

ICOMOS ტექნიკური მიმოხილვა

ძეგლი	გელათის მონასტერი
სახელმწიფო მხარე	საქართველო
ძეგლის ID	710
ნუსხაში შეტანის თარიღი	1994
კრიტერიუმი	(iv)
პროექტი	ინფორმაციული ანგარიში ღვთისმშობლის ეკლესიის კონსერვაციის მდგომარეობის და ხარაჩოების და დროებითი გადახურვის პროექტის შესახებ

2020 წლის 8 სექტემბერს მსოფლიო მემკვიდრეობის ცენტრმა ICOMOS-ს გადასცა სახელმწიფო მხარის მიერ წარმოდგენილი ინფორმაცია მსოფლო მემკვიდრეობის ძეგლის „გელათის მონასტრის“ ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის საკონსერვაციო მდგომარეობის შესახებ, რომელიც მოიცავდა წერილს ორი დანართით: საინფორმაციო ანგარიში ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის საკონსერვაციო მდგომარეობის შესახებ და საპროექტო დოკუმენტაცია ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის დროებითი ხარაჩოებისა და გადახურვისთვის.



სამონასტრო კომპლექსი 2015.

ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის საკონსერვაციო-სარესტავრაციო სამუშაოები ითვალისწინებდა inter alia ძველი ლითონის გადახურვის შეცვლას ხელნაკეთი მოჭიქული კერამიკული კრამიტით, რომლებიც წარმოებულია ტრადიციული ტექნოლოგიის გამოყენებით არქეოლოგიური შესწავლის საფუძველზე.

მიუხედავად იმისა, რომ 2019 წლის ბოლოს ახალი გადახურვის სამუშაოები წარმატებით დასრულდა, 2020 წლის თებერვლის ბოლოს გამოვლინდა პრობლემები გადახურვის მოწყობასთან და მოჭიქული კერამიკული კრამიტის ნაწილის დამტვრევასთან თუ დაზიანებასთან დაკავშირებით, ასევე წყლის ინფილტრაციის ნიშნები ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის დასავლეთ მკლავში.

გადახურვის მოწყობა

გადახურვის მოწყობის პრობლემები იდენტიფიცირებულია ეკლესიის ეკვდრებზე, კარიბჭეებზე, ნართექსზე და საკურთხეველზე, გადახურვას დაკარგულია კრამიტები მთლიანად ან ნაწილობრივ, ხოლო კრამიტებს შორის ნაკერებზე აღინიშნება დანაკარგები, ბზარები, და ხსნარსა და კრამიტს შორის კავშირის დაკარგვა.

ადგილზე ჩატარებულმა შეფასებამ ცხადყო, რომ გამოყენებული მოჭიქული კრამიტების პარტია (თეთრი კერამიკისგან დამზადებული) დაბალი ხარისხისაა და არ არის შესაფერისი კირის ხსნარით გადახურვისთვის.

ქვის კონსერვაცია

ქვის კონსერვაციის დროს გაკეთებულ შევსებებზე შეინიშნება ქვის ფერის სახეცვლა (სავარაუდოდ ტენიანობის გამო), შეჭიდულობის და შემკვრელის დაკარგვა.

კედლის მხატვრობის მდგომარეობა ინტერიერში

გამომარილება განისაზღვრა როგორც დაზიანების ძირითად წყაროდ, რომელიც უკავშირდება დაზიანებული სახურავებიდან წყლის ინფილტრაციას და ინტერიერში არსებულ გარემო პირობებს. მარილის კრისტალიზაციის ციკლებმა გამოიწვია საღებავისა და ბათქაშის ფენებს შორის კოჰეზიისა და ადჰეზიის პრობლემები, მე-20 საუკუნის ინტერვენციების დროს გამოყენებული სარესტავრაციო მასალების დაკარგვა და ორიგინალური ტექნოლოგიის მცირე ზომის კედლის მხატვრობის ფრაგმენტების დაკარგვა. ასევე დაფიქსირდა ბიოაქტივობა.

ეს მოვლენები სხვადასხვა ადგილას დაფიქსირდა, თუმცა ყველაზე კრიტიკული მდგომარეობა ტაძრის დასავლეთ მკლავის კამარაზე გვხვდება.

ეროვნული სააგენტოს სპეციალისტების მიერ ჩატარებული რეგულარული მონიტორინგით და მონასტრის წარმომადგენლებთან ინტერვიუებით არ გამოვლენილა მოზაიკის დაზიანება და /ან მისი რომელიმე ფრაგმენტის დაკარგვა.

ანალიზი

„გელათის მთავარი ტაძრის (ღვთისმშობლის სახელობის ტაძარი) დროებითი გადახურვისა და ხარაჩოების დიზაინის“ პროექტის ICOMOS-ის მიერ შესწავლისა და ასევე, ICOMOS-ის წინა საკონსულტაციო მისიების შეფასებებისა და რეკომენდაციების გათვალისწინებით სიტუაციის შეფასებაზე დაყრდნობით, შემდეგი კომენტარები წარმოიშვა.

შენიშვნა 1 - სამშენებლო კვადრები:

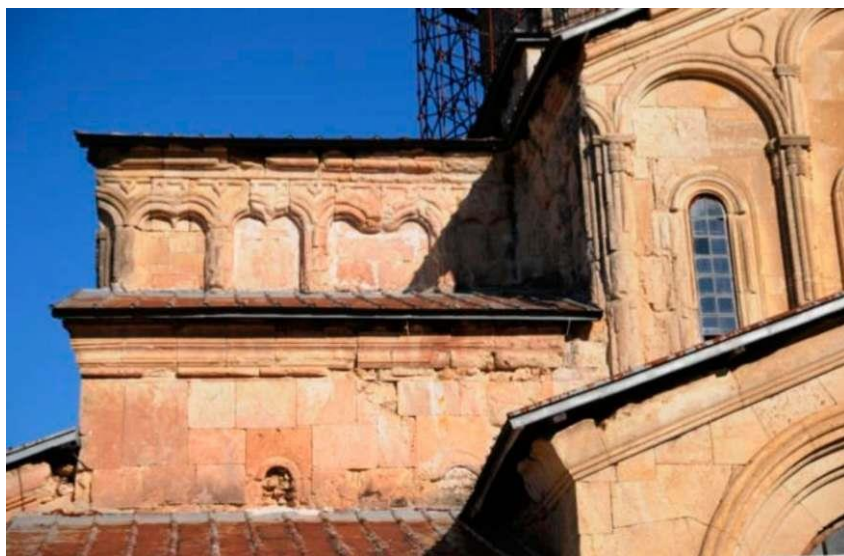
ძეგლზე ბოლო მისიის ანგარიშში (ICOMOS / მსოფლიო ბანკის საკონსულტაციო მისია, 2015 წლის 21-25 იანვარი) ხაზგასმული იყო, რომ ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის ძირითადი პრობლემები უკავშირდებოდა სახურავის მდგომარეობას, და ის, რომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ძეგლის ქვის კვადრების მდგომარეობას.

„ქვა მნიშვნელოვნად არის დაზიანებული სხვადასხვა მიზეზების გამო: მექანიკური, სეისმური აქტივობები, ატმოსფერული ნალექები, ტემპერატურის სეზონური ცვლილებები და ბიოლოგიური ფაქტორები (ლიქენები). კარნიზის ქვები ყველაზე ცუდ მდგომარეობაშია (სურ. 11).“

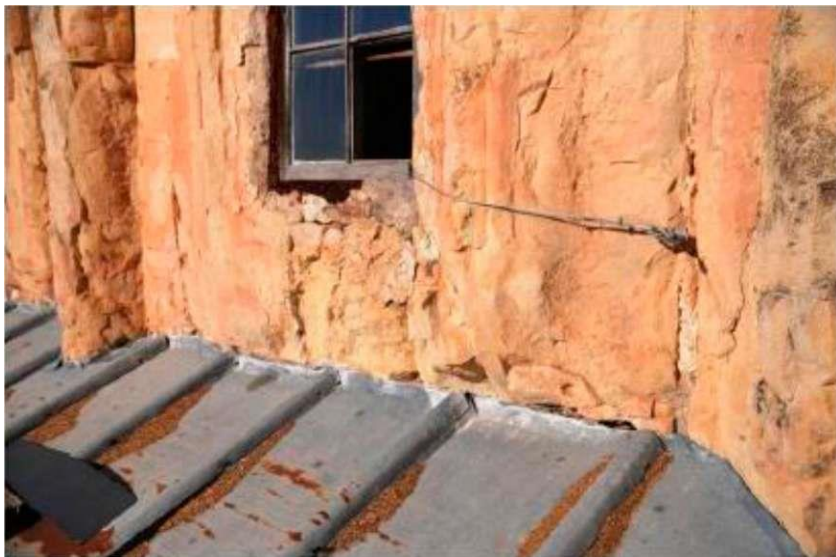
ცნობილია, რომ საუკუნეების განმავლობაში შენობა განიცდიდა მიწისძვრებს და ანთროპოგენულ ზემოქმედებებს. ამის კვალი აშკარად ჩანს ეკლესიის შენობაზე რაც მითითებულია აზომვით ნახაზებზე (ნახ .12). მეორადი სივრცეების კავშირები ეკლესიის მთავარ სტრუქტურასთან შესუსტებულია და აშკარად გამოფიტულია საფასადე ქვის წყობა (სურ.13). ამასთან, შენობაზე ყველაზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედება იქონია წვიმამ და ქარმა (ნახ .14)“ (2015 წლის მისიის ანგარიშის მე-6 გვერდი).

„კვლევითი პროექტი მოიცავს ინფორმაციას, რომელიც ეხება მთავარი ეკლესიის საფასადე წყობის თითოეული ქვის დაზიანებას და მისი ლოკაციის სიმაღლეს. ეს დოკუმენტაცია აშკარად გვიჩვენებს, რომ ქვების მნიშვნელოვანი რაოდენობა დაზიანებულია ატმოსფერული ნალექების შედეგად (ნახ .12)“ (2015 წლის მისიის ანგარიშის მე-8 გვერდი).

ანგარიშში აღნიშნულია, რომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ადგილებს, სადაც სახურავები კედლების ვერტიკალურ ზედაპირებს ხვდება. ანგარიშში ყურადღება გამახვილდა ჯვრის დასავლეთ ნაწილზე და მის სამხრეთ და ჩრდილოეთ მხარეებზე - ანუ ზუსტად იქ, სადაც ცოტა ხნის წინ გაჩნდა ყველაზე სერიოზული პრობლემები გადახურვის სისტემიდან და კედლის წყობაში ქვებს შორის ღია ნაკერებიდან ჩამოჟონილი წყლის გამო:



დასავლეთ ზედა ნაწილის დეტალი - ხედი სამხრეთიდან (2015 წლის მისიის ანგარიშის სურათი 11).



ქვის წყობა და თუნუქის გადახურვა - დღევანდელი მდგომარეობა (2015 წლის მისიის ანგარიშის სურათი. 13).



კედლის კვადრებს შორის დარღვეული კავშირი [დასავლეთი მკლავი -ჩრდილოეთი მხარე] და სტრუქტურული ქცევის შეცვლა (2015 წლის მისიის ანგარიშის 58-ე სურათი).

შენიშვნა 2 - სახურავის მოჭიქული კრამიტი:

2015 წლის ICOMOS /მსოფლიო ბანკის ერთობლივი საკონსულტაციო მისიის ანგარიშში აღნიშნულია, რომ:

“ტრადიციული ფერის შემადგენლობის გამოცდილება, ფენებად წასმის მეთოდი და გამოწვის ძველი ტექნოლოგია მიღებულია ხანგრძლივი კვლევისა და ექსპერიმენტული მუშაობის შედეგად: ა) ფერთა პალიტრა, რომელიც ითვალისწინებს თითოეული კრამიტისთვის არა მხოლოდ ერთი ფერის, არამედ ფერების მთელი სპექტრის გამოყენებას, რომლებიც მიიღწევა ბუნებრივ რკინის შემცველი პიგმენტებისა და სხვა დანამატებით (სურ.88), და ბ) ფერების მაღალი გამჭვირვალობა, რაც განასხვავებს ქართული მოჭიქვის ტექნიკას აზიურისგან [...] ეს მეთოდი (მწვანე ტონალობის მოჭიქული კრამიტი) პირველად გამოიყენეს საკათედრო ტაძრის წინ ორსართულიანი წმინდა ნიკოლოზის სახელობის ტაძრის თუნუქის გადახურვის შესაცვლელად (სურ. 89) და ამის შემდეგ გვერდითი სამრეკლოს გადახურვისთვის (სურ.90), და წმინდა გიორგის სახელობის ტაძრისათვის (სურ.91) საუკეთესო შედეგებით” (2015 წლის მისიის ანგარიშის მე-15 გვერდი).

ICOMOS-ის წარმომადგენელი [...] ეწვია თიხის კერძო სახელოსნოს, რომელიც აწარმოებს მოჭიქულ ფილებს, სადაც იგი დეტალურად გაეცნო პროცედურას [...] (სურ. 93, სურ. 94, სურ.95, სურ.. 96, სურ. 97, სურ.98)” (2015 წლის მისიის ანგარიშის 46 გვერდი).



ეკლესიის გადახურვის რესტავრაციისათვის მოჭიქული კრამიტის წარმოების პროცესის სურათები (2015 წლის მისიის ანგარიშის სურ. 88 და 95)

უნდა აღინიშნოს, რომ დღემდე არ ყოფილა დაყენებული არანაირი საკითხი ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის გუმბათის იმავე ხარისხის მოჭიქული წითელი კერამიკის კრამიტით გადახურვასთან დაკავშირებით.

ICOMOS აღნიშნავს, რომ ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის საკონსერვაციო მდგომარეობის შესახებ საინფორმაციო ანგარიშში არ არსებობს ახსნა იმისა, თუ რატომ არ გაგრძელდა მოჭიქული წითელი კერამიკის კრამიტის პირველი პარტიის გამოყენება, რომელიც როგორც დადასტურდა, კარგად ფუნქციონირებდა და შეიძლებოდა კირის ხსნარით ეფექტურად დაგებულიყო. არ არის ნახსენები მიზეზები, რის გამოც ისინი შეცვალეს ახალი თეთრი კერამიკული კრამიტით, არც ის სპეციფიკაციები, რომელთა საფუძველზეც შეირჩა თეთრი კერამიკული კრამიტების მეორე პარტია და დამტკიცდა საქართველოს ხელოვნებისა და კულტურის ცენტრის¹ მიერ - კონტრაქტორი ორგანიზაცია, რომელიც მუშაობს მსოფლიო მემკვიდრეობის ძეგლის სახურავზე.

¹ ა(ა)იპ ხელოვნების საერთაშორისო ცენტრი

გარდა ამისა, ICOMOS აღნიშნავს, რომ 2020 წლის ივლისში გამოქვეყნებულ ახალი ამბების სტატიაში გავრცელდა ინფორმაცია, რომ საქართველოს ხელოვნებისა და კულტურის ცენტრმა თქვა, რომ კრამიტების დაზიანების "პროგნოზირება შეუძლებელი იყო, რადგან არც ერთ [თეთრი კერამიკული] კრამიტს, რომელიც მოგვიანებით დადგინდა რომ გამოვიდა მწყობრიდან, არ ჰქონია ვიზუალური დეფექტების ნიშნები ინსპექტირებისას მათი წარმოების შემდეგ და რომ მათ ჩაუტარდათ ლაბორატორიული ტესტირება "მექანიკურ მახასიათებლებზე" სარეაბილიტაციო სამუშაოებში გამოყენებამდე"². სწორედ მას შემდეგ, რაც 2020 წელს სახურავების დაზიანება გამოვლინდა, "ადგილზე ჩატარებული შეფასებით დადგინდა, რომ ეს მოჭიქული კერამიკული კრამიტები დაბალი ხარისხის იყო და არ იყო შესაფერისი კირხსნარით გადახურვისთვის" (საინფორმაციო მოხსენება, გვერდი 2).

შემოთავაზებული რეკომენდაციები

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 1:

მეთოდოლოგიაზე და იმ სიფრთხილეზე მითითებით, რომლითაც უნდა მოექცეთ დაზიანებული ორიგინალი მოჭიქული კრამიტების რეკონსტრუქციას, ICOMOS შემოთავაზებთ პარმის საკათედრო ტაძრის (იტალია) გამოცდილებას, რისთვისაც შემუშავდა სამაგალითო ანალიზი შუა საუკუნეების მოჭიქული ფილების წარმოების ტექნიკისთვის (თან ერთვის ამ ტექნიკურ მიმოხილვას).

მსგავსი ანალიზი დაგეხმარებათ იმ სპეციფიკაციების ფორმულირებაში, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ახალი წარმოებული მოჭიქული ფილები და კირხსნარი, რათა თავიდან აიცილოთ მომავალი ხარვეზები.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 2:

თუ აღმოჩნდა, რომ გამოყენებული თეთრი კერამიკული კრამიტები არ აკმაყოფილებს სპეციფიკაციებს, მაშინ ამ კრამიტების მთელი პარტია უნდა შეიცვალოს (ანუ, უნდა მოშორდეს ყველა ზედაპირიდან) იმისდა მიუხედავად, ფილები უკვე დაზიანებულია თუ არა, რადგან დიდი ალბათობით დანარჩენი ფილები მომავალში მსგავს პრობლემებს გამოიწვევს. პროექტში არ არის ნათლად მითითებული თეთრი კერამიკით დამზადებული კრამიტების მთლიანად ჩანაცვლება, რის გამოც გაუგებარია, ფილები მთელ ზედაპირზე გამოიცვლება, თუ მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც ისინი დაზიანებულია:

- "დაზიანების სიმძიმის გათვალისწინებით, თეთრი კერამიკისგან დამზადებული კრამიტის მთლიანად გამოცვლა (სასურველია წითელი კერამიკის ფილებით, რომლებიც უკვე გამოცდილია და გამოყენებულია ეკლესიის ზედა ნაწილებზე)" (საპროექტო დოკუმენტაციის მე-4 გვერდი);
- "[...] მოეწყოს დროებითი გადახურვა სახურავის იმ მონაკვეთებზე, სადაც ფილები დაზიანებულია, ასევე დასავლეთ ფრთაზე (მთლიანად), წყლის შემდგომი შეღწევის თავიდან ასაცილებლად" (საპროექტო დოკუმენტაციის მე-3 გვერდი).
- "[...] კრამიტის საფარის შეცვლა ეტაპობრივად უნდა დაიწყოს (დაზიანებული ფილები უნდა მოიხსნას ისე, რომ სამუშაოებმა არ გამოიწვიოს ვიბრაცია და

² "Only 16 percent of Gelati monument roof damaged, says cultural heritage agency head" Agenda.ge, 2020 წლის 25 ივლისი.

ბურღვის შემთხვევაში დაუშვებელია ე.წ. პერფორატორის რეჟიმის გამოყენება)" (მე-4 გვერდი, პროექტის დოკუმენტაცია).

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 3:

გაუგებარია, რატომ არ გამოიყენებოდა უჟანგავი ფოლადის ლურსმნები ფილების საერთო ფიქსაციისთვის, არამედ ჩვეულებრივი ჟანგვადი რკინის ლურსმნები. ამიტომ, უჟანგავი ფოლადის ლურსმნებზე გადასვლის აუცილებლობა წარმოადგენს დამატებით მიზეზს სახურავის მთლიანი საფარის კრამიტის მოხსნისა და ხელმეორედ დაგებისთვის: "კრამიტის სამაგრი ჟანგიანი ლურსმნების გამოცვლა უჟანგავი ლურსმნებით" (პროექტის დოკუმენტაცია გვერდი 4).

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 4:

სახურავის კიდეებსა და ეკლესიის ვერტიკალურ კედლებს შორის შეერთებების გაკეთებისას მიზანშეწონილი იქნებოდა სპეციალური ზომების განხორციელება ამ საშიშ მონაკვეთებში წყლის ჩაჟონვის აღსაკვეთად. პრობლემის მოგვარების შესაძლო მეთოდებს შორის არის სპეციალური წყალამრიდი (flashing). სახურავის სპეციალური წყალამრიდი (flashing) გულისხმობს სხვადასხვა წყალგაუმტარი მასალების გამოყენებას ჩაღრმავებებში, ნაკერებში, კიდეებზე, სახურავის ღარებში და სხვა ნაკერებში/სიცარიელებში წყლის გაჟონვისა და დაზიანებების თავიდან ასაცილებლად.

ამ საკითხის მოგვარების შესაძლო გზებია:

- ვინაიდან კრამიტების ზუსტად მოჭრა შეუძლებელია, კარგი იქნებოდა სპეციალური კერამიკული ფილების წარმოება, რომლებიც წარმოქმნიდა "ღარს" წვიმის წყლის შესაგროვებლად. იმის გათვალისწინებით, რომ საერთო სახურავის გადახურვა მოითხოვდა 7 სახეობის მთავარ კრამიტს და 6 დამატებით სხვადასხვა ელემენტს (მაგ., ანტეფიქსები კრამიტის რიგების კიდეებისთვის; კრამიტის სპეციალური ნაჭრები, სადაც ფილების რიგები გაიშლება და ორმაგდება ზომაში და ა.შ.), შეიძლება განიხილოს კიდევ ერთი დამატებითი ელემენტის დამზადება აღწერილი მიზნისთვის;
- სპეციალური წყალამრიდი (flashing) - ეს არის ლითონის ფურცლები, რომლებიც ზომაზეა მოჭრილი სახურავის კიდეებზე მოსარგებად. ისინი, როგორც წესი, სახურავის კონსტრუქციის ქვეშ არის გაყვანილი, რაც ხელს უშლის წყლის შეღწევას. რაც მთავარია, სპეციალური წყალამრიდი (flashing) აჩერებს კონდენსაციას, რადგან ისინი წყალგაუმტარია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ისინი ხსნიან ნესტის პრობლემას. ამ შემთხვევაში, მამჭიდროვებელი(seal) მასალის გამოყენება სწორი იქნება, რადგან წყალს აქვს უნარი დაგროვდეს გადახურვის მასალების სხვადასხვა ფენებს შორის.

სპეციალური წყალამრიდის (flashing) დამონტაჟების შემდეგ გამოიყენება საიზოლაციო შემავსებლის (caulk) დამატებითი ფენა უმცირესი ხვრელების ჩასაკეტად. წყლით სახურავის დაზიანება უმეტესად ხდება უმცირესი ხვრელების გამო, რომლებიც რჩება სპეციალური წყალამრიდის (flashing) დამონტაჟების შემდეგ. ამიტომ სახურავის გმანვა, და ყველა ხვრელის ამოვსება აუცილებელია.

ლითონის სპეციალური წყალამრიდები (flashing) ყველაზე საიმედოა. გამოიყენება ალუმინი, სპილენძი, უჟანგავი ფოლადი და ტყვია. სპილენძის სპეციალური

წყალამრიდები (flashing) ყველაზე პოპულარულია, მაგრამ ლითონის არჩევანი დამოკიდებულია გადახურვის მასალის ტიპზე.

ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის მწვანე კრამიტების შემთხვევაში კარგი ხარისხის ტყვიის ჰიდროიზოლაციებმა შეიძლება უფრო მეტხანს გაძლოს და მათი დაზიანება პრაქტიკულად შეუძლებელია ტყვიის, როგორც ერთ-ერთი ყველაზე მტკიცე ლითონის თვისებების გამო, რომლებიც გადახურვისთვის გამოიყენება. გარდა ამისა, მას აქვს უზარმაზარი გამძლეობის პერიოდი - 500 წლამდე. იგი უნდა დაიგოს უქანგავი ფოლადის ლურსმნებით მყარი პლასტიკის საყელურების (შაიბები) გამოყენებით შენობის ქვის კედლის წყობაზე.

კედლის მხატვრობა ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის ინტერიერში

არსებული მდგომარეობა:

- ჩამოცვენილი ბათქაში ორიგინალი მხატვრობის ფრაგმენტებით დაფიქსირდა ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის დასავლეთ მკლავში მოწყობილი ხარაჩოს პლატფორმებზე.
- ჩატარდა კედლის მხატვრობის მდგომარეობის ანალიზი ღვთისმშობლის სახელობის ტაძარში, წმინდა გიორგის სახელობის ტაძარში და სამხრეთ კარიბჭეში; მდგომარეობის იდენტიფიცირება, დოკუმენტირება და კატეგორიზაცია ხდება შემდეგი ფაქტორების შესაბამისად:
 - ისტორიულად დაზიანებული / გაუარესებული მონაკვეთები;
 - ახლახანს (ანუ სახურავის რეაბილიტაციის შემდეგ) დაზიანებული / გაუარესებული მონაკვეთები.

გარდა ამისა ცვლილებების სიჩქარე და განაწილება განისაზღვრა იმისთვის, რომ დადგინდეს, გაუარესება აქტიურია თუ არა.

- ფასადებისა და ინტერიერის მდგომარეობის შეფასების შედეგად გამოვლენილია შესაძლო კავშირი ამ უკანასკნელებს შორის.



ღვთისმშობლის სახელობის ტაძარი: დასავლეთის ჯვრის მკლავის ცილინდრული კამარა (მსოფლიო მემკვიდრეობის ცენტრის / ICOMOS / ICCROM ბაგრატის ტაძარში და გელათის მონასტერში განხორციელებული საკონსულტაციო მისიის ერთობლივი ანგარიშიდან, მარტი 2010)

შემოთავაზებული რეკომენდაციები კედლის მხატვრობის ამჟამინდელ მდგომარეობასთან დაკავშირებით

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 5:

უზრუნველყოფილი უნდა იყოს საჭირო დრო, რომ ტენიანობის და მარილების წარმოქმნის ფენომენი თავისთავად, ძირითადად ბუნებრივი გზით აღიკვეთოს. მხატვრობის მკვეთრმა გაშრობამ შეიძლება გამოიწვიოს „შოკი“, რის შედეგადაც მარილები შეიძლება პიგმენტის შიგნით დარჩეს, ან აქერცვლის პირობები შეიქმნას.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 6:

ნესტის მოშორების პროცესს შეიძლება "ხელი შეუწყოს" ფრესკების ზედაპირიდან მარილების ფრთხილად და პერიოდულად მოცილებამ მექანიკური მეთოდებით. ამასთან, დიდი სიფრთხილეა საჭირო, რომ ამ გადაუდებელი სამუშაოების დროს არ მოხდეს ფრესკების ორიგინალი მასალის დაზიანება (პიგმენტის ან სუბსტრატის), რადგან მან შესაძლოა დაკარგა თავდაპირველი კოჭეზიის უნარი. ამიტომ, ალბათ, მარილის მოშორება უნდა შეუთავსოთ კედლის მხატვრობის ადგილობრივ კონსოლიდაციას იაპონური ქაღალდის გამოყენებით.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 7:

- ჩატარდეს კედლის მხატვრობის მდგომარეობის გრძელვადიანი მონიტორინგი მთელ სამონასტრო კომპლექსში.
- ჩატარდეს ზუსტი დიაგნოზირება მდგომარეობის გაუარესების გამომწვევი მიზეზების შესახებ და მიუთითეთ, მოხდა თუ არა ძველი კერების გააქტიურება თუ ახლის წარმოქმნა, აგრეთვე მათი წარმოშობის მიზეზები (მაგ. სახურავის გადახურვის დეფექტები, წყობის ბზარები, ღია ნაკერები კედლის ზედაპირსა და გუმბათებს შორის, ან კედლებსა და სახურავის კონსტრუქციას შორის, და ა.შ.).
- შეადგინეთ გამოსასწორებელი ღონისძიებების/ინტერვენციების დეტალური გეგმა.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 8:

კედლის მხატვრობის დიაგნოზი, გადაუდებელი გადარჩენის სამუშაოები და საკონსერვაციო და სარესტავრაციო სამუშაოები უნდა ჩაატაროს კედლის მხატვრობის კონსერვაციის სპეციალიზებულმა ჯგუფმა.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 9:

კედლის მხატვრობის საკონსერვაციო და სარესტავრაციო სამუშაოების განმავლობაში აუცილებელია, რომ შესაბამისი კედლის გარე ზედაპირები მთლიანად მშრალად დარჩეს და დაცული იყოს წვიმისგან (ვერტიკალური და გვერდითი სიბრტყეები), და ნებისმიერი სახურავიდან შესაძლო ნესტის შეღწევისგან.

შემოთავაზებული რეკომენდაცია 10:

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს დასკვნა, რომ საჭიროა ტაძრის სახურავის მთლიანი გარე ზედაპირის დაფარვა (ალბათ გუმბათის გარდა) დამცავი დროებითი გადახურვით და ხარაჩოებით, სანამ არ დასრულდება ზემოხსენებული სამუშაოები სახურავზე და კედლის მხატვრობაზე ინტერიერში. ამას ასევე მხარს უჭერს შემდეგი შენიშვნა პროექტის ტექსტში: *”თუმცა, რადგან ხარაჩოების არარსებობის გამო გადახურვის მდგომარეობა ჯერ კიდევ არ არის სრულყოფილად შემოწმებული, არ არის დადგენილი ის სამუშაოები, რომლებიც შესასრულებელია პროექტში მითითებული ხარაჩოების გამოყენებით“* (პროექტის დოკუმენტაციის მე-3 გვერდი).

დასკვნები

ზემოთ წარმოდგენილი ანალიზის შედეგად ICOMOS სახელმწიფო მხარეს სთავაზობს შემდეგი სახის რეკომენდაციებს:

- 1) მოკლე ვადაში დაასრულოს ხარაჩოს მშენებლობა დროებითი გადახურვით, რომელიც მოიცავს არა მხოლოდ დაზიანებული გადახურვის უბნებს, არამედ ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის მთელ სახურავს (ალბათ გუმბათის გარდა) ისე რომ არ მოხდეს წვიმის წყლის ან ტენიანობის რაიმე ფორმით შეღწევა მომავალი ზამთრის განმავლობაში.
- 2) დროებითი გადახურვა ისე უნდა მოეწყოს, რომ შესაძლებელი იყოს შეფასებითი სამუშაოების განხორციელება წყლის შეღწევადობის და გადახურვის სხვა დაზიანებების დასადგენად, რომლებიც გამოწვეულია დამტვრეული კრამიტით, ასევე საწვიმარი ღარის კონსტრუქციის დეფექტებით ქვის კედლებისა და გადახურვის ბმებზე და ა.შ.. შესაბამისი კვლევების დასრულება და ლაბორატორიული ტესტირება. დროებითმა გადახურვამ ასევე უნდა შეძლოს ტაძრის ფრესკების [კედლის მხატვრობის] დაცვა შესაძლო ტენიანობისგან.
- 3) ზემოთ შემოთავაზებულ სამუშაოებმა უნდა ჩამოყალიბოს საბაზისო კომპონენტების კონსერვაციის მართვის ყოვლისმომცველი გეგმისა, რომელიც უნდა შეეხებოდეს საკითხებს, რომლებიც შეიძლება დაიყოს სამ ფართო ჯგუფად:
 - ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის გადახურვა;
 - ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის ქვის წყობის მდგომარეობა;
 - ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის შიგნით ფრესკების [კედლის მხატვრობის] საკონსერვაციო მდგომარეობა.

კონსერვაციის მართვის გეგმა, არსებული პირობების გაანალიზებისა და პრობლემების მიზეზების დადგენის შემდეგ, უნდა შეიცავდეს შემოთავაზებულ მეთოდოლოგიას პრობლემების თითოეული ჯგუფის გადასაჭრელად. კონსერვაციის მართვის გეგმა შეიძლება დაიყოს განხორციელების სხვადასხვა ფაზად (თითოეული კომპონენტისთვის ან მათთვის განკუთვნილი ზოგიერთი შემოთავაზებული ქმედებისთვის) კომბინირებული სამოქმედო გეგმის შესაბამისად. დასრულების შემდეგ, კონსერვაციის მართვის გეგმა უნდა წარედგინოს მსოფლიო მემკვიდრეობის ცენტრსა და მრჩეველ ორგანოებს, რაიმე ზომების მიღებამდე, განსახილველად კონვენციის აღსრულების სახელმძღვანელო პრინციპების 172-ე პარაგრაფის შესაბამისად.

- 4) ICOMOS მიიჩნევს, რომ შემოთავაზებული „გამოვლენილი ხარვეზების გამოსასწორებელი ღონისძიებებისა და ქმედებების მოკლევადიანი სამოქმედო გეგმა" ადეკვატურად პასუხობს გადაუდებელი დაცვის ღონისძიებების მოთხოვნებს, აგრეთვე ღვთისმშობლის სახელობის ტაძრის კონსერვაციის მართვის გეგმის შესწავლის წინაპირობებს. ამრიგად, რეკომენდირებული იქნება, რომ სახელმწიფო მხარემ შემოთავაზებული მოკლევადიანი სამოქმედო გეგმის ფარგლებში შემოთავაზებული რეკომენდაციები შეასრულოს და განახორციელოს ქმედებები, იმისათვის რომ განაგრძოს კონსერვაციის მართვის გეგმის შემუშავება.

არაოფიციალური თარგმანი

ICOMOS მზად არის შემდგომი განმარტებებისთვის ან დახმარებისთვის ზემოთ აღწერილ საკითხთან დაკავშირებით საჭიროებისამებრ.

ICOMOS, Charenton-le-pont

დეკემბერი, 2020

დანართი: „პარმის საკათედრო ტაძრის შპილი: მოჭიქული აგურებისა და კირის ხსნარის ანალიზი“, ევროპული კერამიკული საზოგადოების ჟურნალი, # 33, გამოცემები 13-14, 2013 წლის ნოემბერი, გვერდები 2801-2809

პარმის საკათედრო ტაძრის შპილი: მოჭიქული აგურებისა და ხსნარების ანალიზი

ელიზა ადორნი*

პარმის უნივერსიტეტი, სამოხელაქო-გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და არქიტექტურის დეპარტამენტი, via G. Usberti 181/A, 43124 პარმა, იტალია
მიღებულია 2013 წლის 18 თებერვალს; შესწორებული სახით მიღებულია 2013 წლის 9 აპრილს; დასაბეჭდად მიღებულია 2013 წლის 18 აპრილს. ხელმისაწვდომია ინტერნეტით, 2013 წლის 19 მაისი

ანოტაცია

2009 წლის ოქტომბერში პარმის ტაძრის შპილზე ელვის დაცემამ ხანძარი გამოიწვია. სახანძრო ბრიგადის მუშაობის წყალობით შესაძლებელი გახდა შპილის თავდაპირველი ჭერის აღმოჩენა, რომელიც მოპირკეთებული იყო დიქრომატული მოჭიქული აგურით - თეთრი და შავი (XIV საუკუნის). ორიგინალური მასალები დაშლილი იყო როგორც ხანძრის დროს წარმოქმნილი მაღალი ტემპერატურის, ასევე ტექნიკური მომსახურების არარსებობის გამო. სტატიაში წარმოდგენილია მე-14 საუკუნის მოჭიქული აგურის პირველი კვლევა მდინარე პოს ხეობაში (იტალია), რომლის მიზანია დიქრომატული მოჭიქული აგურის ქიმიური, მინერალოგიური და პეტროგრაფიული მონაცემების შეგროვება. გაანალიზდა აგურის ნიმუშები სხვადასხვა სახის ჭიქურებით და ხსნარები, რომლებიც ხანძრის სხვადასხვა ზემოქმედების ქვეშ მოექცა. კვლევისას გამოყენებული იყო შემდეგი მეთოდები: ფხვნილის X-სხივის დიფრაქცია, ოპტიკური მიკროსკოპია, ელექტრონული მიკროსკოპიის სკანირება, ინდუქციურად დაწყვილებული პლაზმური ატომური ემისიური სპექტროსკოპია და რამან-სპექტროსკოპია. Ca-ით მდიდარ პასტაზე წასმულ ჭიქურებში ტყვიის მაღალი შემცველობაა (41–57 მასური%), კალს მაღალი შემცველობაა (19–24 მასური %) თეთრ გაუმჭვირ ჭიქურებში, და მანგანუმი დაახლოებით 4.0 მას. % აღმოჩნდა შავ ფილებში. ტიპოლოგიური და ისტორიული ანალიზის საშუალებით განისაზღვრა აგურისა და ჭიქურების წარმოების ტექნიკა. ხსნარები ძირითადად შედგება კირის შემცვერელისა და კარბონატული შემავსებლისგან. © 2013 Elsevier Ltd. ყველა უფლება დაცულია.

საკვანძო სიტყვები: ჭიქურა; აგური; ხსნარები. SEM-EDS; ICP-AES

1. შესავალი

2009 წლის ოქტომბერში პარმის ტაძრის შპილზე ელვის დაცემამ ხანძარი გამოიწვია (სურ. 1). სახანძრო ბრიგადის მუშაობის შედეგად შესაძლებელი გახდა კონსტრუქციული შპილის თავდაპირველი ჭერის აღმოჩენა, რომელიც მე-14 საუკუნეში აშენდა თეთრი და შავი მინანქრიანი მომრგვალებული აგურის ელემენტებით (სურ. 2). ძვირფასი დიქრომატული სახურავი მოპირკეთდა XVI საუკუნის ბოლოს.

ლიტერატურაში ინტენსიურად არის შესწავლილი აზიის, სირიის და ეგვიპტის ტერიტორიების მოჭიქვის ტექნიკა: ადრეული ისლამური,^{1,2} პრეისლამური³ და ორივე.⁴ რამდენიმე კვლევა ჩატარდა ესპანეთის და პორტუგალიის მოჭიქულ კერამიკაზე.^{5–8}

მოჭიქვის ისტორიისა და წარმოების ტრქნოლოგიის დეტალური აღწერის ნახვა შესაძლებელია ლიტერატურაში.^{2,10–12} კერძოდ, ზოგიერთ კვლევაში გაანალიზებულია ტყვიის მაღალი შემცველობის მინანქრები და ტუტე-ტყვიის მინანქრები,² კალის ოპაციფაიერი (გამამუქებელი) მინანქრები,^{4,9} შეღებვის,^{8,12,13} მინანქრის დადების მეთოდები პირდაპირ ჰაერზე გამშრალ კერამიკის ნაკეთობაზე, ან პირველი გამოწვის შემდეგ (ბისკვიტის-გამოწვა)² და ურთიერთქმედება მინანქრისა და კერამიკის სხეულს შორის.^{2,5}

იტალიაში კვლევების უმეტესობა ჩატარებულია ცენტრალური რეგიონების მოჭიქულ კერამიკაზე,¹⁴ მაგ. გუბიოს და ორვიეტოს,¹⁵ სიენას,¹⁶ არანაირი კვლევა არ ჩატარებულა პოს ხეობის მომინანქრებულ აგურებზე.

ლიტერატურაში ასევე მოიპოვება მთელი რიგი კვლევების კერამიკის გამოწვის ტემპერატურის დადგენაზე, განსაკუთრებით არქეოლოგიაში: თიხით მდიდარი მასალების მინერალოგიური, ტექსტურული და ქიმიური ტრანსფორმაცია გამოწვის დროს.^{17–19}

კვლევაში წარმოდგენილია მე-14 საუკუნის მოჭიქული აგურის პირველი ორიგინალური კვლევა პოს ხეობაში, ჩრდილოეთ იტალიაში. ქვის თავდაპირველ წყობაზე შეგროვდა მრავალი ნიმუში, მოჭიქული აგურები და კირის ხსნარი, რათა დახასიათებულიყო პარმის საკათედრო ტაძრის უძველესი შპილის მოპირკეთების დედანი მასალები წარმოების ტექნიკის დადგენის გზით აგურისა და მინანქრის მინერალოგიური, პეტროგრაფიული და ქიმიური ანალიზის საშუალებით. კერძოდ, გამოწვის პროცესი დადგინდა აგურის ფორმის შესწავლისა და მოჭიქვის ზოგიერთი დეფექტის აღმოჩენის გზით.

ასევე ჩატარდა მე-14 საუკუნის და მე-16 საუკუნის შპილების კირხსნარების დახასიათება მასალების წარმოშობისა და ორიგინალური რეცეპტების დასადგენად.



სურ. 1. პარმის ტაძრის პანორამული ხედი ხანძრამდე. შპილს ისევ ჰქონდა სპილენძის საფარი, რომელიც ახლა მოხსნილია

2. ისტორიული შენიშვნა

პარმას საკათედრო ტაძარი აიგო 1050 წელს ადრეული ქრისტიანული ტაძრის ადგილას, რომელიც V საუკუნით თარიღდება..

ნაგებობა აშენდა უნიკალური კომპოზიციური სქემის მიხედვით, სამი ნავით, აფსიდებით, გამოწეული ტრანსეპტიტ და საძვალეთი რომის ეკლესიათა ტრადიციების დაცვით პოს არეალში.

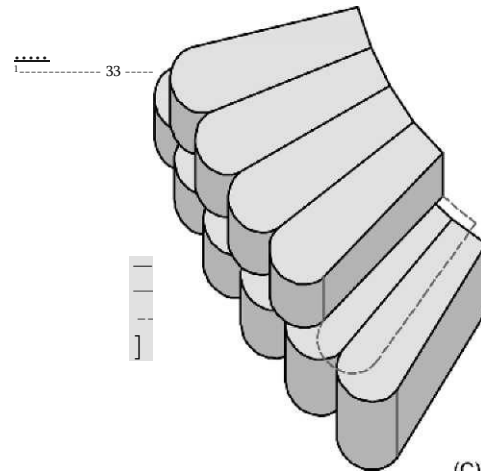
სამრეკლოს მშენებლობა 1284 წელს დაიწყო, როდესაც ანტიკური ტაძრის კოშკი დაანგრეს. 1291 წელს შენობა ზარების კოშკის სიმაღლემდე აამაღლეს.

დოკუმენტებით დასტურდება, რომ კოშკის ფრესკული-არქიტექტურული ნაწილები უკვე დასრულებული იყო 1294 წელს.²⁰ Salimbene De Adam-ის ქრონიკის თანახმად,²⁰ კონუსური შპილი აშენდა 1336 წლის შემდეგ და მე-15 საუკუნემდე პერიოდში.

კონუსური შპილის მოდელი რადიალური აგურით მე -13 საუკუნიდან იყო გავრცელებული პოს ხეობაში: იხილეთ ფიაჩენცას ტაძრის სამრეკლო და სან დონინოს ბაზილიკა ფიდეცაში, პარმაში (სურ. 2). სხვა უფრო ბოლოდროინდელი მაგალითებია მაიოლიკას შპილები სიცილიაში, დოკუმენტირებულია 1579 წლიდან სან ჯაკომოს შპილის მშენებლობისთვის კოლეზანოში (პალერმო), დღეს დანგრეულია.²¹

პარმაში პრიმიტიული მოჭიქული აგურის ქვის წყობა მე-16 საუკუნის ბოლომდე გრძელდება, როდესაც მასალების გაუარესების გამო შპილი სპილენძის სახურავით გადახურეს. ჯორჯო ედოარი და ერბას პროექტი შესრულდა 1596 წელს.

XVI საუკუნის ბოლოდან ბოლო ხანძრამდე თავდაპირველი საფარი არ ჩანდა.



სურ. 3. (A) აგურის ზომები და ფორმა. (B) და (C) აგურის გადაფარვის მოდელი.

დიქრომატული აგურის დეკორაცია საუკუნეების

განმავლობაში დამალული იყო..²²

კონუსური შპილი, სიმაღლე 15 მ, ქვის წყობა ტრაპეციული კუთხოვანი, რომელსაც ამოზნექილი გარე პროფილი აქვს მორიგეობით შეცვლილი მიმართულებებით (სურ. 3). აგურების გარე ნაწილი დაფარულია დიქრომატული მინანქრით, თეთრი და შავი. (სურ. 2). ორფეროვანი რიგები შედგება 4 თეთრი აგურისა და 4 შავი აგურისგან.

ზოგი სოლისებრი აგური უფრო წაწვეტებულია, რომ შპილის გარშემო განლაგდეს ზედმეტი ხსნარის გამოუყენებლად და აგურების რადიალური განლაგება დაკორექტირდეს.

კონსტრუქცია ეყრდნობა 16-გვერდა მრავალკუთხა საძირკველს, რომელიც შედგება გლუვ ზედაპირიანი აგურების თანაბარი მწკრივებისგან და შემცირებულია სამშენებლო ხსნარიანი ნაკერები. ქვის წყობის სიღრმეა დაახლოებით 33–35 სმ, ანუ აგურის სისქე, რომლისგანაც სტრუქტურაა შექმნილი.

შპილის წვერში ქვების კონუსზე (ქვიშაქვა და ვიჩენცა ქვა)

დგას ოქროს ანემოგრაფის ანგელოზი.



სურ. 2. კონუსური შპილის დეტალი, შესრულებული დიქრომატული მოჭიქური აგურებით: შავი და თეთრი. ქვის წყობაში შეინიშნებადაზიანებები. ზზარები და ეროზია.

2.1. საკონსერვაციო მდგომარეობა

ხანძრის შემდეგ სპილენძის მთელი საფარი მოიხსნა; სარდაფის ხის ძეგლის (კოჭის) გარდა უძველესი ჩარჩოდან აღარაფერი დარჩა. რკინის ლურსმნები ქვის წყობაზე დარჩა ჩამაგრებული; ისინი XVI საუკუნეში იყო ჩასმული ქვისა და გადახურვის ანკერული ჩამაგრების სახით.

უძველესი ქვის წყობის სტრუქტურა ისედაც ცუდ მდგომარეობაში იყო და ხანძარმა კიდევ უფრო გააუარესა. (სურ. 2).

ქვის წყობაში აღინიშნებოდა ღრმა ბზარები, ზოგ ადგილას კი ძლიერი ეროზია და ლაკუნები. ჭიქურებზე ზედაპირული ბზარები და ცვლილებები აღმოჩნდა, რომლებიც, სავარაუდოდ, გამოწვეული იყო ხანძრის დროს მაღალი ტემპერატურითა და შემდეგ წყლის ჭავლით მიყენებული თერმული შოკით. ჭიქურის ზედაპირზე სპილენძის გადამდნარი ფენა იყო დარჩენილი - ვარდისფერი ჩრდილები, ალბათ ხანძრის დროს შექმნილი აღმდგენელი გარემოს შედეგად (ცეცხლი განვითარდა სპილენძის საფარსა და ქვებს შორის არსებულ სივრცეში), მინანქრებზე ჩანდა მცირე ზომის ზედაპირული ბზარები, მოგლეჯილი ნაწილებითა და ბუმტუკებით.

სამშენებლო ხსნარზე ადგილი ჰქონდა დეკოპეზიას (გადავიდა ფხვნილის კონსისტენციაში) და ზედაპირის გაშავენას თერმული შოკის და კვამლის შედეგად.

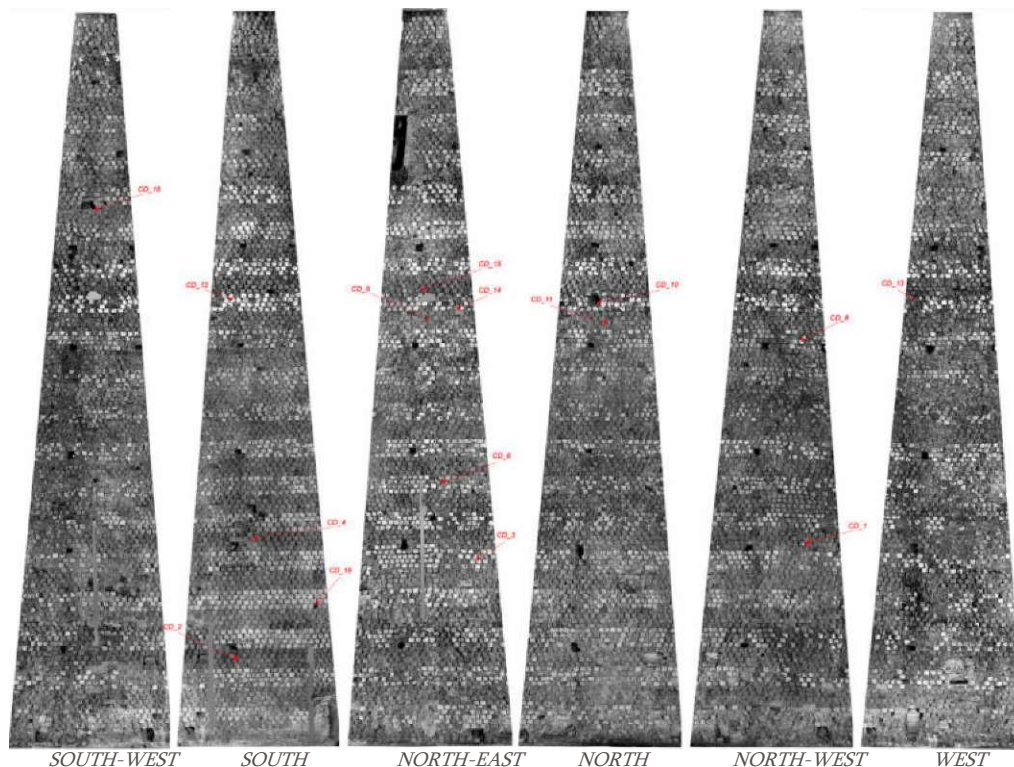
3. ანალიტიკური მეთოდები

შპილის სხვადასხვა დონეზე შეგროვდა სხვადასხვა ფერის, თეთრი და შავი მოჭიქული აგურის ცხრა ნიმუში, სამშენებლო ხსნარის ექვსი ნიმუში და ბათქაშის ორი ნიმუში (სურ. 4).

ნიმუშების აღება დაგეგმილი იყო შპილის მშენებლობის ორი ეტაპის წარმოსადგენად: მშენებლობა (XIV საუკუნე) და მოგვიანებით, დაფარვის ინტერვენცია (XVI საუკუნე).

მოჭიქული აგური და სამშენებლო ხსნარი გამოიკვლიეს პეტროგრაფიული, მინერალოგიური და გეოქიმიური მეთოდებით, მინანქრის, აგურისა და ხსნარების მახასიათებლების განსაზღვრის მიზნით. კვლევის მეთოდები იყო შემდეგი:

- ადგილზე მაკროსკოპიული დაკვირვებები; კერძოდ, ფერი, სტრუქტურა, მინანქარი - აგურის ურთიერთქმედება, ზედაპირული ასპექტი, დამზადების ტექნიკა და პათოლოგია.
- ოპტიკური მინერალოგიური მიკროსკოპია, გატარებული და არეკლილი სინათლე (Nikon Eclipse LV100 POL), თითოეული სინჯის სამი შლივი.
- ელექტრონული მიკროსკოპის სკანირება (JEOL 6400, Jeol Ltd., ტოკიო, იაპონია) ენერგო-დისპერსიული სისტემური მიკრო ანალიზი (Oxford Isis 300, Oxford Instruments, Abingdon, UK) ოქროთი ან ნახშირბადით დაფარულ გაპრიალებულ შლივებზე.
- ფხვნილის X-სხივის დიფრაქცია (Philips PW-1710 დიფრაქტომეტრი, Cu K_α, რადიაცია, [Philips Analytical Inc., Natick, MA]; ბიჯის ზომა: 0.05°; სკანირების სიჩქარე: 0.750000; სკანირების რეჟიმი: Step; λ : 1.540562) X Powder Ver. 2004.04.47 Proprogram (PDF2 მონაცემთა ბაზა).²³
- რამან-სპექტროსკოპია (Jobin-Yvon Horiba LabRam Raman მიკრო სპექტრომეტრი).
- აგურების და ხსნარის ფხვნილის ძირითადი ელემენტების და კვალის ელემენტების ქიმიური ანალიზი ინდუქციურად დაწყვილებული პლაზმური ატომური ემისიური სპექტროსკოპიით და რამან-სპექტროსკოპიით



სურ. 4. შპილის კვლევა სიხვერის ადგილის ადგილის მიხედვით.

(ICP-AES - FUS-ICP ანალიზის მეთოდი) (8 გრ თითოეული სინჯის, შემკვრელთან და შემავსებელთან ერთად).

ხსნარების მახასიათებლები, ფორიანობა, მარცვლოვანი მორფოლოგია და ზომა განისაზღვრა ოპტიკური ანალიზით, იტალიის სტანდარტის შესაბამისად Normal 12/83.²⁴ შემავსებელი/შემკვრელის თანაფარდობის შესაფასებლად გამოიყენეს მოცულობითი პროცენტის შეფასების დიაგრამები^{25/26}; ფორიანობის შესაფასებლად გამოიყენეს გამოსახულების (იმიჯის) ანალიზი.

4. ექსპერიმენტული შედეგები და დისკუსია

4.1. წარმოების ტექნიკა

აგურისა და კედლის წყობის ანალიზით განისაზღვრა უძველესი წარმოების ტექნიკა. აგურების შესწავლით (სურ. 3A) და ქვის წყობის ნაწილის ამოღებით რესტავრაციის დროს განისაზღვრა ქვის წყობის აგების სისტემა (სურ. 3B და C).

აგურის განსაკუთრებული ფორმის ანალიზმა და ზოგიერთ აგურზე ჰორიზონტალური ჩამოსხმული მინაწერის აღმოჩენამ (სურ. 5A), ხელი შეუწყო წარმოებისა და გამოწვის პროცესების განსაზღვრას: აგურები, ჯერ კიდევ გამოუმწვარი, ხელით იყრებოდა მინაწერში, შემდეგ აწყობდნენ როგორც ნაჩვენებია სურ. 6B და გამოწვავდნენ ღუმელში.

სავარაუდოა, რომ ღუმელში სივრცის ოპტიმიზაციის მიზნით აგურები ერთმანეთთან ახლოს იყო დაწყობილი. ეს ვარაუდები დადასტურებულია აგურის მინერალოგიური ანალიზით, რომელმაც აჩვენა არათანაბარი ერთჯერადი გამოწვა.

გარდა ამისა, ჰორიზონტალური ჩაზნექვის არსებობა (სურ. 5A) მიუთითებს იმაზე, რომ თეთრი და შავი აგურების გამოწვა ხდებოდა ერთმანეთზე დაწყობით, ერთად.

4.2. აგურები

კერამიკის პასტა არის მაღალ კირიანი თიხა 19-21 წონითი% CaO და 47-52 წ. % SiO₂ (ცხრილი 1), რკინის ოქსიდის შემცველობით <5 წონ. %. ქიმიური ანალიზის შედეგებმა აჩვენა არსებითად ერთგვაროვანი შემადგენლობა. კირიანი თიხის სხეულებში რკინის ოქსიდები შედის კალციუმის და რკინის სილიკატებში, ამიტომ არის გურის პასტა ღია ვარდისფერი, რის გამოც მცირე რაოდენობის გამამუქებლის დამატებით მინაწერში შესაძლებელი იყო აგურის დაფარვა.^{25,14}

ქიმიურ ანალიზთან ერთად ჩატარდა პასტის მინერალოგიური დახასიათება. ფხვნილის დიფრაქციით გამოვლენილია კვარცის, ნარჩენი კალციტის, ახლად ფორმირებული დიოპსიდის და გელენიტის, ანორტიტის და სანიდინის მნიშვნელოვანი რაოდენობები. ყველა ნიმუშში გამოვლინდა ახლად ფორმირებული დიოპსიდის, გელენიტისა და ანორტიტის კვალი. კალციტის დაშლა დამჟანგავ ატმოსფეროში ხდება დაბალ ტემპერატურაზე, 800°C-ზე ზემოთ თავისუფალი CaO რეაგირებს თიხასთან და SiO₂-თან ახალი ფაზების წარმოქმნით: გელენიტი, დიოპსიდი და პლაგიოკლაზი (ანორტიტი). ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ გელენიტის კრისტალების წარმოქმნა იწყება 800°C-ზე რეაქციით, რომელიც წარიმართება CaO, Al₂O₃ და SiO₂ -ის მარცვლების ზედაპირულ საზღვრებზე და 900 °C-დან სწრაფად ქრება.^{13,17,28,29}

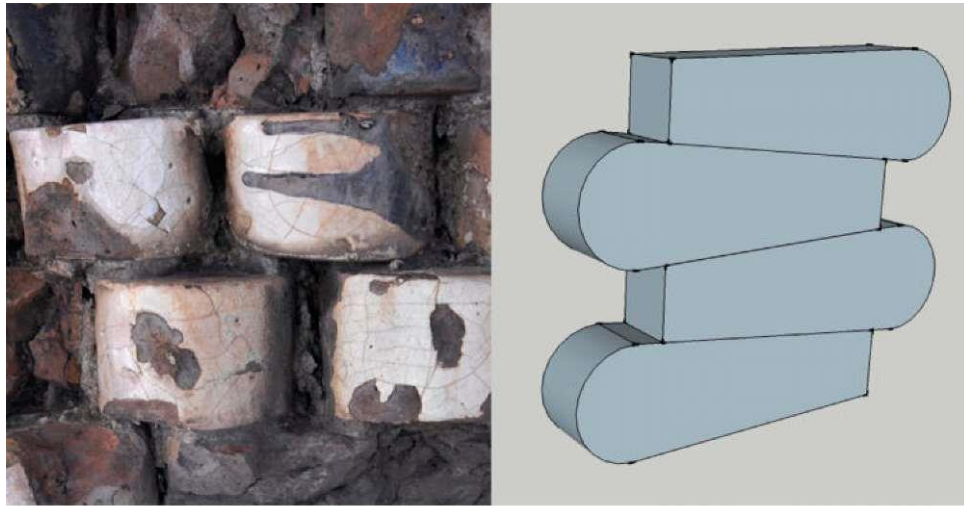
ახალი წარმონაქმნის - დიოპსიდის, ანორტიტის და გელენიტის არსებობა მიუთითებს გამოწვის ტემპერატურაზე - დაახლოებით 900-950°C. CD_1, CD_2 და CD_14 ნიმუშებში

კალციტის მაღალი შემცველობა მაღალი ტემპერატურის ფაზებთან ერთად შეიძლება მიანიშნებდეს არათანაბარ გამოწვაზე, რომელიც გამოწვეულია ჰაერის დაბალი ცირკულაციით, ან აგურის დაგროვებით (Fig. 5B), ან მათი განსხვავებული პოზიციით ღუმელში ცეცხლის მიმართ.

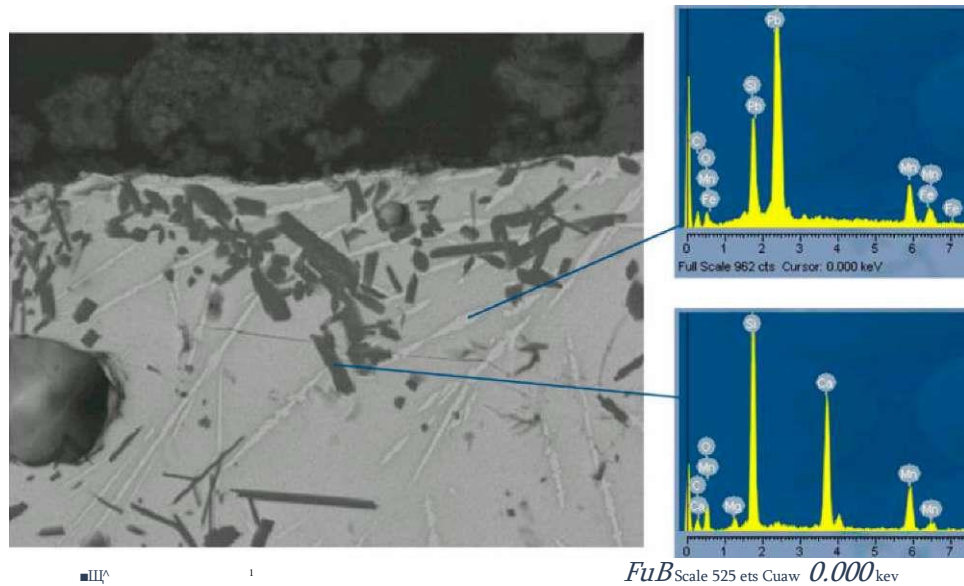
ნიმუშების თიხის მატრიცას აქვს ძირითადად ერთგვაროვანი ტექსტურა, რომელსაც ახასიათებს ღია და დახურული ფორები (ფორების ზომა: 0,02-4 მმ), რამდენიმე შემთხვევაში ისინი პირველადი წარმოშობისაა ცომის მომზადების თვალსაზრისით, ხოლო უმეტესი ნაწილი მეორადი წარმოშობისაა, წარმოიქმნება სითხეების გამოყოფის შემდეგ იმავე ფაზის დაშლის დროს, რომელიც წარმოქმნის მათ. აგურის სხეულში შედის კვარცის კრისტალები, ქვის ფრაგმენტები, შეცვლილი მიკა მინერალები, აპატიტის მინერალები, Fe-ოქსიდები და Ti-ოქსიდები. მინერალები ზონირებული კომპოზიციისაა, გამოწვის პროცესის და კოროზიული რეაქციის შედეგად, რაც წელი კინეტიკის მაჩვენებელია.³⁰

4.3. მინაწერები

აგურის ნიმუშები შედგება კერამიკის ნაწილისგან, რომელსაც აქვს ტყვიის მაღალი შემცველობის მინაწერის ფენა (PbO 41-57 წონ.%) ორი ფერის - თეთრი და შავი. მინაწერების გამოკვლევა ჩატარდა ელექტრონული მიკროსკოპიის სკანირებით EDS მიკროანალიზით, ინფორმაციის მისაღებად მათი ქიმიური (ცხრილი 2) და მინერალოგიური მახასიათებლების შესახებ.



სურ. 5. (A) შავი მინანქრის შავი წვეთები თეთრ მოჭიქულ აგურზე. (B) ღუმელში დაწყობილი აგურის რეკონსტრუქცია გამოწვევის დროს..



სურ. 6. ნიმუში CD_2. მთელ შავ მინაქარზე ჩანს თხელი კრისტალური მესერი, რომლებიც წარმოიქმნა გამოწვის დროს; შავი მარცვლები შედგება Si, Ca და Mn (ED სპექტრი). ამრიგად, შავი პიგმენტი მიეწერება MnO-FeO ნაერთს.

ცხრილი 1
ძირითადი ელემენტები (ოქსიდი წონ.%) და კვალის ელემენტები (წონ.ppm) საკვლევი აგურებში.

სინჯი	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (T)	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	Total	Ba	Sr	Y	Sc	Zr	V
აგური																		
CD_2	52.59	12.33	4.86	0.118	2.36	19.32	0.91	1.66	0.608	0.19	5.59	100.54	368	588	25	12	151	82
CD_3	47.01	10.55	4.31	0.122	2.16	21.69	0.91	1.68	0.516	0.28	8.98	98.21	352	672	23	10	139	79
CD_4	51.36	11.65	4.79	0.148	2.43	21.38	1.01	2.38	0.581	0.41	2.25	98.39	435	750	24	11	144	76
CD_8	48.36	11.33	4.49	0.113	2.23	19.76	0.77	1.82	0.555	0.22	10.65	100.30	391	597	24	11	136	88
ხსნარი																		
CD_13	26.11	3.61	2.37	0.151	1.28	36.54	0.32	0.70	0.150	0.16	29.03	100.42	198	1043	12	5	49	44
CD_18	20.67	3.05	1.76	0.123	1.00	38.61	0.36	0.58	0.133	0.18	32.5	98.97	263	1054	12	4	36	42
CD_9	27.01	3.64	2.23	0.168	1.12	35.08	0.22	0.42	0.153	0.14	29.54	99.72	131	655	13	5	45	53
CD_12	24.00	3.08	1.91	0.144	1.11	36.04	0.28	0.56	0.130	0.19	30.87	98.31	205	780	12	4	41	58
CD_10	5.30	1.29	0.57	0.021	0.98	34.01	0.23	0.36	0.060	0.26	11.49	54.57	58	1034	2	2	22	17
CD_16	5.97	1.45	0.61	0.021	1.02	35.71	0.18	0.46	0.067	0.05	9.42	54.96	65	1076	3	2	19	17

წონ.% = წონითი პროცენტული; ppm wt = ნაწილი მილიონზე; LOI შეიცავს H₂O და CO₂; T = ჯამური Fe, Fe₂O₃ სახით.

ანალიზის შედეგად გამოვლინდა, რომ თეთრი და შავ ჭიქურებს მსგავსი შემადგენლობა აქვთ: ნიმუშებს აქვთ SiO₂-PbO-ის იგივე თანაფარდობა და განსხვავდებიან მხოლოდ FeO-MnO არსებობით შავ ჭიქურში და კალას არსებობით - თეთრში.

ტუტეების საერთო შემცველობა ნაკლებია 1 წონ% -ზე (Na₂O + K₂O), Al₂O₃ = აახლ. 1% (გარდა CD_2), რაც გვაფიქრებინებს რომ ყველა ნიმუშში ჭიქურის დამზადებისას იყენებდნენ საკმაოდ სუფთა კვარცის ქვიშას.⁵

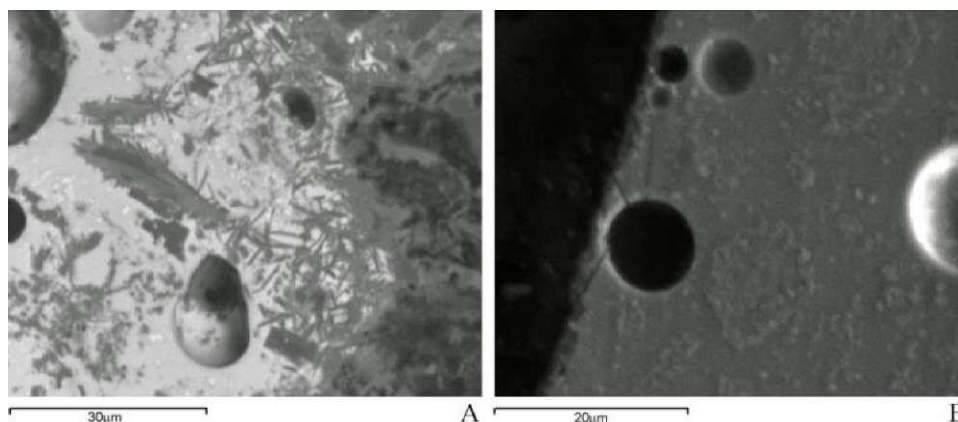
თეთრი ჭიქური მიეკუთვნებოდა 'კალას და ტყვიის მაღალი შემცველობის ჭიქურებს': ტყვიის გარდა ისინი შეიცავდნენ დიდი რაოდენობით SnO₂. კასიტერიტის კრისტალებს ამატებდნენ გამოწვის დროს ნაკადის დინების პროცესის გასაუმჯობესებლად და გაუმჭირი ჩრდილის მისასწიქებლად.³¹

ცხრილი 2
ჭიქურების ენერგო დისპერსული რენტგენული სპექტროსკოპიული მიკროანალიზის შედეგები (წონ.%)^a

ნიმუშები	Na ₂ O	MgO	AlO ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	SnO ₂	FeO	PbO
CD_1	B	0	0.40	1.00	34.60	0	2.52	3.80	0	57.48
CD_2	B	0.34	0.90	5.17	33.01	1.41	10.02	4.20	0	42.19
CD_3	W	0.61	0.34	0.81	29.40	0	2.40	0	24.30	42.14
CD_6	W	0.71	0.36	1.06	27.64	0	2.68	0	21.08	44.34
CD_8	W	0.62	0	1.27	28.16	0	1.99	0	21.94	46.02
CD_11	W	0.71	0.38	1.05	30.11	0	2.55	0	21.35	43.85
CD_13	W	0.95	0	2.07	33.75	0	2.57	0	19.38	41.28

^a ნორმალიზებულია 100%-მდე.

B = შავი ჭიქური; W = თეთრი ჭიქური.



სურ. 7. ნიმუში CD_6. (A) Interface: თიხის სხეულის ილიტის მარცვლებში ჩანს ტყვია-კალიუმის მინდვრის შპატების კრისტალიტების ზრდა. მინანქრის შიგნით შეიმჩნევა კალას ოქსიდის მკვეთრი ჩანარები. (B) კალას ოქსიდის კრისტალების პეტეროგენული განაწილება მინანქარში.

ნიმუშების ანალიზმა აჩვენა, რომ შემადგენლობა და მიკროსტრუქტურა ერთნაირია ყველა თეთრი ჭიქურისთვის, რაც შეიძლება ნიშნავდეს წარმოების საერთო ტექნიკას. კალას შემცველობა შეადგენს 19-24 წონ.% SnO_2 , თანაფარდობა SnO_2/PbO შეადგენს 0.5-0.6 წონ.%.¹⁴ SnO_2 -ის შემცველობა ძალიან მაღალია აღმოსავლეთ ესპანეთის თანამედროვე წარმოებებთან შედარებით (მე-13-14 საუკუნეები), სადაც SnO_2 შემცველობა მერყეობს 6 - 7 წონ.%,⁵ ეგვიპტის ადრინდელ წარმოებებთან შედარებით, სადაც კალას ოქსიდის შეადგენს 5-9 წონ.%.⁴ და იტალიური რენესანსის (გუბიო და დერუტა) მოჭიქულ კერამიკასთან შედარებით (დაახლოებით 5.8 წონ.% SnO_2).¹⁵

SEM-EDS ანალიზმა დაადასტურა კასიტერიტის კრისტალების (SnO_2) თანაბარი განაწილება, რაც დადასტურდა რამან სპექტროსკოპიით.³²

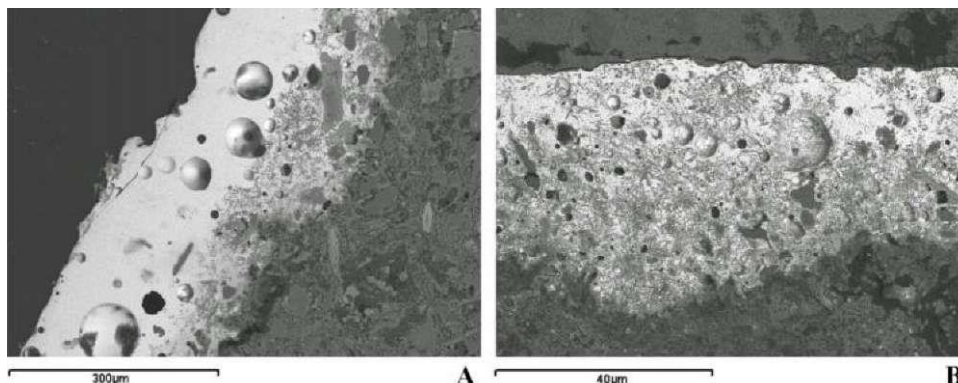
კალას ოქსიდს ჯერ ხსნიდნენ კვარცისა და ტყვიის შემცველ შუშის მატრიცაში; გამოწვის დროს კალას ოქსიდი გადაკრისტალდებოდა კარგად განვითარებულ კასიტერიტად. კასიტერიტის გადაკრისტალება დამოკიდებული იყო დროზე და ტემპერატურაზე. ზოგიერთ ნიმუშში CD_3 და CD_13 წერტილოვანმა SEM მიკროანალიზმა გამოავლინა არაერთგვაროვნება SnO_2 -ის განაწილებაში.

გეოლოგიური მახასიათებლების შესწავლა და იმ კარიერების იდენტიფიცირება, რომლებიც უკვე არსებობდა კომპოს მშენებლობისას, წარმოშობს ჰიპოთეზას რომ გამოყენებულ კალას მოიპოვებდნენ კამპილია მარიტიმას (ტოსკანა) მაღაროებიდან, პარმადან არც ისე შორს.³³

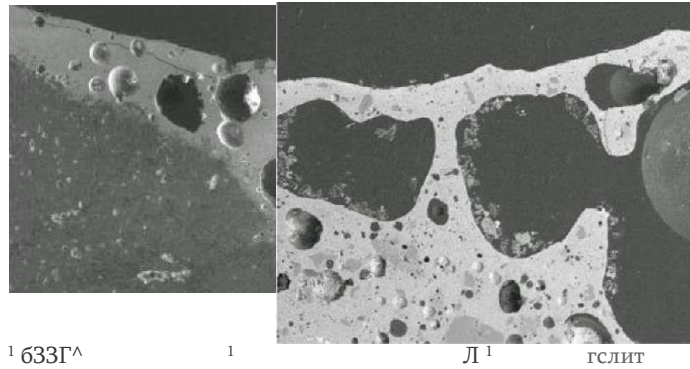
შავ ჭიქურებში ტყვიის მაღალი შემცველობაა. ანალიზების ნიმუშებს აქვთ განსხვავებული შემადგენლობა (ცხრილი 2): CD_2 აქვს რკინის და ტუტე კომპონენტების მაღალი შემცველობა (FeO 2.8 წონ%), რომლებიც არ არის CD_1-ში. მანგანუმის შემცველობა (MnO დაახლ. 4.0 წონ.%) ერთნაირია ორივე ნიმუშში რაც ჭიქურს მოყვანისფრო შავ ფერს ანიჭებს.^{34,35} SEM-EDS ანალიზმა დაადგინა, ძალიან თხელი კრისტალური მესერები არსებობს (განსაკუთრებით გარე კიდეებთან), რომლებიც შეიცავენ გამოწვის შედეგად ფორმირებულ ტყვიას, Mn, Fe, და Si, და შავ მარცვლებს შედგენილ Si, Ca და Mn-ისგან (Fig. 6). მიკროანალიზმა და მიკროსკოპულმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ შავ ჭიქურებში არ იყო გამამუქებელი.

4.4. კერამიკის და ჭიქურის შეხების ზედაპირი (ინტერფეისი)

გამოწვის დროს ჭიქურსა და თიხის სხეულს შორის ურთიერთქმედება წარმოქმნის ინტერფეისის ფენას, რომელიც მჭიდრო კავშირშია თიხის ტიპთან, გამოწვის ტემპერატურასა და დროსთან.^{1,2,11} კერძოდ, მშრალ გამოუმწვარ სხეულებში ისეთი ელემენტები, როგორიცაა ალუმინი, რკინა, კალიუმი, კალციუმი და მაგნიუმი თიხიდან ჭიქურში დიფუნდირდება და მათი კონცენტრაცია ჭიქურში იზრდება, კალიუმის-ტყვიის-ალუმინის სილიკატების კრისტალები წარმოიქმნება სხეული/ მინანქრის ინტერფეისზე, რაც დასტურდება ყველა ანალიზირებულ



სურ. 8. მინანქრის და ინტერფეისის შრის სისქე. (A) ნიმუში CD_6, რეაქციაში შეუსვლედი კვარცის კრისტალები და კალიუმის-ტყვიის-ალუმინის სილიკატების წაგრძელებული კრისტალები ჩანს ინტერფეისზე. (B) ნიმუში CD_2, გაფართოებული ინტერფეისი ნახშირის ნაწილაკებით, მანგანუმის დიოქსიდით და Fe-ოქსიდის კვალთ.



სურ. 9. ჭიქურის დაზიანება: (A) ნაპრალი ზედაპირის პარალელური ნიმუშზე CD_6; (B) ნიმუში CD_4, მინაქრის დაზიანება გამოწვევის დროს, დიდი არაერთგვაროვანი ფორმის ბუშტები და ბზარები.

ნიმუშში (სურ. 6 და 7A). ინტერფეისზე მნიშვნელოვნად მაღალია განვითარება როდესაც მინაქრის სუსპენზია გამოიყენება გამოუწვავ სხეულზე.² ნიმუშებში კალას ოქსიდის კრისტალები ჰეტეროგენულად არის განაწილებული, რაც მიგვანიშნებს მინაქრის წარმოების გამოწვევის გარეშე მიმდინარეობაზე, ან პრეპარაციის არაზუსტ ტექნიკაზე¹ (სურ. 7B).

ამ კრისტალების მორფოლოგიურმა ანალიზმა და იმ ფაქტმა, რომ ხდება მათი „ჩათრევა“ მინაქარზე, წარმოშობს ჰიპოთეზას, რომ წარმოების პროცესში კერამიკის გაგრილება ნელა ხდებოდა, ალბათ ლუმლის შიგნით.³⁶

კვარცის შესაბამისი მრავალი სუბ-მარტოქუთხა ნაწილაკი "არარეაგირებული კვარცის" სახით გამოვლენილია მინაქარი/აგურის ინტერფეისზე, ეს დამოკიდებულია მინაქრის შემადგენლობაზე, ამ შემთხვევაში SiO₂ შემცველობაა 12.9-16.9 წონ.%. ყველა ნიმუშში ჭიქურაში ჩართული კალციუმი ქმნიდა Ca-ით მდიდარ პიროქსენს.

ბუშტების შესამჩნევი რაოდენობა მინაქარში, რომელიც წარმოიქმნება თიხის კარბონატის დაშლისას გამოყოფილი ნახშირორჟანგით, და ასევე დიდი რაოდენობის კრისტალების განვითარება ინტერფეისზე მინაქარს ეროვნულად გამოწვავს. (სურ. 8).

ნიმუშებში, მინაქრისა და ინტერფეისის ფენის სისქე ცვალებადი და არათანაბარია (სურ. 8): (1) მინაქრის სისქე: 30-700 მკ და (2) ინტერფეისის ფენა: 20-150 მკ. თეთრი ჭიქურების სისქე უფრო მეტია, ვიდრე შავის, უფრო განვითარებული ინტერფეისის შრიით.

კერძო შემთხვევას წარმოადგენს CD_4 ნიმუში, რომელიც ძალიან შეცვლილია გამოწვევისას. ნიმუშზე ჩანს მეორე გამოწვევის ნიშნები, ჭიქურში ამობერილობა და დიდი არათანაბარი ბუშტები, ასევე აგურის ხაზგასმული ვიტრიფიკაცია (სურ. 9B).

მიუხედავად იმისა, რომ ტყვიის მაღალი-შემცველობის მინაქრებს თერმული გაფართოების დაბალი კოეფიციენტი აქვთ, ვიდრე ტუტე ტყვიის მინაქრებს, მინაქარზე არსებული რამდენიმე

ბზარი სავარაუდოდ გამოწვეულია გამოწვევის დროს კერამიკული სხეულის შეკუმშვით, ან ბოლოდროინდელი ხანძრის დროს მიყენებული თერმული შოკის შედეგად (სურ. 9A).

4.5. სამშენებლო ხსნარები

ნაკერების შესავსები ხსნარები და სარემონტო ხსნარები შეისწავლეს ოპტიკური მიკროსკოპიით, ელექტრონული მიკროსკოპიით (SEM-EDS), ICP-AES ანალიზით და რენტგენის სხივების დიფრაქციით (ცხრილი 3) ინფორმაციის მისაღებად მათ ქიმიურ (ცხრილი 1), მინერალოგიურ და პეტროგრაფიულ მახასიათებლებზე.^{37,38}

ბათქაშის ნიმუშები აიღეს ერთ-ერთი უძველესი ხარაჩოსთვის გაკეთებული ხერელის მსგავსად; ხსნარის ნიმუშები აიღეს შპილის სხვადასხვა სიმაღლეზე. სინჯების აღების წერტილები აღწერილია სურ. 5.

სინჯები, მიუხედავად განსხვავებული შემადგენლობისა და ნარევებისა ძირითადად შედგება კარბონატებისგან როგორც შემავსებელში, ისე შემკვრელში.

შერჩევის წერტილების საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს ხსნარის ორი ძირითადი ტიპი: თავდაპირველი ქვის წყობის ხსნარები, XIV საუკუნე, წყობის შიგნიდან აღებული; მე-16 საუკუნეში დამონტაჟებული საფარის სტრუქტურებიდან აღებული ნიმუშები.

უძველესი ხსნარები (CD_13, CD_15, CD_18; მე-14 საუკუნე) შედგება კირიანი შემკვრელისგან და კარბონატული და სილიკატური შემავსებლისგან 1:1 თანაფარდობით. შემკვრელსა და შემავსებელს შორის ურთიერთქმედება სუსტია და რეაქციის ზოლები არ არის განვითარებული მარცვლების საზღვრების გარშემო. სამივე ნიმუშში გვხვდება მცირე რაოდენობით ფილოსილიკატები, ტალკი და მიკროფოსილები (სურ. 10A). ოპტიკური ანალიზითა და ვიზუალური შეფასებით^{25,26,38} დადგინდა, რომ მარცვლების ზომა

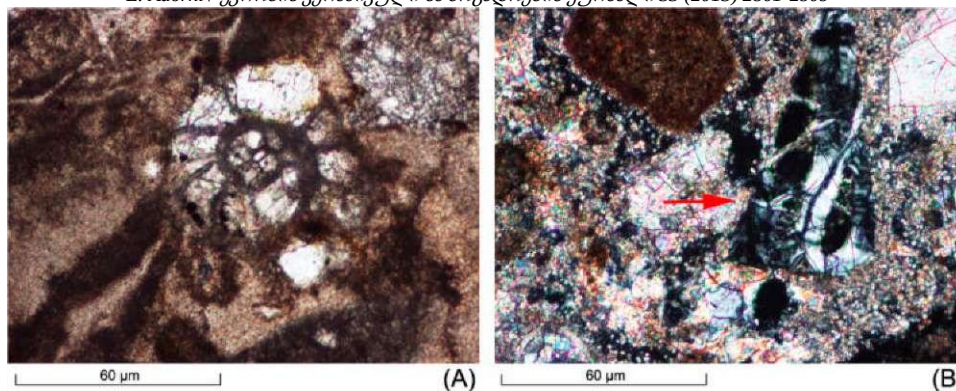
ცხრილი 3

ხსნარების ძირითადი მინერალოგიური შემადგენლობა (XRD).

ნიმუში ფაზა

	ანჰიდრიტი	კალციტი	ქლორიტი	თაბაშირი	ფილოსილიკატები	Quartz
CD_13	-	+++	-	t	++	+++
CD_15	t	+++	-	+	t	+++
CD_9	-	+++	t	t	+	++
CD_12	t	+++	t	-	+	++
CD_10	+++	+	-	+++	-	-
CD_16	+	++	-	+++	-	-

+++ = მაღალი; ++ = მცირე; + = მცირე; t = კვალი.



სურ. 10. (A) ნიმუში CD_13. მიკროფოსილები (პლიოცენის გასტროპოდა) (ოქტიკური მიკროსკოპი, 10x, გატარებული სინათლე, პარალელური პოლარიზატორები). (B) ნიმუში CD_9. ოფიოლიტის მარცვლი XVI ს. ბოლო, ხსნარში ნაპოვნი (ოქტიკური მიკროსკოპი, 10x, გატარებული სინათლე, ჯვარედინი პოლარიზატორები).

(შემავსებლის ზომა: 0.2-3 მმ) და ფორების (მიკროფორები: 0.1-2 მმ) ზომა ერთგვაროვანია.

CD_9 და CD_12 ხსნარები რომლებიც მე-16 საუკუნეში სპილენძის გადახურვის დამონტაჟების დროს იყო გამოყენებული, ერთნაირია შემადგენლობითა და მარცვლების ზომის განაწილებით (შემავსებლის ზომა: 0.08-6 მმ), კარგი ურთიერთქმედება შემკვრელსა და შემავსებელს შორის, როგორც დაფიქსირდა კარბონატ-ფილოსილიკატების ინტერფეისზე; მაღალია ფორიანობა (მაკროფორის ზომა: 0.1-0.8 მმ) და ნაპრალი დაფიქსირდა. შემკვრელისა და შემავსებელს შორის თანაფარდობა ვიზუალური შეფასებით 1:2; ოფიოლიტის მარცვლები ორივე ნიმუშშია, რაც ამტკიცებს პარმის აპენინის ტერიტორიიდან შემოტანილი შემავსებლის გამოყენებას, (სურ. 10B).

როგორც ქიმიურმა ანალიზმა აჩვენა, CD_9, CD_12, CD_13, CD_18 ნიმუშებისთვის CaO ძირითადად დაკავშირებულია კარბონატებთან, რაზეც მაღალი LOI მოწმობს.

ბათქაშის CD_10 და CD_16 ნიმუშებში თაბაშირის და ანჰიდრიტის შემცველობა ჭარბობს (ცხრილი 3), რაც დადგინდა XRD და SEM-EDS ანალიზით, ასევე ქიმიურმა ანალიზმა აჩვენა CaO-ის მაღალი შემცველობა, და დაბალი LOI, ასევე მაღალი Sr სიდიდე (ცხრილი 1). ნიმუშებში შემავსებლების ზომა მერყეობს 0.1-დან 7 მმ-მდე, მაკროფორიანობა (ზომა > 1/16 მმ) 10-15%. შემკვრელისა და შემავსებლის თანაფარდობა 1:2.

ანჰიდრიტის არსებობა CD_15, CD_12, CD_16 და განსაკუთრებით CD_10 ნიმუშში (ცხრილი 3) შეიძლება უკავშირდებოდეს თაბაშირის დეჰიდრატაციას ბოლოდროინდელი ხანძრის შედეგად.

5. დასკვნები

ამ კვლევის შედეგები საშუალებას იძლევა დავახასიათოთ პარმის საკათედრო ტაძრის კონუსისებრი შპილის დიქრომატული მოჭიქული ქვის წყობა და განესაზღვროთ მე-14 საუკუნის მოჭიქული აგურის წარმოების ტექნიკა.

ნიმუშები შედგებოდა კირიანი თიხის სხეულის ნაწილისაგან, რომელსაც აქვს ორი სხვადასხვა ფერის ტყვიის მაღალი შემცველობის მინანქარი: თეთრი და შავი.

თეთრი ჭიქური მიეკუთვნებოდა 'კალას და ტყვიის მაღალი შემცველობის ჭიქურების' კლასს. ანალიზმა გამოავლინა კალას მაღალი შემცველობა (19-24 წონ.% SnO₂), რომელსაც სავარაუდოდ მოიპოვედნენ კამპილია მარტიმას (ტოსკანა) მადაროებიდან, პარმადან არც ისე შორს. SnO₂ მაღალი შემცველობით ეს ტექნოლოგია განსხვავდება აღმოსავლეთ

ესპანეთის თანამედროვე მეთოდისგან, იტალიური რენესანსის მოჭიქური კერამიკისგან და ეგვიპტური ტექნოლოგიისგან, რომლებშიც უფრო დაბალი მაჩვენებლებია (SnO₂ დაახლ. 5-9 wt%).

შავ მინანქარს მოყავისფრო ელფერს ანიჭებდნენ მანგანუმის დამატებით, გამამუქებლის კვალი არ ჩანს. ნიმუშებს განსხვავებული შემადგენლობა აქვთ: CD 1-ისგან განსხვავებით CD 2 შეიცავს რკინას (2.8 წონ.%) და ტუტეს.

კირიან პასტაში არის რკინის ოქსიდების დაბალი შემცველობა და მას ღია ვარდისფერი დაჰკრავს.

XRD-ით დადგენილი ახლად შექმნილი გელენიტის, დიოპსიდისა და ანორტიტის კვალი, კალციტთან ერთად, მინიშნებს არათანაბარი გამოწვის ტემპერატურაზე, დაახლოებით 900-950°C. ტემპერატურის მცირე განსხვავება შეიძლება გამოწვეული იყოს ღუმელში ჰაერის ცუდი ცირკულაციით და აგურების სიახლოვით ერთმანეთთან.

აგურსა და მინანქარს შორის გამყოფ ზედაპირს (ინტერფეისს) ცვალებადი სისქე აქვს 20-150 მ, ზოგადად ის უფრო მაღალია თეთრ მინანქრებში. ინტერფეისის სისქე და კალიუმის-ტყვიის-ალუმინის სილიკატის კრისტალების არსებობა მინიშნებს ერთჯერად გამოწვაზე, ანუ მინანქარს უსვამდნენ გამოუმწვარ ნაკეთობაზე. რეაქციაში შეუსვლელი კვარცი ასევე არის ინტერფეისზე და მინანქარში, თიხის კარბონატული დაშლის შედეგად წარმოქმნილ ბუმბუტთან ერთად.

განალიზებულია მე-14 და მე-16 საუკუნეების სამშენებლო ხსნარები. ყველა ნიმუში შედგება კირიანი შემკვრელისგან სხვადასხვა შემავსებლებით. კერძოდ: მე-14 საუკუნის ხსნარებში CD_13, CD_15, CD_18 სილიკატის მცირე შემცველობაა, მცირე რაოდენობის ფილოსილიკატები, ტალკი და მიკროფოსილები. შემკვრელსა და შემავსებელს შორის ურთიერთქმედება სუსტია; მე-16 საუკუნეების ხსნარები (CD_9 და CD_12) შემადგენლობით და მარცვლების ზომის განაწილებით ძალიან ჰგავს ერთმანეთს, შემკვრელსა და შემავსებელს შორის ურთიერთქმედება კარგია, შემავსებელი შეიცავს ოფიოლიტის მარცვლებს, რომლებიც, სავარაუდოდ, პარმას აპენინიდან მოიპოვეს.

ბათქაშის CD_10 და CD_16 ნიმუშებში თაბაშირის და ანჰიდრიტის შემცველობა ჭარბობს, ეს უკანასკნელი შეიძლება დაკავშირებული იყოს თაბაშირის გაუწყლოებასთან ბოლოდროინდელი ხანძრის შედეგად.

მადლობა

მადლობა სილვია სიმეტის და სტეფანო ვოლტას Arche Restauri საზოგადოებიდან, მნიშვნელოვანი და გულისხმიერი დახმარებისათვის. განსაკუთრებული მადლობა პროფესორ იუდიტ მოლერას მნიშვნელოვანი რჩევებისა და შესწორებებისათვის და პარმას უნივერსიტეტის პროფესორ ჯამპიერო ვენტურელის მისი წინადადებებისთვის კვლევის დროს .