

Vähähiilisen betonin kuivuminen

Aaro Happonen, AFRY Buildings Finland Oy
2.10.2023

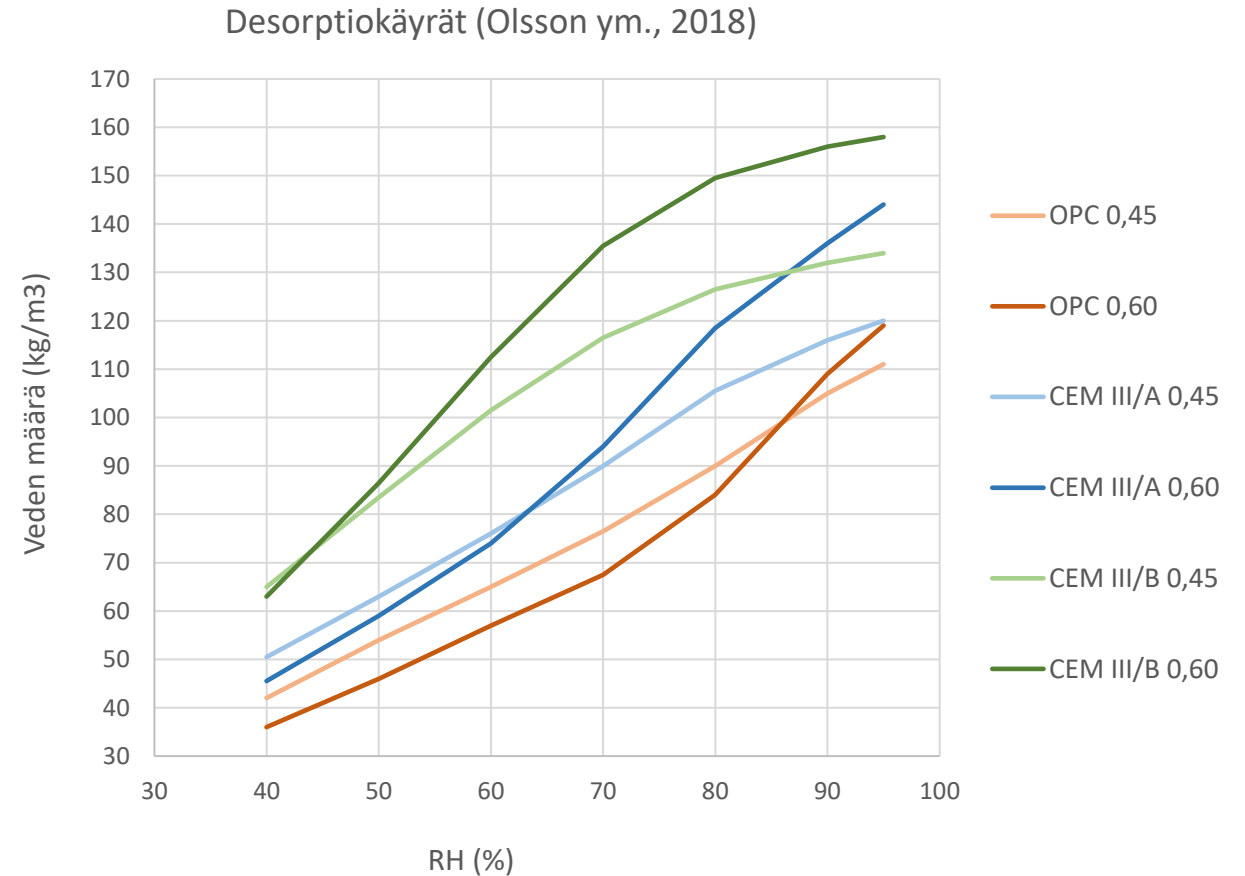
Diplomityö "Vähähiilisen betonin kuivuminen"

- Aiheesta heikosti saatavilla aikaisempaa tutkimusta.
- Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:
 - Poikkeako kuonabetoneiden kuivuminen tavanomaisista betonilaaduista?
 - Poikkeako kuonabetoneiden kuivuminen kuivatuksen aikana tapahtuneen kastumisen jälkeen tavanomaisista betonilaaduista?
 - Soveltuvatko vähähiiliset masuunikuonabetonit käytettäväksi rakenteissa, joissa kuivumiselle on asetettu tavoitteita tai vaatimuksia?
- Kirjallisuustutkimus ja kokeellinen tutkimus.

Kirjallisuustutkimuksen tärkeimmät havainnot

Kuonabetoneilla tiivis ja hienojakoinen huokosrakenne

- Kosteuden siirtyminen hitaampaa sekä nesteinä, että höyrynä.
- Huokosissa enemmän vettä (kg/m³) samalla suhteellisen kosteuden tasolla.
- Erot kuivumisen (RH) vaatimassa fysikaalisesti sitoutuneen veden poistumisessa.



Kokeellinen tutkimus

Tutkittiin kuutta eri betonia:

- CEM III/A (Kolmossementti)
- CEM III/B (kuonajauhe + Pikasementti)
- CEM II/B-M (Oiva-sementti)
- Vesi-sideainesuhteet 0,45 ja 0,60

Betonien säilytys vakio-olosuhteissa:

- RH 45 % ja T 20 °C

Kosteusmittaukset:

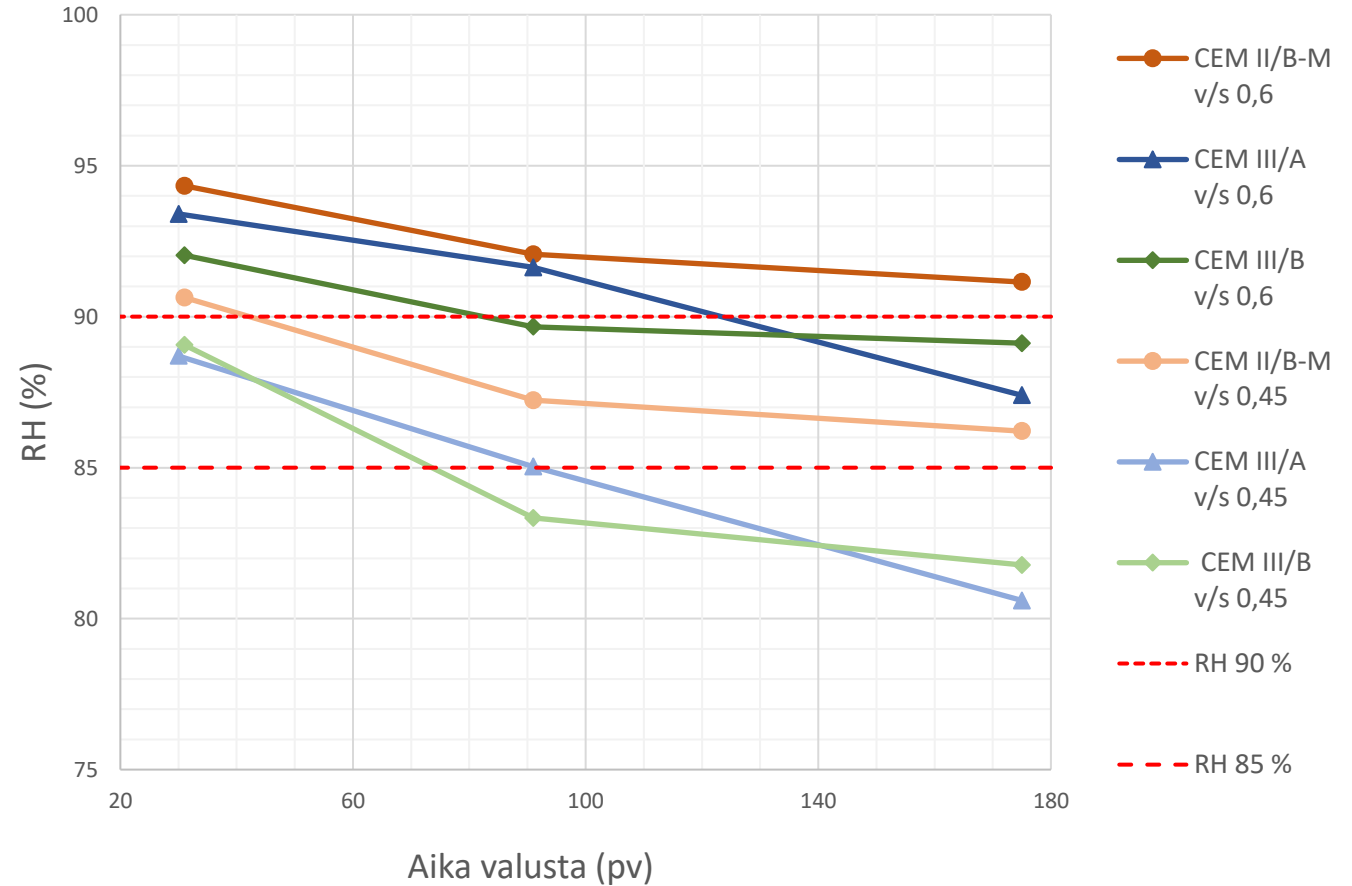
- Näytepalamittaus RT 103333 mukaisesti.
- Mittaussyvyudet 5 mm, 20 mm, 50 mm.
 - Yhteen suuntaan kuivuvat koekappaleet.
 - Kemiallisesti kuivuvat koekappaleet.
 - Kastumiselle altistetut koekappaleet.

		v/s 0,60			v/s 0,45		
		CEM II/B-M	CEM III/A	CEM III/B	CEM II/B-M	CEM III/A	CEM III/B
Oiva	kg/m ³	315			430		
Kolmossementti	kg/m ³		310			425	
Pikasementti	kg/m ³			94			130
Kuonajauhe	kg/m ³			220,0			304
Tehollinen vesi	kg/m ³	188	185	188	192	190	195
v/s-suhde		0,60	0,60	0,60	0,45	0,45	0,45
0-5 kivituhka	%						
0-8 h	%	20,0	20,0	20,0	15,0	15,0	15,0
0-8 k	%	50,0	50,0	50,0	55,0	55,0	55,0
5-16	%	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Notkistin	%	0,6	0,9	0,6	0,64	0,62	0,70
Painuma (tavoite)		S3	S3	S3	S3	S3	S3
Painuma (mitattu)	mm	140	150	150	140	120	170
Muut							
Ilma	%	1,50	1,20	1,40	1,40	1,80	1,60
Tiheys	kg/m ³	2427	2441	2431	2435	2433	2413

Kemiallisesti kuivuvat kappaleet

Kemiallisesti kuivuvilla kappaleilla:

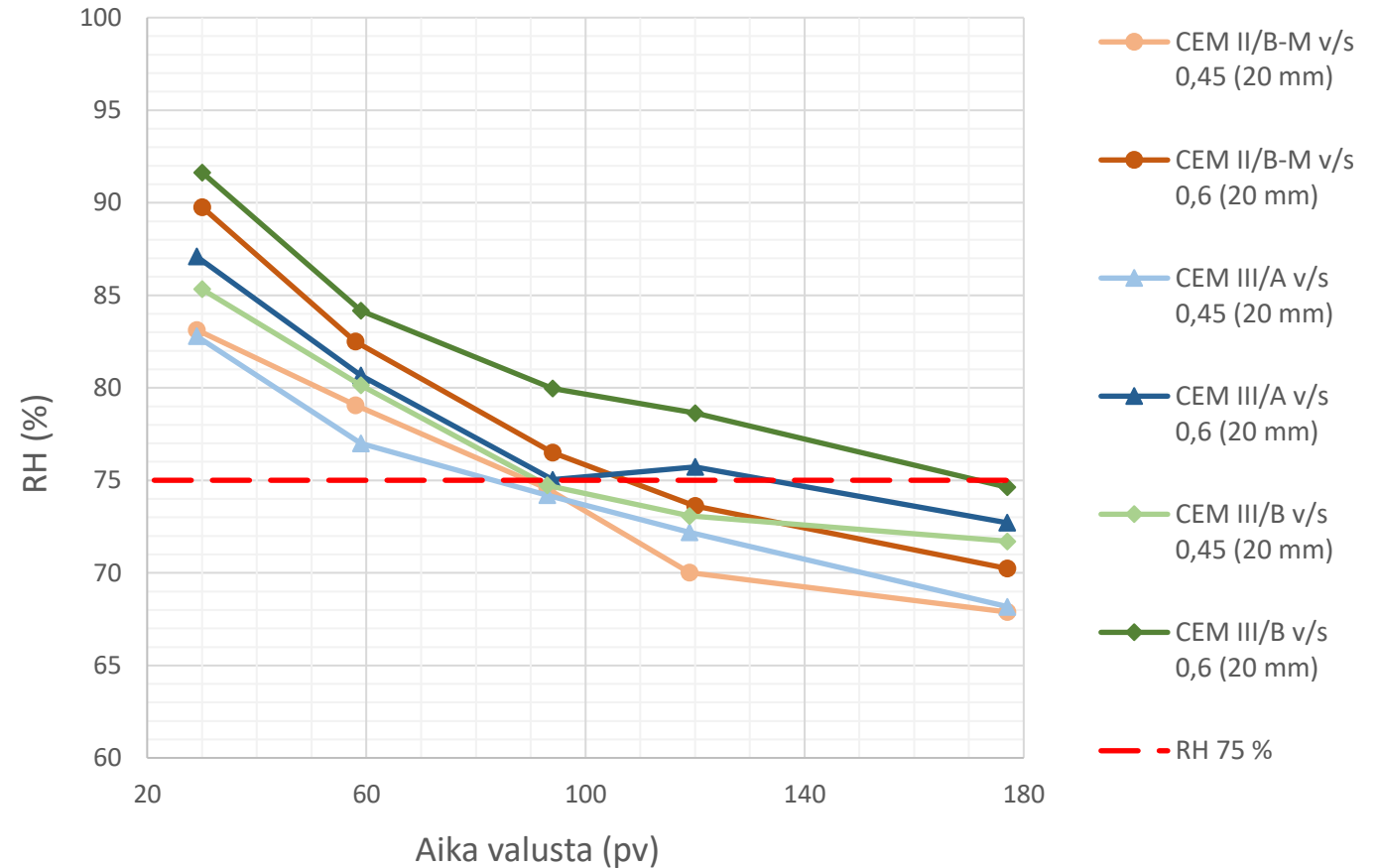
- Kuonabetonit selvästi nopeampia kuivumaan.
- CEM III/B nopein 30-90 päivää valusta.
- CEM III/A:lla vaikuttaa olevan korkein kuivumispotentialiaali.



Yhteen suuntaan kuivuvat kappaleet

20 mm syvyydellä:

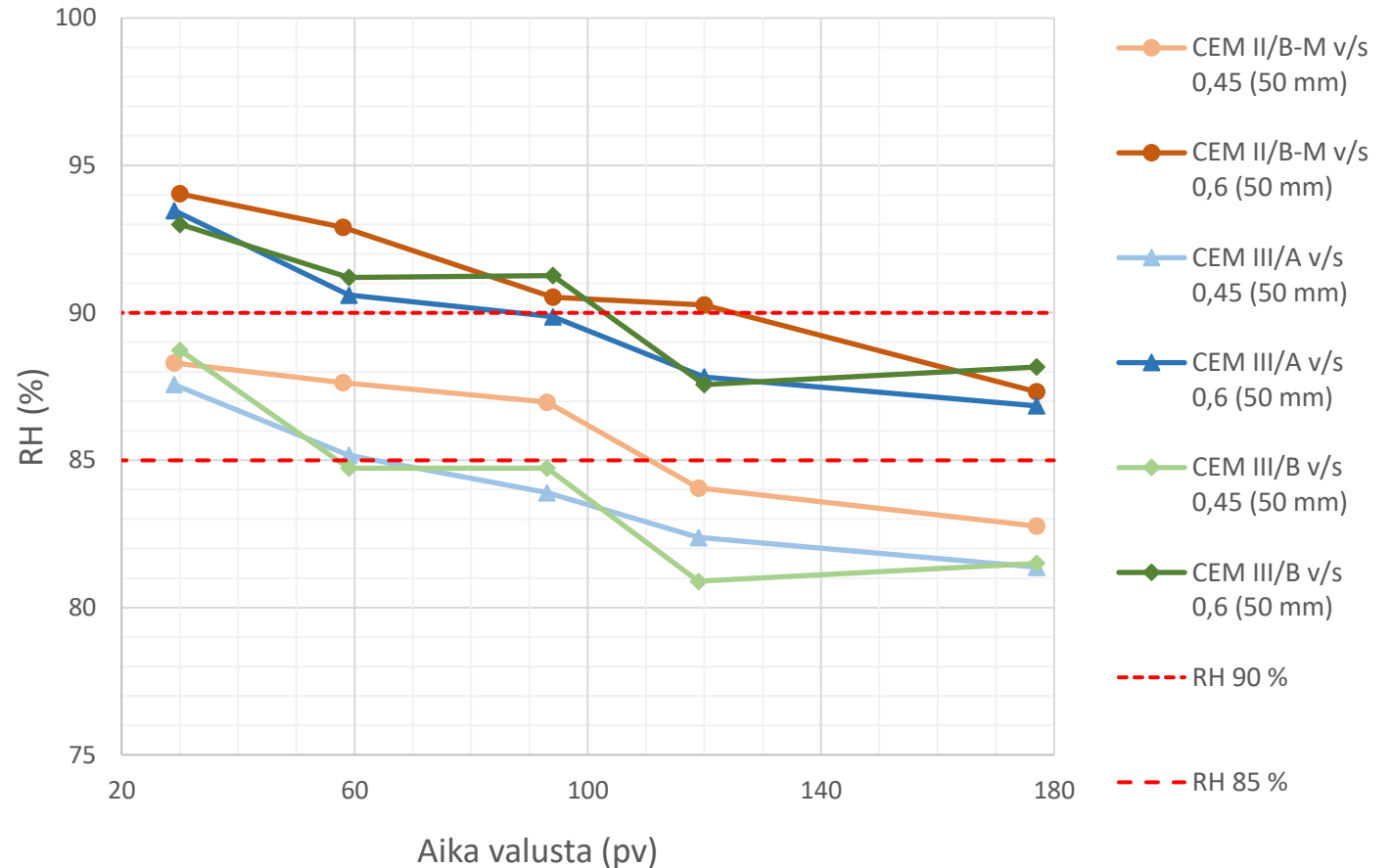
- Erot pääosin varsin pieniä.
- v/s 0,60 CEM III/B selvästi hitaampi kuin muut tutkitut betonit.



Yhteen suuntaan kuivuvat kappaleet

50 mm syvyydellä:

- Erot v/s-suhteiden välillä suuret.
- CEM III betonit jopa nopeampia kuin vastaavan v/s-suhteen CEM II.



Yhteen suuntaan kuivuvat kappaleet

Arvioidut kuivumisajat päällystettävyyden raja-arvoihin (päivää valusta):

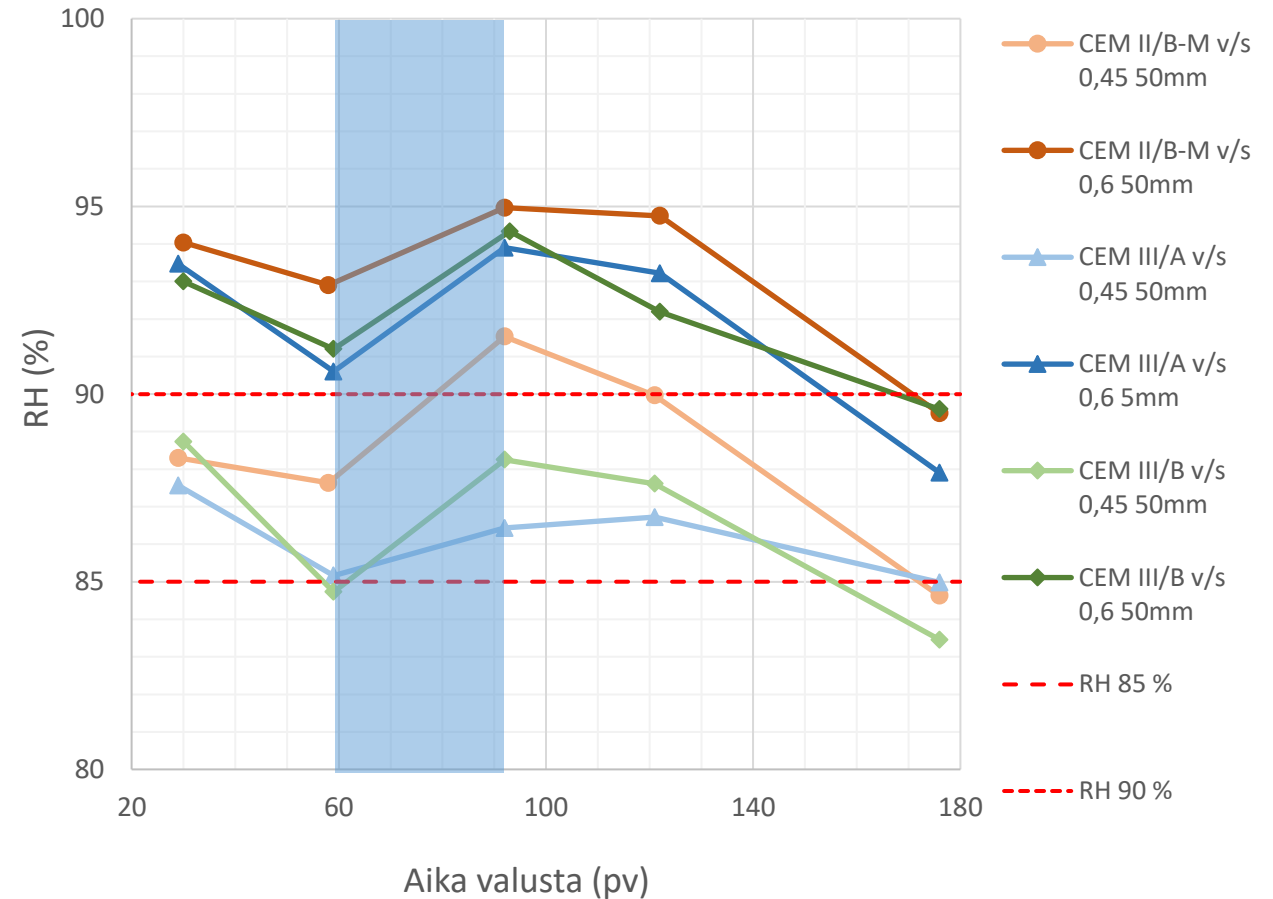
- v/s 0,45 CEM III betoneilla jopa kuukauden nopeampi kuivumisaika kuin vastaavalla CEM II:lla.
- v/s 0,60 CEM III/B huomattavasti muita hitaampi.
- Kuonabetonit saavuttivat poikkeuksellisesti pintaosan raja-arvon nopeammin.

Syvyys (mm) / RH (%)	v/s 0,60			v/s 0,45		
	CEM II/B-M	CEM III/A	CEM III/B	CEM II/B-M	CEM III/A	CEM III/B
20 mm / 75 %	105	100	170	90	85	90
50 mm / 90 %	125	90	105	<30	<30	<30
50 mm / 85 %	>180	>180	>180	110	60	60
Kem. / 90 %	>180	125	90	40	<30	<30
Kem. / 85 %	>180	>180	>180	>180	90	75

Kastumiselle altistetut kappaleet

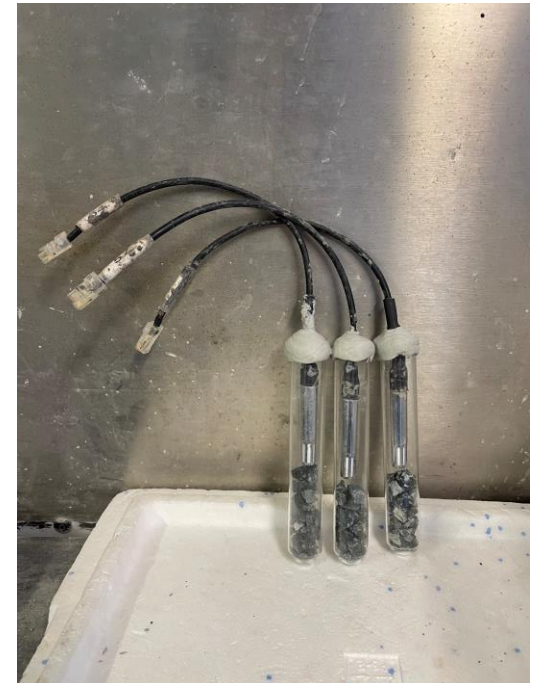
Merkittävimmät erot 50 mm syvyydellä:

- Erot selkeästi riippuvaisia sideaineesta eikä v/s-suhteesta.
- CEM III betoneilla kuivuminen hidastui enemmän kuin CEM II:lla.
→ Nopeammasta kemiallisesta kuivumisesta saatu hyöty häviää.



Johtopäätökset

- Kuonamäärän lisääminen vaikuttaa kasvattavan kemiallisen kuivumisen osuutta kuivumisesta.
- Alhaisen v/s-suhteen kuonabetonit voivat soveltua rakenteisiin, joissa vaaditaan tai tavoitellaan nopeaa kuivumista.
- Korkean v/s-suhteen ja korkean kuonamäärän betonit eivät sovellu nopeaa kuivumista vaativiin rakenteisiin.
- Kuonabetoneita käytettäessä kosteudenhallinnan merkitys kasvaa entisestään.



Kysyttävää?

Seuraavassa jaksossa....

- Seuraava Betonivartti pidetään maanantaina 6.11. klo 8.30 aiheena Kokemuksia BY-vähähiilisyyssluokituksesta