

LÄMPÖTILAN VAIKUTUS BETONIN SUHTEELLISEEN KOSTEUTEEN

Laura Virtanen, Vahanen Rakennusfysiikka Oy

RTA7, opinnäytetyöseminaari

VAHANEN



SISÄLTÖ

- Tutkimuksen tausta ja tutkimustarve
- Tutkimuksen tavoitteet
- Tutkimuksen suoritus
- Tulosten analysointi
- Johtopäätökset

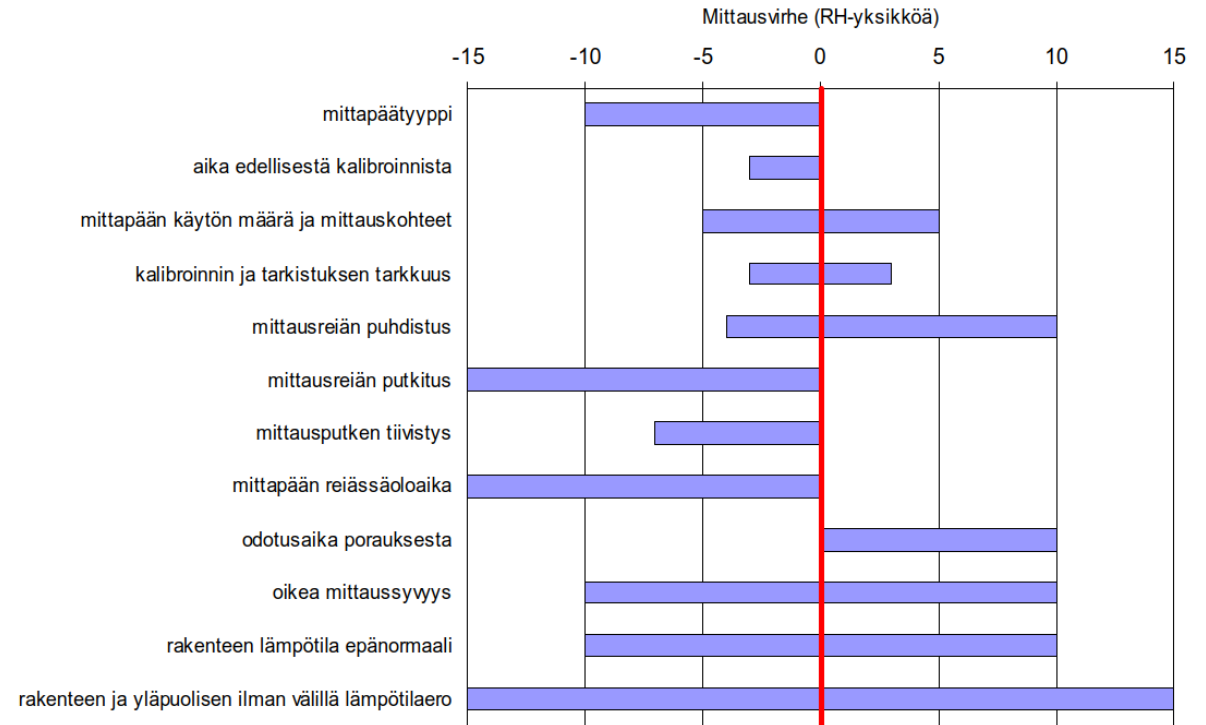
YLEISTIEDOT

- Opinnäytetyön tekijä Laura Virtanen, DI
 - Pääohjaaja TkT Tarja Merikallio, Vison Oy
 - Työn ohjaaja Pauli Sekki, DI
- Ohjausryhmässä edustukset
 - eGate Smart Building Innovation
 - Rakennusteollisuus RT ry
 - RKM Group Oy
 - Rudus Oy
 - Skanska Oy
 - Suomen Betoniyhdistys ry
 - Vigilan Oy
 - Wiiste Oy

TUTKIMUSONGELMA

- Betonirakenteiden kuivuminen on edelleen haaste uudisrakentamisessa
- Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen tyypillisesti porareikämittauksella
 - Suosituslämpötila (päälystettävyyttä arvioitaessa) 18...25 °C
 - Toisaalta suositellaan tehtävän lähellä lattian käytönaikaista lämpötilaa
 - Menetelmä herkkä lämpötilan muutoksille

Porareikämittauksen epätarkkuustekijät, betonin pinta kuivempi kuin sisäosat

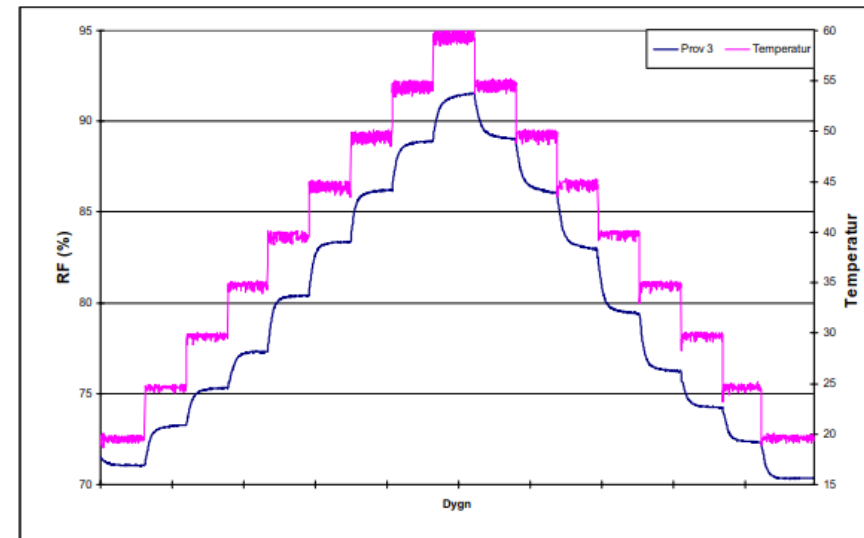


RT103333, 2021

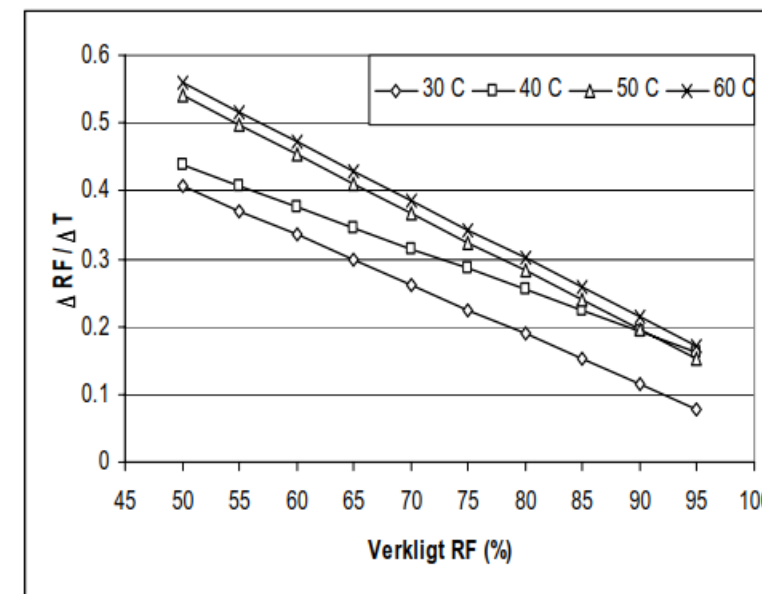
Kuinka kriittinen tilanne on, jos on mitattu 83 RH-% lämpötilassa 20°C, mutta kohteeseen tulee lattialämmitys (27 °C) ja vesihöyrytiivis lattiapäällyste?

TUTKIMUSONGELMA JA TAVOITE

- Aihetta tutkittu Lundin yliopistossa (Fredin & Skoog, TVBM-5057 Fuktmätning i betong, 2005)
 - Määritettiin yhden betonin lämpötilan ja suhteellisen kosteuden välinen korrelaatiokäyrä
 - Koesarja tehtiin 40 vuotta vanhalle betonille (K30, v/s 0,55)
- Päätaavoitteena on selvittää betonin suhteellisen kosteuden ja lämpötilan välistä riippuvuutta



Figur 4.1: RF variation



Figur 4.2: $\Delta RF / \Delta T$ för olika intervall

Fredin & Skoog, 2005. **VAAHANEN**

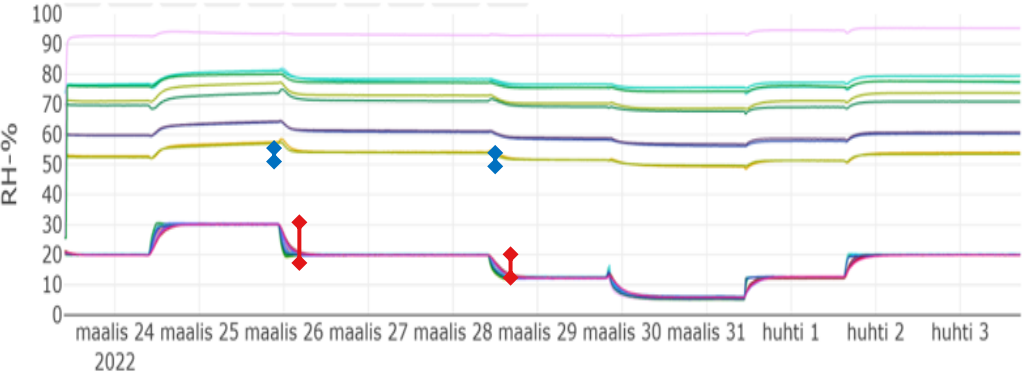
LABORATORIOTUTKIMUS- VAIHE

- Tarkastelussa 6 nykyaikaista betonia, C35/45, ikä ~3 vuotta
 - 2 x v/s ~0,45
 - 2 x v/s ~0,6
 - 2 x v/s ~0,73
- Esivalmistelu
 - Poraus, putkitus, tiivistys (RT103333)
 - Kastelu / kuivatus tasapainokosteuteen: RH-% 50...100 %
 - Testisarjat 6...8 kpl/betonilaatu
 - Yhteensä 43 koekappaletta
 - Paketointi vesihöyrytiiviisti
- Lämpötilasyklitys, 4 kpl
 - 20 °C → 30 °C → 20 °C → 12,5 °C → -2...6 °C → 12,5 °C → 20 °C
 - Jatkuvatoiminen, etäluettava RH-%- ja I_t -seuranta

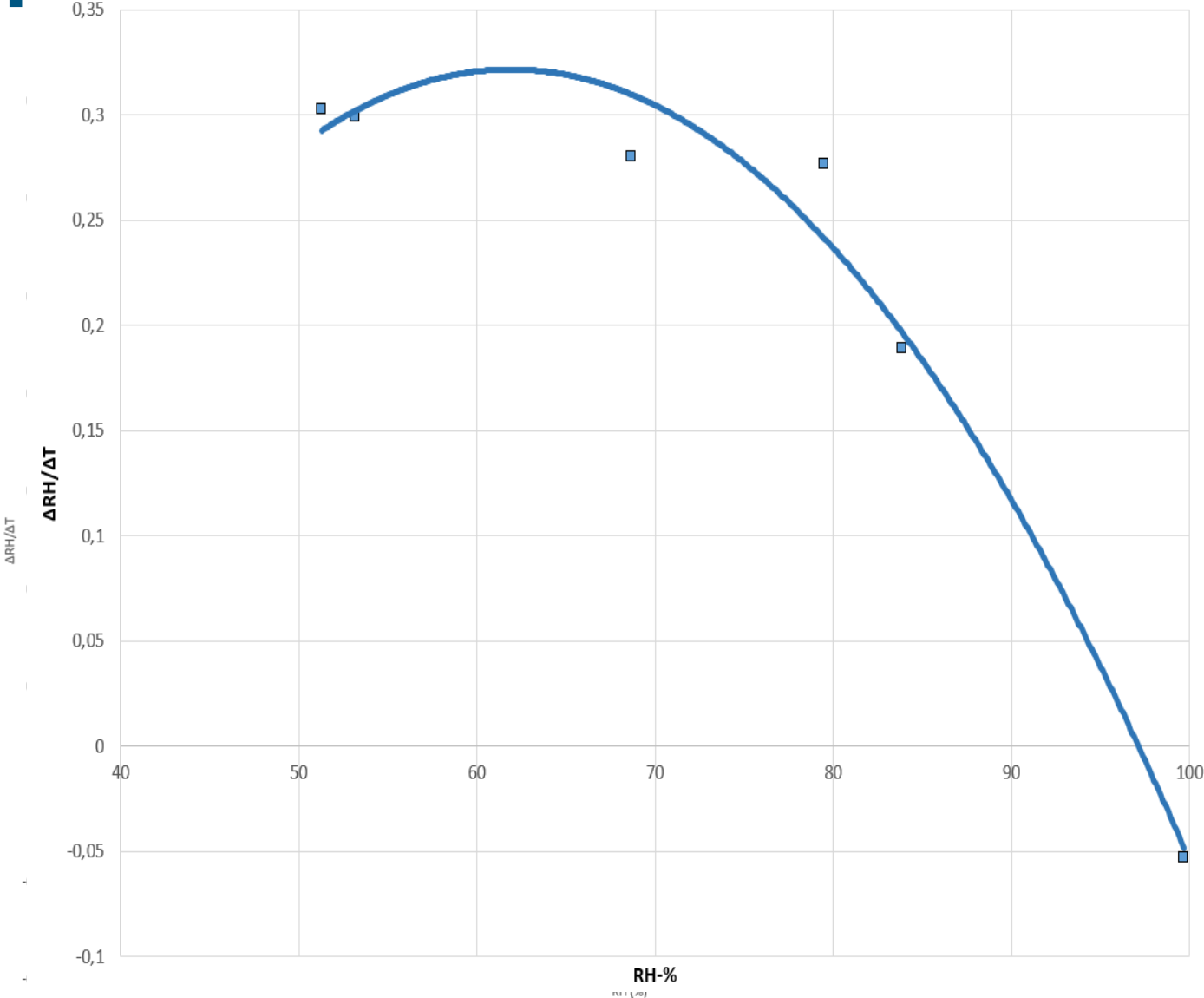


TULOSTEN KÄSITTELY

- RH-% ja It-kuvaajien läpikäynti
- Muutostekijä $\Delta RH/\Delta T$
- Pistekuvaaja: muutostekijä mitatun RH-% funktiona
- Korrelaatio löytyi

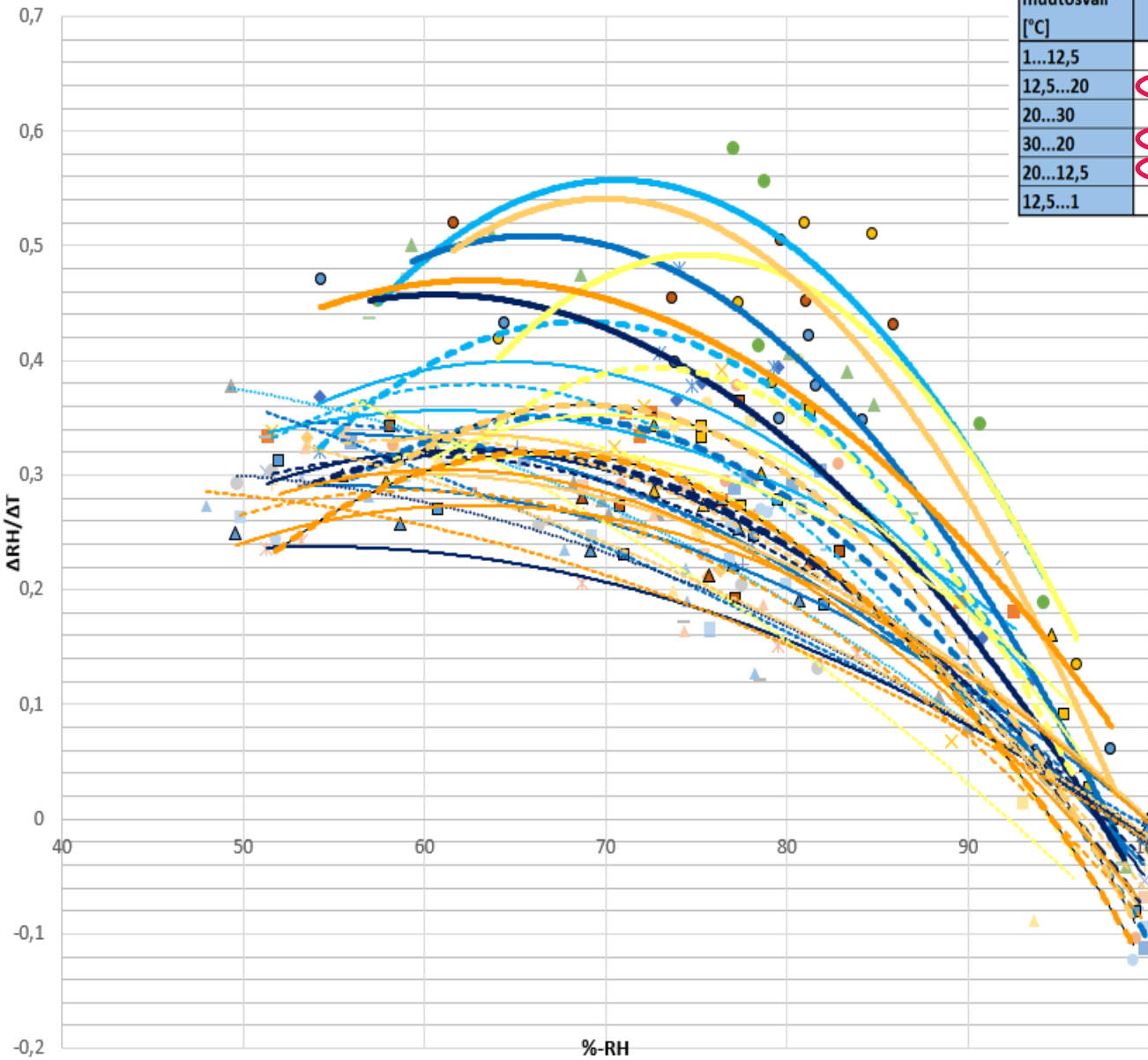


20->30				30->20				20->12,5				12,5->1				1->12,5				12,5->20			
ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$		ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$		ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$		ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$		ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$		ΔT	ΔRH	$\Delta RH/\Delta T$	
9,3	3,5	0,3535		-9,8	-3,4	0,3469		-7,4	-2,5	0,3378		-13,7	-4,1	0,2993		13,5	3,6	0,2667		7,6	2,7	0,3553	
10,1	5,1	0,505		-10,1	-3,9	0,3861		-7,5	-2,7	0,36		-11,2	-2,9	0,2589		11,3	3,5	0,3097		7,6	2,7	0,3553	
9,7	1,3	0,134		-9,7	-0,3	0,0309		-7,4	0,2	-0,027		-15,4	-0,1	0,0065		15,1	0,7	0,0464		7,5	0,2	0,0267	
10,5	4,3	0,4095		-10,6	-3,2	0,3019		-7,7	-2,5	0,3247		-6,1	-2,2	0,3607		6,1	1,8	0,2951		7,8	2,5	0,3205	
10,2	5,4	0,5294		-10,1	-4,2	0,4158		-7,5	-1,9	0,2533		-6,5	-1,3	0,2		6,2	1,7	0,2742		7,7	2,1	0,2727	
ei tulosta				ei tulosta				-7,2	-0,1	0,0139		-7,1	0,5	-0,07		6,5	1,1	0,1632		7,7	0,7	0,0909	
10	4,5	0,45		-10	-3,5	0,35		-7,8	-1,9	0,2436		-6,3	-1,2	0,1905		6,1	0	0		7,8	4,6	0,5897	
10,2	4,4	0,4314		-10	-3,1	0,31		-7,4	-2	0,2703		-11,2	-2,1	0,1875		11,2	2,5	0,2232		7,3	1,7	0,2329	
9,7	0	0		-9,7	1	-0,103		-7,4	0,5	-0,068		-14,6	0,2	-0,014		14,5	0	0		7,4	-0,6	-0,081	
9,9	4,5	0,4545		-9,9	-2,9	0,2929		-7,2	-2,1	0,2917		-6,9	-1,8	0,2609		6,4	1,8	0,2813		7,7	2,1	0,2727	
10,1	5,1	0,505		-10,1	-3,9	0,3861		-7,5	-2,7	0,36		-11,2	-2,9	0,2589		11,3	3,5	0,3097		7,6	2,7	0,3553	

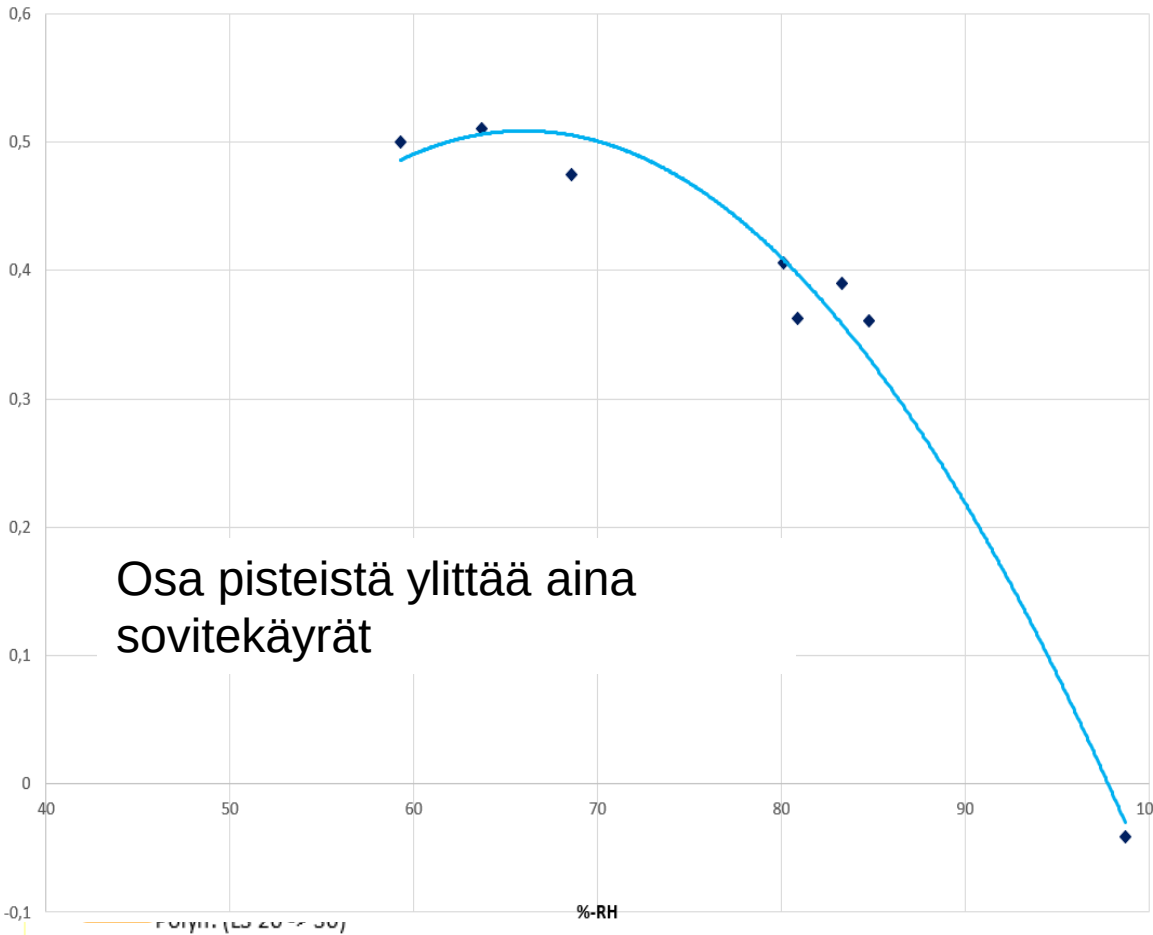


KAIKKI TULOKSET YHDESSÄ

Kaikki betonit (L1...L3 ja R1...R3)



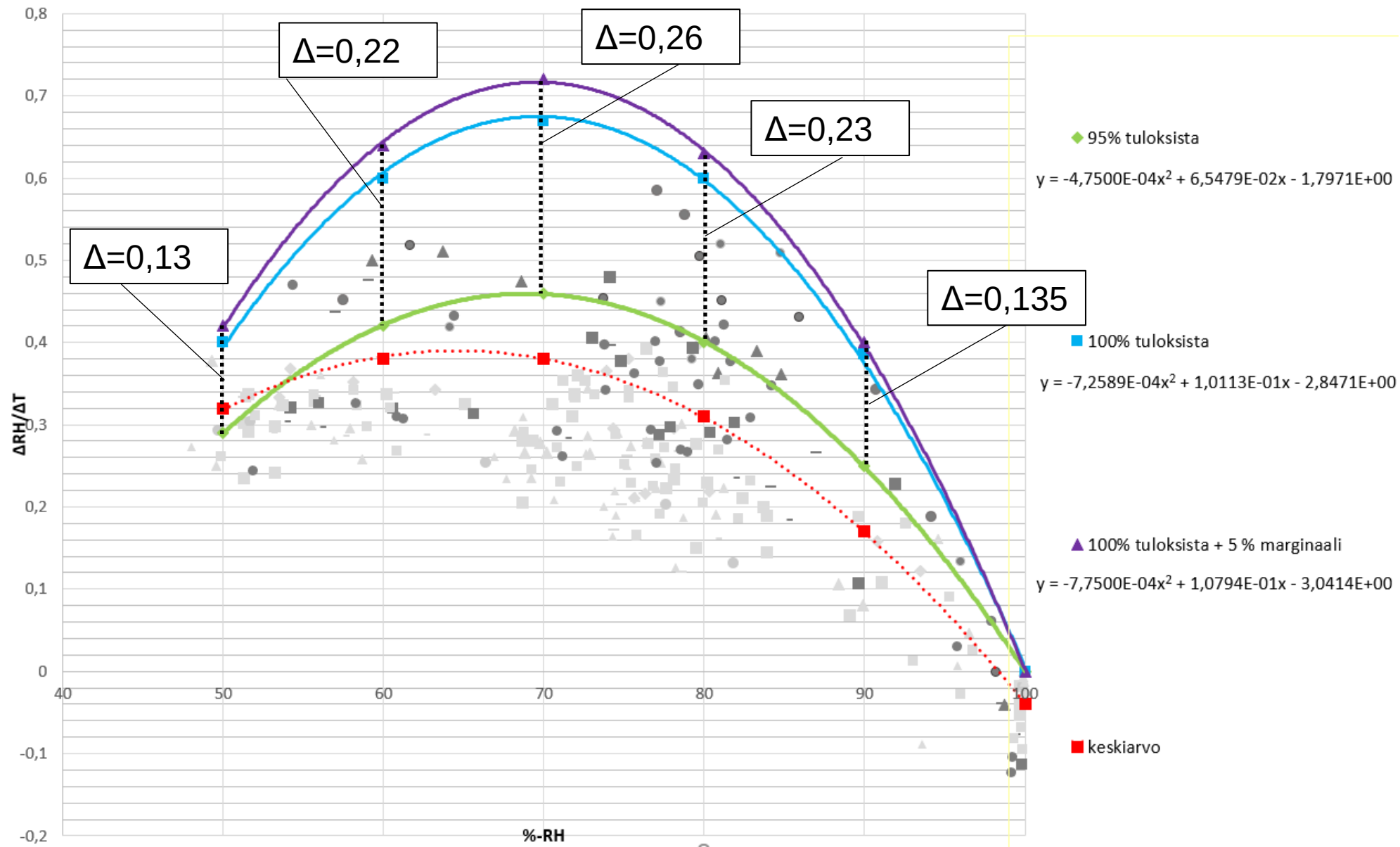
Lt, muutosväli [°C]	R1	R2	R3	L1	L2	L3	keskiarvo, muutosväli	mediaani, muutosväli	keskiarvo, muutos ylös- tai alaspäin	mediaani, muutos ylös- tai alaspäin	keskiarvo, kaikki	mediaani, kaikki
1...12,5	0,934	0,935	0,992	0,901	0,958	0,930	0,942	0,934	0,929	0,934	0,932	0,935
12,5...20	0,859	0,993	0,976	0,934	0,864	0,919	0,924	0,926				
20...30	0,934	0,980	0,975	0,771	0,943	0,923	0,921	0,939				
30...20	0,778	0,967	0,992	0,937	0,929	0,923	0,921	0,933	0,934	0,940	0,932	0,935
20...12,5	0,873	0,932	0,991	0,909	0,958	0,942	0,934	0,937				
12,5...1	0,991	0,903	0,987	0,912	0,943	0,950	0,948	0,946				



Osa pisteistä ylittää aina sovitekäyrät

YHTEENVETO KAIKISTA TULOKSISTA

Kaikki betonit



EHDOTUS

- Lämpötilan muuttuessa ylöspäin muutoksen aiheuttamaa vaikutusta betonin RH-% mahdollista arvioida:

$$\Delta RH = (-7,75 \cdot 10^{-4} \cdot RH^2 + 0,10794 \cdot RH - 3,0414) \cdot \Delta T$$

- Sis. 5 % varmuusmarginaalin

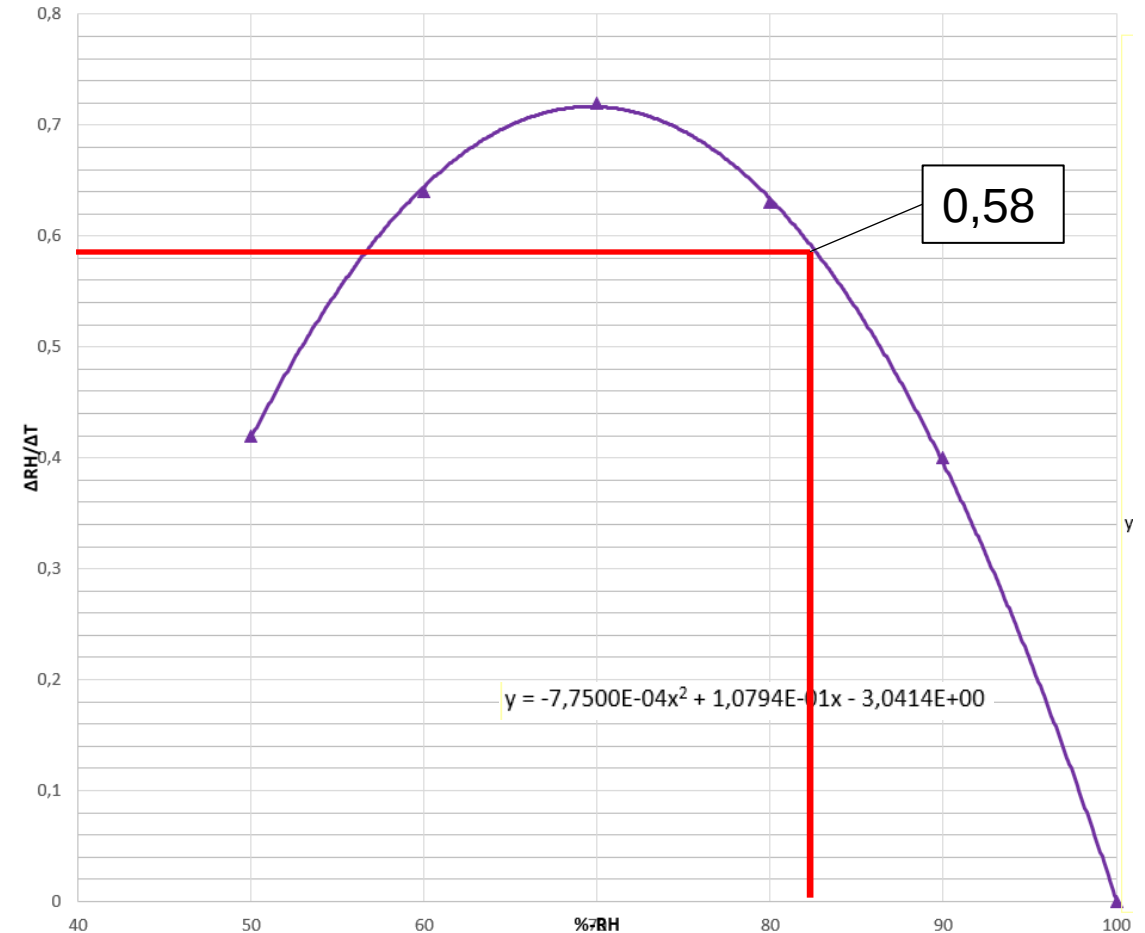
Kuinka kriittinen tilanne on, jos on mitattu 83 RH-% lämpötilassa 20°C, mutta kohteeseen tulee lattialämmitys (27 °C) ja vesihöyrytiivis lattiapäällyste?

$$\Delta RH / \Delta T = 0,58 \text{ RH-\%/}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 7^\circ\text{C} \quad 20^\circ\text{C} \rightarrow 27^\circ\text{C}$$

$$\Delta RH = 4,1 \text{ RH-\%}$$

$$\begin{aligned} RH_{\text{korjattu}} &= RH_{\text{mitattu}} + \Delta RH \\ &= 83 \text{ RH-\%} + 4,1 \text{ RH-\%} \\ &= \boxed{87,1 \text{ RH-\%}} \end{aligned}$$



Mitataan kuitenkin käyttölämpötilassa aina kun mahdollista!

KIITOS MIELENKIINNOSTANNE!

KYSYMYKSIÄ, KESKUSTELUA?

Laura Virtanen
Asiantuntija, DI

044 389 0137

Laura.virtanen@vahanen.com

Vahanen Rakennusfysiikka Oy



VAHANEN

VAHANEN

Rakennetaan onnistumisia