



Izglītības un zinātnes ministrija



Studiju un zinātnes
administrācija

Valsts pētījumu programma :

**Inovatīvi materiāli un viedās tehnoloģijas vides drošumam
(IMATEH)**

Projekts:

**Inovatīvi un daudzfunkcionāli kompozītmateriāli ilgtspējīgām būvēm no
vietējām izejvielām**

**Rekomendācija betona korozijas un salturības
paaugstināšanai**

Sagatavoja: Dr.sc.ing. Diāna Bajāre

Dr.sc.ing. Aleksandrs Korjamins

Dr.sc.ing. Ģirts Būmanis

Projekta vadītāja: Prof. Diāna Bajāre

Rīga, 2016

Latvijā valdošie klimatiskie apstākļi veicina pastiprinātu betona konstrukciju koroziju. Lielais relatīvā mitruma daudzums gadā (vidējais gaisa relatīvais mitrums gadā Latvijā ir 81%), kā arī temperatūras svārstības 0°C diapazonā būtiski paaugstina visu veidu betona korozijas procesu intensitāti. Ja līdz šim būvniecībā plaši lietotajam betonam, kas atbilst C50/60 klasei, ir aprobētas un standartos aprakstītas metodes to ilgmūžības noteikšanai (salturības, hlorīdu iesūkšanās dziļums, sulfātu korozija, sārmu silīcija korozija), tad to nevar apgalvot par augstas veiktspējas cementa kompozītiem AVCK (betoni ar stiprību virs 80 MPa).

Augstas veiktspējas cementa kompozīti, atbilstoši pēdējos gados veiktajiem pētījumiem, tiek uzskatīti par atsevišķu betona grupu, kurai nepieciešams pielietot atšķirīgas testēšanas un datu interpretācijas metodes. Par minētās problēmas aktualitāti liecina RILEM (International union of laboratories and experts in construction materials, systems and structures) aktivitātes, kas saistītas ar pētījumiem un centieniem izveidot jaunus standartus un metodes materiālu ilgmūžības noteikšanai, piem., Technical Committee 246-TDC “Test methods to determine durability of concrete under combined environmental actions and mechanical load”, Technical Committee 251-SRT “Sulfate resistance testing” u.c.

Tradicionāla betona (C50/60) ilgmūžība lielā mērā ir atkarīga no apkārtējās vides agresivitātes un betona strukturālām īpašībām, kuras lielā mērā nosaka ūdens /cementa attiecība (\bar{U}/C 0.4-0.5), pildvielu pakojums, betona iestrāde un apkope sākotnējā cietēšanas periodā. Augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) \bar{U}/C attiecība parasti ir zemāka - starp 0.3 un 0.4, un tas parasti ir par iemeslu augstākai korozijas noturībai salīdzinot ar tradicionāla sastāva betonu. Tas tāpēc, ka AVCK porainība ir zemāka un poru struktūrā dominē poras ar salīdzinoši mazākiem izmēriem, to kapilārās poras nav savstarpēji savienotas, bet struktūra kopumā ir daudz blīvāka. Šīs struktūras īpatnības ir saistītas ar lielo cementa daudzumu (parasti līdz par $500\text{kg}/\text{m}^3$) AVCK kompozīcijā, ar pucolāna tipa vai inertu mikropildvielu izmantošanu, kā arī ar zemo \bar{U}/C attiecību un efektīvu plastifikātoru pielietošanu. Līdz ar to betona struktūra ir kompaktāka, ūdens un tvaiku caurlaidība ievērojami zemāka, bet agresīvo vielu iekļūšana tajā ir būtiski apgrūtināta. Sastāva īpatnību dēļ, AVCK apkope sākotnējā cietēšanas periodā ir īpaši svarīga, jo tā nodrošina maksimāli pilnvērtīgu cementa hidratāciju.

Kā jau minēts, augstas veiktspējas betonu var izgatavot, izmantojot paaugstinātu cementa daudzumu kompozīcijā vai/ un arī daļēji to aizstājot ar pucolāna tipa mikropildvielām (piem., mikrosilīciju, elektrofiltru pelniem, metakaolīnu, granulētiem domnu sārņiem u.t.t.). Šādām binārām (divkomponenšu) sistēmām ir vairākas priekšrocības, kas veidojas sinerģijas procesā starp cementa minerāliem un pucolāna tipa mikropildvielām. Tas uzlabo gan svaiga betona, gan sacietējuša betona īpašības, t.sk. ilgmūžību, kā arī izveidotā kompozīcija kļūst ilgtspējīgāka gan no ekonomiskā, gan ekoloģiskā viedokļa.

Reālo AVCK ilgmūžību ir iespējams noteikt tikai laika gaitā (piem., 25 gados), eksponējot to dabiskos agresīvos apstākļos. Diemžēl šādi dati līdz šim nav pieejami un AVCK ilgmūžība ir grūti prognozējama, jo nav iespējams izmantot pieredzi, kas uzkrājusies veicot pētījumus par tradicionālā betona ilgmūžību. Tas tādēļ, ka šie cementa kompozīti pēc būtības, īpašībām un pielietojuma ir atšķirīgi.

Būtiska ir ieinteresētās sabiedrības daļas (ražotāju, lietotāju, likumdevēju) izpratne par AVCK īpašībām, t.sk., ilgmūžību. Piemēram, daudzu valstu standartos tiek noteikts, ka betona salturību nodrošina noteikts iesaistītā gaisa daudzums un faktiski pēc tā arī tiek prognozēta betona salturība. Faktiski var uzskatīt, ka iesaistītā gaisa noteikšana svaigā betona masā ir netiešā salturības prognozēšanas metode. Savukārt pēdējo gadu pētījumi ir pierādījuši, ka augstas veiktspējas cementa kompozīti, ja to sastāvs ir izveidots pareizi un ir veikti nepieciešamie pasākumi, lai nodrošinātu optimālus apstākļus sākotnējās cietēšanas laikā, var sasniegt F500 klasi bez gaisa iesaistošo piedevu izmantošanas. Šāda betona salturības klase būtiski pārspēj spēkā esošajos standartos noteikto. Tas viennozīmīgi parāda, ka ir nepieciešams pārrakstīt nacionālos standartus un no tiem svītrot prasību par obligātu gaisa iesaistošo piedevu izmantošanu, lai nodrošinātu noteiktu salturības klasi, kā arī izņemt pieņēmumu, ka iesaistītā gaisa daudzums materiāla struktūrā var kalpot par netiešu salturības prognozēšanas metodi. Otrs būtiskākais aspekts ir izvēlēties piemērotāko metodi ar kuru noteikt augstas stiprības cementa kompozīta salturību; tai jābūt ātrai un viennozīmīgi interpretējamai. Spēkā esošie standarti šīs prasības nespēj izpildīt. Tas nozīmē, ka ir nepieciešamība pēc standartu koriģēšanas un maiņas. Tas pats attiecas uz citām ilgmūžības pārbaudēm: hlorīdu destruktīvās iedarbības noteikšanu, sārma silīcija reakcijas identificēšanu, karbonizāciju, sulfātnoturību utt.

Rekomendācijas

Spiedes pretestība dažādos cietēšanas periodos

Mikrosilīcija mikropildvielas izmantošana AVCK sastāvā (no 5 līdz 15%) paaugstina spiedes pretestību gan sākotnējā (7 d.), gan vēlīnā (180 d.) cietēšanas stadijā (spiedes stiprības indekss no 106 līdz 121% no atsauces sastāva). Turklāt, palielinot cementa aizstāšanai izmantoto procentuālo mikrosilīcija daudzumu (līdz 15%), AVCK spiedes pretestība būtiski palielinās pirmajās 28 d. cietēšanas dienās (spiedes stiprības indekss 121%). Tā kā iegūto rezultātu vidējā kvadrātiskā kļūda, šiem paraugiem ir salīdzinoši neliela, **tiek rekomendēts** palielināt mikrosilīcija daudzumu AVCK sastāvā līdz 15% no cementa daudzuma. Šī rekomendācija tiek pamatota ar to, ka vēlīnā (pēc 180 d.) spiedes stiprība (spiedes stiprības indekss 111-113%) neatkarīgi no izmantotā mikrosilīcija daudzuma, ir līdzvērtīga neskatoties uz to, ka izmantotā cementa daudzums būtiski tiek samazināts.

Metakaolīna mikropildvielas izmantošana AVCK sastāvā (no 5 līdz 15%) būtiski nemaina spiedes pretestību pēc sākotnējā (7 d.) cietēšanas perioda, bet samazina vēlīnā (180 d.) cietēšanas stadijā (spiedes stiprības indekss no 89 līdz 93%). Turklāt, palielinot cementa aizstāšanai izmantoto procentuālo metakaolīna daudzumu (no 5% līdz 15%), AVCK spiedes pretestība vēlīnā cietēšanas stadijā būtiski nemainās, kaut gan cementa samazinājums kompozīcijā sasniedz 15%. **Tiek rekomendēts** metakaolīna daudzumu AVCK sastāvā palielināt līdz 15% no cementa daudzuma, tādā veidā veicot būtisku cementa ekonomiju. Šī rekomendācija tiek pamatota ar to, ka vēlīnā (pēc 180 d.) stiprība neatkarīgi no izmantotā metakaolīna daudzuma (5-15%) ir līdzvērtīga, bet būtiski tiek samazinātas AVCK ražošanas izmaksas.

Cietēšanas apstākļi

Pazemināta temperatūra (+2°C) būtiski ietekmē augstas veiktspējas cementa kompozītu cietēšanas dinamiku laikā (līdz 180 dienu vecumam). **Tiek rekomendēts** izmantot mikrosilīcijas mikropildvielu 15 % apjomā, lai būtiski paaugstinātu spiedes pretestību AVCK.

Tiek rekomendēts izmantot mikrosilīcija mikropildvielu AVCK sastāvā (15% cementa aizstāšanai), lai izvairītos no spiedes stiprības zudumiem nepiemērotas AVCK apkopes tā cietēšanas procesā, jo mikrosilīcijas ne tikai paaugstina mehāniskās īpašības, salīdzinot ar references sastāvu, visos tā cietēšanas posmos, bet nodrošina būtisku stiprības pieaugumu neatkarīgi no sākotnējās cietēšanas apstākļiem (vides temperatūras un mitruma).

Ilgmūžība

Paragi ar mikrosilīciju sastāvā (5-15% no cementa daudzuma), uzrāda augstāko spiedes stiprības palielinājumu (94MPa pēc 180 dienu cietēšanas, salīdzinot ar references sastāvu), tomēr tiem ir ievērojami spiedes stiprības zudumi pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem sālsūdens vidē (16-33%) (LVS 156 pielikums C). **Tiek rekomendēts**, neizmantojot

mikrosilīcija mikropildvielu AVCK sastāva izgatavošanai, ja nepieciešama materiāla salturība, kas pārsniedz 110 sasalšanas-atkušanas ciklus sālsūdenī.

Tiek rekomendēts, izmantot metakaolīna mikropildvielu 10-15% apjomā no cementa daudzuma, lai iegūtu AVCK sastāvu F 500, kas iztur 150 sasalšanas-atkušanas ciklus sālsūdenī saskaņā ar LVS 156 pielikumu C bez būtiskiem stiprības zudumiem. To apstiprina rezultāti, kas iegūti atbilstoši CDF testam - RILEM TC 117-FDC: virsmas pretestība sala izraisītai destrukcijai pēc 52 sasalšanas-atkušanas cikliem 3% NaCl. Turklāt metakaolīna mikropildviela, kas 10-15% apjomā kompozīcijā aizvieto cementu, tiek rekomendēta, lai izvairītos no kļūdām, kas var rasties AVCK sākotnējās apkopes laikā, un tam sekojošam salturības samazinājumam.

Tiek rekomendēts, izmantot metakaolīna mikropildvielu 10-15% apjomā no cementa daudzuma, lai iegūtu AVCK sastāvu, kas ir hlorīdu destrukīvās iedarbības noturīgs. Hlorīda iesūkšanās dziļums ir 4 reizes mazāks, salīdzinot ar references sastāvu (NT Build 492).

Tiek rekomendēts, izmantot metakaolīna mikropildvielu 10-15% apjomā no cementa daudzuma, lai iegūtu AVCK sastāvu, kas ir noturīgs pret sārnu - silīcija reakciju destruktvu iedarbību. Sārnu silīcija destruktvā darbība ir samazināta par 2.5 reizēm, salīdzinot ar references sastāvu (RILEM AAR-2).

Rekomendāciju zinātniskais pamatojums

Rekomendācijas izstrādei veikti pētījumi par augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ar spiedes pretestību >70 MPa. AVCK izgatavošanai izmantotas dažādas mikropildvielas (mikrosilīcijs (SF), metakaolīns (WMK), cenosfēras (CS), dezintegrētas kaļķakmens-kvarca smiltis (QD), dezintegrētām kvarca smiltīm (Q)), kas 5, 10 un 15% apjomā aizstāj betona kompozīcijās izmantotā cementa daudzumu (tabula 1).

Tabula 1. AVCK sastāvi ar dažādām mikropieievām

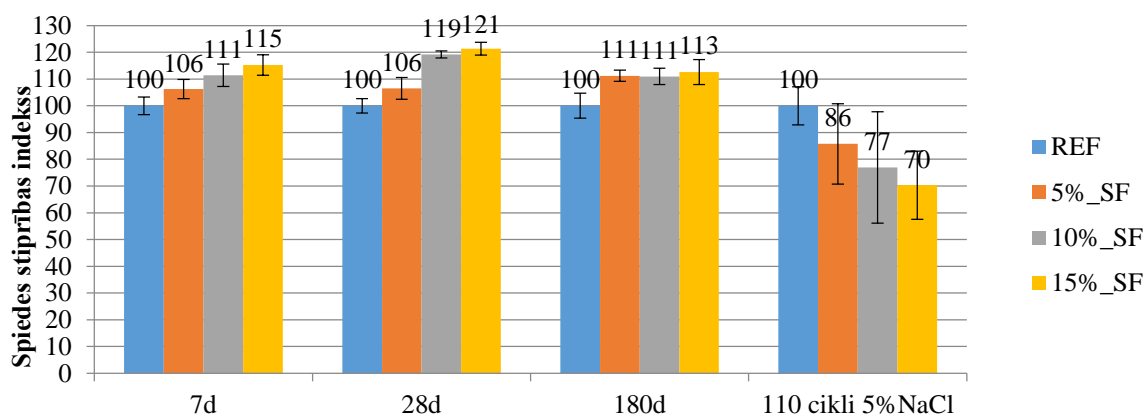
Sastāvdaļa	Apjoms (kg/m ³)			
	REF	5%	10%	15%
Cements CEM I 42.5 N (Cemex)	500	475	450	425
Smilts 0/4 mm	700	700	700	700
Kvarca smilts 0/0.3 mm	118	118	118	118
Oļi 4/12 mm	908	908	908	908
Ūdens	190	190	190	190
Superplastifikators	4	4	4.6	4.8
Mikropieieva	0	25	50	75
Ū/C	0.38	0.4	0.42	0.45
Ū/(C+MKW)	0.38	0.38	0.38	0.38

Paraugiem, pēc to sacietēšanas (pēc 28 dienām) pārbaudīta to pretestība pret hlorīdu un sulfātu destruktīvo iedarbību, kā arī veiktas salturības pārbaudes, izmantojot dažādas standartizētas metodes, ar mērķi izvēlēties piemērotāko. Pētījumu gaitā novērtēta dažādu mikropildvielu ietekme uz AVCK salturības rādītājiem. AVCK izgatavošanai izmantots SIA “Cemex” (Latvija), lai realizētu projekta mērķi – radīt kompozītmateriālus ilgtspējīgām būvēm no vietējām izejvielām.

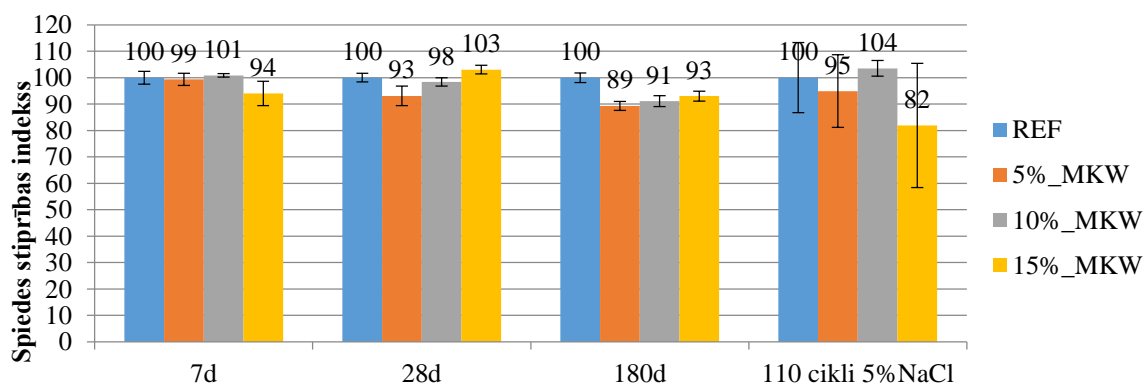
Rezultāti

Pārbaužu rezultāti liecina, ka augstas veiktspējas cementa kompozītiem (AVCK) ar spiedes stiprību virs 70MPa (pēc 28 dienu cietēšanas) salturības rādītāji būtiski atšķiras atkarībā no tā, kādas mikropildvielas ir izmantotas cementa daļējai aizstāšanai. Paraugi ar mikrosilīciju sastāvā (5-15% no cementa daudzuma), uzrāda augstāko spiedes stiprība (94MPa pēc 180 dienu cietēšanas), tomēr tiem ir ievērojami spiedes stiprības zudumi pēc 110

sasalšanas-atkušanas cikliem sālsūdens vidē (16-33%) (LVS 156 pielikums C) (attēls 1). References sastāvam (bez mikropildvielām) stiprība pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem sālsūdens vidē paliek nemainīga vai pat nedaudz pieaug, kas liecina par cietēšanas turpināšanos sālsūdens vidē. Savukārt, izmantojot metakaolīnu mikropildvielu 10% no cementa daudzuma, tika iegūts betona sastāvs, kurš iztur 150 sasalšanas-atkušanas ciklus saskaņā ar LVS 156 pielikumu C bez būtiskiem stiprības zudumiem, kas atbilst 500 sasalšanas-atkušanas cikliem ūdenī (attēls 2). Salīdzinoši zemā salturība augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar mikrosilīcija mikropildvielu izskaidrojama ar to, ka minerāliem, kas rodas mikrosilīcija un cementa minerālu reakcijas rezultātā, rodas izmaiņas straujās temperatūras svārstībās (-20°C līdz +20°C). Šīs izmaiņas, iespējams, izraisa iekšējas deformācijas un mikroplaisu veidošanos, ko vēl straujāk paātrina ūdens sasalšanas rezultātā radītie iekšējie spriegumi. Tā rezultātā šiem sastāviem ir zemāka salturība, salīdzinot ar references sastāvu. Salturības rezultātu interpretācijai un aprēķina metodikai var būt būtiska ietekme uz salturības rezultātu novērtējumu.



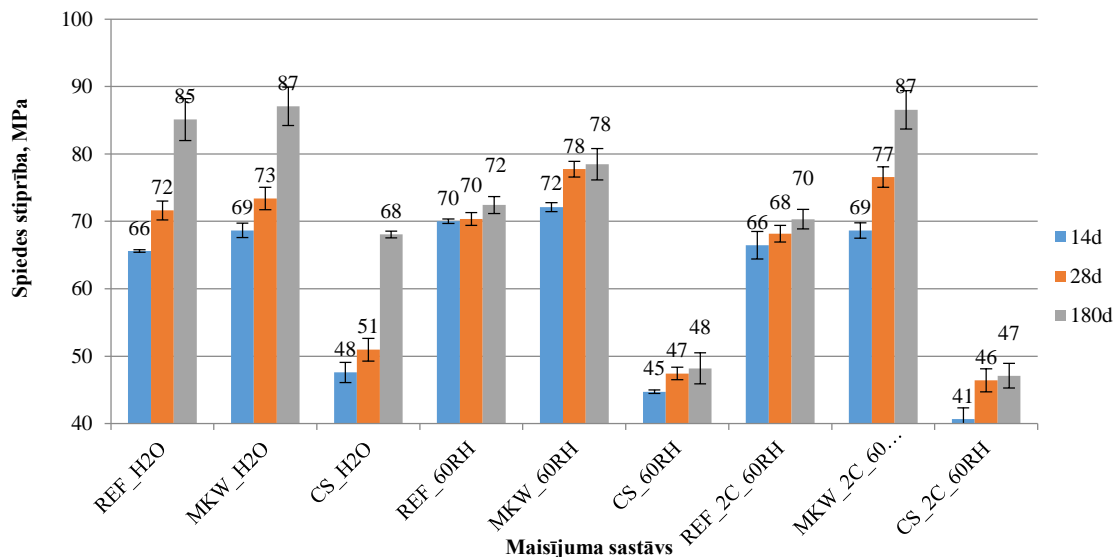
Attēls 1. Stiprības indekss augstas veiktspējas betonam ar mikrosilīciju (SF) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem.



Attēls 2. Stiprības indekss veiktspējas betonam ar metakaolīnu (MKW) 7, 28 un 180d vecumā un pēc 110 sasalšanas-atkušanas cikliem.

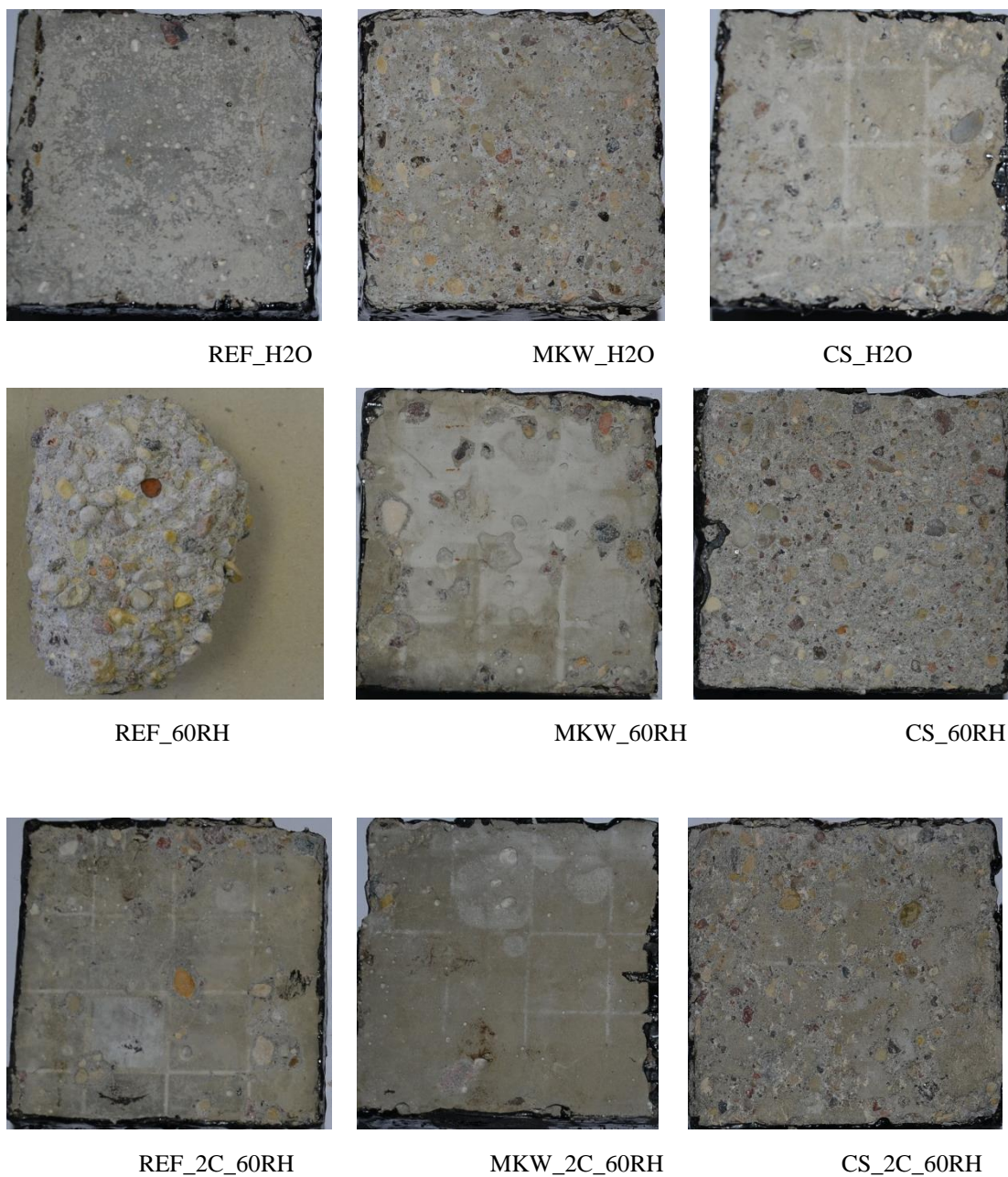
Tā kā šobrīd būvniecībā plaši lietotā betona (C50/60) īpašības lielā mērā ir atkarīgas no sākotnējiem cietēšanas apstākļiem, tika veikts pētījums, kurā 24 stundas pēc augstas veiktspējas cementa kompozīta iestrādes, paraugi tika pakļauti 28 dienas dažādiem cietēšanas apstākļiem (paraugi izturēti ūdens vidē, istabas temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas, 2°C temperatūrā (60% RH) bez papildus mitrināšanas). Pēc tam paraugi tika uzglabāti istabas temperatūrā līdz tie sasniedza 180 dienu vecumu. Pētījumā pārbaudīta metakaolīna, cenosfēru (10% no cementa masas) un references sastāva (100% cements) cietēšanas apstākļu ietekme uz betona īpašībām, t.sk. salturību.

Betona spiedes stiprības izmaiņas atkarībā no vecuma, sastāva un cietēšanas apstākļiem dotas 3. attēlā. Pazemināta temperatūra (2°C) vai cietēšanas vides relatīvais mitrums būtiski neietekmē augstas veiktspējas cementa kompozītu sākotnējās cietēšanas dinamiku (līdz 28 dienu vecumam). Tomēr ūdens vidē cietinātiem paraugiem spiedes stiprība laikā pieaug straujāk. Daudz lielāka nozīmē no mehānisko īpašību un ilgmūžības viedokļa ir betona kompozīcijai, šajā gadījumā – izmantoto mikropildvielu veidam un daudzumam. Lai gan cenosfēru (CS) izmantošanas mērķis bija uzkrāt to porainajā struktūrā papildus mitrumu (līdzīgi kā tas notiek pievienojot superabsorbentus), kas, iespējams, varētu nodrošināt optimālu cietēšanas mitrumu kompozīta struktūrā, to funkcionalitāte izpaužas tikai tajā gadījumā, kad paraugi sākotnēji tika cietināti ūdens vidē. Turklāt, būtisks stiprības pieaugums, salīdzinot ar stiprību pēc 28 dienām, tika konstatēts tikai vēlīnā paraugu vecumā (pēc 180 dienām). Savukārt metakaolīna (MK) mikropildvielas izmantošana daļējai cementa aizstāšanai AVCK sastāvā, ne tikai paaugstina mehāniskās īpašības, salīdzinot ar references sastāvu, visos tā cietēšanas posmos, bet nodrošina būtisku stiprības pieaugumu neatkarīgi no sākotnējās cietēšanas apstākļiem (vides temperatūras un mitruma).



Attēls 3. Betona spiedes stiprība atkarībā no mikropildvielu veida un cietēšanas apstākļiem: REF_H2O, MKW_H2O un CS_H2O – atsaucis sastāvs ar 100% cementu (REF), metakaolīnu (MKW) un cenofērām (CS) 15% aizstāj cementu kompozīcijā, kas cietējuši normālos cietēšanas apstākļos (ūdens vidē, 20°C); REF_60RH, MKW_60RH, CS_60RH – atsaucis sastāvs, sastāvs ar metakaolīnu un cenofērām, kuru paraugi cietējuši gaisā (20°C, 60% RH); REF_2C_60RH, MKW_2C_60RH un CS_2C_60RH – paraugi, kas cietējuši gaisā, pazeminātā temperatūrā (2°C, 60%RH).

Iepriekš minētajiem AVCK noteikta virsmas pretestība sala izraisītai destrukcijai pēc 52 sasalšanas-atkuššanas cikliem 3% NaCl (CDF tests - RILEM TC 117-FDC) dots attēlā 4. Virsmas zudumi pēc 52 sasalšanas-atkuššanas cikliem doti tabulā 2. Ūdens vidē cietējušiem AVCK paraugiem pretestība virsmas izdrupumiem sasalšanas-atkuššanas rezultātā ir 1.5-3.3 kg/m². Virsmas nodrupumi galvenokārt veidojas kontaktzonā starp cementa akmeni un pildvielām. AVCK paraugiem, kas sākotnēji cietējuši istabas temperatūrā (REF_60RH) pretestība sasalšanas-atkuššanas cikliem ir zemāka, salīdzinot ar paraugiem, kas cietējuši pazeminātā temperatūrā vai ūdens vidē. Tomēr vislielāko lomu spēlē mikropildvielu ietekme uz salturības parametriem. Līdzīgi kā iepriekšējā pētījumā augstākus salturības rādītājus uzrāda AVCK ar metakaolīna mikropildvielu. Tātad, cietēšana zemā temperatūrā būtiski neietekmē pretestību sasalšanas-atkuššanas ciklu graužošajai iedarbībai un virsmas zudumi ir salīdzinoši nelieli (tabula 1).



Attēls 4. Paraugu virsmas pretestība sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībai un tās izraisītajai destrukcijai.

Tabula 2. Virsmas zudumi sasalšanas-atkuššanas ciklu iedarbībā

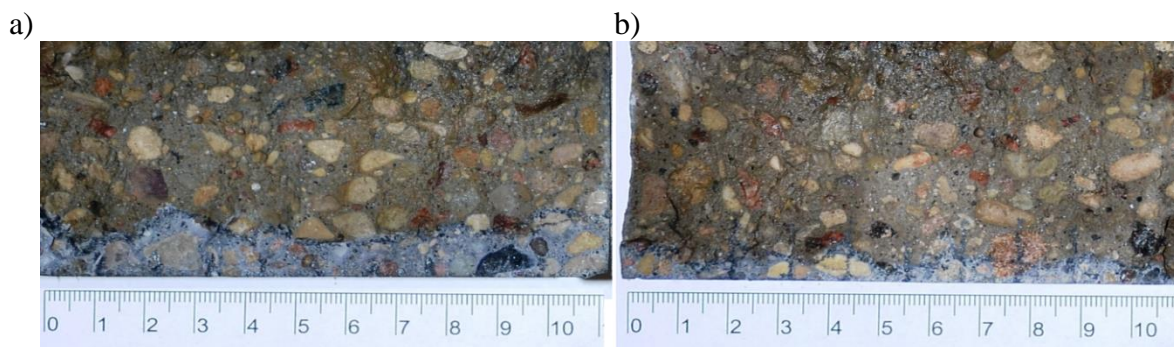
Sastāvs	Virsmas zudumi, kg/m ³	
	44 cikli	52 cikli
REF_H2O	3.1	3.3
MKW_H2O	1.2	1.9
CS_H2O	1.0	1.5
REF_60RH	32.4	65.0
MKW_60RH	0.4	0.7
CS_60RH	0.3	2.6
REF_2C_60RH	0.2	0.4
MKW_2C_60RH	0.2	0.3
CS_2C_60RH	0.3	1.6

Hlorīdu iesūkšanās dziļuma un potenciālās destruktīvās iedarbības noteikšanai tika izmantots NT Build 492 standarts.

Pretestību hlorīdu penetrācijai betona struktūrā var palielināt līdz pat 3.7 reizēm, izmantojot efektīvas mikropiedevas (15% metakaolīna mikropiedevas), salīdzinot ar atsauces sastāvu (Ref) (tabula 3 un attēls 5). Šāda betona pretošanās hlorīdu penetrācijai novērtējama kā augstvērtīga (koeficients $D_{nssm} = 2.1 [10^{-12} m^2/s]$), savukārt references sastāvam pretestība novērtējama kā “laba” (koeficients $D_{nssm} = 7.70 [10^{-12} m^2/s]$).

Tabula 3. Hlorīdu migrācijas koeficients augstas veiktspējas cementa kompozītiem ar metakaolīna mikropiedevas

Maisījuma sastāvs	$D_{nssm} [10^{-12} m^2/s]$	Vidējā kvadrātiskā novirze
Ref	7.70	0.37
5% MKW	5.41	0.11
10% MKW	3.63	0.12
15% MKW	2.08	0.03



Attēls 5. Hlorīdu iespiešanās dziļums pēc pārbaudes saskaņā ar NT BUIL 492: a) atsauces sastāvs (Ref); b) AVCK ar 15% metakaolīna mikropiedevas

AVCK noteikts hlorīdu iespiešanās dziļums atkarībā no dezintegrētu smilšu veida un apjoma (tabula 4). Rezultāti liecina, ka atsauces sastāvs (REF) ar augstāko cementa saturu uzrāda hlorīdu iespiešanās dziļuma (migrācijas) koeficientu $D_{nssm} 9.2 \times 10^{-12} m^2/s$. Aizstājot cementu 5-15% pēc masas ar dezintegrētām kaļķakmens-kvarca smiltīm, hlorīdu migrācijas koeficients pieauga no 12.2 līdz $15.5 \times 10^{-12} m^2/s$ (sastāvi QD5, QD10, QD15). Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis, kuras aizstāj 5% no cementa masas, samazina D_{nssm} līdz $6.3 \times 10^{-12} m^2/s$ (Q5), bet ar 10 un 15% dezintegrētu smilšu D_{nssm} pieaug līdz $10.0-11.2 \times 10^{-12} m^2/s$ (Q10 un Q15). Secināts, ka dezintegrētas dabīgas kaļķakmens-kvarca smiltis neuzrāda aktivitāti betona cietēšanas procesā un hidratēta cementa pasta ar samazinātu cementa daudzumu zaudē savas necaurlaidības īpašības un pazemina betona pretošanos hlorīdu migrācijai betona struktūrā. Savukārt dezintegrētas kvarca smiltis (5% apjomā no cementa

masas) uzlabo betona pretestību hlorīdu migrācijai betona struktūrā un tas tiek saistīts ar hidratētas cementa pastas blīvuma uzlabošanu, bet palielinot dezintegrēto smilšu apjomu, cementa akmens zaudē savas necaurlaidības īpašības.

AVCK sastāviem ar dezintegrētajām smiltīm noteikti arī virsmas masas zudumi sasalšanas-atkušanas ciklu iedarbībā (RILEM TC 117-FDC metode). Rezultāti liecina (tabula 5), ka, aizstājot cementu 15% ar dezintegrētām smiltīm, ievērojami palielinās virsmas zudumi. Jau pēc 28 sasalšanas-atkušanas cikliem tiek zaudēts 1.7-1.8 kg/m² betona virsmas un pēc 84 cikliem tas pieaug līdz 9.6-10 kg/m², pilnībā atsedzot betona struktūru un novērojami pildvielu izdrupumi. Betonam ar 5-10% dezintegrētām smiltīm zudumi pēc 84 sasalšanas-atkušanas cikliem ir 0.3-1.5 kg/m², bet atsauces sastāvam ar 100% cementu tie ir 0.5kg/m².

Tabula 4. Hlorīdu iespiešanās dziļuma koeficients atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Sastāvs	D _{nssm} [10 ⁻¹² m ² /s]
REF	9.2±0.1
QD5	12.9±1.2
QD10	15.5±1.4
QD15	12.2±1.2
Q5	6.3±0.9
Q10	11.2±0.7
Q15	10.0±0.2

Tabula 5. Virsmas zudumi sasalšanas-atkušanas ciklu iedarbībā atkarībā no dezintegrētu smilšu apjoma betonā

Cikli skaits	Masas zudumi [kg/m ²]						
	REF	Q5	QD10	QD15	QD5	QD10	QD15
28	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	1.7
42	0.2	0.0	0.0	4.2	0.2	0.2	4.3
56	0.3	0.1	0.1	7.1	0.3	0.3	7.0
70	0.3	0.1	0.6	8.2	0.5	1.2	8.4
84	0.5	0.3	0.8	10.0	0.7	1.5	9.6

AVCK ar dažādām mikropiedevām tiek veikta sulfātu korozijas pārbaude. Izgatavotie betona paraugi pakļauti nātrija sulfāta iedarbībai, kā rezultātā betona struktūrā var rasties sulfātu sāļi (etringīts, ģipsis) ar palielinātu tilpumu. Tas izraisa betona tilpuma izplešanos, kas var novest pie plaisu rašanās un betona struktūras destrukcijas. Pārbaūžu laikā paraugiem tiek kontrolētas masas izmaiņas un garuma izmaiņas. Rezultāti liecina, ka pēc 28 dienu iegremdēšanas sulfātu šķīdumā atsauces sastāvam pieaugusi masa par 0.5%, kas var liecināt par sulfātu produktu uzkrāšanos betona poru struktūrā, savukārt AVCK ar metakaolīna mikropiedevu masas pieaugums ir no -0.7 līdz 0.38%. Izplešanās deformācijas pārbaudes periodā nav konstatētas, bet novērojams betona rukums no 0.11 līdz 0.07%, kas ir normāla betona parādība cietēšanas procesā.