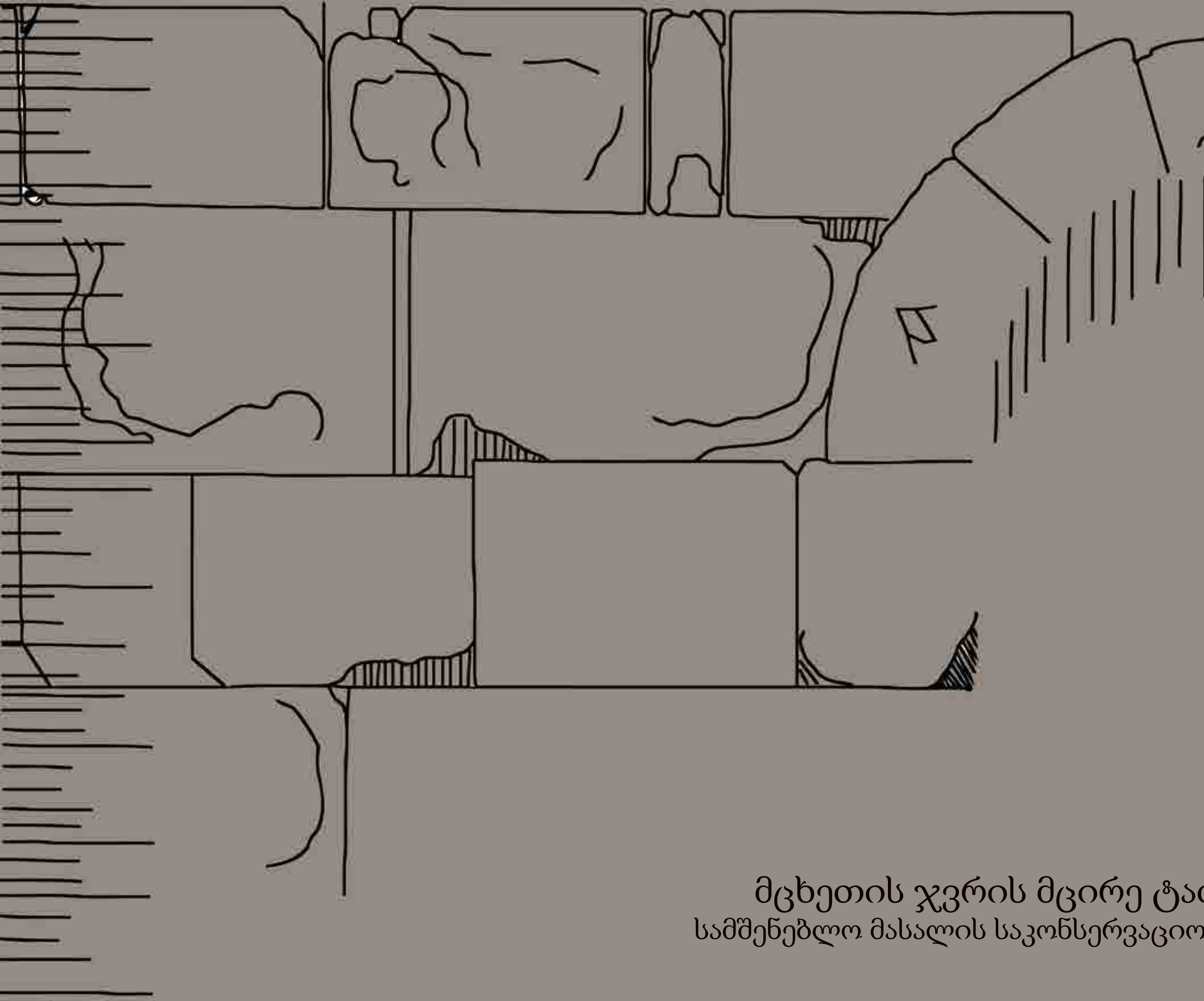




მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი
სამშენებლო მასალის საკონსერვაციო პროექტი

მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი
სამშენებლო მასალის დაზიანებათა სქემები



მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძრის სარეაბილიტაციო სამუშაოების
ლონისძიებების ფარგლებში სამშენებლო მასალის ლაბორატორიული
კვლევა, მდგომარეობის შეფასება და ჩასატარებელი სამუშაოების აღწერა

პროექტის ხელმძღვანელი: ნანა კუპრაშვილი

კონსულტანტი: სტეფანო ვოლტა

ჯგუფის წევრები:

მანანა კავსაძე
თამარ ლილუაშვილი
ალექსანდრე რუბაშვილი
თამარ მელივა

კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის ეროვნული სააგენტო
ე. პრივალოვას სახელობის მხატვრობის ტექნიკური კვლევის ცენტრი „ბეთანია“

შინაარსი:

სამშენებლო მასალის მდგომარეობის აღწერა	2
სამშენებლო მასალის მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კვლევა	12
სამშენებლო მასალის ბიოლოგიური კვლევა	69
ქვის საკონსერვაციო ჩასატარებელი სამუშაოები	73

მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი

- სამშენებლო მასალის მდგომარეობის აღწერა

მცხეთი ჯვრის მცირე ტაძარი მდებარეობს მტკვრისა და არაგვის შესართავთან, კლდოვანი მთის წვერზე. იგი 545-586წწ ქართლის ერისმთავარმა გუარამმა ააშენებინა. ის დგას სუბსტრუქციაზე, რომელშიც სამარხია მოწყობილი. ეკლესიაში ასასვლელად ორივე მხრიდან მიშენებული ყოფილა ქვის კიბე. ტაძარი გარედან მართკუთხაა, შიგნით ჯვრისებრი. შუა ნაწილის გადამხურავი ჯვრული კამარა ამჟამად ჩანგრეულია. სამხრეთიდან და ჩრდილოეთიდან შესასვლელების წინ შენობას აქვს პორტიკები(ჩრდილოეთისას მოგვიანებით აფსიდი მიაშენეს და ეგვტერად აქციეს). დასავლეთ კედელში არის ნიშა, რომელშიც შემორჩენილია განედლებული ჯვრის რელიეფური გამოსახულება. ეკლესიაში ნაპოვნი მოზაიკის ფერადი კენჭები მოწმობს, რომ მისი აფსიდი მოზაიკით უნდა ყოფილიყო შემკული(ფრაგმენტი ამჟამად საქართველოს ეროვნულ მუზეუმშია დაცული).

ტაძრის სამშენებლო მასალის მდგომარეობა მბიმეა: შემორჩენილი თავდაპირველი



სამშენებლო მასალის დაზიანების პროცესი მიმდინარეა და ზედაპირები სრულადაა დაკარგული. საუკუნეების განმავლობაში ძეგლმა დაკარგა არქიტექტურულ-სტრუქტურული ერთიანობა და გარკვეული პერიოდის მანძილზე გადახურვის გარეშეც იდგა.

ქვის სტრუქტურის შესუსტებამ და ამას თანდართულმა ბუნებრივი აგენტების მოქმედებამ გამოიწვია მისი მდგომარეობის გაუარესება, რასაც მოჰყვა სხვადასხვა სახის ძლიერი დაზიანება. შედეგად კი ქვის ზედაპირების, ზოგ შემთხვევაში კი ქვის სრული დაკარგვა მივიღეთ.

ფოტო: სამხრეთ-აღმოსავლეთი კუთხე: დაზიანებული აუთენტური მასალა და რეკონსტრუირებული ნაწილი.

სამუშაოების საწყის ეტაპზე გეოლოგიური და ბიოლოგიური კვლევისათვის მოხდა სამშენებლო მასალის ნიმუშების აღება და დაზიანებათა სქემების შედგენა.^{1,2}

ქვის მდომარეობის გაუარესებაზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს სხვადასხვა ბუნებრივი აგენტი, განსაკუთრებით კი ქარი და წყალი. ძეგლის მდებარეობიდან გამომდინარე სამშენებლო მასალაზე მუდმივად ხდება ქარის ზემოქმედება, რასაც ხშირ შემთხვევაში თან ერთვის წვიმაც. ძლიერი წვიმის დროს წყალი მექანიკურად ამორებს გაფხვიერებულ ან/და აქერცლილ ქვის ზედაპირს. წყლის ზემოქმედება განსაკუთრებით ძლიერია ზამთარში - ტემპერატურის დავარდნისას.

მაგალითისათვის მოყვანილია 2015 წლის იანვრის თვის მონაცემები, სადაც ჩანს რომ ტემპერატურის საშუალო ნიშნული დღის მანძილზე $+7^{\circ}\text{C}$ -ია, ხოლო საშუალო ნიშნული ღამის განმავლობაში $0 - 1^{\circ}\text{C}$.



სქემა: 2015 წლის იანვრის თვის ტემპერატურული გრაფიკი

ტაძარზე ყველაზე მეტად გავრცელებული დაზიანება ეროზიაა - აუთენტური სამშენებლო მასალის ზედაპირების თითქმის 100% ეროზირებულია. ეროზია თან ახლავს ქვის სტრუქტურული პრობლემიდან გამომდინარე გამოწვეულ დაზიანებებს: აქეცვლას, განშრევენასა და გაფხვიერებას.

ძეგლზე გვხვდება სხვადასხვა სახის ბიოლოგიური ნადები³, რადგანაც ის კედლების მთელ ზედაპირზეა გავრცელებული დაზიანებათა სქემებზე დატანილი არ არის.

¹ იხ. თანდართული ალბომი

² საბაზისო ნახაზებზე გამოყენებულია 2008 წელს კულტურული მემკვიდრეობის დაცვის კავშირ „ამქარის“ მიერ შესრულებული დაზიანებათა სქემები.

³ იხ. ბიოლოგიური დაზიანებების კვლევა

აქერცვლა

პირობითი აღნიშვნა აერთიანებს ორი ტიპის დაზიანებას: აქერცვლასა და განშრევებას. ეს ორი დაზიანება ყველაზე მეტადაა გავრცელებული და უმეტეს შემთხვევაში ერთდროულად გვხვდება.

ორივე დაზიანება გამოწვეულია ქვის სტრუქტურის შესუსტების გამო. დაზიანება ძირითადად ზედაპირის პარალელურადაა განვითარებული და შრეებს შორის ბზარები და მიკრობზარებია.

დაზიანებებს ერთმანეთისაგან ძირითადად განცალკევების ინტენსივობა განასხვავებს.

პროცესი მიმდინარეა და დაზიანებას თან ახლავს ეროზია.



გაფხვიერება

დაზიანება გამოწვეულია ქვის სიმტკიცის შესუსტებით, რის შედეგადაც ქვა ფხვიერდება და იშლება ფხვნილის სახით. ამ ეტაპზე პროცესი მიმდინარეობს. დაზიანებას თან ახლავს ეროზია.



ეროზია

ქვის ზედაპირის ბუდობრივი შლა, რომელიც ძეგლზე შემორჩენილი თანადროული სამშენებლო ქვის უმრავლესობაზე აღინიშნება. ეროზია აქერცვლისა და გაფხვიერების თანმდევი პროცესია.



ქვის ზედაპირის სახეცვლა

მეგლზე ზოგიერთ ადგილში აღინიშნება ქვის ზედაპირის სახეცვლა - ქვა გამუქებულია, თითქოს სველია. დაზიანება გვხვდება საკურთხეველში ინტერიერის მხრიდან და ჩრდილოეთ მინაშენის ჩრდილოეთ კედელის ორივე მხარეს. სახეცვლა გვხვდება როგორც თანადროულ, ასევე ახალ ქვაზე.

ჩავატარეთ ორი სახის ცდა:

ა. მზის გულზე დადებულ მცირე ზომის ჩამონატეხზე დაკვირვება;

ბ. ცხელი ჰაერით მცირე მონაკვეთის “გაშრობა“.

ორივე შემთხვევაში ქვის ფერი არ შეცვლილა.

ამ ეტაპზე ვერც ლაბორატორიული კვლევების შედეგად მივიღეთ პასუხი თუ რა სახის დაზიანებაა წარმოდგენილი.



გამოკრისტალეზა

ინტერიერში, დაზიანებულ ქვაზე ზოგიერთ ადგილზე გვხვდება თეთრი კრისტალები. გეოლოგიურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ კრისტალები კალციტისაა.⁴



კრისტალები ბინოკულარის ქვეშ

⁴ იხ. სამშენებლო მასალის მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კვლევა

ქვის სრული დაკარგვა

იგულისხმება ადგილები სადაც წყობის გარკვეული მონაკვეთი სრულადაა დაკარგული და დუღაბი, რომელიც თავდაპირველად კედლის შიგნით იყო მოქცეული ამჟამად ზედაპირზე გამოსულია.



XX საუკუნის ბოლოსა და XXI საუკუნის დასაწყისში, ძეგლის რეაბილიტაციის მიზნით ჩატარდა სამუშაოები, რომლის დროსაც კედლის ძლიერად დაზიანებული ადგილები შეავსეს ქვის ახალი კვადრებით. სამუშაო ძირითადად ფასადების მხრიდანაა შესრულებული: თითქმის სრულადაა ჩანაცვლებული წყობა ჩრდილოეთი ფასადისა და აღმოსავლეთი ფასადის მხრიდან.



ფოტო: ზედი ჩრდილო აღმოსავლეთი კუთხიდან

ორ წყობას შორის ვიზუალური კონტრასტი დიდია, რაც ახალი წყობის კარგად დამუშავებული ზედაპირებისა და ძველი და ახალი წყობის დონეების სხვაობის შედეგია.



ფოტო: დასავლეთი ფასადი - ვიზუალური კონტრასტი ახალ და აუთენტურ საკედლე წყობას შორის.

მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნული სამუშაოების ჩატარებიდან მხოლოდ რამოდენიმე ათწლეულია გასული ახალი ქვის კვადრები განიცდის დეგრადაციას და დაზიანების პროცესი აქტიურია.



ფოტო: ახალი წყობა, დაზიანებული საკედლე ქვა

ზედაპირის დაკარგვის პროცესს ხელს უწყობს ქვის დამაგრების მიზნით, კვადრების ქვემოთ მოთავსებული არმატურებიც.



ფოტო: საყრდენ არმატურებთან კონტაქტით გამოწვეული დაზიანება; ზედაპირის დაკარგვა

ამჟამად ძეგლი გადახურულია და დანგრეული კედლების ადგილას ამოყვანილია ხის კონსტრუქციები, რაც ხელს უშლის ატმოსფერული ნალექების ინტერიერში მოხვედრას. თუმცა დაზიანების პროცესი მიმდინარეა. ტაძრის მდებარეობიდან გამომდინარე მასზე მუდმივად მოქმედებს ქარი და ატმოსფერული ნალექები, რაც ხელს უწყობს ქვის დაშლის პროცესის დაჩქარებას.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემებიდან გამომდინარე: შემორჩენილი აუთენტური მასალის ზედაპირები თითქმის სრულადაა დაკარგული, ქვის სტრუქტურული დასუსტებით/შეცვლით გამოწვეული დაზიანებები კი პროგრესირებს - საჭიროა ქვის საკონსერვაციო სამუშაოების ჩატარება. დაზიანებების გავრცელებისა და პროგრესირების მიხედვით ვფიქრობთ, რომ აუცილებელია პირველ რიგში სამუშაოები ჩატარდეს ექსტერიერის მხრიდან.

მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი

- სამშენებლო მასალის მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული კვლევა

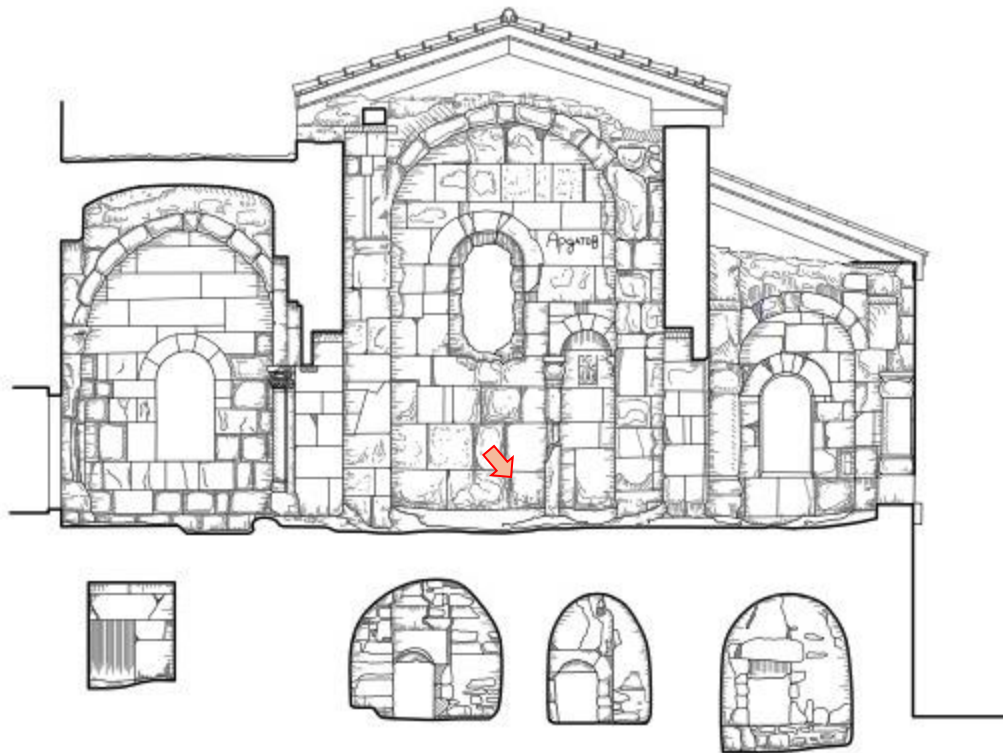
ნიმუში N1/483

ნიმუში: დულაბი

მდებარეობა: ინტერიერი, ცენტრალური
სივრცის დასავლეთი კედელი



ჭრილი 2 - 2



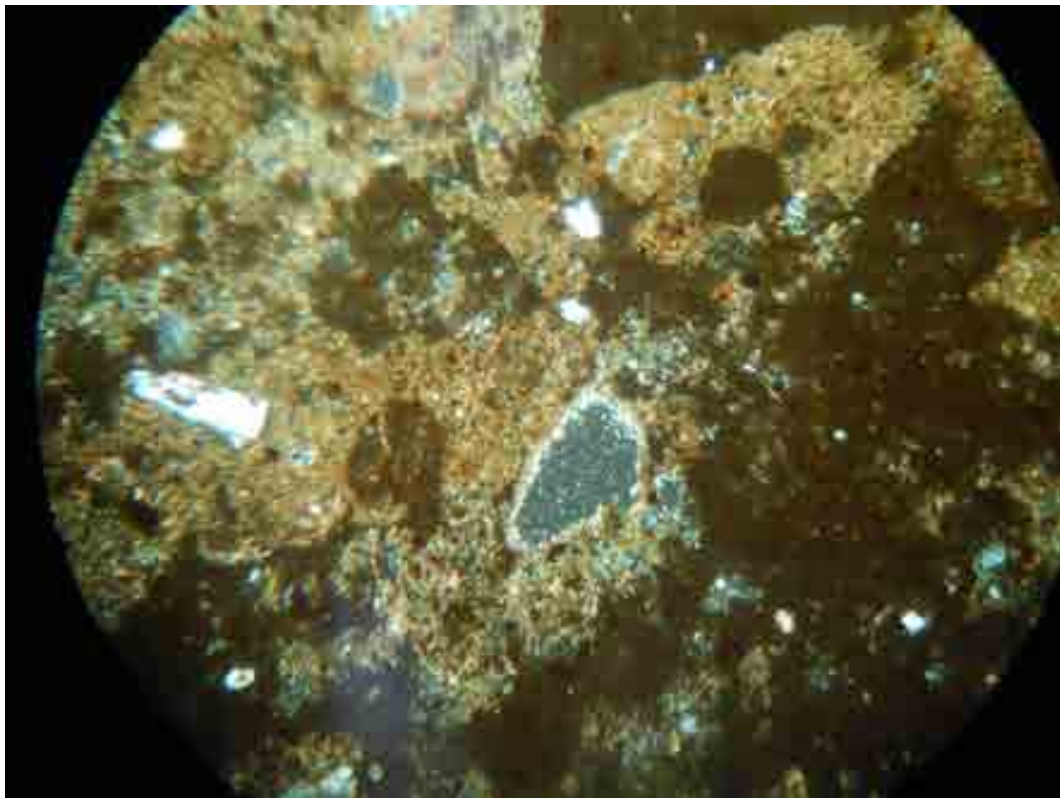
მაკროსკოპულად ნიმუში მოყვითალო ნაცრისფერი (ზოგან მოწითალო ელფერით), არაერთგვაროვნად გადანაწილებული კომპონენტებიანი დუღაბია:



ბინოკულარული დათვალიერებით განირჩევა მიწისებრი კარბონატული მასა რუხი, ნაცრისფერი და შავი შეფერილობის შემავსებლის მარცვლებით. არის კალციტის დაკრისტალებული ჟეოდები და ქერქები:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ნიმუში წარმოადგენს კარბონატულ ნალესობას (კირდულაბს). კარბონატით წარმოდგენილ ძირითად მასაში ვხვდებით პლაგიოკლაზებისა და კვარცის ცალკეულ მარცვლებს. ძირითადი მასის გარკვეულ უბნებს განცდილი აქვს ლიმონიტიზაცია როგორც წერტილოვანი, ისე მასიური:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%	ფარდობა
საწყისი	15,110	100	
+10	0,950	6,287	
+7	1,000	6,618	
+5	0,300	1,985	
+3	0,897	5,936	
+2	1,755	11,615	32,441
+1	2,678	17,723	
+0,5	1,684	11,145	
+0,25	2,200	14,560	43,428
+0,1	1,714	11,343	
+0,05	0,915	6,056	
-0,05	1,000	6,618	24,017
ჯამი	15,093	99,886	3:1

ნაღესობა საკმაოდ მტკიცეა, ძნელად ექვემდებარება დეზინტეგრაციას. აქვს ძლიერშიშინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც ადასტურებს მის კარბონატულობას:



შემავსებლის მსხვილი ფრაქცია (+10, +7) შეიცავს აგურისა და კრამიტის ჩანართებს:



ამგვარად, საცრითი ანალიზის მიხედვით, ნიმ.N1/483 წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ფსეფიტო ალევრიტულ კირდულაბს, რომლის შემავსებლის ფარდობა მჭიდრასთან ტოლია 3:1.

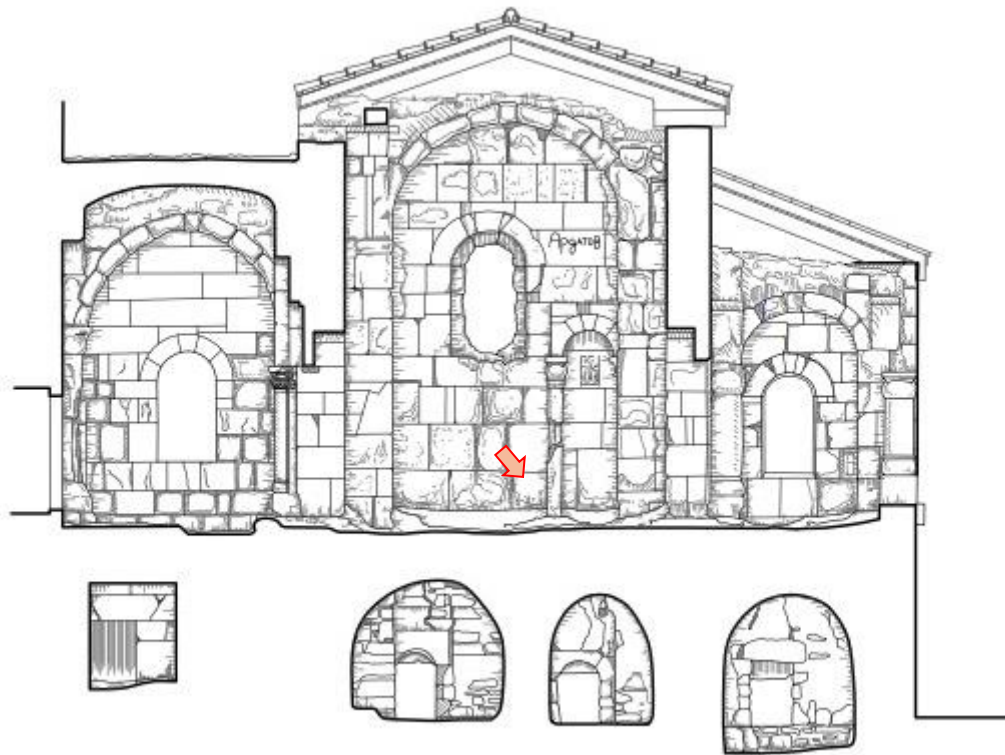
ნიმუში N2/484

ნიმუში: საკედლე ქვა

მდებარეობა: ინტერიერი, ცენტრალური
სივრცის დასავლეთი კედელი



ჭრილი 2 - 2



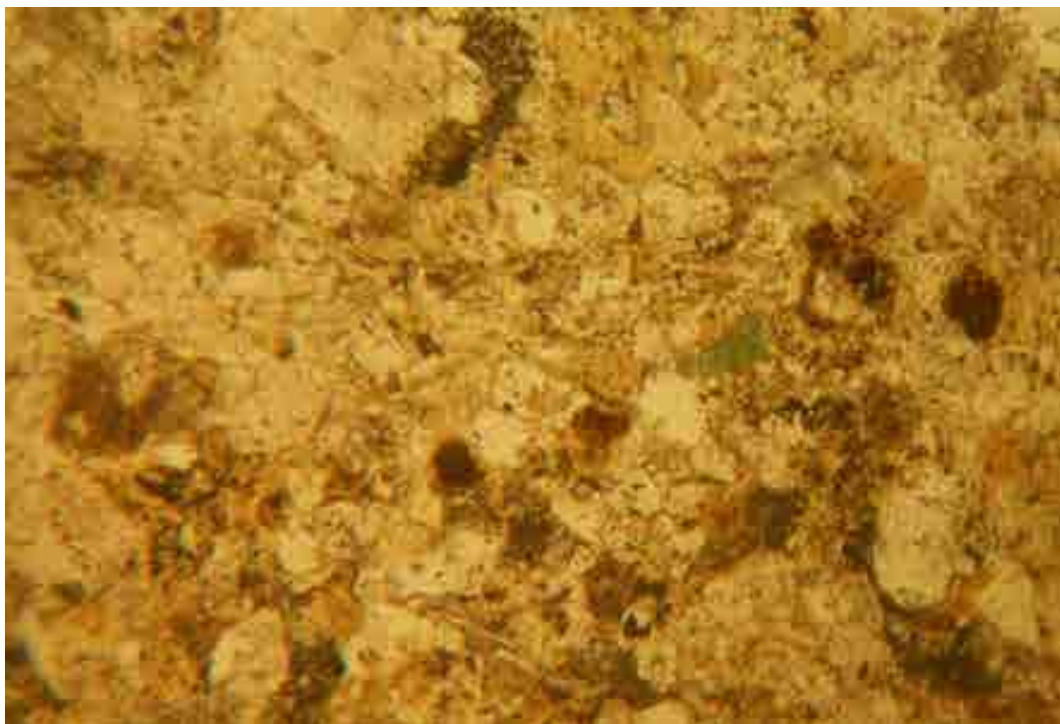
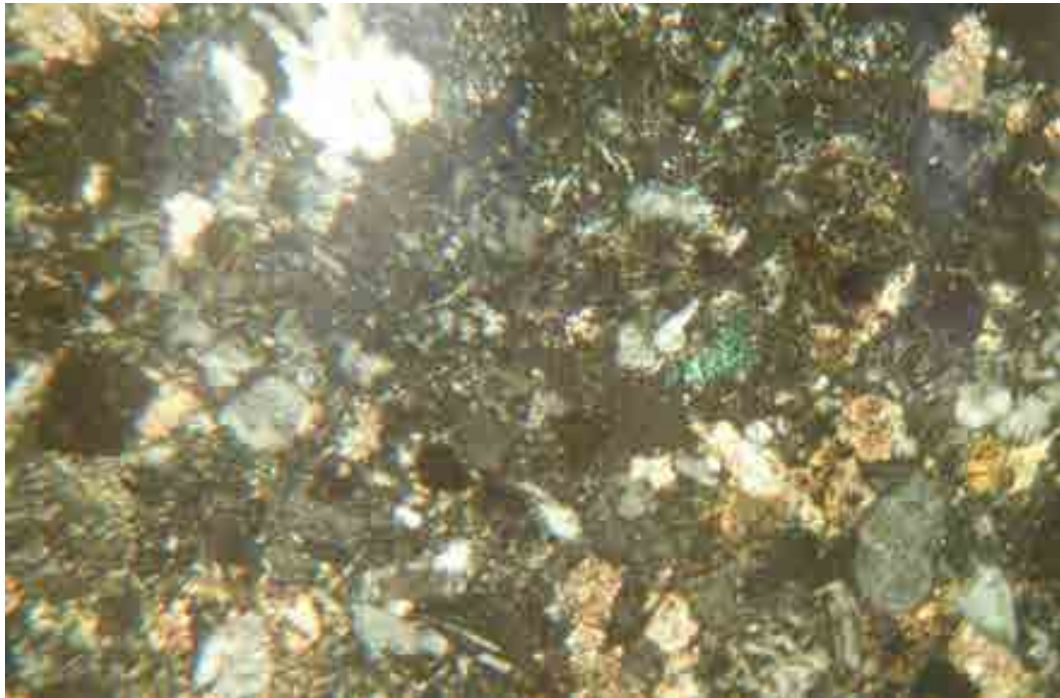
მაკროსკოპულად ქანი მომწვანო-მონაცრისფრო ძალიან გამოფიტული, ფაქტიურად, სრულად დელამინირებული ქანია:



ბინოკულარული დათვალიერებით ნიმუში ძლიერ ფორიან ქანს წარმოადგენს:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს ორთოტუფიტს (ვულკანოგენური მასალა ჭარბობს ტერიგენულს): მთლიანად გათიხებულ-გაქლორიტებული ვულკანური მინის ბაზალური ტიპის ცემენტში, ძირითადად, ვხვდებით ძლიერ შეცვლილი პლაგიოკლაზების (ზოგან გაცეოლითებული) კრისტალებს, კვარცს(15-20%) და ეფუზიური და დანალექი ქანების მარცვლებს. შლიფში აღინიშნება საკმაოდ მრავლად კალციტი(20%-მდე) და გლაუკონიტის (მწვანე კრისტალი) ერთეული ჩანართი. ვხვდებით კალციტით წარმოდგენილ ორგანოგენულ ნაშთებს:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	7,250	100
+1	0,233	3,214
+0,5	1,479	20,400
+0,25	1,886	26,014
+0,1	1,606	21,413
+0,05	1,700	23,448
-0,05	0,100	1,379
ჯამი	7,237	95,868

დეზინტეგრირებულ ქანს აქვს ძლიერშიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან:

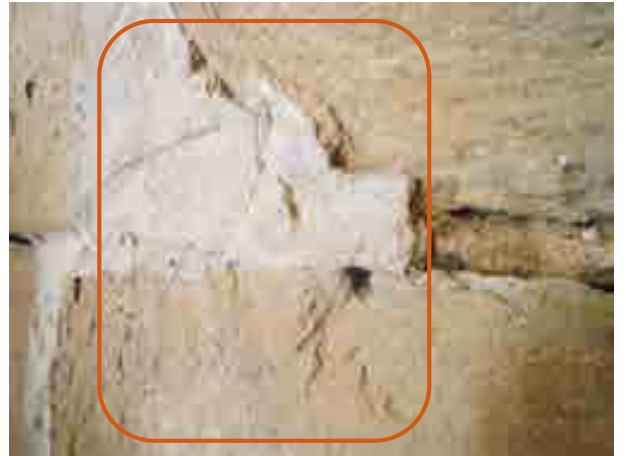


საცრითი ანალიზის მიხედვით მოცემული ნიმუში საშუალომარცვლოვანი ორთოტუფიტია.

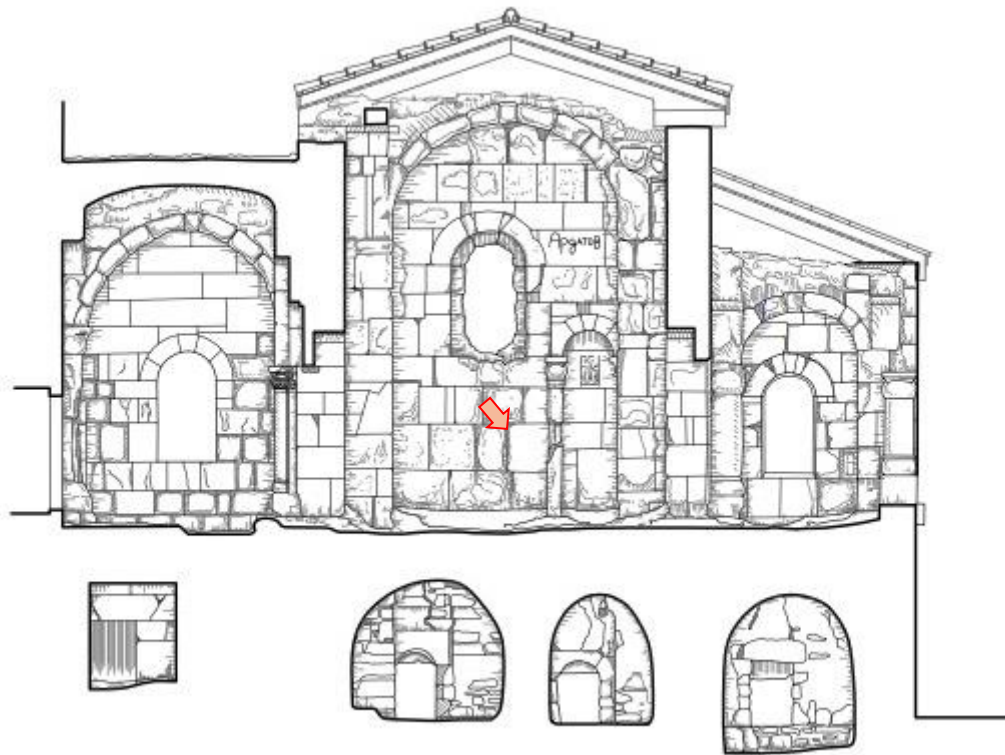
ნიმუში N3/485

ნიმუში: ცემენტის შევსება

მდებარეობა: ინტერიერი, ცენტრალური
სივრცის დასავლეთი კედელი



ჭრილი 2 - 2



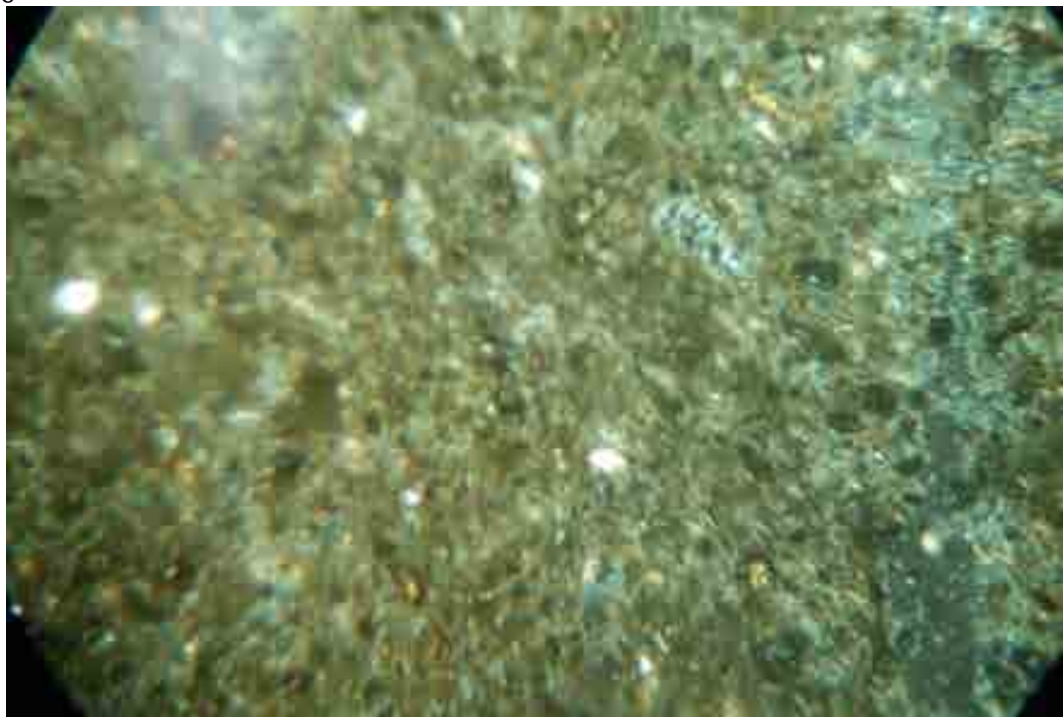
მაკროსკოპულად ნიმუში წარმოადგენს ძველ კირდულაზე თანამედროვე პორტლანდცემენტის
შევსებას:მოყვითალო ფერის კირდულაში გადაფარულია რუხ-ნაცრისფერი ცემენტი:



ბინოკულარის ქვეშ პორტლანდცემენტის მჭიდროდ წარმოდგენილ ძირითად მასაში განიჩევა კვარცის, მინდვრის შპატების და დანალექი და ეფუზიური ქანების მარცვლებით წარმოდგენილი შემავსებელი:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ნიმუში წვრილმარცვლოვანი პორტლანდცემენტია. შლიფში განიჩევა სილიკატური კლინკერის გამინებული მარცვლები და თაბაშირის პელიტური და, ზოგან, მცირე ზომის კრისტალური აგრეგატები :



ნალესობა მკვრივია და მტკიცე. ხასიათდება დაბალი ხარისხის ლიმონიტიზაციით.

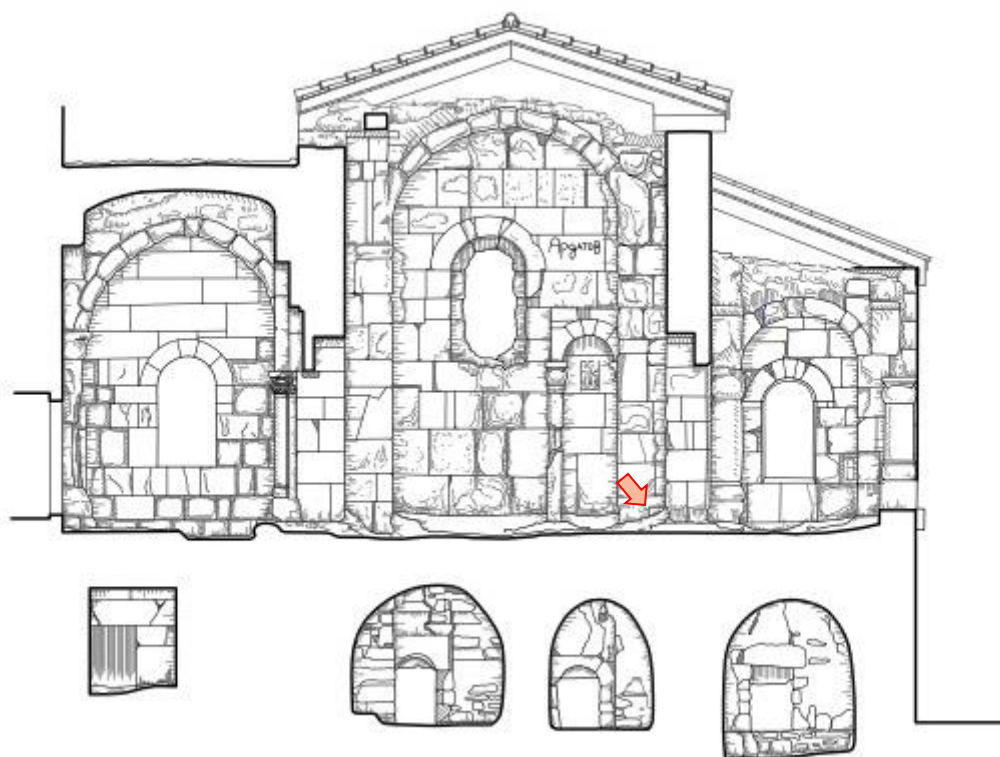
ნიმუში N4/486

ნიმუში: საკედლე ქვა „წითელი“
დაზიანებით

მდებარეობა: ინტერიერი, ცენტრალური
სივრცის დასავლეთი კედელი



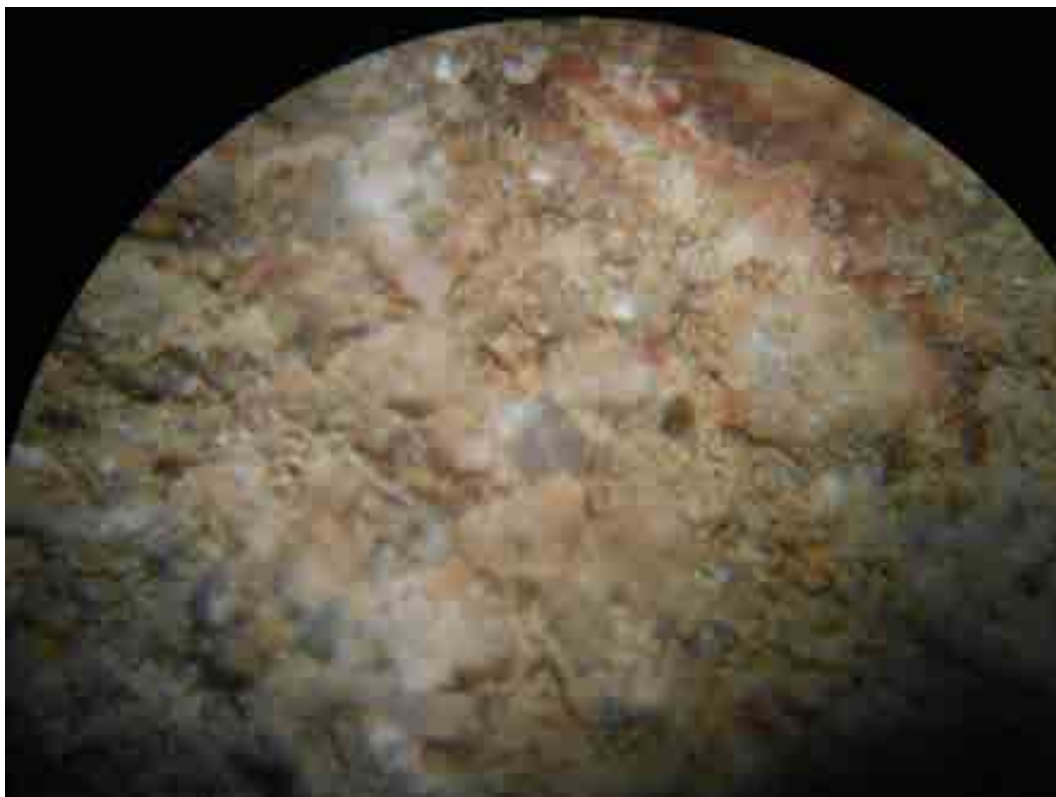
ჟრილი 2 - 2



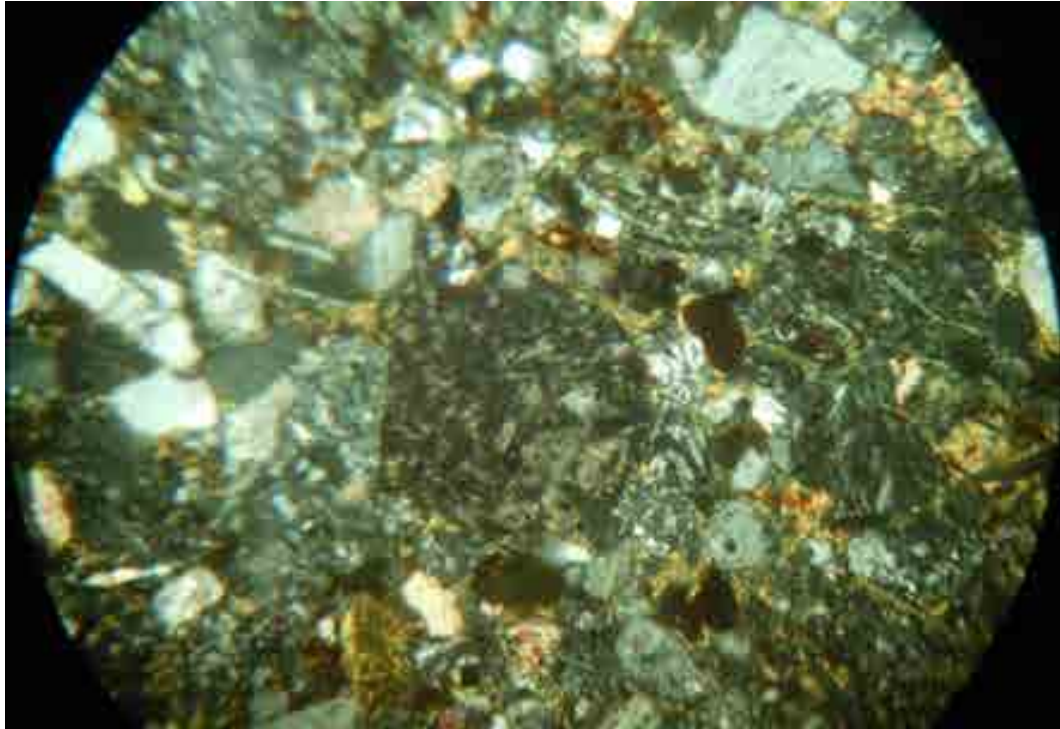
მაკროსკოპულად ნიმუში ძლიერ შეცვლილი წითელი ელფერის მწვანე (სიღრმეში) ქანია:

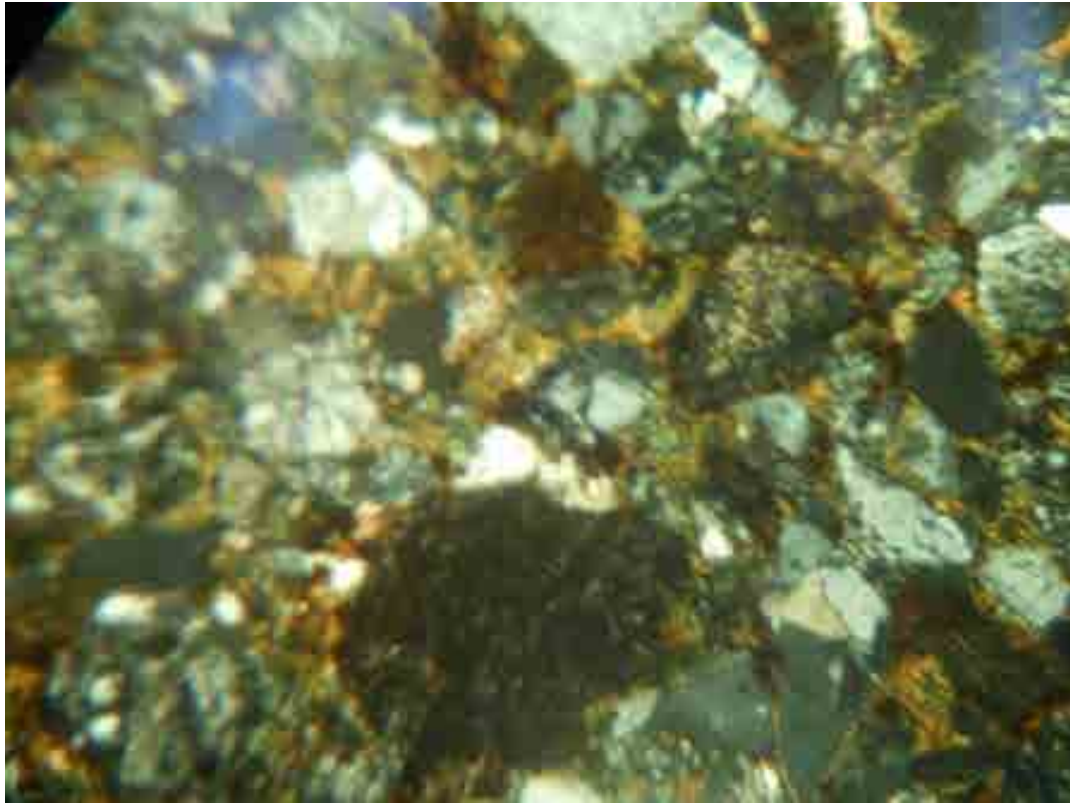


ბინოკულარის ქვეშ განირჩევა პლაგიოკლაზების და კვარცის კრისტალები და ზედაპირზე წარმოქმნილი ლიმონიტების ჟანგისფერი წანაცხები:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ნიმუში წარმოადგენს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს: გათიხებული ვულკანური მინით წარმოდგენილ ფორული ტიპის ცემენტში ვხვდებით ძლიერ შეცვლილ - გაცეოლიტებულ პლაგიოკლაზებს და საღ კვარცს. ბევრია ქლორიტები და ჰიდროქარსები (შერეულშრეებრივი თიხა-მინერალები). ადგილი აქვს ძლიერ ლიმონიტიზაციას. კალციტი 5%-მდეა:





გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	17,970	100
+2	0,095	0,529
+1	2,397	13,339
+0,5	3,482	19,376
+0,25	5,513	30,679
+0,1	4,500	25,042
+0,05	1,400	7,791
-0,05	0,567	3,155
ჯამი	17,954	99,382

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც ადასტურებს ქანში კალციტის არსებობას:



საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს.

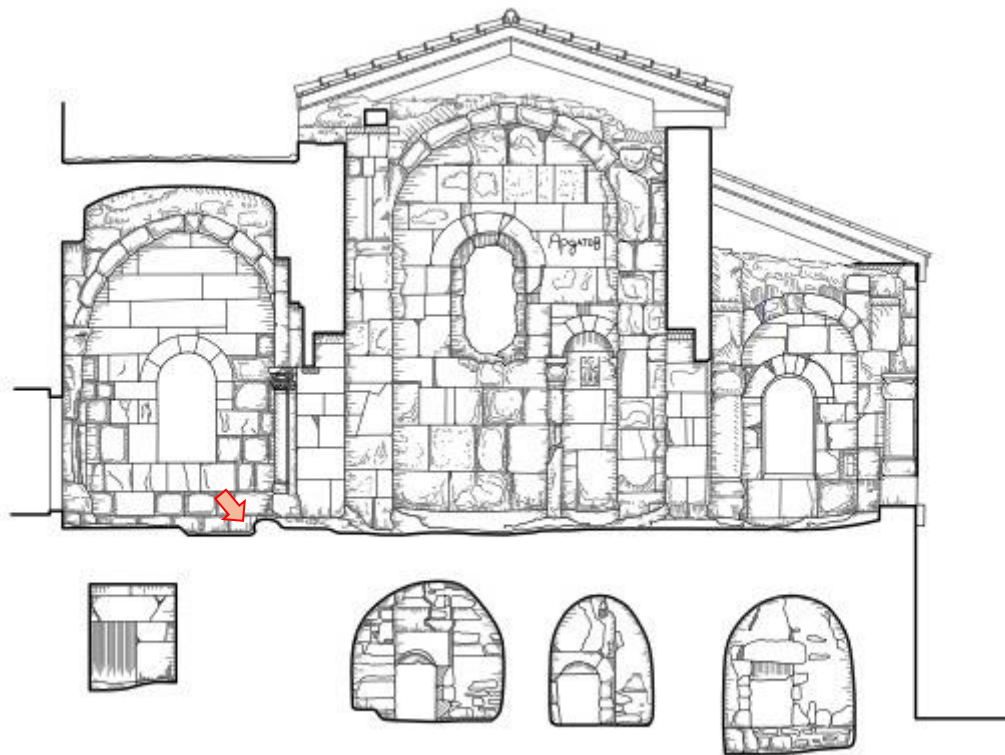
ნიმუში N5/487

ნიმუში: საკედლე ქვა „წითელი“
დაზიანებით

მდებარეობა: ინტერიერი, სამხრეთ მინაშენის
დასავლეთი კედელი



ჟრილი 2 - 2



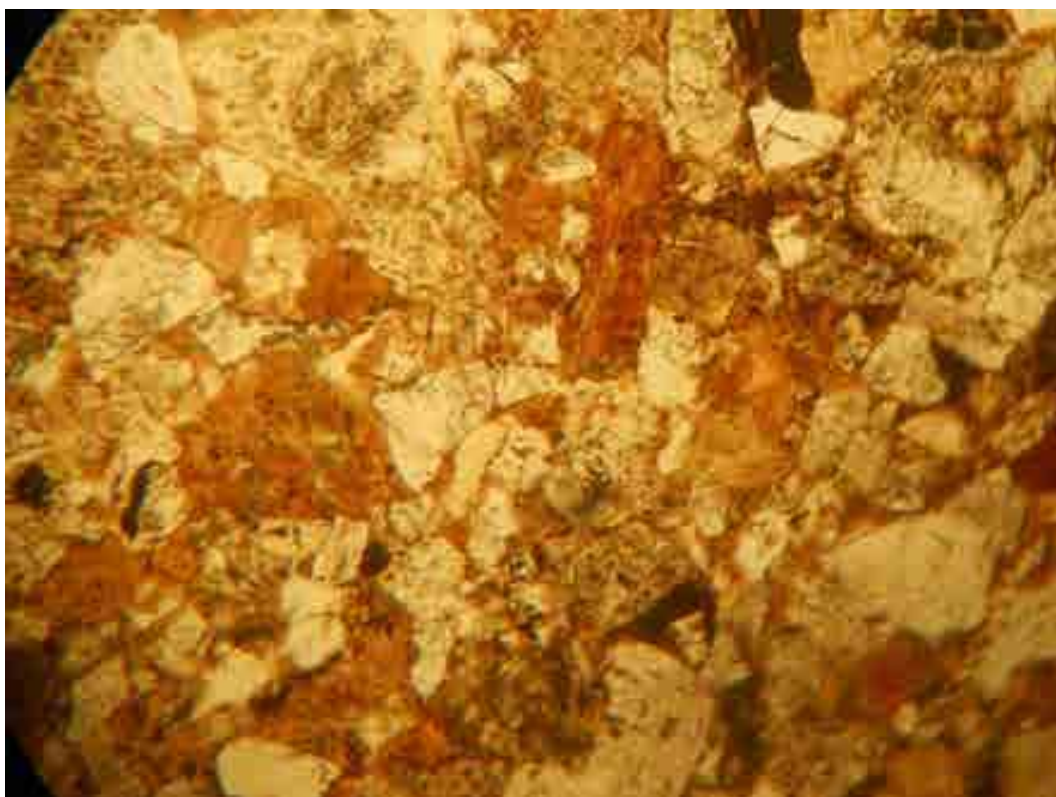
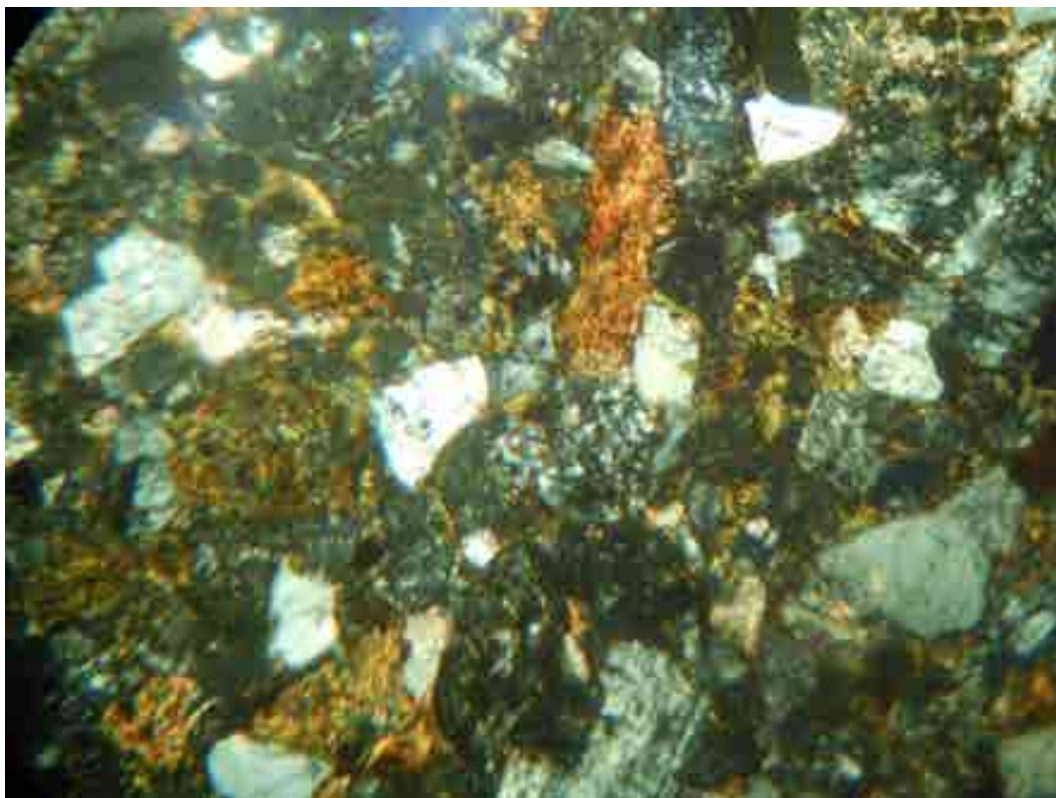
მაკროსკოპულად ნიმუში წარმოადგენს მომწვანო-ნაცრისფერ ქანს, რომლის ანატკეჩის გაყოლებაზე განვითარებულია ძლიერ „წითელი“ დაზიანება:



ბინოკულარის ქვეშ „წითელი“ დაზიანების დათვალიერებისას აღინიშნება მთელი შემაცემენტებული მასის და წვრილი კრისტალების ლიმონიტიზაცია:



გამჭვირვალე პერტოგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი მსგავსია ნიმ.N4/486 - ის, თუმცა ცემენტი თითქმის მთლიანად გაქლორიტებულია. თავად ქლორიტები კი გადასულია რკინის ჰიდროქანგებში. პლაგიოკლაზები ცეოლითიზებულია:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	16,290	100
+3	0,100	0,614
+2	0,317	1,946
+1	3,520	21,608
+0,5	1,650	10,129
+0,25	4,991	30,638
+0,1	3,800	23,327
+0,05	1,500	9,208
-0,05	0,400	2,455
ჯამი	16,400	99,925

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან:



საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკტისტალოკლასტურ ტუფს.

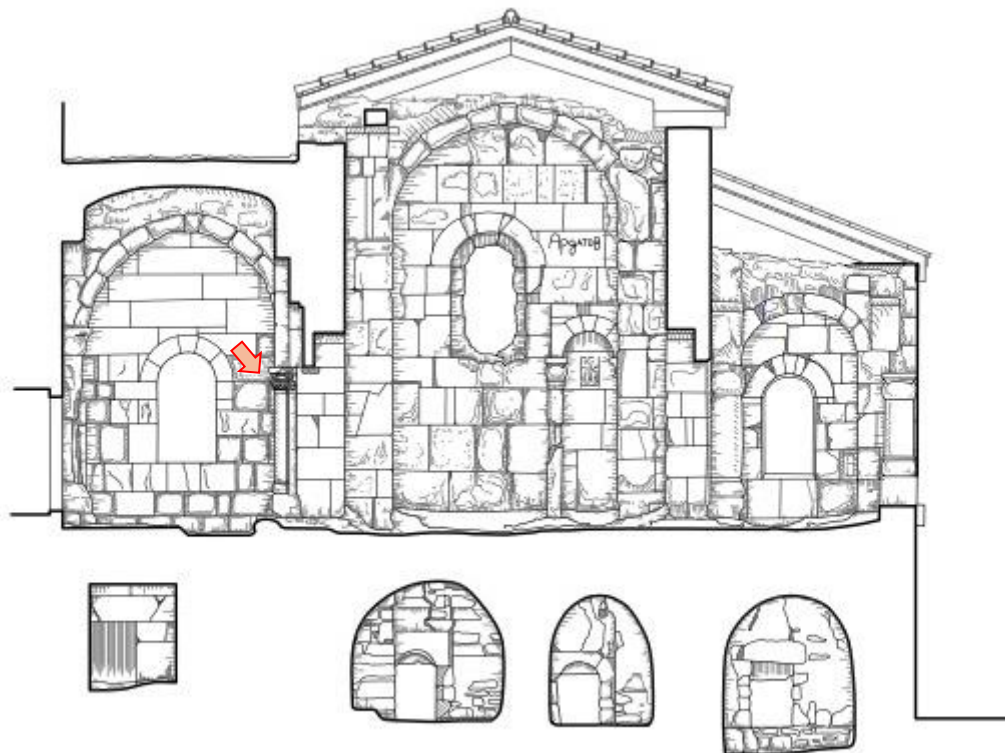
ნიმუში N6/488

ნიმუში: განშრევებული საკედლე ქვა
„წითელი“ დაზიანებითა

მდებარეობა: ინტერიერი, სამხრეთ მინაშენის
დასავლეთი კედელი



ჭრილი 2 - 2



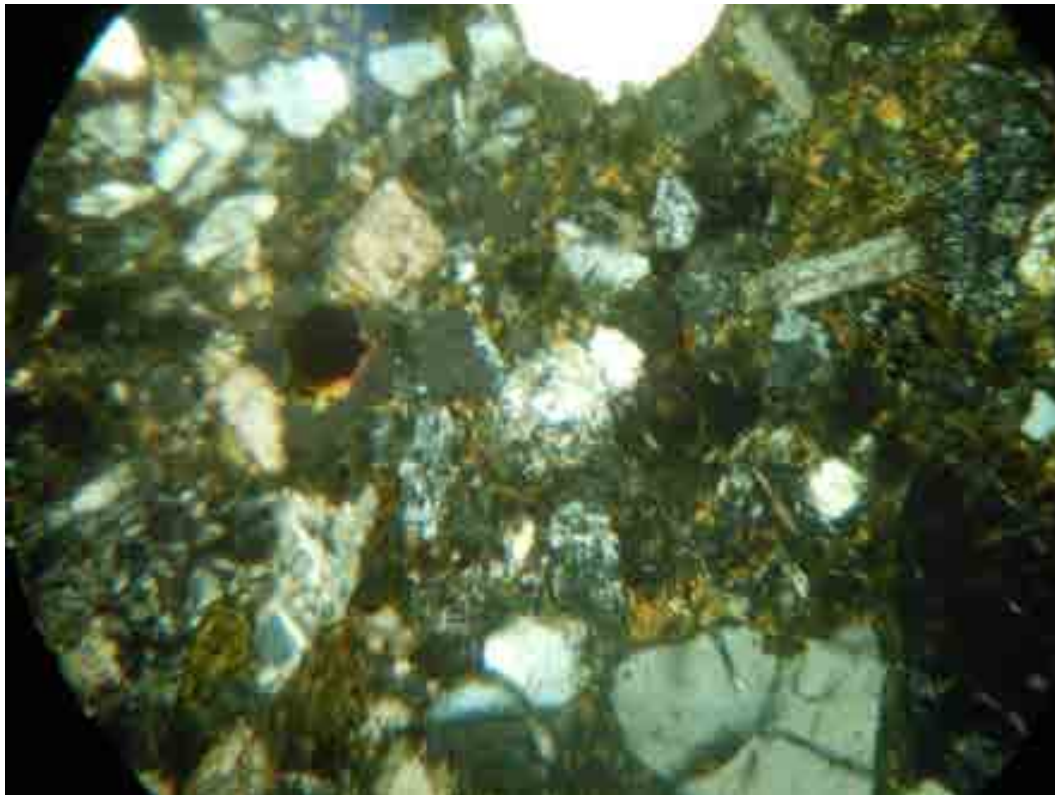
მაკროსკოპულად ნიმუში მომწვანო-რუხი ფერის ძლიერ გამოფიტული - წვრილად დელამინირებული ქანია:



ბინოკულარის ქვეშ აღინიშნება კრისტალური მასის სიმრავლე და შემაცემენტებული მასის სიმცირე. არის თეთრი ფერის კალციტის მიკროჟეოდები:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს ნიმ. 4/486 და N5/487 - ის მსგავს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს: გათიხებულ-გაქლორიტებული ფორული ტიპის ცემენტში ვხვდებით ძლიერ შეცვლილი - გაცეოლითებული პლაგიოკლასების და კვარცის კრისტალებს. არის ერთეული ეფუზივების ნატეხები. ქანში არის კარბონატი. გაცეოლითების ხარისხი უფრო მაღალია, ვიდრე წინა ორ ნიმუშში:



გრანულომეტრული (საცრიტი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	18,770	100
+1	1,803	9,606
+0,5	4,200	22,376
+0,25	7,183	38,269
+0,1	3,731	19,877
+0,05	1,535	8,178
-0,05	0,300	1,598
ჯამი	18,752	99,904

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც ადასტურებს ქანში კალციტის არსებობას:



საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს.

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მიხედვით დადგენილია შემდეგი მინერალური ფაზები (დანართი 1):

პლაგიოკლაზები - 55-60%

შერეულშრეებრივი თიხა-მინერალები

(მონტმორილონიტი, ქლორიტი, ჰიდროქარსი) – 15-20%

კვარცი - 15-20%

კალციტი - 10%.

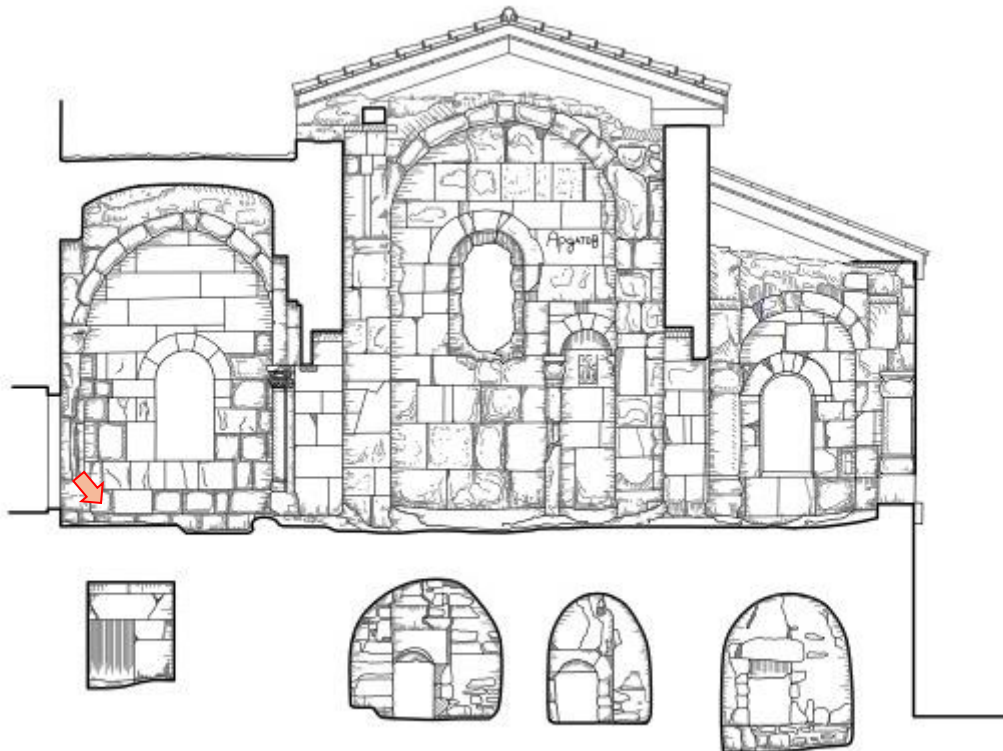
ნიმუში N7/489

ნიმუში: საკედლე ქვა „წითელი“
დაზიანებით

მდებარეობა: ინტერიერი, სამხრეთ მინაშენის
დასავლეთი კედელი



ჭრილი 2 - 2



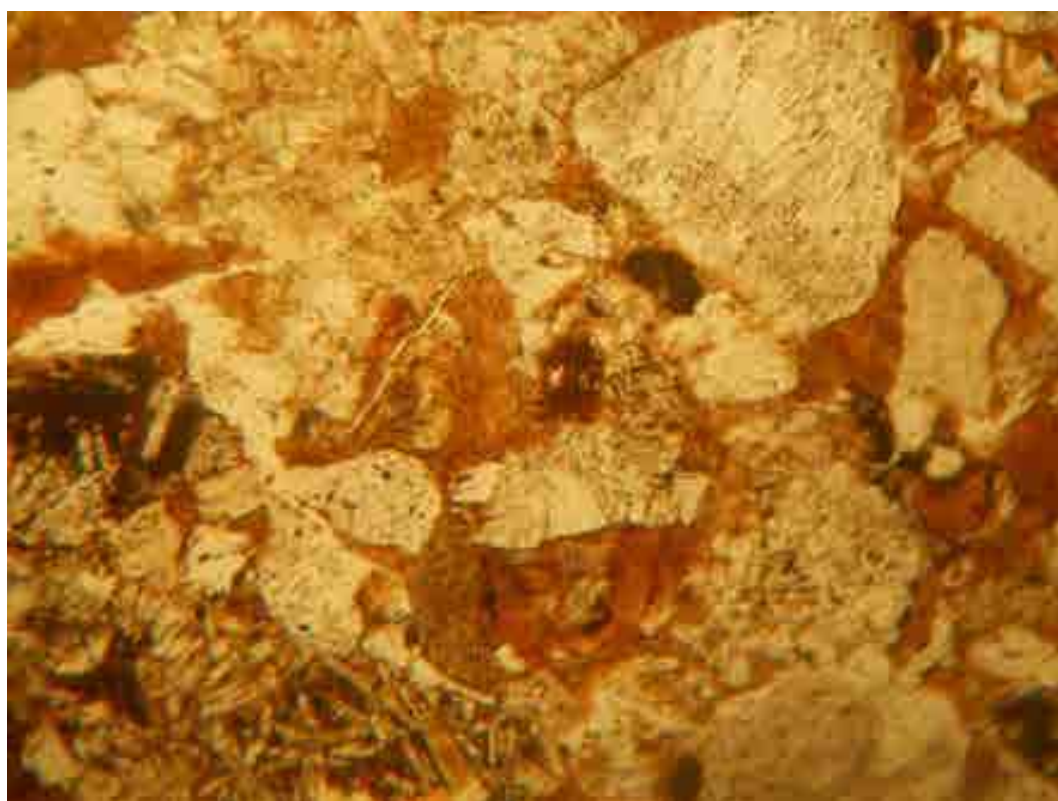
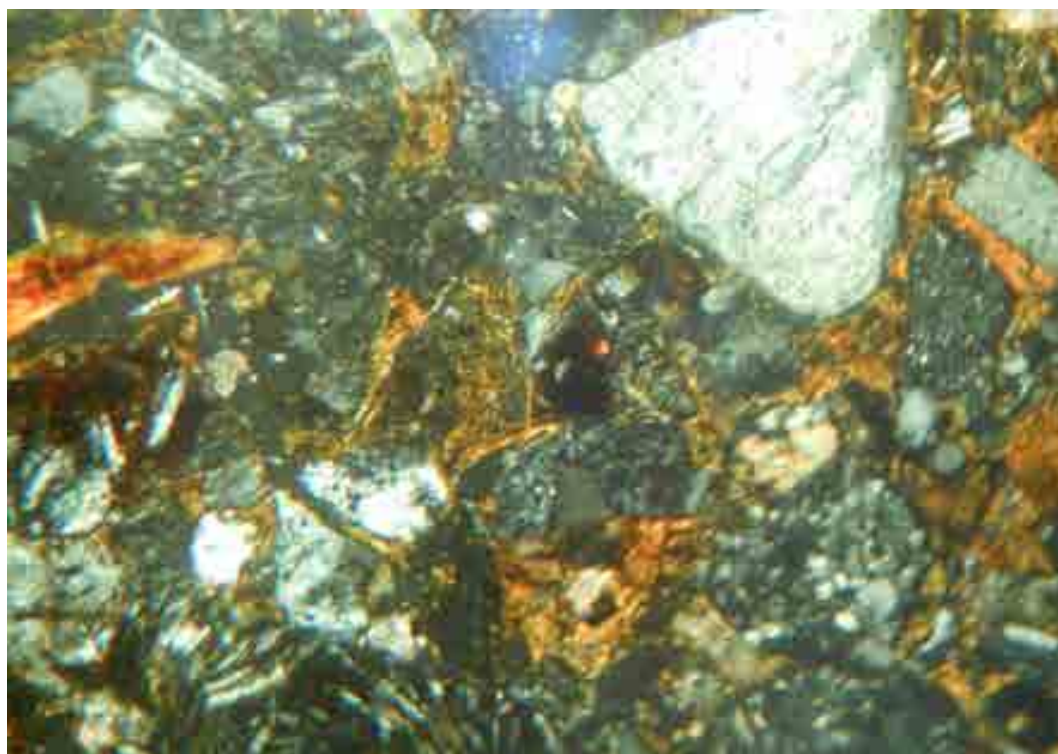
მაკროსკოპულად ნიმუში წარმოადგენს ძლიერ გამოფიტულ (ფშვნად) და მთლიანად „გაწითლებულ“ ფრაგმენტს მომწვანო-მორუხო ტუფის კვადრიდან:



ბინოკულარის ქვეშ აღინიშნება მთელი შემაცემენტებული მასის სრული „გაწითლება“:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს: ძლიერ გაქლორიტებულ-გათიხებული ვულკანური მინის მასას ერთიანად განცდილი აქვს ლიმონიტიზაცია, როგორც წერტილოვანი, ისე მასიური. პლაგიოკლაზები ძლიერ ცეოლითიზებულია:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	21,930	100
+2	0,092	0,420
+1	2,000	9,120
+0,5	3,705	16,895
+0,25	7,500	34,200
+0,1	6,005	27,383
+0,05	1,810	8,254
-0,05	0,800	3,648
ჯამი	21,912	99,920

საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს.

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან:



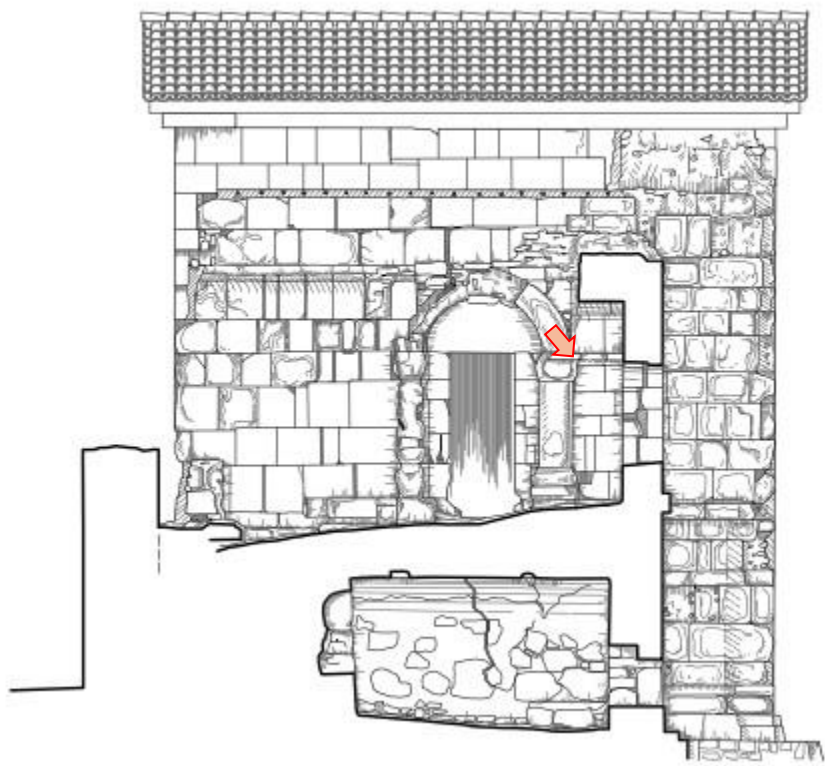
ნიმუში N8/490

ნიმუში: განშრევებული საკედლე ქვა

მდებარეობა: ინტერიერი, ჩრდილოეთ მინაშენის
სამხრეთი კედელი



ჭრილი 4 - 4



მაკროსკოპულად ნიმუში წარმოადგენს მომწვანო-მორუხო ძლიერ ფორიან და ძლიერ აქერცლილ (დელამინირებულ) ქანს:



ბინოკულარის ქვეშ აღინიშნება პლაგიოკლაზების და კალციტების(?) კრისტალები. შემაცემენტებული მასა გამოფიტული ვულკანური მინითაა წარმოდგენილი:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული ანალიზით ქანი წარმოადგენს ნიმ.N4/486, N5/487 და N6/488 -ის მსგავს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს, თუმცა მათთან შედარებით უფრო მეტად გამოფიტულს, რაც გამოიხატება არა მარტო შეცვლის ხარისხში, არამედ ცემენტის ფრაგმენტების კარგვით:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	38,120	100
+3	0,100	0,262
+2	0,252	0,661
+1	7,007	18,381
+0,5	6,013	15,774
+0,25	11,532	30,252
+0,1	8,980	23,557
+0,05	3,366	8,830
-0,05	0,853	2,853
ჯამი	38,103	100,570

საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი საშუალომარცვლოვანი ვიტროკრისტალოკლასტური ტუფია.

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან:



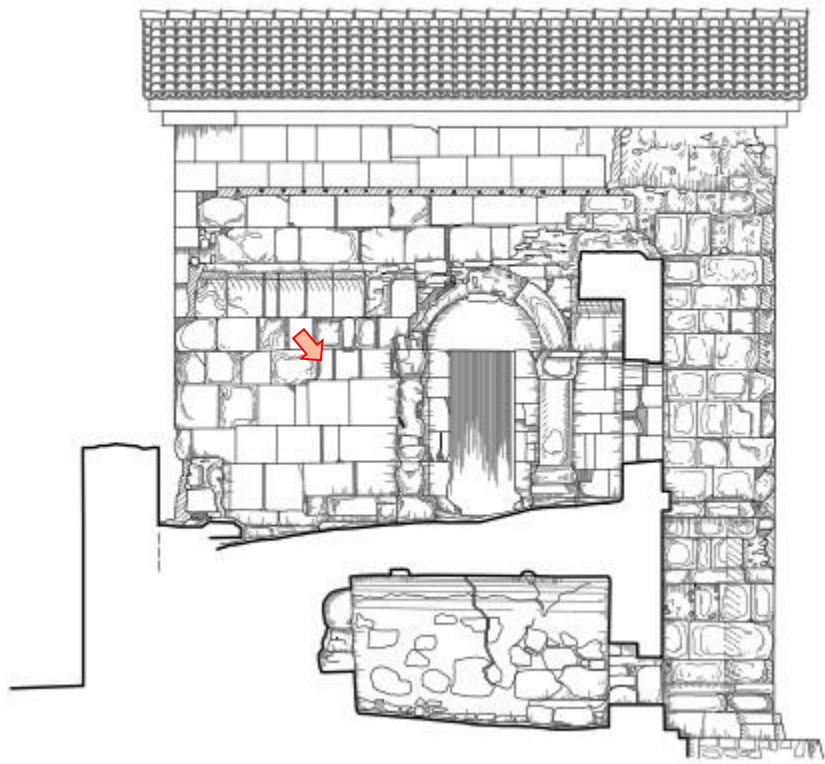
ნიმუში N9/491

ნიმუში: განშრევებული საკედლე ქვა

მდებარეობა: ინტერიერი, ჩრდილოეთ მინაშენის
სამხრეთი კედელი



ჭრილი 4 - 4



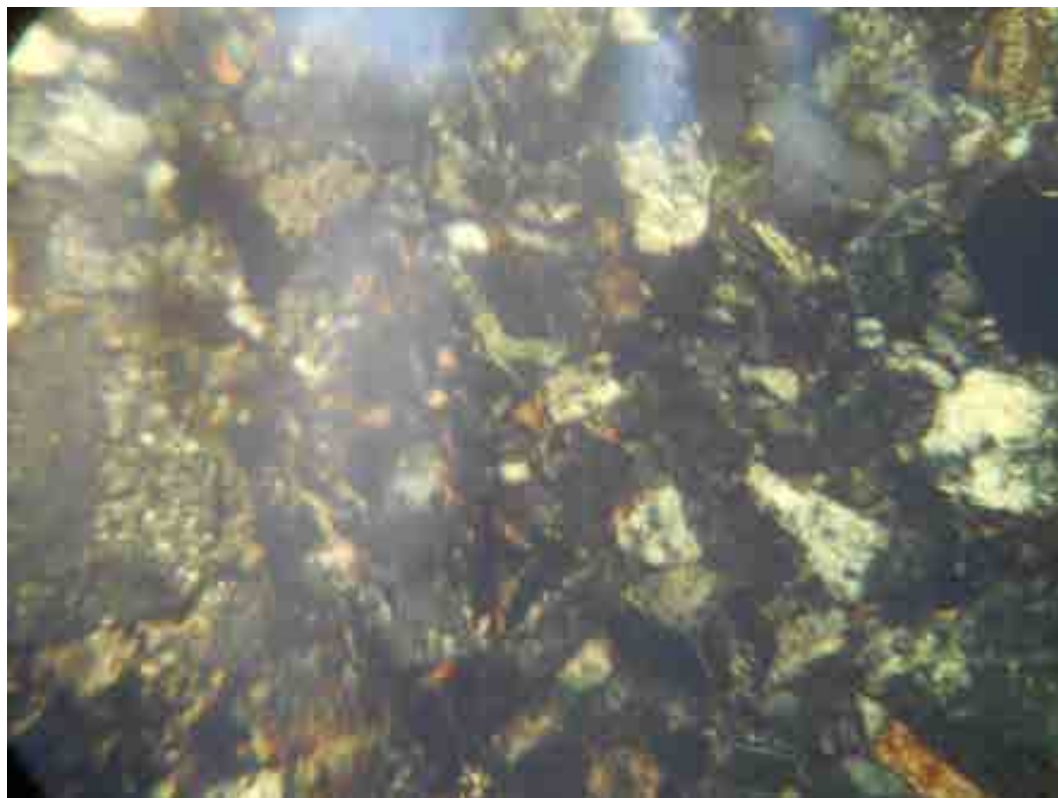
მაკროსკოპულად ნიმუში მწვანე ფერის ძლიერ გამოფიტული ქანია, თუმცა ატკეპილი ნაწილი საკმაოდ მტკიცეა:



ბინოკულარის ქვეშ ქანი მსგავსია ზემოაღწერილი ნიმუში N2/484-ის:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლითაც ნიმუში მსგავსია ნიმ.N2/484-ის. შეიცავს კალციტს 25-30%მდე. ცეოლითიზაციის პროცესი საკმაოდ ძლიერადაა გამოხატული. ქლორიტებთან ერთად ვხვდებით გლაუკონიტსაც.ქანი წარმოადგენს ტუფიტს:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	3,140	100
+1	0,047	1,497
+0,5	0,232	7,389
+0,25	1,115	35,510
+0,1	1,194	38,025
+0,05	0,388	12,357
-0,05	0,150	4,777
ჯამი	3,126	99,555

საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან ტუფიტს.

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც ადასტურებს კალციტის არსებობას:



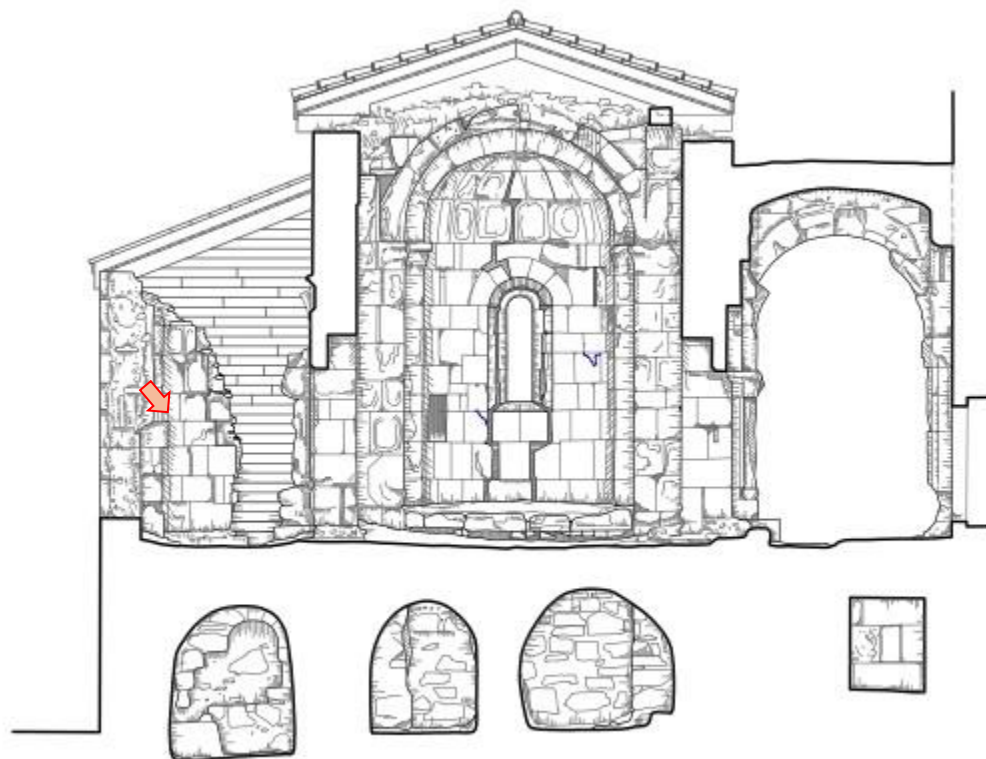
ნომერი N10/492

ნომერი: სახეცვილი ნაცრისფერი საკედლე ქვა

მდებარეობა: ინტერიერი, ჩრდილოეთ მინაშენის
ჩრდილოეთი კედელი



ჭრილი 1 - 1



მაკროსკოპულად ნიმუში წარმოადგენს მოყავისფრო ელფერის ნაცრისფერ ქანს, ზედაპირზე მრავლობითი თეთრი ფერის მიკროკრისტალების წანაზარდებით:



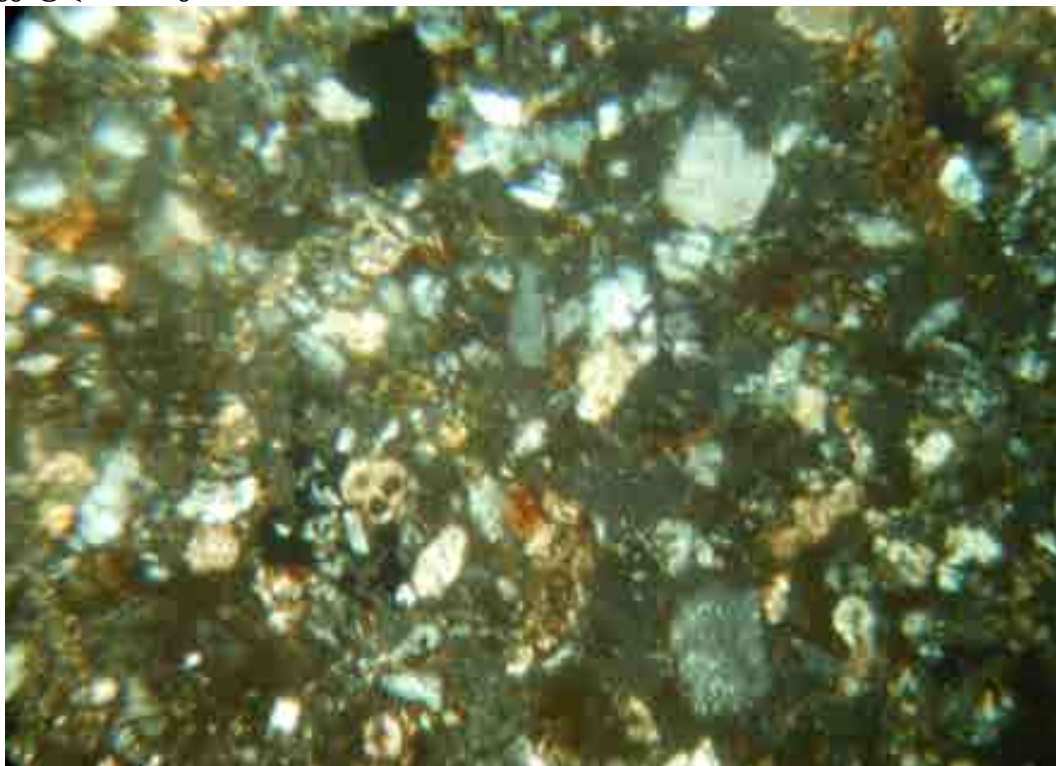
ბინოკულარის ქვეშ კარგად ჩანს თეთრი კრისტალების მიკროდრუხები და მიკროჟეოდები:

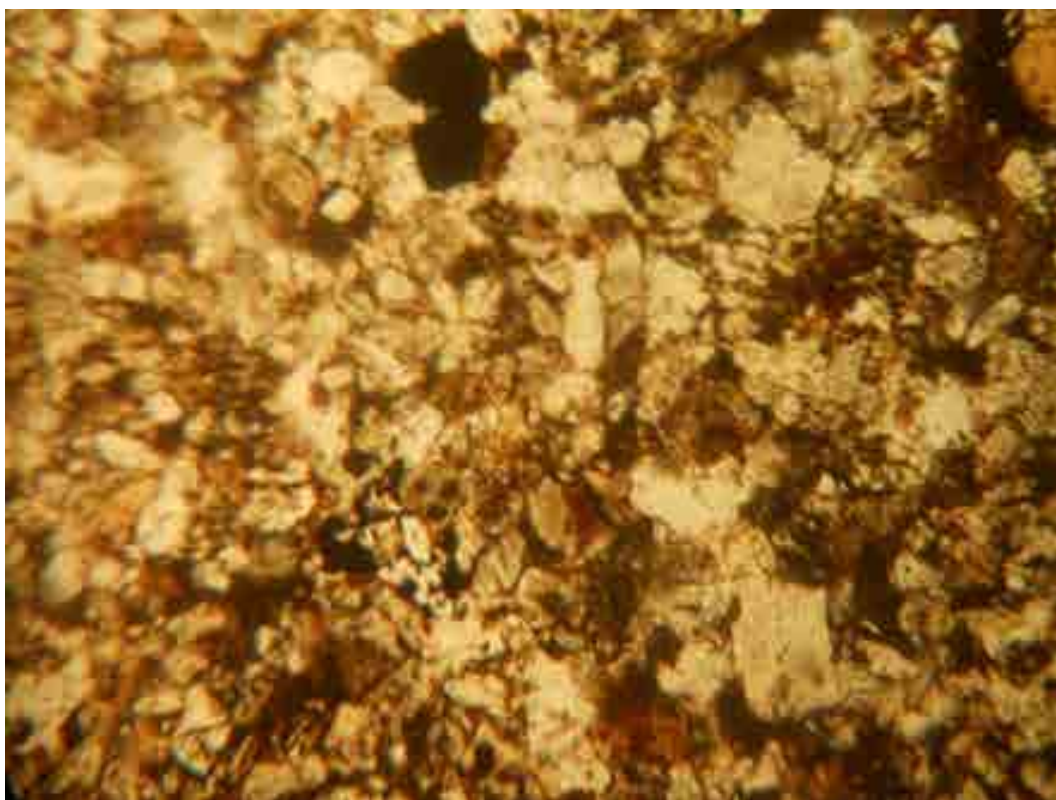


ქანის ნიმუშზე მარილმჟავას ასხმისას მიკროკრისტალებს აქვთ ძლიერშიშხინა რეაქცია ,რაც ნიშნავს, რომ მოცემული მინერალური აგრეგატები წარმოადგენს კალციტს:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს წვრილმარცვლოვან ტუფიტს: ვულკანოგენური მასალა წარმოდგენილია ვულკანური მინით, პლაგიოკლაზებით და სხვ.; ტერიგენული მასალა წარმოდგენილია კალცინირებული ორგანოგენული ნაშთებით:





ქანი საკმაოდ მტკიცეა, წვრილფორიანი.

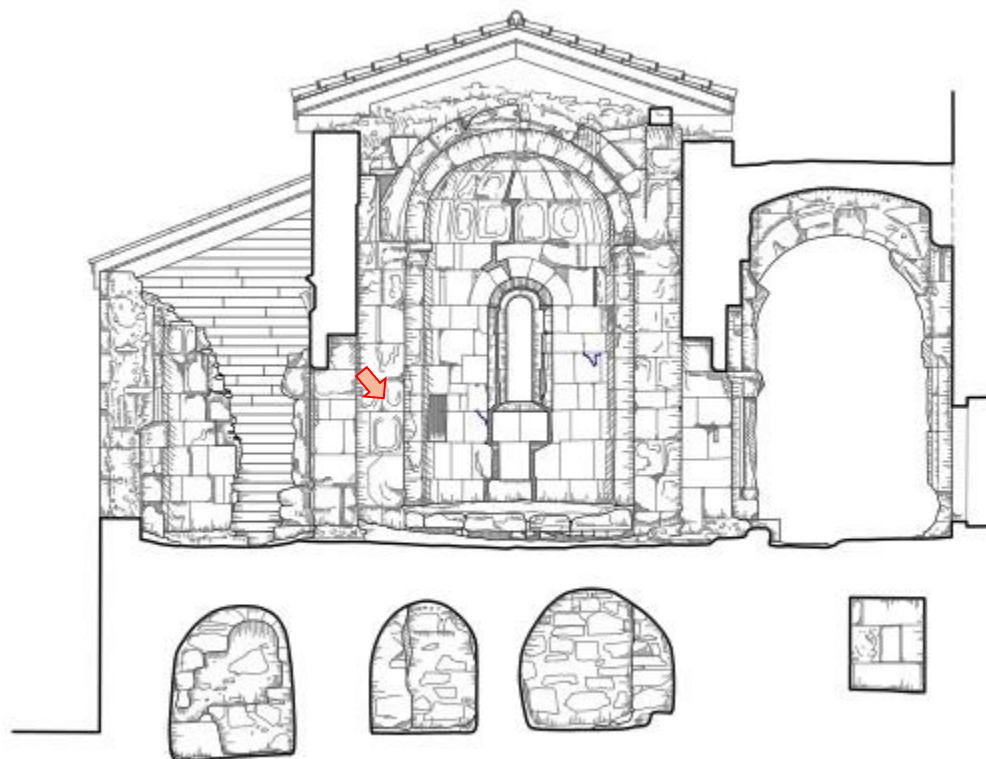
ნიმუში N11/493

ნიმუში: თეთრი კრისტალები საკედლე ქვაზე

მდებარეობა: ინტერიერი, ცენტრალური სივრცე, აფსიდის ჩრდილოეთი ნაწილი



ჭრილი 1 - 1



მაკროსკოპულად ნიმუში მოყვითალო-ნაცრისფერი ქანია, ხშირი თეთრი გამოკრისტალებით, ძლიერ გამოფიტული, დელამინირებული:



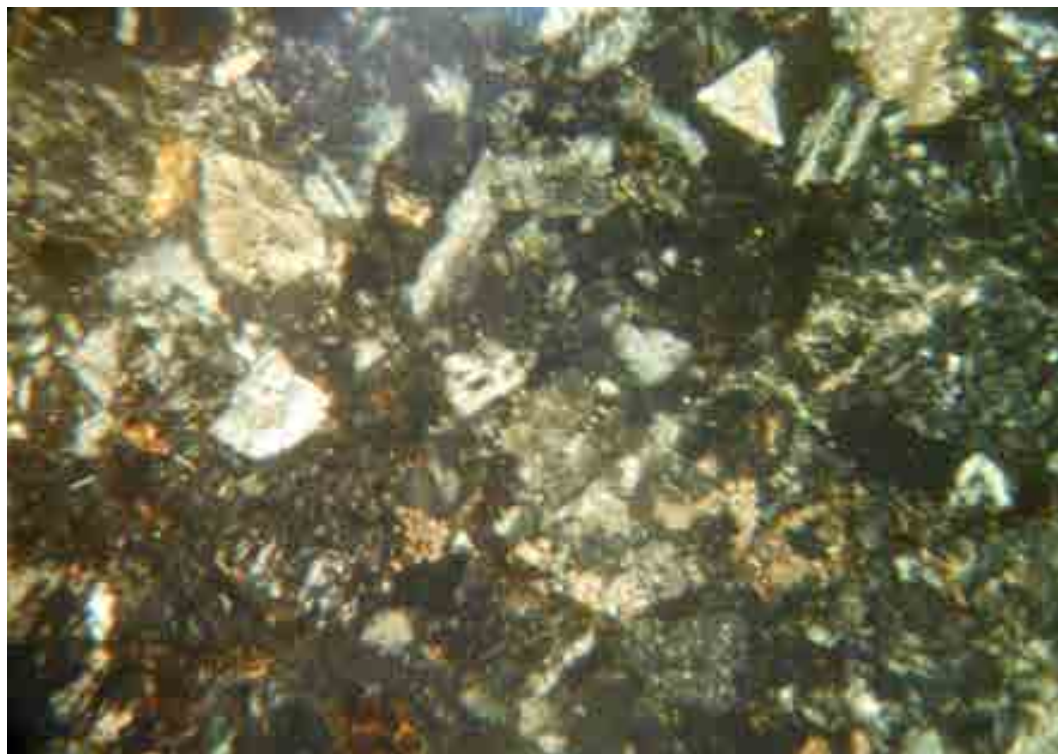
ბინოკულარის ქვეშ აღინიშნება ნიმ.N10/492-ის მსგავსი თეთრი კრისტალების დრუზები და ჟეოდები:

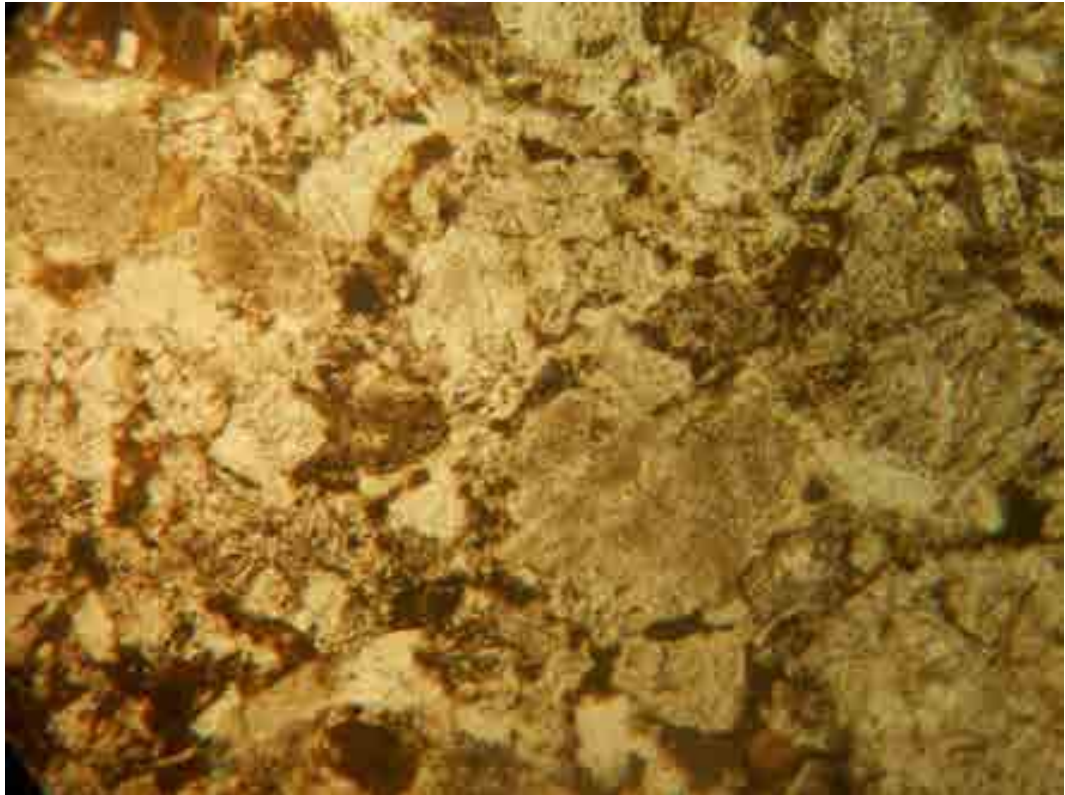


თეთრი კრისტალები მარილმჟავასთან შიშხინა რეაქციით იშლება, რაც ნიშნავს, რომ ეს კრისტალური აგრეგატები კალციტს წარმოადგენს:



გამჭვირვალე პერტოგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს: ვულკანური მინის ცემენტი გათიხებულ-გაქლორიტებულია, პლაგიოკლაზები - გაცეოლითებული. არის 5-7%-მდე კალციტი:





გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით:

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	13,900	100
+3	0,055	0,396
+2	0,200	1,439
+1	2,400	17,266
+0,5	1,707	12,281
+0,25	4,718	33,942
+0,1	3,524	25,353
+0,05	0,976	7,022
-0,05	0,310	2,230
ჯამი	13,890	99,929

საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი საშუალომარცვლობანი ვიტროკრისტალოკლასტური ტუფია.

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც ადასტურებს კალციტის არსებობას:



რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მიხედვით დადგენილია შემდეგი მინერალური ფაზები (დანართი 2):

პლაგიოკლაზები -- 60-65%

შერეულშრეებრივი თიხამინერალები

(მონტმორილონიტი, ქლორიტი, ჰიდროქარსი) – 15-20%

კვარცი - 20%

კალციტი - 5%

ცეოლითი - %-მდე.

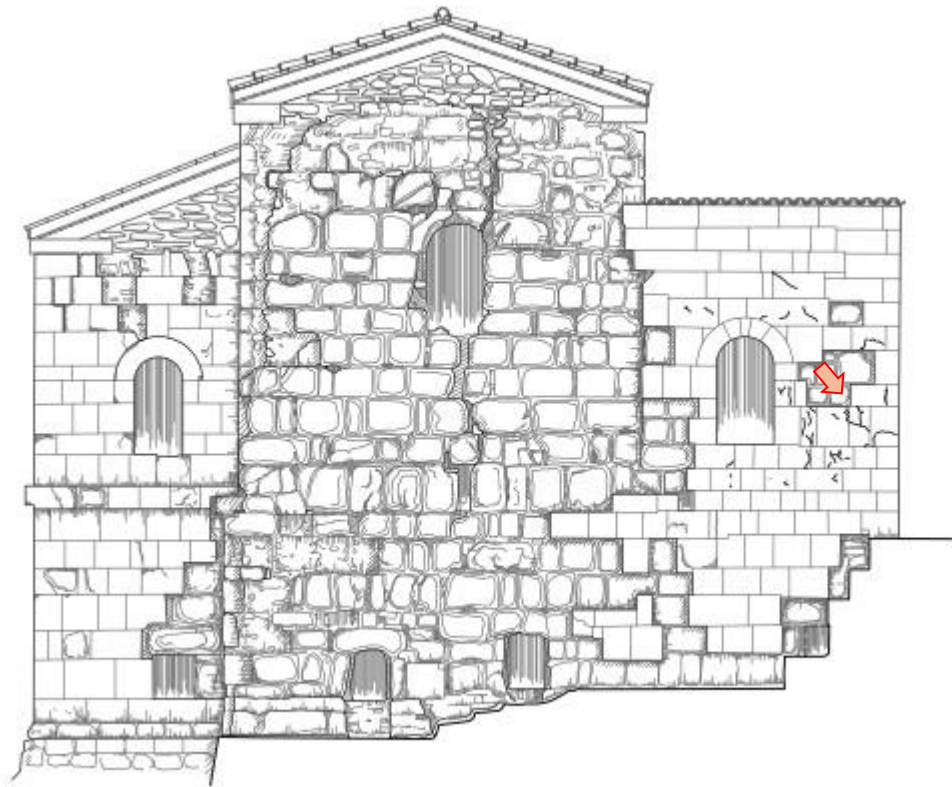
ნომერი N12/494

ნომერი: საკედლე ქვა

მდებარეობა: დასავლეთი ფასადი



დასავლეთი ფასადი



მაკროსკოპულად, ბინოკულარის და პოლარიზაციული მიკროსკოპით შესწავლითაც მოცემული ქანი ჰგავს ნიმ.N4/486, N5/487, N6/488 და N8/490-ს:

მაკროსკოპულად:



ბინოკულარის ქვეშ:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიულ შლიფში:



გრანულომეტრული (საცრითი) ანალიზის მიხედვით :

ფრაქციის ზომა,მმ	ფრაქციის წონა,გ	%
საწყისი	8,500	100
+2	0,037	0,435
+1	0,150	1,765
+0,5	1,050	12,353
+0,25	3,585	42,176
+0,1	2,828	33,271
+0,05	0,528	6,212
-0,05	0,315	3,706
ჯამი	8,483	99,918

საცრითი ანალიზის მიხედვით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს.

დეზინტეგრირებულ მასალას აქვს შიშხინა რეაქცია მარილმჟავასთან, რაც მიუთითებს კარბონატის არსებობაზე:



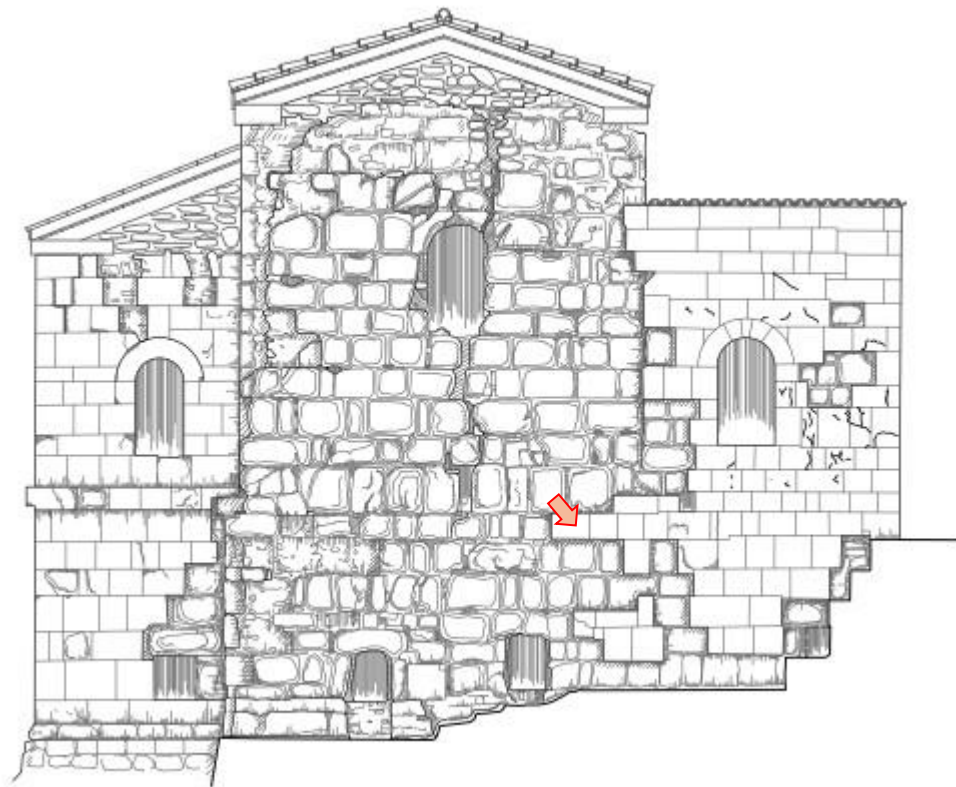
ნომერი N13/495

ნომერი: ახალი საკედლე ქვა(ყვითელი)

მდებარეობა: დასავლეთი ფასადი



დასავლეთი ფასადი



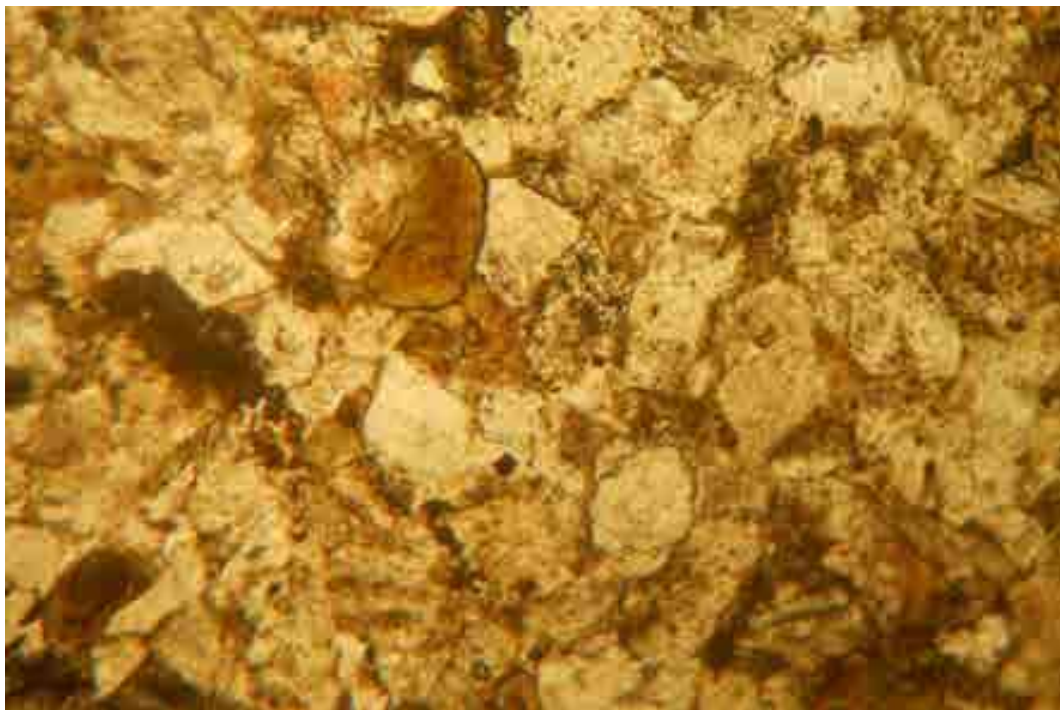
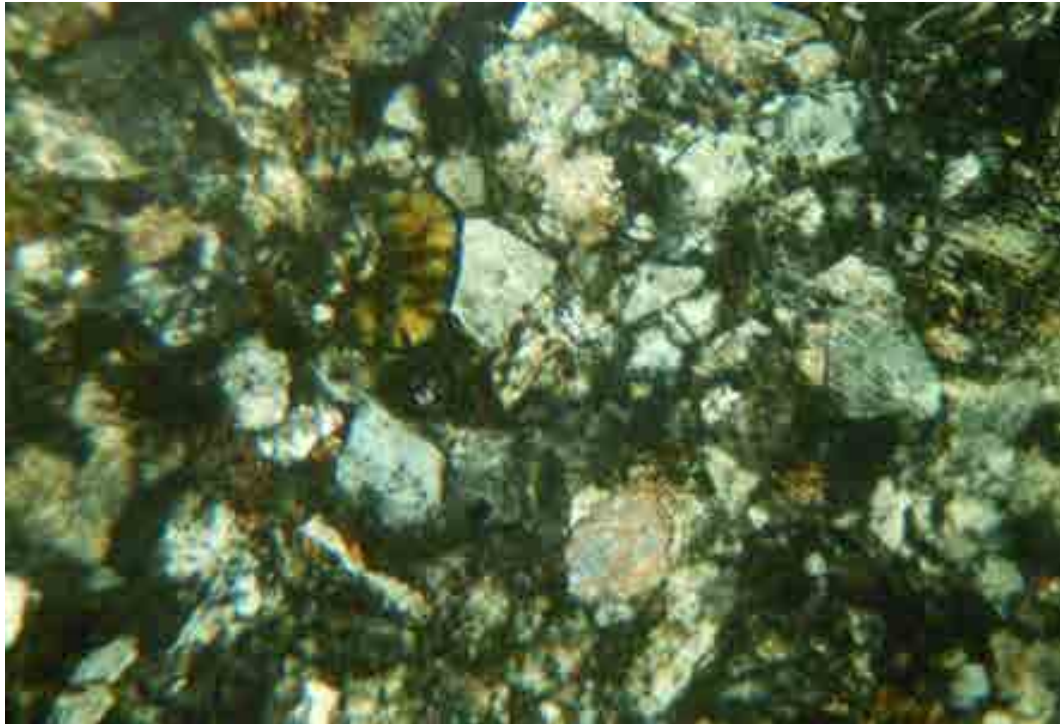
მაკროსკოპულად ნიმუში მოყვითალო-ნაცრისფერი ქანის დესკვამირებული (ტემპერატურული გამოფიტვა) ნაწილს წარმოადგენს:



ბინოკულარის ქვეშ ქანში განირჩევა შედარებით წვრილკრისტალური აგრეგატები და სუსტი ლიმონიტიზაციის უბნები:



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შერსწავლით ქანი წარმოადგენს ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს: ვულკანური მინით წარმოდგენილი ცემენტი გათიხებულ-გაქლორიტებულია, თუმცა შეცვლის ხარისხი გაცილებით სუსტია, ვიდრე სხვა ნიმუშებში. აღინიშნება კალციტის არსებობა(20-25%-მდე):



ქანი საკმაოდ მტკიცეა, ნაკლებ დაზიანებული. განცდილი აქვს მხოლოდ ერთშრიანი დესკვამაცია. ანატექსის სისქე 10-15 მმ-ია.

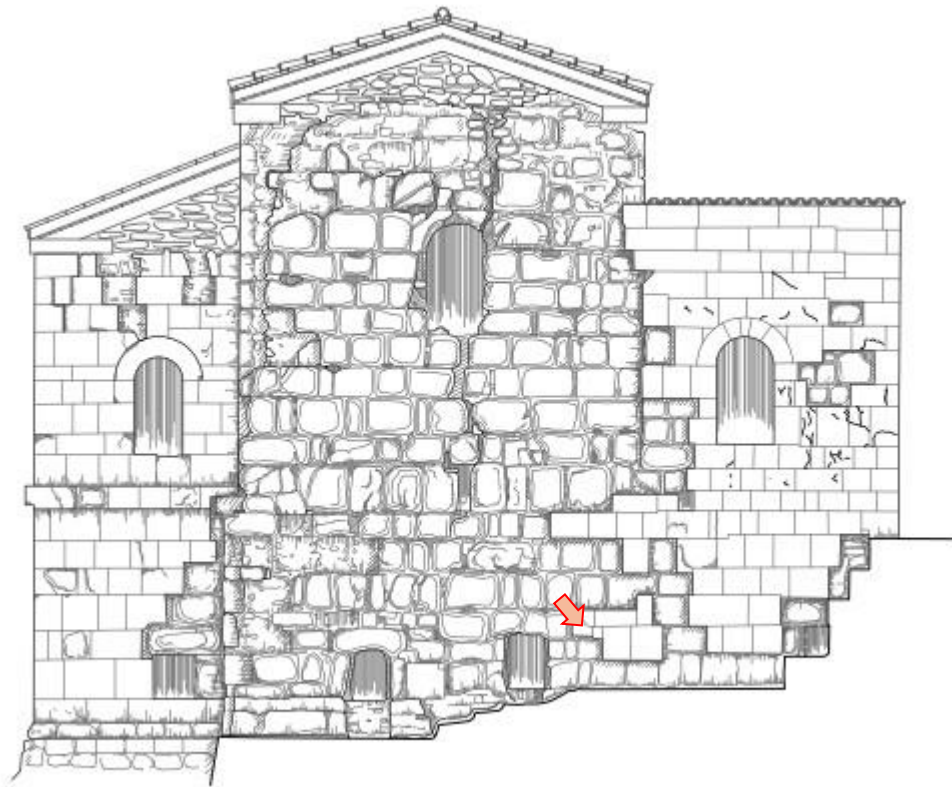
ნომერი N14/496

ნომერი: ახალი საკედლე ქვა(მწვანე)

მდებარეობა: დასავლეთი ფასადი



დასავლეთი ფასადი



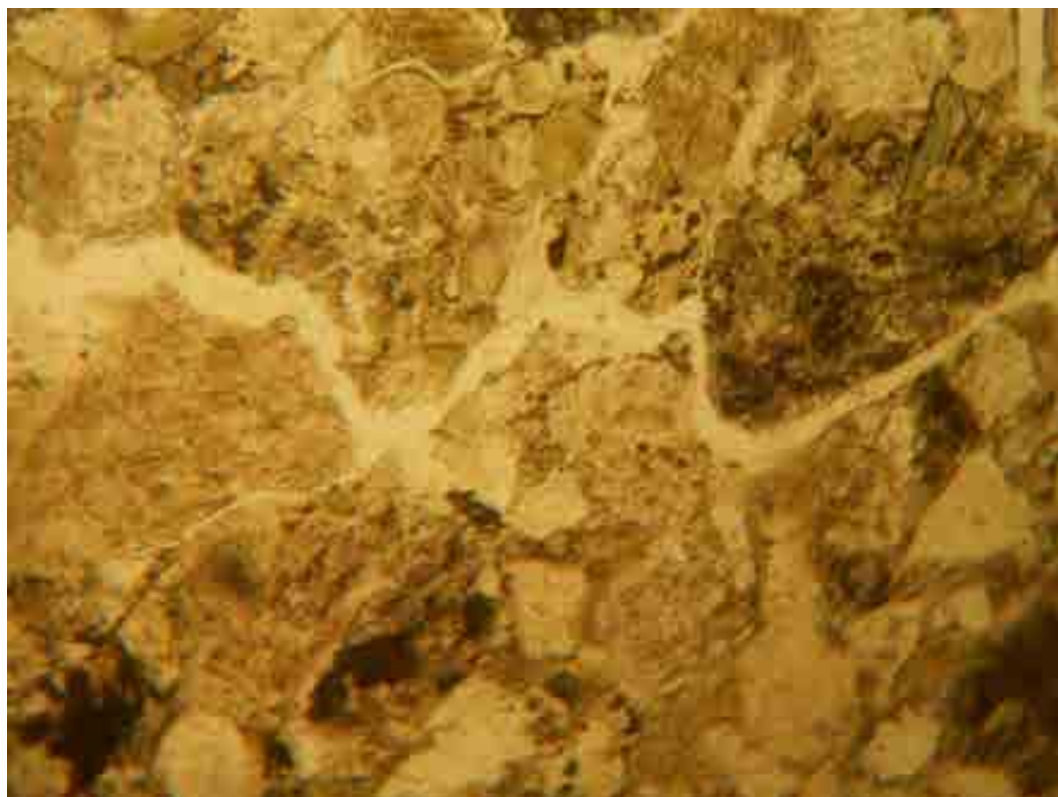
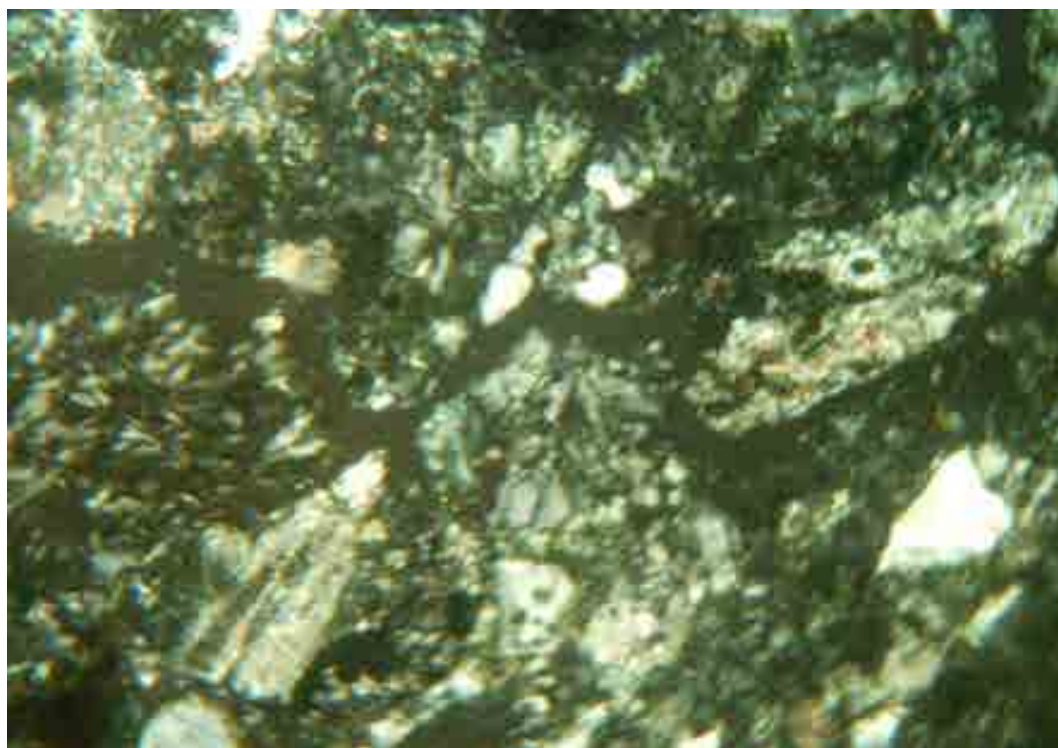
მაკროსკოპულად ნიმუში მომწვანო-ნაცრისფერი ქანის დესკვამირებულ ნაწილს წარმოადგენს:



ბინოკულარის ქვეშ ნიმუშში განირჩევა პლაგიოკლაზისა და კვარცის საკმაოდ მსხვილი მარცვლები



გამჭვირვალე პეტროგრაფიული შლიფის მიკროსკოპული შესწავლით ქანი წარმოადგენს საშუალომარცვლოვან ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფს, გათიხებულ-გაქლორიტებული ძირითადი მასითა და პლაგიოკლაზებით და კვარცით წარმოდგენილი კრისტალური ჩანართებით. კალციტი მცირე რაოდენობითაა:



მოცემული ნიმუში წარმოადგენს 7-12 მმ სისქის დესკვამირებულ , თუმცა საკმაოდ მტკიცე ანატექსს.

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მიედვით დადგენილია შემდეგი მინერალური ფაზები (დანართი 3):

პლაგიოკლაზები - 60-65%

შერეულშრეებრივი თიხა-მინერალები

(მონტმორილონიტი, ქლორიტი, ჰიდროქარსი) – 10-15%

კვარცი - 15-20%

კალციტი - 10%.

დასკვნები:

1.საკედლე ქვა წარმოდგენილია ორი ტიპის ქანით: ვიტროკრისტალოკლასტური ტუფითა და ორთოტუფიტით.

2.ორივე ტიპის ქანი შეიცავს ჭარბი ოდენობით კალციტს, შერეულშრეებრივ თიხა -მინერალებს და ცეოლითებს.

3.შეცვლის (გამოფიტვის) პროცესები ქანებში როგორც საბადოსმიერი, ისე კედელზე განვითარებულია, კერძოდ:

ა)გათიხება და გაქლორიტება ამგვარი ტიპის ქანებისთვის დამახასიათებელია და ფართოდაა გავრცელებული მიწის ქერქში;

ბ)ცეოლითიზაციაც ახასიათებს მოცემული ტიპის ვიტროკრისტალოკლასტურ ტუფებსა და ორთოტუფიტებს;

გ)ლიმონიტიზაციის და ,ზოგადად, რკინის ჰიდროქსიდების წარმოქმნა რკინა-მაგნეზიალური ქლორიტების ხარჯზე ასევე ფართოდ გავრცელებული შეცვლის პროცესია.ამ შეცვლის პროცესების პარალელურად განვითარებული კარბონატების წერტილოვანი გამოკრისტალების და წერტილოვანი ლიმონიტიზაციის ინტენსიფიკაცია კი, სავარაუდოდ, ერთის მხრივ, ატმოსფერული ნალექებით (მჟავური წვიმები) და მეორეს მხრივ, ბიოდაზიანებით უნდა იყოს გაპირობებული.

4.ძლიერი სფერული გამოფიტვა და დესკვამაციები გამოწვეულია ინტენსიური ეოლური (ქარის მოქმედება) გამოფიტვით და ტემპერატურის სეზონური მერყეობით.

მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი

- სამშენებლო მასალის ბიოლოგიური კვლევა

კვლევის მიზანი

ცოცხალი ორგანიზმები გავლენას ახდენენ სამშენებლო მასალების დაზიანების პროცესებზე. მასალის ზედაპირებზე და სიღრმეში დასახლებული მიკროორგანიზმების ბიოლოგიური აქტიურობის შედეგად შესაძლებელია დაჩქარდეს და/ან გაძლიერდეს ქვის გამოფიტვის და საკონსერვაციო მასალების დაზიანების პროცესები.

ბიოლოგიური კვლევის მიზანს წარმოადგენდა მცირე ჯვრის სამშენებლო ქვის ბიოლოგიური კოლონიზაციის შეფასება.

გამოყენებული მასალები და მეთოდები

მიკრობიოლოგიური კვლევებისთვის საანალიზო ნიმუშები (ქვის ფრაგმენტები) აღებული იყო სკალპელის გამოყენებით ასეპტიკური პირობების დაცვით შემდეგი გეგმის შესაბამისად:

ნიმუშის კოდი	ნიმუშის აღების წერტილი
ბ-1. მყარი რუხი ქვა	ინტერიერი, ცენტრალური ნავის დასავლეთი კედელი, იატაკიდან 65 სმ.
ბ-2. განშრეკებული, გაფხვიერებული მომწვანო-რუხი ქვა	ინტერიერი, ცენტრალური ნავის დასავლეთი კედელი, იატაკიდან 110 სმ.
ბ-3. განშრეკებული, გაფხვიერებული ქვა	ინტერიერი, ცენტრალური ნავის დასავლეთი კედელი, იატაკიდან 160 სმ.
ბ-4. „წითელი“ ქვა	ინტერიერი, სამხრეთი მინაშენის დასავლეთი კედელი, იატაკიდან 30 სმ.
ბ-5. „წითელი“ ქვა	ინტერიერი, სამხრეთი მინაშენის დასავლეთი კედელი, იატაკიდან 30 სმ (ბ-4 მოპირდაპირე კუთხე)

ბ-6. „სველი ქვა“	ინტერიერი, ჩრდილოეთ მინაშენის ჩრდილოეთი კედელი, იატაკიდან 30 სმ (ბ-4 მოპირდაპირე კუთხე)
ბ-7. „ახალი ქვა“	ექსტერიერი, დასავლეთი ფასადი, ახალი ქვა

საანალიზო ნიმუშებიდან მიკროორგანიზმების გამოყოფის მიზნით გამოყენებული იყო შემდეგი საკვები არეები:

ტრიპტინ-სოიოს აგარი (TSA) (გ/ლ): კაზეინ პეპტონი – 15,0; პეპტონი – 5,0; NaCl – 5,0; სოიოს პეპტონი -5,0; აგარი 15,0. pH 7,3±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

საკვები არე სახამებლითა და ამონიუმით აქტინომიცეტებისთვის (გ/ლ): (NH₄)₂SO₄ – 2,0; MgSO₄ x 7H₂O – 1,0; NaCl – 1,0; CaCO₃ – 3,0, CaCO₃ – 2,0, სახამებელი – 10,0, აგარი – 20,0. pH 7,3±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

ჩაპეკ-დოქსის არე მიკროსკოპული სოკოებისათვის (გ/ლ): საქაროზა – 30,0, NaNO₃ – 2,0, K₂HPO₄ – 1,0, MgSO₄ x 7H₂O - 0,5, KCl - 0,5, FeSO₄ x 7H₂O - 0,01 გ, აგარი – 20,0 გ. pH - 7,3±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

საბუროს აგარი (გ/ლ): გლუკოზა - 40,0, პეპტონი – 10,0, აგარი – 20,0. pH - 5,6±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

საბუროს თხევადი არე pH ინდიკატორით (გ/ლ): გლუკოზა - 20,0, პეპტონი - 10,0, ბრომკრეზოლ მწვანე - 0,02. pH 5,6±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

ოლიგოტროფული არე (გ/ლ): NaNO₃- 3,0, KH₂PO₄- 1,0, MgSO₄ x 7H₂O – 0,5, KCl – 0,5, FeSO₄ x 7H₂O – 0,01, საქაროზა – 1,0, აგარი – 15 გ. pH 6,8±0,2. სტერილიზაცია 121°C 20 წთ.

BG-11 (გ/ლ): ძირითადი ხსნარი (გ/ლ): NaNO₃ – 1,5, K₂HPO₄ – 0,04, MgSO₄ x 7H₂O – 0,075, CaCl₂ x 2H₂O – 0,036, ლიმონმჟავა – 0,006, რკინა ამონიუმის ციტრატი – 0,006, EDTA Na₂ – 0,001, Na₂CO₃ – 0,02, მიკროელემენტების ხსნარი - 10 მლ pH 7.1.
მიკროელემენტების ხსნარი (გ/ლ): H₃BO₃ – 2,86, MnCl₂ x 4H₂O – 1,81, ZnSO₄ x 7H₂O – 0,22, Na₂MoO₄ x 2H₂O – 0,39, CuSO₄ x 5H₂O – 0,08, Co(NO₃)₂ x 6H₂O – 0,05.

სორიანოსა და უოკერის არე (გ/ლ): (NH₄)₂SO₄- 0,5 გ, KH₂PO₄ - 0,2 გ, MgSO₄ x 7H₂O - 0,2 გ, CaCl₂ x H₂O - 0,02 გ, ფენოლ წითელი 0,05% ხსნარი - 1,0 მლ, ოლიგოელემენტების

ხსნარი - 10 მლ, pH - 8,0; ოლიგოელემენტების ხსნარის შემადგენლობა (მგ/ლ): $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 770,0 მგ, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 10,0 მგ, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 20,0 მგ, H_3BO_3 - 3,0 მგ, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,2 მგ, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 2,0 მგ, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 10,0 მგ, ნატრიუმის ედეტატი - 1,03 გ, pH - 7,7-7,8. სტერილიზაცია 121°C 10 წთ.

უოტსონისა და უოტერბერის არე: NaNO_2 - 0,07 გ, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1 გ, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,006 გ, K_2HPO_4 - 0,02 გ, ონკანის წყალი - 700 მლ, გამოსხივებული წყალი - 300 მლ, pH - 7,5.

საკვები არე ნატრიუმის თიოსულფატით ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$): $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 10,0 გ, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 0,1 გ, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 1,2 გ, MnSO_4 - 0,02 გ, KH_2PO_4 - 1,8 გ, CaCl_2 - 0,03 გ, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1 გ, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 0,02 გ, გამოსხივებული წყალი - 1000 მლ, pH - 6,8.

სტარკის არე (გ/ლ): KH_2PO_4 - 3,0 გ, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,2 გ, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 0,2 გ, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 0,5 გ, ფენოლ წითელი 0,1% ხსნარი - 1,0 მლ, pH - 7,5-8,0

საკვები არე ორგანული რკინის იონების (Fe^{2+}) დაჯანგვის უნარის მქონე

მიკროორგანიზმების კულტივირებისათვის: ხსნარი №1 - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - 0,05 გ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 0,1 გ; K_2HPO_4 - 0,1 გ; Na_2HPO_4 - 0,2 გ; MnSO_4 - 0,05 გ; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - 0,0001 გ; გამოსხივებული წყალი 975 მლ. pH 6,0. ხსნარი №2 - CaCl_2 5% ხსნარი; ხსნარი №3 - NaHCO_3 1% ხსნარი; ხსნარი №4 - მორის მარილი ($\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 10% ხსნარი. სტერილიზაცია მემბრანული ფილტრაციით. 50 მლ ტევადობის კოლბებში გადააქვთ: ხსნარი №1 - 10 მლ; ხსნარი №2 - 0,05 მლ; ხსნარი №3 - 0,1 მლ; ხსნარი №4 - 0,2 მლ.

საანალიზო ნიმუშებიდან მიკროორგანიზმების გამოყოფას და რაოდენობრივ განსაზღვრას აწარმოებენ საკვებ არეებზე ქვის ნიმუშებიდან მომზადებული სახედასხვა განზავების (1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000) სუსპენზიის ან უშუალოდ ქვის ნიმუშების პირდაპირი ჩათესვის მეთოდით.

მიღებული შედეგები

ჩატარებული მიკრობიოლოგიური ანალიზების შედეგების მიხედვით საანალიზო ნიმუშებში ბაქტერიების, ობის სოკოებისა და საფუვრების საერთო რაოდენობა მერყეობს 10^3 - 10^6 კ/გ. გამოყოფილი მიკროორგანიზმები ტიპურია ქვისა და სხვა მინერალური სუბსტრატებისათვის, მათ შორის *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*,

Micrococcus., Streptomyces, Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Aureobasidium, Alternaria, Chaetomium სახეობები).

ქვის ნიმუშების მიკროფლორას აქვს მჟავების გამოყოფის უნარი, რომლებიც შეიძლება რეაქციაში შევიდნენ ქვის შემადგენელ მინერალებთან და დამოფიტვის სხვა ფაქტორებთან ერთად გამოიწვიონ მასალის სტრუქტურული თვისებების გაუარესება.

5/485 და 7/489 ნიმუშების მიკროფლორას აქვს ორვალენტური რკინის იონების (Fe^{2+}) დაჟანგვის უნარი. (Fe^{3+}) იონების შემცველ ნივთიერებებს აქვთ მოწითალო მურა ფერი.

მიკროორგანიზმების მიერ მჟავების გამოყოფისა და მინერალების შემადგენლობაში არსებული იონების დაჟანგვის უნარი მასალების ბიოდაზიანების სიმპტომებს წარმოადგანს.

ძეგლის ფასადიდან აღებულ ნიმუშებში ჰეტეროტროფული და ავტოტროფული ბაქტერიების, მიკროსკოპული სოკოების გარდა გამოვლინდა ფოტოტროფული მიკროორგანიზმების (მწვანე წყალმცენარეები და ციანობაქტერიები) ზრდა, თუმცა ნიმუშის ზედაპირზე ფოტოტროფული ბიოფილმები ვიზუალურად არ შეინიშნება.

ბიოლოგიური კვლევის შედეგები ხელს შეუწყობს ძეგლის გრძელვადიანი საკონსერვაციო სტრატეგიის შემუშავებას.

მცხეთის ჯვრის მცირე ტაძარი

- ქვის საკონსერვაციოდ ჩასატარებელი სამუშაოები

მეგლის სამშენებლო მასალის მდგომარეობა საკმაოდ მძიმეა. აღინიშნება სხვადასხვა სახის დაზიანება. შემორჩენილი აუთენტური მასალის ზედაპირები თითქმის სრულადაა დაკარგული. ქვის სტრუქტურული დასუსტებით/შეცვლით გამოწვეული დაზიანებები კი პროგრესირებს. შესაბამისად, საჭიროა ქვის საკონსერვაციო სამუშაოების ჩატარება.

ტაძრის მდებარეობიდან გამომდინარე მასზე მუდმივად მოქმედებს ქარი და ატმოსფერული ნალექები, რაც ხელს უწყობს ქვის დაშლის პროცესის დაჩქარებას. დაზიანებების გავრცელებისა და პროგრესირების მიხედვით ვფიქრობთ, რომ აუცილებელია პირველ რიგში სამუშაოები ჩატარდეს ექსტერიერის მხრიდან.

პროგრესირებადი დაზიანებები აღინიშნება ახალი ქვით რეკონსტრუირებულ ნაწილებსაც. თუმცა, აღნიშნულ ნაწილებზე საკონსერვაციო სამუშაოების ჩატარება ამ ეტაპზე საჭირო არ არის. მეტიც, არსებული კონტრასტის შესამცირებლად ვთვლით რომ საჭიროა ახალი წყობის მკაცრი, სწორხაზოვანი კიდეები დამუშავდეს, რაც ძველი - თანადროული წყობიდან ახალ წყობაზე გადასვლას შეამსუბუქებს.

ზემოთ აღნიშნული პრობლემებიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ მომზადებული პროექტის ფარგლებში განსაზღვრულია შემდეგი სამუშაოები:

- **ზედაპირების დამუშავება ბიოციდით**

რამდენადაც კედლების ზედაპირებზე აღინიშნება სხვადასხვა სახის ბიოლოგიური ნადები, რომელიც განსაკუთრებით აქტიურია ფასადების მხრიდან, ქვის საკონსერვაციო სამუშაოების დაწყებამდე კედლები სრულად უნდა დამუშავდეს შესაბამისი ბიოციდით.

ზედაპირები ბიოციდით დამუშავებიდან 15-20 დღის შემდეგ უნდა ჩამოიწმინდოს: მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ზედაპირი მყარია და არ აღინიშნება გაფხვიერებისა და აქერცვლის ტიპის დაზიანებები.

- **ქვის კონსოლიდაცია ეთილ სილიკატით**

სამშენებლო მასალის - ქვის, დაზიანება ძირითადად გამოწვეულია მისი სტრუქტურის შესუსტებით. ამიტომ, უნდა მოხდეს ეროზირებული - აქერცლილი და გაფხვიერებული ქვის მატრიცის კონსოლიდაცია ეთილ სილიკატით.

საკონსოლიდაციო მასალის დატანა უნდა მოხდეს შპრიცით (ზოგ შემთხვევაში ფუნჯით) მანამ, სანამ ქვა შეიწოვს. მასალა გამოიყენება განზავების გარეშე. ეთილ სილიკატის მოქმედება გრძელდება 30 დღის განმავლობაში. მისი დატანისას დაცული უნდა იყოს შემდეგი პირობები: მასალის გამოყენება არ შეიძლება პირდაპირი მზის სხვივების ქვეშ; ტემპერატურა დღე-ღამის განმავლობაში უნდა იყოს 10°C - 30°C შორის; ქვის ზედაპირები არ უნდა დასველდეს მინიმუმ 25 დღის განმავლობაში.

კონსოლიდაცია უნდა გაგრძელდეს, სანამ ნამკურნალევი ქვის სიმაგრე არ იქნება დამაკმაყოფილებელი.

- **ცემენტის შევსებების შეცვლა**

ძეგლის სარეკონსტრუქციო სამუშაოებისას შესრულებული ცემენტის შევსებები უნდა მოიხსნას მექანიკურად. გამოთავისუფლებული ადგილები კარგად გასუფთავდეს ჰაერის მსუბუქი ჭავლითა და წყლით. გამოსუფთავებული ადგილები უნდა შეივსოს კირის დუღაბით. საჭიროების შემთხვევაში უნდა მოხდეს ინექტირება.

- **წყობის დაკარგული ნაწილების რეკონსტრუქცია**

ადგილებში, სადაც საპირე ქვები დაკარგულია და კედლის შიდა დუღაბი გამოსულია ზედაპირზე უნდა შესრულდეს შევსებები ნატურალურად ჰიდრავლიკური კირის დუღაბით. იმ შემთხვევაში, სადაც სარეკონსტრუქციო მონაკვეთი სქელია უნდა მოხდეს არმირება ბოჭკოვანი მასალის ან უჟანგავი ლითონისაგან დამზადებული ბადით.

- **ქვის წყობის ნაკერის აღდგენა**

ზოგიერთ ადგილას ორი ქვა ერთმანეთს უშუალოდ ეხება, რაც იწვევს მათ დაბზარვასა და შემდგომში ზედაპირის ნაწილობრივ დაკარგვას. ის ნაკერები, სადაც ქვები ერთმანეთს უშუალოდ ეხება 1მმ სისქის ალმასის დისკით ფრთხილად უნდა ჩაჭრას 3-5 სმ-ის სიღრმეზე და შეივსოს კირის დუღაბით.

- **ბზარებისა და მიკრობზარების კონსოლიდაცია**

როგორც არსებული მდგომარეობის აღწერისას აღვნიშნეთ აქერცვლის ტიპის დაზიანებასთან ერთად წარმოდგენილია ბზარები და მიკრობზარები. კონსერვაციის მიზნით უნდა მოხდეს ბზარებისა და მიკრობზარების კონსოლიდაცია. ბზარების კონსოლიდაცია უნდა მოხდეს ნატურალურად ჰიდრავლიკური კირის ხსნარით, ხოლო მიკრობზარების, სადაც მისი ზომის გამო ვერ ხერხდება კირის ხსნარის ინექტირება, საკონსოლიდაციო სამუშაოები უნდა შესრულდეს ნანო სილიკატით.

- **საბოლოო შევსებები კირის ხსნარით**

ცარიელი ადგილები, ჩამოტეხილი ნაწილები და ბზარები უნდა შეივსოს გრასელოს, ბოჭკოვანი დანამატების, სილიციუმის ქვიშისა და წვრილი ფრაქციის მარმარილოს

ფხვნილის ნაერთით. შესაბამისი გრანულომეტრია და მარმარილოს სხვადასხვა ფერის ფხვნილი საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ იმ ტიპის ხსნარი, რომელიც სწორედ ინტეგრირდება არსებულ მასალასთან, ამასთანავე ბუნებრივი ჰიდრაულიკური შემავსებლების დამატება მიაწიჭებს ხსნარს ჰიდრაულიკურობას.

- ახალი წყობის კიდეების დამუშავება

ძველ და ახალ წყობებს შორის კონტრასტის შესამცირებლად საჭიროა ახალი წყობის მკაცრი, სწორხაზოვანი კიდეები დამუშავდეს, რაც ძველი - თანადროული წყობიდან ახალ წყობაზე გადასვლას შეამსუბუქებს.