

Betonin kuivumisen mallintaminen

Betonipäivät 1.11.2018

VAHANEN



BETONIRAKENTEEEN KUIVUMINEN

Rakenneratkaisu

- rakenteen paksuus
- kuivumissuunta
- kerroksellisuus

Betonilaatu

- vesisideainesusuhde
- kiviaineksen maksimi raekoko
- lisäaineet
- huokoisuus, tiiviys

Kastuminen

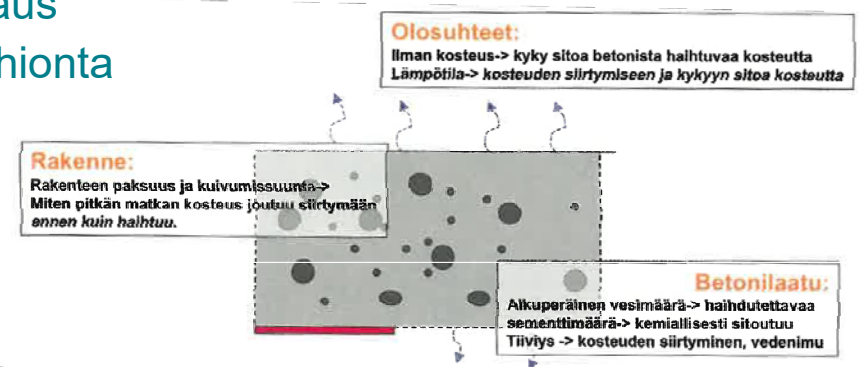
- kastumisajankohta/betonin ikä
- betonin tiiviys

Olosuhteet

- lämpötila
- suhteellinen kosteus
- ilmavirtaukset

Betonin pinnan laatu

- betonityön laatu
- puhtaus
- auki hionta



KUIVUMISAIKA-ARVIO: BY1021

- Rakennetyyppikohtaisesti
- Määritetään tavoitekosteus
- Betonin vesi-sideainesuhde
- Rakennepaksuus
- Työnaikainen kastuminen
- Rakenteesta riippuen alustan ominaisuudet
- Kuivumisolosuhteet: T ja RH
- Saadaan kuivumisaika viikkoina

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekosteus	85,0 %	"80-100"	37,0
Vesi-sideainesuhde	0,60	"0,4-0,7"	Kerroin 0,70
Rakenteen paksuus	300,0 mm	"200-300"	Kerroin 1,40

BY1021

Kastumisaika

- ☒ Kuivassa
☐ Kosteassa yli 2 viikkoa
☐ Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

- ☐ 35 %
☐ 50 %
☒ 60 %
☐ 70 %
☐ 80 %

Lämpötila

- ☒ 10 C
☐ 15 C
☐ 20 C
☐ 25 C
☐ 30 C

Kuivumisaika viikkoina:

42,4

VÄHANEN

KUIVUMISAJAN ARVIOINTI

Betonirakenteiden kuivuminen
 "Tärkeä Merkintä: Betonirakenteiden kosteuden ja kuivumisen arvio. Betoniteknologia 2002."

Kohde: **Kuivumisoike**

Ontelolaatta + pintabetonivalu

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennustyypin sivun alareunan taulukoista, täytetään arvot tavoiteolosuhteilla, vesisideainesuhteella ja pintabetonin paksuudella. Valitse lisäolosuhteiden kosteus, kuivumisaika sekä kuivumisolosuhteiden kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaika lasketaan ottaen huomioon rakenteen etäisyys kuivumisolosuhteista. Jos jokin näistä ehdoista poikkeaa, lisätään aika kateajan loppuun.

Syöttöarvot	Häviöarvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekostuus: 85.0 %	85.0 %	15.0
Vesisideainesuhte: 9.70	9.70	1.00
Pintabetonin paksuus: 50.0 mm	50.0 mm	1.00

Ontelolaatan kosteus

☐ < 50 %
☒ 50 - 95 %
☐ > 95 %

Katteen aika

☐ Kuivassa
☒ Kosteassa yli 2 viikkoa
☐ Kestunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

☐ 35 %
☒ 50 %
☐ 60 %
☐ 70 %
☐ 80 %

Lämpötila

☐ 10 °C
☐ 15 °C
☒ 20 °C
☐ 25 °C
☐ 30 °C

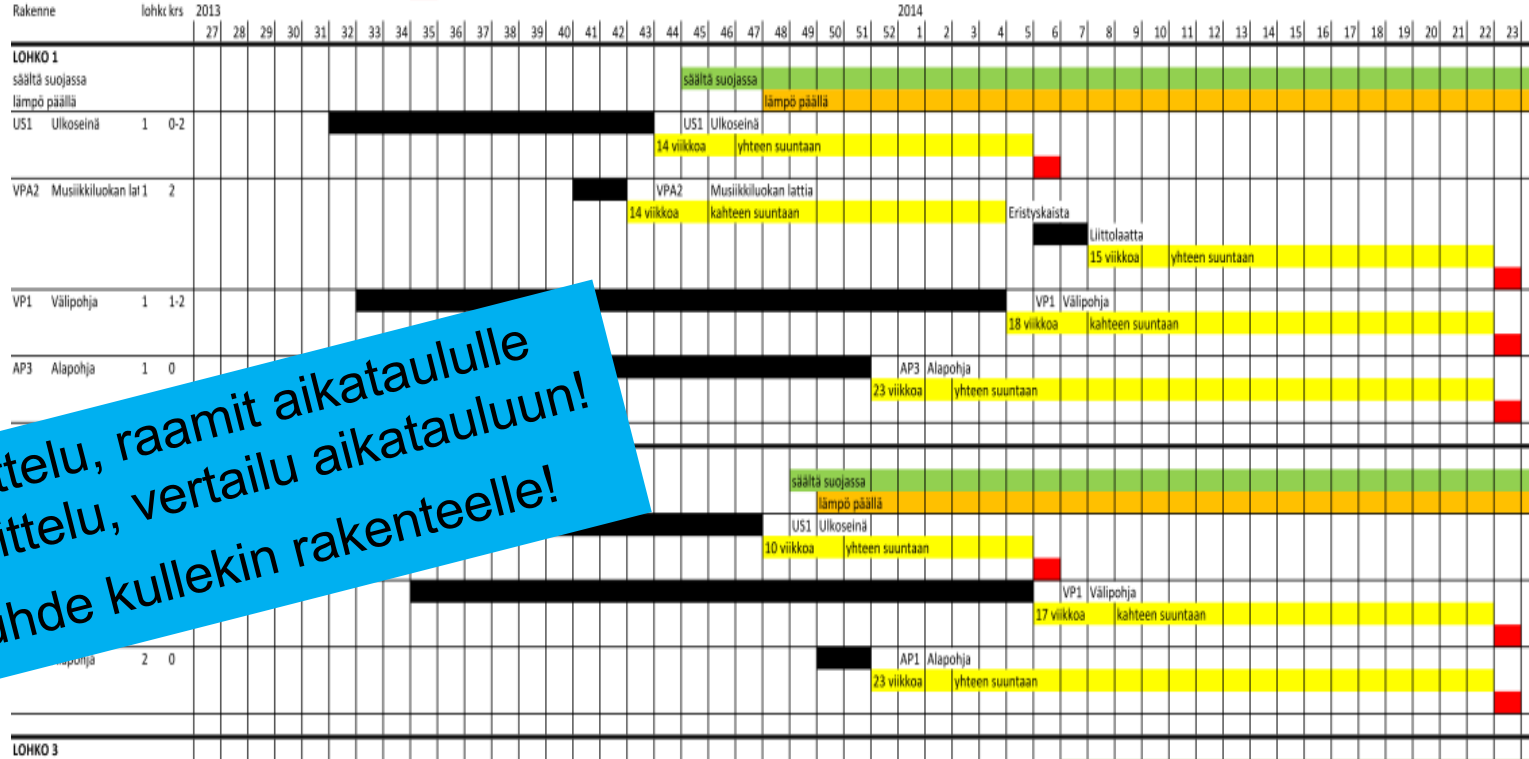
Kuivumisaika viikkoina: **12.6**

KUIVUMISAJAT

VIIKINMÄEN KORTTELITALO

OY RAKENNUSKULTTI AB
 Työ 183

betonirakenne (valmistusaika)
 säältä suojassa
 lämpö päällä
 kuivuminen
 pinnoitus alkaa



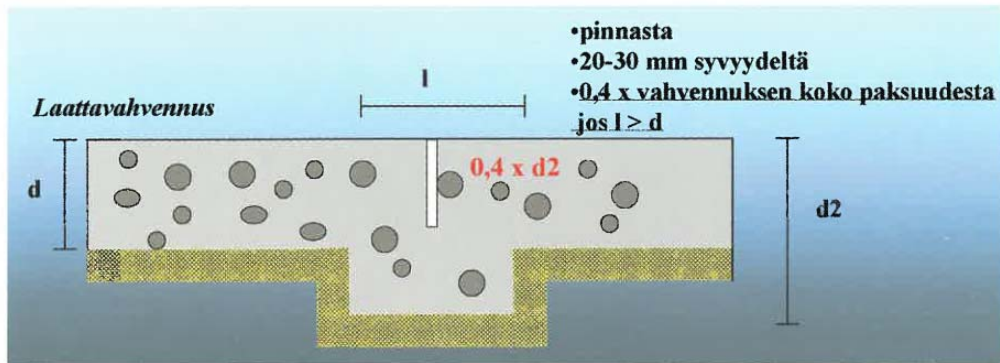
1. Hankesuunnittelu, raamit aikataululle
 2. Toteutussuunnittelu, vertailu aikatauluun!
- Tavoiteolosuhde kullekin rakenteelle!

MOTIVAATIO

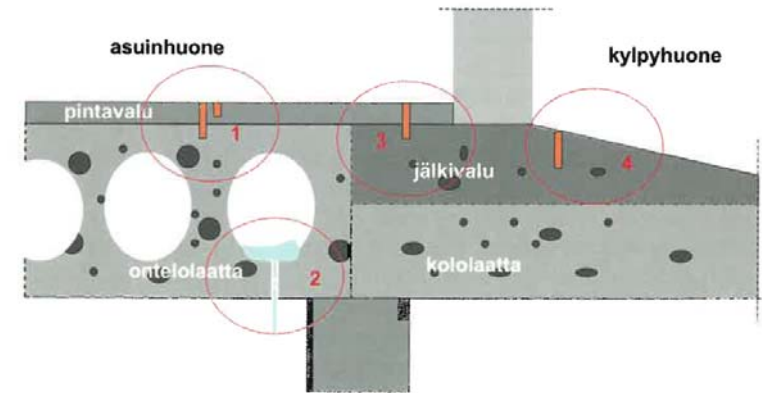
MALLINNUKSEEN

VÄHANEN

RAKENTEIDEN ERITYISPIIRTEET

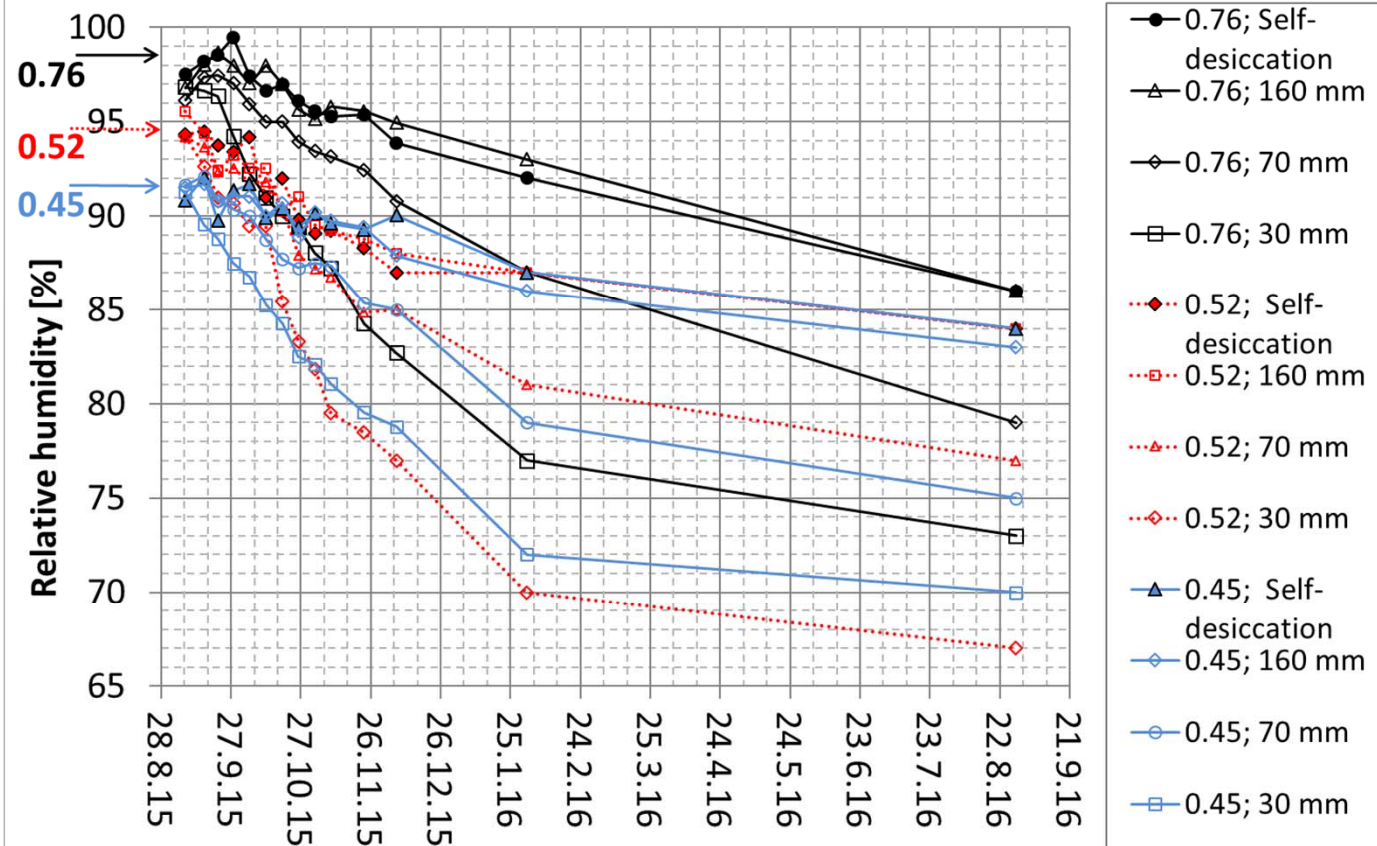


Kuva 41. Mikäli laattavahvennuksset ovat selvästi leveämpiä (l) kuin laatan muun osan paksuus (d), mittaussyvyys vahvennuksen kohdalla on $0,4 \times$ vahvennuksen paksuus d_2 .



Kuva 24. Ontelolaatta-välipohjassa päällystettävyyssasteusmittaus tehdään ontelojen välisen kannaksen kohdalta (1). Rakennusaikana tulee tarkistaa, ettei onteloissa ole vettä (2). Kylpyhuoneiden kololaatta ja jälkivalu voivat jatkua myös asuinhuoneen puolelle. Lattiarakenne saattaa näiltä osin kuivua muuta osaa hitaammin (3). Elementtivälipohjissa kylpyhuoneiden kohdalla paikalla valettu kaatovalu voi olla hyvinkin paksu, mikä tulee ottaa huomioon rakenteen kuivumisaikaa arvioitaessa (4).

HYDRATAATION LÄMMÖNTUOTTO JA "KOSTEUSNIELU"



Energy and mass balance equations

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot [k \nabla T + L_v \delta_p \nabla (\phi p_{sat})] + Q$$

$$\xi \frac{\partial \phi}{\partial t} = \nabla \cdot [\xi D_w \nabla \phi + \delta_p \nabla (\phi p_{sat})] + S$$

$$Q = H_u \frac{d\alpha}{dt}$$

$$S = -\rho_s M_{f,cm} w_n \frac{d\alpha}{dt}$$

Degree of hydration and equivalent time

$$\frac{d\alpha}{dt} = \exp \left[\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right] \frac{\alpha_u \beta \left(\frac{\tau}{t_e} \right)^\beta}{t_e} \exp \left[- \left(\frac{\tau}{t_e} \right)^\beta \right]$$

$$D_w = C_1 \left\{ \alpha_0 + (1 - \alpha_0) \left[1 + \left(\frac{1 - \phi}{1 - \phi_c} \right)^n \right] \right\}$$

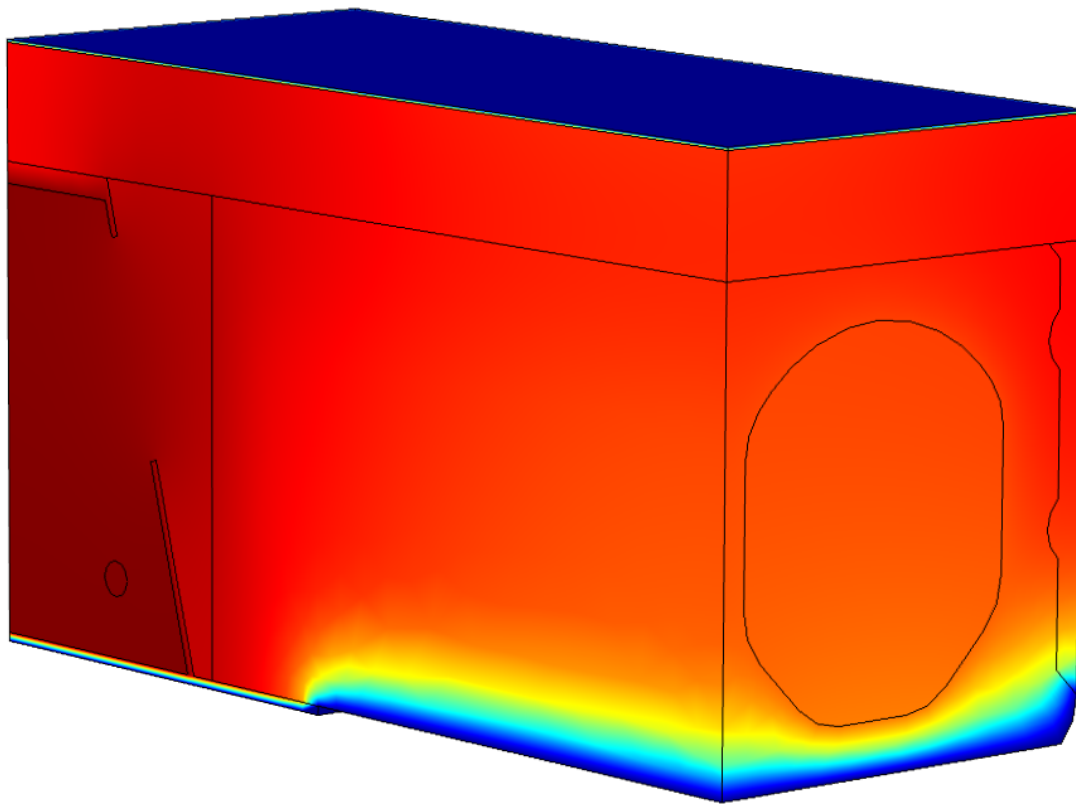
$$\frac{dt_e}{dt} = \exp \left[\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right]$$

Optimized parameters: $\beta, \tau, C_1, \alpha_0, \phi_c, n$

// NSB2017 Sekki & Karvinen //

VAAHANEN

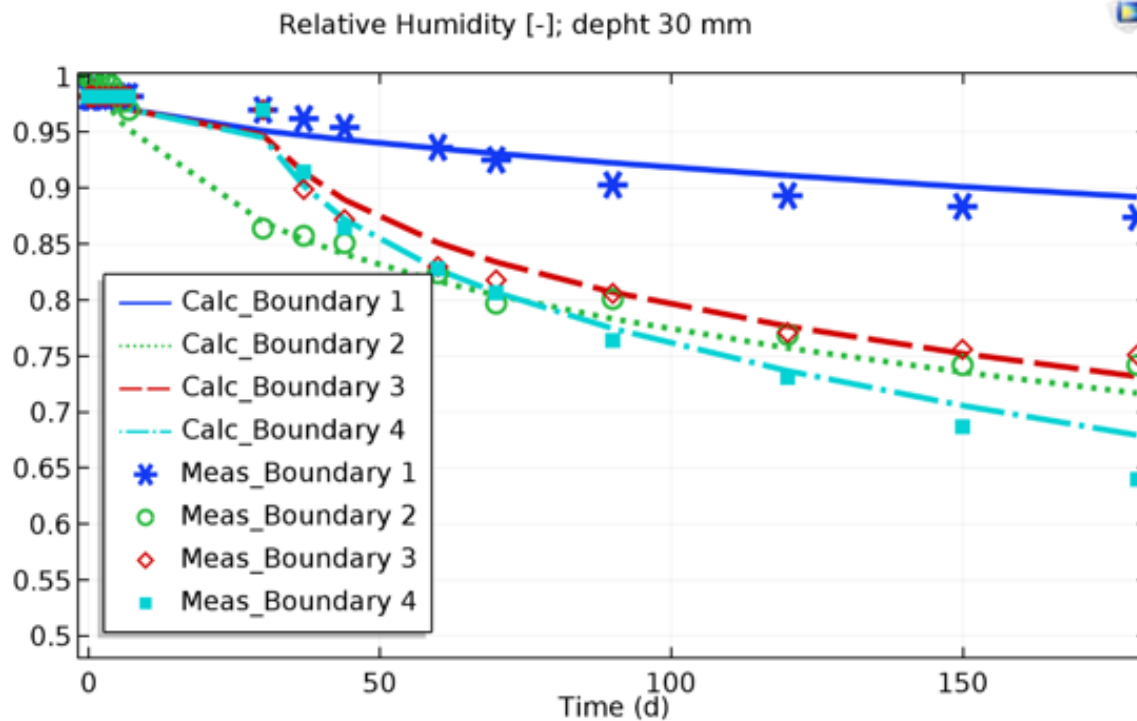
GEOMETRIA



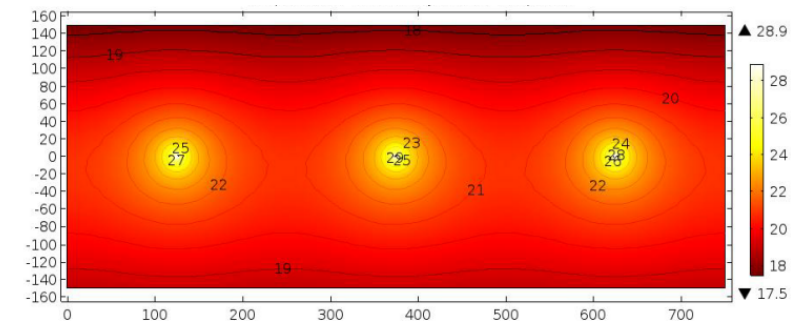
8

V\H\NEN

LÄMPÖTILAN VAIKUTUS

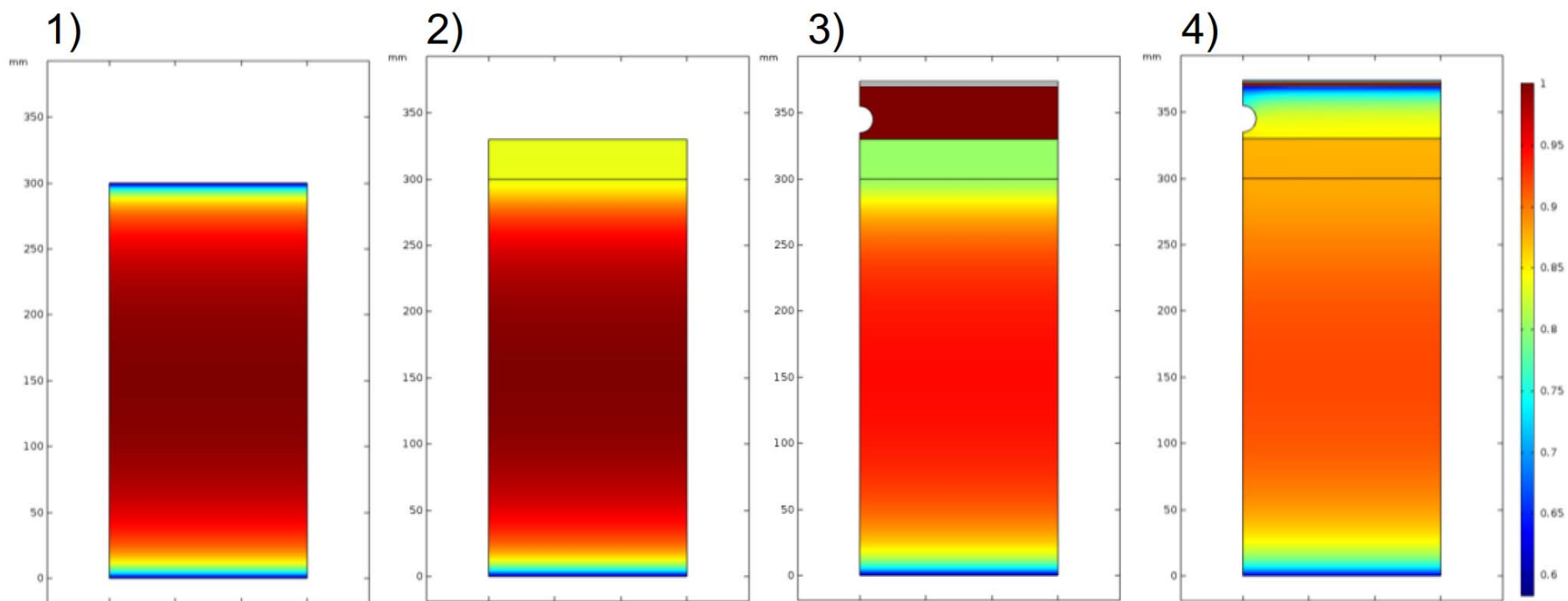


Kuva 3.10. Mallinnettu kuivuminen 30 mm syvyydellä C betonilla. Käyrien nimeäminen edelle esitetyn mukaisesti (Boundary 1 = 5 °C, Boundary 2 = 23 °C, Boundary 3 = 5 °C → 23 °C ja Boundary 4 = 5 °C → 30 °C). // Timo Korkalan DI-työ //



Esim. lämmityslankojen kuivatusvaikutuksen arviointiin

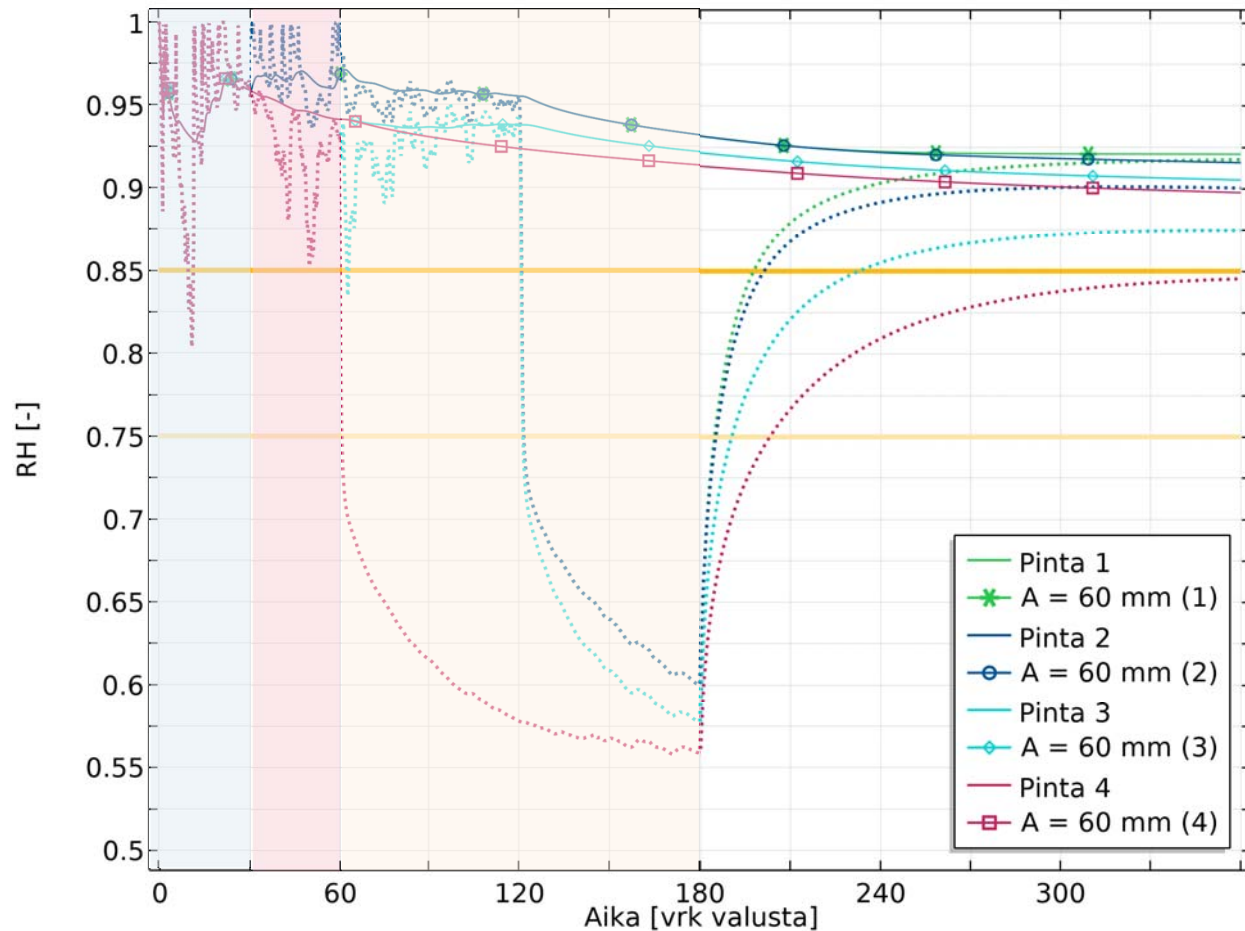
RAKENTEIDEN MALLINTAMINEN VAIHEITTAIN



BETONIN KUIVUMISAIKA-ARVION KEHITTÄMINEN

VÄHANEN

RAKENNUSVAIHEEN MALLINTAMINEN - TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU



1. Minimum effort
2. Päälystevalinta
3. Kastumisajan lyhentäminen
4. Kastumisajan lyhentäminen ja kuivatusajan pidentäminen

■ Sateelle alttiina
■ Ulkoilman olosuhde
■ Kuivatusolosuhde

SEURAAVIA VAIHEITA

Laskentaohjelma kuivumisaika-arvioiden tekoon

- Todellinen aikataulu
- Oletetut lämpö- ja kosteusolosuhteet
- Tämän päivän rakennetyypit
- Yleisesti käytössä olevat betonilaadut

Tutkimusta tarvitaan edelleen

- Betonin kosteudensiirto-ominaisuudet
- Hydrataatioparametrit
- Mallin testaaminen käytännössä

Pauli Sekki

Asiantuntija, DI

VAHANEN-YHTIÖT

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Pauli.sekki@vahanen.com



VAHANEN

VAHANEN

Rakennetaan onnistumisia