

VĒSTURISKO MŪRJAVU ILGMŪŽĪBAS NODROŠINĀŠANA LATVIJAS SENATNES BŪVĒS

INTA KIRILOVIČA^{1*}, MARGARITA KARPE²,
INTA VĪTIŅA³, SILVIJA IGAUNE-BLUMBERGA⁴

¹⁻⁴ Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Kopsavilkums. Pētījumi par Latvijas kultūrvēsturisko ēku akmens materiālu koroziju kopš 1984. g. tiek veikti Rīgas Tehniskās universitātes Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centrā. Šie pētījumi sniedz bagātīgu materiālu krājumu un pieredzi saistībā ar senatnes būvju ilgmūžības nodrošināšanu. Katra objekta restaurācijas tehnoloģijas izstrādes pamatā ir jābūt rūpīgai izpētei. Līdzšinējā pieredze ir devusi vērtīgas atziņas par mūsdienās pieejamo javu saistvielu (portlandcements, kaļķu u. c.) izmantošanas nosacījumiem restaurācijas procesos.

Atslēgas vārdi – kaļķi, korozija, mūrjava, restaurācija, romāncements, saistviela, sāļi.

I. Ievads

Javām būvmateriālu vidū jau kopš seniem laikiem bijusi īpaša loma: tām ir savstarpēji jāsaista citi būvmateriāli (akmens materiāli, ķieģeļi), kā arī jāaizsargā namu sienu, fasāžu un dekoratīvo elementu virsma.

Kopš 13. gs. un 14. gs. piļu un vēlāk arī citu ēku būvniecībā Latvijas teritorijā plaši lietoti kaļķi, kas iegūti no vietējā kaļķakmens un dolomīta.

Atkarībā no izejvielas (karbonātieža) veida izšķir dolomītkaļķu javas un kalcija kaļķu (baltkaļķu) javas. Līdzšinējie ķīmiskās izpētes dati liecina, ka Latvijā galvenokārt lietoti dolomītkaļķi [1].

* Korespondējošais autors.
E-pasts: inta.kirilovica@rtu.lv

19. gs. un 20. gs. mijā visā Eiropā plaši lietoja romāncementu. To ieguva no merģeļa – ieža, kas satur 15–40 % mālu un 60–85 % karbo-nātu (kaļķakmens vai dolomīta). Ieguve bija vienkārša – merģeli apde-dzināja relatīvi zemās temperatūrās (800–1200 °C) un smalki samala, iegūstot hidraulisku saistvielu, kam nebija nepieciešama veldzēšana [2].

Atšķirībā no Centrālās Eiropas, kur tika izmantots kaļķakmens romāncements, Latvijas teritorijā jau no 19. gs. sešdesmitajiem gadiem tika ražots dolomīta romāncements, par izejvielu izmantojot vietējo dolo-mītmerģeli, kuru apdedzināja 800–900 °C temperatūrā. Šāds cementis ir lietots daudzu Latvijā nozīmīgu vēsturisku ēku celtniecībai 19. gs. un 20. gs. mijā, piemēram, bijusī Latvijas Valsts Universitātes Ķīmijas fakul-tātes ēka (Kronvalda bulvāris 4, 1901. g.), Latvijas Nacionālā teātra ēka (Kronvalda bulvāris 2, 1902. g.), Latvijas Centrālās bankas ēka (Krišjāņa Valdemāra iela 2a, 1905. g.) u. c. [3], [4], kā arī jūgendstila ēku fasāžu ornamentiem. Romāncementa priekšrocības bija ātra saistīšanās (ap 15 min), kas ļāva no tā darināt ēku dekoratīvos rotājumus ar liešanas teh-niku, liela porainība (ap 30 %), kā arī augstā ūdensnoturība un izturība pret apkārtējās vides nelabvēlīgo ietekmi, kas noteica saistvielas piemēro-tību lietošanai fasādēs.

Kopš 20. gs. vidus dolomīta romāncementa ražošana Latvijā ir pār-traukta, un kultūras mantojuma restaurācijas mērķiem šī javu saistviela (romāncements) pieejama ierobežoti [5].

Vēsturisko būvjavu un apmetumu tehniskais stāvoklis Latvijas kultūrvēsturiskajos objektos nereti ir tuvu tai kritiskajai robežai, aiz kuras seko neatgriezeniska autentiskā materiāla izzušana, kas apdraud objekta turpmāko eksistenci [6], [7].

II. Korozijas procesi

Vēsturisko ēku bojājumu pakāpe ir atkarīga no tā, kādiem nelabvēlī-gas ietekmes faktoriem tā ir pakļauta. Viens no svarīgākajiem bojājumu izraisītājiem vēsturiskajās būvēs ir to paaugstinātais mitrums, šķīstošo sāļu veidošanās un ūdens migrācija. Mitrums ir priekšnoteikums gandrīz visiem ķīmiskajiem, biogēnajiem un fizikālajiem procesiem, kas izraisa akmens materiālu sabrukšanu [8].

Pilnīgi sausos būvmateriālos nav šķīstošo sāļu izraisītu bojājumu. Ūdens ir priekšnosacījums, lai tādi rastos. Parasti pietiek ar gaisā esošo mitrumu, lai varētu novērot sāļu izraisītos bojājumus. Tie lielos apmēros parādās tad, ja ūdenim un sāļiem pievienojas vēl papildus apstākļi – tem-peratūras un gaisa mitruma svārstības. Sāļu graužošā iedarbība var būt saistīta ne vien ar ķīmisku reakciju starp tiem un akmens materiālu, bet arī katra apkārtējās vides (temperatūras, mitruma) izmaiņa var izraisīt

sāļu kristalizēšanos vai hidratēšanos, kas parasti ir galvenie akmens materiālu sabrukšanas iemesli [6].

Sāļu migrācijas rezultātā uz ēku sienām var parādīties kristalizējušos sāļu zonas – izsāļojumi. Tie pēc savas dabas ir dažādi. Ja izsāļojumus veido kalcija karbonāts (CaCO_3), kas veidojas, Ca(OH)_2 lietus ūdens iedarbībā pa plaisām izskalojoties no mūrjavas un pēc tam karbonizējoties, šie izsāļojumi nav bīstami mūrim. Rekrystalizējoties šis savienojums būtiski nepalielina tilpumu, līdz ar to nerada spriegumu materiāla porās. Tomēr CaCO_3 izsāļojumi var radīt kaitējumu ēkai, ja tie notek pār citiem materiāliem, piemēram, stiklu vai granītu, un piekalst pie tā. Šādā gadījumā tā notīrīšana ir ļoti sarežģīta un var bojāt apkārtesošos materiālus (parasti attīrīšanai nākas lietot skābi).

Bīstamākie ir gadījumi, kad izsāļojumi satur sulfātus, hlorīdus, nitrātus. To rekrystalizācija izsauc būtisku vēsturisko materiālu sairšanu [9].

Ūdens kā nesējvide migrējot poru struktūrā, veicina sāļu nokļūšanu mūros un izraisa ķīmisko, fizikālo un biogēno koroziju: mitruma iesūkšanos caur sienām, ūdens sasalšanas un atkuššanas ciklu bojājumus, sāļu hidratācijas un kristalizācijas bojājumus, saistvielas izskalošanos, rūsas plankumus, netīrumu piesaistīšanu, aļģu, ķērpju un sūnu veidošanos [9]. Šie procesi ir diktējuši akmens materiālu pretkorozijas aizsardzības, konservācijas un restaurācijas virziena rašanos visā pasaulē.

III. Korozijas procesu izpēte

Lai veiktu jebkura vēsturiskā objekta restaurāciju un konservāciju, vispirms ir nepieciešams noskaidrot vēsturiskā akmens materiāla korozijas produktu ķīmisko sastāvu, korozijas pakāpi un fizikālās īpašības, novērtēt tā atrašanās vietu un mitruma migrāciju. Tikai pēc tam var izstrādāt pareizu konservācijas tehnoloģiju.

Restaurācijas praksē viens no priekšnosacījumiem ir oriģinālam pēc iespējas līdzīga materiāla izmantošana, turklāt jānodrošina saderība ar vēsturisko materiālu tā pašreizējā, novecojušā stāvoklī [10].

Latvijā pētījumi par akmens materiālu koroziju izraisošiem faktoriem un restaurāciju uzsākti 1984. g. Rīgas Tehniskās universitātes Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centrā. Pareizas autentiskas restaurācijas veikšana ietver plašu pasākumu kompleksu, kam pamatā ir vēsturisko materiālu zinātniskā izpēte: ķīmiskais un granulometriskais sastāvs, struktūra, fizikālās īpašības, baktēriju, gruntsūdeņu iedarbība, mitruma migrācija un objekta atrašanās vieta. Tādēļ ļoti svarīgi ir katrā individuālā gadījumā veikt ķīmiskās analīzes, dokumentēšanu, virsmas bojājumu kartogrāfēšanu un stāvokļa novērtēšanu. Pēc ķīmiskās analīzes datiem nosaka

vēsturiskā mūrējumā lietoto saistvielu (dolomītkaļķi, baltkaļķi, cements vai cita), pildvielas veidu un piesāļojumu.

Vēsturisko saistvielu izpētei tiek lietota šāda metodika [1], [11]:

1) Vizuālais izvērtējums, mikroskopija;

Vizuālais izvērtējums vispirms tiek veikts ar neapbruņotu aci – bez palīgierīcēm un pēc tam ar mikroskopa palīdzību dažādos palielinājumos. Jau pie 6 līdz 20 reīžu palielinājuma iespējams gūt priekšstatu par javas saistvielas – pildvielas attiecību, pildvielas daļiņu veidu un formu, saistvielas krāsu, porainību, kā arī gūt informāciju par dažādu piedevu klātbūtni paraugā – ķieģeļu smelkni, zāgskaidām, koka daļiņām, salmiem, dzīvnieku spalvu, ogli, kaula vai akmentiņu ieslēgumiem utt. Lielākoties parauga vizuālais novērtējums ir vienkārša metode, ar kuras palīdzību ir iespējams noteikt piedevas klātbūtni, kā arī novērtēt tās aptuveno daudzumu.

2) Granulometriskā analīze;

Granulometriskā analīze ir samērā vienkārša un lēta metode. To veic, izšķīdinot saistvielu un pēc tam izskalotās un izžāvētās pildvielas daļiņas sijājot caur sietu kolonnu. Šai analīzei nepieciešami lieli javas paraugi (parasti 50–100 g, bet dažreiz pietiek ar 20–30 g). Tas var būt problemātiski, ja vēsturiskais materiāls nav pieejams pietiekamā daudzumā. Šajā pārbaudē gūtā informācija ir izšķiroša, lai izvēlētos piemērotu pildvielu vai pildvielas-saistvielas attiecību restaurācijas javai [12].

3) Klasiskā ķīmiskā analīze;

Pilna ķīmiskā analīze vēsturiskajām saistvielām tiek veikta saskaņā ar silikātu materiālu klasiskās slapjās analīzes metodiku LVS EN 196-2:2013.

4) Rentgenstaru difrakcijas analīze (XRD);

XRD ļauj identificēt vēsturisko saistvielu kristāliskās mineralogiskās fāzes, kā arī iespējamo tādu sekundāru, koroziju izraisītu mineralogisko fāžu klātbūtni kā šķīstošie sāļi. Šīs analīzes priekšrocība ir ātrums un tas, ka analizēm nepieciešams ļoti neliels vēsturiskā materiāla paraugs. XRD ir galvenā metode, lai atšķirtu hidraulisku kaļķa javu no cementa javas. Diemžēl ar šo metodi iespējams noteikt tikai tās kristāliskās fāzes, kuru daudzums lielāks par 3 %.

5) Diferenciāli termiskā analīze un termogravimetrija (DTA/TG);

DTA/TG līdzīgi kā XRD ir ātra un relatīvi lēta metode. Ar DTA/TG analīzes palīdzību iespējams iegūt informāciju ne tikai par javu fāžu sastāvu, bet arī par katras noteiktās fāzes daudzumu. Atsevišķās situācijās DTA/TG var pat aizvietot dārgo un laikietilpīgo ķīmisko analīzi, tomēr, kā jau minēts, DTA/TG datu interpretācijai nepieciešama pieredze un iemaņas.

6) Fizikālo (hidrisko) īpašību pārbaude;

Raksturot javas fizikālās īpašības (veikt hidriskos mērījumus) iespējams tikai tad, ja pieejams pietiekami liels vēsturiskā materiāla paraugs (ne mazāk kā aptuveni 100 g, turklāt mehāniski noturīgs). Brīvā un

piespiedu ūdens uzsūce, kā arī žūšanas dinamika tiek noteikta, izmantojot standartmetodes [12]. Iegūtos datus izmanto, lai aprēķinātu materiāla blīvumu, porainību un poru savstarpējo savienotību. Šī informācija nepieciešama ne tikai, lai raksturotu parauga fizikālās īpašības, bet arī, lai izstrādātu atbilstošu restaurācijas javu, jo abu īpašībām jābūt tik līdzīgām, cik vien iespējams. Šī informācija nepieciešama arī, lai veiktu atbilstošā vēsturiskā materiāla nostiprinātāja vai konservanta izvēli. Fizikālās īpašības parasti tiek mērītas arī restaurācijas javu paraugiem, bet, izvēloties piemērotāko restaurācijas līdzekli, arī apstrādātiem un neapstrādātiem javas paraugiem [1], [11].

I. tabula

Vēsturisko mūrjavu ķīmisko analīžu rezultāti, masas %

Komponente	Paraugs					
	Daugavpils cietokšņa 1. krasta lunete			Ēka Vingrotāju ielā 1, Rīga		
	Korodējusi java ar augstu sulfātu un hlorīdu saturu	Balts izjucis apmetums ar augstu sulfātu un hlorīdu saturu	Mehāniski izturīgs cementa apmetums uz baltkalķu dekoru virsmas	Balts mehāniski izturīgs apmetums	Balta mehāniski izturīga java ķieģeļu apšūšanai	Pelēka šuvju java ar sulfātu izraisītu koroziju
1	2	3	4	5	6	
Karsēšanas zudumi, 1000 °C	27,29	27,04	14,21	13,20	11,44	30,60
Nešķīš- tošais atlikums	41,84	52,61	62,73	68,81	72,12	35,44
CaO	16,04	12,09	16,56	9,59	10,01	19,37
MgO	9,60	7,90	0,72	3,76	2,86	9,43
SiO ₂ okt.	1,36	0,31	1,17	2,80	2,26	1,61
Al ₂ O ₃	1,20	0,89	2,13	1,05	0,97	1,08
Fe ₂ O ₃	0,65	0,33	0,53	0,34	0,28	0,56
Kopā	97,92	98,17	98,05	99,55	99,71	97,77
CaO / MgO	1,67	1,53	23,0	2,55	3,50	2,05
Saistvielas pildvielas attiecība	1:1,4	1:2,3	1:2,7	1:3,8	1:4,4	1:1

Restaurācijas javas sastāva izstrāde iespējama, veicot vēsturiskā materiāla īpašību izpēti, skat. I. tabulu un II. tabulu. Saistvielas, pildvielas un piedevu izvēles pamataspekti ir šādi:

- 1) saistviela tiek izstrādāta, balstoties uz ķīmisko, XRD un DTA/TG analīžu rezultātiem;
- 2) pildviela, kā arī pildvielas-saistvielas attiecība tiek noteikta, galvenokārt balstoties uz paraugu vizuālo izvērtējumu un gravimetriskā sastāva analīzes datiem;
- 3) piedevas tiek noteiktas balstoties uz ķīmiskās analīzes datiem un parauga vizuālo novērtējumu [13].

I. tabula (turpinājums)

Vēsturisko mūrjavu ķīmisko analīžu rezultāti, masas %

Svētā Aleksandra Nevska baznīcas zvanu tornis, Brīvības 56, Rīga (1. att.)	Profesionālā skola, Saules 15, Ventspils	Miesnieku iela 13, Rīga	Puzes baznīca, Ventspils novads	Analīzes precizitāte, ± absol. %
Balta sena korodējusi java zem cementa kārtas	Pelēcīgs korodējis apmetums	Mahāniski izturīgs divsiņu dekora elements	Balts kolča apmetums	-
7	8	9	10	-
8,62	10,10	14,13	44,05	0,3
80,46	72,87	45,23	11,45	0,5
7,03	8,05	24,92	42,20	0,5
1,96	3,38	3,36	1,71	0,5
0,68	4,20	6,04	0,37	0,3
0,45	0,76	4,09	0,44	0,3
0,19	0,38	1,07	0,21	0,1
99,37	99,74	98,84	100,43	-
3,5	2,38	7,4	24	-
1:7	1:4	1:0,8	1:0,25	-

Aprēķinātais sākotnējās saistvielas ķīmiskais sastāvs, masas %

Komponente	Paraugs										Analīzes precizitāte, ± absol. %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CaO	51,9	51,8	71,8	53,4	60,9	57,0	64,4	47,1	61,4	90,3	0,5
MgO	31,0	33,8	3,1	20,9	17,4	27,8	17,9	19,8	8,3	3,8	0,5
SiO ₂ akt.	4,4	1,3	6,1	15,6	13,7	4,7	6,2	24,5	14,9	0,8	0,5
Al ₂ O ₃	3,9	3,8	9,2	5,8	5,9	3,2	4,1	4,4	10,1	1,0	0,5
Fe ₂ O ₃	2,1	1,4	3,3	1,8	1,7	1,6	1,7	2,2	2,6	0,4	0,1
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	16,4	6,5	18,6	23,2	21,3	9,5	12,1	31,1	27,6	2,2	-
Hidrauliskuma modulis (<i>hm</i>)	8,0	13,1	4,5	3,19	3,7	8,9	6,8	2,13	2,45	41	-
Saistvielas veids	Vāji hidrauliski dolomītkaļķi	Cements ar kaļķu piedevu	Stipri hidrauliski dolomītkaļķi	Korodējuši, vāji hidrauliski dolomītkaļķi	Stipri hidrauliski dolomītkaļķi	Cements	Nehidrauliski baltkaļķi				

Novērtēt izraudzīto restaurācijas sastāvu ir sarežģīts uzdevums, jo tam jāatbilst vizuāli, kā arī pēc ķīmiskajām, fizikālajām un mehāniskajām īpašībām.

Apkopotie kultūrvēsturisko objektu mūrjavu ķīmisko analīžu rezultāti parāda, ka līdz mūsu dienām labāk saglabājušies vēsturiskie mūri, kuru būvniecībā lietotas hidrauliskas javu saistvielas, kuru izejvielu sastāvā bijis optimāls mālvieļu saturs, kas nodrošināja hidraulisko piedevu Al₂O₃, Fe₂O₃ un aktīvā SiO₂ klātbūtni. Šādas saistvielas ir hidrauliski dolomītkaļķi un romāncements, kā arī kaļķu saistvielas ar pucolānu piedevām. Hidrauliskuma modulis $hm = (CaO + MgO)/(SiO_{2akt.} + Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ šīm saistvielām ir līdz 4,5. Vēsturiskās javas senatnes mūros pārsvārā ir korodējušas mitruma migrācijas ietekmē, jo parasti ir izskalota saistviela. Mūru sabrukšana arī ir notikusi sāļu destruktīvās iedarbības rezultātā. Vēsturiskajās javās saistvielas un pildvielas attiecība lielākoties ir robežās no 1:1 līdz 1:4, tās ir gan treknas, gan liesas. Kā pildvielas šajās javās ir lietotas rupjas smiltis un grants. Pildvielās vairāk nekā 60 % graudu izmērs 0,5–1 mm, bet 20–30 % graudu izmērs ir 0,2–0,5 mm [13], [14].



1. att. Svētā Aleksandra Ņevska baznīcas zvanu tornis, Brīvības 56, Rīga. Torņa karnīzes restaurācijai 20. gs. trīsdesmitajos gados izmantoja blīvu cementa javu, un rezultātā zem tās esošās vēsturiskās porainās javas sairst.

IV. Mūrjavu ilgmūžības nodrošināšanas pamatprincipi

Tikai pēc zinātniskā izpētē iegūtajiem rezultātiem var izvēlēties autentiskus restaurācijas un konservācijas materiālus un metodes. Apkopotie rezultāti un RTU Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centra pētnieku pieredze parāda, ka vēsturisko objektu celtniecībā Latvijā lietoti dolomīkaļķi un baltkaļķi, kas iegūti no mālus saturošiem (merģelāiniem) dolomītiem un kaļķakmeņiem. Tas nozīmē, ka šie kaļķi saturēja hidrauliskās komponentes un mūrjavas bija mitruma un mehāniski izturīgas, jo nelielā daudzumā, mūrējumam cietējot, veidojās cementa minerāli [1], [15], [16].

Šādu vēsturisko mūru restaurācijai iesakāmi dolmītkaļķi (dažkārt arī baltkaļķi) ar 5–15 % cementa piedevu, kas nodrošina mūrjavu hidrauliskumu (mitruma un mehānisko izturību), bet ne tīras cementa javas.

Portlandcements (kaut arī tas ir plaši lietots celtniecībā) restaurācijas mērķiem nav piemērots tā lielā blīvuma, zemās elastības, augstā sāļu satura un no senajiem akmens materiāliem atšķirīgā ķīmiskā un mineralogiskā sastāva dēļ. Savukārt kaļķu javas bez piedevām, kurām piemīt laba saderība ar novecojušiem vēsturiskiem materiāliem, nedrīkst lietot ārējās vides apstākļiem pakļautās vietās, jo tās nav izturīgas pret ūdens iedarbību (tām nepiemīt hidrauliskas īpašības) [17].

Lai novērstu šķīstošo sāļu radītos bojājumus mūros:

- 1) jālikvidē sāļu rašanās avots (piemēram, jāizsūknē ūdens no pagraba, jānovērš atledošanai lietotā sāls kaisīšana ap mūri, jāaizvāc telpā esoši minerālmēsli vai citu sāļu avotu krājumi);

- 2) sausā veidā jāattīra izsāļojumi no mūra, jāsavāc un jāaizgādā tie prom, lai nenotiktu to atkārtota ieskalošanās mūrī;
- 3) maksimāli jānovērš mitruma migrācija (jāsalabo lietusūdens sistēma, jumts, notekcaurules). Jebkāda veida centieni ūdeni "iesprostot", nokļājot materiālu no ārpuses ar ūdensnecaurļaidīgiem materiāliem (piemēram, blīvām flīzēm, plāksnēm, blīvu cementa javu) radīs papildus bojājumus vēsturiskajam materiālam;
- 4) nepieciešamības gadījumā jāveic mūra atsāļošanas pasākumi (izmantojot sanācijas sistēmas) [18].

Mūru atbrīvošana no tajos esošajiem sāļiem veicama, izmantojot pieejamos sanējošo apmetumu sastāvus. Tās ir speciāli veidotas rehabilitācijas sistēmas, kuru galvenā sastāvdaļa ir poraina grunts, kas aizkavē sāļu kristalizēšanos uz jaunā apmetuma virsmas. Tā vietā sāļu kristāli veidojas sanējošā apmetuma porās, kur paredzēta vieta to augšanai. Sanējošā apmetuma uzklāšana ir salīdzinoši vienkārša, taču tā jāveic precīzi, ir darbietilpīga un samērā dārga [19].

Pirms restaurācijas darbu uzsākšanas ieteicams izveidot eksperimentālos laukumus izvēlēto materiālu un metodes pārbaudēm. Tālāk seko mūra sagatavošana, javas iestrāde un uzklāšana, kur būtiska ir pareiza mitruma izvēle un javas cietēšanas režīma kontrole optimālā mitruma nodrošināšanai.

Jāatceras, ka arī ar pareizi izvēlētu restaurācijas materiālu sastāvu apmierinoši restaurācijas darba rezultāti nav iespējami, ja restauratoram trūkst zināšanu un pieredzes par javu iestrādes tehnoloģiju [20].

Pēc restaurācijas pabeigšanas obligāti ir jānodrošina atjaunoto objektu regulāra novērošana, kopšana un uzturēšana. Svarīgi atzīmēt, ka paveiktā darba kvalitāti lielā mērā ietekmē restauratora zināšanas, prasme, attieksme un spējas orientēties dažādās situācijās atbilstoši ētikas nosacījumiem.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] L. Krāge and I. Vītiņa, "Saistvielu izpēte Latvijas vēsturiskajās būvēs: īss pašreizējā stāvokļa raksturojums," In 7. Baltijas valstu restauratoru triennāles konferences materiāli, 2005, pp. 47–52.
- [2] R. Kozłowski, D. Hughes, and J. Weber, "Roman Cements: Key Materials of the Built Heritage of the 19th Century," *Materials, Technologies and Practice in Historic Heritage Structures*, pp. 259–277, 2010. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2684-2_14

- [3] Ю. Эйдук, and И. Гросвалд, "Развитие производства доломитового романцемента в России и на территории Латвийской ССР," *Latvijas valsts P. Stučkas universitātes zinātniskie raksti*, vol. 22, pp. 283–295, 1958.
- [4] I. Grosvalds, *No piramidām līdz dzelzsbetonom*. Rīga, USSR: Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, 1964.
- [5] I. Barbane, I. Vitina, and L. Lindina, "Synthesis of romancement from Latvia's clay and dolomite," In Proc. of 18. Internationale Baustftagung IBAUSIL, 2012, pp. 749–755.
- [6] R. Lusišs, L. Krage, and I. Vitina, "The influence of air pollution on the monuments of Latvia," In Proc. of US-Baltic Workshop Environmental Chemistry, 1997, pp. 67–71.
- [7] I. Vitina, O. Baumanis, E. Lagzdins, S. Igaune, I. Grosvalds, and L. Krage, "Corrosion and conservation of natural stone monuments in Latvia," *Latvian Journal of Chemistry*, vol. 3, pp. 367–374, 1994.
- [8] R. Lusišs, I. Sidraba, L. Krage, and I. Vitina, "Investigation of stone materials with view to restoration of stone Monuments in Latvia," In Proc. of the International Congress "Quarry-Laboratory-Monument", 2000, pp. 403–407.
- [9] J. Svare, I. Vitina, R. Lusišs, and L. Lindina, "Investigations of damages of stone materials caused by salts and moisture migration in Capithulum hall of Riga Dome Cathedral," In "EcoBalt-2007" konferences materiāli, 2007, p. 31.
- [10] A. Klisińska-Kopacz, R. Tišlova, G. Adamski, and R. Kozłowski, "Pore structure of historic and repair Roman cement mortars to establish their compatibility," *Journal of Cultural Heritage*, vol. 11, no. 4, pp. 404–410, Oct. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.03.002>
- [11] A. Palomo, M. T. Blanco-Varela, S. Martinez-Ramirez, F. Puertas, and C. Fortes, "Historical Mortars: Characterisation and durability. New tendencies for research," In ARCCIP European research on Cultural Heritage. State-of-the-Art studies, 2004, pp. 167–184.
- [12] J. M. Teutonico, *Laboratory Manual for Architectural Conservators*. Rome, Italy: ICCROM, 1988.
- [13] S. Igaune, I. Vitina, I. Timma, and L. Lindina, "Compatibility of historical stone materials of Kuldīga brick-vault bridge across the Venta river and materials used in the restoration of the bridge," *Chemine Technologija*, vol. 51, no. 2, pp. 22–29, 2009.
- [14] S. Igaune-Blumberga, I. Vitina, L. Lindina, and I. Timma, "Investigation of stone materials at the Riga Stock Exchange building," In Proc. of BaltSilica 2011, 5th Baltic Conference on Silicate Materials, 2011, pp. 67–68.
- [15] S. Igaune-Blumberga, I. Vitina, and I. Timma, "Methods and materials for conservation of Power tower of Daugavgrīva's fortress," In Proc. of the 9th Baltic States Triennial restorers' meeting, 2011, pp. 253–254.
- [16] L. Krage, I. Vitina, L. Mickevica, and S. Lagzdina, "The Research of Historical Binders of Rauna Castle (Latvia) Motivated for Restoration," In Proc. of 16. Internationale Baustftagung IBAUSIL, 2006, pp. 1257–1264.

- [17] I. Barbane, I. Vitina, and L. Krage, "Low-temperature Hydraulic Binders for Restoration Needs," *Materials Science and Applied Chemistry*, vol. 28, pp. 5–9, Oct. 2013. <https://doi.org/10.7250/msac.2013.001>
- [18] L. Krage, I. Kirilovica, I. Rozenstrauha, and I. Sidraba, "Carbonate Rocks Providing the Raw Material for Lime in Latvia," *Materials Science and Applied Chemistry*, vol. 26, pp. 82–87, 2012.
- [19] J. Svare, I. Vitina, L. Krage, and R. Lūsis, "Working Efficiency of "Sacrificial" Plasters – Practical Experience in Latvia," *Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*, vol. 17, pp. 68–74, 2008.
- [20] I. Kiriloviča, "Hidrauliskas javu saistvielas izstrāde dolomīta romāncementa objektu restaurācijai," Doctoral thesis, Riga Technical University, Rīga, Latvia, 2016.

Inta Kiriloviča – *Dr.sc.ing.* (2016). MLĶF Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centra pētniece. Kopš 2008. gada strādājusi akmens materiālu restaurācijas jomā. Galvenie darba virzieni ir vēsturisku saistvielu ķīmiskā analīze, akmens materiālu korozijas procesu izpēte un jaunu javu saistvielu sintēze restaurācijas mērķiem.

Adrese: P. Valdena iela 3/7, Rīga, LV-1048

E-pasts: inta.kirilovica@rtu.lv

Margarita Karpe – *Mg.sc.ing.* (2006). MLĶF Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centra vadītājas p. i. Galvenie darba virzieni – vēsturisku saistvielu ķīmiskā analīze, akmens materiālu korozijas procesu izpēte un dažādu materiālu (smiltis, dolomīts, māls u. c.) ķīmiskā analīze.

Adrese: P. Valdena 3/7, Rīga, LV-1048. Tālr. 28887157.

E-pasts: margarita.karpe@rtu.lv

Inta Viņiņa – *Dr.sc.ing.* (1992). MLĶF Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centra vadošā pētniece. Galvenais darba virziens – Latvijas kultūrvēsturisko objektu akmens materiālu izpēte, akmens korozijas pētījumi, restaurācijas procesu pārraudzība. Vairāk nekā 130 zinātnisku publikāciju autore.

Adrese: P. Valdena 3/7, Rīga, LV-1048

E-pasts: vitina@ktf.rtu.lv

Silvija Igaune-Blumberga – MLĶF Silikātu materiālu institūta Akmens materiālu konservācijas un restaurācijas centra pētniece, silikātu materiālu ķīmiskās analīzes speciāliste. Galvenie zinātniskā darba virzieni – akmens materiālu analīzes un korozijas procesu pētīšana.

Adrese: P. Valdena iela 3/7, Rīga, LV-1048

E-pasts: igaune@ktf.rtu.lv

**Inta Kiriloviča, Margarita Karpe,
Inta Vītiņa, Silvija Igaune-Blumberga.**

Vēsturisko mūrjavu
ilgmūžības
nodrošināšana
Latvijas senatnes
būvēs

Ensuring the Permanence of Historical Mortars within Buildings of Latvia.

Keywords – lime, corrosion, mortar, restoration, Roman cement, binder, salts.

Since 1984 research on corrosion of cultural heritage buildings of Latvia has been conducted in the Centre of Restoration and Conservation of Stone Materials, Institute of Silicate Materials, Riga Technical University. This research provides a wide collection of materials and experience in ensuring the permanence of historical buildings. Accurate investigations must be a fundamental part of the restoration technology of each object. The acquired experience has given valuable knowledge about the aspects of use of different binders (Portland cement, lime etc.) in restoration processes.