

Datums: 12.01.2023

Nosaukums: **SALIZTURĪBAS TESTĒŠANAS METOŽU SALĪDZINĀJUMS**

## Saturs

1. Izejas dati .....	2
2. Paraugu izgatavošana .....	2
3. Svaiga betona testēšanas rezultāti .....	2
3.1. Betona konsistences mērījumi .....	2
3.2. Svaiga betona gaisa satura mērījumi saskaņā ar LVS EN12350-7 .....	2
3.3. Gaisa poru analīze (AVA – <i>air void analysis</i> ) svaigā betonā izmantojot AVA testēšanas metodiku .....	3
4. Sacietējuša betona gaisa poru analīzes rezultāti .....	4
5. Masas zudumu tests saskaņā ar CEN/TS 12390-9 .....	8
6. Spiedes stiprības zudumu tests saskaņā ar LVS 156-1 A pielikums .....	10
7. Secinājumi .....	12
8. Atsauces .....	14



## 1. Izejas dati

Mērķis: novērtēt betona salizturību saskaņā ar testēšanas metodi CEN/TS 12390-9 un standarta LVS 156-1:2017 A pielikumā minēto metodi.

Uzdevums un pamatnostādnes:

1. Testēšanu pēc abām metodēm veic vismaz 2 akreditētas laboratorijas + ražošanas kontroles laboratorijas.
2. Tiek testēts viens betona sastāvs uz atbilstību XF2 salizturības klasei un F200, F300.
3. Paralēli tiek veikta testēšana arī pildvielu salizturībai.
4. Visu paraugu izgatavošanu veic viena persona, lai paraugi tiktu izgatavoti iespējami līdzīgi.
5. Tiek novērtēts gaisa poru izmēra sadalījums betonā, lai novērtētu betona salizturību no teorētiskā viedokļa.

Betona sastāva uzstādījumi:

- CEM II A-LL 42,5 N cements;
- Cementa saturs tuvu minimālajai pieļaujamai robežai 340-350kg/m<sup>3</sup>;
- Ūdens/cementa attiecība (ū/c) tuvu maksimālajai pieļaujamajai robežai 0,45-0,5;
- Rupjie minerālmateriāli – oļi ar iespējami zemu ūdens absorbciju un augstu salizturību (MS18 un F1);
- Gaisa saturs 4,5-6% ar iespējami labu gaisa poru izmēra sadalījumu.

## 2. Paraugu izgatavošana

Betona paraugi tika izgatavoti 2022. gada 13. jūlijā SIA Schwenk Latvija ražotnē "Lidosta". Paraugu izgatavošanā un svaiga betona testēšanā piedalījās: SIA Schwenk Latvija (ražošanas laboratorija), SIA Primekss (būvuzņēmējs), SIA Betona Pētījumu Centrs (BPC, laboratorija), SIA Velve MS tehnoloģijas (Mapei – piedevu ražotājs), SIA MPa Test (laboratorija), RTU Būvmateriālu testēšanas laboratorija. Kopā tika izgatavoti 77 betona paraugi.

## 3. Svaiga betona testēšanas rezultāti

### 3.1. Betona konsistences mērījumi

Svaiga betona konsistences mērījumus saskaņā ar LVS EN 12350-2 veica laboratorija SIA "MPa Test". Mērījumu rezultāti apkopoti tabulā Nr.1.

Tabula Nr.1. Svaiga betona konsistences mērījumi

	Konusa nosēdums, mm
1. Mērījums, mm	170
2. Mērījums, mm	150
3. Mērījums, mm	180
Vidējais rezultāts, mm	<b>167</b>
Standartnovirze $\sigma$ , mm	15

### 3.2. Svaiga betona gaisa satura mērījumi saskaņā ar LVS EN12350-7

Svaiga betona gaisa satura mērījumus saskaņā ar LVS EN 12350-7 veica laboratorija SIA "MPa Test" un SIA BPC. Mērījumu rezultāti apkopoti Tabulā Nr.2.

Tabula Nr.2. Svaiga betona gaisa satura mērījumi

Gaisa saturs, %	MPa Test	BPC
1. Mērījums	5,3	5,8
2. Mērījums	5,1	5,8



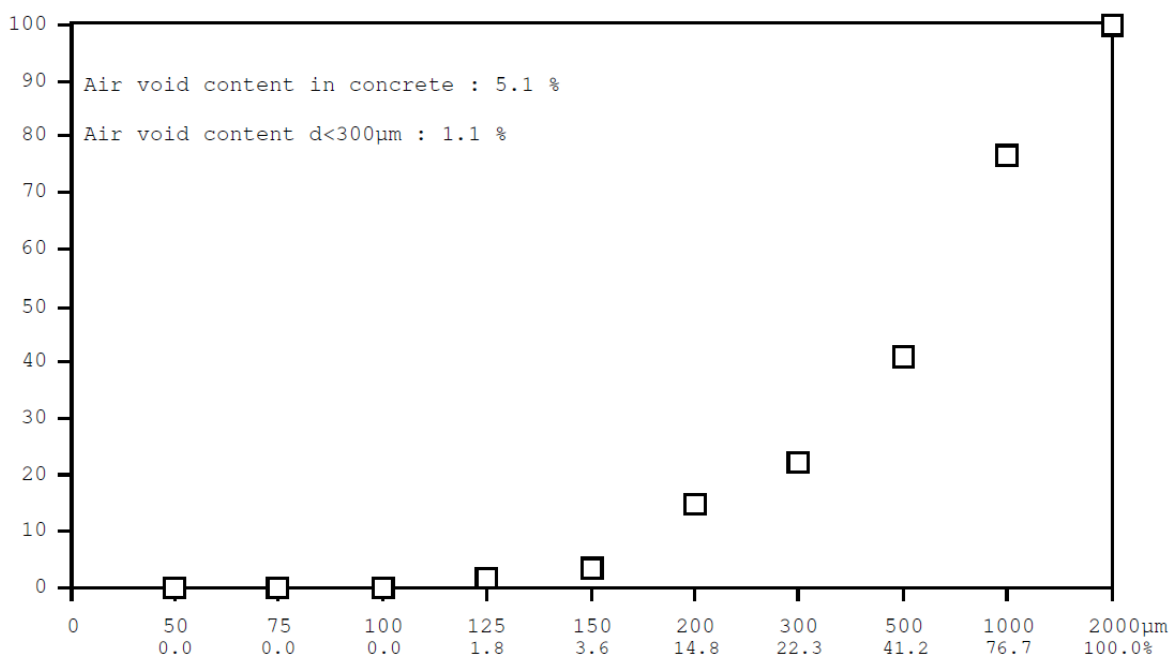
3. Mērījums	4,7	5,9
4. Mērījums	-	5,8
Vidējais rezultāts	<b>5,0</b>	<b>5,8</b>
Standartnovirze $\sigma$	0,31	0,05

3.3. Gaisa poru analīze (AVA – *air void analysis*) svaigā betonā izmantojot AVA testēšanas metodiku Gaisa poru analīzes tests tika nodrošināts no SIA Velve MS tehnoloģijas puses. Svaiga betona gaisa poru analīzei tika izmantota iekārta Air Void Analyzer AVA-3000. Iegūtie rezultāti atspoguļoti Tabulā Nr.3 un 1.att., 2.att.

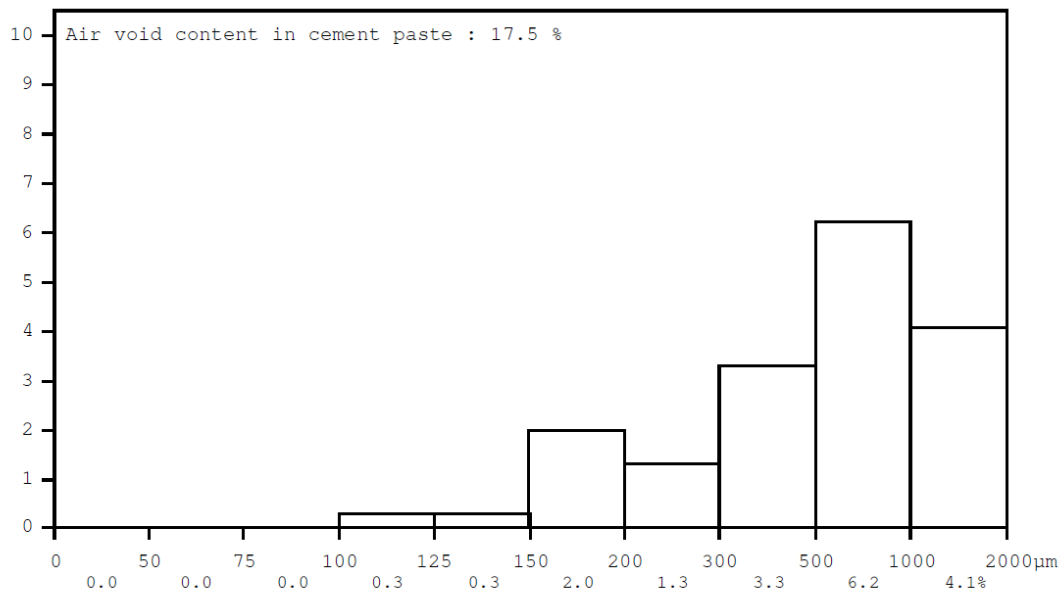
Tabula Nr.3. Svaiga betona gaisa poru analīzes rezultāti (pielāgots, lai atbilstu ASTM C457)

Raksturlielums	Poru diametrs, mm		
	< 2 mm	< 1 mm	< 0.35 mm
Gaisa saturs betonā, %	5.3	4.7	2.5
Gaisa saturs java, %	18.1	15.9	8.6
Īpatnējā virsma, mm <sup>-1</sup>	14.7	16.1	-
Attāluma koeficients, mm	0.330	0.318	-

PIEZĪMES  
Temperatūra 22.5°C.



1. att. Procentuālais gaisa poru sadalījums betonā ar izmēru < 2mm.



2. att. Procentuālais gaisa poru sadalījums cementa pastā ar izmēru < 2 mm.

#### 4. Sacietējuša betona gaisa poru analīzes rezultāti

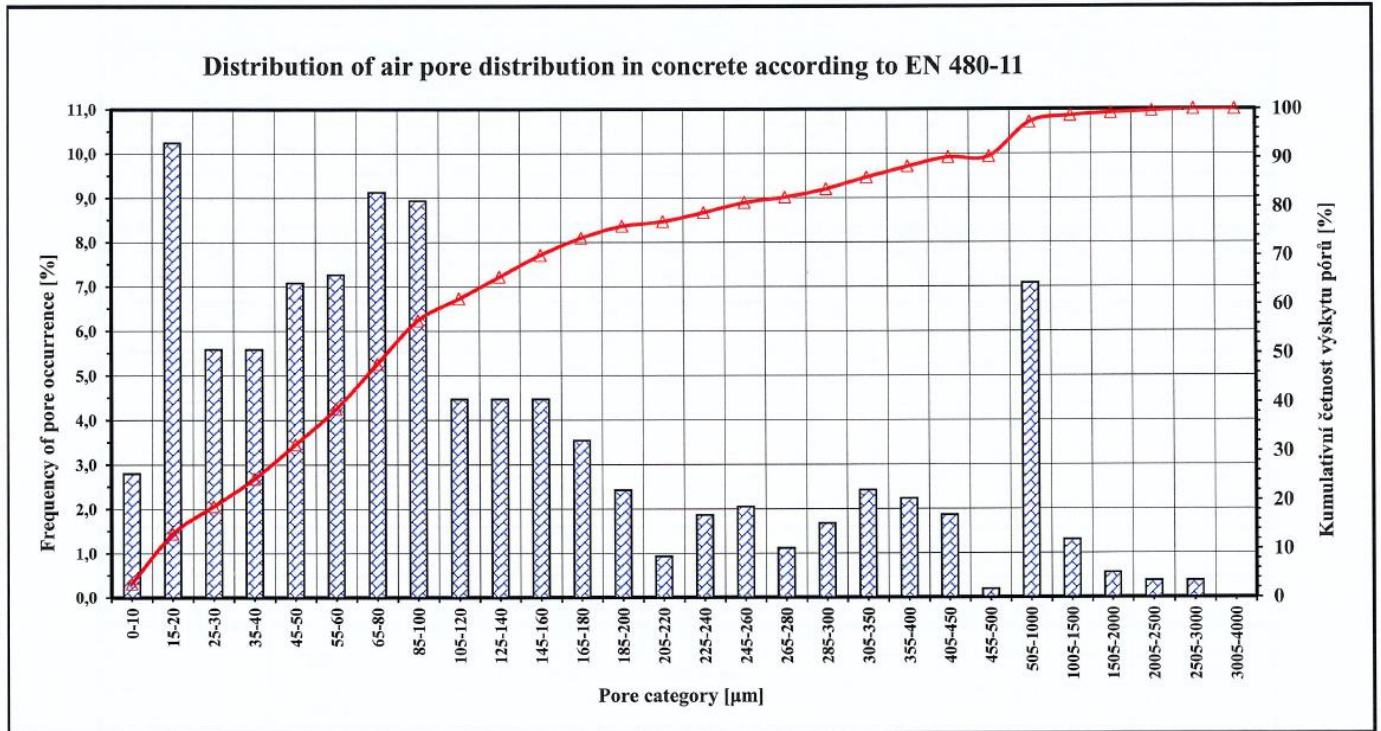
Sacietējuša betona gaisa poru analīzi veica STACHEMA POLSKA SP. Z O.O. un SIA BPC. STACHEMA POLSKA SP. Z O.O. testēšanu veica saskaņā ar EN 480-11. Iegūtie rezultāti apkopoti Tabulā Nr.4 un 3. att., 4. att.



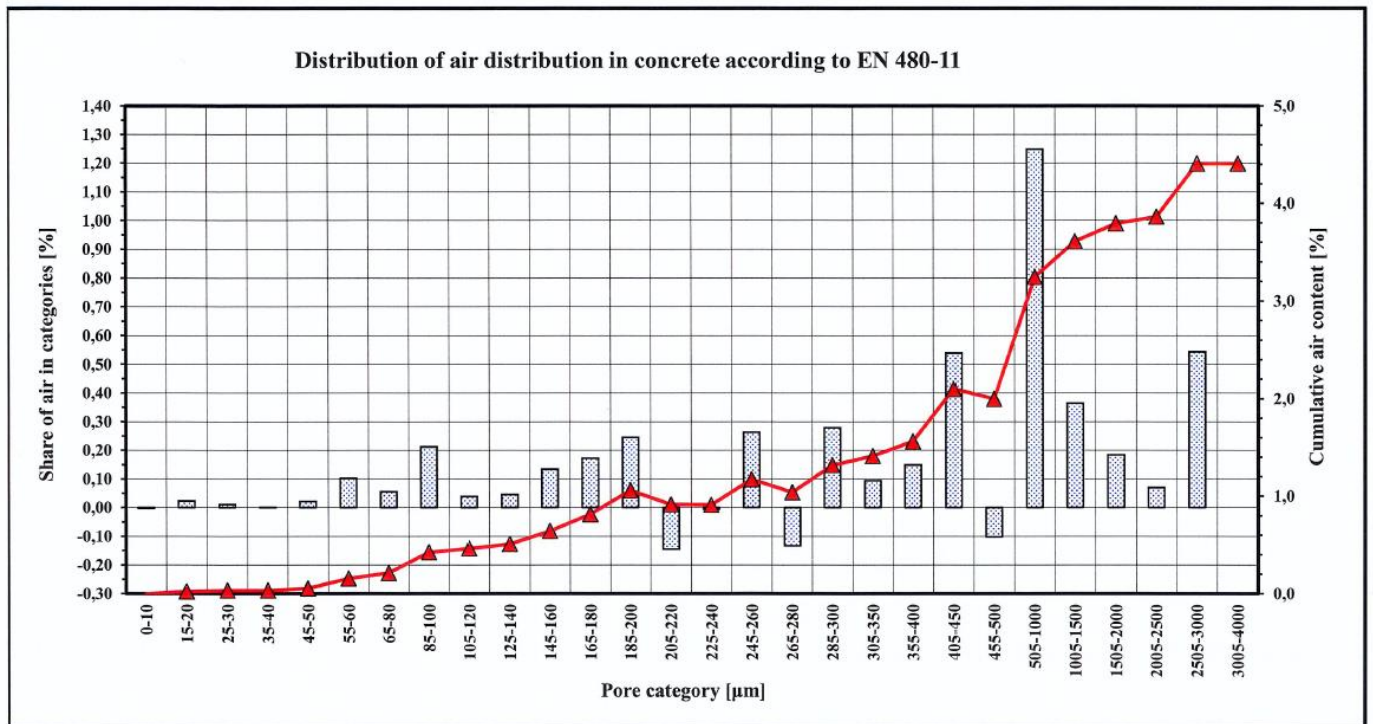
Tabula Nr.4. Gaisa poru sadalījums pa klasēm saskaņā ar EN 480-11[4]

Air pore distribution table

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Class	Class span	Number of strings in the class	Frequency	Part of possible pores	Possible maximum	Pores in class	Pore volume	Air content	Cumulated air content
	$\mu\text{m}$		$\text{mm}^{-1}$	$\text{mm}^2$	$\text{mm}^{-3}$	$\text{mm}^{-3}$	$\text{mm}^3$	%	%
1	0-10	15	0,006250	0,0001178	53,056027	-30,307620	0,000000524	-0,001588	0,00
2	15-20	55	0,022917	0,0002749	83,363647	54,428462	0,000004190	0,022806	0,02
3	25-30	30	0,012500	0,0004320	28,935185	7,712774	0,000014100	0,010875	0,03
4	35-40	30	0,012500	0,0005890	21,222411	0,000948	0,000033500	0,000003	0,03
5	45-50	38	0,015833	0,0007461	21,221463	3,229877	0,000065400	0,021123	0,05
6	55-60	39	0,016250	0,0009032	17,991585	9,029045	0,000113000	0,102028	0,16
7	65-80	49	0,020417	0,0022780	8,962540	2,080228	0,000268000	0,055750	0,21
8	85-100	48	0,020000	0,0029060	6,882312	4,052658	0,000524000	0,212359	0,42
9	105-120	24	0,010000	0,0035340	2,829655	0,427541	0,000905000	0,038692	0,46
10	125-140	24	0,010000	0,0041630	2,402114	0,314867	0,001440000	0,045341	0,51
11	145-160	24	0,010000	0,0047910	2,087247	0,626338	0,002140000	0,134036	0,64
12	165-180	19	0,007917	0,0054190	1,460909	0,565237	0,003050000	0,172397	0,81
13	185-200	13	0,005417	0,0060476	0,895672	0,583609	0,004190000	0,244532	1,06
14	205-220	5	0,002083	0,0066760	0,312063	-0,258401	0,005580000	-0,144188	0,91
15	225-240	10	0,004167	0,0073040	0,570464	-0,007292	0,007240000	-0,005279	0,91
16	245-260	11	0,004583	0,0079330	0,577755	0,285733	0,009200000	0,262875	1,17
17	265-280	6	0,002500	0,0085610	0,292022	-0,116075	0,011500000	-0,133486	1,04
18	285-300	9	0,003750	0,0091890	0,408097	0,197495	0,014100000	0,278468	<b>1,32</b>
19	305-350	13	0,005417	0,0257200	0,210601	0,041967	0,022400000	0,094007	1,41
20	355-400	12	0,005000	0,0296500	0,168634	0,044552	0,033500000	0,149250	1,56
21	405-450	10	0,004167	0,0335800	0,124082	0,112971	0,047700000	0,538870	2,10
22	455-500	1	0,000417	0,0375000	0,011111	-0,015680	0,065400000	-0,102545	2,00
23	505-1000	38	0,015833	0,5910000	0,026791	0,023826	0,524000000	1,248470	3,24
24	1005-1500	7	0,002917	0,9837000	0,002965	0,002057	1,770000000	0,364012	3,61
25	1505-2000	3	0,001250	1,3760000	0,000908	0,000437	4,190000000	0,183251	3,79
26	2005-2500	2	0,000833	1,7690000	0,000471	0,000086	8,180000000	0,070046	3,86
27	2505-3000	2	0,000833	2,1620000	0,000385	0,000385	14,100000000	0,543478	4,41
28	3005-4000	0	0,000000	5,5020000	0,000000	0,000000	33,500000000	0,000000	4,41



3. att. Gaisa poru skaita sadalījums pa poru klasēm [4].



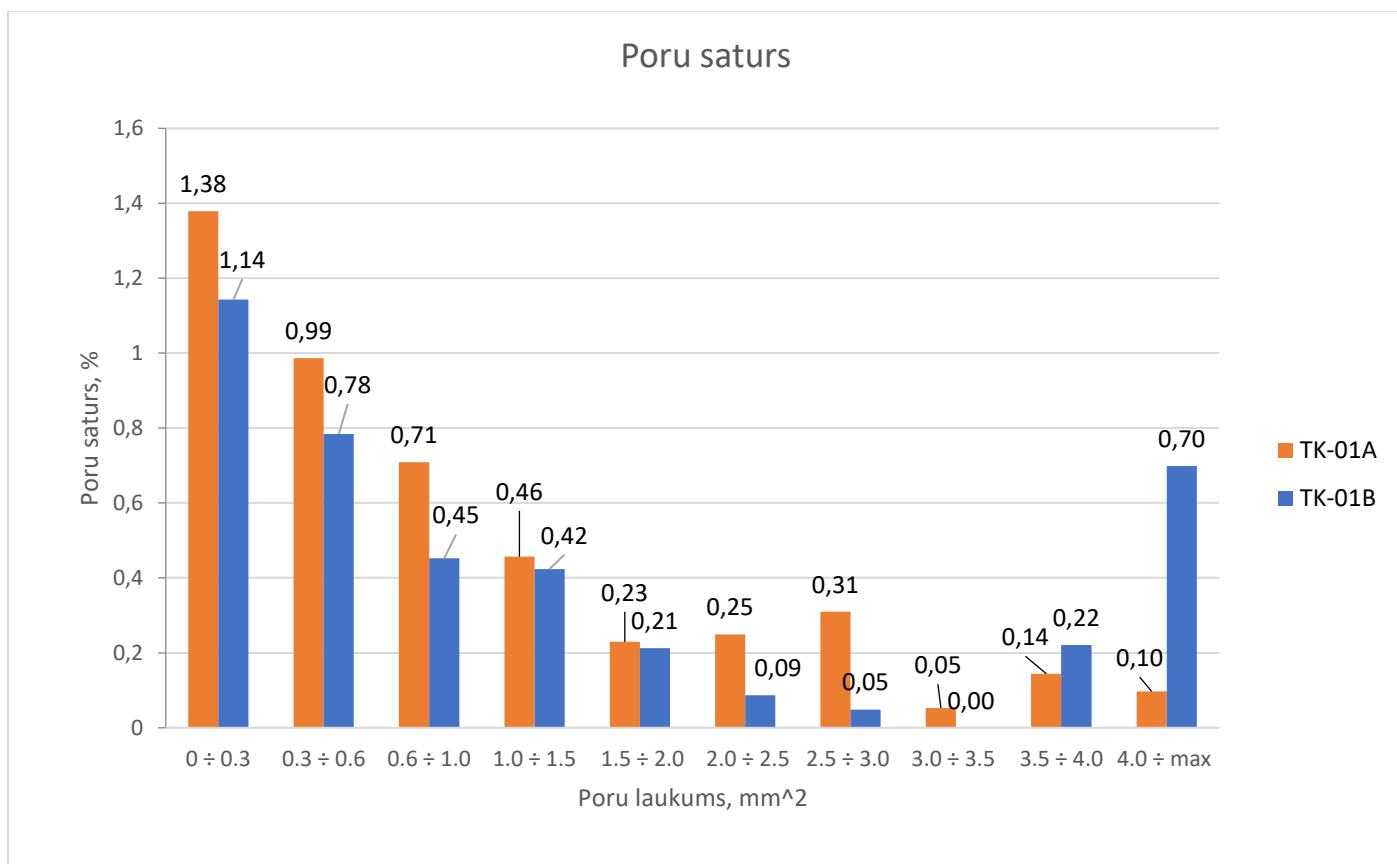
4. att. Attiecīgās poru klases procentuālā daļa no kopējā gaisa satura [4].



Gaisa poru analīze sacietējušā betonā SIA BPC veica saskaņā ar iekšējo metodiku betona gaisa poru analīzei. Testēšana tika veikta diviem paralēliem paraugiem TK-01A un TK-01B. Iegūtie rezultāti atspoguļoti Tabulā Nr.5 un 5.att.

Tabula Nr.5. Gaisa poru analīze sacietējušā betona paraugiem TK-01A un TK-01B [5]

Nr.	Pasūtītāja apzīmējums	Kopējais gaisa saturs A, %	A <sub>300</sub> - mikro gaisa saturs (līdz 0.3 mm poru), %	Īpatnējā virsma, mm <sup>1</sup>		Attāluma koeficients, mm	
				≤2 mm	≤1 mm	≤2 mm	≤1 mm
1	TK-01A	4,61	1,38	23,7	27,7	0,234	0,219
2	TK-01B	4,07	1,14	25,5	30,6	0,240	0,222
	TK-01A		0-max, mm	19,9		0,254	
	TK-01B		0-max, mm	19,5		0,275	



5.att. Poru saturs betonā atkarībā no poru laukuma izmēra [5].

Sacietējušā betona gaisa poru analīzes salīdzinošais apkopojums starp divām neatkarīgām laboratorijām dots Tabulā Nr.6.

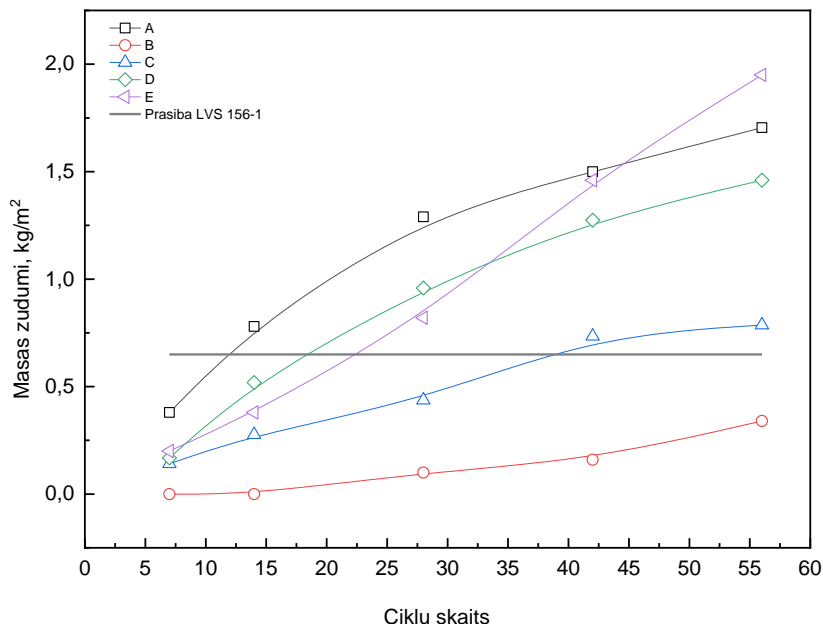
Tabula Nr.6. Sacietējuša betona gaisa poru analīzes apkopojums

	STACHEMA POLSKA SP. Z O.O.	SIA BPC
Javas daudzums, %	27,98	27,98
Kopējais gaisa saturs, %	4,31	4,34
Cementa pasta/gaiss attiecība	6,49	6,47
Īpatnējā virsma, mm <sup>-1</sup>	20,77	19,7
Poru attāluma koeficients, mm	0,25	0,27
Mikro-gaisa saturs, %	1,32	1,26

Literatūras dati liecina, ka par kvalitatīvu gaisu poru struktūru uzskata poras ar īpatnējo virsmu sākot no 16 līdz 45 mm<sup>-1</sup> un poru attāluma koeficientu  $\leq 0,24$  mm [1-5]. Par svarīgu gaisa poru struktūras kvalitātes rādītāju uzskata arī mikro-gaisa procentuālo saturu  $A_{300}$ , tas ir poras, kas mazākas vai vienādas ar 0.3mm [4]. Literatūras dati liecina, ka salizturīga betona gadījumā  $A_{300}$  jābūt  $\geq 1.5\%$  [3,4]. Salīdzinot iegūtos rezultātus var secināt, ka paraugu gaisa poru struktūras rādītāji atpauk no ieteicamajiem, tas ir, īpatnējā virsma ir  $\sim 20\text{mm}^{-1}$ , poru attāluma koeficients 0.25-0.27mm un mikro-gaisa saturs ir zem 1.5%. Tika novērotas rādītāju atšķirības no parauga uz paraugu, kas liecina par nehomogēnu gaisa poru struktūras sadalījumu.

#### 5. Masas zudumu tests saskaņā ar CEN/TS 12390-9

Betona paraugu salizturība kā masas zuduma tests tika veikts saskaņā ar CEN/TS 12390-9 piecās neatkarīgās laboratorijās [9-16]. Testēšanas vide 3% NaCl šķīdums. Testēšanas rezultāti apkopoti 6., 7.att. un 8.att.



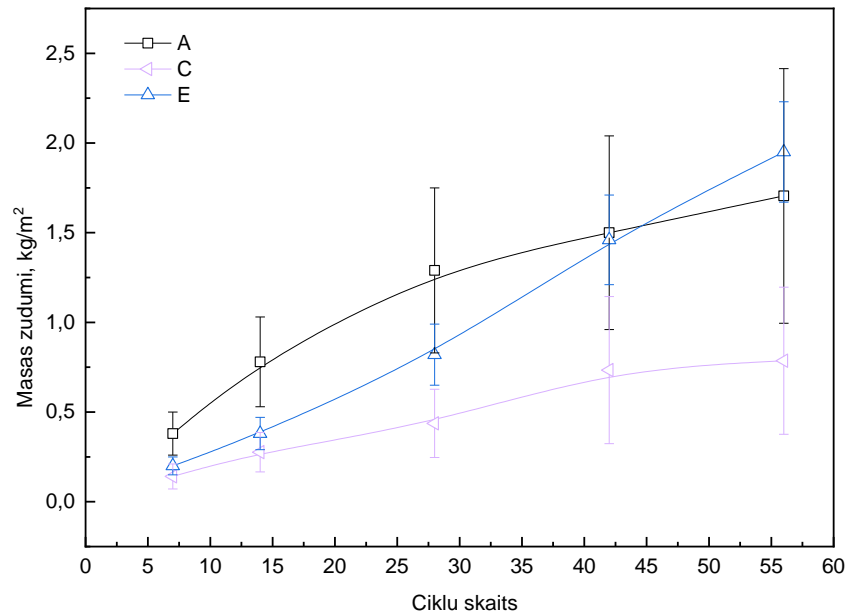
6.att. Betona paraugu masas zudumi atkarībā no sasaldšanas-atkuššanas ciklu skaita.

4 laboratorijas iegūst rezultātu, kur betona paraugi (C30/37; XF2;  $\bar{u}/c = 0,46$ ; cem 350kg/m<sup>3</sup>) neiztur LVS 156-1 XF2 prasību. Masas zudumi ir lielāki par 0,65 kg/m<sup>2</sup>.



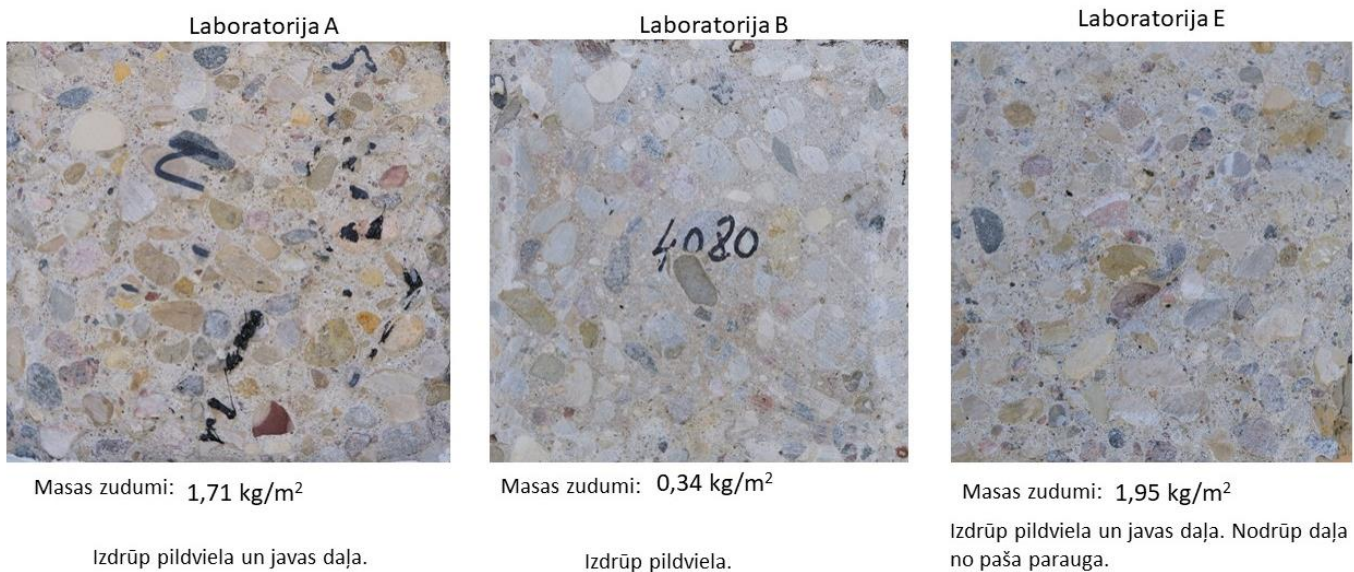


3 laboratoriju gadījumā masas zudumi no betona virsmas notiek ļoti strauji, jau pēc 28 cikla betona paraugiem masas zudums virs  $0,65 \text{ kg/m}^2$ .



7.att. Betona paraugu masas zudumi (ar norādītu rezultātu izkliedi paralēlajiem paraugiem) atkarībā no sasalšanas-atkuššanas ciklu skaita.

Vairākām laboratorijām novērojama ļoti liela testēšanas rezultātu izkliede. Vienam vai vairākiem paraugiem no testēšanas sērijas novēro, ievērojami lielāku masas zudumu nekā pārējiem.

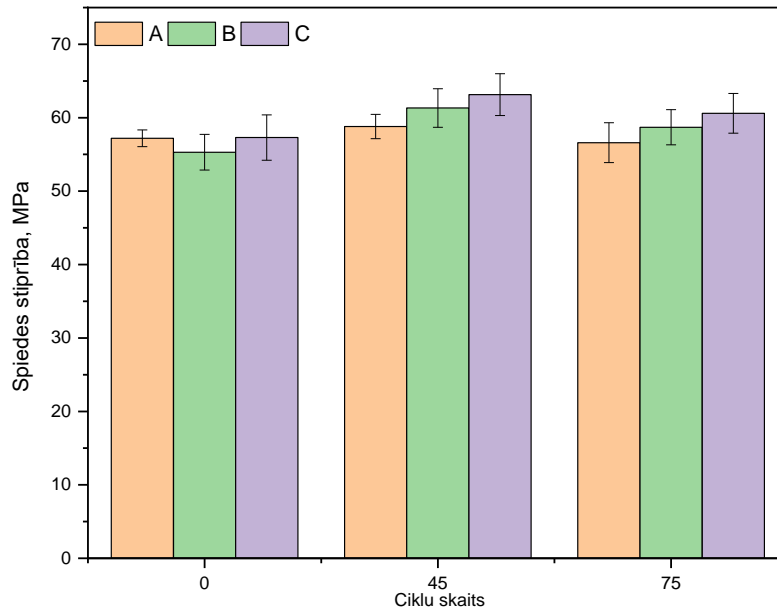


8.att. Paraugu virsmu fotoattēli pēc 56 sasalšanas-atkuššanas cikliem.

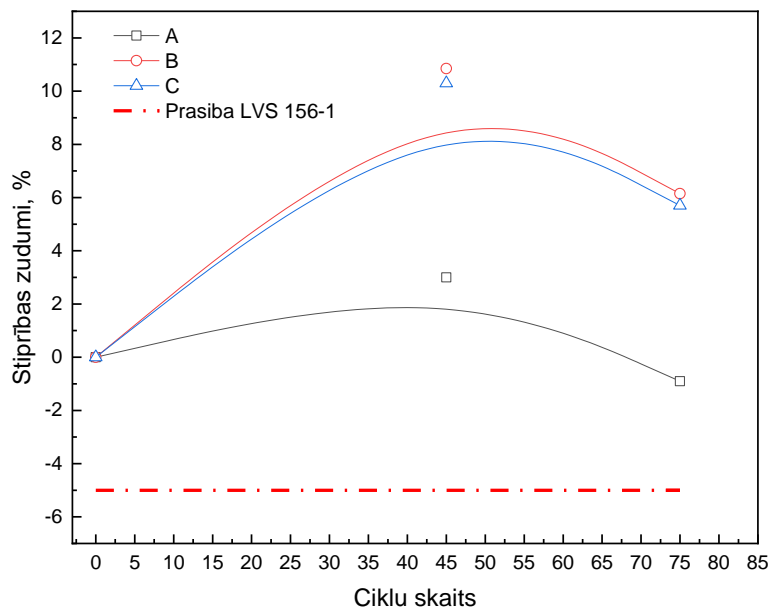


### 6. Spiedes stiprības zudumu tests saskaņā ar LVS 156-1 A pielikums

Betona paraugu salizturība kā spiedes stiprības zuduma tests tika veikts saskaņā ar LVS 156-1 A pielikums trīs neatkarīgās laboratorijās [14-16]. Testēšanas vide 5% NaCl šķīdums. Iegūtie testēšanas rezultāti apkopoti 9.att. un 10.att.



9.att. Betona paraugu spiedes stiprība kontrolparaugiem un testa paraugiem pēc 45 un 75 sasaldēšanas-atkausēšanas cikliem.



10.att. Betona paraugu spiedes stiprības zudumi atkarībā no sasaldēšanas-atkuššanas ciklu skaita.



Pēc 9.att. dotajiem datiem redzams, ka visu laboratoriju testēšanā vērojama līdzīga tendence – stiprības pieaugums līdz 45 cikliem (F200), un stiprības samazinājums pēc 75 cikliem (F300). Spiedes stiprības pieaugums betonam var notikt arī pēc 28 dienām, un ir novērota iepriekš testēšanas laboratoriju praksē. Pakļaujot paraugus cikliskai sasalšanas-atkušanas iedarbībai, spiedes stiprība var pieaugt līdz brīdim, kamēr nerodas iekšējie strukturālie bojājumi - mikroplaisas. Betona esošajās mikroplaisās ar katru nākamo ciklu iesūcas lielāks sāls šķīduma daudzums un plaisas palielinās, kā rezultātā stiprība samazinās. Sasniedzot kritisko robežu, stiprība ļoti strauji samazinās dažu ciklu robežās.

10. att. ir apkopoti betona paraugu spiedes stiprības zudumi atkarībā no sasalšanas-atkušanas ciklu skaita. Pēc iegūtajiem rezultātiem redzams, ka visu laboratoriju testēšanas rezultāti atbilst standartā LVS 156-1 noteiktajām prasībām, tas ir, spiedes stiprības zudumi ir mazāki par 5% (10.att.).



## 7. Secinājumi

1. Veicot sacietējuša betona paraugu gaisu poru struktūras analīzi 2 neatkarīgās laboratorijās, tika iegūti gaisa poru struktūras kvalitātes rādītāji: īpatnējā virsma ir  $\sim 20\text{mm}^{-1}$ , poru attāluma koeficients 0.25-0.27mm un mikrogaisa saturs zem 1.5%. Iegūto paraugu gaisa poru struktūras rādītāji ir atpaliēk no literatūrā rekomendētajām vērtībām. Iegūtie rezultāti gan poru analīzē, gan salizturības testā nosakot masas zudumus, liecina par to, ka gaisa poru struktūra betona paraugos ir nevienmērīga un tā atšķiras no parauga uz paraugu.
2. Testētais betons nav izturējis pārbaudi pēc LVS CEN TS 12390-9 testēšanas metodes. Par iemeslu, galvenokārt, bijusi pildvielu izdrupšana, bet paraugiem ar lielākajiem masas zudumiem novērota arī javas daļas nodrupšana, kas visticamāk saistīta ar nepietiekamo gaisa mikroporu struktūru betonā.
3. Lielā rezultātu izkliede virsmas masas zudumu testā individuālai laboratorijai saistāma ar diviem galvenajiem faktoriem:
  - Rupjo pildvielu nevienādība (atsevišķu «mīksto» akmeņu daudzums katrā paraugā);
  - Sālsūdens šķīduma zudumi no atsevišķu paraugu virsmas testēšanas laikā.
3. Minerālo pildvielu testēšanas metodes EN 1367-1 (masas zudumi % pēc 10 cikliem H<sub>2</sub>O) un EN 1367-2 (masas zudumi pēc 5 cikliem magnija sulfāta šķīdumā) nav piemērotākās metodes pildvielu salizturības novērtēšanai, ja tās tiek izmantotas betonam ar XF2 prasībām.
4. Lielā rezultātu izkliede starp dažādām laboratorijām visticamāk saistīta ar temperatūras režīma neievērošanu [6].
5. Betons ir izturējis pārbaudi atbilstoši LVS 156-1 A pielikuma testēšanas metodei un tam pat ir vērojams stiprības pieaugums ciklošanas laikā līdz 45 cikliem. Spiedes stiprības pieaugums betonam var notikt arī pēc 28 dienām, un ir novērots iepriekš testēšanas laboratoriju praksē. Pakļaujot paraugus cikliskai sasaldēšanas-atkušanas iedarbībai, spiedes stiprība var pieaugt līdz brīdim, kamēr nerodas iekšējie strukturālie bojājumi - mikroplaisas. Betona esošajās mikroplaisās ar katru nākamo ciklu iesūcas lielāks sāls šķīduma daudzums un plaisas palielinās, kā rezultātā stiprība samazinās. Sasniedzot kritisko robežu, stiprība ļoti strauji samazinās dažu ciklu robežās.

## 8. Rekomendācijas

1. Veikt minerālo pildvielu testēšanu saskaņā ar EN 1367-6 (masas zudumi % pēc 10 cikliem 1% NaCl šķīdumā).
2. Iekļaut sacietējuša betona gaisa poru struktūras analīzes metodi kā testēšanas metodi standartā LVS 156-1.
3. Standartā LVS 156-1 iekļaut gaisa poru raksturojošos parametrus:  $A_{300} > 1.5\%$ , poru attāluma koeficients 0.2 betonam ārējās vides iedarbības klasē XF4.
4. Iekšējos strukturālos bojājumus betona paraugiem vērtēt saskaņā ar CEN/TR 15177 "Testing the freeze-thaw resistance of concrete - Internal structural damage".
5. Izstrādāt Latvijas Betona Savienības nolikumu starplaboratoriju salīdzinošai testēšanai. Nolikumā paredzēt, ka paraugus sazāģē, vienu parauga pusi iedot testēt vienā laboratorijā un otru parauga pusi citā laboratorijā. Testēšanas laboratorijām palūgt iesniegt kopā ar rezultātiem arī temperatūras kontroles līkni sasaldēšanas-atkausēšanas kamerai uz parauga virsmas (vismaz piemēram 4 cikliem, tādā veidā pārliecināties, ka temperatūras režīms tika ievērots).
6. Ierosināt koriģēt LVS 156-1 standartu, lai būtu iespējams testēt spiedes stiprības zudumus betona paraugiem izņemtiem no konstrukcijas (ekspluatējamās betona konstrukcijas) cilindru un kubu formā. Pamatojums: Latvijā ir ļoti daudzi objekti, kuri ir pakļauti ūdens un negatīvu temperatūru iedarbībai. Piemēri - hidroelektrostacijas, tiltu un viaduktu balsti un plātnes, ūdens rezervuāri, notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, dažādu torņu balsti, upju krastmalas. Pirms rekonstrukcijas ir nepieciešams noteikt esošo konstrukciju tehnisko stāvokli, lai pieņemtu



lēmumu par tālāko rīcību - iespējama ekspluatācija, atjaunojot bojāto betonu, vai pilnībā demontēt veco konstrukciju un izbūvēt no jauna. Galvenie objekti - hidroelektrostacijas, tilti un viadukti, ūdens attīrīšanas rezervuāri, torņa balsti un citi. Betona spiedes stiprības prognozēšanai dabā sala un mitruma ietekmes rezultātā ekspluatējošos objektos pēc LVS 156-1 standarta veic sekojoši: no betona konstrukcijas izurbj cilindrus ar diametru 100 mm, to garums ne mazāks kā 130 mm. No izurbtiem cilindriem sagatavo ne mazāk kā 12 paraugus (vēlams). 3 paraugi kontrolparaugi, kurus sagatavo saskaņā ar standartu LVS EN 12504-1+AC:2021 spiedes pārbaudei un nosaka spiedes stiprību. Pārējos paraugus pakļauj ciklošanai saskaņā ar LVS 156-1, pielietojot 5% NaCl šķīdumu. Pārbaudes laikā veic paraugu apsekošanu (plaisas, nodrupumi) un pēc 20 cikliem (F100) 3 paraugiem veic kontrolpārbaudi. Ja vidējais spiedes stiprības kritums pēc 20 cikliem nav lielāks par 5%, pārējiem paraugiem turpina ciklošanu. Pēc 45 cikliem (F200) nākamajiem 3 paraugiem veic kontrolpārbaudi. Ja vidējais spiedes stiprības kritums pēc 45 cikliem nav lielāks par 5%, atlikušajiem 3 paraugiem turpina ciklošanu līdz tiek sasniegti 75 cikli (F300) un pārbauda uz spiedes stiprību.



## 9. Atsauces

- [1] A.M. Neville Properties of concrete, Wiley; 4th edition, 1996, 537-561.lpp.
- [2] Peng D., Yan Y., et al., Using strain to evaluate influence of air content on frost resistance of Concrete, Cold Regions Science and Technology 157 (2019) 21–29, <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2018.09.012>
- [3] Road and Transportation Research Association, Working Group Concrete Pavements “Additional technical conditions of contract and directives for the construction of base courses with hydraulic binders and concrete pavements ZTV Beton-StB 07” 2007
- [4] Micha A. Glinicki, Roman Jaskulski, Mariusz Dbrowski, Design principles and testing of international frost resistance of concrete for road structures – critical review, Roads and Bridges - Drogi i Mosty 15 (2016) 21 – 43, DOI: 10.7409/rabdim.016.002
- [5] DS/EN 206 DK NA Concrete – Specification, performance, production and conformity – Rules for application of EN 206 in Denmark
- [6] J. J. Valenza II un G. W. Scherer, «A review of salt scaling: I. Phenomenology,» sēj. 37, pp. 1022-1034, 2007.
- [7] Stachema CZ s.r.o. Report no.C592/22-15, 07.09.2022.
- [8] SIA Betona Pētījumu Centrs, testēšanas pārskats Nr.K-15:2022/ RI-LBS-1, 11.11.2022.
- [9] SIA Betona Pētījumu Centrs, testēšanas pārskats Nr.K-9:2022/ S-TK-1LV, 19.10.2022.
- [10] RTU Būvmateriālu laboratorija, testēšanas pārskats Nr.718-2022, 11.10.2022.
- [11] Tursons Būvmateriālu testēšanas laboratorija, testēšanas pārskats Nr.22/SST, 17.10.2022.
- [12] SIA MPa Test, Betona testēšanas rezultātu pārskats Nr.22/0281, 19.10.2022.
- [13] SIA Schwenk Latvija, testēšanas pārskats Nr.15-2022.
- [14] SIA Betona Pētījumu Centrs, testēšanas pārskats Nr.K-9:2022/ F-TK-1, 19.10.2022.
- [15] RTU Būvmateriālu laboratorija, testēšanas pārskats Nr.690-2022, 03.10.2022.
- [16] Tursons Būvmateriālu testēšanas laboratorija, testēšanas pārskats Nr.22/1597-SST, 29.11.2022.