



## Högsta vindhastigheten

### Högsta kända medelvindhastighet i november månad

36 m/s Kullen 24 november 1981

36 m/s Örskär 1 november 1969

33 m/s Vingå 6 november 1985

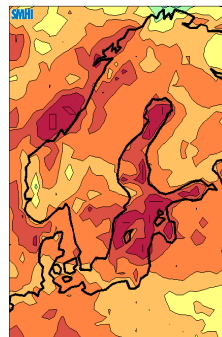
33 m/s Ölands norra udde 23 november 1973



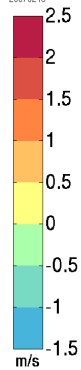
# Vind



DIFF\_Gustmax\_max\_A2\_ECHAM4\_RCA3\_2011\_2040\_ANN



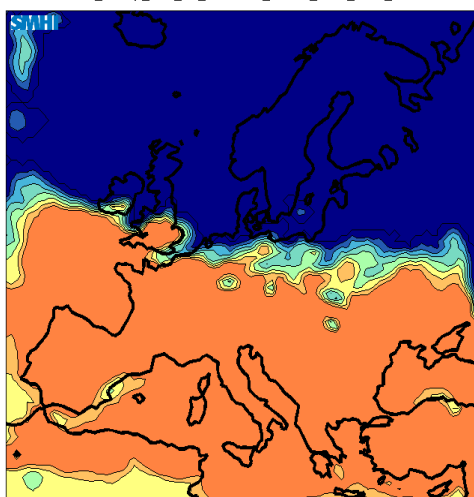
20070218



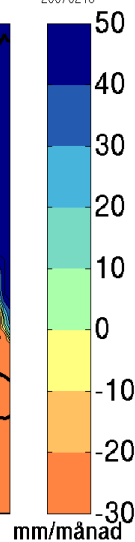
# Nederbörd



DIFF\_Precip\_sum\_A2\_ECHAM4\_RCAO\_2071\_2100\_ANN

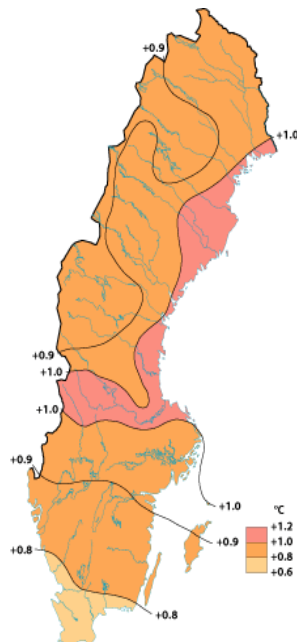


20070218

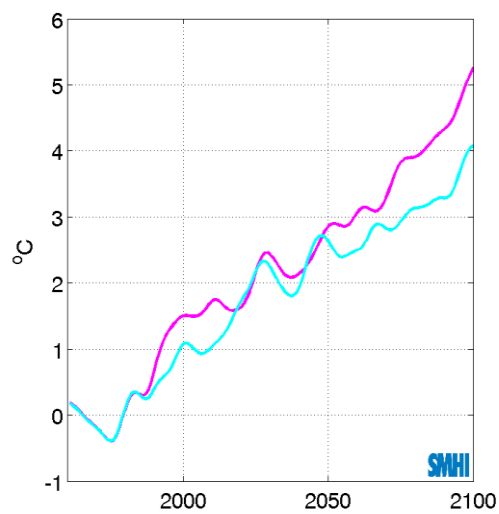


## Temperatur

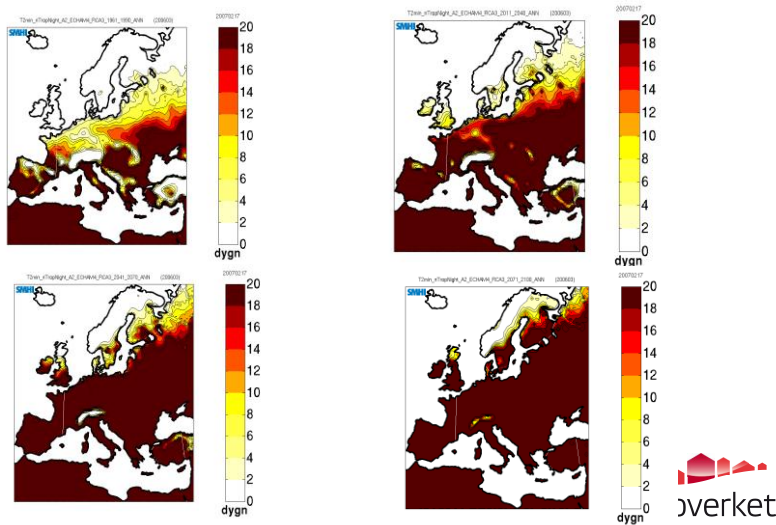
Ökningen med en grad har redan skett enligt denna karta som jämför årsmedeltemperaturen 1991-2005 med 1961-1990.



## Temperatur



## Tropiska nätter – ökad värme



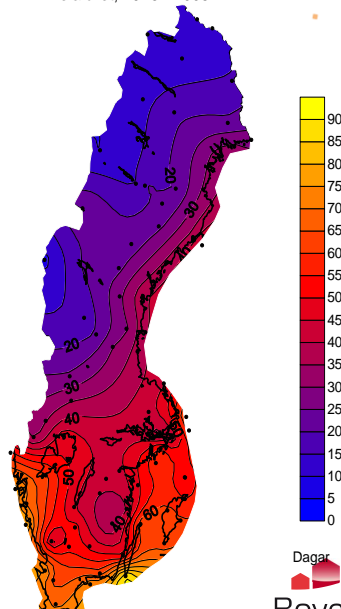
### RÖTMÅNADSDAGAR

Medelvärde av antalet dagar under hela året då dygnets medeltemperatur är över 10 grader och luftfuktigheten samtidigt är större än 80 % för de senaste 30 åren

Oavsett om antalet "rötmånadsdagar", ("Rötmånaden kallas i Sverige tiden mellan 23 juli och 23 augusti, emedan den då rådande värmen påskyndar organiska ämnens förruttelse", ur Nordisk familjebok) ökar eller inte så har vi idag tillräckligt många i Götaland, Svealand och längs Norrlandskusten:

mellan 35 och 85 dagar

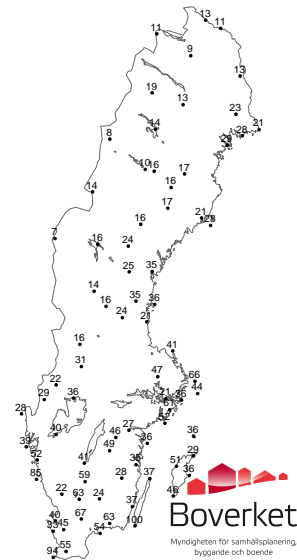
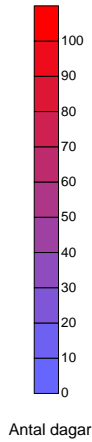
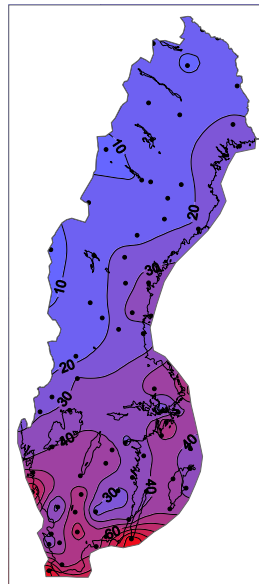
Hela året, 1976 - 2005



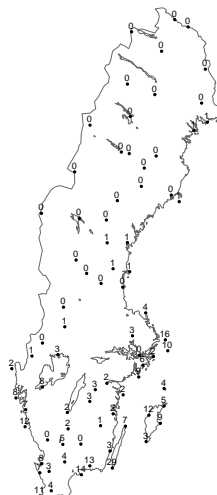
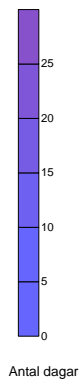
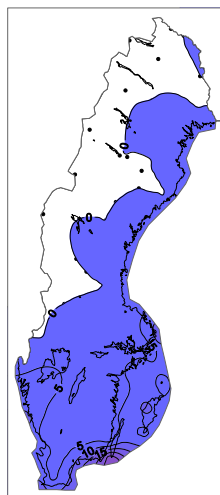
Dagar

**Boverket**  
Myndigheten för samhällsplanering,  
byggnad och boende

Max varaktighet av "rötmånadsdagar" under perioden 1976 - 2005

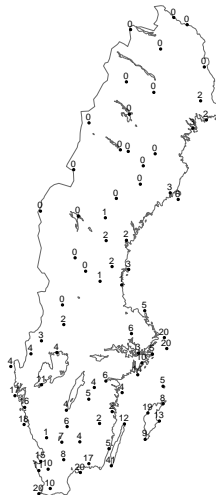
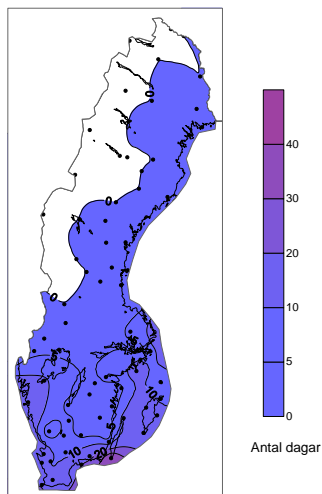


Antal varaktighetsperioder över och lika med 25 dagar under perioden 1976 - 2005

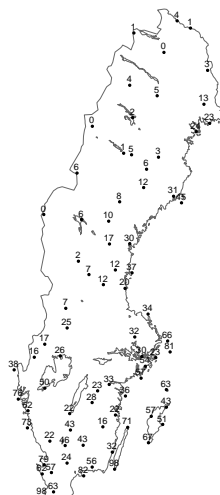
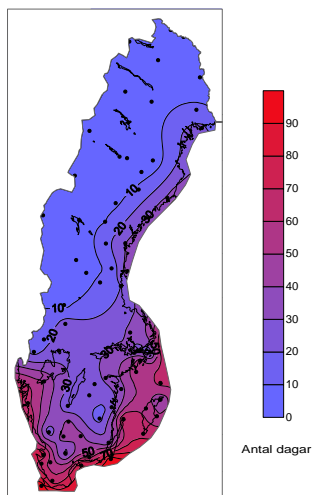




Antal varaktighetsperioder över och lika med 20 dagar under perioden 1976 - 2005

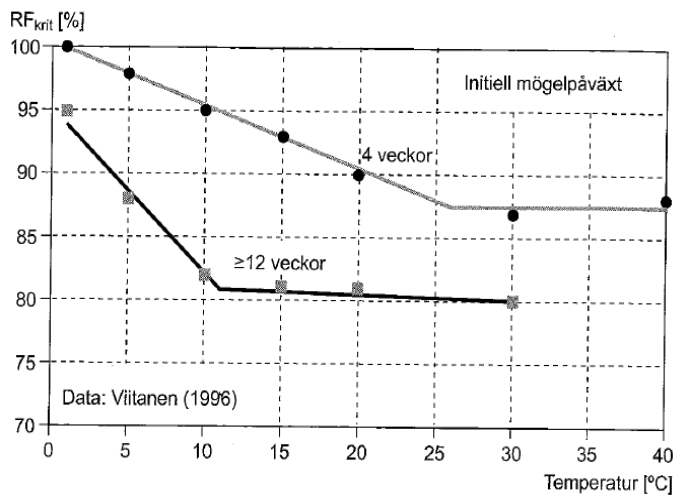


Antal varaktighetsperioder över och lika med 10 dagar under perioden 1976 - 2005





Mögelpåväxt beror på  
RH (relativ fuktighet) - temperatur - tid



**Boverket**  
Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende



Tack!  
[www.boverket.se](http://www.boverket.se)



**Boverket**  
Myndigheten för samhällsplanering,  
byggande och boende



# LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Lunds universitet

*RBK-godkänd som kalibreringsplats för fuktgivare*

**Fukt-FoU hösten 2010 vid  
Avd Byggnadsmaterial, LTH**

**Peter Johansson**



## Avslutade projekt

<b>1</b>	<b>Metoder mot alg- och mögelpåväxt på putsade fasader</b> Sanne Johansson, Lars Wadsö, Kenneth Sandin	SBUF	



## Pågående större projekt

<b>2</b>	<b>Biologisk påväxt på mineraliska fasader</b> Sanne Johansson, Kenneth Sandin, Lars Wadsö	Formas	Lic 2006 Avslutas vintern 2010/2011
<b>3</b>	<b>Kritiska fuktgränser: Transport av ämnen</b> Magnus Åhs, (Per-Fredlund), Anders Sjöberg, L-O Nilsson	Formas	Avslut dec.2010
<b>4</b>	<b>Puts på (murverk)/skivor. Ventilation av luftspalten.</b> Jörgen Falk, Manouchehr Hassanzadeh, Kenneth Sandin	SBUF Skanska	2007-2010 Lic.sem. 22/10
<b>5</b>	<b>Alkalisk nedbrytning av byggpolymerer</b> Lars Wadsö	Formas	



## Pågående större projekt, forts.

<b>6</b>	<b>Vattenavvisande puts- och fogbrukssystem för murverk</b> Peter Johansson	<b>SBUF, Finja, putsindustrin</b>	Start ht 2009
<b>7</b>	<b>Modellering av mögeltillväxt i byggnadsdelar som ett redskap i designprocessen</b> Li Yujing	<b>Formas F-ass</b>	<b>2008-2009</b> barnledig 90% 2010
<b>8</b>	<b>WoodBuild – Beständighet &amp; livslängd, trä. Del C: Fukt i trä utomhus ovan mark</b> Maria Fredriksson, Lars Wadsö, L-O Nilsson	<b>Vinnova Trä-industrin</b>	<b>2008-2012</b>



## Pågående större projekt, forts. 2

<b>9</b>	<b>Fuktfrågor vid energieffektivisering med puts på (skivor på) mineralull</b> Kenneth Sandin, Miklos Molnar (BML + KstrTekn) a. Putssprickor: vart tar vattnet vägen? b. Uttorkning av gamla väggen c. Beständighet hos skivskarvar	<b>Cerbof Maxit SBUF</b>	Start vt 2009
<b>10</b>	<b>Ny metod för krympningsprognoser, inkl fukt i betong och uttorkning</b> L-O Nilsson, Peter Johansson	<b>Formas- BIC</b>	<b>Samarbete med LTU Start ht-09</b>
<b>11</b>	<b>Non-saturated transport properties of cementitious materials</b> Nilla Olsson, L-O Nilsson	<b>NanoCem</b>	<b>Start nov- 2009</b> barnledig



### Pågående större projekt, forts. 3

<b>12</b>	<b>Klimat i reaktorinneslutningar</b> Mikael Persson, Peter Johansson	Elforsk Vattenfall	<b>Start ht 2010</b>
<b>13</b>	<b>Fuktupptagning och frostbeständighet hos vattenbyggnadsbetong - etapp 1</b> Martin Rosenquist, Katja Fridh	SBUF, Skanska Vattenfall	<b>Start vt 2010</b>
<b>14</b>	<b>Moisture transport and hysteresis</b> N. N., Lars Wadsö	EU-RTN Marie-Curie. "Transcend"	<b>Start nov- 2010</b>



### Pågående mindre projekt

<b>15</b>	<b>Sensobyg – Sensorbaseret övervakning i byggeriet</b> TI m fl (18) <a href="#">danska aktörer</a> , Anders Sjöberg, L-O Nilsson	VTU, DK	<b>2007-2010</b> Vätrum mockuper <a href="#">Fortsatt torkn.</a> <b>Avslut ht 2010</b>
<b>16</b>	<b>Termodynamiken vid sorption av vattenånga – riktad instrumentutveckling</b> Lars Wadsö (bl a salter i murverk)	VR	<b>2009</b> (prutat fr 3 år)
<b>17</b>	<b>Nystart av FuktCentrums informationsverksamhet</b> Anders Sjöberg m fl.	Formas info	<b>Prutning 70 %!</b> <b>Låg aktivitet</b>



## Pågående mindre projekt, forts.

<b>18</b>	<b>WoodBuild – Del D2.1: Kritiska fuktillstånd för röta i trä</b> Li Yujing, Lars Wadsö, Peter Johansson	Vinnova Träindustrin	<b>2009</b> Ev. forts 2010
<b>19</b>	<b>Web-baserade fuktegenskaper för material</b> Lars-Olof Nilsson	<b>SBUF+ Industrin</b> (flera företag)	Start oktober 2009 <b>Uppehåll till november</b>
<b>20</b>	<b>Absorption av koldioxid i betongkonstruktioner</b> Katja Fridh, L-O Nilsson	Konsortiet för finansiering av CBIs A-forskning	<b>2007-2010</b>



## Förändringsprocesser i reaktorinneslutningar

### Betongväggarnas klimatförhållanden och uttorkning

Lars-Olof Nilsson & Peter Johansson  
Avd. Byggnadsmaterial  
Lunds Tekniska Högskola





## Metod

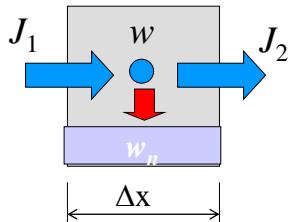
- **Identifiering av beräkningsmodell för prognos av fuktförhållande**
- **Randvillkor till beräkningsmodell (B2, R1 & R3)**
- **Materialdata**
  - fukttransportegenskaper (höga temp & gradient)
  - sorptionsisotermer (höga temp)
  - kemisk bindning av vatten
- **Verifiering av beräkningsmodell**
  - fuktprofiler B1
  - uttorkningsförsök i labb (20 °C & 50 °C, 750 dygn)

2010-11-24





## Identifiering av beräkningsmodell



Massbalans ekvationen:

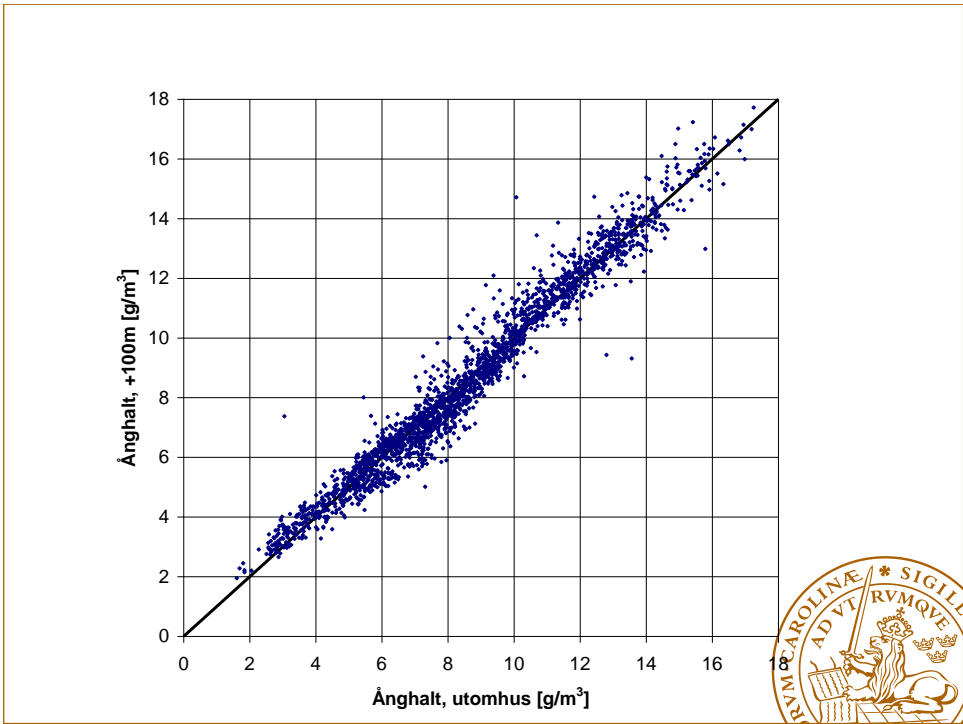
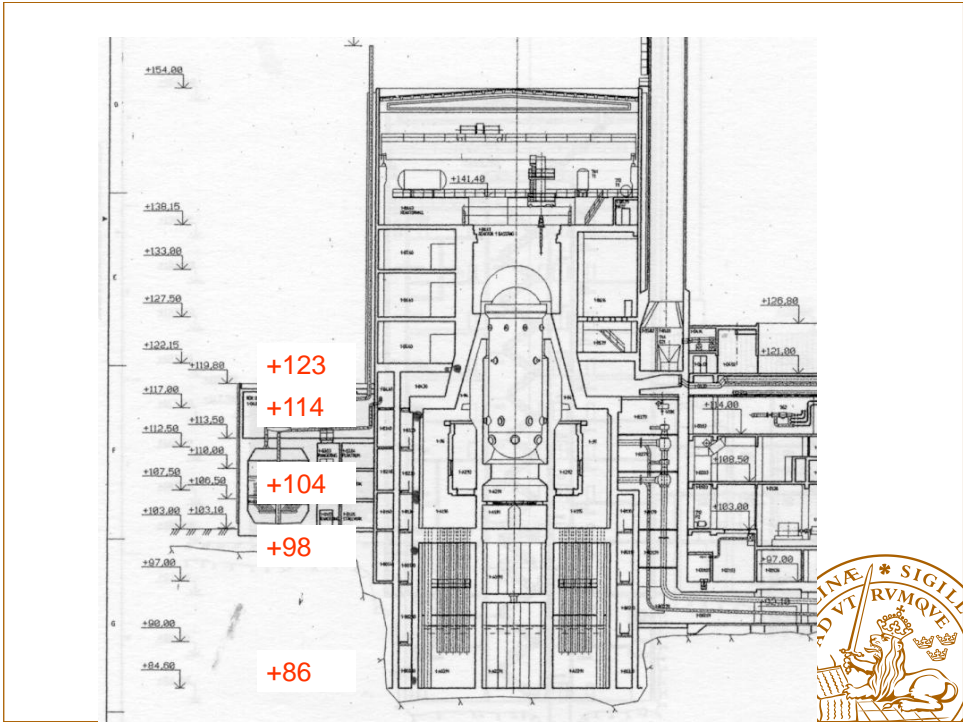
$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x} - \frac{\partial w_n}{\partial t}$$

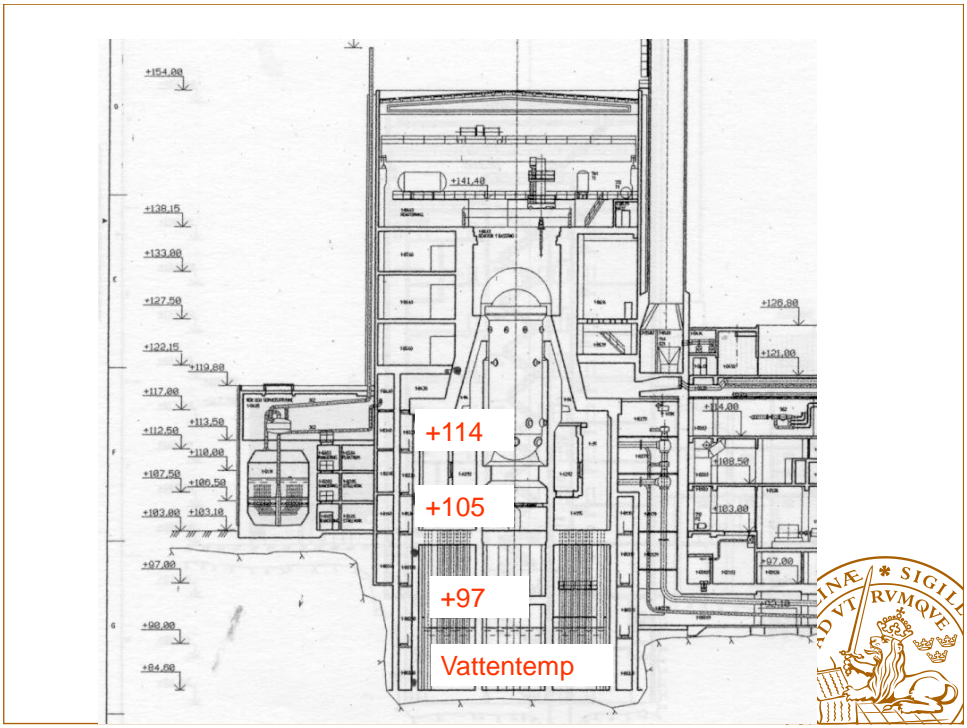
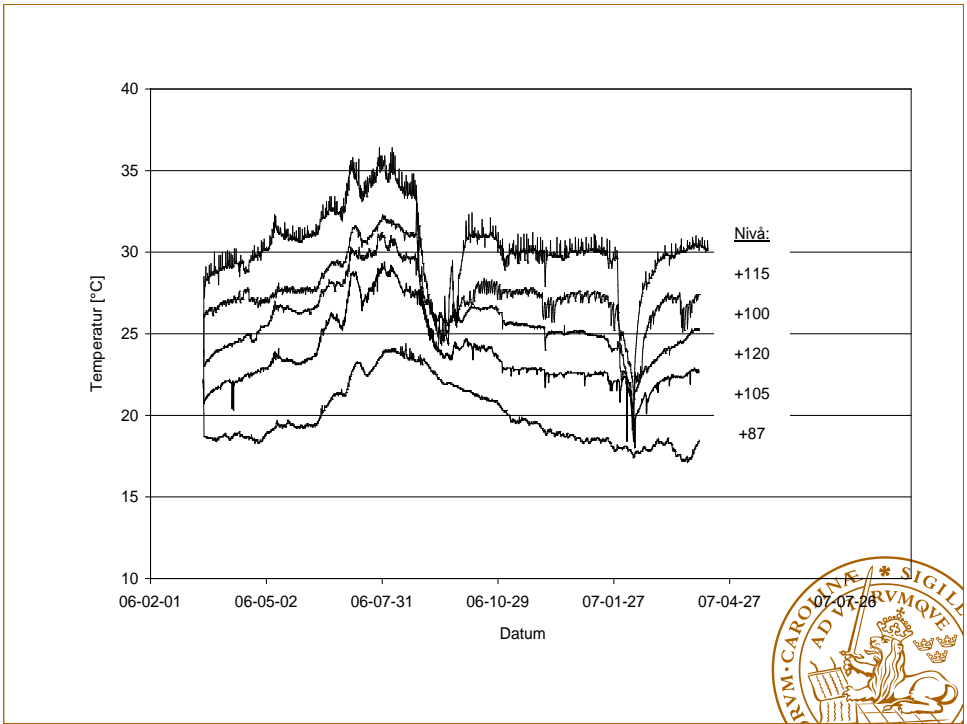
1. Fuktflödet  $J$  med  $\delta(RF, T)$
  2. Fuktbindning  $w(RF, T)$
  3. Kemisk binding  $w_n(RF, T)$
  4. Vi börjar inte från scratch! (T-beroendet nytt)
- } Åldersberoende!

# FÄLTMÄTNINGAR AV RANDVILLKOR HOS REAKTORINNESLUTNINGAR

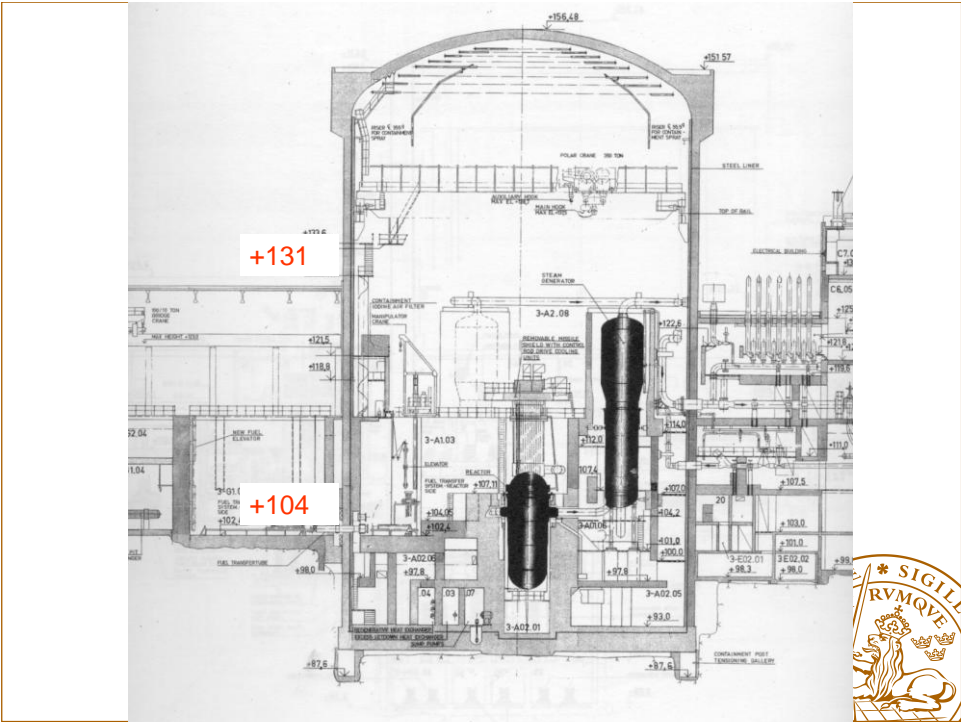
Ringhals 1 & 3

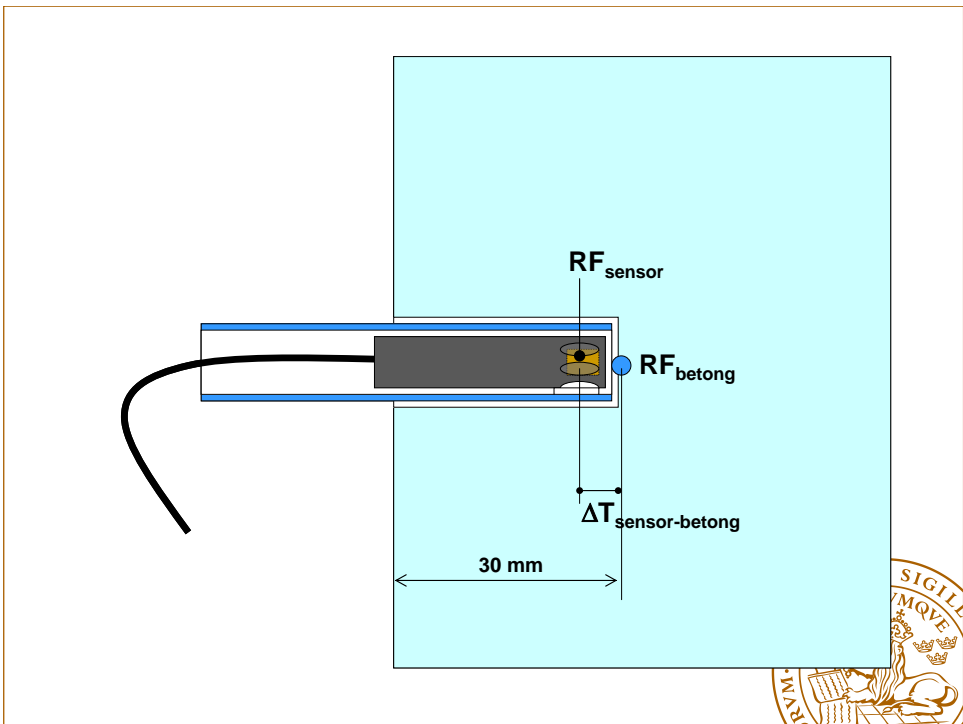


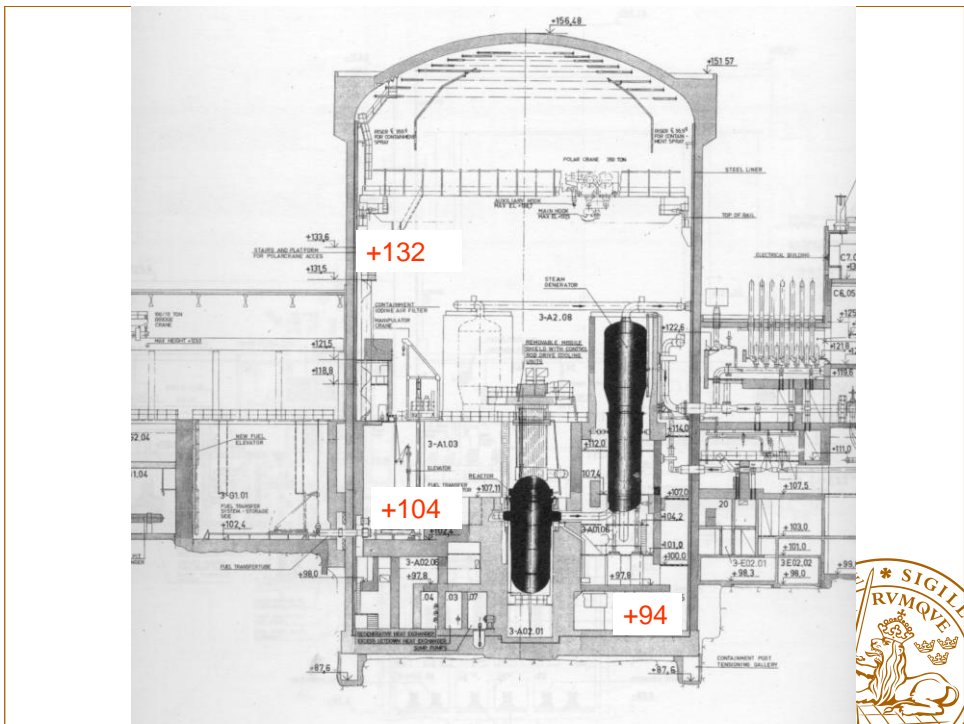




# Ringhals 3





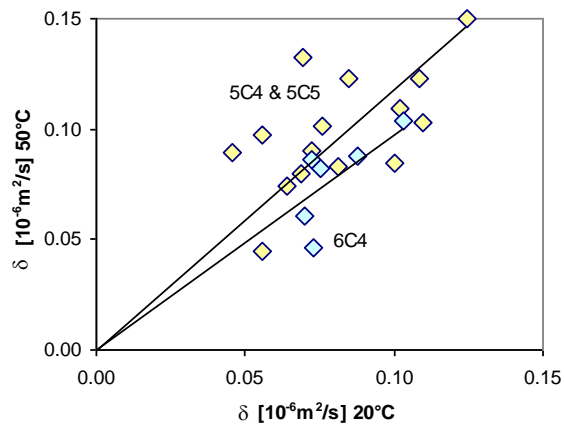


## Fuktransportegenskaper, nu vid hög T



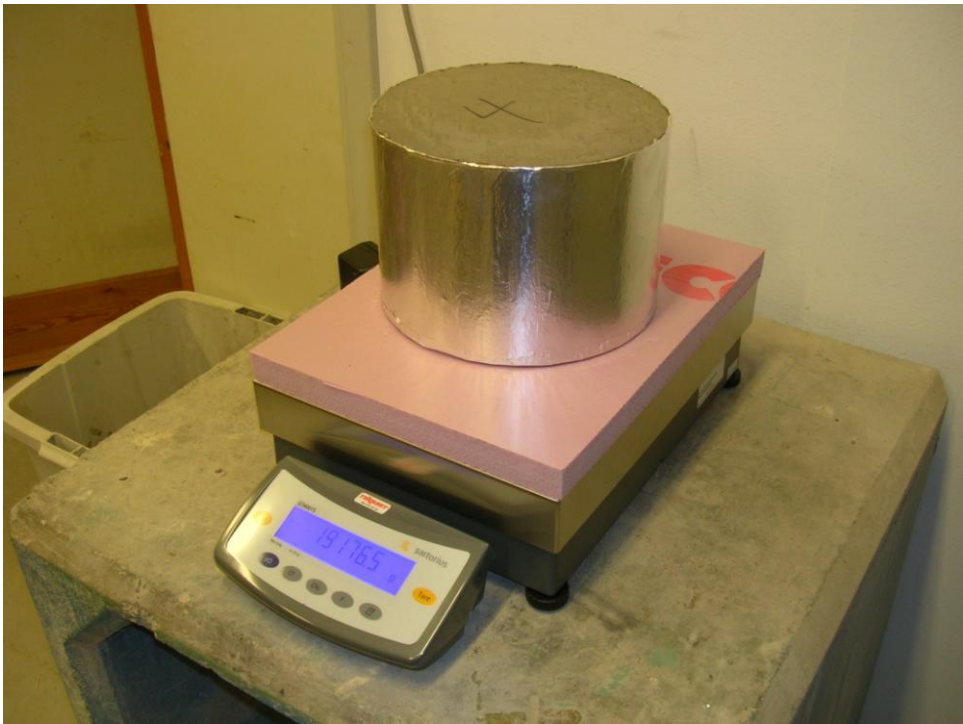


## Resultat vid +20°C vs. +50°C



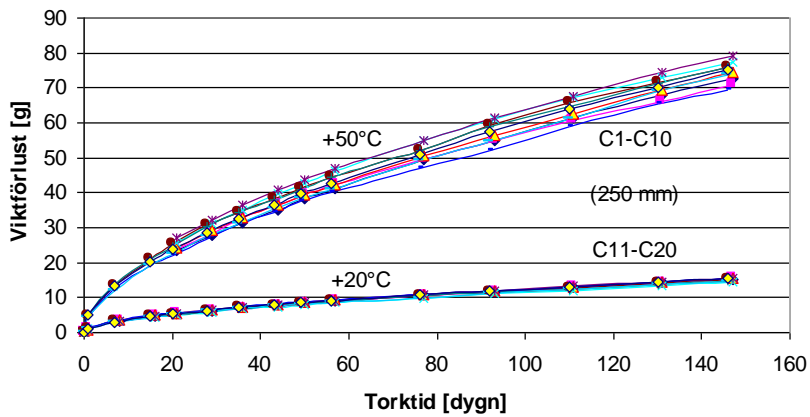
men ett större fuktintervall!







## Torkförloppet, L=250 mm



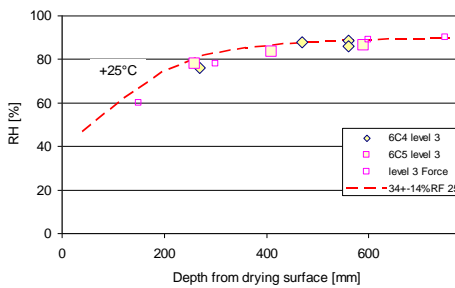
(Ø=135 mm, därför lägre viktförlust)



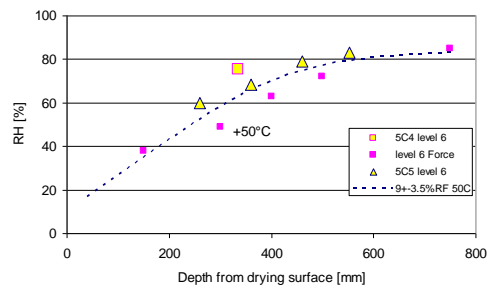
## Beräkningar för B1

30 år (punkter = mätvärden, streckade kurvor = beräknade värden)

Nedtill, +25° C



Uptill, +50° C

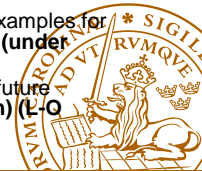


Mycket bra överensstämmelse!  
(OBS! Ingen passning gjord!)



## Publikationer

1. The moisture conditions of nuclear reactor concrete containment walls – an example for a BWR reactor. **NUCPERF 2006 – EFC Event n° 284: Workshop on “Corrosion and Long Term Performance of Concrete in NPP and Waste Facilities”, 27-30 March 2006 - Cadarache – France. (L-O Nilsson & P Johansson)**
2. The moisture conditions of nuclear reactor concrete containment walls – an example for a BWR reactor. **J. Phys. IV France 136 (2006) 141-150 (L-O Nilsson & P Johansson)**
3. Climatic conditions at the surfaces of concrete containments – examples for two BWR and PWR reactors. **The 19th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 19), August 12-17, Toronto, Canada (P. Johansson & L-O Nilsson)**
4. Drying of reactor containment walls of concrete during past and future decades. **The 19th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 19), August 12-17, Toronto, Canada (L-O Nilsson)**
5. Climatic conditions at the surfaces of concrete containments – examples for two BWR and PWR reactors. **Nuclear Engineering and Design (under publication) (P. Johansson & L-O Nilsson)**
6. Drying of reactor containment walls of concrete during past and future decades. **Nuclear Engineering and Design (under publication) (L-O Nilsson)**



# Omfördelning av fukt i betong

Magnus Åhs

Avdelning Byggnadsmaterial  
Lunds tekniska högskola

2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



## Disposition

- Bakgrund
- Syfte
- Modeller
- Experimentella metoder
- Modellvalidering
- Sammanfattning

2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



# Bakgrund

- Omfördelning av fukt kan ställa till problem
- Fuktmätning behövs för att undvika fuktskador
- **Tvåskiktskonstruktioner** vanligt förekommande, hur mäter man?
- Vad måste man ta hänsyn till?
  - Fuktfördelning vid start
  - Skiktjocklek
  - Material
  - Fuktegenskaper
  - ...

2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



# Syfte

- **Utveckla en modell och utvärderingsmetodik** för fuktkontroll av en pågjutet betongplatta för att förhindra fuktproblem vid ytbeläggning

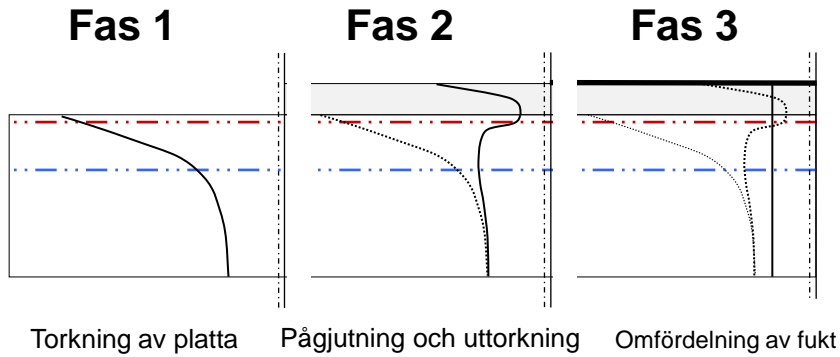
2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



# Modeller

Kvalitativ modell för pågjuten betongplatta



Magnus Åhs 2007

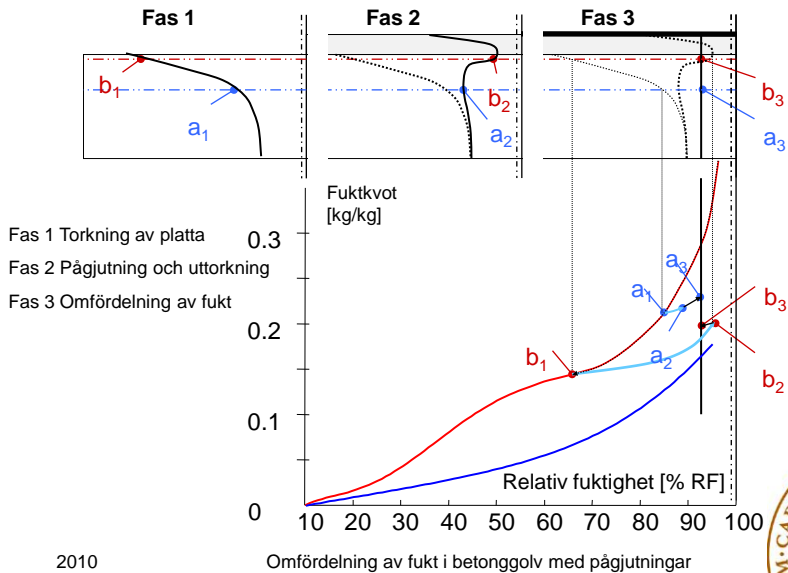
2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



# Modeller

Kvalitativ modell för pågjuten betongplatta



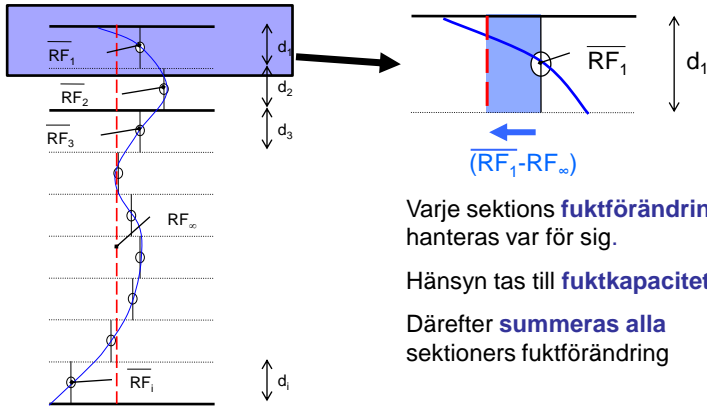
2010

Omfördelning av fukt i betonggolvs med pågjutningar



# Modeller

## Kvantitativ modell för pågjuten betongplatta



### Fuktfördelning före matläggning

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



# Modeller

## Kvantitativ modell för pågjuten betongplatta

Kvarvarande fukt är jämnt fördelad över hela tvärsnittet med hänsyn tagen till hysteres och olika fuktkapacitet i använda material

$$RF_{\infty} = \frac{\sum_{\Delta x_i} \overline{RF}_i \cdot d_i \cdot \left( \frac{\partial w}{\partial RF} \right)_i}{\sum_{\Delta x_i} d_i \cdot \left( \frac{\partial w}{\partial RF} \right)_i}$$

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



# Experimentella metoder



## 9 betonggolv med pågjutningar har undersökts

Kontroll av fuktfördelning

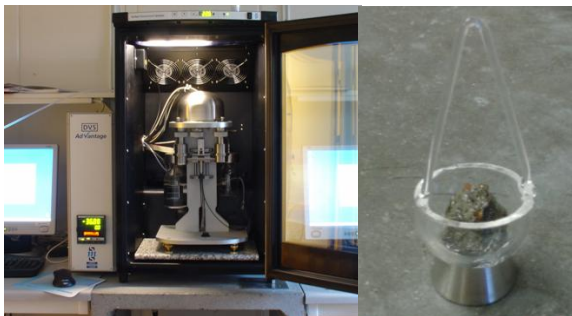
Uttaget prov fuktsensor Vaisala

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



# Experimentella metoder



## Sorptionsvåg

Bestämning av jämviktsfuktkurva och övergångsfuktkurvor

Små prover tagna från golv

Ø 5 mm

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



# Modellvalidering

Stämmer modellen med mätningar?

**Mäta fuktfördelning före mattläggning  
och...efter omfördelning.**

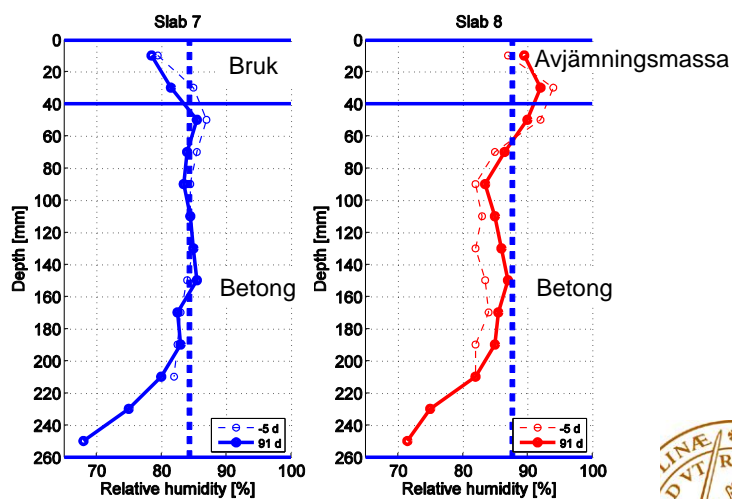
Kvantitativ modell använd för betonggolven

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



# Modellvalidering



2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar





# Sammanfattning

- Torr pågjutning vid matläggning
  - modell överskattar framtida fuktighet
- Blöt pågjutning vid matläggning
  - modell underskattar framtida fuktighet
- Nominellt mätdjup på homogena plattor är **sannolikt** större än 0.4 av tjockleken

2010

Omfördelning av fukt i betonggolv med pågjutningar



---

## Trådlös mätning av temperatur och RF i material

### Anders Sjöberg

Tidigare; Lektor/Forskare Byggnadsmaterial LTH, FuktCentrums Sekreterare

Nu; Nordiskt Konceptansvar Hus, Produktchef StoGuard (stomskydd)

---

### Fuktmätning med trådlösa sensorer inom byggindustrin, Sjöberg & Blomgren (2004)

En studie av byggbranschens framtida fuktmättningsbehov

**Entreprenören** kan vilja ha ett verktyg för att försäkra sig om att han gör rätt

**Beställaren** kan vilja ha ett verktyg som kontrollerar att allt blev rätt

Svåråtkomliga mätpunkter ofta belägna inuti konstruktioner

Svåröverskådliga mätningar tex (uttorknings)klimatet i många punkter – över tiden

Precisa mätningar som skall kunna verifiera trendmätningar

Det första förslaget är ett nätverk med små pålitliga och driftsäkra sensorer, ett antal återsändare för att öka räckvidden samt en centralt placerad enhet för datainsamling.

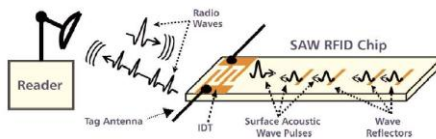
**Passiva sensorer (utan batteri)**



Magnetoelastisk



Resonanskrets

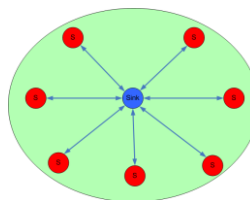
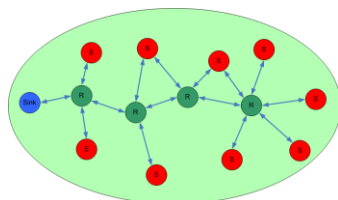


SAW (Surface Acoustic Wave)

**Mikrovågsmätning**



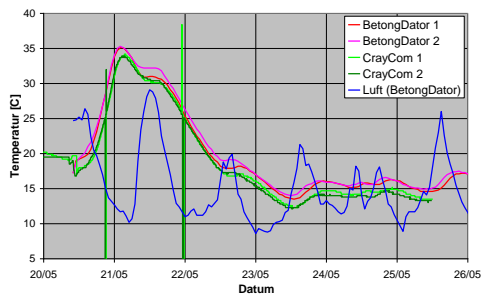
**Trådlösa fuktsensorer inom byggindustrin**, En fältstudie av två trådlösa system för fukt- och temperaturmätning. Sjöberg, Blomgren, Erlandsson, Johansson (2007)



Studien visar att det finns teknik idag som kan möjliggöra kontinuerlig övervakning i flera punkter i en byggnad. Mätdata kan användas för dokumentation och som prognosverktyg.

Utfallet av testerna med MER-sensorn, var positivt. Överensstämmelse med konventionella sensorerna var god och räckvidden var fullt tillräcklig för att mäta på en syll, inne i en vägg.

### Trådlös mätning av temperatur i nygjuten betong, Litteratur- och experimentell fältstudie Sjöberg & Gerstig (2009)



#### Radiosignal (868 MHz)

Fältstudie 1: Avläsning enstaka värden på 1-2 meter avstånd från armerad betong.

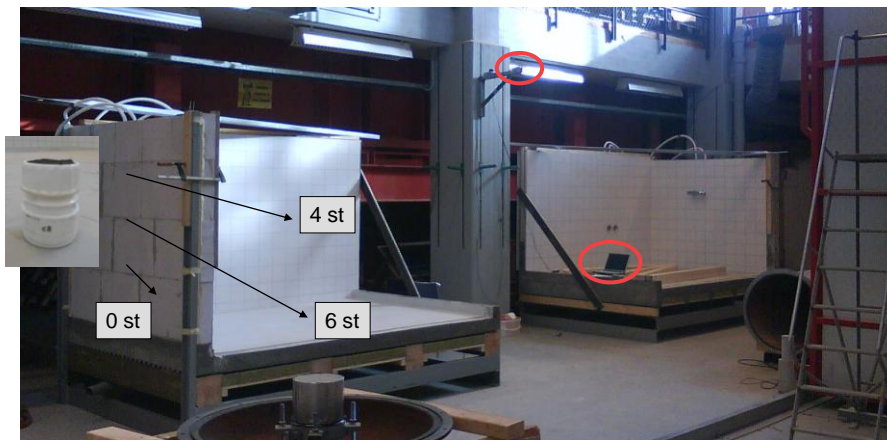
Fältstudie 2: Avläsning långa mätserier < 0,5 meter avstånd från armerad betong.

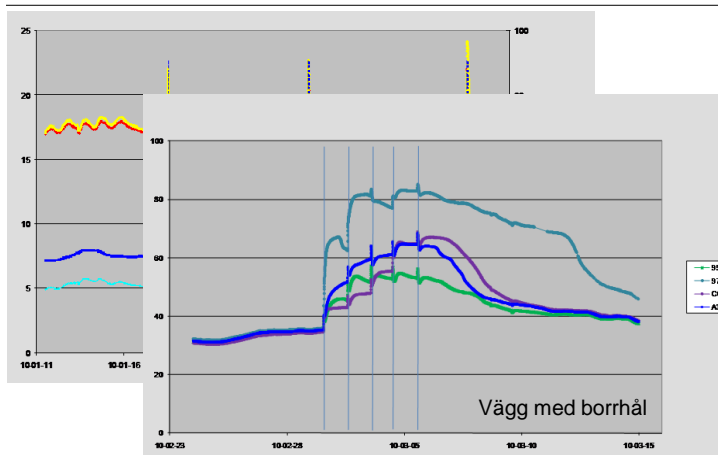
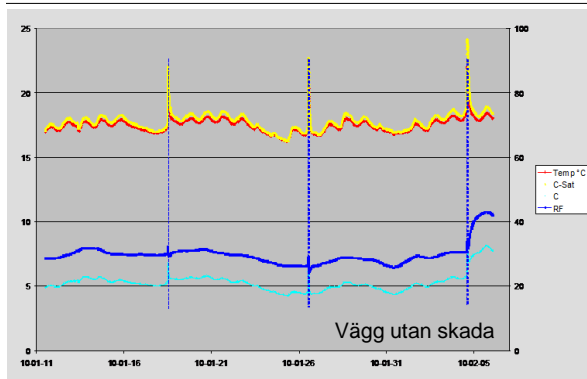
#### Magnetsignal (125 kHz)

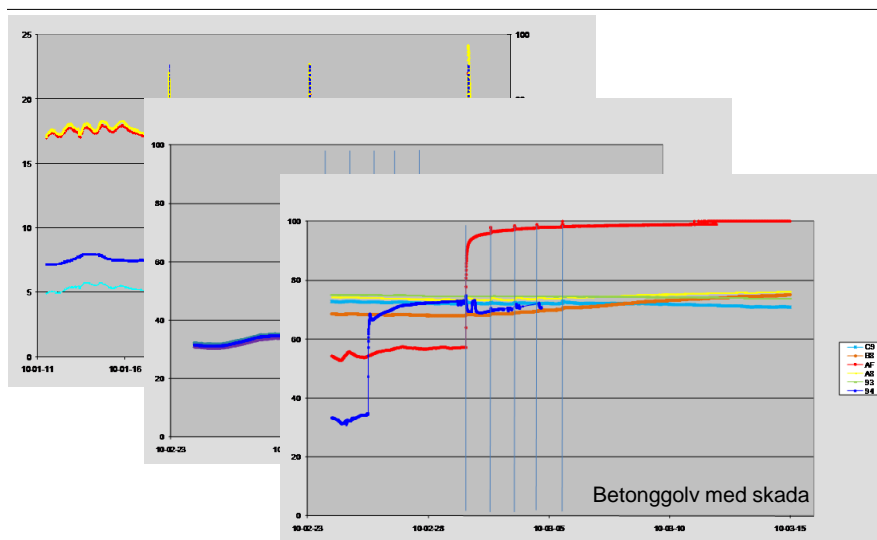
Fältstudie 3: Avläsning enstaka värden genom  $\geq 0,7$  m glest armerad betong.

Fältstudie 4: Avläsning enstaka värden på 1-3 meter avstånd från armerad betong.

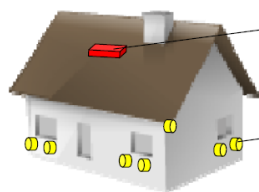
### Sensorer i byggnader, Fugt i boliger og byggeri. Dansk slutrapport (2010) samt två examensarbeten LTH (TVBM-5077, TVBM-5079)







**System för uppföljning, bland annat vid renovering av enstegstätade fasader**

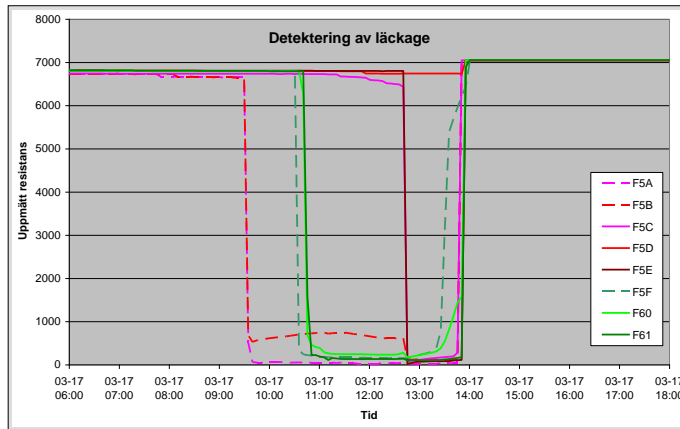


**Läsare med GSM-modul.**  
Kan placeras på kallvind (1st/hus) eller utomhus (1st mellan 2-4 hus). Helt batteridrivna.

**Mät-taggar (fuktkvot & temp)**  
Placeras inne i väggen och skickar värden med radiosignal till läsaren. Helt batteridrivna.



**System för uppföljning, bland annat vid renovering av enstegstätade fasader**





## Frost i cellulosafiberisolering och mineralull

Doktorand: Tomas Vrana

### Trend mot ökad isoleringstjocklek



Risk för fuktansamling?

Fuktansamling vs ånggenomsläpplighet

Fuktansamling vs värmekonduktivitet



## Omfattning



Metod för mätning av fuktansamling vid temperaturer under noll grader

Belysa transportmekanismer för fukt

Modellera fukttransport och fuktansamling

Påverkan på värmeledning och ånggenomsläpplighet

Frost i cellulosafiberisolering och mineralull – Tomas Vrana

## Mätuppställning

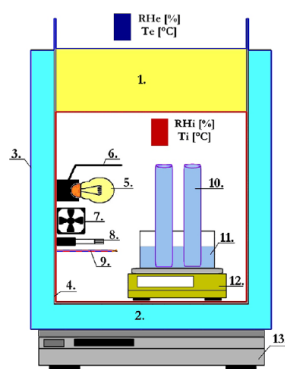


Fig. 2. Composition of the used testing set-up including numbered list of components: 1. material sample ( $d \sim 100$  mm), 2. XPS insulation of the box-walls (th. 40 mm), 3. aluminium-foil coating, 4. plastic wall of the box, 5. light bulb providing heating of the box, 6. cover of the light bulb to avoid radiation, 7. ventilation fan providing circulation of air in the testing box, 8. calibrated humidity sensor (Mitec HMP50U-1), 9. temperature sensor, 10. Wettex textile installed to increase evaporation of moisture in the box, 11. water reservoir with ca. 400 ml of water, 12. precision laboratory balance (Kern EW 1500-2M) registering water evaporation from the reservoir, 13. precision laboratory balance (Mettler Toledo XS16001L) registering a change of weight of the entire system.

Frost i cellulosafiberisolering och mineralull – Tomas Vrana

## Mätserie

20°C 100% RH i boxen

20°C till -20°C i omgivning

100 h

Cellulosa och mineralull



Frost i cellulosafiberisolering och mineralull – Tomas Vrana

## Diffusionsmodell med adsorption och frostansamling

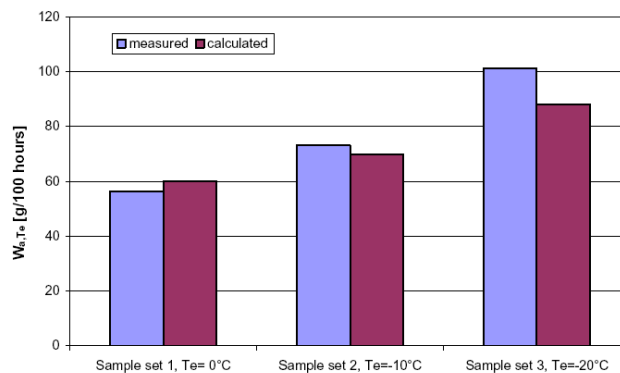


Fig. 5. Comparison of results for measured and calculated total moisture content accumulated in cellulose samples in 100 h.

Frost i cellulosafiberisolering och mineralull – Tomas Vrana

## Några slutsatser



Försumbar påverkan på ånggenomsläpplighet

Försumbar påverkan på värmekonduktivitet

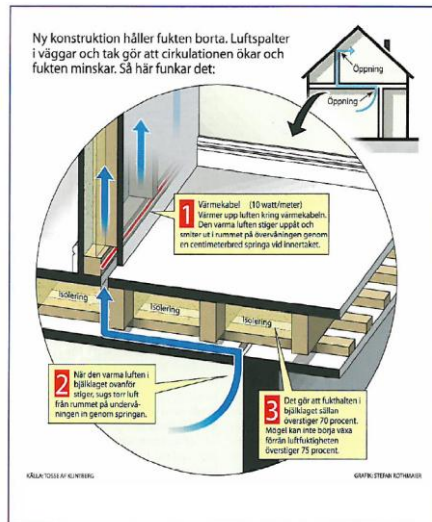
Frost i cellulosafiberisolering och mineralull – Tomas Vrana



## Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum

Doktorand: Tord av Klintberg

## Robust byggnadsteknik

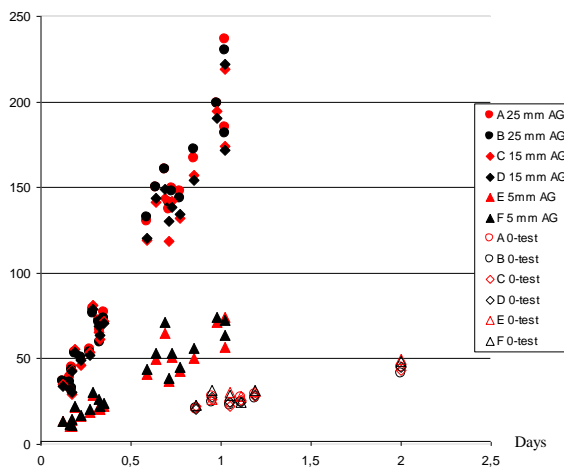


Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum – Tord av Klintberg

## Resultat från fullskaleförsök

visar spalthöjdens betydelse

Water transported  
from floor parts  
(Kg · E-3)



Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum – Tord av Klintberg

## Förväntade resultat



Mekaniska studier – Empiriska resultat

Modell för dimensionering av spalter

Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum – Tord av Klintberg

**FUKTCENTRUM**

# Byggnadsdelar

Kalla vindar,

*Petter Wallentén*

Kvalitetssäkring av ytterväggskonstruktioner,

*Lars Olsson, SP*

Frost i isolering

Spaltmetoden för kvalitetssäkring av våtrum,

*Kjartan Gudmundsson*

**FUKTCENTRUM**

## *Kalla vindar och uteklimatet*

**Petter Wallentén**  
**Dep. Of Building Physics**  
**Lund University Sweden**



### **Projektet WoodBuild**

#### **B3. Modeller, beräkningar och prognoser**

- Mätningar
- Modeller för uteklimat
- Modeller för inneklimat
- Modeller för ventilerade konstruktioner med fokus på vindar

**Risکانalyser för kallvindskonstruktioner**  
**Chalmers (Carl Eric Hagentoft, Angela Sasic)**  
**Statistisk analys**



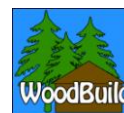
## Viktiga faktorer för klimatet på vindar

- Uteklimat
  - Temperatur, Relativ fuktighet, Vind, Solstrålning, Långvågig strålning
- Inneklimat
  - Temperatur fuktillskott
- Konstruktion
  - Isolering, Isolering i yttertak, Ventilation, Byggnadens orientering
- Arbetsutförande
  - Läckage

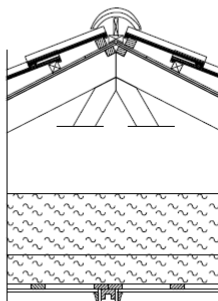
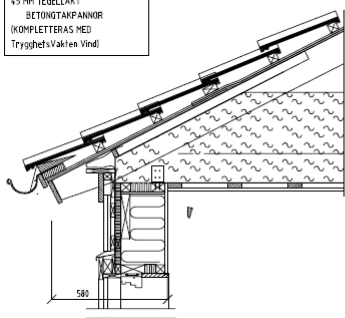


LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Långvågig strålning



YTERTAK  
9 MM PLYWOOD  
STRÖLÄKT  
45 MM TEGELLÄKT  
BETONGTAKPANNOR  
(KOMPLETTERAS MED  
TrygghetsVakten Vind)



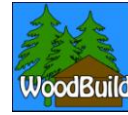
VINDSBJÄLKLAG  
19 MM GIPSPLANK (DTS)  
28 MM GLESPANEL  
0,2 MM ARMERAID PLASTFILM  
400 MM MINULL (LÖSULL)  
U<sub>sp</sub>0,098 W/m<sup>2</sup>K



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



Building and Environment



**Critical conditions for onset of mould growth under varying climate conditions**

Tord Isaksson a,\*, Sven Thelandersson a, Annika Ekstrand-Tobin b, Pernilla Johansson b

$$D(n) = \sum_1^n D_\phi(\phi_i) \cdot D_T(T_i)$$

$$D_\phi = \exp(15.53 \cdot \ln(\phi / 90)) \quad \text{for } 75 < \phi \leq 100\%$$

$$D_T = \exp(0.74 \cdot \ln(T / 20)) \quad \text{for } 0.1 < T \leq 30^\circ\text{C}$$

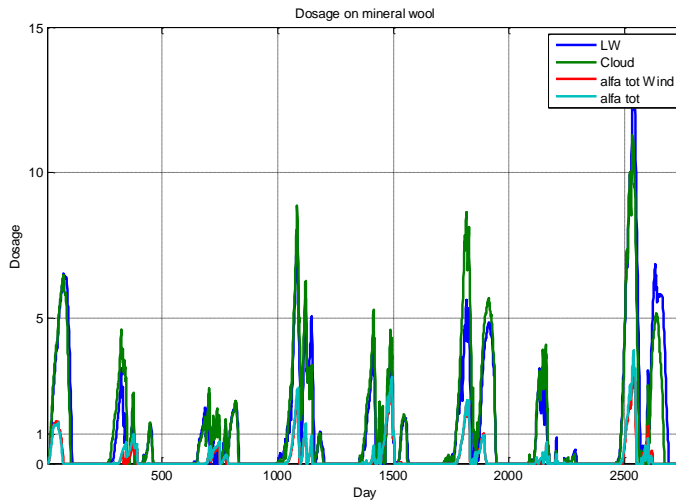
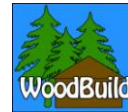
$$D_\phi(\phi) = -2.7 + 1.1\phi / 30 \quad \text{for } 60 < \phi \leq 75\%$$

$$D_\phi(\phi) = -0.5 \quad \text{for } \phi < 60\%$$

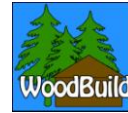
$$D(\phi, T) = -0.5 \quad \text{for } T < 0.1^\circ\text{C}$$



**1 oms/h Lund**



Spruce exposed to  $\phi = 90\%$ ,  $T = 20^\circ\text{C}$



Mould after N = 38 days

0: no growth

1: some growth detected with microscope (trace)

2: moderate growth detected with microscope  
(coverage 10–25%)

3: some growth detected visually (coverage below 10%)

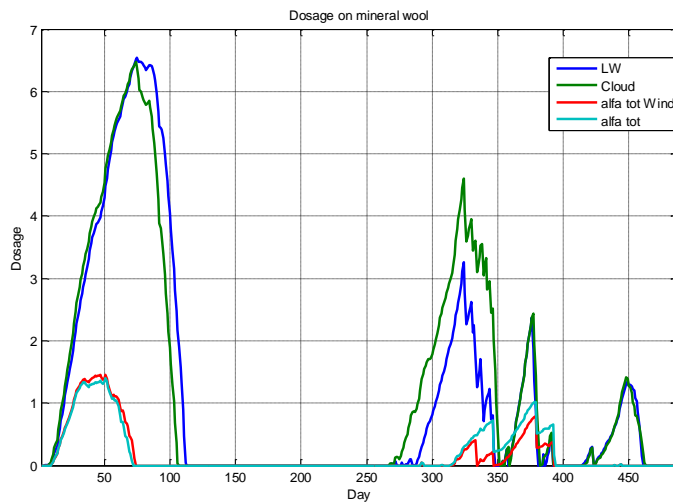
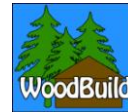
4: moderate growth detected visually (coverage 10–50%)

5: plenty of growth detected visually (coverage above 50%)

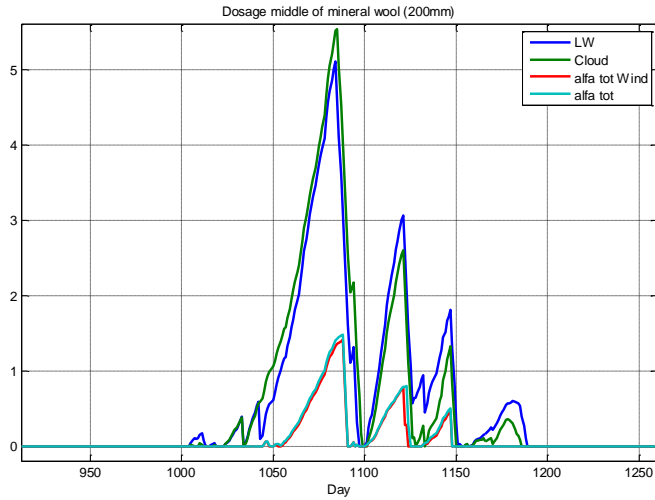
6: very heavy growth (coverage 100%, very thick growth)



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



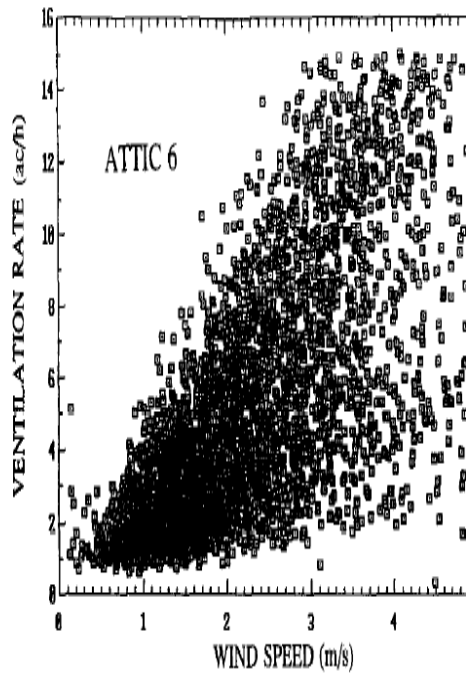
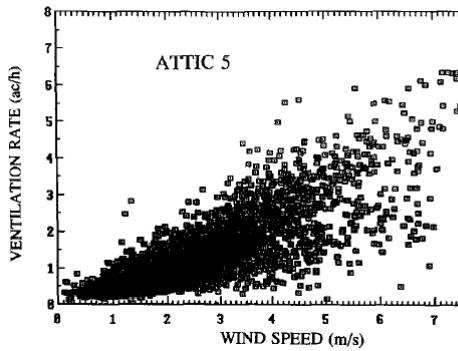
LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Field Measurements of Ventilation Rates  
in Attics

I. S. WALKER  
T. W. FOREST (1995)

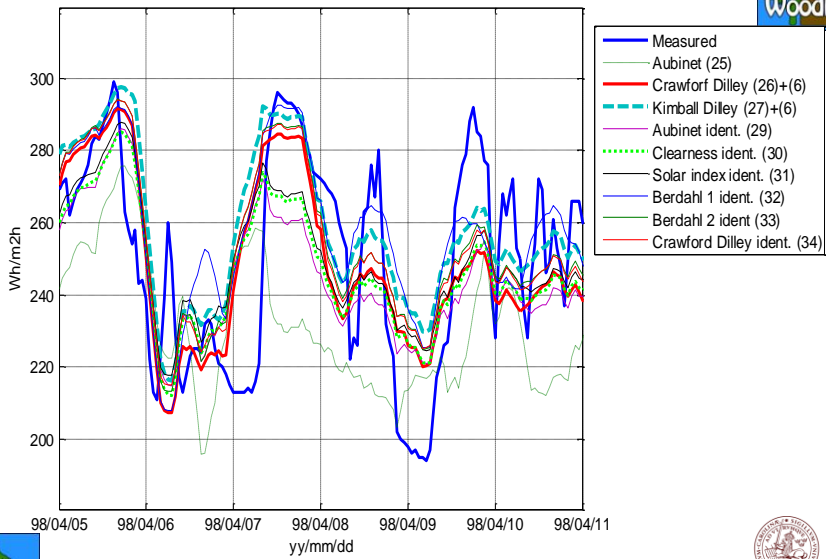
3 l/sm<sup>2</sup> 50pa

1,2 l/sm<sup>2</sup> 50pa

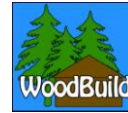
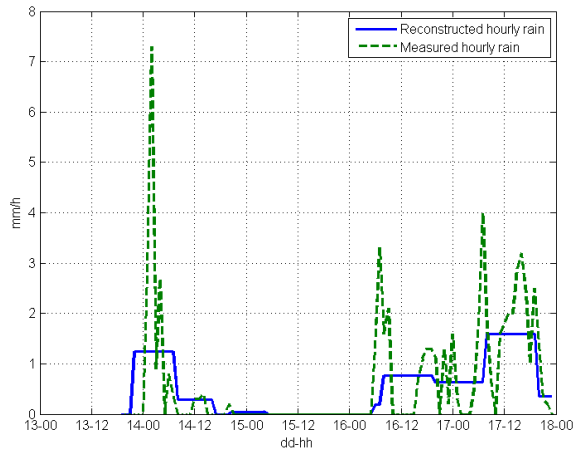


LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Equation	RMS (MB)	r	$\theta$ ( $\sigma$ )
Aubinet (1994) (25)	27.0 (-10.8)	0.861	-
Crawford and Duchon (1999) (26) + Dilley and O'Brian (1998) (6)	25.4 (-9.3)	0.878	-
Kimball et al (1982) (27) + Dilley and O'Brian (1998) (6)	24.0 (4.8)	0.892	-
			34.17 (9.9%)
			7.18 (4.0%)
Aubinet identified (29)	23.4 (-3.9)	0.898	-21.35 (1.8%)
			0.700 (2.6%)
			1.547 (0.8%)
			0.598 (0.9%)
Clearness identified (30)	23.2 (-3.0)	0.900	-0.569 (2.2%)
			-0.280 (0.4%)
			1.684 (0.7%)
			0.631 (0.9%)
Solar Index identified (31)	23.5 (-3.3)	0.897	-0.706 (1.8%)
			-0.194 (0.4%)
			0.747 (0.04%)
Berdahl 1 identified (32)	23.8 (-3.1)	0.894	0.456 (0.8%)
			1.789 (1.8%)
			1.068 (0.7%)
Berdahl 2 identified (33)	23.5 (-2.7)	0.898	0.679 (0.9%)
			-0.294 (2.3%)
			59.00 (0.8%)
Crawford-Dilley identified (34)	23.3 (-2.5)	0.899	114.37 (0.6%)
			111.29 (0.8%)



## Rain (&gt;88%)



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## Nuvarande råd för kalla vindar

- Låg men inte obefintlig ventilation
- Var försiktig med att öka isoleringen på yttertaket för mycket (<5cm?)
  - Även vid låga läckage kan fuktillstånden i takbjälklaget bli riskabla
- Vid räkning ta med långvågig strålning i modellerna. Det räcker dock men en enkel modell.
- Vid räkning använd så många år som möjligt.



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## Kvalitetssäkring av byggsystem för ytterväggar och fasader

Lars Olsson  
SP byggnadsfysik  
och inomhusmiljö



- P-märkning av byggsystem (systemhållare), med tekniska krav
- P-märkning av platsbyggande (entreprenör)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

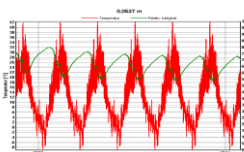
De flesta varianter av ytterväggar, fasader och skikt i väggen kan P-märkas som ett system



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Kvalitetssäkrat byggsystem

- Systemhandlingar
- Definiering av systemet
- Regntäthet, dräneringsförmåga m.m.
- Fuktberäkning
- Mätningar i fält
- Lufttäthet
- Bärförmåga, stadga och beständighet
- Brand
- Värmeisolering
- Ljudisolering
- Komponentkrav (relevanta egenskaper)
  - Vattentäthet, vattenabsorption.....
  - Mögelresistens
  - Åldringsbeständighet
  - Korrosionsbeständighet m.m.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Kvalitetssäkrad entreprenör (platsbyggande)

- Behörig personal och utbildningsprogram
- Samtliga handlingar som berör P-märkt byggsystem (tillhandahålls av systemhållare).
- Förutsättningar (väderskydd, ställningar, maskiner m.m.)
- Inköp av produkter/material
- Arbetsinstruktioner (även instruktioner från systemhållare)
- Montagebeskrivning (tillhandahålls av systemhållare)
- Egenkontroll av platsbyggande (tillhandahålls av systemhållare)
- Tillverkarförsäkran/märkning (P-märkt objekt), avvikelserapporter, dagböcker på arbetsplats etc
- Dokumentstyrning och arkivering av dokument
- Reklamationer



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

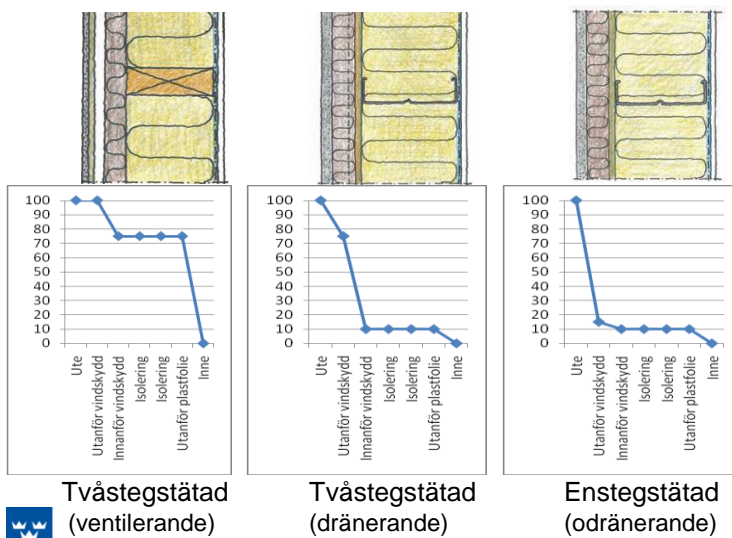


## Förväntade sprickor mellan puts och detaljer, hur ser tätningen ut bakom sprickor?



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Tryckfördelning för olika konstruktioner



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

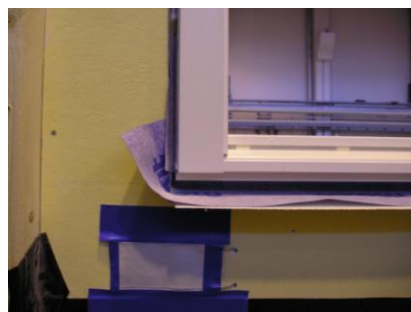


## Provning av fönstermontage (SP rapport 2009:35)



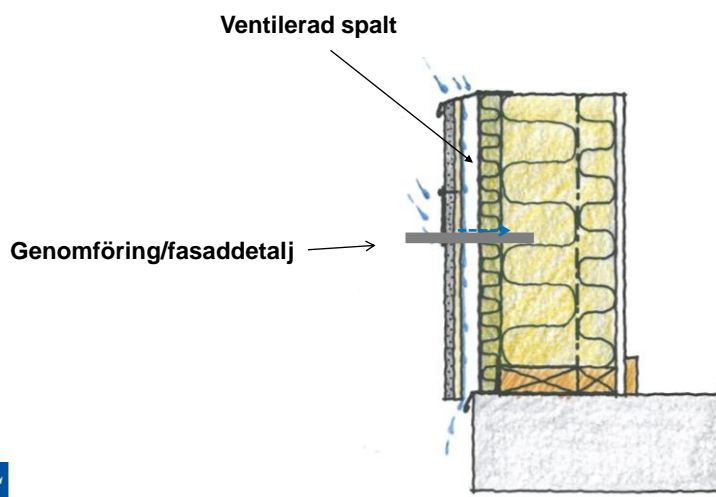
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Sekundär tätning/vattenutledning



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Hur väl fungerar en ventilerad spalt?



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

### Resultat från genomförda provningar förra året

- 1 = enstegstättad  
2= tvåstegstättad (dränerad)  
3= tvåstegstättad (ventil.)

Röda siffror anger läckage och vid vilket tryck/vindbelastning det inträffade

Väggtyp	Pustsocklek	Pusbärare	Fönster 1	Fönster 2	Elrör	Rörelsefog	Balkong	Ventil	Markis	Stuprör	Elskap	Lampa	Skärmmak
1	7-8	EPS	150	Tät	150	Tät	0	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	-
1	20	Minull	0	Tät	Tät	-	450	150	Tät	Tät	-	-	Tät
1	20	Minull	450	150	Tät	-	150	Tät	Tät	Tät	-	-	450
1	20	Minull	0	0	Tät	-	600	Tät	Tät	150	-	Tät	150
1	7-10	Minull	0	0	-	-	600	-	-	-	-	-	-
1	6-8	EPS	Tät	Tät	Tät	-	-	Tät	-	Tät	-	Tät	-
1	7-10	EPS	300	300	Tät	-	-	450	-	-	-	Tät	-
1	7-8	EPS	150	150	150	Tät	0	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	-
1	7-8	EPS	0	150	300	-	-	Tät	-	-	-	-	-
1	25-30	Minull	150	150	-	Tät	300	Tät	Tät	Tät	0	Tät	-
1	7-8	EPS	Tät	150	150	-	0	Tät	Tät	Tät	0	Tät	-
1	20	Minull	0	Tät	Tät	-	0	Tät	Tät	Tät	-	Tät	-
1	7-10	Minull	Tät	Tät	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	-	Tät	-
1	8-10	EPS	400	400	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	-	Tät	-
2	10-14	Minull	Tät	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	450	Tät	Tät	-
2	5-10	EPS	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	-
2	10-14	EPS	0	0	0	-	0	Tät	-	-	-	-	-
2	10-14	Minull	0	150	Tät	-	0	Tät	0	150	-	-	-
2	5-10	EPS	300	600	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	-	-	-
2	10-14	EPS	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	-	-	-
2	8-12	EPS	Tät	Tät	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	0	Tät	-
2	12-14	Minull	Tät	Tät	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	300	Tät	-
3	3-4	Skiva	0	0	Tät	Tät	Tät	450	0	0	-	-	-
3	6-8	Skiva	Tät	Tät	Tät	-	Tät	Tät	-	-	-	-	-
3	6-8	Skiva	0	Tät	Tät	-	450	Tät	-	-	-	-	-
3	6-8	Skiva	0	0	Tät	-	300	Tät	450	Tät	Tät	Tät	-
3	7-10	Skiva	Tät	Tät	Tät	-	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	Tät	-



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Kvalitetssäkrat objekt

- P-märkt byggsystem (provat och utvärderat)
- Kvalitetssäkrad entreprenör (korrekt montage)
- Tillverkarförsäkring/märkning utfärdas av entreprenör (kvitto på fabrikat och montage)
- Tredjepartskontroll (stickprov) av platsbyggande/entreprenörer (trygghet för alla)

*Tillverkningen sker i fält vilket är under okontrollerade förhållanden, jämfört med i fabrik, varför certifiering av entreprenör blir särskilt viktig*

[www.sp.se](http://www.sp.se)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

# Byggprocessen

Optimerad byggtorkning – Peter Brander (Skanska)

ByggaF – Kristina Mjörnell (SP)

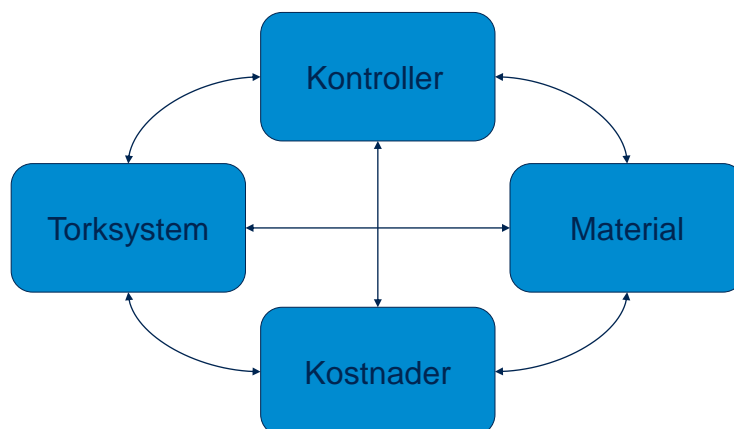
ByggaL – Eva Sikander (SP)

Fuktcentrums informationsdag 2010-11-18

SKANSKA

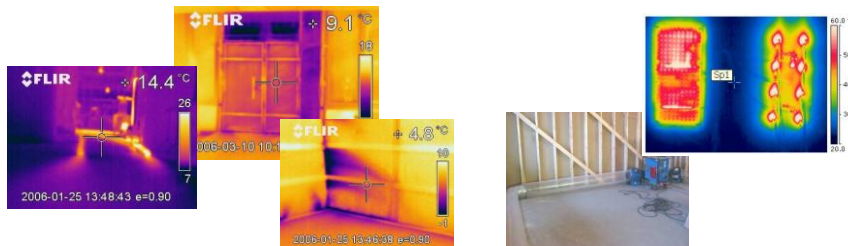
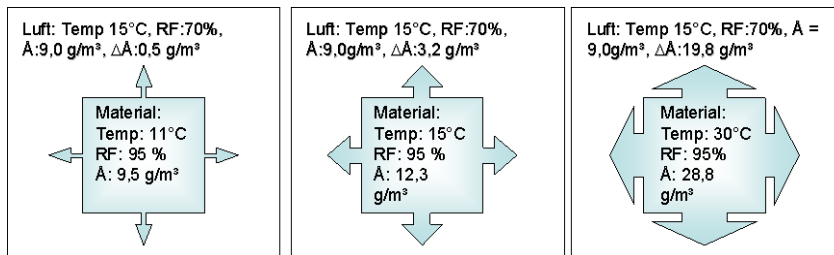
---

## Optimerad byggtorkning



SKANSKA

## Optimerad byggtorkning



SKANSKA


## Kontroll av torkklimat



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Maßpunkt	Placering	Datum (ÅÅÅÅ-MM-DD)	Temper (°C)	RF (rel. fukt)	MA (våg (g/m <sup>3</sup> ))	Ängslat (mm (g/m <sup>3</sup> ))	Temper (°C)	RF (rel. fukt)	MA (våg (g/m <sup>3</sup> ))	Ängslat (mm (g/m <sup>3</sup> ))	Moistertemperatur (°C)	Fuktflödet (g/m <sup>2</sup> h)	Även kallat med (S) (g/m <sup>3</sup> ) (per 24 timmar) (g/m <sup>3</sup> )	
		2003-10-27	14.0	60	12.3	7.4	6.2	86	7.0	6.0	14.0	1.4	<b>3</b> 60	kalles
		2003-10-28	16.0	66	13.8	7.6	4.0	80	6.5	6.0	13.0	1.8	<b>2</b> 66	
		2003-10-29	17.0	69	14.7	7.3	2.0	86	6.6	5.5	14.0	2.0	<b>6</b> 69	
		2003-10-30	19.0	69	13.1	7.3	0.0	86	4.8	4.6	12.0	2.0	<b>2</b> 66	
		2003-10-31	14.0	60	12.3	7.4	0.0	86	4.8	4.6	14.0	2.0	<b>3</b> 60	
		2003-11-01	14.0	30	12.3	3.7	0.0	86	4.8	4.6	14.0	-0.9	<b>7</b> 30	avfuktas
		2003-11-02	20.0	40	17.3	6.9	0.0	86	4.8	4.6	16.0	2.3	<b>6</b> 50	
		2003-11-03	22.0	40	19.2	7.7	-0.0	86	3.2	3.2	20.0	4.5	<b>13</b> 51	golvväts
									4.8	0.0		0.0	<b>4</b> 0	
									4.8	0.0		0.0	<b>4</b> 0	



# Optimerad byggtorkning


In English Projektarea Sök på webbplatsen

Aktuellt
Om SBUF
Att söka bidrag
Projektregister
Praktiska hjälpmedel
Forskningsprogram
Externa länkar
Arkiv
Kontakta oss

**Pågående projekt**

Avslutade projekt

Avhandlingar

**Sök bidrag**  
Har du en projektidé som kan bidra till byggbranschens utveckling? Sök bidrag här på webbplatsen.

**Nyhetsbrev från SBUF**  
Önskar du information om nya

Du är här: [Projektregister](#) / Sökresultat projektregistret Tipsa en vän Skriv ut sidan

**Sökresultat**

Din sökning resulterade i 3 träffar.

**1**

ID	TITEL	STATUS
12416	Praktiskt energisparande under byggskedet på arbetsplatsen	Pågående
12272	Energieffektiva byggbodar	Pågående
12262	Envirocentral - för energieffektivare byggarbetsplatser	Pågående



# Bygga F

## metod för fuktsäker byggprocess

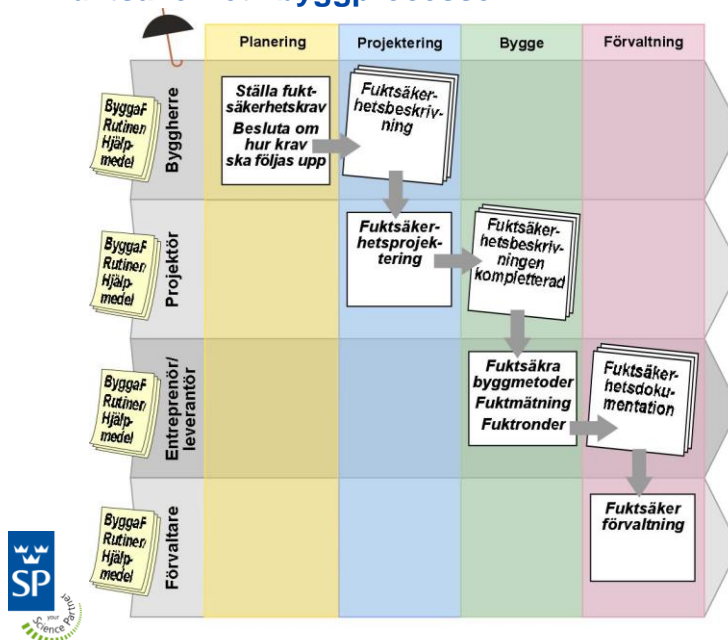
Togs fram av:

- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- LTH Lunds Universitet
- Lars Söderlind Konsult HB
- Sveriges Byggindustrier och FoU-Väst
- Eric Werner Tecknaren AB

Finansiärer:



## Fuktsäkerhet i byggprocessen



## Utse fuktsakkunnig

### Krav på fuktsakkunnig:

- Grundläggande kunskaper i byggnadsteknik och byggnadsfysik.
- Bred kompetens och kännedom om konsekvenser av fuktskador.
- Kännedom om byggprocessens olika skeden.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

		Projektstart	Planering – Program					
Att göra	Välj metod för fuktsäkerhet.	Utse fuktsakkunnig.	Besluta om byggherrens fuktsäkerhetskrav.	Formulera fuktsäkerhetskrav i kontraktshandlingar.	Besluta om åtgärder vid avvikelser.	Besluta om rutiner för aktiviteter och uppföljning.	Besluta om incitament och påföljd.	Upprätta fuktsäkerhetsbeskrivning.
Ansvarig	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren/ Fuktsakkunnig
Rutiner/ hjälpmedel	ByggaF.	Tjänstebeskrivning för fuktsakkunnig.	Förslag på tekniska krav och krav på aktiviteter.	Formulering av krav på fuktsäkerhet i program och i AF.		Avvikelseskett. Konsekvens vid avvikelser.		Mall för fuktsäkerhetsbeskrivning.

## Besluta om byggherrens fuktsäkerhetskrav

### Med kraven följer:

- Konsekvens om krav ej uppfylls
- Krav på verifiering
- Ansvarig aktör

		Projektstart	Planering – Program					
Att göra	Välj metod för fuktsäkerhet.	Utse fuktsakkunnig.	Besluta om byggherrens fuktsäkerhetskrav.	Formulera fuktsäkerhetskrav i kontraktshandlingar.	Besluta om åtgärder vid avvikelser.	Besluta om rutiner för aktiviteter och uppföljning.	Besluta om incitament och påföljd.	Upprätta fuktsäkerhetsbeskrivning.
Ansvarig	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren	Byggherren/ Fuktsakkunnig
Rutiner/ hjälpmedel	ByggaF.	Tjänstebeskrivning för fuktsakkunnig.	Förslag på tekniska krav och krav på aktiviteter.	Formulering av krav på fuktsäkerhet i program och i AF.		Avvikelseskett. Konsekvens vid avvikelser.		Mall för fuktsäkerhetsbeskrivning.





## Rutin för fuktsäkerhetsprojektering

1. Identifiera fuktkällor och belasta byggnadsdelarna
2. Uppskatta fukttillståndet i byggnadsdelarna
3. Kontrollera om kritiska fukttillståndet överskrids
4. Anpassa utformningen och val av material
5. Gör en riskanalys
6. Ekonomisk optimering (minimera byggkostnad och eventuell skadekostnad)



	Inför detaljprojektering	Detaljprojektering		Granskning och kommunikation			
<b>Att göra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informera projektörer om byggherrens fuktsäkerhetskrav och metoder för uppföljning.</li> <li>Presentera rutinen för fuktsäkerhetsprojektering.</li> </ul>	Utför och dokumentera fuktsäkerhetsprojekteringen.	Uppföljningsmöten med projektörerna	Utför egen kontroll och granskning	Granska fuktsäkerhetsprojekteringen.	Förbered information till entreprenörer och leverantörer.	Informera entreprenörerna.
<b>Ansvarig</b>	Byggherren/ Fuktsakkunnig	Projektören	Byggherren/ Fuktsakkunnig	Fuktansvarig projektör	Byggherren/ Fuktsakkunnig	Byggherren/ Fuktsakkunnig	Byggherren/ Fuktsakkunnig, Projektör
<b>Rutiner/hjälpmedel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rutin för fuktsäkerhetsprojektering.</li> <li>Checklista för fuktsäkerhetsprojektering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mail för redovisning av fuktsäkerhetsprojektering.</li> <li>Checklistor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklista för fuktsäkerhetsprojektering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklistor (Checklistor kan användas även för granskning.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklistor (Checklistor kan användas även för granskning.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mail för fuktsäkerhetsbeskrivning.</li> </ul>	



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Identifiera fuktkritiska moment och konstruktioner

- Leverans och hantering av material
- Uttorkning av betong
- Montage av fuktkänsliga material
- Uppfuktning av fuktkänsliga material
- Avjämning av betongytor
- Våtrum och trycksatta installationer

	Förberedelser inför produktionsskedet			
<b>Att göra</b>	Informera entreprenörer och leverantörer om byggherrens fuktsäkerhetskrav och metoder för uppföljning.	Överför krav och information från projekteringskedet	Identifiera fuktkritiska moment och konstruktioner.	Upprätta fuktplan
<b>Ansvarig</b>	Byggherren/ Fuktsakkunnig	Projektör/ Byggherre	Entreprenör	Entreprenör
<b>Rutiner/hjälpmedel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Förslag på Byggherrens fuktsäkerhetskrav.</li> <li>Information om väderskydd.</li> <li>Presentationsmaterial från Byggeso-disagen.</li> <li>"Fukt i hus" informations-skrift från Bli.</li> <li>"Lufttäthetens handbok" informations-skrift från Bli.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklista för fuktsäkerhetsprojektering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklista för fuktkritiska moment och konstruktioner.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Checklista för fuktplan för byggskedet.</li> <li>Rutin för mottagningskontroll.</li> </ul>

### Arbetsberedning för fuktkritiska moment!



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



## Fuktronder

### Gå igenom:

- Fuktkritiska konstruktioner
- Materialhantering
- Uppfuktat, smutsat material
- Läckage
- Stående vatten
- Städning

Notera avvikelser!



Produktionskedet			
Uppföljningsmöten med entreprenörer.	Fuktronder.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuktmätningar</li> <li>• Provtryckning</li> <li>• Andra kontroller</li> </ul>	Dokumentera fuktsäkerhetsåtgärder och avvikelser.
Byggherre/ Fuktsakkunnig	Entreprenör	Entreprenör	Entreprenör
Rutiner/hjälpmedel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mall för fuktrondeprotokoll.</li> <li>• Mall för avvikelserapport</li> </ul>	Rutinsbeskrivning och manual för respektive mätmetod och kontrollmetod.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mall för avvikelserapport</li> <li>• Kamera</li> <li>• Dagbok</li> </ul>

## Kontrollera fuktsäkerheten i förvaltningskedet

- Fuktkontroll vid driftsronder.
- Hantering av klagomål på inomhusmiljön.



Förvaltningskedet		Uppföljning av projekt	
Att göra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrollera fuktsäkerheten i förvaltningskedet, t.ex. fuktkritiska konstruktioner. (Kontrollera i samband med driftsronder.)</li> <li>• Hantera eventuella fuktskador.</li> </ul>		Följ upp och samla in data från fuktsäkerhetsarbetet i projektet.
Ansvarig	Förvaltare/ Driftstekniker		Byggherren/ Fuktsakkunnig
Rutiner/hjälpmedel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuktmätning i befärd byggnad, utdrag ur rapporten Byggherrens arbete för fuktsäker byggnad.</li> <li>• Rutin för hantering av inomhusmiljöproblem och fuktskador.</li> </ul>		Enkät för utvärdering av fuktsäkerhetsarbetet i projektet.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Rutiner och hjälpmedel

- Tjänstebeskrivning för fuktsakkunnig
- Byggherrens fuktsäkerhetskrav och krav på aktiviteter
- Formulering av krav på fuktsäkerhet i administrativa föreskrifter AF
- Mall för avvikelserapport
- Mall för fuktsäkerhetsbeskrivning
- Rutin för fuktsäkerhetsprojektering
- Checklista för fuktsäkerhetsprojektering
- Mall för redovisning av fuktsäkerhetsprojektering
- Information om våderskydd
- Checklista för identifiering och hantering av fuktkritiska moment och konstruktioner
- Checklista för upprättande av fuktplan för byggskedet
- Rutin för mottagningskontroll
- Mall för fuktrondsprotokoll
- Innehållsförteckning för fuktsäkerhetsdokumentation
- Fuktinventering i befintlig byggnad
- Rutin för att genomföra en inomhusmiljöenkät
- Rutin för hantering av inomhusmiljöproblem
- Litteratur inom fuktsäkerhet, sammanställning



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Allt material går att ladda ned från: [www.fuktcentrum.se](http://www.fuktcentrum.se)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

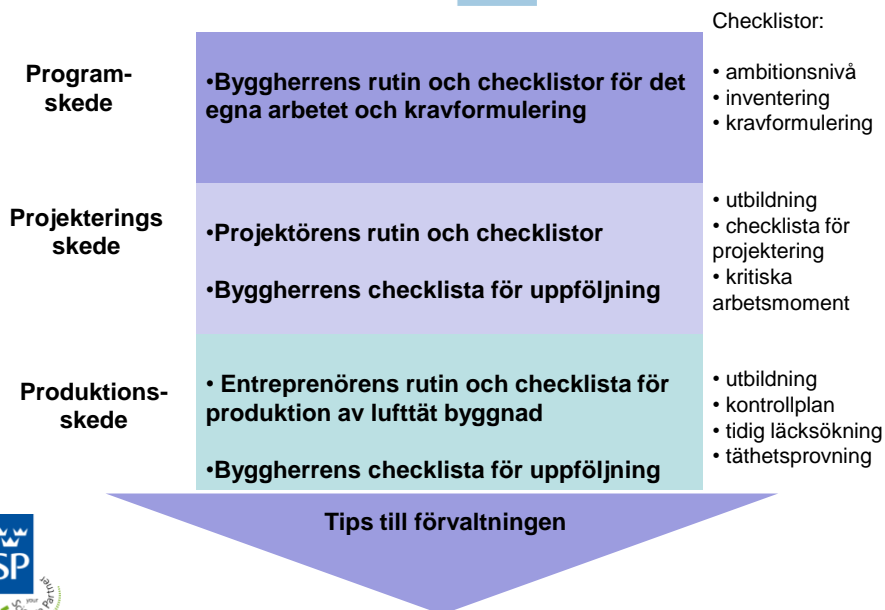
# LUFTTÄTT ByggaL

## Metod för produktion av lufttäta byggnader



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

### LUFTTÄTT ByggaL



## Några framgångsfaktorer som lyfts i **ByggaL**

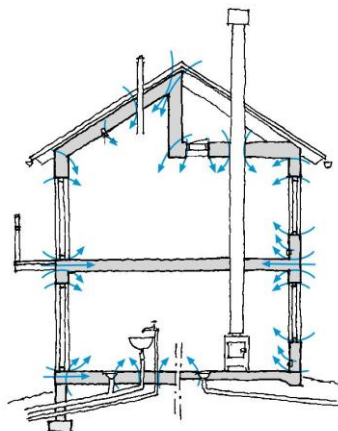
- Byggherrens ambitionsnivå
- Byggherrens krav & uppföljning

### Projekteringskedet:

- Ansvarig utsedd
- Information/utbildning
- Detaljredovisning
- Kommunikation med entreprenör

### Produktionsskedet:

- Ansvarig utsedd
- Information/utbildning
- Projektanpassad kontrollplan
- Tidig läcksökning och täthetsprovning
- Avslutande täthetsprovning



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Några viktiga principer för projekteringskedet:

- Välj lufttäta material
- Minimera antalet skarvar
- Minimera antalet håltagningar/genomföringar
- Byggbara genomföringar, anslutningar och skarvar
- Beständig lufttätethet



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Några viktiga principer för produktionskedet:

- Finns begränsningar i klimat vid applicering – åtgärder för att skapa klimatet
- Ren arbetsplats
- Torr arbetsplats
- Förberedelse av ytor (rengöring/primer)
- Inga hål eller revor i lufttätande skiktet
- Noggrant arbetsutförande
- Tidig läckagesökning, ev etappvis täthetsprovning – alla berörda bör vara med
- En noggrann kontroll före igensättning
- Slutlig täthetsprovning



Foto: Hans Eek



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



**Förslag till rutiner och checklistor kommer att finnas tillgängligt i januari/februari på [www.lufttathet.se](http://www.lufttathet.se)**

**ByggaL är utvecklad av SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i samverkan med företagen inom FoU-Väst. Finansierad av SBUF och FoU-Väst**



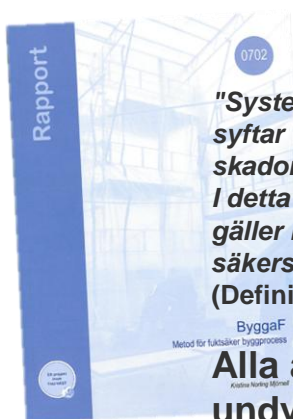
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Erfarenheter från renoverings- och byggprocessen ur ett fuktperspektiv

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Vad är fuktsäkerhetsprojektering?



***"Systematiska åtgärder i projekteringsskedet som syftar till att säkerställa att en byggnad inte får skador som direkt eller indirekt orsakas av fukt. I detta skede anges även de förutsättningar som gäller i produktions- och förvaltningsskedet för att säkerställa byggnadens fuktsäkerhet."***  
(Definition enl. BBR)

**Alla åtgärder som krävs för att undvika fuktskador!**

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Förutsättningar



- Förutsättningar
  - Nybyggnad
  - Tillbyggnad
  - Ombyggnad
- Till- och ombyggnad och kräver kunskap om befintlig byggnad
- Fukt- och miljöinventering (mögel, deponi, fukt, lufttäthet, konstruktionstyp etc)
- Hur påverkar en energiuppdatering fuktfunktionen?
- OBS; en tillbyggnad kan fukttekniskt påverka fuktförhållande i en befintlig betongplatta.

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Fuktkriterier



- Missfärgning
- Fysikalisk nedbrytning
- Kemisk nedbrytning
- Biologisk nedbrytning
- Hälsorisker
- Hållfasthet
- Deformation och rörelser
- Nedsatt isolerförmåga

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader





## Identifiera fuktbelastningar

*snö is smältvatten regn  
slagregn matlagning dusch  
bad läckande installationer  
vatten i och på marken växter  
byggfukt i material  
luftfukt från människor*

*Diffusion  
Konvektion  
Vätsketransport*



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Fuktberäkningar - fuktbelastningar

*För att kunna göra tillförlitliga  
fuktberäkningar krävs tillförlitliga  
data vad avser klimat och fukt-  
källor.*

*Med vilka klimatdata och med  
vilka fuktkällor skall fukt-  
beräkningar utföras?*

*Olika konstruktioner är olika  
känsliga för olika klimat. Det  
krävs olika dimensionerande  
klimat för kryppgrunder, vindar mm.*

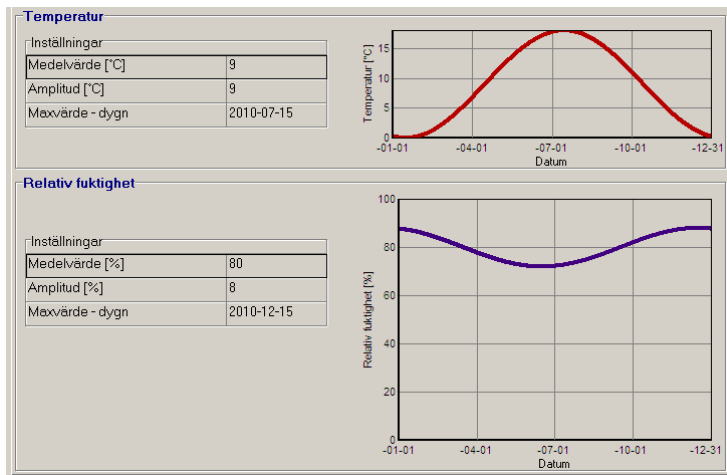
*Ändrat klimat, vad innebär det?*



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



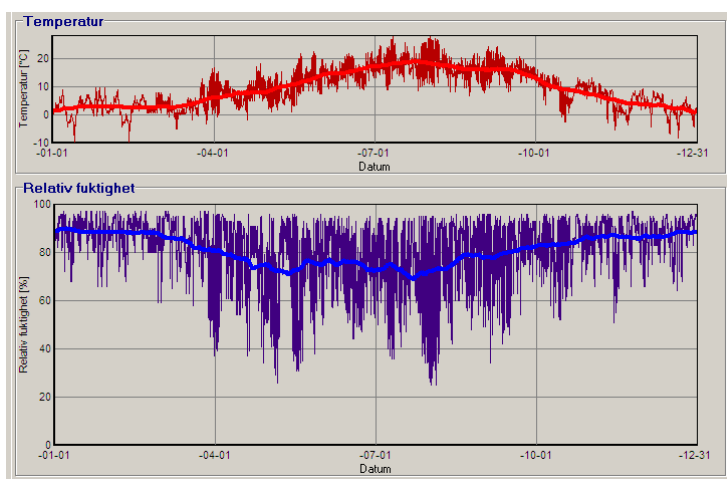
## Fuktkällor - utomhusklimat sinusvarierat



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



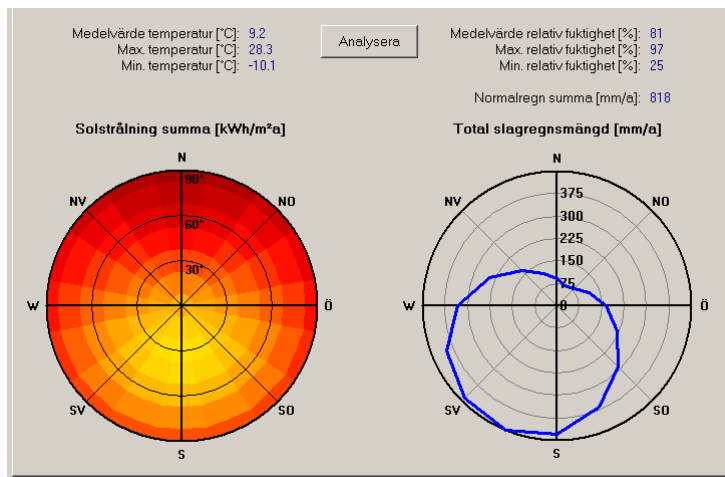
## Fuktkällor - utomhusklimat enligt Wufi



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



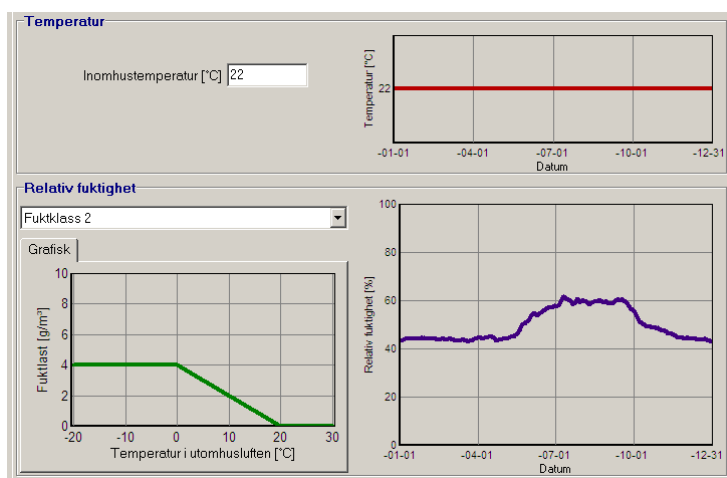
## Fuktkällor – solinstrålning och regn enligt Wufi



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Fuktkällor – inomhusenligt EN 13788



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Anpassa utformningen

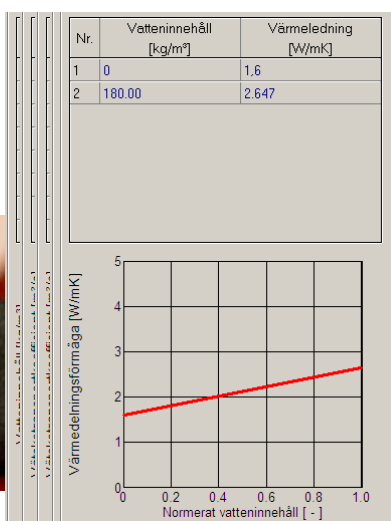
Anpassa utformningen av byggnadsdelen och val av material till de fuktbelastningar som kan tänkas förekomma på ett sådant sätt att risken för att skador eller andra olägenheter uppstår minimeras.



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Materialfrågor



*För att kunna göra tillförlitliga fuktberäkningar krävs tillförlitliga Fukttekniska materialdata.*

*T.ex.*

- Sorptionskurvor, OBS hysteres- och scanningkurvor
- Vätsketransportkoefficienter
- Diffusionsmotstånd,  $f(RF)$
- Värmeledningsförmåga,  $f(RF)$

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Fuktsäkerhet – Högsta tillåtna fukttillstånd

- BBR 6:53 Fuktsäkerhet - **föreskrift**
- Byggnader skall utformas så att varken konstruktionen eller utrymmen i byggnaden kan skadas av fukt.
- Fukttillståndet i en byggnadsdel skall alltid vara lägre än det högsta tillåtna fukttillståndet om det inte är orimligt med hänsyn till byggnadsdelens avsedda användning. Fukttillståndet skall beräknas utifrån de mest ogynnsamma förutsättningarna.

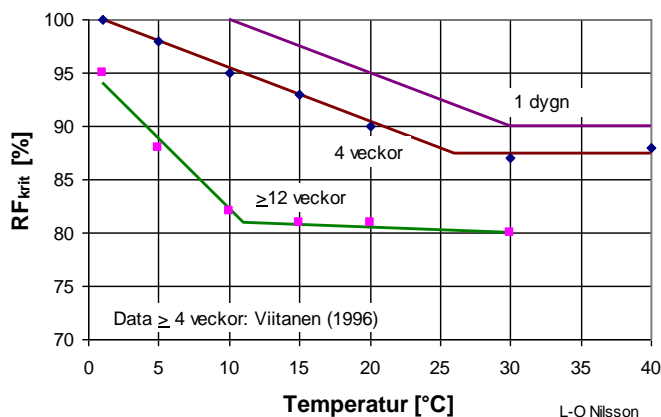


Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Kritiskt fukttillstånd trä

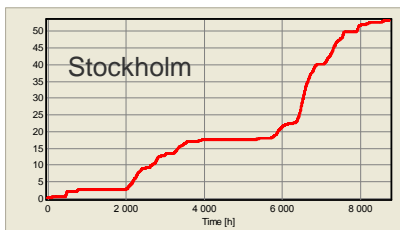
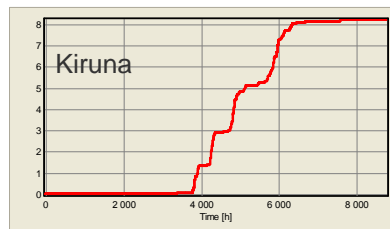
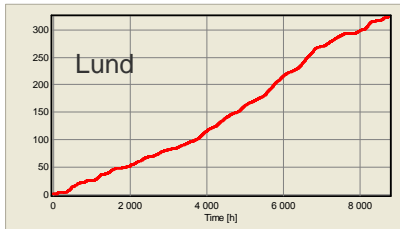
- Kritiskt fuktnivå för trä med hänsyn till fuktnivå, temperatur och varaktighet.



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Mögelväxt trä utomhus, beräkning med WUFI och WUFI Bio

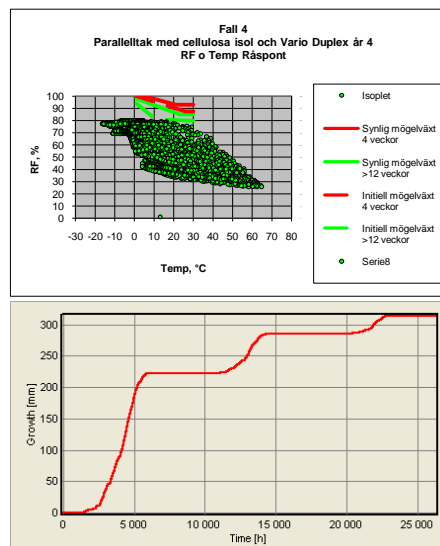


Mycket stora regionala skillnader i landet.  
Fuktsäkerhetsprojektering måste rimligen utföras för aktuell ort.  
**Data finns enbart för trä.**

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Fuktberäkningar - Fuktsäkerhet



## Byggnadsdelar



*Platta på mark med underliggande värmeisolering; kunskap OK*

*Fasader; utveckling pågår*

*Krypgrunder; varning i BBR*

*Uteluftventilerade vindar; varning i BBR, hur gör vi?*

*Spalter ventilerade med utomhusluft kan i dagens hus periodvis vara fuktkällor!*

*Lufttäthet; mycket viktigt!*



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader

## Beprövade och fungerande lösningar

- Igår?
- Idag?
- Imorgon?

Isol tjocklek mm	Max fuktupptagnade förmåga luft i luftspalt g/m <sup>3</sup>
50	1.21
100	0.74
200	0.48
400	0.35
600	0.30
800	0.28



**Yttervägg lättbetong  
t=365 mm, åtgärds kostnad  
fuktskador ca 500 000 SEK  
per hus**

- **I dagens byggnader måste en fuktsäkerhetsprojektering utföras!**



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader

## Anvisningar till byggskedet

Det är viktigt att projektörerna anger de förutsättningar som man antagit för byggskedet samt de kontroller och uppföljningar som skall utföras i byggskedet.



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Byggprocessen

*Kostanden för byggtorkning och uppvärmning kan vara mycket hög. När beaktas/kalkyleras denna kostnad?*

*Torkklimat; standard klimat i TorkaS, 18°C, 60 % RF, innebär en dagpunkts-temperatur på 9.7°C.*

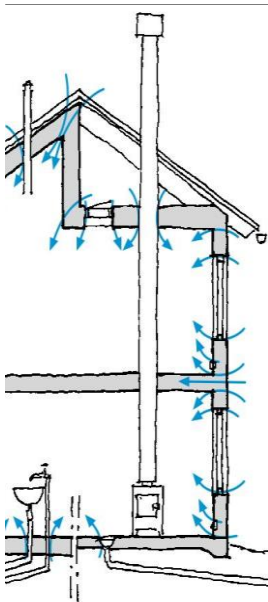
*Att logga, och kontinuerligt avläsa, klimatet i byggnaden och utomhus under byggprocessen samt att ställa krav på högsta tillåtna fuktillskott rekommenderas.*



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader







Källa; fuktsakerhet.se

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader

## Lufttätthet

- Byggnadens klimatskiljande delar bör ha så god lufttätthet som möjligt.
- Vindsbjälklag (särskilt viktigt)
- Bestämning av luftläckage finns i SS-EN 13829

### Särskild omsorg

- hög fuktbelastning, t.ex. badhus
- stora temperaturskillnader, t.ex. kylhus



## Lufttätthet

I samband med nybyggnation.

- ▶ Mätning efter applicering av PE-folie, ofta i samråd med entreprenör. Läckagesökning med spårrök/värmekamera.
- ▶ Uppföljande mätning för att verifiera förbättringarna.

Efter färdigställande av byggnad.

- ▶ Resulterar ofta i att vi kallas in i tidigare skede vid nästa bygge.



## Den lufttäta byggnaden ska andas med hjälp av sitt ventilationssystem



Foto: Per Westergård

Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader

### Varför ventileras?

- Lukter
- Föroreningar
- CO<sub>2</sub>
- Fukt

$$V_i = V_e + V_{FT}$$

$$V_{FT} \text{ max } 3 \text{ g/m}^3 \text{ SOSFS } 1999:25$$

Om värmeväxlaren återför fukt

$$V_i = V_e + V_{FT} / (1 - \eta_{Fukt})$$

Mer om detta under eftermiddagen.



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader



## Praktiskt exempel



Vi löser fukt- och miljöproblem i byggnader





## Internationell och nationell FoU-samverkan

### Riskbedömningar vid reoveringar för att energieffektivisera bostadshus

Carl-Eric Hagentoft  
prof. Byggnadsfysik  
Chalmers

#### Annex 55 (RAP-RETRO)



*International Energy Agency  
Energy Conservation in Buildings and Community Systems  
(ECBCS)*

**Annex 55:  
Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting -  
Probability Assessment of Performance and  
Cost (RAP-RETRO)**

## Retrofitting of existing buildings

Potential energy saving (according to the IEA)  
of 20-60% in residential space heating and conditioning

In Sweden:

Upgrading to new low energy building performance;

-37 TWh

To today's building standard

-15 TWh



## *Background to new annex*

Improving the energy efficiency is often the main focus.

Adding insulation and changing the air and vapor tightness results in a different building envelope.

Complex interaction between building envelope, building services, external climate and the users.

As a result retrofitting measures not only often do not meet the energy targets; they also result in performance failures.

**CHALMERS** Chalmers University of Technology

*Participating countries*

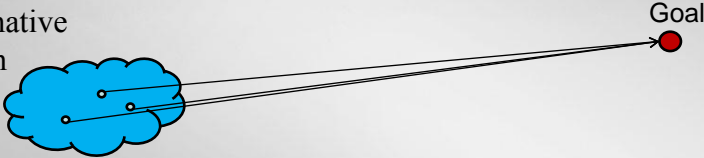
1. **Austria** (TU-Wien)
2. **Belgium** (K.U.Leuven, U.Gent)
3. **Brazil** (Pontifical Catholic U. of Paraná)
4. **Canada** (NRC-IRC, Concordia University, BCIT Vancouver)
5. **Czech Republic** (Technical University Prague)
6. **Denmark** (Technical University of Denmark)
7. **Estonia** (Tallinna Tehnikaülikool)
8. **Finland** (VTT, Technical University of Helsinki, Technical U. of Tampere)
9. **France** (Centre de Thermique de Lyon, LAMI, Clermont-Ferrand University, Toulouse U., Nantes University, U. de Savoie)
10. **Germany** (IBP Holzkirchen, Technische Universität Dresden)
11. **Japan** (KINKI U Higashi-Osaka, Kyoto U)
12. **Netherlands** (TU/e)
13. **Norway** (Norwegian University of Science and Technology, SINTEF)
14. **Portugal** (Universidade do Porto)
15. **Slovakia** (Slovak Academy of Sciences)
16. **Spain** (Universidade da Coruña)
17. **Sweden** (Chalmers University of Technology, SP, Lund University, IVL) !!!!!!!
18. **Switzerland** (ETH/EMPA)
19. **UK** (Glasgow Caledonian U, U. College London)
20. **USA** (Oak Ridge National Laboratory)

**CHALMERS** Chalmers University of Technology

Difficult to design for 100% safety!

We can not double the thickness of the beam  
-as in structural engineering!

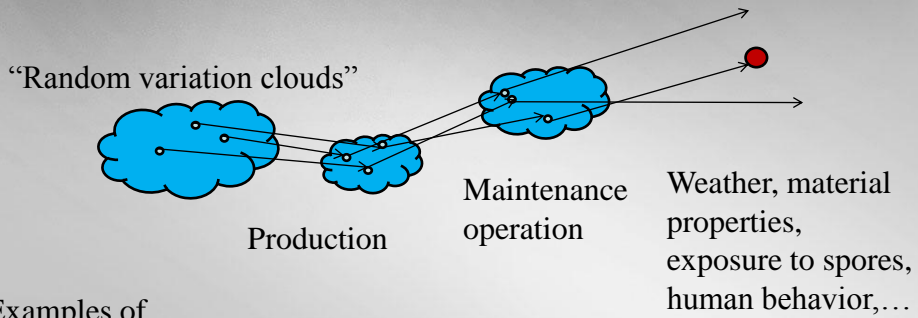
*Deterministic approach*

Alternative design  Goal

(Except if we accept poor energy efficiency!)

We must design as safe as possible –  
accounting for the all uncertainties and for what might can happen!

## Probabilistic approach



Examples of random variations in:

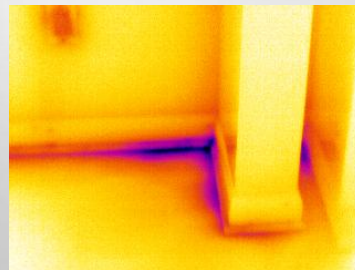
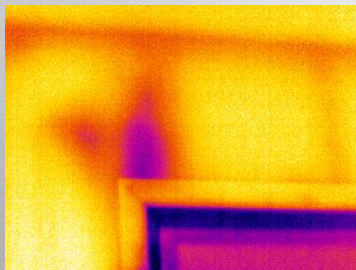
Workmanship  
initial conditions of material, ...

Indoor moisture sources, internal gains  
airing, aging of material,  
cracks in façades, ...

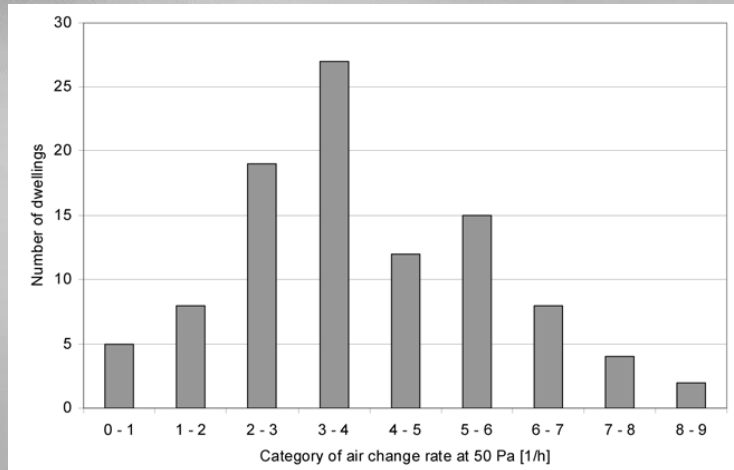
### Airtightness:

Design  
Workmanship  
Durability

A crucial quality!



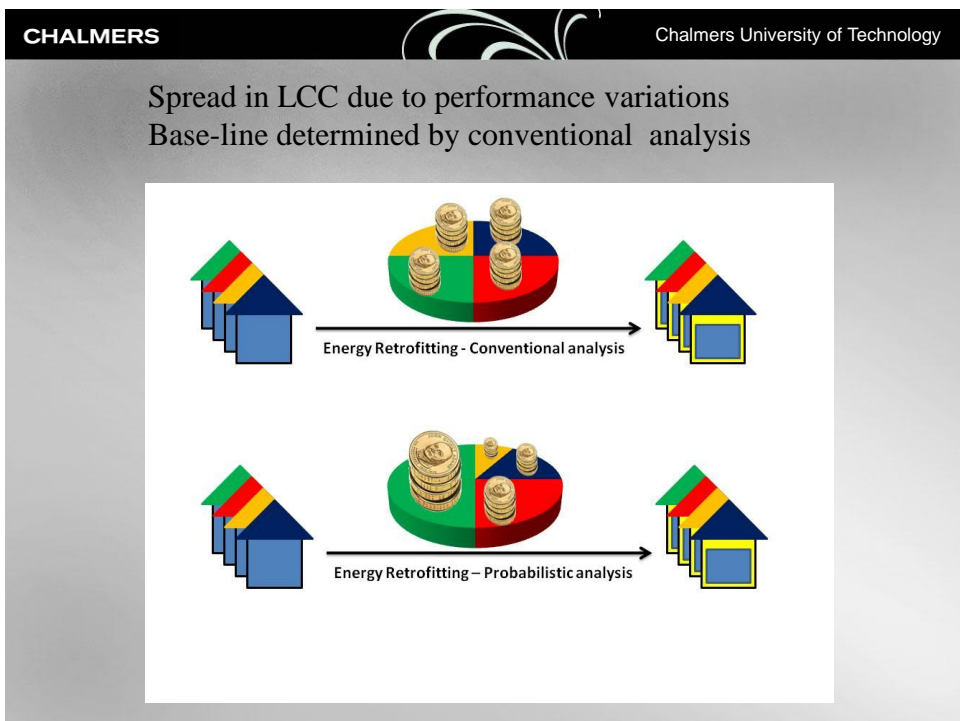
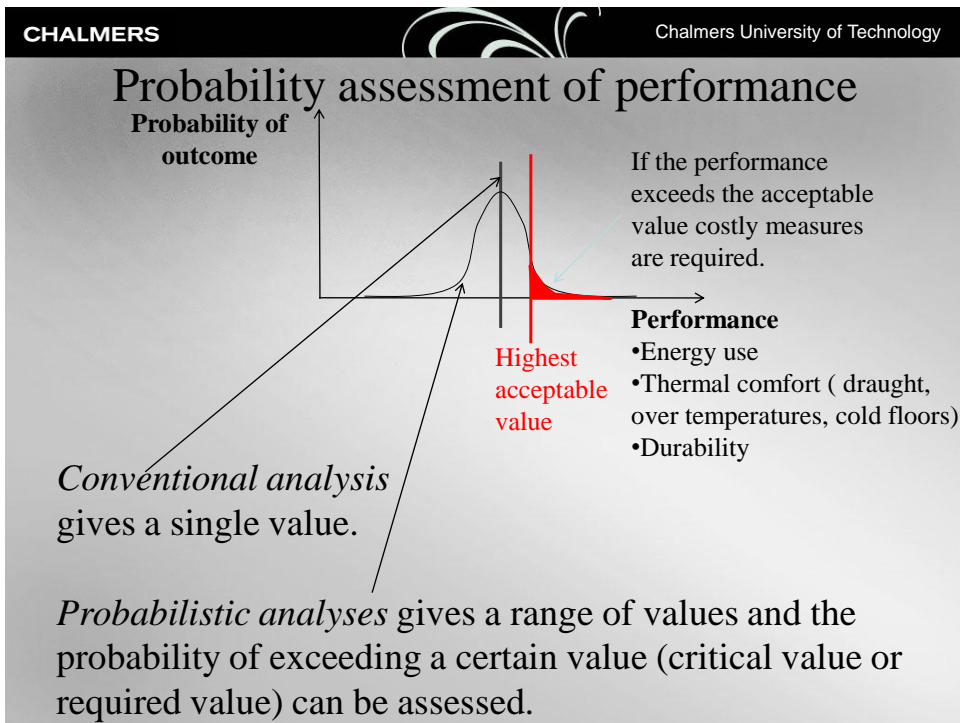
Performance - Air tightness  
at 50 Pa of 100 timber-framed Finnish buildings  
built after year 2000



The *scope* of the annex is to:

*To develop and provide decision support data and tools for energy retrofitting measures.*

*The tools will be based on probabilistic methodologies for prediction of energy use, life cycle cost and functional performances.*





## Case studies in the annex:

### Case Sigtuna, multi-family houses 1972-73

Lars-Erik Harderup Johan Stein, Lund U.

Sweden

### Renovation of multi-family houses

Jan Carmeliet ETH/EMPA

Switzerland

### Social housing in Porto 1970's

Vasco P. de Freitas , Nuno Ramos, Porto U.

Portugal

### Energy Renovation of an Old Single-family House, 1927

Carsten Rode, DTU

Denmark

### Case Drammen, multi-family house, 1937

A-J Almås, NTNU/SINTEF

Norway

## Case Sigtuna, Multi-family houses 1972-73

Sweden





### Renovation of multi-family houses Switzerland



### Social housing in Porto 1970's

### Portugal





## Energy renovation of an old single-family house, 1927 Denmark



Example:

Mould growth problems in attics

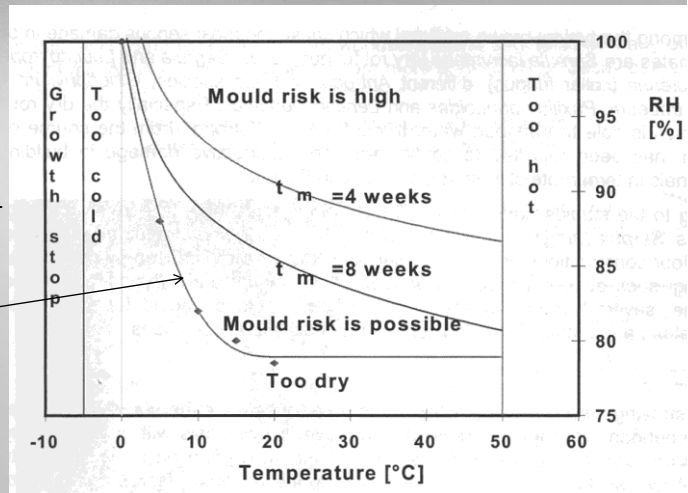


## Mould index, (Viitanen)

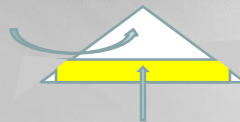
## Mould growth potential

Definitely OK if  $M < 1$ 

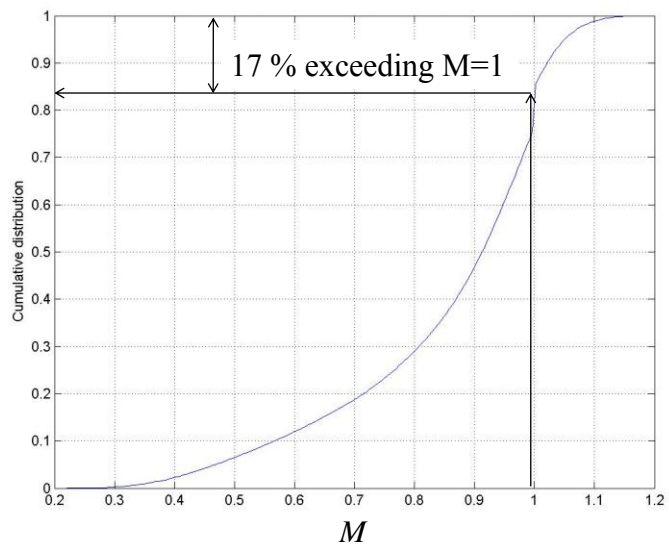
$$M = \frac{RH}{RH_{crit}(T)}$$

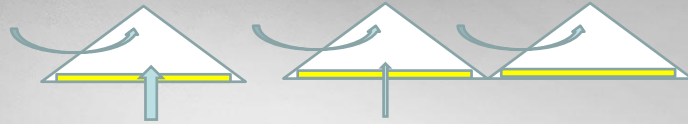
Less ventilated attic $d_i = 0,5$  m

Less tight



## Monte Carlo simulations



Less ventilated attic**Probability of hourly values of the year to exceed  $M=1$** 

Insulation thickness	Leaky attic floor	Less tight attic floor	Tight attic floor
$d_i=0,05$ m	14 %	11 %	2%
$d_i=0,5$ m	18 %	17 %	9%

Well ventilated attic**Probability of hourly values of the year to exceed  $M=1$** 

	Leaky attic floor	Less tight attic floor	Tight attic floor
$d_i=0,05$ m	23 %	12 %	6%
$d_i=0,5$ m	27 %	20 %	13%



## Svenskt “Spegel-projekt”

Finanseras av Formas (J Arfvidsson projektledare)

Medverkande från:

- Chalmers
- LTH
- IVL
- SP

Minst 5 doktorandprojekt knyts till projektet

och

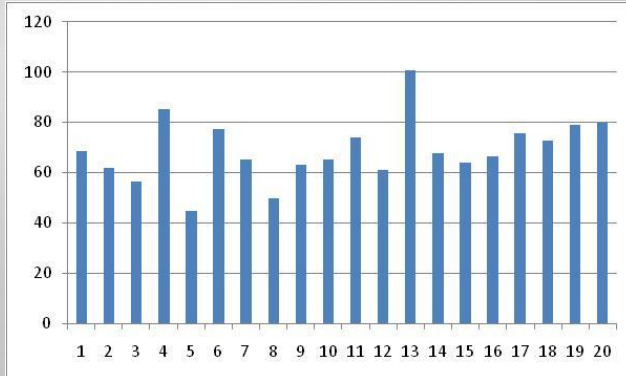
Minst 9 disputerade forskare



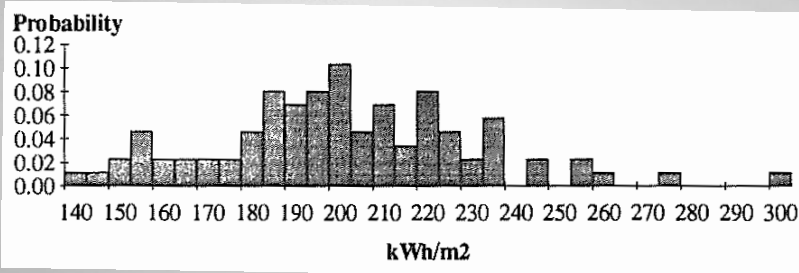
## Lindås – South of Göteborg

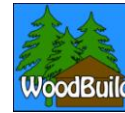
From 2001

kWh/m<sup>2</sup>



*Distribution of annual energy demand per square meter in 87 similar Swedish dwellings from the 80's*





## Principer för fuktsäkerhetsprojektering med hänsyn till mikrobiell påväxt

Sven Thelandersson  
Konstruktionsteknik, LTH

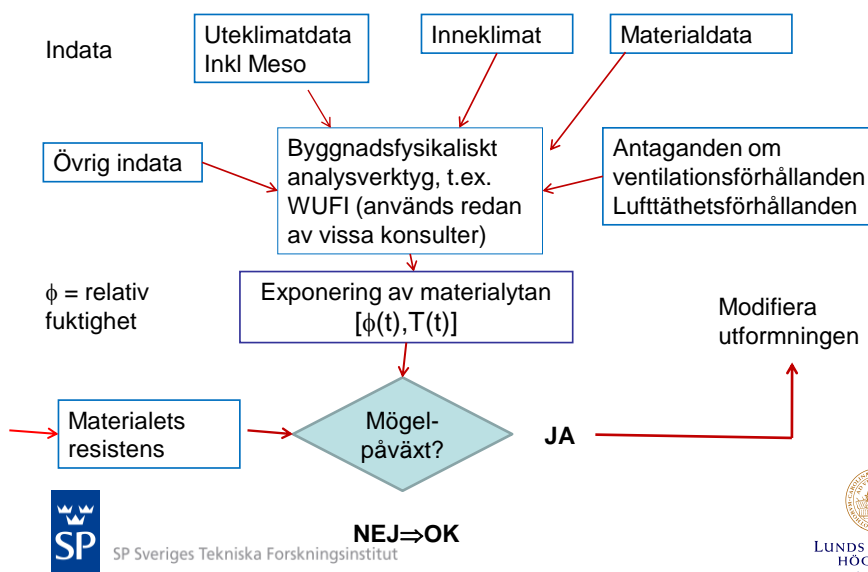


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Projekteringsprincip – material i klimatskärmen



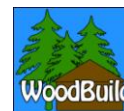
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



## Huvudfrågor att lösa för att detta skall fungera som ett praktiskt verktyg



- Hur definiera "dimensionerande" klimatindata?
- Spelregler för val av antaganden vid modelleringen av en konstruktion(idealiseringar, ventilationsgrad, etc.)?
- **Hur utvärdera resultat i form av  $[\phi(t), T(t)]$  med avseende på risk för mögelpåväxt?**
- Hur hantera konstruktionsdetaljer (anslutningar, genomföringar etc.) som inte beskrivs i byggnadsfysikmodellen?
- Vilken risk kan accepteras för att man inte uppnår det man avser?

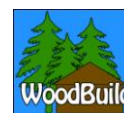


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

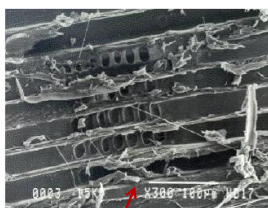
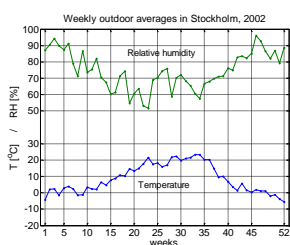
## Gränstillstånd för initiering av mikrobiell påväxt



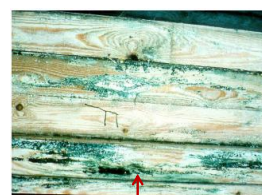
**Tillämpning:** Material i klimatskärmen, där påväxt normalt inte bör accepteras

**Definition av initiering:** Sporrongning kan observeras i mikroskop

**Utvärdering av gränstillstånd:** Måste kunna göras för kontinuerliga tidsserier av kopplade värden på relativ fuktighet ( $\phi$ ) och temperatur (T)



Gränstillstånd=  
mögelindex 1



Mögelindex 6

**Question: Will the limit state be violated under this type of exposure?**



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## BBR

Anger kritiskt fuktillstånd  $\phi_{crit}$  som inte får överskridas

Detta är ett alltför onyanserat synsätt

Alternativ metodik beskrivs i publicerad artikel nedan



Critical conditions for onset of mould growth under varying climate conditions

Tord Isaksson<sup>a,\*</sup>, Sven Thelandersson<sup>a</sup>, Annika Ekstrand-Tobin<sup>b</sup>, Pernilla Johansson<sup>b</sup>

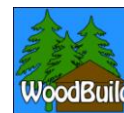
<sup>a</sup>Division of Structural Eng., Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

<sup>b</sup>SP Technical Research Institute, Box 857, SE-501 15 Borås, Sweden



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

## Dos-respons modell



Definiera dos som

$$D = D_{\phi}(\phi) \cdot D_T(T)$$

där  $\phi$  och T är dygnsmedelvärden av relativ fuktighet respektive temperatur

$D$  kan tolkas som tid i dagar vid givet referensklimat

Valt referensklimat (Relativ Fuktighet  $\phi = 90\%$ , Temperature  $T = 20$  C) ger t.ex. initiering av påväxt efter 38 dagar för gransplint (Viitanen, 1996)

Gränstillståndet uppnås alltså när  $D = D_{crit} = 38$  dagar för hyvlad gransplint

Den kritiska dosen  $D_{crit}$  beror av ytstruktur och substrat (material)

Omvandlar dynamisk klimatpåverkan till ett index som beskriver mögelrisken



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



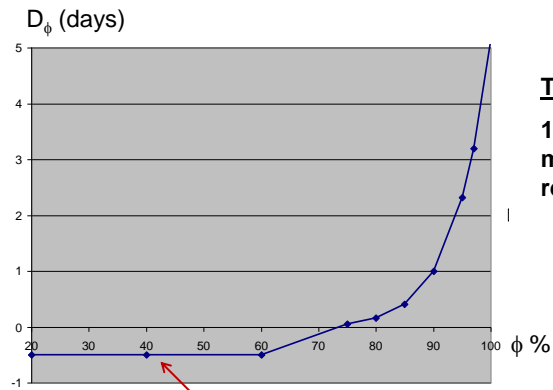
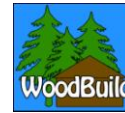
LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



•  $D_\phi(\phi)$  beskriver hastigheten i processen för andra värden på  $\phi$

• Utvärderades från Viitanens data för  $\phi > 75\%$

• "Retardation" ( $D_\phi(\phi) < 0$ ) antas för torra förhållanden



**Tolkning, ex.**

1 dag med  $\phi=97\%$ ,  $T=20^\circ\text{C}$   
motsvarar 3.2 dagar vid referensklimat



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Mögelsporerna tycker inte om när det är torrt utan antas gå "tillbaka" i utvecklingen

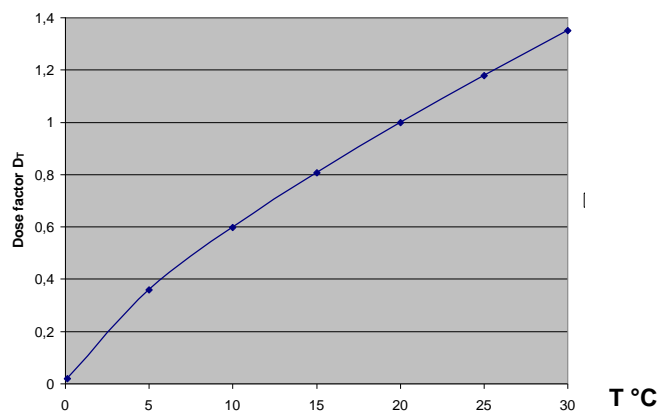


LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

• Analogt beskriver  $D_T(T)$  inverkan av temperatur

• Utvärderades från Viitanens data för  $0 < T < 30^\circ\text{C}$

• Retardation:  $D_T = -0,5$  för  $T < 0$

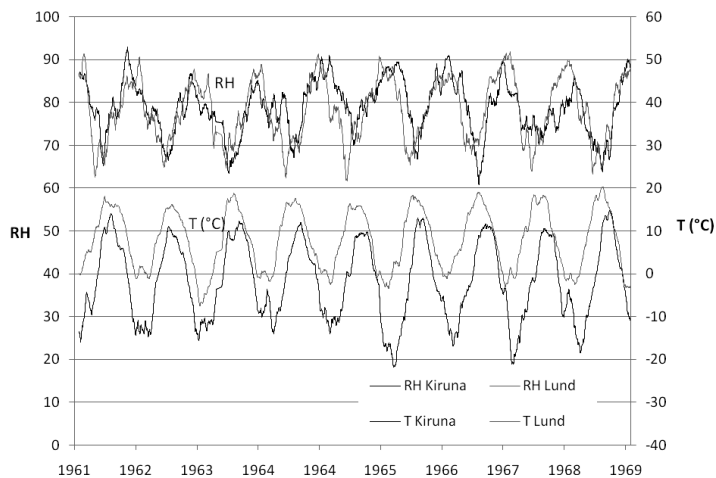


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Climate conditions during 9 years in Lund and Kiruna

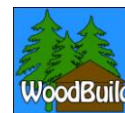


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



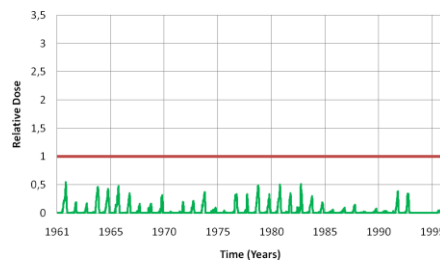
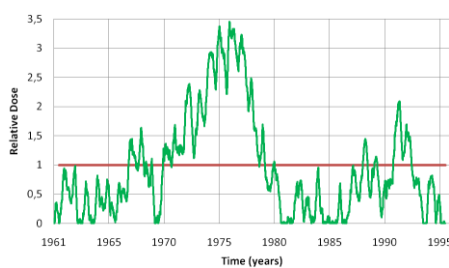
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Lunds universitet

### Exposure of spruce sapwood outdoors under shelter during 34 years



Lund, Southern Sweden (more warm and humid climate)

Kiruna, northern Sweden (colder and more dry climate)



**Relative dose =  $D/D_{crit} = 1$  implies onset of mould growth**

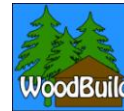


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

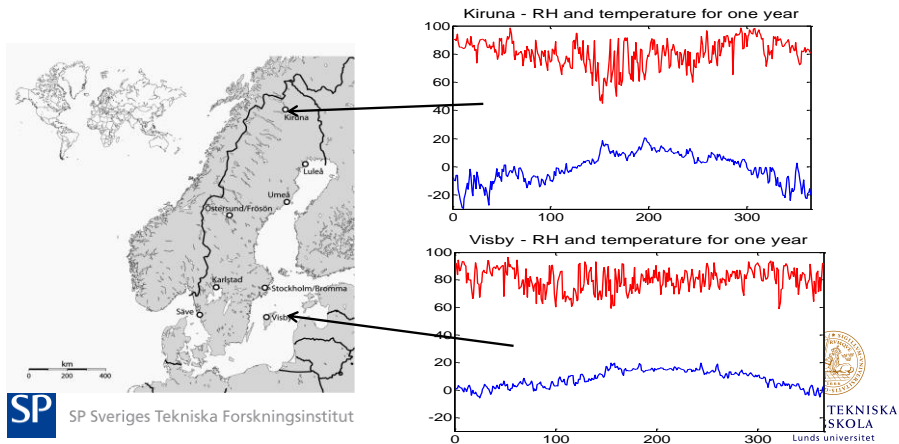


LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Lunds universitet

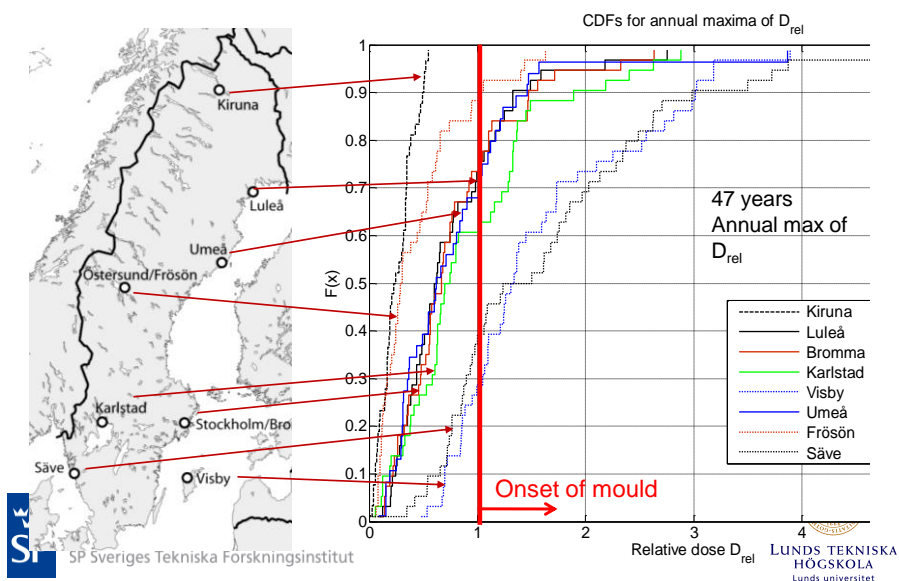
## Mould growth risk for wood sheltered outdoors (spruce sapwood)



Calculations made for 8 sites in Sweden  
47 years of data from SMHI (T, RH)



## Results



## Mögeltester utförs av SP i WoodBuild



Jämförelse mellan SP-tester och Viitanens resultat  
RF=90 %, T= 22 C

Material	SP level 1, days	Viitanen, level 1, days
Pine, original	5	
Pine, planed	10-14	27
Spruce original	5-10	
Spruce, planed	18-22	35

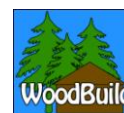


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## Försök i cykliskt klimat vid SP



- Jämförelse med respons vid konstant klimat
- 16 veckor växlande mellan RF 90 % and 60 %
- Ackumulerad tid vid 90 % används som mått, vilket motsvarar att retardation av mögelpåväxt inte antas äga rum under torra perioder



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

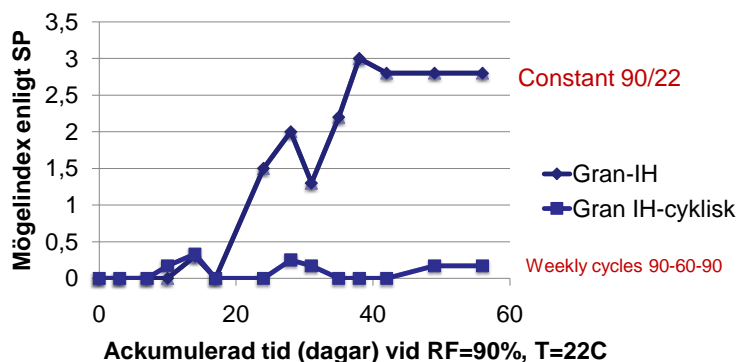


LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet



## Gransplint, hyvlad

### Mögelindex, konstant (90/22) vs. cyklisk exponering (90/60 veckovis)

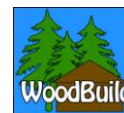


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## Slutsatser mögelmodell



- Initiering av mögelpåväxt för godtycklig exponering kan förutsägas med hygglig tillförlitlighet
- Modellen kan kvantifieras på basis av laboratorietester för olika substrat under kontrollerade klimatförhållanden
- Responser i olika klimatzoner överensstämmer med allmän erfarenhet
- Kan redan nu användas för relativa jämförelser av konstruktioner och klimatexponeringar
- Klimatvariationen mellan olika år är betydande – vid användning av "normalår" måste säkerhetsmarginal införas
- Tydlig retardation av den biologiska processen sker under torra perioder

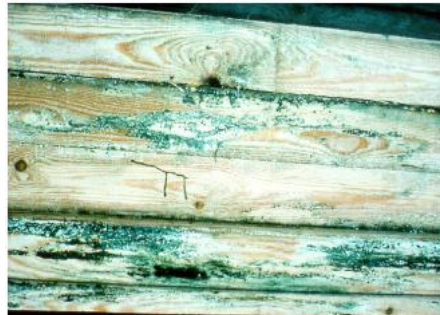
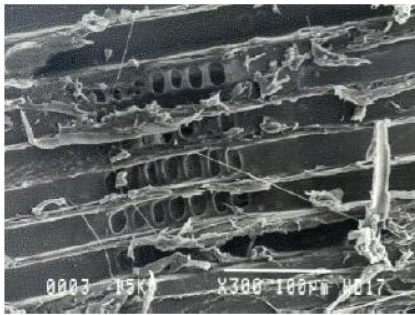


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

Tack för uppmärksamheten!



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS  
UNIVERSITET

## Varför är det så stor risk för påväxt på tunnputsade, enstegstättade fasader?



Sanne Johansson, mikrobiolog.  
Doktorand på Avd. Byggnadsmaterial, LTH

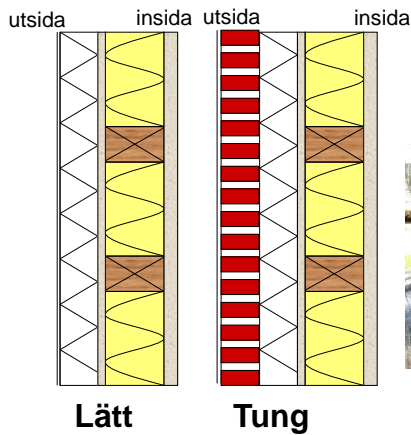


## Bakgrund för projektet

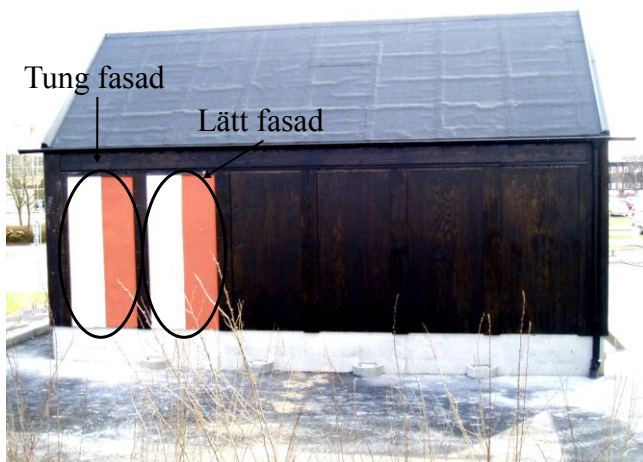
- Flera fall av nybyggda putsade fasader med kraftig missfärgning
- Tunnputs på isolering
- Missfärgning oftare på ljusa ytor!?
- Inte bara påväxt på norrsidan



## ”Lätt” och ”Tung” konstruktion



## Provhus



### Parametrar:

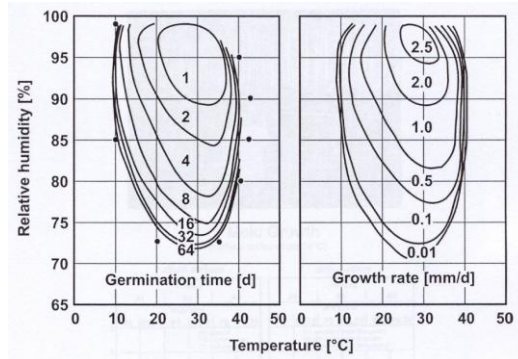
- Tung (H) (Heavy)
- Lätt (L) (Light)
- Röd (R) (Red)
- Vit (W) (White)
- Norr (N) (North)
- Söder (S) (South)



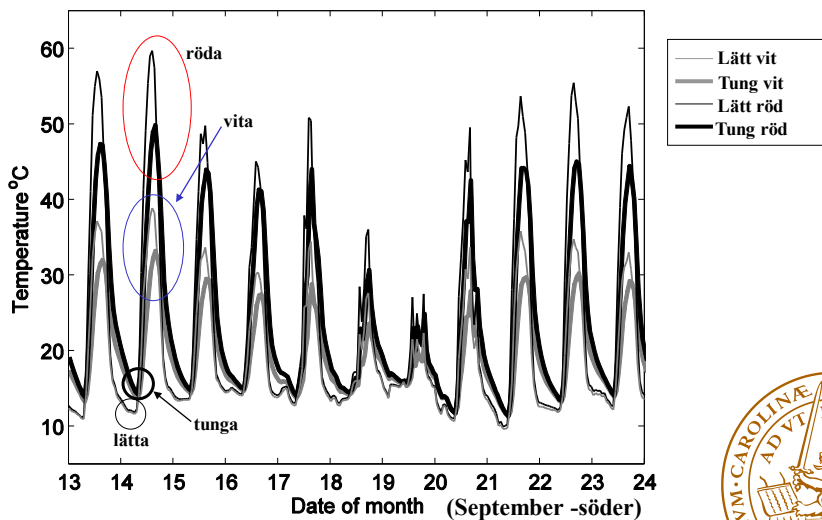


## Faktorer som påverkar påväxtrisen

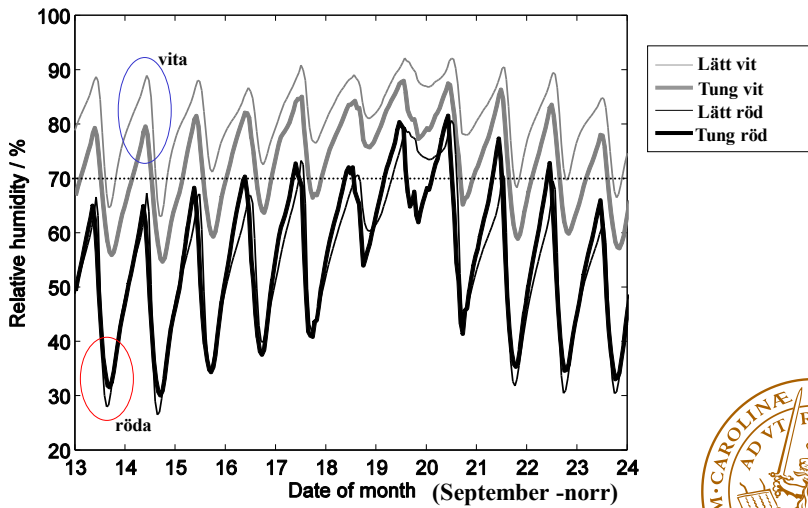
- Fukt ( $a_w$ , RF)
- Temperatur
- ~~Näringstillgång~~
- ~~pH~~
- Tid



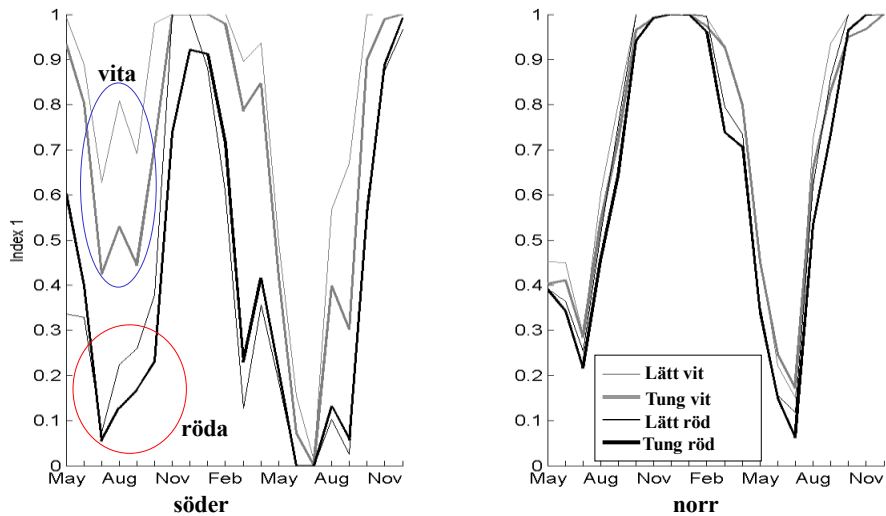
## Temperaturmätningar



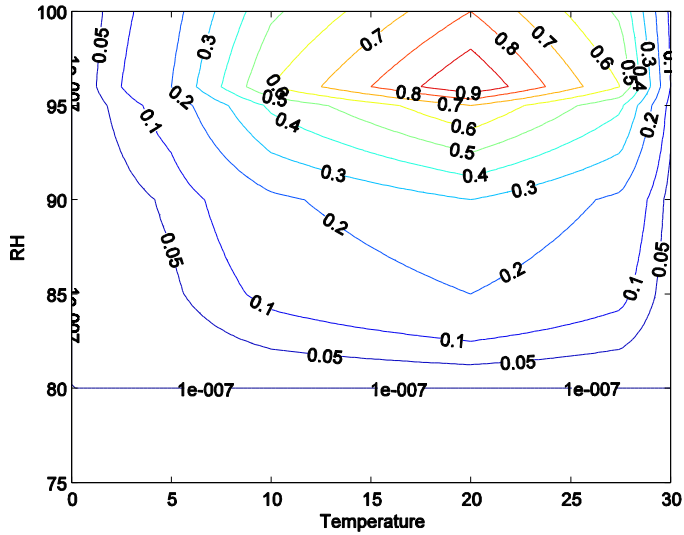
# RF-mätningar



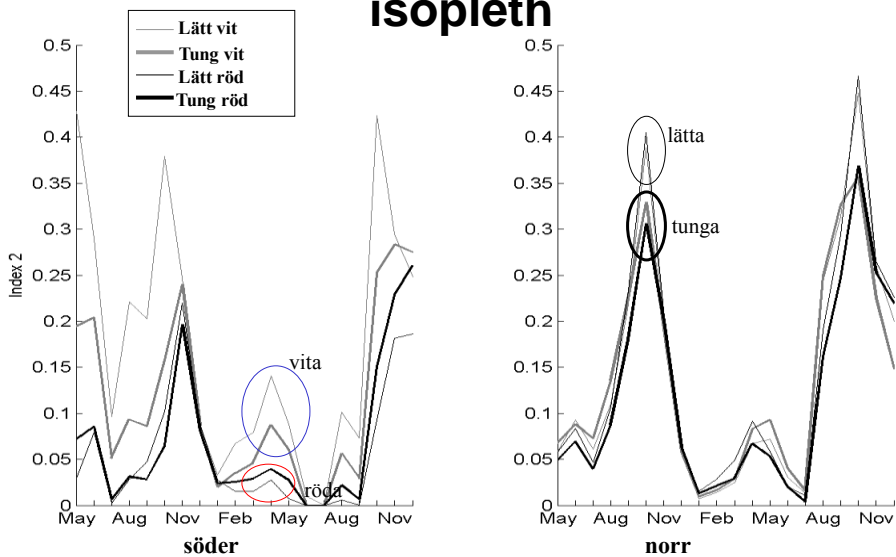
# Andel tid per månad, $RF \geq 80\%$



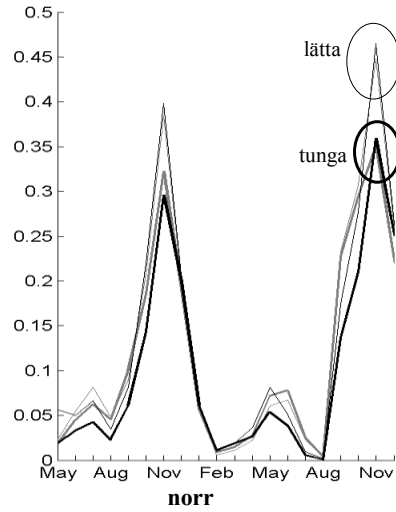
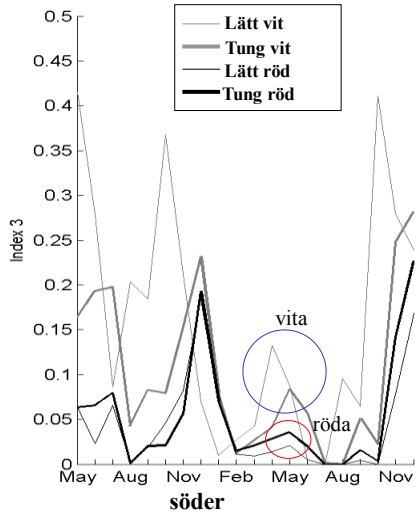
## Isopleth för *Cladosporium sp.*



## Potentiel påväxt baserad på isopleth



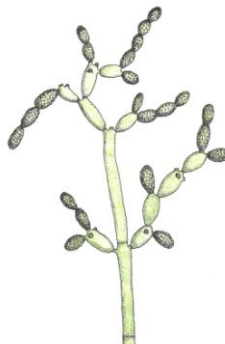
## Potential för påväxt baserad på isoplet OCH tid



# Mögeltillväxt på byggnadsmaterial

## Inblick i 3 pågående forskningsprojekt

Pernilla Johansson



SP Technical Research Institute of Sweden

### Vi söker svar på

- Gränsvärdet för mögelpåväxt, RF och temp
- Hur länge får det vara fuktigt
- Betydelsen av omväxlande torra/fuktiga perioder
- Konsekvensen av nedfuktning av material
- Skillnader mellan material/kvaliteter av material

### Mål:

- Öka kunskaperna om samband tillväxt-klimat-material
- Ta fram en testmetod för att prova materials kritiska fuktillstånd
- Ge underlag för data till beräkningsmodell



SP Technical Research Institute of Sweden

## Laboratorieprovningar

### Tillförsel av sporer

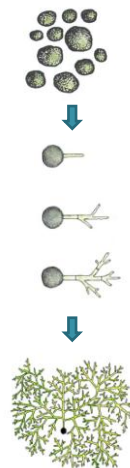
Sporsuspension  
Naturlig sporförekomst

### Klimat

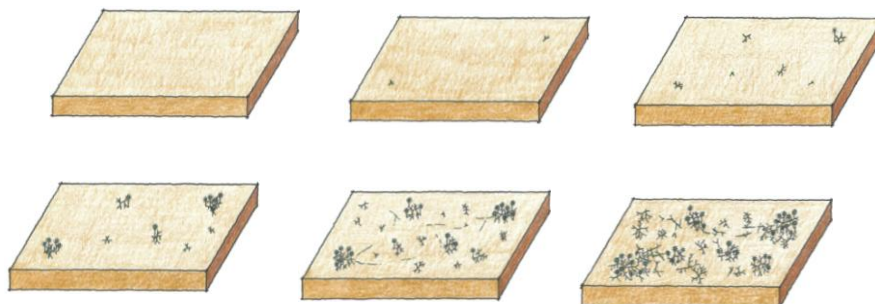
Konstant  
Fluktuerande

### Material

Materialtyper  
Virkeskvalitet  
"Lagringsplats"

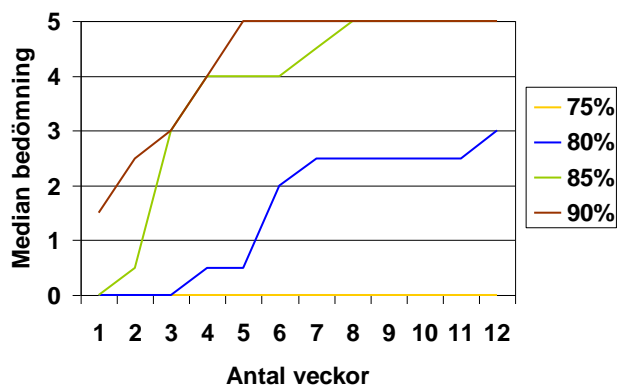


SP Technical Research Institute of Sweden



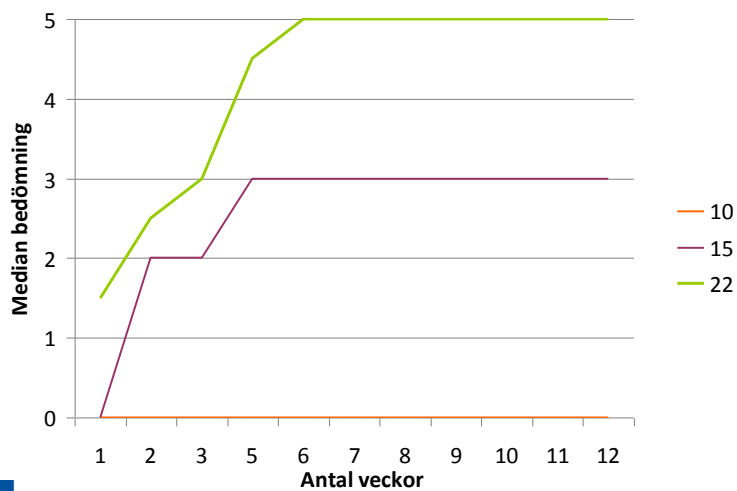
SP Technical Research Institute of Sweden

## Tillväxt vid olika RF, 22°C, Tunn träfiberskiva

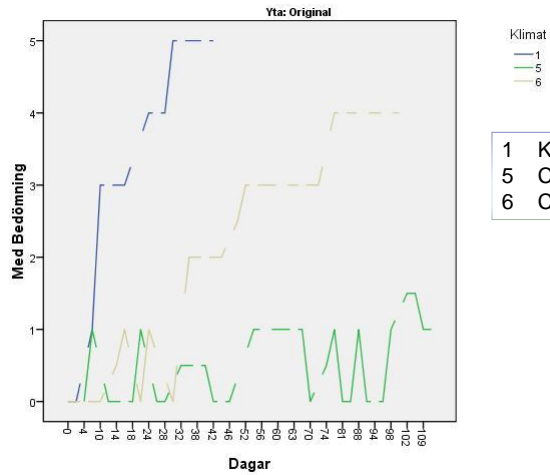


SP Technical Research Institute of Sweden

## Tillväxten vid olika temp, 86 % RF, Tunn träfiberskiva



SP Technical Research Institute of Sweden



SP Technical Research Institute of Sweden



LUNDS TEKNISKA  
HÖGSKOLA  
Lunds universitet

## Fältprovningar

**Samma material som i  
laboratorie  
provningarna**



**Utomhusventilerade  
vindar (3+1)**



**Krypgrunder (3+2)**



SP Technical Research Institute of Sweden



# Regenerativ ventilationsåtervinning

- Princip rotor eller två växlande magasin
- Ickehygroskopiskt material för bostäder
- + Hög och styrbar temperaturverkningsgrad
- + Ingen avfrostning krävs
  - Renblåsning och läckage
  - Överföring lukt

2010-11-18

1

## Fuktproblem i lägenheter

- Femtiosex lägenheter inflyttning 2009
- Rotoraggregat över köksspis odränerat
- Extrem vinter
- Onormal fönsterkondens
- Svällda fönsterbänkar och bänkskivor i kök
- Aggregatbyte i en lägenhet till
  - Annat fabrikat                      samma fuktproblem
  - Plattväxlare                         inga fuktproblem

2010-11-18

2

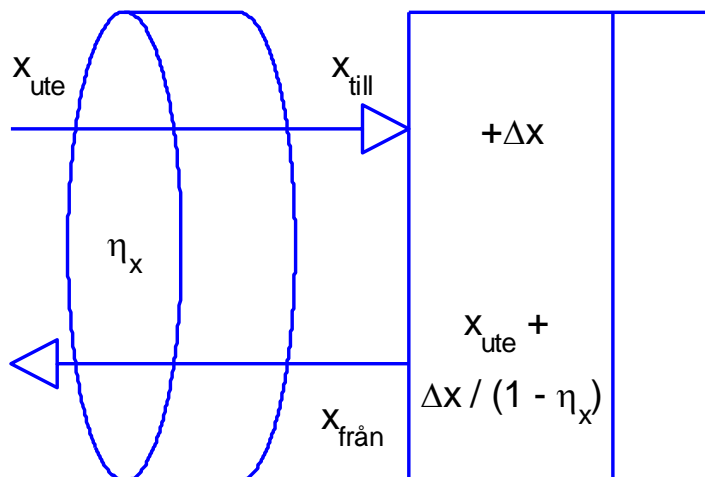
## Boendeenkät med 29<sub>56</sub> svar

- Skador på fönstersnickerier 8
- Skador på köksskåp 7
- Fuktig luft inomhus 8
- Kondens annat 4
- Kondens över köksskåp 8
- Kondens vid aggregat 14
- Kondens i fönster 14

2010-11-18

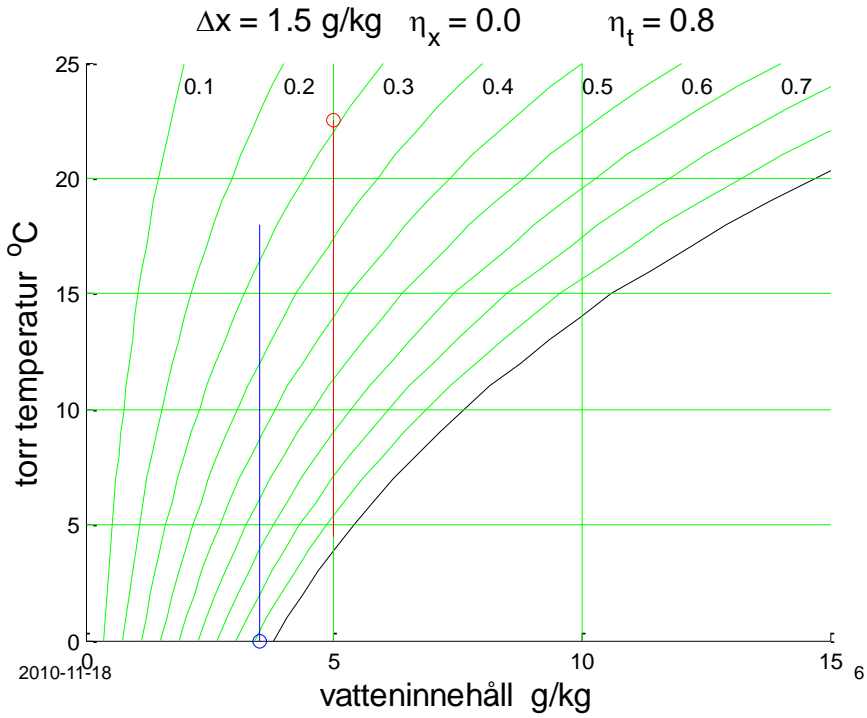
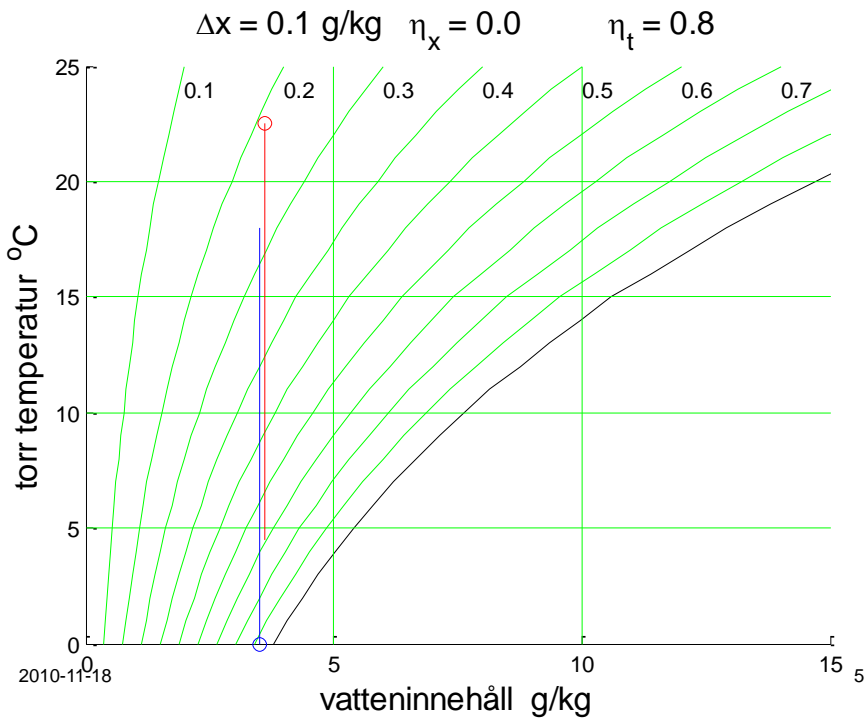
3

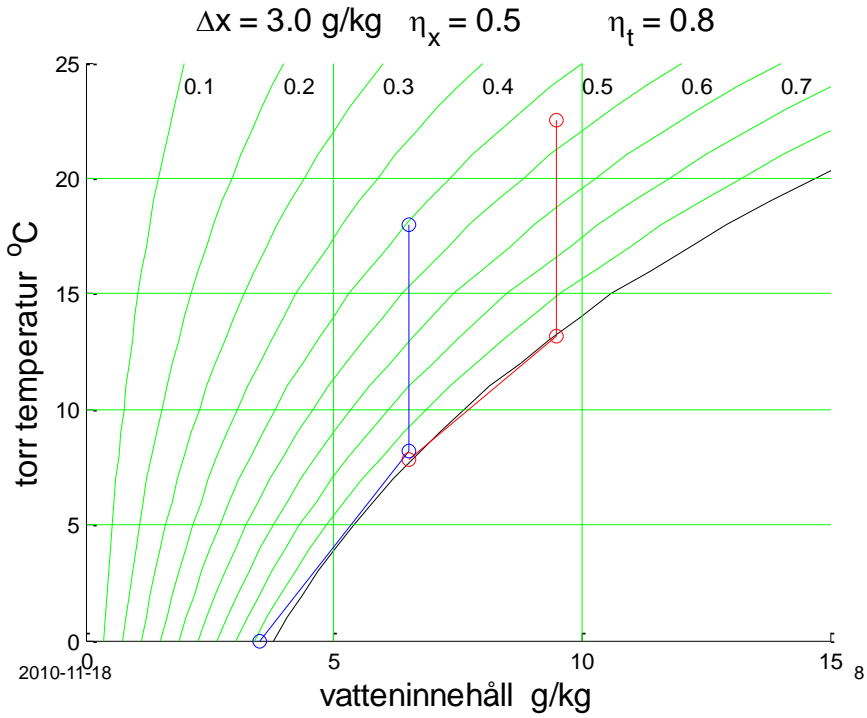
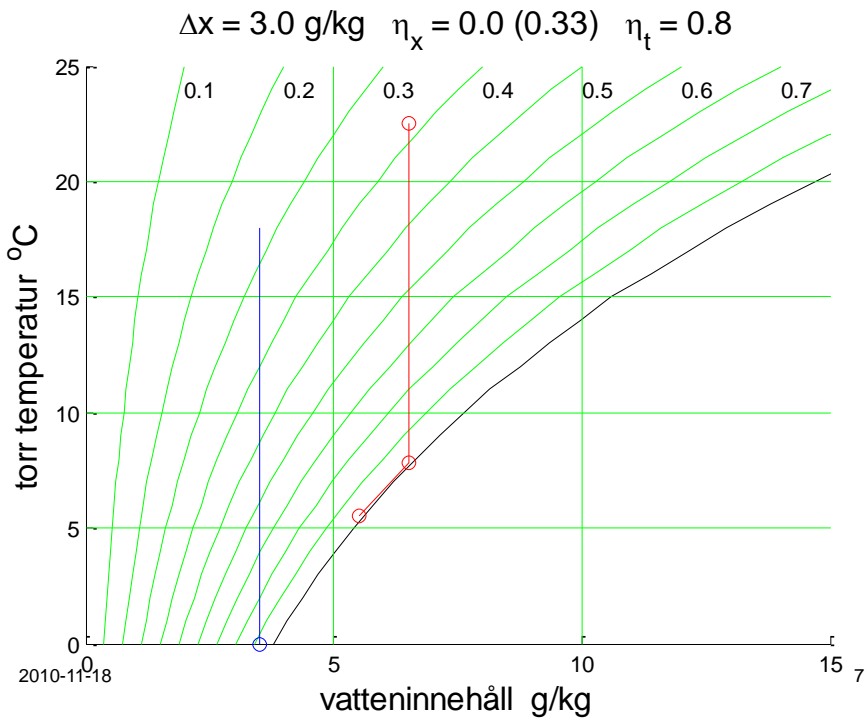
### Byggnaden som system



2010-11-18

4





# Allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken

- SOSFS 1999:25  
Fukttillskott < 2.5 g/kg (3 g/m<sup>3</sup>)
- SOSFS 1999:21  
Fukthalt < 7 g/kg (21 °C och 0.45)

2010-11-18

9

## Fukttillskott $\Delta x$ g/kg

- ELIB 1992 småhus 3.0 g/kg
- BETSI 2009 småhus 1.5 g/kg
- Andra 2005 småhus 1.8 g/kg
- ELIB 1992 flerbostadshus 2.3 g/kg
- BETSI 2009 flerbostadshus 1.0 g/kg
- KKMS 2010 flerbostadshus 1.8 g/kg
  - Frånluft från kök, bad och toa
  - Bagge, Johansson och Lindstrie (2010) ASHRAE

2010-11-18

10

# Fukttillskott $\Delta x$ g/kg

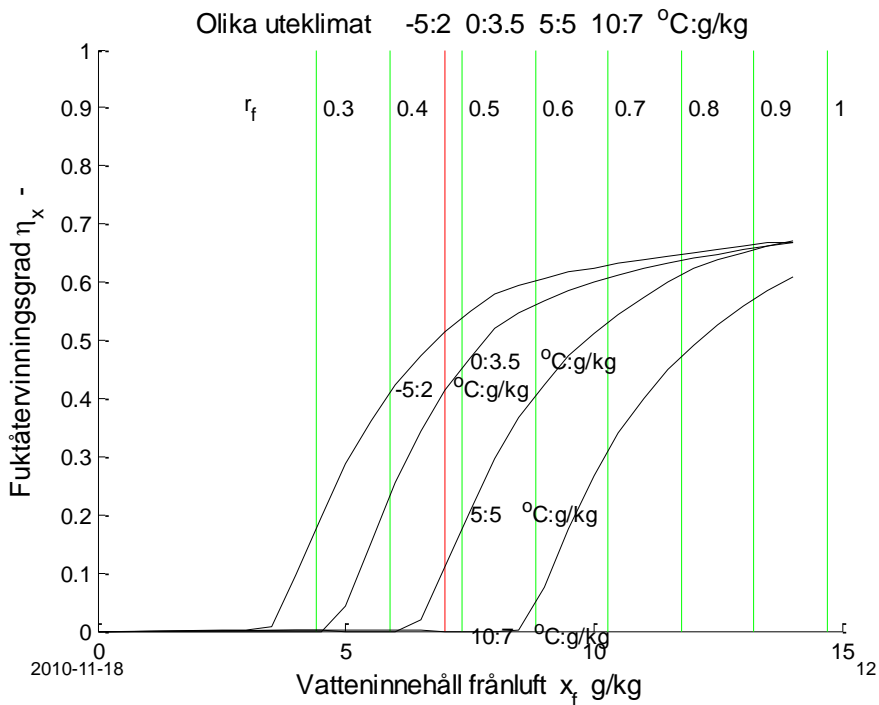
- Ventilationsflödesberoende  $q$  m<sup>3</sup>/s

$$\Delta x = X / \rho q \quad \text{g/kg}$$

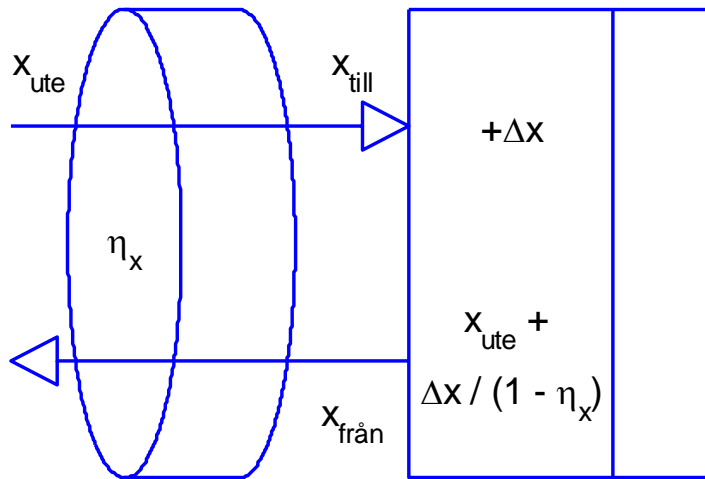
- $X = 40$  g/h person
- Normenlig ventilation  $0.35$  l/sm<sup>2</sup>
- En person /  $27$  m<sup>2</sup>  $1.0$  g/kg
- En person /  $18$  m<sup>2</sup>  $1.5$  g/kg

2010-11-18

11



## Byggnaden som system



2010-11-18

13

## Grundsamband - vatteninnehåll

- Fuktverkningsgrad

$$\eta_x = (x_{till} - x_{ute}) / (x_{rum} - x_{ute}) \quad -$$

- Tilluft

$$x_{till} = x_{ute} + \eta_x (x_{rum} - x_{ute}) \quad \text{g/kg}$$

- Rumsluft (frånluft)

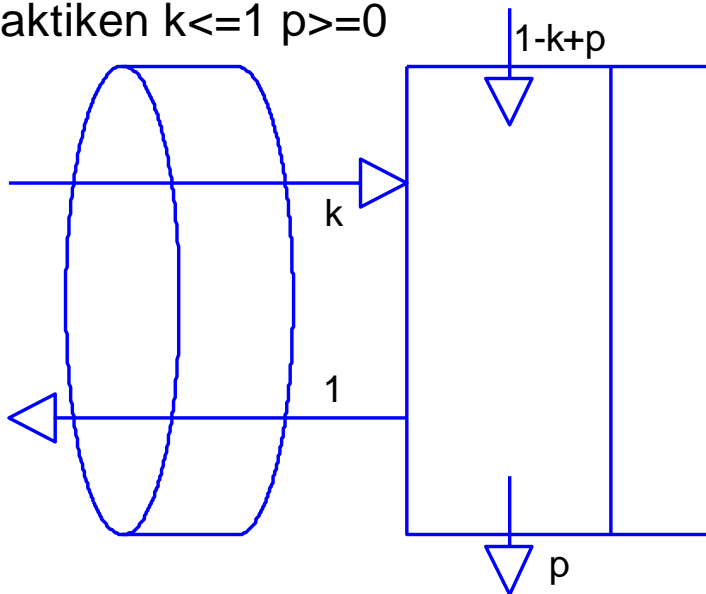
$$x_{rum} = x_{till} + \Delta x \quad \text{g/kg}$$

$$x_{rum} = x_{ute} + \Delta x / (1 - \eta_x) \quad \text{g/kg}$$

2010-11-18

14

Praktiken  $k \leq 1$   $p \geq 0$



2010-11-18

15

Fuktfaktorn  $f_x = 1 / ( 1 + p - k \eta_x )$

- Anger hur fukttillskottet  $\Delta x$  förstärks
- Flöden relativt frånluftsflödet      idealt
 

• tilluftsflöde	$k$	1
• infiltration	$1 - k + p$	0
• exfiltration	$p$	0
- Om  $k$  minskar ökar  $\eta_x$  något mindre
- Exempel  $\eta_x = 0.5$   $p = 0$   $k = 1$   $f_x = 2$
- Exempel  $\eta_x = p$   $k = 1$   $f_x = 1$

2010-11-18

16



## Rotorfuktöverskott

- Fuktverkningsgraden för tilluft < frånluft
- Fukt ackumuleras i rotorn
- Fukt dräneras
  
- Fukt kan ackumuleras ojämnt
- Fukt kan frysas till is
- Fukt och is hindrar luftgenomströmning

2010-11-18

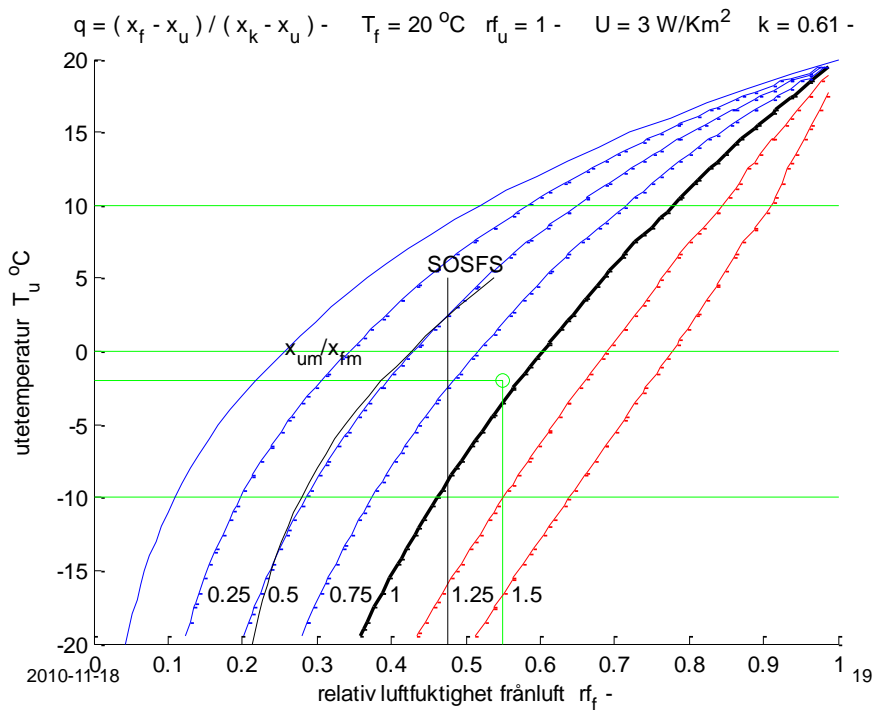
17

## Kondensstyrning i småhus

- Gör ett diagram för U-värde  $3 \text{ W/Km}^2$ , inne  $20 \text{ °C}$  och relativ luftfuktighet ute 1.00
- Mät temperaturen ute  $-2 \text{ °C}$
- Mät relativ luftfuktighet inne 0.55
- Markera tillstånd i diagram
- Bestäm kvoten mellan flöde för kondens och aktuellt flöde  $\approx 0.94$
- Vid behov ändra ventilationsflöde

2010-11-18

18



## Sammanfattning<sub>1</sub>

- Fuktverkningsgrad ökar med
  - ökande vatteninnehåll inne
  - minskande temperatur ute
- Fuktfaktor ökar med
  - ökande fuktverkningsgrad
  - minskande in/exfiltration
- Fuktfaktor förstärker fukttillskottet
  - dock stabilt
- Rotorfuktöverskott – dränering krävs

## Sammanfattning<sub>2</sub>

- Småhus
  - manuell kondensstyrning räcker
  - hög lufttäthet och boendebelastning riskfaktor
  - låg utetemperatur och ventilation riskfaktor
- Flerbostadshus med ett aggregat
  - fuktreglering onödig ( CO<sub>2</sub>-reglering ? )
  - stor sammanlagring
  - luktproblem med köksluft

2010-11-18

21

## Sammanfattning<sub>3</sub>

- Utöka checklista för fuktproblem
  - Regenerativ ventilationsvärmeåtervinning ?
    - Småhus eller lägenhetsaggregat ?
    - Låg utetemperatur ?
    - Lågt ventilationsflöde ?
    - Hög personbelastning ?
    - Hög lufttäthet ?
- Utöka kunskande om
  - Dränering, frysning, genomströmning

2010-11-18

22

## Sammanfattning<sub>4</sub>

- Regenerativ värmeåtervinning < 5 °C  
konstant luftflöde och varvtal
- Fukttillskott 1 g/kg      Inga problem
- Fukttillskott 2 g/kg      Märkbart
- Fukttillskott 3 g/kg      Kritiskt och  
ta med handduk

2010-11-18

23

## 7000-serien år/nr<sub>sidor</sub>

- Fuktöverföring ...      10/7048<sub>70</sub>
- Fuktreglering av regenerativ      10/7053<sub>27</sub>
- Mer fuktreglering av ...      10/7055<sub>50</sub>
- Finns på [www.hvac.lth.se](http://www.hvac.lth.se) som pdf
- Simulering ... mätdata      10/7046<sub>50</sub>
- Fukttillskott i frånluft      10/7049<sub>43</sub>
- Roterande värmeväxlare      06/7006<sub>56</sub>
- Dito och läckage      08/7033<sub>34</sub>

2010-11-18

24