



**TAL  
TECH**

# **NIISKUSE VÄLJAKUIIVAMINE TERASPAANEELIST**

TARGO KALAMEES  
KRISTO KALBE  
HUBERT PIIKOV

Teadmistepõhine ehitus 2020  
02.09.20

# Teraspaneel – plekk / soojustus / plekk

- Pikkus kuni 13,5 m, tüüpiline 6 – 10 m
- Paksus: 100, 125, 150, 175, 200, 200+, and
- Soojustus:
  - Min. vill,
  - Polüisotsüanuraatvaht
  - Polüuretaan,
  - Vahtpolüstüreen.
- Teraslehtede paksus 0,4 – 0,7 mm
- Komposiitkonstruktsioon, mis saadakse erinevate materjalide kokkuliimimise teel. Paneeli tehnilised omadused tagab konstruktsiooni osade koostöö.



# Soojuslik ja niiskuslik käitumine

- Üldiselt päris hea ja universaalne tarind, kui
  - Ehitatakse kuival ajal,
  - Liitekohad ei lase vett läbi.



$$\Psi = 0.12 \text{ W/m}$$



$$\Psi = 0.00 \text{ W/m}$$



$$\Psi = 0.02 \text{ W/m for 100 mm}$$

and 0.008 W/m for 200 mm



# Soojuslik ja niiskuslik käitumine

- Üldiselt päris hea ja universaalne tarind
  - Ehitatakse kuival ajal,
  - Liitekohad ei lase vett läbi,



# Soojuslik ja niiskuslik käitumine

- Üldiselt päris hea ja universaalne tarind
  - Ehitatakse kuival ajal,
  - Liitekohad ei lase vett läbi,
  - Materjal on ladustatult kaitstuna.



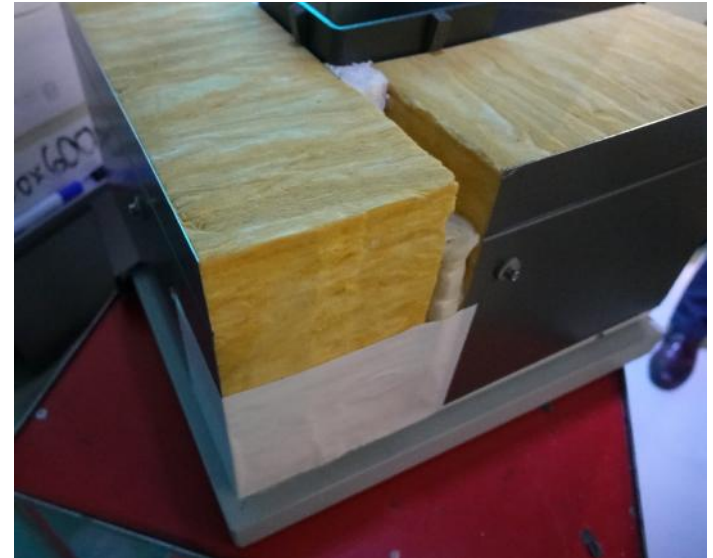
# Võimalikud tagajärjed probleemidele

- Kui ehitusprotsessis on puudujääke,
- Ei ole ehitatud vastavalt ehitusprojektile, puudub tööprojekt,
- Ehitamisel ei ole tagatud ega kontrollitud ehitustoodete nõuetekohast kasutamist, ...



# Niiskusturvalise ehitamise lahendused

- Niiskusturvalise ehitamise lahendused
  - Kaitstuna ladustamine,
  - Servakaitseks teip,

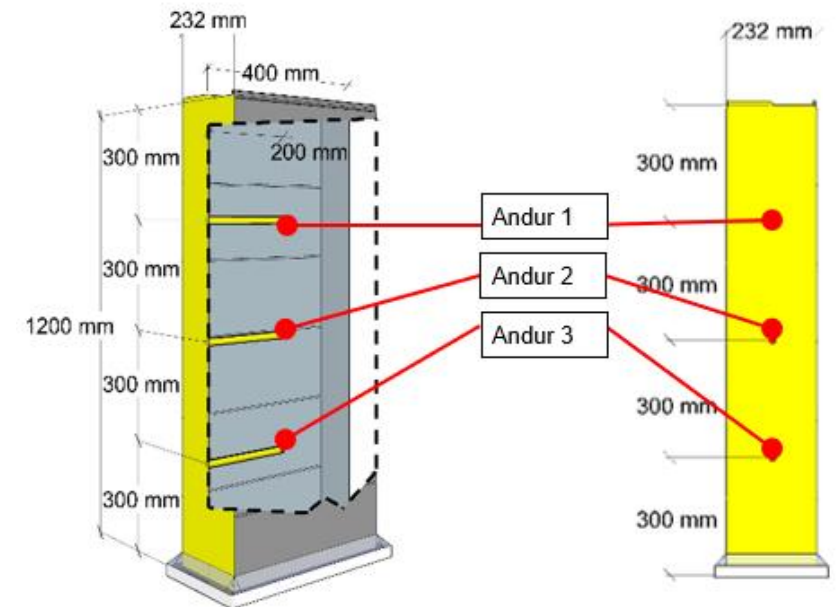


# Uuringu eesmärk

- Soojustuse märgumise riski ja kuivamispotentsiaali hindamine,
- Erinevate teipide mõju analüüsimine liigniiskuse väljakuivamisele.

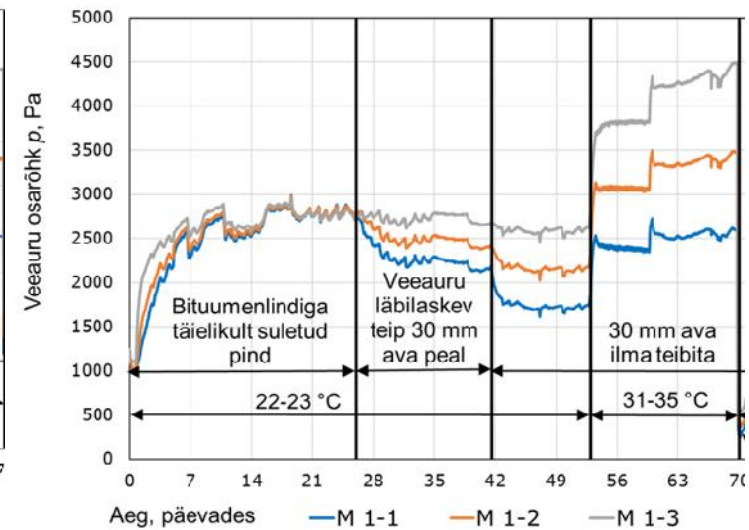
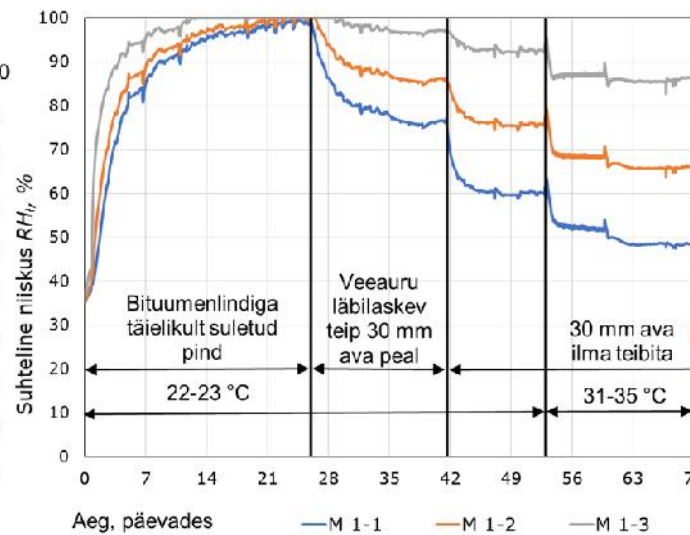
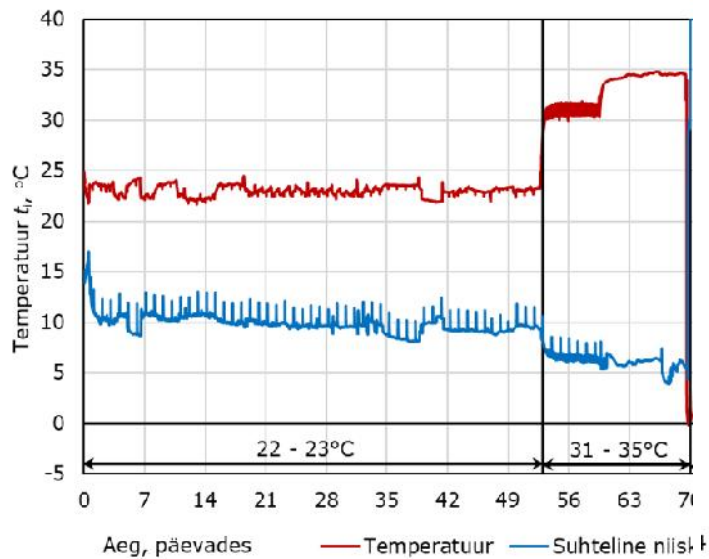
## Metoodika

- Objektikülastused,
- Laborimõõtmised TTÜ nZEB testhoones,
- Arvutusmudeli (Delphin) kalibreerimine,
- Soojus- ja niiskuslevi modelleerimine ja kuivamispotentsiaali hindamine.



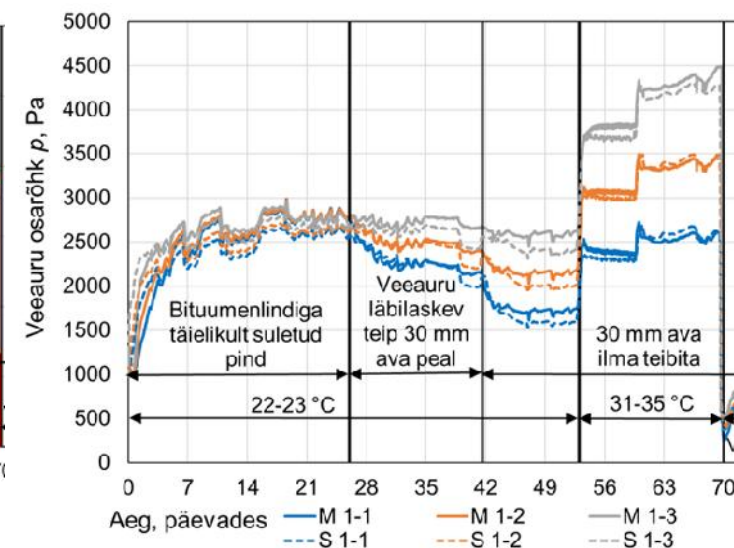
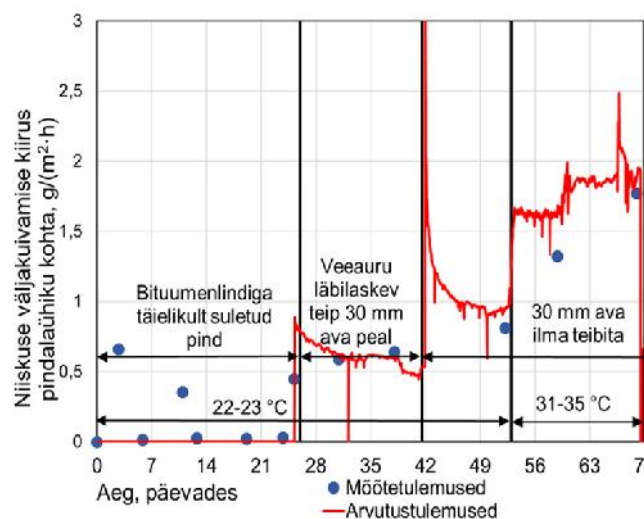
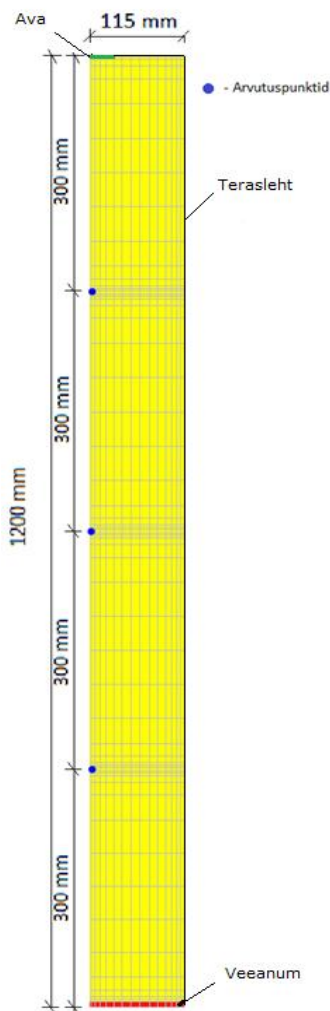
# Tulemused - Laborimõõtmised

- Ääretingimused
- Katselised tulemused
- $t$ ,  $p$ ,  $RH$ ,  $g$



# Tulemused – arvutusmudeli kalibreerimine

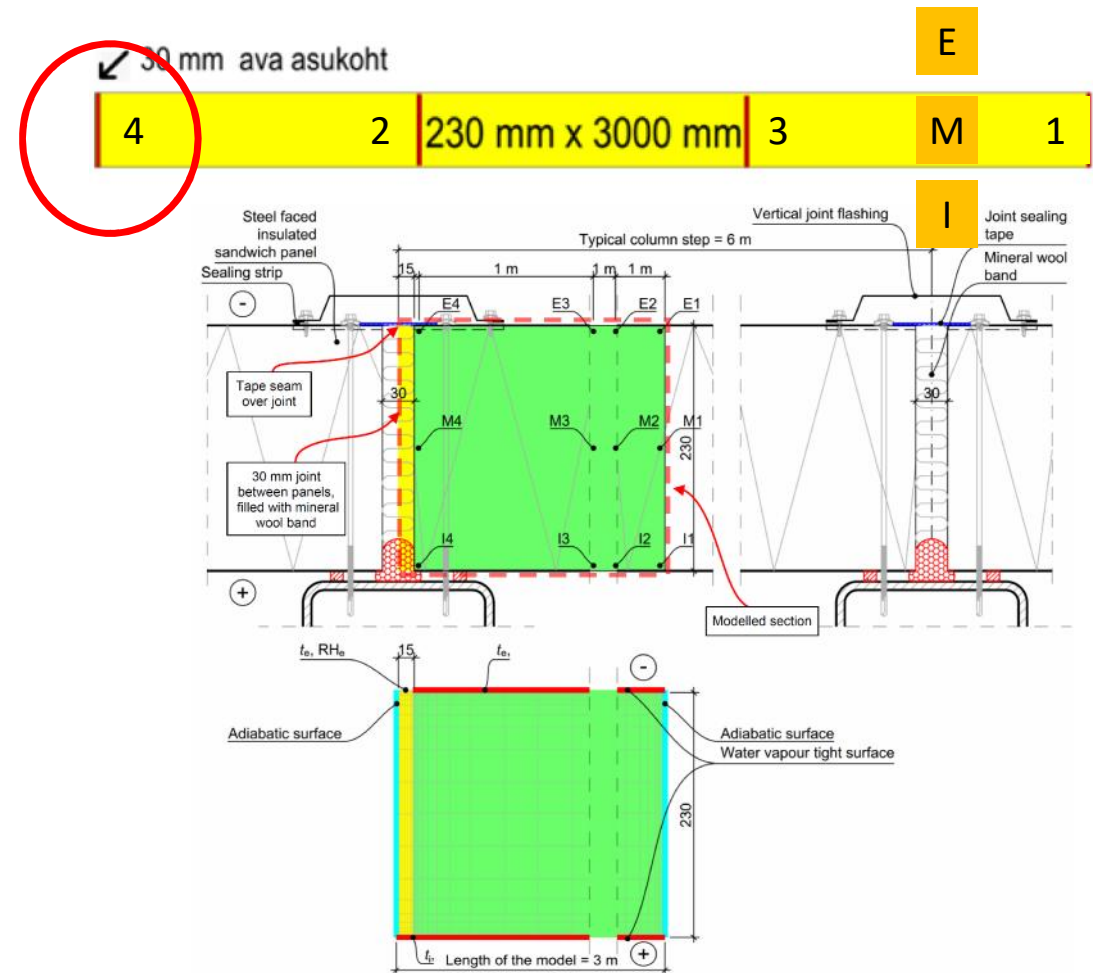
- Arvutustulemused jälgendavad hästi mõõtetulemusi – arvutusmodel on usaldusväärne



# Reaalses tingimustes niiskuse väljakuivamine

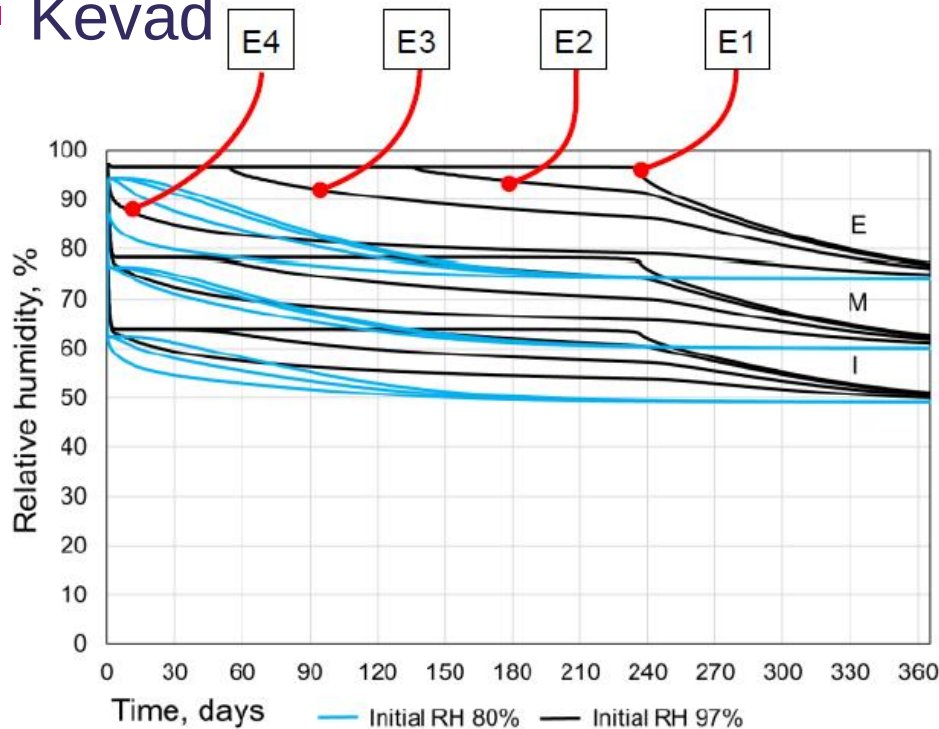
- Paneeli tüüpiline pikkus 6m
- Reaalne kliima, keskmistatud hooajale

| Month     | Temperature, °C |      | Relative humidity, % |    |
|-----------|-----------------|------|----------------------|----|
| January   | -7.5            | -4.4 | 92                   | 93 |
| February  | -5.0            | -4.4 | 90                   | 93 |
| March     | -1.8            | 4.3  | 85                   | 70 |
| April     | 4.9             | 4.3  | 60                   | 70 |
| May       | 9.6             | 4.3  | 64                   | 70 |
| June      | 12.2            | 14.5 | 68                   | 75 |
| July      | 15.5            | 14.5 | 78                   | 75 |
| August    | 15.7            | 14.5 | 79                   | 75 |
| September | 11.5            | 5.2  | 88                   | 91 |
| October   | 4.8             | 5.2  | 90                   | 91 |
| November  | -0.7            | 5.2  | 94                   | 91 |
| December  | -0.8            | -4.4 | 98                   | 93 |

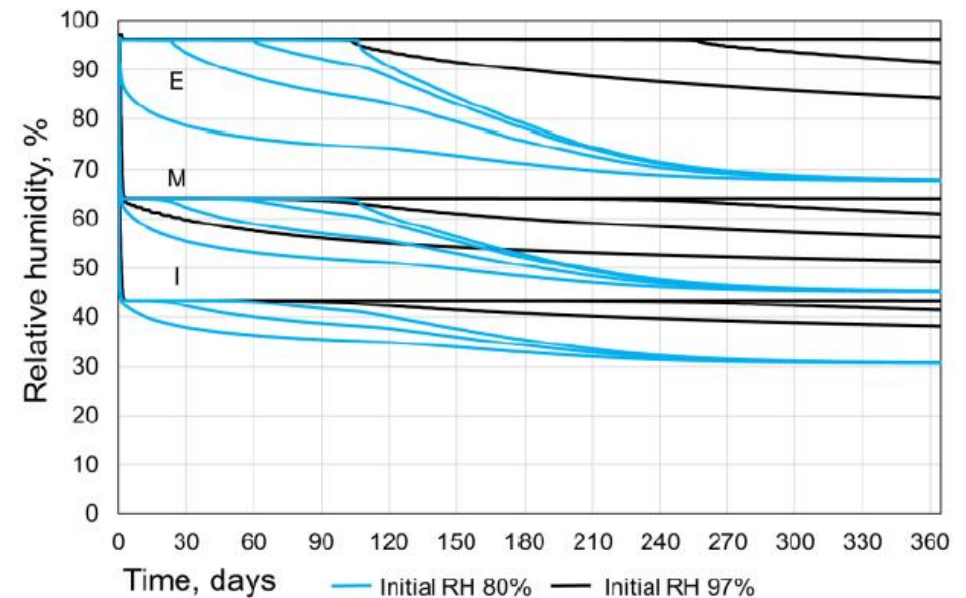
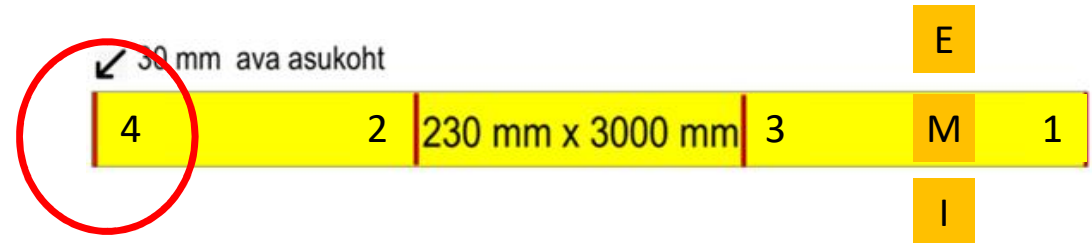


# Reaalses tingimustes niiskuse väljakuivamine

- Suvi
- Kevad



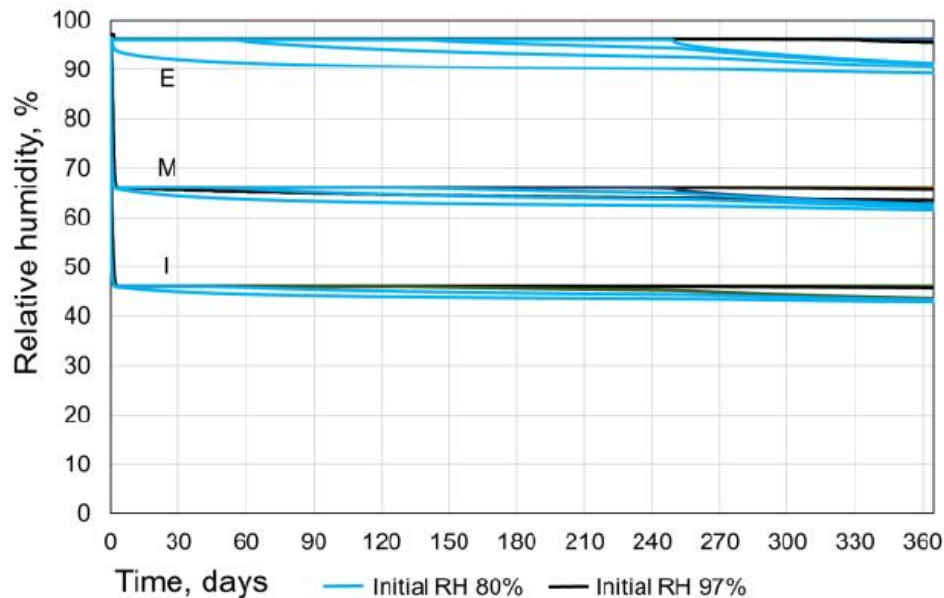
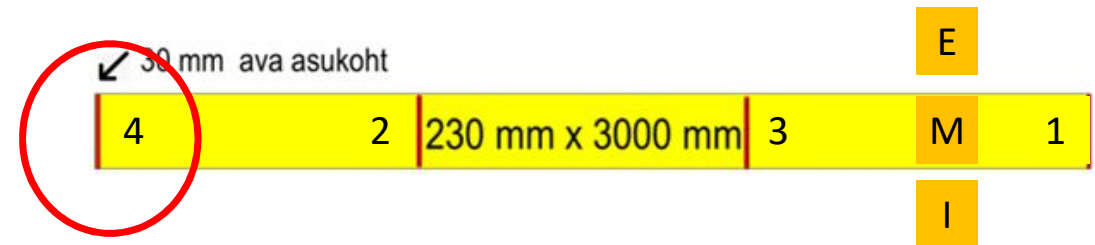
$t_e$  14.5 °C,  $RH_e$  75%,  $t_i$  20 °C (summer)



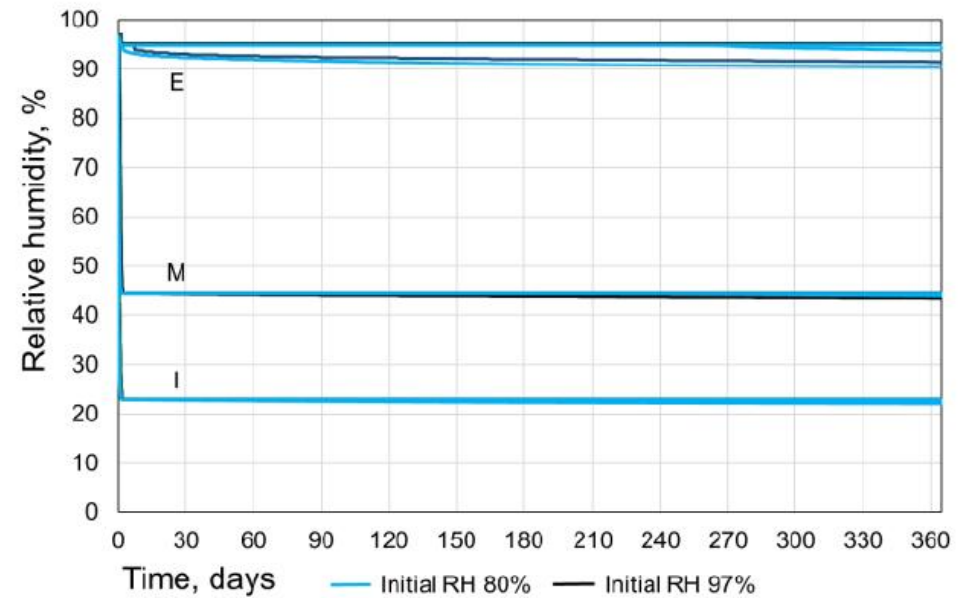
$t_e$  4.3 °C,  $RH_e$  70%,  $t_i$  17 °C (spring)

# Reaalses tingimustes niiskuse väljakuivamine

- Sügis
- Talv



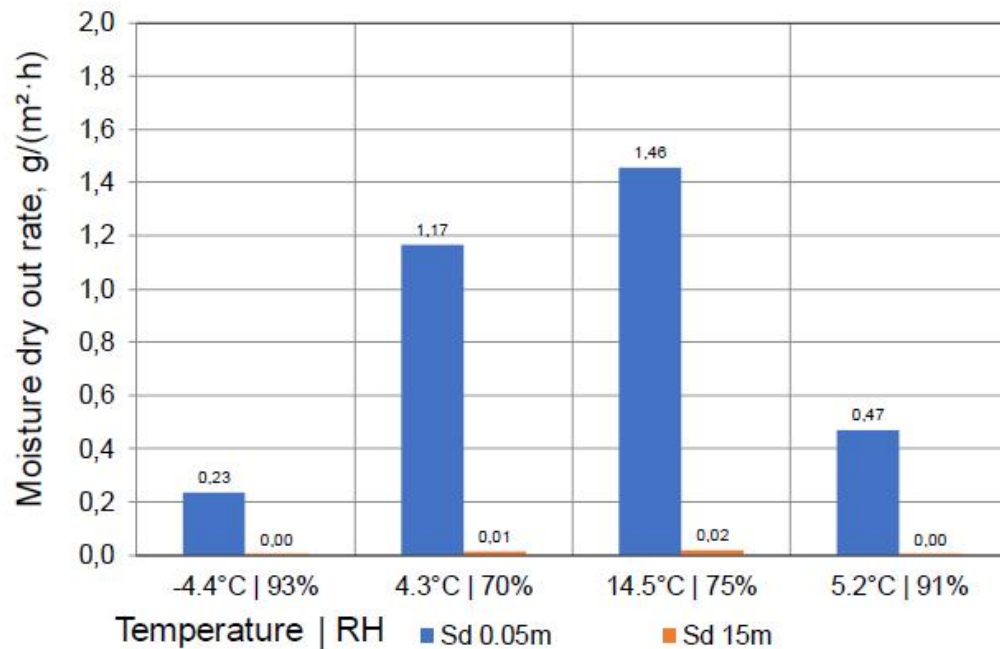
$t_e$  5.2 °C,  $RH_e$  91%,  $t_i$  17 °C (autumn)



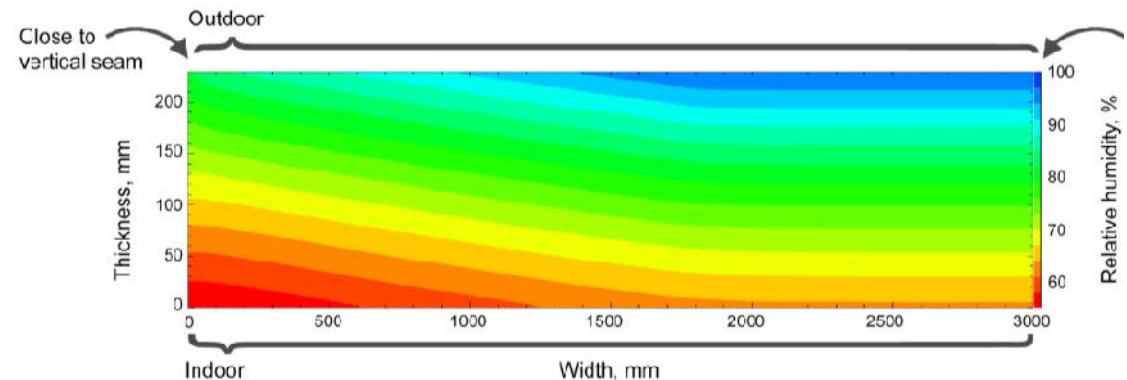
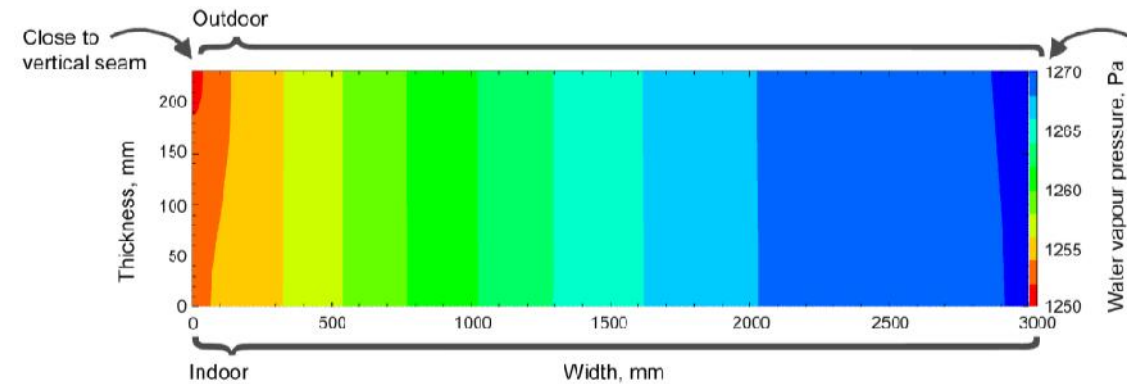
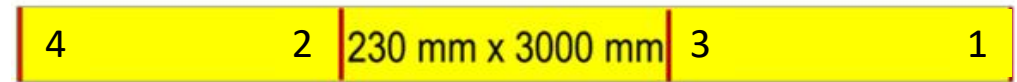
$t_e$  -4.4 °C,  $RH_e$  93%,  $t_i$  17 °C (winter)

# Reaalsetes tingimustes niiskuse väljakuivamine

- Väljakuivamine on väga aeglane 2–3 g/päevas



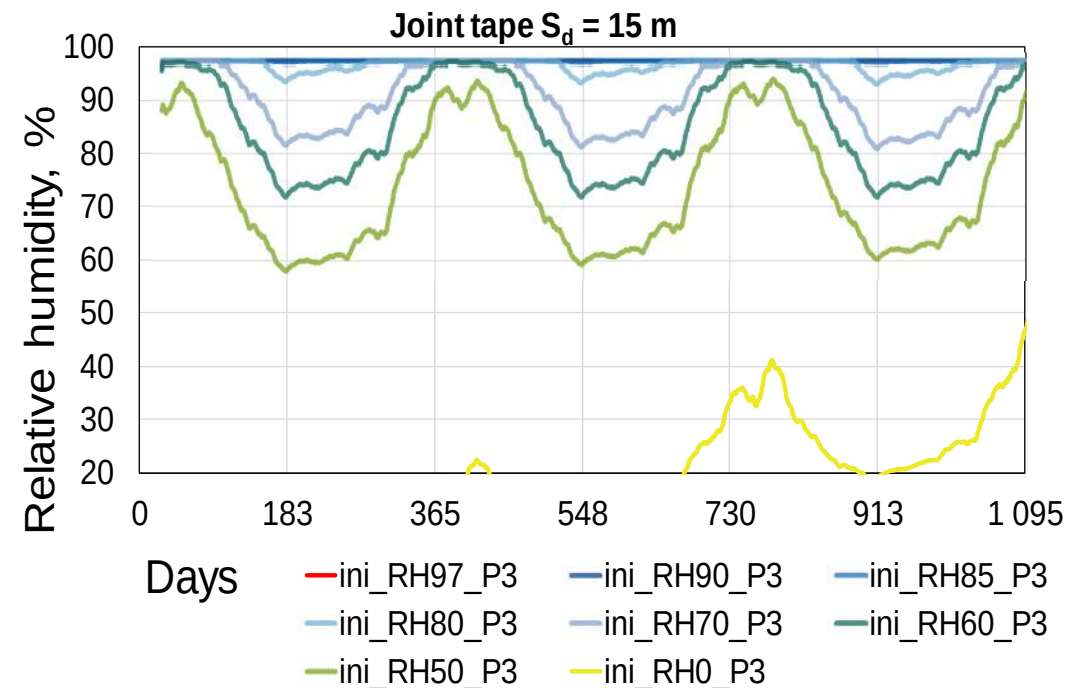
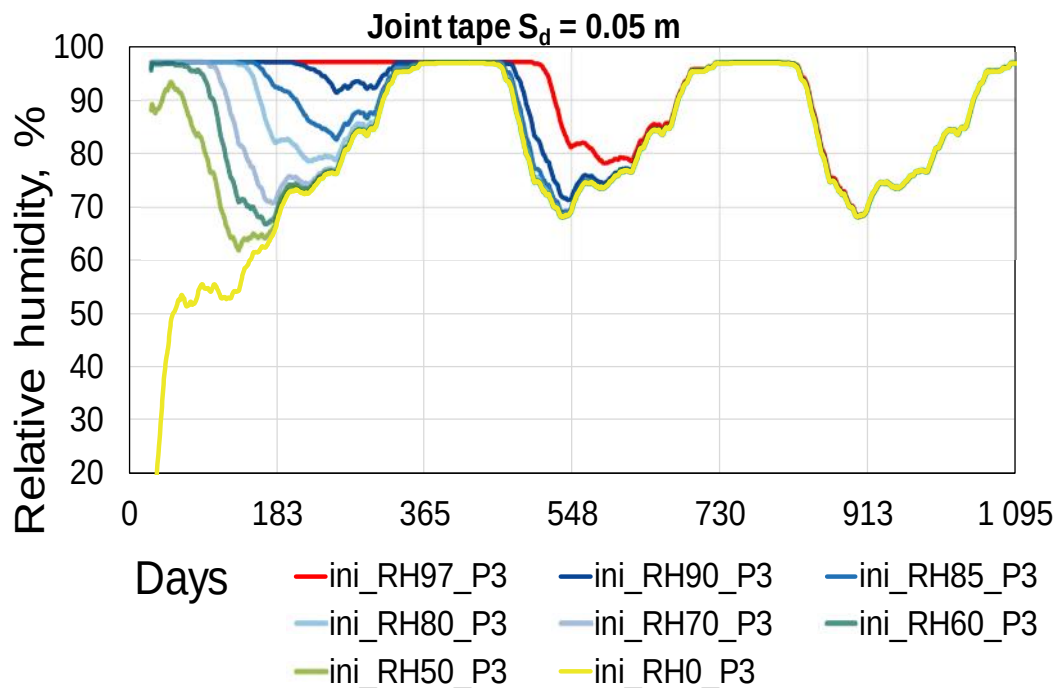
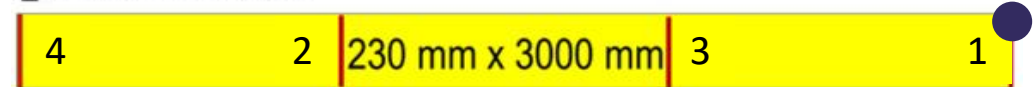
30 mm ava asukoht



# Reaalses tingimustes niiskuse väljakuivamine

- Teibi mõju – välispinna teip peab olema veeauru hästi juhtiv

30 mm ava asukoht



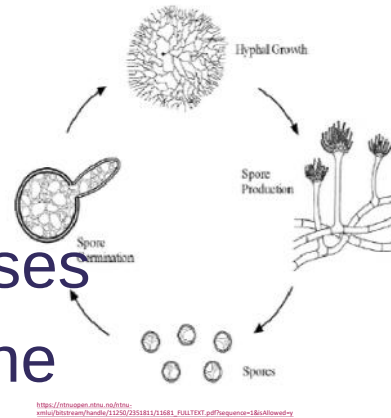
# Niiskusliku toimivuse kriteerium

- Korrosioon
- Pleki ja villa liimi lagunemine

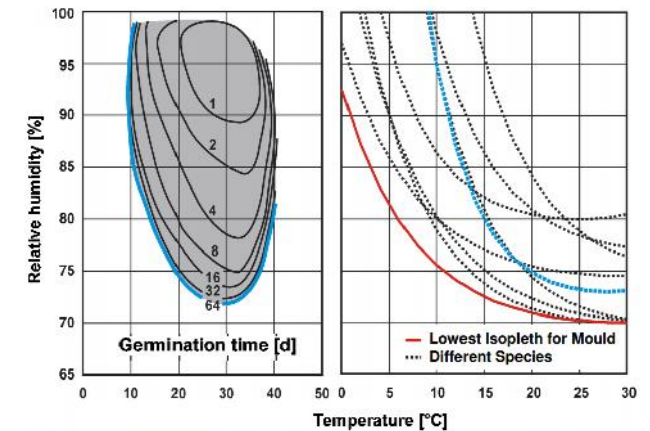


# Niiskusliku toimivuse kriteerium

- Korrosioon
- Pleki ja villa liimi lagunemine
- Mikrobioloogiline kasv soojustuses
- Soojustuse omaduste muutumine



Development of the Lowest Isoleth for Mould (LIM)



<http://www.wufi.no/workshop-08/WUFI-BIO-Englisch.pdf>

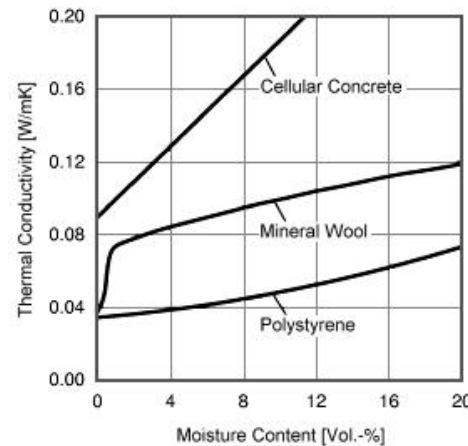
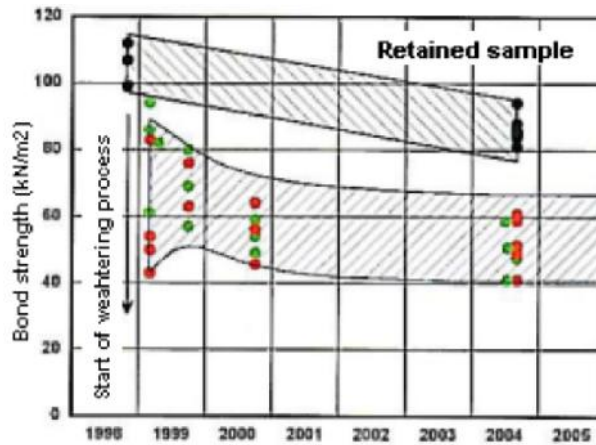


Table 1. Mold Growth Index for the Experiments and Modeling

| Index | Growth Rate                                   | Description              |
|-------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| 0     | No growth                                     | Spores not activated     |
| 1     | Small amounts of mold on surface (microscope) | Initial stages of growth |
| 2     | <10% coverage of mold on surface (microscope) | —                        |
| 3     | 10%–30% coverage of mold on surface (visual)  | New spores produced      |
| 4     | 30%–70% coverage of mold on surface (visual)  | Moderate growth          |
| 5     | >70% coverage of mold on surface (visual)     | Plenty of growth         |
| 6     | Very heavy and tight growth                   | Coverage around 100%     |

<https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>

# Järeldused

- Suurim niiskus paneeli keskel, välispinnal;
- Paneeli sattunud niiskus püsib seal kaua, väljakuivamine on väga aeglane;
- Paneeli pleki soojustuse poolne korrosioonikaitse on oluline;
- Ehituse ajal on oluline jälgida, et liigniiskus ei satuks paneeli; soojustuse kaitseteip eemaldatakse vahetult enne paneeli paigaldust.
- Veeauru läbilaskva teibiga ( $S_d$  0,05m) on niiskuse väljakuivamine pinnaühiku kohta:
  - 2 korda ning veeauru takistava teibiga ( $S_d$ -väärtus 15m)
  - 20 korda väiksem kui teibita olukorras.