

Tillverkning av referensbetong med vct 0,35 – 0,70 och referenstunnslip enligt NT Build 361

Syfte

För att kunna erbjuda tjänsten ”Bedömning av vct-ekvivalent” måste referenstunnslip med känt vatten-cement-tal, vct, samt cementsort tillverkas. Sådana tunnslip tillverkas ifrån betong med känt recept enligt instruktioner i standard NT Build 361.

Material

Som ballast tillhandahölls kross-grus 0 - 8 mm från Skanska AB. I BILAGA 1 finns en kopia av ballastens kornkurva samt angiven densitet på 2,63 g/cm³. Säckar på 25 kg av respektive cementsort, Anläggningscement, Bascement och Byggcement med densitet 3,20, 3,04 respektive 3,08 g/cm³, användes och anskaffades från bland annat Beijer Byggmaterial. Flytmedlet Dynamon SX-A170 från Mapei användes. Torrhalten i FM är 21 % och densiteten är 1,06 %. Vattnets densitet har värdet 1,0 g/cm³.

Beräkning av betongrecept

Betongrecept tillverkades enligt standarden NT Build 361 med de tre olika sorternas cement. Volymandelen ballast var 70% för samtliga blandningar, vilket följer krav enligt NT Build 361. Pastavolymer innefattar cement, vatten och flyttillsatsmedel. Detta krav gav de grundrecept som presenteras i TABELL 1-3. I tabellerna betyder FM flyttillsatsmedel. Det är uppvägd mängd i kg som anges även för vatten och FM¹.

TABELL 1. Grundblandningar med Bascement (kg/m³).

vct	cement (kg)	grus 0/8 (kg)	vatten (kg)	FM (kg)	Kontroll ¹ (l)	Pastavol.	Ballastvol.
0,7	292	1848	204	0	1000	30%	70%
0,6	323	1848	194	1	1000	30%	70%
0,5	362	1848	181	2,4	1000	30%	70%
0,45	385	1848	173	3,6	1000	30%	70%
0,4	412	1848	165	5	1000	30%	70%
0,35	442	1848	155	6,5	1000	30%	70%

TABELL 2. Grundblandningar med Byggcement (kg/m³).

vct	cement (kg)	grus 0/8 (kg)	vatten (kg)	FM (kg)	Kontroll ¹ (l)	Pastavol.	Ballastvol.
0,7	293	1848	205	0,0	1000	30%	70%
0,6	324	1848	195	1,4	1000	30%	70%
0,5	364	1848	182	3,0	1000	30%	70%
0,45	387	1848	174	4,4	1000	30%	70%
0,4	414	1848	166	5,8	1000	30%	70%
0,35	445	1848	156	7,2	1000	30%	70%

¹ Avrundade mängder angivna. Vid summeringen av totalvolymen 1 m³ är inte mängden flytmedels-tillsats med i tabellerna 1-3. Vid beräkningen av förhållandet pasta- respektive ballastvolym av totalvolym medräknades den dock varför dessa givna andelar i tabellerna är korrekta, efter avrundning. Samma gäller för vct.

Adress

Cement och Betonginspektörerna NN AB

Sörfjärden 216

829 62 Gnarp

Telefon

+46(0)707630558

E-post

lars.kraft@cbi-nn.se

Bankgiro

5656-2770

Organisationsnr

559309-1407

Bank

Handelsbanken

Säte

Uppsala

TABELL 3. Grundblandningar med Anläggningscement (kg).

vct	cement (kg)	grus 0/8 (kg)	vatten (kg)	FM (kg)	kontroll (l)	Pastavol.	Ballastvol.
0,7	296	1848	207	0,0	1000	30%	70%
0,6	329	1848	197	1,5	1000	30%	70%
0,5	369	1848	185	3,0	1000	30%	70%
0,45	393	1848	177	4,0	1000	30%	70%
0,4	421	1848	168	5,5	1000	30%	70%
0,35	453	1848	158	7,0	1000	30%	70%

Blandning

Blandning skedde under tre dagar, från måndag 24 januari 2022 till onsdag den 26 januari. Totalt blandades 18 olika blandningar på satser om 10 liter.

Innan blandning av varje vct-serie med respektive cementslag bestämdes fukthalten av gruset. Fukthalten varierade från dag till dag då gruset hämtades från ett upplag utomhus. Torkning av grus skedde med hjälp av mikrovågsugn.

Blandningsprotokoll

I TABELL 4 – TABELL 6 redovisas utförda blandningar samt beräknade fukthalter. Angivna mängder är i kg. FM = flyttillsatsmedel.

TABELL 4. Blandningsprotokoll för Bascement Slite. Fukthalt 4,33 %.

vct	cement	grus 0/8	FM	vatten	pastavol.	ballastvol.	lufthalt	Konsistens	Kuber nr
0,7	2,916	19,316	0,000	1,205	0,30	0,70	1,5%	ngt torr	1,2,3,4,
0,6	3,229	19,316	0,010	1,096	0,30	0,70	1,8%	ok	5,6,7,8,
0,5	3,619	19,316	0,024	0,959	0,30	0,70	2,2%		9,10,11,12
0,45	3,851	19,316	0,036	0,875	0,30	0,70	2,0%		13,14,15,16
0,4	4,116	19,316	0,050	0,780	0,30	0,70	3,2%		17,18,19,20
0,35	4,419	19,316	0,065	0,671	0,30	0,70	2,2%	seg	21,22,23,24

TABELL 5. Blandningsprotokoll för Byggcement, Skövde. Fukthalt 4,41 %.

vct	cement	grus 0/8	FM	vatten	pastavol.	ballastvol.	lufthalt	Konsistens	Kuber nr
0,7	2,928	19,332	0,000	1,198	0,30	0,70	1,4%		25,26,27,28
0,6	3,244	19,332	0,014	1,086	0,30	0,70	2,0%		29,30,31,32
0,5	3,638	19,332	0,030	0,949	0,30	0,70	2,4%		33,34,35,36
0,45	3,873	19,332	0,044	0,864	0,30	0,70	1,8%		37,38,39,40
0,4	4,140	19,332	0,058	0,769	0,30	0,70	1,9%	seg	41,42,43,44
0,35	4,447	19,332	0,072	0,661	0,30	0,70	2,5%	segt	45,46,47,48

TABELL 6. Blandningsprotokoll för Anläggningscement, Slite. Fukthalt 4,84 %.

vct	cement	grus 0/8	FM	vatten	pastavol.	ballastvol.	lufthalt	Konsistens	Kuber nr
0,7	2,963	19,420	0,000	1,134	0,30	0,7	2,2%	ngt torr	49,50,51,52
0,6	3,288	19,420	0,015	1,023	0,30	0,7	2,7%		53,54,55,56
0,5	3,692	19,420	0,030	0,888	0,30	0,7	2,6%		57,58,59,60
0,45	3,934	19,420	0,040	0,806	0,30	0,7	1,9%		61,62,63,64
0,4	4,211	19,420	0,055	0,711	0,30	0,7	2,3%	seg	65,66,67,68
0,35	4,528	19,420	0,070	0,603	0,30	0,7	2,3%	mkt seg	69,70,71,72

Blandningsprocedur

Först vägdes mängden grus upp och lades i betongblandaren. Se BILD 1 och BILD 2. Därefter vägdes cement upp och lades i blandaren tillsammans med gruset. Det fick blanda i ca 3 minuter innan vatten och flytmedel uppvägdes och tillsattes, efter beräkningar med hänsyn till grusets fukttinnehåll. Därefter blandades betongen i ytterligare 3-5 minuter.

Efter blandning kontrollerades lufthalten i betongen (BILD 3). Enstaka prov gjordes även på sättmått av betongen (BILD 4). Lufthalten varierade mellan 1,4 % till 3,2 % mellan de olika proverna. Sättmått var för de flesta blandningar en S0 men i några fall en S1 eller S2. Generellt var blandningarna inte flytande utan styva, reglerat med mängden tillsatt flytmedel.

Från varje blandning tillverkades 4 st 100x100x100 mm³ kuber - tre för kontroll av tryckhållfasthet samt 1 kub för tillverkning av tunnslip. Betongproverna förvarades i ett dygn i formarna övertäckta med plast och fukt (BILD 5) innan de avformades (BILD 6).

Efter att proverna rengjorts lades i de i vatten med $T = 20\text{ °C}$ intill tryckprovning 28 dagar efter gjutning, enligt standard SS-EN 12390-3.



BILD 1. Mikrovågsugn och våg för uppvägning av material.

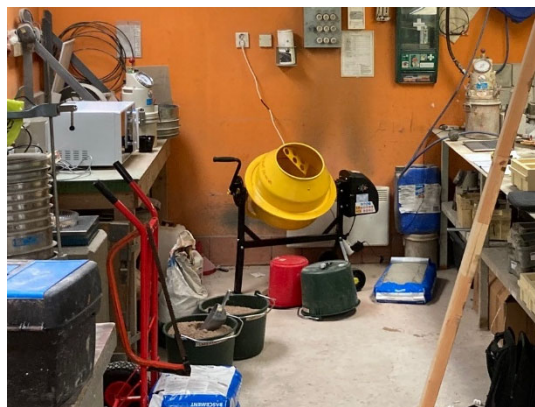


BILD 2. Betongblandaren, en liten roterande blandare 63 liter.



BILD 3. Luftpormätning.



BILD 4. Sättmått av en lösare blandning.



BILD 5. Betongproverna i gjutformarna. Två olika typer av formar på bilden.

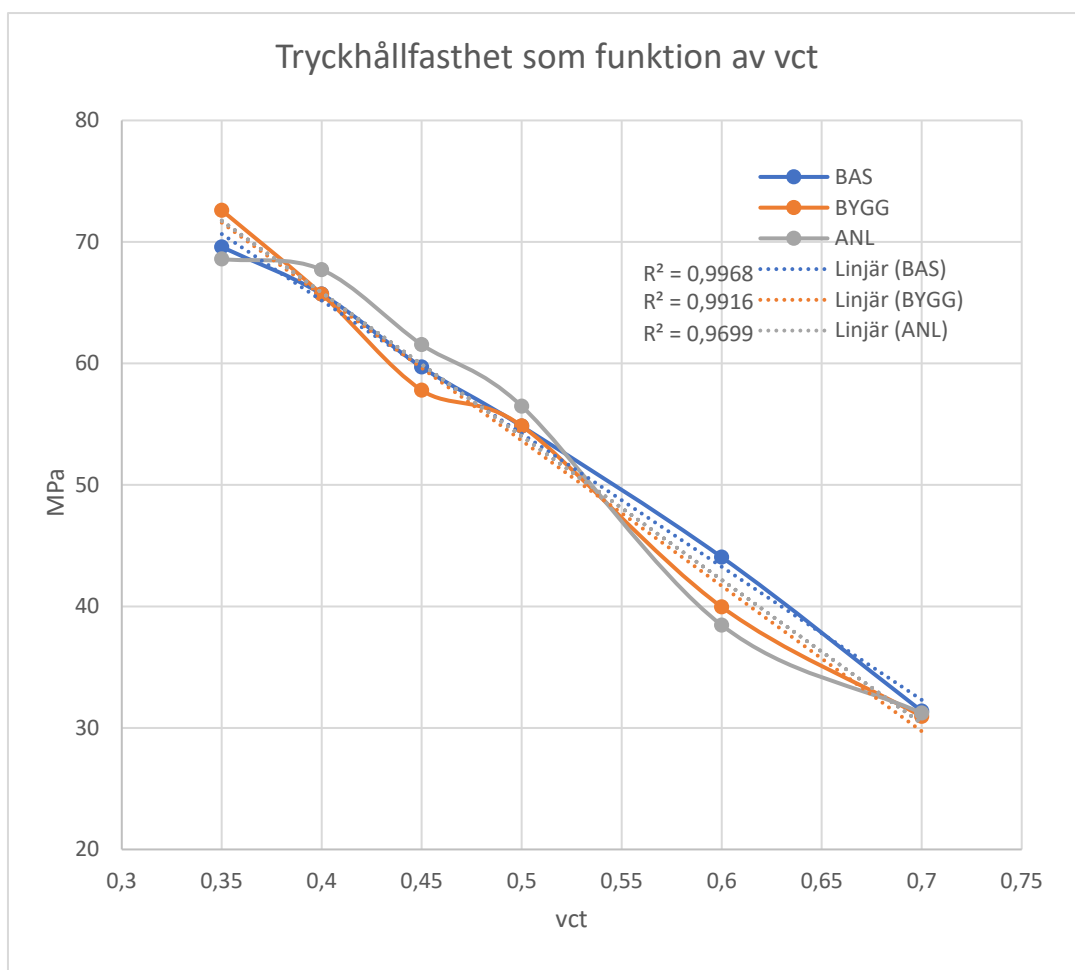


BILD 6. Avformning och rengöring av proverna. Vibrationsplatta närmast kameran.

Resultat tryckprovning

Proverna trycktes av personal på Mokajen Skanska AB. CBI-NN AB ansvarade inte för provtryckningen.

Resultatet av provtryckningen redovisas i FIGUR 1 nedan. Varje punkt representerar medelvärdet av tre kuber. Varje enskilt provs värde på tryckhållfasthet redovisas i BILAGA 2.



FIGUR 1. Tryckhållfasthet som funktion av vct på betongblandningarna.

Som framgår i FIGUR 1 har vi ett bra linjärt samband mellan vct och tryckhållfasthet. Ju lägre vct, desto högre tryckhållfasthet. Särskilt proverna för Bascement visar ett strikt linjärt samband med en korrelationskoefficient på 0,997. För proverna med Anläggningscement avviker värdena från linjärt samband något för de med lägst vct, men korrelationskoefficienten är ändå mkt nära 1 med värdet 0,970.

Tillverkning och utvärdering av tunnslip

Från varje provblandning tillverkades provbitar för tillverkning av tunnslip från den fjärde kuben. Provbitarna sågades till med en betongsåg av märket Husqvarna hyrd av ett maskinföretag.

Provbitar med storleken 35 x 50 x 10 mm sågades ut och skickades till ett laboratorium för tillverkning av tunnslip.

Utvärdering av tunnslipen gjordes med hjälp av ett Leitz mikroskop Ortholux 2 Pol BK. Tunnslipen befanns ha en stegvis kontrastskillnad med ökande kapillärporositet vid ökat vct, helt i överensstämmelse med hållfasthetsprovningen.

En sammanställning av bildanalysen presenteras i BILAGA 3. Analys av tunnslip.

Slutsats

Tunnslipen som tillverkats från de 18 olika blandningsrecepten visar en relevant skillnad i kapillärporositet. De kan därför med framgång användas i enlighet med standard NT BUILD 361 för utvärdering av vct-ekvivalent i betongprover vid kontroll av betongrecept.

Utfört av



Lars Kraft, CBI-NN AB

Rapportens innehåll granskat av

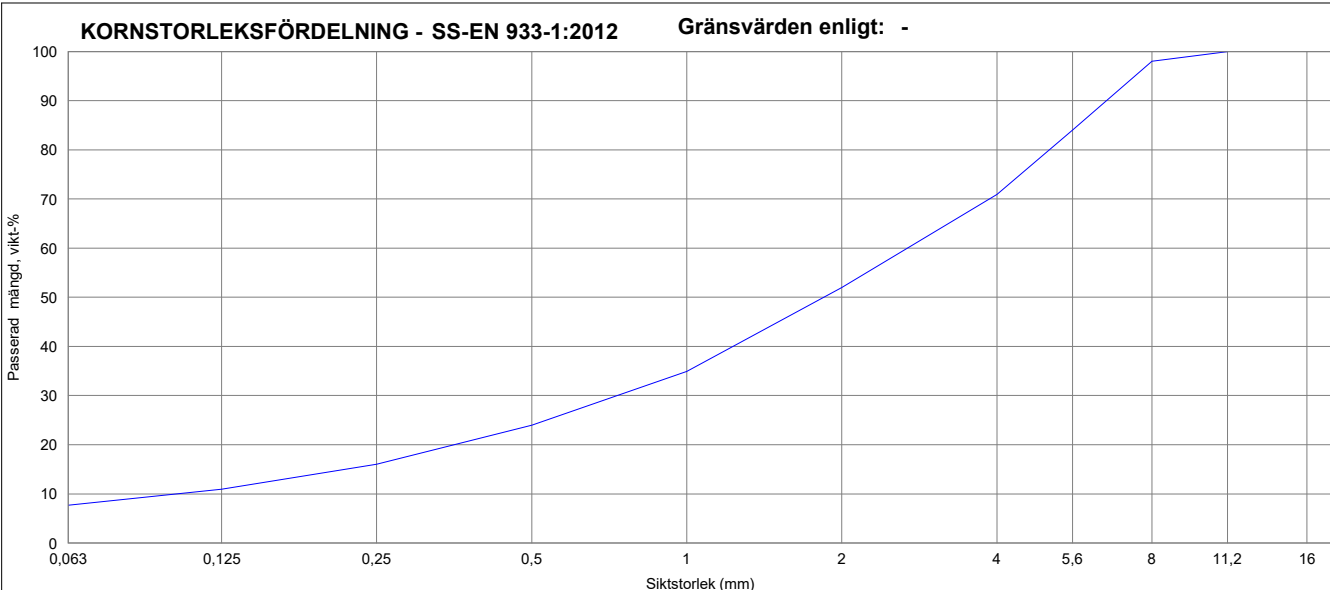


Jan Trägårdh, f.d. seniorforskare, RISE/CBI


Leveranskontroll Stenmaterial

Provnummer **33S210402** Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Industrial Solutions AB Bergtälten, Vedamon Box 838 851 23 Sundsvall Kontaktperson Viktor Peterson Produkt 0/8 Leverantör Vedamon	Provtagningsdatum 2021-08-24 Ankomstdatum 2021-08-24 Provtagare Oskar Objekt Tillverkningskontroll Vedamon Entreprenör Skanska Industrial Solutions AB Märkning Kubat	Analys datum 2021-10-28 ID-nummer Provtagningsplats
---	--	---



Sikt (mm)	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	45	63				
Analysvärde	7,6	11	16	24	35	52	71	84	98	100									
Deklarerad	6,5	9	14	21	32	49	75	92	99	100									
Min	0,0	0	0	0	0	0	0	0	85	98	100								
Max	11,0								99	100									

Provresultat	Värde	Fraktion	Notering
Siktningsmetod: Tvättning och siktning			Laboratoriet har ej deltagit vid provtagningen
SS-EN 1097-6:2013, Korndensitet och vattenabsorption			
Korndensitet - yttorr (Mg/m ³)	2,63		
Korndensitet - torr (Mg/m ³)	2,63		
Korndensitet - skenbar (Mg/m ³)	2,65		
Absorberat vatten (%)	0,3		
			Ort och datum Kramfors, 2021-10-29
			
			Robert Ruuska, Lab.Föreståndare
			Digitalt utfärdad signatur

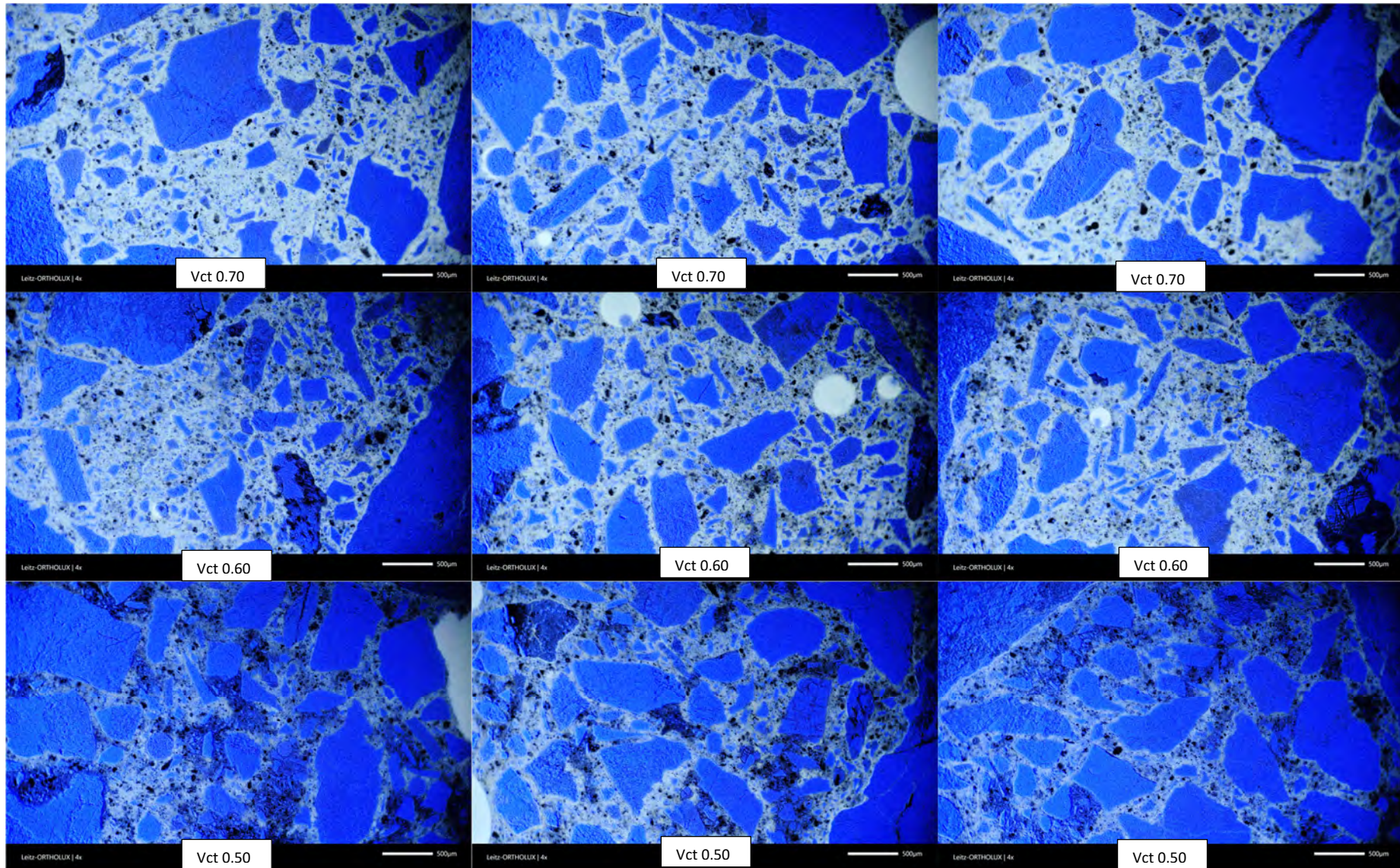
BILAGA 2. Resultat från tryckhållfasthetsprovingen.

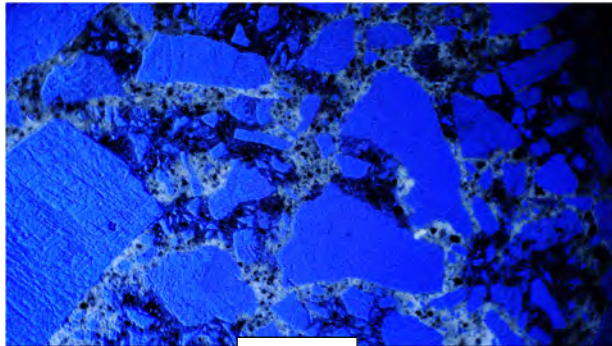
Bascement						
Kuber nr	vct	f _{c1}	f _{c2}	f _{c3}	f _{c,medel}	std.av
1,2,3	0,7	31,99	31,5	30,68	31,4	0,66
5,6,7	0,6	43,92	43,92	44,35	44,1	0,25
9,10,11	0,5	54,88	51,43	58,19	54,8	3,38
13,14,15	0,45	60,27	59,42	59,42	59,7	0,49
17,18,19	0,4	66,3	65,58	65,26	65,7	0,53
21,22,23	0,35	66,23	72,71	69,83	69,6	3,25

Byggcement						
Kuber nr	verkligt vct	f _{c1}	f _{c2}	f _{c3}	f _{c,medel}	std.av
25,26,27	0,7	30,94	30,38	31,54	31,0	0,58
29,30,31	0,6	38,65	40,82	40,42	40,0	1,15
33,34,35	0,5	54,03	55,56	54,97	54,9	0,77
37,38,39	0,45	54,77	56,93	58,74	56,8	1,99
41,42,43	0,4	66,67	66,66	63,77	65,7	1,67
45,46,47	0,35	74,43	73,71	69,68	72,6	2,56

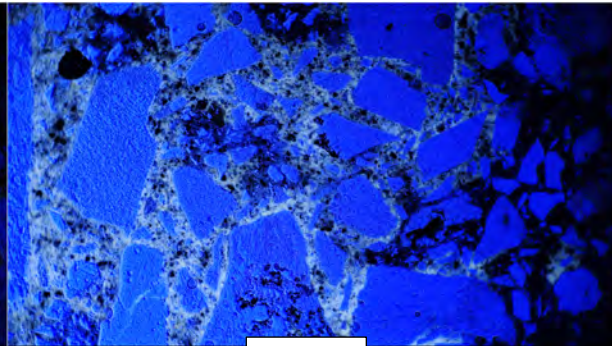
Anläggningscement						
Kuber nr	verkligt vct	f _{c1}	f _{c2}	f _{c3}	f _{c,medel}	std.av
49,50,51	0,7	29,37	32,82	31,49	31,2	1,74
53,54,55	0,6	38,77	36,64	39,96	38,5	1,68
57,58,59	0,5	52,94	57,11	59,4	56,5	3,28
61,62,63	0,45	64,47	53,5	58,64	58,9	5,49
65,66,67	0,4	68,95	69,47	64,74	67,7	2,59
69,70,71	0,35	68,94	68,83	68,04	68,6	0,49

Referenser med anläggningscement med tre bilder från vardera tunnslip 0,70 - 0,35. Bildernas kontrast och ljushet har justerats.

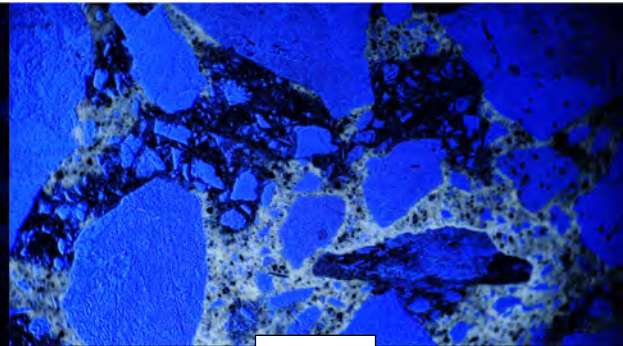




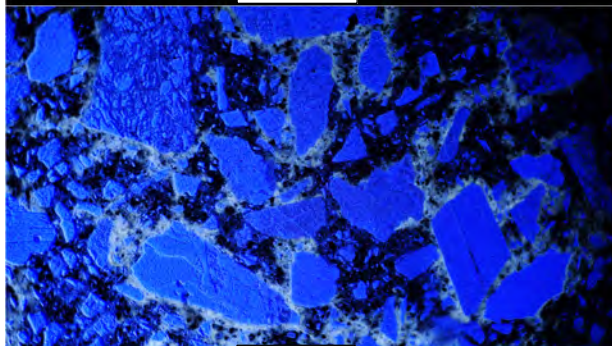
Vct 0.45



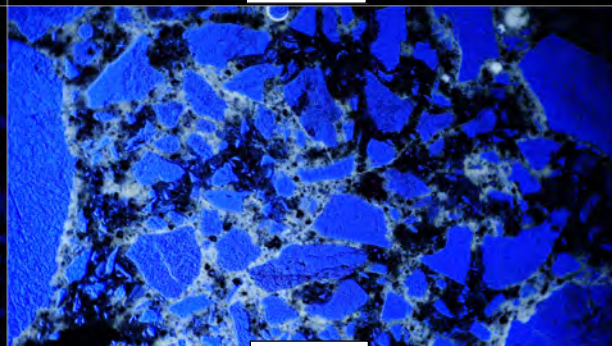
Vct 0.45



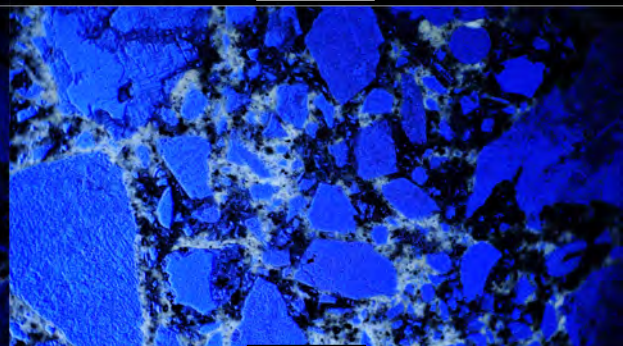
Vct 0.45



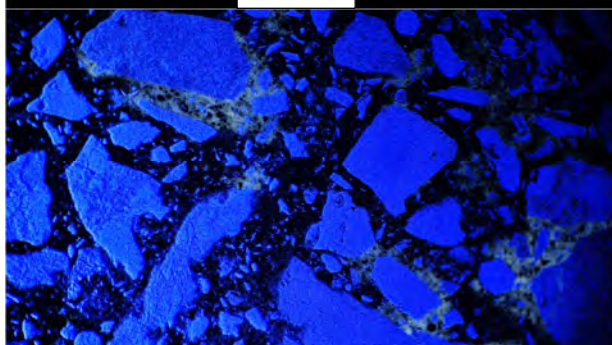
Vct 0.40



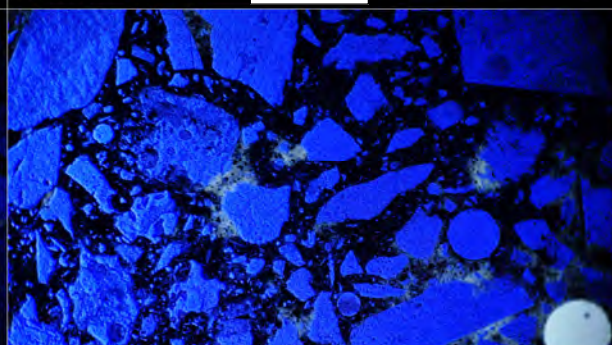
Vct 0.40



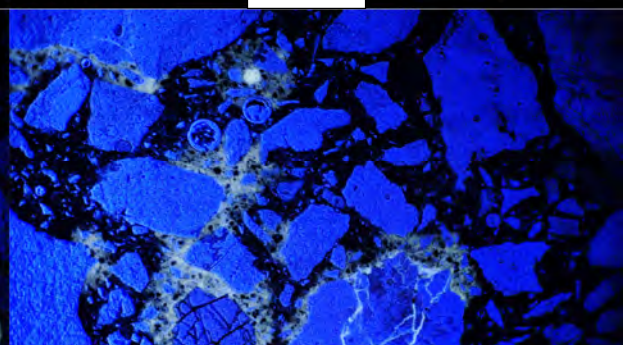
Vct 0.40



Vct 0.35

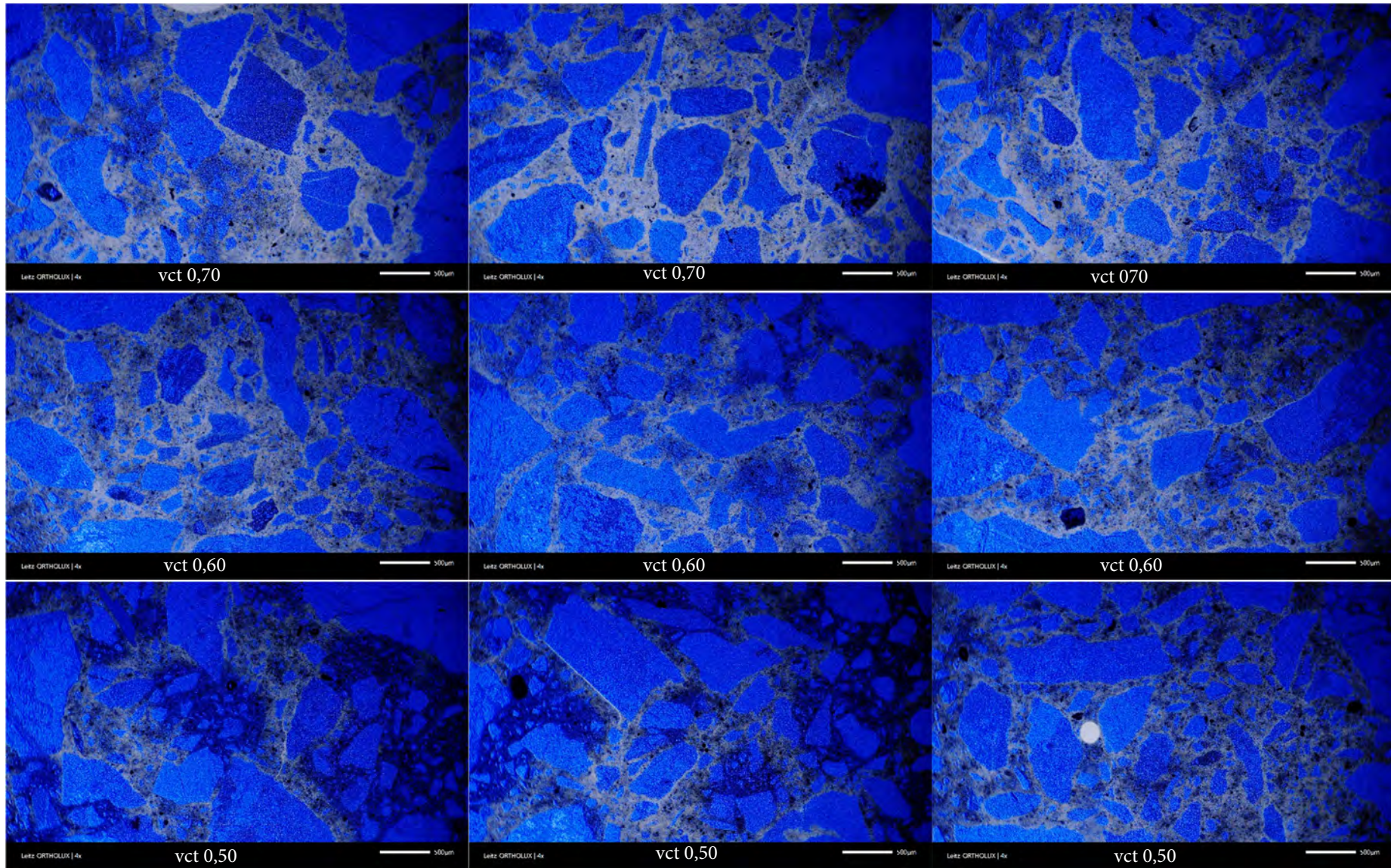


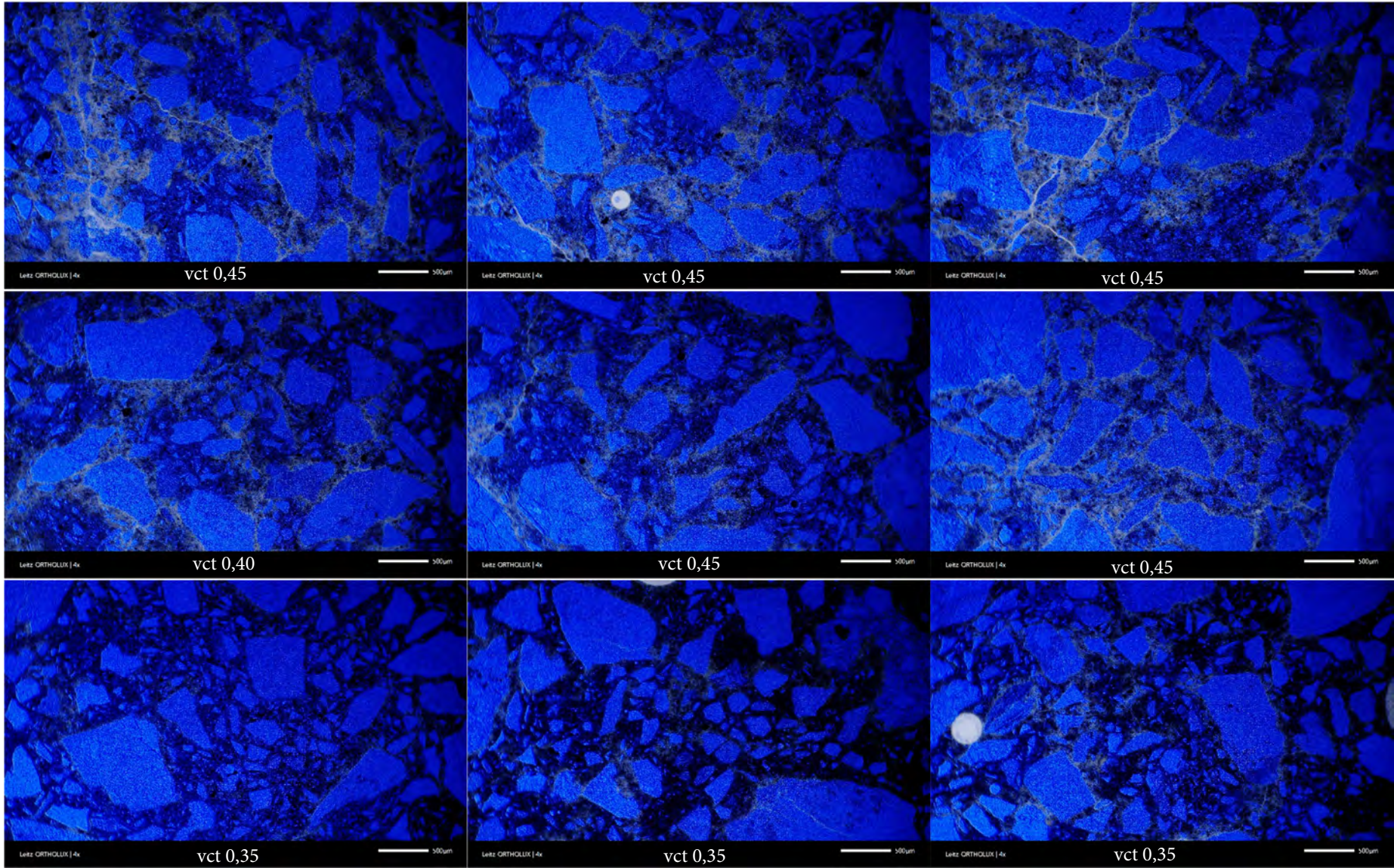
Vct 0.35



Vct 0.35

Referenser med Bascement med tre bilder från vardera tunnslip 0,70 - 0,35. Bildernas kontrast och ljushet har justerats.





Referenser med Byggcement med tre bilder från vardera tunnslip 0,70 - 0,35. Bildernas kontrast och ljushet är justerade.

