



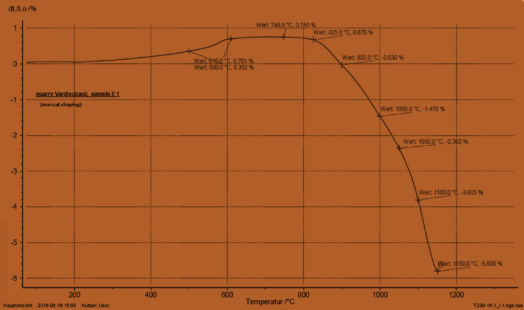
გერმანიის
თანამშრომლობა
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implemented by
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

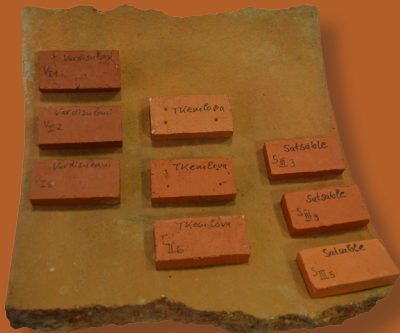
ქვევრის თიხის შემადგენელი ელემენტები და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები

ქვევრის დამზადების პროცესი

	mean val.	standard deviation
	weight%	weight%
SiO2	67,09	0.2
Al2O3	15,92	0.2
Fe2O3	7,29	0.02
TiO2	0,81	0.02
CaO	1,90	0.02
MgO	2,06	0.02
K2O	2,53	0.02
Na2O	1,05	0.02
BaO	0,10	0.02
ZrO2	0,02	0.02
HfO2	<0.02	0.02
SrO	<0.02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO2	0,27	0.02
Cr2O3	0,03	0.02
V2O5	0,02	0.02
P2O5	0,15	0.02
LOI 1000 °C	0,71	0.02



Sample: 2019-08-18-10-00 - 10000 - 1000
 Name: 1.1
 Probe/Verfahren: sample 1.1, 20.00 min, 75.0°C
 Material: 75.0 g
 Label: KI - 3704 - LabV
 Atmosphere: 4000 Galen
 Operator: D. Maraschidze
 TempRef. Date: 7/20/2019, 7:00
 Druck: 26.2705, 20000097020.0°C
 Name: 1.1
 Methode/Messung: Schmelzwärmeanalyse/Probe + Kalibrator
 Produktionslabel: 30704-00
 Produktionsnummer: 0003
 Kalibrierdatei: 8100_9K_EAM-GTC-10015.rsp-rc
 Tabelle des Kalibriers: K1029.rst
 Metalle des Kalibriers: K1025
 Kern/Durchm.: 000000 µm



ქვევრის თიხის შემადგენელი
ელემენტები და ფიზიკურ-ქიმიური
მახასიათებლები

ქვევრის დამზადების პროცესი

2017

შემუშავებული და გამოცემული:

კერძო სექტორის განვითარების პროგრამის მხარდაჭერით, რომელიც ხორციელდება გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოების (GIZ) მიერ, გერმანიის ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით.

მეცნიერული კვლევები ჩატარდა:

მეისენის კერამიკის ინსტიტუტის მიერ
გერმანია, <http://www.keramikinstitut.com/en/>

ავტორები:

დოქტორი მარენ უებელი
დოქტორი იენს პეტცოლდი

რედაქტორები:

იაგო ბიტარიშვილი, ნინო მანველიძე, ეკატერინე ჯორბენაძე

გამომცემლობა:

„პეტიტი“

გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოება (GIZ) პასუხისმგებელი არ არის პუბლიკაციაში მოცემულ ინფორმაციასა და შეხედულებებზე. პუბლიკაციის თითოეული ნაწილი გამოხატავს ავტორების მოსაზრებებსა და დასკვნებს.

თბილისი, 2017

ISBN 978-9941-9513-1-2

წინასიტყვაობა

მეცნიერული კვლევები ჩატარდა და წინამდებარე პუბლიკაცია შემუშავდა სამხრეთ კავკასიაში კერძო სექტორის განვითარების რეგიონული პროგრამის მიერ, რომელსაც ახორციელებს გერმანიის საერთაშორისო თანამშრომლობის საზოგადოება (GIZ) სომხეთში, აზერბაიჯანსა და საქართველოში, გერმანიის ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ფედერალური სამინისტროს (BMZ) სახელით.

წინამდებარე პუბლიკაცია საქართველოს ღვინის სექტორში პროგრამის მუშაობის შედეგია. პროექტი „საქართველოში კერძო სექტორის განვითარება ღვინის სექტორში“ ხელს უწყობს სისტემატური მრავალმხრივი მიდგომით ღვინის ღირებულებათა ჯაჭვის მონაწილეებს შემდეგი მიმართულებებით: (1) ჩარჩო პირობების გაუმჯობესება, (2) კერძო სექტორის განვითარების ხელშეწყობა და (3) პროფესიული განათლება.

პროექტი მოიცავს შემდეგ აქტივობებს: 1. ვენახის ეროვნული კადასტრის სისტემის განვითარების ხელშეწყობა; 2. ქვევრის ღვინის კლასტერის დაარსება და განვითარება; 3. მევენახეობასა და მეღვინეობაში ბიზნეს-საკონსულტაციო მომსახურების განვითარება; 4. ღვინის დუალური სასწავლო პროგრამის დანერგვა; 5. მდგრადობის ინიციატივები.

2014 წლის აპრილში გამართულ პირველ „ღვინის თანამშრომლობის ფორუმზე“ (დაინტერესებული მხარეების ფართო სპექტრის მონაწილეობით), ამ სექტორთან დაკავშირებულ სხვა თემებთან ერთად, ქვევრის ღვინის ღირებულებათა ჯაჭვიც იქნა განხილული. შედეგად მოხდა გამოწვევებისა და შესაძლებლობების იდენტიფიცირება და შესაბამისი წინადადებების შემუშავება; გამოვლინდა შემდეგი აქტივობების განხორციელების აუცილებლობა: (ა) თიხის სტრუქტურის მეცნიერული კვლევა და ქვევრის დამზადების პროცესის შესწავლა, (ბ) ქვევრის ღვინის წარმოების მეთოდოლოგიის დეტალური აღწერა, (გ) კერძო სექტორსა და საჯარო ორგანიზაციებს შორის თანამშრომლობის გააქტიურება.

ქვევრის ღვინის ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელი და შემადგენელი ნაწილია თავად ქვევრი. ამ ტიპის ღვინის დამზადების

ფილოსოფია ეყრდნობა იმ მოცემულობას, რომლის მიხედვითაც, ქვევრში ღვინის დუღილისა და დაყენების დროს, ღვინოში მიმდინარეობს ქიმიური პროცესები, რომლებიც განაპირობებენ ქვევრის ღვინისთვის დამახასიათებელ გემოს, არომატსა და გარეგნობას.

ქვევრები სხვადასხვა საბადოდან მოპოვებული თიხისგან მზადდება, აქედან, ვარდისუბნის, ტყემლოვანას და საწაბლეს საბადოები ყველაზე მნიშვნელოვანია. 2016 წელს ამ საბადოებიდან თიხის 30 ნიმუში იქნა აღებული და მოხდა მათი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლა, რათა დადგენილიყო, თუ რამდენად გამოსადევია ეს ნიმუშები ქვევრისა და ღვინის წარმოების პროცესში. ანალიზის დროს, თიხის შემადგენლობის და მისი კომპონენტების ღვინოში გადასვლის, თიხის გრანულაციის, თერმული ქცევის და მინერალოგიური შემადგენლობის, ასევე, გამომწვარი თიხის სიმკვრივისა და მის მიერ წყლის შთანთქმის შესწავლა განხორციელდა.

გარდა თიხის ნიმუშებისა, განხორციელდა თიხიდან დამზადებული გამომწვარი და გამოუწვავი ქვევრის ნატეხების ქიმიურ-ფიზიკური ანალიზი, რათა პასუხი გაეცეს შემდეგ კითხვებს: (1) არის თუ არა ქვევრების საწარმოებლად გამოყენებული თიხა ღვინის დასამზადებლად უსაფრთხო და შეესაბამება თუ არა სურსათის უვნებლობის ევროპულ სტანდარტებს; (2) შეესაბამება თუ არა ქვევრების წარმოების მეთოდი ფერმენტაციისა და ღვინის წარმოების პროცესს ტექნიკურ-ფიზიკური თვალსაზრისით (სიმკვრივე, შოკებისადმი გამძლეობა, გაწმენდის შესაძლებლობა და ა.შ.); (3) რა გზები არსებობს ქვევრის წარმოების გასაუმჯობესებლად, ქვევრის ღვინის იდენტურობის შენარჩუნების გათვალისწინებით.

კვლევებზე დაყრდნობით მომზადდა ანგარიში, რომელიც გადაიმუშავდა 2016 წლის ივლისში, კერამიკის ინსტიტუტის წარმომადგენლების საქართველოში ვიზიტის შემდეგ. ვიზიტის დროს შედეგების განხილვა გაიმართა მექვევრეებთან, დარგის სპეციალისტებთან, მელვინეებთან და სხვა დაინტერესებულ მხარეებთან.



გერმანიის
თანამშრომლობა
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

DasKeramikinstitut

„კერამიკის ინსტიტუტს“ სურს, გამოხატოს განსაკუთრებული პატივისცემა ქვევრის მწარმოებლებისადმი, რომლებიც ქვევრებს ტრადიციულად ხელით აკეთებენ. ამგვარი ჭურჭლის დამზადება ძალიან რთულია, განსაკუთრებით მათი სიდიდის გამო და იმ ნედლეულის (თიხის) მახასიათებლების გათვალისწინებით, რომელიც საქართველოში მოიპოვება. ეს არის ძალიან მძიმე და, შეიძლება ითქვას, უნიკალური შრომა!

დღეისათვის აუცილებელია, რომ, ერთი მხრივ, შენარჩუნდეს ქვევრების წარმოების ტრადიცია და ცოდნა, რომელიც ძალიან დიდი ხნის გამოცდილებას ეფუძნება და მეორე მხრივ, გათვალისწინებული იქნას კერამიკის წარმოების თანამედროვე მიღწევები და ტექნოლოგიები.

წინამდებარე ანგარიშში მოცემული შენიშვნები და რეკომენდაციები ნაწილობრივ შედეგს წარმოადგენდეს. ჩვენი, კერამიკის ინსტიტუტის წარმომადგენელთა მოსაზრებით, აუცილებელია ტესტებისა და ანალიზების კვლავ ჩატარება ქვევრების წარმოების ოპტიმიზაციის მისაღწევად. ეს ოპტიმიზაცია ეხება როგორც ცალკეული ნედლეულის მომზადება-ჰომოგენიზირებას, ასევე ხელსაყრელი ნარევების დამზადებას ორი ან მეტი ნედლეულის კომპონენტისაგან.

კერამიკის ინსტიტუტის წარმომადგენლები მადლობას ვუხდით პროექტის ინიციატორებს განხორციელებულ სამუშაოებში მონაწილეობის შესაძლებლობისათვის.

კერამიკის ინსტიტუტი



ღვინის ეროვნული სააგენტო

საქართველოში ქვევრში ღვინის დაყენება 8 ათასი წლის წინ დაიწყო და ამ ტრადიციას დღემდე ინარჩუნებენ. ქვევრის ღვინის დაყენების ქართულ ტრადიციულ მეთოდს 2013 წელს იუნესკოს (UNESCO) არამატერიალური კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლის სტატუსი მიენიჭა, რაც ამ მეთოდის უნიკალურობაზე მიუთითებს და გზავნილია მთელი მსოფლიოსთვის, რომ ღვინო უძველესი ქართული კულტურის შემადგენელი ნაწილია.

ქვევრი ღვინის დასაყენებელი და შესანახი უნიკალური თიხის ჭურჭელია. საქართველოში აღმოჩენილი ქვევრის ტიპის უძველესი ჭურჭელი განეკუთვნება ძვ. წ. VI-V ათასწლეულებს. დღეს არსებული ქართული ქვევრის ფორმები და ტევადობა სხვადასხვაგვარია და ქვევრის საწარმოებლად გამოყენებული თიხა საქართველოს თითქმის ყველა რეგიონში მოიპოვება.

ამ ეტაპზე არსებობს გარკვეული ინფორმაცია საქართველოში არსებული თიხების შესახებ, თუმცა, მწირია მეცნიერული კვლევები ქვევრის დასამზადებლად გამოყენებული თიხების შესწავლის, ასევე ქვევრის წარმოების პროცესის აღწერისა და გაუმჯობესების მიმართულებით. შესაბამისად, GIZ-ის კერძო სექტორის განვითარების პროგრამის მიერ მხარდაჭერილი და მეისენის კერამიკის ინსტიტუტის მიერ განხორციელებული კვლევები მნიშვნელოვან ინფორმაციას წარმოადგენს. წინამდებარე პუბლიკაცია მეცნიერულ დასკვნებზე დაყრდნობით წარმოგვიდგენს საქართველოს სამ რეგიონში მოპოვებული თიხის ძირითად მახასიათებლებს, ასევე საინტერესო ინფორმაციას იძლევა ქვევრების გამოწვის პროცესის გაუმჯობესების მიმართულებით.

ჩვენ მიველსამებით GIZ-ის სამხრეთ კავკასიაში კერძო სექტორის განვითარების პროგრამის მუშაობას ღვინის სექტორში და იმედი გვაქვს მეცნიერული კვლევები და პრაქტიკული რეკომენდაციები დაეხმარებათ ქვევრის მწარმოებლებს სათანადოდ გამოიყენონ ეს ინფორმაცია.

ღვინის ეროვნული სააგენტო

შინაარსი

შესავალი	8
1. გამოყენებული ანალიზები და გაზომვის მეთოდები	10
2. მონაცემების განხილვა	15
2.1. ვარდისუბანი	15
2.2. ტყემლოვანა	23
2.3. საწაბლე	31
3. დასკვნები და რეკომენდაციები	39
3.1. ვარდისუბანი	40
3.2. ტყემლოვანა	41
3.3. საწაბლე	42
4. პრაქტიკული რეკომენდაციები ქვევრის დასამზადებლად	44
5. დანართები	47
დანართების სია	47
ვარდისუბანი	50
ტყემლოვანა	66
საწაბლე	82

შესავალი

გამომწვარი თიხისგან ქვევრის შექმნა არის ქვევრის ღვინის წარმოების მთავარი ელემენტი და მისი იდენტობის ნაწილი.

საქართველოში ქვევრის საწარმოებლად საჭირო ნედლეულს 3 მოზრდილი და ორი მომცრო საბადოდან მოიპოვებენ. ქვევრის ფორმირება თიხის ჭურჭლის მწარმოებლების მიერ ხდება და გამომწვის პროცესი მრავალსაუკუნოვანი ტრადიციების მიხედვით მიმდინარეობს.

აღსანიშნავია, რომ საბადოების მიხედვით ბუნებრივად განსხვავდება თიხის ქიმიური და ფიზიკური თვისებები, რაც ერთ საბადოშიც კი შესაძლოა ცვალებადი იყოს. ამიტომ, საჭიროა თიხის შედგენილობისა და თვისებების სისტემატურად დადგენა. ამ გზით შესაძლებელი უნდა გახდეს ქვევრის კერამიკული თვისებებისა და წარმოების პროცესის აღწერა და ასევე, ქვევრის სასურველი თვისებების მიზნობრივად შექმნა.

წინამდებარე პუბლიკაციით გადაიდგა პირველი ნაბიჯი თიხის იმ სამი ძირითადი საბადოს თვისებების გამოსაკვლევად, რომლებიც წარმოებული ქვევრების რაოდენობის მიხედვით, დასახელდა როგორც ყველაზე მნიშვნელოვანი.

თითოეული საბადოდან აღებული იქნა თიხის 10 ნიმუში:

- N - I, 1 ... 10: სოფ. ვარდისუბანი, თელავი, საქართველო
- N - II, 1 ...10: სოფ. ტყემლოვანა, ჭიათურა, საქართველო
- N - III, 1 ...10: სოფ. საწაბლე, ზესტაფონი, საქართველო.

ანალიზი რამდენიმე ეტაპად (მოდული) წარიმართა. პირველ მოდულში თიხის ყველა ნიმუშს ჩაუტარდა ანალიზი ქიმიური შემადგენლობის განსასაზღვრავად და მათში ზომების მიხედვით ნაწილაკების გადანაწილების (ანუ გრანულომეტრული განაწილების) დასადგენად. მოცემული ორი ანალიზის მონაცემების ცოდნა გვიქმნის პირველად წარმოდგენას კერამიკული თვისებების თვალსაზრისით აქამდე უცნობი საბადოებიდან მიღებული თიხის ნედლეულის შესახებ.

აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე, დასაშვები გახდა, რომ თითოეული საბადოდან აღებული 10 ნიმუშიდან შეერჩიათ მხოლოდ 3, რომლებზეც ჩატარდებოდა შემდგომი კვლევები.

ყოველი მომდევნო ანალიზისა და ტესტისთვის, თითოეული საბადოდან შეირჩა Al_2O_3 -ის უმცირესი, საშუალო და უმაღლესი შედგენილობის მქონე ნიმუშები, რომლებიც შემდგომში მოხსენიებული იქნება როგორც „3 ცალკეული ნიმუში“. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაძლებელი გახდა გვევარაუდა, რომ ამ „3 ცალკეული ნიმუშის“ შედეგები უტყუარ წარმოდგენას ქმნიდა მთელი საბადოს კერამიკული პარამეტრების შესახებ. რატომ მოვიქცით ასე? Al_2O_3 თიხის მინერალების მთავრი ოქსიდია და შესაბამისად, თიხის მინერალების რაოდენობა ნედლ თიხაში შეიძლება დადგინდეს Al_2O_3 -ის შემადგენლობის მიხედვით.

თუმცა, აღსანიშნავია, რომ საქართველოს თიხის ნედლეული განსაკუთრებული თავისებურებით ხასიათდება, კერძოდ სამიდან ორ საბადოში, Al_2O_3 -ის დიდი რაოდენობა მინდვრის შპატის ნაერთის სახით არის წარმოდგენილი.

ჩატარებული ყველა ანალიზისა და ტესტის შედეგად, თითოეული საბადოსთვის იქმნება მახასიათებლები, როგორც ნედლი თიხის პარამეტრების, ასევე მათი კერამიკულ-ტექნოლოგიური გადამუშავების თვისებების მიხედვით.

შემდეგ მოდულში გამოკვლევულ იქნა 3 ნედლი თიხის ნიმუში და 3 გამომწვარი ნატეხი (ქვევრების ნაწილები), რომლებიც ორინალის სახით, ქართველმა მეწარმეებმა მოგვაწოდეს.

გამოუწვავი თიხის ნიმუშებით დამზადდა სხვადასხვა ფორმის საცდელი სხეულები როგორც ხელით (თაბაშირის ფორმებში), ასევე ექსტრუდირებით (ვაკუუმ პრესის). აღნიშნული მეთოდით მოხდა იმ ფაქტის დემონსტრირება, თუ რა გავლენა აქვს ფორმის მიცემის გამოყენებულ ხერხს მიღებული საცდელი სხეულების თვისებებზე.

მოწოდებული ქვევრის ნატეხებში განისაზღვრა წყლის შთანთქმა, რითაც დადგინდა თიხის თითოეული საბადოს ქვევრების სიმკვრივის აქტუალური სტატუსი.

1. გამოყენებული ანალიზები და გაზომვის მეთოდები

მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობის დადგენა

- შერჩეული 3 ცალკეული ნიმუშის მინერალოგია;
- კრისტალიზებული ფაზების გაზომვა რენტგენის დიფრაქციის საშუალებით (XRD);
- 3 ცალკეული პრეპარატის მომზადება ყველა იმ მყარი კომპონენტის დასადგენად, როგორცაა კვარცი, მინდვრის შპატები (და ა.შ, რომლებმაც შესაძლოა ხელი შეუშალოს კერამიკულ პროცესებს), ასევე აფუებადი და არააფუებადი თიხოვანი მინერალები და შესაძლო არსებული რკინის ნაერთები;
- თითოეული საბადოს ათივე ცალკეული ნიმუშის ქიმიური ანალიზი;
- ელემენტების ფთორი ... ურანი გაზომვა რენტგენული ფლუორესცენციის ანალიზის (XRF) მეთოდით;
- გამღვავალი პრეპარატების (1170°C) გაზომვა და შემდგომი გადაანგარიშება შესაბამის ოქსიდებში;
- მაღალ ტემპერატურაზე აქროლადი ელემენტების ფთორის, ქლორის და გოგირდისთვის, გამომშრალი აბების გაზომვა;
- 1000°C-ზე მოკალვისას მიღებული დანაკარგების (LOI) დადგენა (თერმული დამუშავების წინ და შემდეგ მასათა სხვაობა);
- სამი საბადოს ათივე ცალკეულ ნიმუშში ნახშირბადის შემცველობის განსაზღვრა;
- ორგანული, არაორგანული და საერთო ნახშირბადის განსაზღვრა ნახშირბადის ანალიზატორის გამოყენებით.

ნიმუშების მომზადება მინერალოგიური და ქიმიური ანალიზისთვის

- მოწოდებული (თითოეული თიხის ნიმუში 4-5 კგ.) 3 x10 ნიმუშის გაშრობა 40°C-ზე, 72 საათის განმავლობაში, ჰაერის ცირკულაციის საშრობში;
- მსხვილად დანაწევრება დასაქუცმაცებელ აპარატში, 4 მმ-იანი ინტერვალით;

- წინასწარ დანაწევრებული 30 ნიმუშის კომოგენიზირება;
- მოწყობილობის გამნაწილებელი ისე უნდა დარეგულირდეს, რომ მიიღებოდეს დაახლოებით 50 გრ ნიმუში.

რატომ ჩატარდა ამ პარამეტრების ანალიზები?

ქვევრის (და ზოგადად ნებისმიერი თიხის ნედლი მასალის) ყველა თვისება უპირველეს ყოვლისა გამომდინარეობს გამოყენებული თიხის მინერალოგიური და ქიმიური შემადგენლობიდან.

ამასთან, მყარი ნივთიერებების კომპონენტებში და პლასტიკურ კომპონენტებშიც (თიხოვან მინერალებში) არსებული ცალკეული მინერალოგიური ფაზა, კერამიკულ სხეულში განაპირობებს ერთ განსაზღვრულ ფუნქციას – როგორც ფორმის მიცემის, ასევე გამოწვის დროს.

ამ ცოდნით იქმნება პირველადი წარმოდგენა თიხების გადამუშავების შესახებ, განსაკუთრებით მათ პლასტიკურობასა და იმ ტემპერატურასთან მიმართებაში, რომელზეც შესაძლებელია განსაზღვრული შეცხობის ხარისხის მიღწევა (თუ რომელ ტემპერატურაზეა პროდუქტი სასურველი სიმკვრივით გამომწვარი).

რაც შეეხება ქიმიურ ანალიზებს, უპირველეს ყოვლისა განიხილება პირველი 8 ოქსიდი (იხილე ქიმიური ანალიზების ცხრილები) და წვით გამოწვეული დანაკარგი.

კერამიკულ შემადგენლობაში, თითოეულ ამ ოქსიდს ერთი ან რამდენიმე ფუნქცია გააჩნია, როგორც ფორმირების უნარის მხრივ, ასევე გამოწვისას.

რაც უფრო მაღალია თიხის ნიმუშებს შორის განსხვავება ქიმიურ ანალიზებში, მით უფრო დიდია განსხვავება ტექნოლოგიურ ქცევასა და საბოლოო პროდუქტის ხარისხში.

ძალიან მნიშვნელოვანია თიხის ნედლ მასალაში გოგირდის, ქლორისა და ფთორის შემადგენლობის ცოდნა.

გოგირდის შემცველობა წყალში ხსნადი მარილების შესაძლო არსებობაზე მიუთითებს.

თუ ნედლეული მასალა ქლორს შეიცავს, მაშინ ის გამოწვისას გამოთავისუფლდება და უჟანგავი ფოლადისთვის ძალიან აგრესიულ გაზს წარმოადგენს.

ფთორის არსებობა, გარემოს დაბინძურების გამო, არასასურველი.

ამის გამო, ქიმიური ანალიზების ჩატარების დროს, აღნიშნული სამი პარამეტრის მუდმივი შემოწმება, გერმანიაში ტექნოლოგიის სტანდარტს წარმოადგენს.

მესამე ასპექტი ნაწარმის გამოწვასთან მიმართებაში არის ნედლ მასალაში ნახშირბადის ანალიზი.

ორგანული ნახშირბადი განაპირობებს ეგრეთ წოდებულ „შავ გულებს“ გამომწვარ ნატეხებში. „შავ გულებს“ შეუძლია უარყოფითი გავლენის მოხდენა როგორც გამომწვარი ნამტვრევების სიმტკიცეზე, ასევე სავარაუდოდ, გამოწვის შედეგად მიღებულ ფერზე.

არაორგანული ნახშირბადი მიუთითებს კარბონატული ნაერთების არსებობაზე, რომლებიც გამოწვის პროცესში იშლება, ამით კი ამცირებს სიმკვრივეს და იწვევს სიმტკიცის დაქვეითებას. აღნიშნულს განსაკუთრებით მაშინ აქვს ადგილი, როდესაც ქვევრის გამოსაწვავად შერჩეული ტემპერატურა საჭიროზე ბევრად მცირეა.

მეოთხე ასპექტი წყალში ხსნადი მარილების არსებობაა. წყალში ხსნადი მარილების შემცველობა ნიმუშების დისტილირებულ წყალში (24 სთ) დამუშავებისა და შემდეგ ელუატის გაფილტვრით დადგინდა. ამასთანავე გაირეცხა ყველა წყალში ხსნადი მარილი და ელუატი გაიზომა ICP-ით (Inductively Coupled Plasma, ინდუქციურად ბმული პლაზმური მეთოდით).

ანალიზის შედეგად დგინდება, არის თუ არა მოსალოდნელი, რომ წლების შემდეგ ქვევრიდან წყალში ხსნადი მარილები გამოვლდეს.

გრანულომეტრიული გადანაწილების დადგენა

- სამივე საბადოს ათივე ცალკეულ ნიმუშში გრანულომეტრიული გადანაწილების დადგენა;
- გრანულომეტრიული გადანაწილება დადგენა ორ საფეხურად;
- ნაწილაკებს ზომით $>63 \mu\text{m}$ (მიკრომეტრი) განსაზღვრავდნენ ხელით სველი ფილტრაციის საშუალებით, 5 სხვადასხვა ზომის ცხაურის გამოყენებით;
- თითოეულ ცხაურაზე არსებული ნარჩენები იქნა გაშრობილი და აწონილი (იხილე ცხრილები);
- გაზომვები ნაწილაკებისთვის $<63 \mu\text{m}$ ჩატარდა SediGraph [comp. Micromeritics, USA]-ის საშუალებით, $0,5\mu\text{m}$ -მდე, მცირე ბიჯებით;
- ყველა მონაცემი – შედეგები როგორც სველი ფილტრაციიდან, ასევე SediGraph-ით გაზომვიდან, თითოეული საბადოსათვის წარმოდგენილია ცალკე ცხრილში.

რა მტკიცებულებები გამოვლინდა ამ გაზომვით?

გრანულომეტრიული გადანაწილების დადგენა მეორე საბაზისო ანალიზი თიხის ნედლეულის დასახასიათებლად მათი გადამუშავების შესაძლებლობის კუთხით.

თიხის ნაწილაკები ძალიან წვრილია ($<10\mu\text{m}$). მისგან განსხვავებით, მყარი ნივთიერებების კომპონენტების გრანულომეტრიული შემადგენლობა ბევრად უფრო მეტია.

რადგანაც თიხის ნედლეული მასალის პლასტიკურობას მხოლოდ თიხის ნაწილაკები განაპირობებს, შესაბამისად მათი წილი, თიხის ნედლეული მასალის ფორმირების საფუძველს წარმოადგენს. ამგვარად, ნედლეული მასალის გრანულომეტრიული გადანაწილების მონაცემები უჩვენებს ნედლეული მასალიდან დიდი ქვევრის წარმოების პოტენციალს.

თერმული ქცევის განსაზღვრა დილატომეტრის საშუალებით (დეფორმირების დიაგრამები)

- თითოეული საბადოს 3 ცალკეული ნიმუშის გაზომვა;
- საცდელი სხეულების ფორმირება და დამუშავება/დახვეწა $25\times 5\times 5\text{ mm}^3$;
- გამოშრობის (110°C) შემდეგ გაზომვის ჩატარება დილატომეტრით;
- შედეგში მოცემულია დილატომეტრიული დეფორმირების დიაგრამები, როგორც ტემპერატურის ფუნქცია.

თიხის ნედლეულის მინერალის სხვადასხვა ფაზა, რასაც გრანულების გარკვეული ზომები განაპირობებენ, გამოწვისას გარკვეულ გაფართოებასა და მოცულობის ცვლილებას იწვევს. მოცულობის ცვალებადობის (შეკუმშვა-გაფართოება) და შედეგად დეფორმირების გამოთვლა შეუძლებელია და ამიტომ ის უნდა გაიზომოს. ამისათვის შეიძლება დიდი ნიმუშების დამზადება და გაზომვა, ან შედარებით მცირე დანახარჯითა და ბევრად უფრო მეტის მთქმელი მონაცემით, დილატომეტრიული გაზომვის ჩატარება.

დილატომეტრის საშუალებით გაფართოებისა/დეფორმირებისა და მოცულობის ცვალებადობის გაზომვები ნიმუშის გამოწვის ყველა სტადიისათვის ძალიან კარგ მონაცემებს იძლევა. ვხედავთ, რომელ ტემპერატურამდე ხდება ნიმუშის დეფორმირება და რამდენად ძლიერია ის. დილატომეტრის მრუდზე ჩანს, რომელი ტემპერატურიდან იწყება შეცხობა, რამდენად ძლიერად მიმ-

დინარეობს და შეიძლება იმის შეფასება, რომელ ტემპერატურაზეა ნიმუში საკმარის დონეზე გამოძწვარი.

გამოწვის შედეგად მიღებული ნიმუშის სიმკვრივესა და გამომწვარი საგნის სიმტკიცეს შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირის საფუძველზე (რაც უფრო მაღალ ტემპერატურაზეა გამოძწვარი, მით უფრო მკვრივია და მით უფრო მაღალია სიმტკიცე), შესაძლებელია დილატომეტრული გაზომვებით თითოეული თიხის საბადოსა და თითოეული ცალკეული ნიმუშისათვის საჭირო ტემპერატურის დადგენა, მინიმუმ რომელზეც უნდა წარიმართოს გამოწვა.

წყლის შთანთქმის დადგენა

- თითოეული საბადოდან 3 ცალკეული ნიმუშის გაზომვა;
- ნიმუშების გაკეთება თაბაშირის ფორმაში მოთავსებით, შესაბამისად, ვაკუუმში პულტრუაზის მეშვეობით;
- გამოშრობა (ჰაერის ცირკულაციით საშრობი) და გამოწვა ელექტროღუმელში 1000°C-ზე;
- წყლის შთანთქმის განსაზღვრა დუღილის მეთოდის საშუალებით (2 სთ. დუღილი, 4 სთ გაცივება ოთახში);
- წლის შთანთქმის გამოთვლა დუღილის წინ და შემდეგ, აწონვის გზით.

რა შედეგებს იძლევა ეს გაზომვა?

ქვევრის, როგორც გამოძწვარი თიხის, მიერ წყლის შთანთქმის უნარი, უჩვენებს თიხის ჭურჭლის ფაქტიურ სიმკვრივეს.

რაც უფრო მცირეა წყლის შთანთქმის მაჩვენებელი, მით უფრო მკვრივია გამოძწვარი ნიმუში. ხოლო, რაც უფრო მკვრივია გამომწვარი ნატეხი (ქვევრი), მით უფრო მაღალია მისი სიმტკიცე.

წყლის შთანთქმის რაოდენობის გამოანგარიშება ვერ ხერხდება და შესაბამისი გაზომვის გზით უნდა დადგინდეს.

2. მონაცემების განხილვა

2.1. ვარდისუბანი

მინერალოგიური ანალიზები [ცხრილები 1a, 1b, 1c]

ვარდისუბანი არის საბადო, რომელიც ე. წ. მყარი ნივთიერებების, როგორცაა კვარცი და მინდვრის შპატი, შედარებით მაღალ შემცველობით ხასიათდება. ამ არაპლასტიკური კომპონენტების კონცენტრაცია 46%-დან 50%-მდე მერყეობს. მინდვრის შპატების მხრივ ანალიზი ჩაუტარდა მინდვრის შპატის სხვადასხვა ტიპის ნარევს, რომელებშიც კალიუმის მინდვრის შპატის წილი დომინირებს.

თიხის მინერალების შემცველობა 45%-დან 49%-მდე მერყეობს, მაგრამ ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ კერამიკულ ნარევიში მხოლოდ 2- და 3-შრიანი თიხის მინერალები განაპირობებს პლასტიკურობას. თიხის მინერალების ამ ორი ტიპისათვის მხოლოდ, დაახლოებით 32-34%-ს ჩაუტარდა ანალიზი. აღსანიშნავია, რომ ძირითადად 3-შრიანი თიხის მინერალები იქნა მოპოვებული (აფუებადი და არააფუებადი) და მხოლოდ 5% კაოლინიტი (2-შრიანი თიხის მინერალი).

ხელით ფორმირებისათვის განსაკუთრებული უპირატესობა ენიჭება 3-შრიან თიხის მინერალებს (8-9%), ისინი ყველა სახის თიხის მინერალიდან ყველაზე მაღალ პლასტიკურობას ავლენს.

ამის საპირისპიროდ, 4-შრიანი თიხის მინერალების კერამიკულ-ტექნოლოგიური მდგომარეობა მყარი ნივთიერების მსგავსზე უფრო მაღალი საფეხურისას უნდა მიეკუთვნოს. 4-შრიანი თიხის მინერალები თითქმის არავითარ როლს არ ასრულებს კერამიკული მასის პლასტიკურობაში. ვარდისუბნის საბადოში მათი წილი 13%-14 %-ს მორისაა.

საბადოს ნიმუშებში დამატებით 2...3% მინერალი ავგიტი აღმოჩნდა. საქმე ეხება მყარ ნივთიერებას, რომელიც ხელს არ უწყობს პლასტიკურობას. ავგიტის დნობის წერტილი არსებითად მისი მოპოვების ადგილის ქიმიურ შემადგენლობაზე დამოკიდებული. გამდნარი ავგიტის შედეგი შავი შუშაა.

ვარდისუბნის საბადოს მინარელოგიური ანალიზების შედეგად სხვა მინერალები არ აღმოჩენილა იმ რაოდენობით, რომელებიც გამომწვარი ქვევრის თვისებებზე უარყოფითად იმოქმედებდნენ.

საბადოს ნედლეული მასალის გარდა ანალიზი ჩაუტარდა ქვევრის ნატეხებს გამოუწვავ და გამოძვარ მდგომარებაში (ვარდისუბნის ორიგინალი პროდუქტი), (იხ. ცხრილები 1d, 1e).

ამ საბადოს გამოუწვავი ნატეხის მინერალოგიური ანალიზი ძირითადად მისი ცალკეული ნიმუშის მინერალოგიას შეესაბამება. ამის შედარება შეიძლება ნიმუშ N I/ 2-თან.

აღნიშნული საბადოს ქვევრის გამოძვარი ნატეხი უჩვენებს მინერალოგიას 42% მყარი ნივთიერების წილი (9% მინდვრის შპატები/ 35% კვარცი).

თიხის კომპონენტების ყველა კრისტალური წილი გამოწვისას ცვლილებას განიცდის და წარმოიშვება ამორფული ფაზა. ამიტომ ამ წილებისთვის შეუძლებელია მინერალოგიური ანალიზი, რომელიც კრისტალის მესერზე ლაზერის გამოსხივების დიფრაქციას ეფუძნება. ამორფული ფაზის ეს წილი ანალიზების ოქმში ამიტომ → ნაშთით აღინიშნება, აქ → 46%.

ქიმიური ანალიზები ძირითადად მინერალოგიური ანალიზების მონაცემებს ასახავს [ცხრილი 2].

ვარდისუბნის საბადოში ადგილი აქვს 8 ყველაზე ხშირი ოქსიდის საშუალო დონის ცვალებადობას (იხილეთ ცხრილი → $\text{SiO}_2 \dots \text{Na}_2\text{O}$).

თვალშისაცემია 10 ცალკეულ ნიმუშს შორის დიდი განსხვავება SiO_2 -ის შემადგენლობის თვალსაზრისით (განსხვავება 2,8%-მდე!).

ასევე ძალიან მაღალია განსხვავებები ტუტე და ტუტემიწა ნაერთების შემცველობებს შორის. ტუტე და ტუტემიწათა ოქსიდები მინდვრის შპატებისა და თიხის მინერალების შემადგენელი ნაწილია. ამასთან, დიდი განსხვავებებითაა ნაჩვენები როგორც მინდვრის შპატის, ასევე თიხის მინერალების შემცველობის მერყობის მაღალი დიაპაზონი.

ცალკეულ ნიმუშში ქიმიურად დადგენილი Al_2O_3 -ის საერთო რაოდენობა არ წარმოადგენს არსებული თიხის მინერალების რაოდენობის მასშტაბს ამ საბადოსათვის, რადგანაც Al_2O_3 -ის მოზრდილი წილი არაპლასტიკურ მინდვრის შპატებთანაა მიერთებული.

ვარდისუბნის საბადოს შემთხვევაში ყველა სხვა ოქსიდი, რომელთა არსებობა ქიმიური ანალიზით დადასტურდა, კერამიკულ თვისებებთან მიმართებაში დაქვემდებარებულ როლს თამაშობს.

გამომშრალ პრეპარატებში ქიმიური ანალიზებით დადგინდა ფთორის, ქლორისა და გოგირდის არსებობა.

სამივე პარამეტრი მცირე რაოდენობით აღმოჩნდა, ამგვარად, ეს შემცველობა პროდუქციისთვის ან გარემოსთვის უარყოფით გავლენას არ წარმოადგენს [ცხრილი 3].

ნახშირბადის გაზომვები: ვარდისუბნის ამ საბადოს ნიმუშებისათვის ორგანული ნახშირბადის შემცველობა მაღალია და ამ 10 ცალკეული ნიმუშისათვის ძალიან განსხვავებული [ცხრილი 4]. ორგანული ნახშირბადის ძალიან მაღალი შემცველობის გამო, 250-დან 600 °C-მდე არეში საჭიროა ტემპერატურის ძალიან ნელი მატება, რათა მთელი ორგანიკა ნელა და სრულად გამოიწვას.

გარდა ამისა, ცალკეული ნიმუშის შემთხვევაში I/1...I/3 არაორგანული ნახშირბადის ანალიზიც ჩატარდა. ვინაიდან ამ ნაერთების შემცველობა ძალიან მცირეა, მათმა დაშლამ (700...900°C) გამოძვარ საბოლოო პროდუქტზე შესაძლოა მხოლოდ უმნიშვნელო გავლენას იქონიოს.

ვარდისუბნის საბადოს შეფასებისათვის ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ საქმე ეხება შედარებით არაჰომოგენურ საბადოს. ეს ნიშნავს, რომ ყველა პარამეტრი როგორც წარმოების პროცესში, ასევე გამოწვის პროცესში საბადოდან ნედლეულის ამოღების პოზიციიდან პოზიციამდე შედარებით ძლიერ მერყეობას ექვემდებარება.

ვარდისუბნის საბადოს გამოუწვავი და გამოძვარი ნატეხის ქიმიური ანალიზები ძირითადად იმ მონაცემებს შეესატყვისება, რომლებიც უკვე 10 ცალკეული ნიმუშის შემთხვევაში დადგინდა [ცხრილები 2d, 2e].

გამოწვის შედეგად კერამიკული ნატეხის ქიმიური შემადგენლობა არ იცვლება.

მიუხედავად იმისა, რომ წესით უკვე გამოძვარი ნიმუშის გახურებით გამოწვეული დანაკარგი ნული უნდა იყოს, ვინაიდან თავდაპირველი გამოწვის შედეგად მთელი წყალი გამოიდევნებოდა და ასევე საერთო ორგანიკაც ბოლომდე გამოიწვებოდა,

მაგრამ როგორც ანალიზების მონაცემები უჩვენებს, გამოძვარ ნატეხებში კიდევ დადგინდა გახურებით გამოწვეული მცირე დანაკარგი. ნაპოვნი იქნა ორგანიკის ნარჩენები. ეს ნიშნავს, რომ ვარდისუბნის ნამტვრევის გამოწვა სრულყოფილად არ ჩატარებულა.

საბოლოო კერამიკული პროდუქტის ხარისხისთვის მაღალი ინტერესის საგანს წარმოადგენს საბადოს თიხებში ყველანაირი მარილის შემცველობის შესახებ ინფორმაცია [ცხრილი 5].

ამის დასადგენად ჩატარდა ყველა იმ პარამეტრის სკრინინგი, რომელიც შესაძლოა სხვადასხვა სახის დეფექტის გამოვლენის მიზეზი იყოს ქვევრის წარმოებისას და გამოწვისას (როგორიცაა

მაგ. გამოკრისტალება, სხვადასხვა სახის გამონადენი და სხვა).

ანალიზის ჩასატარებლად ისევ ვარდისუბნის საბადოს 3 ცალკეული ნიმუში იყო გამოყენებული.

შედეგად, დასკვნის სახით შეიძლება, ითქვას, რომ ვარდისუბნის საბადოსათვის არ აღმოჩენილა „საშიში“ არაორგანული ნაერთები.

თიხის კერამიკული ნედლეულის მინერალოგიულ და ქიმიურ შემადგენლობასთან ძალიან მჭიდრო კავშირშია მათი გრანულომეტრული განაწილება.

თიხის ნაწილაკები ძალიან პატარაა (მაქს.10 მკმ და კიდევ უფრო წვრილი). მათთან შედარებით ბევრად მსხვილია მყარი ნაერთები. მყარი ნაერთების უმეტესობა დაახლოებით > 20 მკმ-ია.

ამით გრანულომეტრული განაწილების გაზომვის შედეგი ძალიან კარგ შთაბეჭდილებას იძლევა საბადოს თიხის გადამუშავების, დამზადების, ფორმირების, შრობის პროცესის სენსიბილურობის, გამოწვისას რეაქტიულობისა და შესაბამისად სასურველი საბოლოო სიმკვრივისათვის ხელსაყრელი გამოსაწვავი ტემპერატურის შერჩევის შესაძლებლობების მხრივ.

ჩვეულებრივ, თიხის ნედლეული მასალების გამტარობის მონაცემები საშუალოდ შემდეგია: 63 მკმ, 20 მკმ და 2 მკმ და შესაბამისად თიხებიც ამგვარად ხასიათდებიან.

ვარდისუბნის საბადოს შემთხვევაში, ცალკეული 10 ნიმუშისათვის გრანულომეტრული განაწილების მაჩვენებლების ძალიან ფართო გაბნევას აქვს ადგილი. ეს ერთის მხრივ არის თიხოვანი, ხოლო მეორეს მხრივ – მყარი ნაერთების შემადგენლობის ძლიერი მერყეობის შედეგია.

აქედან გამომდინარე, ვარდისუბნის თიხის გადამუშავების შესაძლებლობა ძალიან ცვალებადია იმის მიხედვით, საბადოს რომელი ადგილმდებარეობიდან იქნება ამოღებული თიხის ნედლეული!

ზოგადად მიღებულია, რომ ნედლი მასალის მაღალი სიწმინდე (მაქსიმალური მონაცემებით: 0,5 მკმ, 1 მკმ, 2 მკმ), ნიშნავს თიხის მინერალების მაღალ შემცველობას. ამის შედეგად კი იზრდება შრობისას მოცულობის ცვალებადობისა და პლასტიკურობის უნარი. თუმცა, ამავედროულად იზრდება ფორმირებული პროდუქტის შრობისადმი მგრძობელობა და ასევე გამოწვის პროცესში ნედლი მასალის რეაქტიულობაც; რაც თავის მხრივ, შრობისას და გამოწვისას ასევე ზრდის გამოსაწვავ მასალაში ბზარის გაჩენის საშიშროებას.

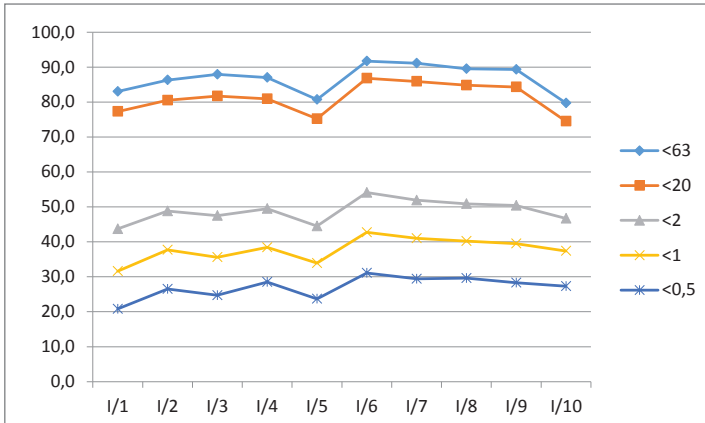
ყველა ეს თვისება (და ბევრი სხვა ტექნოლოგიური პარამეტრი) იცვლება თიხის მინერალებისა და მყარი ნივთიერებების შემცველობის თითოეული პროცენტით ცვლილების შესაბამისად,

რაც თავის მხრივ განაპირობებს ნიმუშებს შორის განსხვავებებს გრანულომეტრული შედგენილობის განაწილების მხრივ.

20 მკმ მაჩვენებელი, ისევე როგორც 2 მკმ, მსგავსია იმისა, რაც გვხვდება აგურის წარმოებაში. მხოლოდ ამის შედეგად, შეიძლება ითქვას, რომ გრანულომეტრული შემადგენლობის განაწილების მიხედვით (იხილე მსჯელობა მოგვიანებით), ვარდისუბნის საბადოს თიხის ნიმუშები საკმაოდ კარგი გადამუშავების შესაძლებლობას იძლევა. 2 მკმ მაჩვენებლები, რომელსაც უპირატესობა ენიჭება, 42-48 %-იან დიაპაზონში უნდა იყოს. ვარდისუბნის საბადოს ცალკეული ნიმუში უფრო წმინდაა. ამ ნიმუშების შერევა უფრო მსხვილ თიხასთან უფრო მომგებიანი იქნებოდა.

სოფ. ვარდისუბანი, თელავი

	I/1	I/2	I/3	I/4	I/5	I/6	I/7	I/8	I/9	I/10	Std_var
<63	83,0	86,3	87,9	87,0	80,7	91,7	91,1	89,5	89,3	79,7	4,2
<20	77,3	80,5	81,7	80,9	75,2	86,8	85,9	84,8	84,3	74,5	4,4
<2	43,7	48,8	47,5	49,5	44,5	54,1	51,9	50,9	50,4	46,7	3,3
<1	31,6	37,7	35,6	38,4	33,9	42,7	41,0	40,2	39,5	37,4	3,4
<0,5	20,8	26,5	24,7	28,5	23,7	31,1	29,4	29,6	28,3	27,3	3,1



თერმული ქცევა (გრაფიკი 1, 2 და 3)

გამოწვის პროცესის დროს, გაფართოებისა და კუმშვადობის თვალსაზრისით ვარდისუბნის საბადოს ნედლეულის თერმული ქცევის შესახებ წარმოდგენის შესაქმნელად, ჩატარდა დილატომეტრული გაზომვები.

შერჩეული იქნა ისევ 3 ცალკეული ნიმუში.

საცდელი ნიმუშების ფორმირება მოხდა ხელით (კერამიკის ინსტიტუტი, კერამიკის ლაბორატორია), რათა რამდენადაც შეიძლებოდა, სიმულირებული ყოფილიყო საქართველოში ქვევრის ფორმირების ორიგინალური პირობები.

კერამიკის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში გაკეთებული ნიმუშებს გარდა, დამატებით გაიზომა ვარდისუბნის გამოწვევა ნატეხები (ნაწარმი საქართველო/ვარდისუბანი).

შედეგად დადგინდა შემდეგი: ვარდისუბნის საბადოს სამი შერჩეული ნიმუშის თერმული მდგომარეობა შეესაბამება როგორც მათ მინერალოგიურ და ქიმიურ შემადგენლობას, ასევე მათი გრანულომეტრული შემადგენლობის განაწილებას.

კვარცის ბზარი შედარებით ძლიერად გამოხატულია, რაც ნიმუშებში შიდა დაძაბულობის წარმოქმნასთანაა დაკავშირებული!

შეცხობის დასაწყისი 815°C...825°C-ით გაიზომა (საცდელი სხეულების სიგრძის შემცირების დასაწყისი) და თანმიმდევრულად გრძელდება გაზომვების ბოლომდე 1100°C...1150°C-ზე.

გამოწვით განპირობებული მოცულობის ცვალებადობა, რომელიც ამ დილატომეტრული გაზომვებით დადგინდა, ვარდისუბნის ნიმუშებისათვის 3,80...5,27%-ს შორის მერყეობს, რაც შეესაბამება შერჩეული გაზომვების საბოლოო ტემპერატურების შემთხვევებს!

ასე რომ, დილატომეტრული გაზომვების მიმდინარეობები ძალიან კარგად ასახავს დიფერენციაციას როგორც მინერალოგიასა და ქიმიაში, ასევე დიდ განსხვავებებს ამ საბადოს ცალკეულ ნიმუშებს შორის გრანულომეტრული შემადგენლობის განაწილებაში.

გამოწვით განპირობებული დილატომეტრული კუმშვადობა [%]

	ნიმუში I/ 1	ნიმუში I/ 2	ნიმუში I/ 6	ვარდისუბანი
1000°C	-1,47	-1,69	-1,85	-1,19
1050°C	-2,36	-2,80	-3,09	-1,98
1100°C	-3,81	-4,46	-5,27	-3,70
1125°C		-5,47	(> 6)	
1150°C	-5,81			

ვარდისუბნის საბადოს ნიმუშების კერამიკულ-ტექნოლოგიური ტესტირება

- ა) ნიმუშები გაკეთდა ხელით ფორმირების გზით (თაბაშირის ფორმებში);
- ბ) ნიმუშები გაკეთდა ვაკუუმში ექსტრუზიის გზით.

ხელით ფორმირება იმიტომ ჩატარდა, რომ მიღებულიყო იმ ნიმუშის მსგავსი მდგომარეობა, რაც მიიღება ორიგინალში, ქვევრისთვის ფორმის მიცემის დროს.

ვაკუუმში ექსტრუზიის საშუალებით ფორმის მიცემა იმის სადემონსტრაციოდ განხორციელდა, თუ რამდენად დიდი გავლენა აქვს წინასწარი გამკვრივების ხარისხს, რომელიც ვაკუუმში პულტრუზიით ფორმის მიცემისას ამკარად უფრო მაღალია, ვიდრე ხელით ფორმირებისას.

ჰაერის ცირკულაციით საშრობში, ტემპერატურის გაკონტროლებით ჩატარდა საფეხურებრივი გამოშრობა.

- 24 სთ ლაბორატორიაში ოთახის ტემპერატურზე, ნიმუშები დაფარულია აბრეშუმის ქაღალდით
- 24 სთ 40°C-ზე
- 24 სთ 60°C-ზე
- 24 სთ 110°C-ზე.

ხელით (თაბაშირის ფორმებში) გაკეთებულ ყველა საცდელ სხეულს შრობის დასრულებისას ბზარები აღმოაჩნდა. აქედან გამომდინარე და საცდელი სხეულების ძალიან არათანაბარი ზედაპირის გამო (მოცულობის ცვლილებების კორექტულად მონიშვნა ვერ მოხერხდა) ვერ მოხერხდა ვერც რეგულარული შრობისას მოცულობის ცვლილებების მაჩვენებლების და ვერც გაშრობის რეგულარული ღუნვადობის სიმტკიცის მაჩვენებლების დადგენა.

სამაგიეროდ, შესაძლებელი გახდა ვაკუუმში დაპრესვის გზით შექმნილი ნიმუშების ბზარების გარეშე წარმოება. შესაბამისად, ამ ნიმუშებისათვის მოხერხდა მოცულობის ცვლილებებისა და გაშრობის ღუნვადობის სიმტკიცის გაზომვის კორექტულად ჩატარება გაშრობის დროს .

ამ გაზომვებმა ვარდისუბნის საბადოს ნიმუშებისათვის **გაშრობის მოცულობის ცვლილება → 7,1%** უჩვენა (საშუალოდ 30 ცალკეული ნიმუშიდან; იხილე ცხრილი 6). ეს მოცულობის ცვლილების ძალიან მაღალი ხარისხია და იმიტომ მოსალოდნელია, რომ ნაწარმში ნაპრალები გაჩნდეს.

ვარდისუბნის ნიმუშების **გაშრობისას მოცულობის ცვლილება** → **10,0 Mpa** შეადგინა (საშუალო მონაცემი 10 ცალკეული მონაცემიდან; იხილე ცხრილი 7). ეს მაჩვენებელი თიხის ნაწარმისათვის ძალიან მაღალია და შესაძლებელს ხდის ქვევრის გამოყენებას გატეხვის უშუალო საფრთხის გარეშე.

როგორც გამომწვარი, ასევე ხელით წარმოებული საცდელი მასალებისათვის (დაახლ. 20x2,5x2 სმ³) დადგინდა შემდეგი პარამეტრები:

- წყლის შთანთქმა (დუღილის მეთოდი)
- ღია ფორიანობა
- ნედლი მასალის სიმკვრივე

ხოლო, ხელით წარმოებული საცდელი მასალის გამოწვისას შინაგანი ღუნვის სიმტკიცის დადგენა ვერ ხერხდება. საცდელ მასალებს გააჩნდათ მიკრო და მაკრო ბზარების დიდი რაოდენობა. ამის გამო აღნიშნული გაზომვების მონაცემები არარეგულარული იქნებოდა და ამიტომ სრულ სურათს ვერ მოგვცემდა.

საცდელი სხეულების გამოწვა მიმდინარეობდა მუფელის ელექტროღუმელში 1000°C-ზე, 2 სთ-ის განმავლობაში. გამომწვარი ორი დღის განმავლობაში გრილდებოდა.

თუმცა გამოწვის ეს სქემა ისე ზუსტად არ განხორციელებულა, როგორც ეს საქართველოში ხდება, მაგრამ მაინც ორიგინალურ წვის პროცესთან საკმაოდ მიახლოებული უნდა ყოფილიყო.

მომდევნო ცხრილი უჩვენებს ვარდისუბნის ნიმუშების I/ 1 - 2 და -6 შედეგების ურთიერთმედარებას, ასევე შედარებას კერამიკის ინსტიტუტში მიწოდებული ვარდისუბნის ორიგინალის ნიმუშთან.

გაზომვის ყველა მონაცემი მოცემულია ცხრილ 8-ში.

	წყლის შთანთქმა [%]	ღია ფორიანობა [%]	ნედლი მასალის სიმკვრივე [g/cm ³]
ნიმუში I/ 1	10,13	20,96	2,069
ნიმუში I/ 2	7,90	15,79	2,118
ნიმუში I/ 6	6,93	14,82	2,138
ვარდისუბანი (ორიგ.)	14,35		

წყლის შთანთქმის შედარებით მაღალი მაჩვენებლები უჩვენებს, რომ 1000°C-ზე ყველა ნიმუში ბოლომდე გამოქმწვარი არაა. ამგვარად, ყველა ნიმუშისათვის შედარებით მაღალი ღია ფორიანობა ვლინდება. აქედან გამომდინარეობს ჭურჭლის ისეთი შრით დაფარვის საჭიროება, რომელიც გამკვრივების მეშვეობით ღია ფორებიდან გაჟონვისაგან დაიცავს.

ვარდისუბნის ორიგინალი გამოქმწვარი ნატეხის გაზომვა უჩვენებს, რომ მასში წყლის შთანთქმის მაჩვენებელი კვლავ ძალიან მაღალია. ამის გამო გამოწვის შედეგი მნიშვნელოვნად განსხვავდება კერამიკის ინსტიტუტის ნიმუშების შედეგებისგან.

კერამიკის ინსტიტუტის ნიმუშებსა და ვარდისუბნის ქვევრის ნიმუშს შორის ეს დიდი განსხვავება ხაზგასმით უჩვენებს ფორმის მიცემის ტექნოლოგიისა და გამოწვის პირობების ძალიან დიდ გავლენას ქვევრის მდგომარეობაზე მისი გამოწვის შემდეგ.

ამავდროულად ცალკეული ნიმუშების წყლის შთანთქმის განსხვავებული მაჩვენებლები ცხადყოფს, თუ რა დიდ ზემოქმედებას იწვევს საბოლოო პროდუქტზე ვარდისუბნის საბადოში არსებული თვისებების ძლიერად მერყევი მაჩვენებლები!

ვარდისუბნის ნიმუშების „უკანასკნელი“ გაზომვა იყო ვარდისუბნის გამოქმწვარი ორიგინალი ნატეხის → მჟავაში ხსნადობის განსაზღვრა.

ეს ტესტი ჩატარდა მჟავისადმი სიმტკიცის გასაზღვრის მიზნით (რეგულარულად გოგირდმჟავა), თუმცა მჟავად ორიგინალი ქართული ღვინო იქნა გამოყენებული. მიზანი იყო გამოქმწვარი ვარდისუბნის ქვევრის ხსნადობის უნარის გამოცდა მჟავა გარემოში.

ამ გაზომვის შედეგად დადგინდა **მასის დანაკარგი → 0,08%**.

ეს ნიშნავს რომ ქვევრი, ღვინოსთან ხანგრძლივი კონტაქტის დროს, ძალიან მცირე ხსნადობას ავლენს.

2.2. ტყემლოვანა

მინერალოგიური ანალიზები [9a, 9b, 9c]

ტყემლოვანას საბადო მყარი ნივთიერებების (კვარცი, მინდვრის შპატი) შედარებით მაღალ შემცველობას ავლენს, რაც 38-დან 49%-მდე მერყეობს.

მინდვრის შპატების მხრივ წარმოდგენილია მინდვრის შპატების სხვადასხვა ტიპის ნარევი, სადაც დომინირებს კალიუმის მინდვრის შპატები.

ანალიზებმა უჩვენა თიხის მინერალების წილი 46-დან 52%-მდე. ორ და სამშრიანი თიხის მინერალები 32-და 34 %-მდეა.

4-შრიანი თიხის მინერალები კი 8-9 %-მდე.

ვარდისუბნის საბადოს თიხის ნიმუშებისაგან განსხვავებით, 2-შრიანი თიხის მინერალების 3-შრიანებთან შეფარდება განსხვავებულია. ტყემლოვანის საბადოში 14-დან 25%-მდე 2-შრიანი თიხის მინერალებია (კაოლინიტი) და 22-დან 27%-მდე 3-შრიანი თიხის მინერალები, რომეთაგან 11-დან 17%-მდე აფუებადი თიხის მინერალებია.

გარდა ამისა, ტყემლოვანის საბადოში ანალიზმა 3-4% გოეთიტი (ნემსისებური რკინის მადანი) უჩვენა. ეს მინერალი განაპირობებს გამოძვარი ნამტვრევის წითელ შეფერილობას.

მინერალოგიური ანალიზების შედეგად, გარდა აღნიშნულისა, სხვა მინერალური ფაზები მნიშვნელოვანი რაოდენობებით ნაპოვნი არ ყოფილა.

ტყემლოვანის საბადოს გამოუწვავი და გამოძვარი ქვევრის ორიგინალ ნამტვრევებს, რომელიც ტყემლოვანის საბადოში დამზადდა და კერამიკის ინსტიტუტს გაეგზავნა (ცხრილები9d...e), ჩაუტარდა ანალიზი.

გამოუწვავი ნამტვრევის მინერალოგიური ანალიზი მნიშვნელოვნად განსხვავებულ გაზომვის შედეგს უჩვენებს, ვიდრე ყველა სხვა ნიმუში, რომლებიც კერამიკის ინსტიტუტს გადაეგზავნა.

აქ განსაკუთრებით მაღალი იყო მინდვრის შპატების მინერალების შემცველობა (20%!).

თიხის მინერალების მხრივ, ანალიზმა აჩვენა ნიმუში II/ 10-ის მსგავსი შემადგენლობა.

გამომწვარი ნატეხის მინერალოგიური ანალიზის შედეგად 35% მყარი ნივთიერება (11% მინდვრის შპატი / 24% კვარცი) დადგინდა.

გამოწვის დროს თიხის ყველა კრისტალური კომპონენტი ამორფულ მდგომარეობაში გადავიდა. ამის გამო აქ მინერალოგიური ანალიზის ჩატარება შეუძლებელია. ანალიზების ოქმში ეს ამორფული წილი → ნარჩენად იწოდება და ტყემლოვანას გამომწვარი ნატეხისათვის 43%-ს შეადგენს.

გარდა ამისა, გამომწვარ ნატეხებში ანალიზმა 4% მინერალი ჰემატიტის არსებობა უჩვენა.

ქიმიური ანალიზები

ანალიზის შედეგად, ამ საბადოში 8 ძირითადი ოქსიდის ძალიან დიდი მერყეობის (ვარიაციის) დიაპაზონი დადგინდა, იხილეთ ცხრილი 10.

ვარდისუბნის საბადოსთან შედარებით, SiO_2 -ის აბსოლუტური შემცველობა ძალიან მცირეა. თუმცა, განსხვავებები 10 ცალკეულ ნიმუშს შორის, რომლებსაც ანალიზი ჩაუტარდა, უაღრესად დიდია, ის 25-დან 32%-მდე მერყეობს!

გარდა ამისა, ასევე ძალიან მაღალია განსხვავებები ტუტე და ტუტემიწა ნაერთების შემცველობებს შორის. ეს ნივთიერებები მინდვრის შპატებისა და თიხის მინერალების შემადგენელი ნაწილია, რაც ამ მინერალების ფართო სპექტრს უჩვენებს.

ტყემლოვანას საბადოს ქიმიური ანალიზის დასკვნის სახით დგინდება: საბადოში Al_2O_3 -ის შემცველობები შედარებით უფრო მაღალია, ვიდრე ვარდისუბნის საბადოში. თუმცა ის 10 ცალკეული ნიმუშის შემთხვევაში უფრო დიდ დიაპაზონს უჩვენებს. ამასთან ერთად, Al_2O_3 -ის შედარებით დიდი ნაწილი მინდვრის შპატებთან შეკავშირებული სახითაა წარმოდგენილი. ამიტომ ამ საბადოს ნედლეული უნდა განისაზღვროს, როგორც ნაკლებად პლასტიკური.

ყველა სხვა ოქსიდი, რომლებიც ტყემლოვანას საბადოში მცირე რაოდენობით იქნა ნაპოვნი, ტყემლოვანას თიხის კერამიკულ თვისებებზე უმნიშვნელო გავლენას ახდენს.

ამ საბადოს შემთხვევაშიც დადგინდა ფთორის, ქლორისა და გლჯირდის შემცველობა. მათი შემცველობა შედარებით დაბალია და წარმოების პროცესზე უარყოფით გავლენას არ უნდა ახდენდეს. ფთორის ემისია, რომელიც გაზომვამ უჩვენა, გარემოს მხრივ უმნიშვნელოა (ცხრილი 11).

ვარდისუბნის ნიმუშებთან შედარებით, აქ ორგანული ნახშირბადის შემცველობა მნიშვნელოვნად ნაკლებია. ამას გარდა, ცალკეულ ნიმუშში შედარებით ნაკლები დაძაბულობის დიაპაზონი ვლინდება. მიუხედავად ამისა, გამოწვისას საჭიროა 250-დან 600°C მდე ნელა აყვანა, რომ მოხდეს მთლიანი ორგანიკის ბოლომდე გამოწვა.

არაორგანული ნახშირბადის არსებობა ტყემლოვანას საბადოს ნიმუშებში არ დადასტურდა.

ტყემლოვანას საბადოს ნახშირბადის გაზომვების შესახებ 10 ცალკეული ნიმუშისათვის ყველა მონაცემი მოცემულია ცხრილ 12-ში.

ტყემლოვანას (საქართველოდან) ორიგინალი თიხის მასის ქიმიური ანალიზი ძირითადად შეესაბამება ამ საბადოს 10 ცალკეულ ნიმუშს (II/ 1...II/ 10).

ტყემლოვანას გამომწვარი ნატეხის ქიმიურმა ანალიზმა ასევე უჩვენა მცირე დანაკარგი გამოწვის დროს. ეს ნიშნავს, რომ ნატე-

ხი საკმარისი დროის განმავლობაში არ გამოიმწვარა და /ან წვის ტემპერატურა საკმარისი არ იყო.

გამომწვარ ნატეხში გამოწვის შედეგად მიღებული დანაკარგის გამოვლენა ნიშნავს ორგანიკის ნარჩენის არსებობას, რომლის გამოწვა არასრულყოფილი იყო.

წყალში ხსნადი მარილები (ცხრილი 13):

წყალში ხსნადი მარილების დასადგენად ჩატარდა ყველა იმ არაორგანული პარამეტრის სკრინინგი, რომლებმაც შესაძლოა, ქვევრში ან მის ზედაპირზე რაიმე დეფექტი გამოიწვიოს - **გამოწვის** დროს ან გამოწვის შედეგად (როგორცაა სხვადასხვა სახის ნადები, გამონალექი და ა.შ.).

კვლავ შერჩეული იქნა „ცალკეული ნიმუშები“.

გამოკვლევის შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ ტყემლოვანას საბადოში „საშიში“ არაორგანული ნივთიერებები არ აღმოჩნდა.

გრანულომეტრული განაწილება

ტყემლოვანის საბადოსათვის **გრანულომეტრული განაწილების უაღრესად დიდი არეალი** დადგინდა. ეს, ერთის მხრივ არის თიხის მინერალების შემცველობისა და მეორეს მხრივ, მყარი ნივთიერებების კომპონენტების მერყეობის შედეგი.

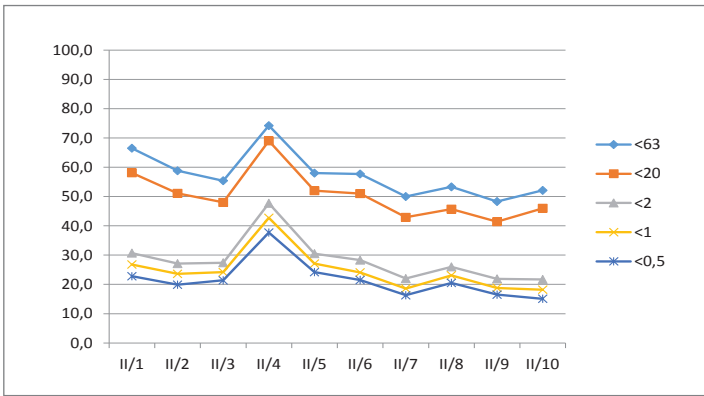
ამგვარად, ტყემლოვანას საბადოსათვის სავსებით საფუძვლიანად და ნათლად დადგინდა, რომ საბადოს სხვადასხვა ადგილიდან ამოღებული თიხის გადამუშავების შესაძლებლობა ძალიან განსხვავებულია.

საერთო ჯამში გამტარობის მაჩვენებლები როგორც 20 მკმ-ის, ასევე, მიმდინარეობის მაჩვენებლები 2 მკმ-ის შემთხვევაშიც ძალიან მცირეა (იხილეთ ასევე კრიტერიუმები აგურის გაზომვისას 20 და 2 მკმ-ს შემთხვევაში). ამ მაჩვენებლების მიხედვით, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ტყემლოვანას საბადოს თიხების პლასტიკურობა არ არის ძალიან მაღალი.

ამ შედარებით უხეში თიხების გამოწვაზე ზემოქმედების შესახებ მსჯელობა იქნება მათი თერმული ქცევების ანალიზთან მიმართებაში.

No-II**სოფ. ტყემლოვანა, ჭიათურა**

	II/1	II/2	II/3	II/4	II/5	II/6	II/7	II/8	II/9	II/10	Std_var
<63	66,5	58,8	55,4	74,2	58,0	57,7	50,0	53,3	48,3	52,1	7,8
<20	58,1	51,1	48,0	69,0	52,0	51,0	42,9	45,7	41,4	46,0	8,1
<2	30,7	27,1	27,4	47,7	30,5	28,3	22,0	26,0	21,9	21,7	7,6
<1	26,8	23,6	24,2	42,7	27,1	24,1	18,6	23,1	18,8	18,2	7,1
<0,5	22,8	19,9	21,4	37,7	24,2	21,5	16,3	20,5	16,5	15,1	6,4

**თერმული ქცევა [გრაფიკები 4, 5 და 6]**

გამოწვის დროს ტყემლოვანას საბადოს თიხების თერმულ ქცევაზე წარმოდგენის შესაქმნელად დილატომეტრული გაზომვები 3 ცალკეულ ნიმუშზე ჩატარდა. საცდელი სხეულები ხელის დარტყმებით (ქართული ორიგინალი ქვევრის წარმოების სიმულირება) და გაგლუვებით/დამუშავებით გაკეთდა.

დამატებით, ამ ნიმუშებთან ერთად ერთი საცდელი სხეული დამზადდა და გაიზომა ტყემლოვანას ორიგინალი ნატეხიდან.

ტყემლოვანას ნიმუშები უჩვენებს თერმულ ქცევას, რაც ტყემლოვანას თიხების ამკარად შედარებით უხემ გრანულაციას ასახავს.

გათბობისას პირველ რიგში თვალში საცემია შედარებით მცირე ზომის კვარცის ბზარი. ამას დადებითად უნდა შევხედოთ, რადგან ამით განპირობებული დაძაბულობები ძალიან მცირე რჩება.

გათბობისას ნიმუშების ძლიერი გაფართოება პირველ რიგში მინდვირს შპატის დიდი წილითაა განპირობებული.

შეცხოვის დასაწყისი დაახლოებით $825-860^{\circ}\text{C}$ -ს შეადგენს. ეს განუწყვეტლად გრძელდება $1100-1150^{\circ}\text{C}$ -მდე (გაზომვის დასასრული).

დილატომეტრული გაზომვით მიღებული წვით გამოწვეული მოცულობის ცვლილებების შედეგები ტყემლოვანას ნიმუშებისათვის 2,73 – 4, 95%-ს შორის მერყეობს.

წვის მაღალი ტემპერატურის $>1100^{\circ}\text{C}$ გამო მოცულობის ცვალებადობის ეს მაჩვენებლები შეიძლება, ძალიან უმნიშვნელოდ ჩაითვალოს.

ამგვარად, დილატომეტრული მაჩვენებლები მიუთითებენ ქვევრის შედარებით ნაკლებ სიმკვრივეზე, გამოწვის შედარებით დაბალი ტემპერატურების დროსაც კი.

მიზეზი ტყემლოვანას საბადოში მყარი ნივთიერებების მაღალი წილია, განსაკუთრებით კალიუმის მინდვრის შპატის მაღალი შემცველობა (მაღალი ლობის ტემპერატურა). ამასთან, თიხის მინერალები დიდწილად კაოლინისაგან შედგება. ეს არის თიხის ყველა მინერალიდან ის, რომელიც მკვრივად გამოწვისთვის უმაღლეს ტემპერატურებს საჭიროებს. მაშასადამე, ტყემლოვანას საბადოდან მოპოვებული თიხისაგან შედარებით მკვრივი ქვევრის გასაკეთებლად საჭიროა, რომ წვის ტემპერატურები 1150°C -ზე მეტი იყოს.

დილატომეტრული წვით გამოწვეული მოცულობის ცვალებადობა [%]

	ნიმუში II/ 4	ნიმუში II/ 6	ნიმუში II/ 10	ტყემლოვანა
1000°C	1,63	0,63	+ 0,44	0,53
1050°C	2,61	1,32	0,14	1,26
1075°C				1,76
1100°C	3,93	2,21	1,22	
1150°C	4,95	2,96	2,73	

ტყემლოვანას საბადოს ნიმუშების კერამიკულ-ტექნოლოგიური ტესტები

ტყემლოვანას საბადოს ნიმუშები ჩამოისხა როგორც თაბაშირის ფორმებში, ასევე სხვა საცდელი მასალები დამზადდა ვაკუუმში პულტრუაციის გზით.

საშრობში ჰაერის ცირკულაციით გამოშრობა, ტემპერატურის გაკონტროლებით, რამდენიმე საფეხურად მიმდინარეობდა რამდენიმე დღის განმავლობაში:

- 24 სთ თავისუფლად იდო ლაბორატორიაში, აბრეშუმის ქაღალდით დაფარული
- 24სთ 30°C-ზე
- 24სთ 40°C-ზე
- 24სთ 60°C-ზე
- 24სთ 110°C-ზე.

ტყემლოვანას საბადოს ნიმუშების შემთხვევაშიც ყველა საცდელი მასალა, რომელიც ხელით დამზადდა, დასკდა. ასე, რომ შრობის მოცულობის ცვლილებისა და შრობის პლასტიკურობისათვის ცდის ზუსტი მონაცემების მიღება ვერ მოხერხდა.

საცდელ სხეულებს, როლებიც ვაკუუმში პულტრუაციით მიეცათ ფორმა, გაშრობის შემდეგ ბზარები არ ჰქონდა.

საშუალოდ **შრობის მოცულობის ცვალებადობა → 5,8%** დადგინდა (საშუალო მაჩვენებელი 30 ცალეული მონაცემის მიხედვით; იხილე ცხრილი 14).

ეს შედარებით მაღალი მაჩვენებელია, თუმცა წარმოების პირობებში მისი კონტროლირება ჯერ კიდევ შესაძლებელია (ნელი შრობა, ორპირი ქარის თავიდან არიდება და ა. შ.).

საშუალოდ **შრობისას მოცულობის ცვალებადობის → 10,5%** დადგინდა (საშუალო მაჩვენებელი 10 ცალეული მონაცემის მიხედვით; იხილე ცხრილი 15).

ეს მშრალი სიმტკიცის ძალიან მაღალი მაჩვენებელია პლასტიკურობის მხრივ და გამოუწვავი ქვევრის საიმედო დამუშავების საშუალებას იძლევა.

გამომწვარ საცდელ სხეულებში (ზომები დაახლოებით 20x2,5x2 სმ³) შემდეგი პარამეტრები იქნა გამოკვლეული:

- წყლის შთანთქმა
- ღია ფორიანობა
- ნედლი მასალის სიმკვრივე

მრავალრიცხოვანი ნაპრალებისა და ბზარების გამო ტყემლოვანას გამომწვარი საცდელი სხეულებისთვისაც შეუძლებელი იყო წვის ღუნვადობის სიმტკიცის დადგენა.

წვა მიმდინარეობდა ელექტროღუმელში 1000°C-ზე, დაყოვნების დრო 2 სთ; 2 დღეზე მეტ ხანს.

შემდეგ ცხრილში მოცემულია გაზომვით მიღებული შედეგების შედარება. ნიმუშები, რომლებიც II/4 - 6 -10-თაა აღნიშნული, კე-

რამიკის ინსტიტუტში გაკეთდა. ნიმუში „ტყემლოვანა“ არის ორიგინალის ნატეხი, რომელიც კერამიკის ინსტიტუტს უშუალოდ საქართველოდან გამოუგზავნეს.

ყველა მონაცემი ცხრილ 16-შია ჩამოთვლილი.

	წყლის შთანთქმა [%]	ღია ფორიანობა [%]	ნედლი მასალის სიმკვრივე [გრ/სმ ³]
ნიმუში II/ 4	10,88	21,80	2,00
ნიმუში II/ 6	15,08	28,55	1,89
ნიმუში II/ 10	15,09	28,14	1,87
ტყემლოვანა (ორიგ.)	18,13		

წყლის ძალიან მაღალი მაჩვენებლები უჩვენებს, რომ ტყემლოვანას საბადოს ნიმუშები 1000°C-ზე მკვრივად გამოძწვარი არაა. ამას გარდა, ისინი ძალიან მაღალ ღია ფორიანობას ავლენს. მაშასადამე, მკვრივი ქვევრის მისაღებად ერთი შრის დამატებაა საჭირო ქვევრის შესამკვრივებლად.

მიზეზი ტყემლოვანას საბადოში არსებული ნედლეულის მახასიათებლებია მაღალ ტემპერატურაზე ლღობადი მინერალების (კალიუმის მინდვრის შპატი და კაოლინიტი) დიდი წილის გამო.

თვალშისაცემია დიდი განსხვავება კერამიკის ინსტიტუტის ნიმუშებისა და ქვევრის ორიგინალი ნატეხების მიერ წყლის შთანთქმის მაჩვენებლებს შორის. ეს ნათლად ასახავს ფორმის მიცემის გამოყენების მეთოდის, ისევე, როგორც გამოწვის პირობების გავლენას ქვევრის გამოწვის შედეგებზე.

დამატებით, წყლის შთანთქმის მაჩვენებლების მერყეობის დიაპაზონი 4, 6 და 10 ცალკეულ ნიმუშებს შორის უჩვენებს, რა უჩვეულოდ ძლიერად ცვალებადია ნედლეული ტყემლოვანას საბადოში.

ტყემლოვანას საბადოს ნედლეულისათვის ასევე ჩატარდა გამოკვლევა გამომწვარ ნატეხში → მჟავაში ხსნადობაზე.

ასევე ჩატარდა ტესტი მჟავის შემცველ ორიგინალ ქართულ ქვევრის ღვინოს, რათა დადასტურებულიყო გამომწვარი კერმიკული ნატეხის მჟავისადმი მდგრადობა.

ამ შემოწმების შედეგი: **ტყემლოვანას საბადოს გამომწვარი ქვევრის ნატეხის ღვინის მჟავაში ხსნადობა 0,04%-ია.**

2.3. საწაბლე

მინერალოგიური ანალიზები [ცხრილები 17a, 17b, 17c]

ვარდისუბნისა და ტყემლოვანას ნედლეულებთან შედარებით საწაბლეს ნედლეული სრულიად სხვა მინერალოგიურ ხასიათს უჩვენებს.

ამ საბადოში კვარცის შემადგენლობა 34-დან 41%-მდე ვლინდება.

საბადო თავისუფალია მინდვრის შპატის მინერალებისაგან.

დანარჩენი ორი საბადოსაგან ასევე სავსებით განსხვავებულია თიხოვანი მინერალების შემადგენლობა. თიხოვანი მინერალების წილი საერთო ჯამში 51-დან 58 %-მდე მერყეობს. ამასთან, ნაპოვნი იქნა 3 და 4 შრიანი თიხის მინერალები; კაოლინიტი არ აღმოჩნდა.

თავის მხრივ, 3-შრიან თიხის მინერალებში ილიტი დომინირებს. ის არააფუებადი, მაგრამ ძალიან წვრილმარცვლოვანი თიხის მინერალია. ეს ამ საბადოს თიხების გადამუშავებისას მთელ რიგ შედეგებს იწვევს, რომლებზეც მოგვიანებით იქნება მსჯელობა ანგარიშში.

საწაბლეს საბადოს თიხების კარგი ფორმირების უნარზე 5-7% აფუებადი თიხოვანი მინერალები ახდენს დადებით გავლენას.

4-შრიანი თიხოვანი მინერალების წილი 6-9%-ს შეადგენს.

ამას გარდა, მინერალოგიური ანალიზი ყველა ცალკეული ნიმუშისათვის ერთგვაროვნად 6% გოეთიტს უჩვენებს.

საწაბლეს ორიგინალი გამოუწვავი ნიმუში (ცხრილი 17d) უჩვენებს მინერალოგიურ შემადგენლობას, რომელიც ამ საბადოს ყველა სხვა ნიმუშისაგან გასხვავდება. ამ ნიმუშში კვარცი შედარებით აშკარად ნაკლები რაოდენობით, 21%, დადასტურდა (ცალკეულ ნიმუშებში 34%-დან 41%-მდე)! ამას გარდა, ანალიზით დადასტურდა მინდვრის შპატი (18%), თუმცა კერამიკული ინსტიტუტისათვის გამოგზავნილ საბადოს ცალკეულ ნიმუშებში მინდვრის შპატი არ აღმოჩნდა.

ანალიზების ჩატარების შედეგად ასევე მნიშვნელოვნად განსხვავებული აღმოჩნდა თიხის მინერალები. მათი შემადგენლობა ასევე სავსებით განსხვავებულია საწაბლეს საბადოს ცალკეული ნიმუშებისაგან. აქ 22% კაოლინიტი იქნა ნაპოვნი, 10 ცალკეულ ნიმუშში 0% კაოლინიტისაგან განსხვავებით.

აღნიშნულის გამო ამ შედეგზე კომენტარის გაკეთება შეუძლებელია. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ეს ნიმუში საქართველოში სხვა საბადოდან უნდა იყოს ამოღებული.

გამომწვარი ნატეხი: გამომწვარი ნატეხის მინერალოგიური შემადგენლობა (იხილეთ ცხრილი 17e) 27% მყარ ნივთიერებებს (9% მინდვრის შპატი/ 18% კვარცი) უჩვენებს. ძალიან თვალშისაცემია 7% სამშრიაანი თიხოვანი მინერალის არსებობა. ეს იმის უეჭველი ნიშანია, რომ ეს ნატეხი ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე გამოიწვია (ძლიერი სუსტი გამოწვია), ასე რომ თიხის მინერალები ჯერ კიდევ არ იყო მთლიანად გარდაქმნილი. შემდეგი მინერალები, რომლებიც გამომწვარ ნატეხში აღმოჩნდა, არის რქატყუარა (4%) და ჰემატიტი (8%).

მინერალების ფაზების ანალიზში დადასტურებული ნარჩენი ამ ნატეხში → 53%-ია.

მონაცემების საფუძველზე გამომწვარი ნატეხის შესახებაც ღიად რჩება შეკითხვა, არის თუ არა ის გაკეთებული საწაბლეს საბადოს ნედლეულიდან.

გამოუწვავი და გამომწვარი ნატეხის ყველა მონაცემის შესახებ ზემოთ დასახელებული მიზეზების გამო არ შეიძლება მათ შესახებ საწაბლეს საბადოს 10 ცალკეულ ნიმუშთან შედარების კუთხით მსჯელობა.

ქიმიური მონაცემების ანალიზები საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიას ასახავს (იხილეთ ცხრილი 18).

SiO₂-ის შემცველობა ტყემლოვანას საბადოს SiO₂-ის შემცველობას ჰგავს. შემცველობა 55,8%-დან 68%-მდე მერყეობს. ამით ეს მერყეობის მეტისმეტად დიდი დიაპაზონია!

ორი დანარჩენი საბადოსაგან განსხვავებით ტუტე და ტუტემიწა ნაერთების შემცველობა მხოლოდ თიხის მინერალებს შეიძლება მიეკუთვნოს.

ქიმიური პარამეტრების მერყეობის დიდი დიაპაზონი საწაბლეს საბადოსთვისაც იმაზე მიუთითებს, რომ გამომწვარი ქვევრის თვისებები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული საბადოში ნედლეულის ამოღების სპეციალურ ადგილზე!

ამ საბადოსათვის ნაპოვნი ყველა სხვა ოქსიდის ისეთი კერამიკის წარმოებისათვის, როგორც ქვევრია, მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობით არსებობს.

ქიმიური ანალიზებით დადასტურებული ფთორის, ქლორისა და გოგირდის შემცველობა მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობითაა და ქვევრის როგორც წარმოებაზე, ასევე მის საბოლოო თვისებებზე უარყოფით გავლენას არ ახდენს. ისინი ასევე არ წარმოადგენენ საფრთხეს გარემოსთვის, ტექნიკური თვალსაზრისით (რაოდენობრივი მაჩვენებლები - იხილეთ ცხრილი 19).

ორგანული ნახშირბადის შემცველობა საერთო ჯამში მაღალია. აქედან გამომდინარე, ნაწარმის გამოწვისას საჭიროა 250-600°C ტემპერატურის საზღვრებში საკმაოდ ნელი გაცხელების პირობებში მუშაობა, რომ მთლიანი ორგანიკა გამოიწვას. გარდა ამისა, საბადოში მერყეობის დიაპაზონი ძალიან მაღალია (იხილე ცხრილი 20).

საწაბლეს საბადოში ორგანული ნახშირბადის შემცველობა არ დადასტურდა.

თუ საწაბლეს საბადოს მთლიანობაში განვიხილვთ, მაშინ თვალში მოგვხვდება ცალკეული ნიმუშები III/5 და III/6. მაშინ, როდესაც ამ საბადოს ყველა სხვა ნიმუში მსგავს მინერალოგიურ და ქიმიურ შემადგენლობას ავლენს, ამ ორი ცალკეული ნიმუშის მონაცემები ძალიან განსხვავებულია. მათში კვარცის შემცველობა მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია და თიხის მინერალების შემცველობა შესაბამისად ნაკლები. ამის გამო მათი გავრცელების თვისებები საბადოს დანარჩენი ნიმუშებისაგან უდავოდ აშკარად განსხვავებულია.

საწაბლეს გამოუწვავი (ცხრილი 18 d) და გამომწვარი (ცხრილი 18e) ნიმუშების ქიმიური ანალიზის შედეგი გამოსახავს მინერალოგიური ანალიზის შედეგებს. ტუტე ტუტემიწა ნაერთების მაღალი შემცველობა ამ ორ ნიმუშში მინდვრის შპატის ძალიან მაღალ შემცველობაზე მიუთითებს.

რკინის მაღალი შემცველობა იმის მაჩვენებელია, რომ გამოწვის შემდეგ სავარაუდოდ, ამ ნიმუშებს წითელი, უფრო სწორად, მოწითალო-მოყავისფრო ფერი ექნება.

საწაბლეს ნიმუშის გამომწვარი ნატების ქიმიური ანალიზის შედეგში საყურადღებოა, რომ გაზურებისას **0,3%** დანაკარგი დადგინდა. ეს ნიშნავს, რომ წარმოებისას წვა აშკარად ძალიან დაბალ ტემპერატურაზე მიმდინარეობდა, რის გამოც ორგანიკა მთლიანად არ გამოიწვა და როგორც მოცემულ შემთხვევაში, კიდევ არსებობს თიხის იმ მინერალების კრისტალური წყლის ნარჩენები, რომლებიც არ გარდაქმნილა.

გრანულომეტრული განაწილება:

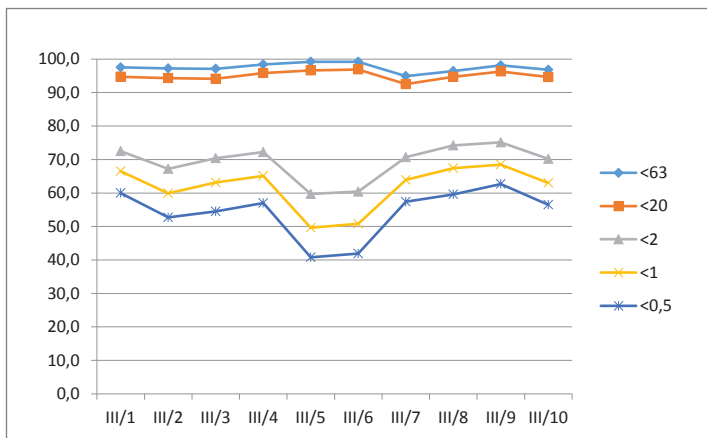
ორ დანარჩენ საბადოსთან შედარებით საწაბლე სრულიად სხვა ხასიათის გრანულაციის განაწილებას უჩვენებს. თიხები უკიდურესი სიზუსტით გაიზომა.

საერთოდ თიხის ნაწილაკები ძალიან წვრილია. მათი ზომა მაქსიმუმ 10 მიკრომეტრს შეადგენს, მათი უმეტესობა კი ბევრად უფრო წვრილია. ყველა თიხოვანი მინერალიდან სამშრიანი თიხოვანი მინერალები ყველაზე უფრო წვრილია.

N III

მაქათუბანი/ზესტაფონი (საწაბლესთან ახლოს)

	III/1	III/2	III/3	III/4	III/5	III/6	III/7	III/8	III/9	III/10	Std-var
<63	97,5	97,2	97,1	98,4	99,2	99,2	94,9	96,4	98,1	96,8	1,3
<20	94,7	94,3	94,1	95,8	96,6	96,9	92,5	94,7	96,3	94,6	1,3
<2	72,5	67,2	70,4	72,2	59,7	60,4	70,7	74,2	75,1	70,2	5,3
<1	66,5	59,9	63,1	65,1	49,6	50,8	63,9	67,4	68,5	63,0	6,6
<0,5	60,0	52,7	54,5	57,0	40,8	41,9	57,4	59,6	62,7	56,5	7,4



ძალიან მაღალ მაჩვენებლებს <2 მკმ-ია, რომლებიც თიხის მინერალების მაღალ წილს უჩვენებს, მთელ რიგ ტექნოლოგიურ პრობლემებამდე მივყავართ.

ჯერ ერთი, ამ საბადოს თიხების შრობისას მოცულობის ცვლილების დიაპაზონი ძალიან მაღალია. ამის შედეგად ჭურჭელში წარმოიქმნება დაძაბულობები, რომლებიც ბზარების გაჩენის საფრთხეს ჯერ კიდევ შრობის ფაზაში ზრდის.

მეორეც, ნატეხში არსებობს ეგრეთ წოდებული ტექსტურების საშიშროება. თიხის ნაწილაკები ერთმანეთის გვერდით ჩალაგდება ერთი მიმართულებით (ტექსტურების წარმოქმნა), რის გამოც მიმართულებაზე დამოკიდებული მოცულობა ცვალებადობს (გრძივად და განივად). ქვევრებში ესაც დაძაბულობებს იწვევს.

ამ მიზეზების გამო ძალიან ძნელია საწაბლეს საბადოს თიხის დამუშავება. ძალიან დიდი ქვევრების გაკეთებისას ბზარების

საშიშროება უკვე გამრობის ფაზაშია ძალიან მკვეთრად გამოხატული.

ამის გამო დაბეჯითებით რეკომენდებულია ამ თიხის უფრო უხეში ნედლეულის კომპონენტებით შეცვლა, რომ საპირისპიროდ იმოქმედოს.

თერმული ქცევა (გრაფიკები 7, 8 და 9)

გამოწვისას თიხების ქცევის შესახებ წარმოდგენას საწაბლეს ნიმუშების დილატომეტრული მონაცემები იძლევა. გაზომვები 3 ცალკეულ ნიმუშს ჩაუტარდა.

აქაც, პირველ რიგში საცდელი მასალები ხელით დამზადდა (კერამიკის ინსტიტუტის ლაბორატორია). დამატებით საწაბლეს გამოუწვავი ნატეხიდან (ორიგინალი საქართველოდან) მომზადდა დილატომეტრული სვეტი და გაიზომა.

დილატომეტრული მრუდები ასახავს თიხების ძალიან წვრილ გრანულაციას.

როგორც გრანულების განაწილება უჩვენებს, საწაბლეს ნიმუშებში 63 მკმ-ზე უფრო მსხვილი გრანულები თითქმის არ გვხვდება. ამასთან, გაცხელებისას თითქმის ვერ ვხედავთ კვარცის ბზარს. ეს დადებითი თვისებაა, რადგანაც ქვევრში ამის შედეგად დაძაბულობები არ წარმოიშობა. გამონაკლისს წარმოადგენს ცალკეული ნიმუშები III/5 და III/6. ისინი ცოტა უფრო მსხვილია და ამგვარად, ამ ნიმუშებისათვის შესაძლებელი იყო კვარცის მცირე ბზარის $<0,2\%$ (500-დან 600°C-მდე) გაზომვა. თუმცა ეს უმნიშვნელოდ უნდა ჩაითვალოს.

იმის გამო, რომ საწაბლეს ნიმუშები ძალიან წვრილმარცვლოვანია, ისინი ძალიან მაღალ შეცხობის აქტიურობას ავლენს. ასე, რომ შეცხობა ყველა ნიმუშისათვის ძალიან ადრე იწყება, გაზომვები დასაწყისს უკვე დაახლოებით 600°C-დან უჩვენებს.

შეცხობა თავდაპირველად მოცულობის შედარებით დაბალი ცვლილებების თანხლებით ზომიერად მიმდინარეობს. 900°C-დან მოცულობის ცვლილება ისევ უწყვეტად, მაგრამ შესამჩნევად ძლიერად მიმდინარეობს.

საწაბლეს ნიმუშების შეცხობის მაღალი აქტიურობა განაპირობებს – ორი დანარჩენი საბადოს თიხებისაგან განსხვავებით – უკვე 1100°C-ზე – შედარებით მჭიდროდ გამოძწვარ პროდუქტებს. ასე მაგალითად სინჯი III/9-სათვის უკვე 1070°C-ზე მოცულობის ცვლილებას 5,1% ავლენს.

გამოუწვავი ნატეხი, რომელიც მაისენის კერამიკის ინსტიტუტს გადმოეგზავნა, მკვეთრად განსხვავებულ თერმულ ქცევას ავლენს. ორიგინალი ნატეხის შემთხვევაში 1100°C -ზე დილატომეტრული ცვალებადობა მხოლოდ 2,54%-ია. ეს ფაქტიურად სავსებით არამკვირვ ნატეხს შეესაბამება!

დილატომეტრული გაზომვების შედეგები ხაზს უსვამს იმას, რომ ქვევრების თვისებები, რომლებიც საწაბლეს საბადოს თიხებიდან დამზადდა, ძალიან მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული საბადოს ადგილმდებარეობაზე.

დილატომეტრული გამოწვის მოცულობის ცვლილების დიაპაზონი [%]

	ნიმუში III/ 3	ნიმუში III/ 5	ნიმუში III/ 9	საწაბლე
900°C	-0,82	-0,22	-0,90	0,04
1000°C	-2,32	-0,72	-2,64	-0,62
1050°C	-3,61	-1,64	-4,21	-1,41
1070°C	-4,56	-2,31	-5,12	
1100°C				-2,54

საწაბლეს საბადოს ნიმუშების კერამიკულ-ტექნოლოგიური ტესტები

ისევ გაკეთდა როგორც ხელით ჩამოსხმული ნიმუშები, ასევე ნიმუშები ვაკუუმში პულტრუაჟის საშუალებით.

ტემპერატურის გაკონტროლებით გაშრობა სხვა ნიმუშების ანალოგიურად მიმდინარეობდა, როგორ წესი, შემდეგი ნაბიჯებით:

- 24 სთ. ლაბორტორიაში ოთახის ტემპერატურაზე, ნიმუშები დაფარული იყო აბრეშუმის ქაღალდით
- 48 სთ. 30°C -ზე
- 48 სთ. 40°C -ზე
- 24 სთ. 110°C -ზე.

ნელი შრობის მიუხედავად, აქაც, შრობის პროცესში ხელით ფორმირებული ყველა საცდელი სხეული დაიბზარა.

ამგვარად, შრობისას მოცულობის ცვლილების მაჩვენებლების, ისევე როგორც მშრალი პლასტიკურობის მაჩვენებლების ზუსტად დადგენა ვერ მოხერხდა.

ნიმუშებში, რომლებიც ვაკუუმში პულტრუაჟით ფორმის მიცემის გზით დამზადდა, გაშრობის შემდეგ მიკრობზარები გამოვლინდა. თუმცაღა შესაძლებელი იყო შრობისას მოცულობის ცვალებადობისა და მშრალი სხეულის პლასტიკურობის მაჩვენებლების (ამის გათვალისწინებით!) დადგენა.

საწაბლეს ნიმუშების მოცულობის საშუალო ცვალებადობამ შრობისას $\rightarrow 7,8\%$ შეადგინა (30 ცალკეული მონაცემი; ცხრილი 22). ეს უაღრესად მაღალი მაჩვენებელია და წარმოებისას მისი მართვა თითქმის შეუძლებელია.

საწაბლეს მშრალი ნიმუშების პლასტიკურობამ $\rightarrow 10,0$ Mpa შეადგინა (10 ცალკეული ნიმუშის მაჩვენებლები; ცხრილი 23). თუმცა სიმტკიცის მაჩვენებლებზე უარყოფითად აისახებოდა საცდელი სხეულების მიკრობზარები. შრობისას გაჩენილი ბზარები რომ არა, ეს მაჩვენებლები კიდევ უფრო მაღალი იქნებოდა.

მიუხედავად ამისა, მშრალი ნიმუშების პლასტიკურობა 10,0 Mpa ძალიან მაღალი მაჩვენებელია და გამოუწვავ საგანთან შედარებით სტაბილური მოპყრობის საშუალებას იძლევა ისე, რომ გატეხვის უშუალო საშიშროება არ არსებობს.

საწაბლეს საბადოს გამომწვარ ნიმუშებში ისევ იგივე პარამეტრები იქნა

გამოკვლეული:

- წყლის შთანთქმა
- ღია ფორიანობა
- ნედლი მასალის სიმკვრივე.

საწაბლეს საბადოს ნიმუშებისთვისაც, მრვალრიცხოვანი მიკრო და მაკრობზარების გამო შეუძლებელი იყო გამომწვარი სხეულის პლასტიკურობის არსებითი მაჩვენებლების დადგენა.

გამოწვა მიმდინარეობდა ელექტროღუმელში 1000°C -ზე, 2 საათით, ორი დღის განმავლობაში (გაგრილებიდან გაგრილებამდე)

შემდეგი ცხრილი უჩვენებს საწაბლეს ნიმუშების ყველა მონაცემის ურთიერთშედარებას. ნომერი III/3 - 5 და -9 მომზადდა კერამიკის ინსტიტუტში. „საწაბლე“ კი არის გამომწვარი ნატეხი, რომელიც კერამიკის ინსტიტუტს გადაეგზავნა.

**ყველა ცალკეული გაზომვის მაჩვენებელი
ჩამოთვლილია ცხრილში 24.**

	წყლის შთანთქმა [%]	ღია ფორიანობა [%]	ნედლი მასალის სიმკვრივე [გრ/სმ ³]
ნიმუში III/ 3	11,14	23,08	2,07
ნიმუში III/ 5	14,51	27,53	1,90
ნიმუში III/ 9	3,29	7,25	2,20
საწაბლეს (ორიგ.)	18,51		

მონაცემები უჩვენებენ ცალკეულ ნიმუშებს შორის, მათი გრანულაციის ზომების მიხედვით, ძლიერ განსხვავებებს. აღნიშნულის გამო, განსაკუთრებულად დიდი განსხვავებებია საწაბლეს საბადოს ცალკეული ნიმუშების გამოწვის შედეგებს შორისაც.

როგორც სხვა ორი საბადოს შემთხვევაში, საწაბლეს საბადოს ორიგინალ ნატეხშიც წყლის შთანთქმის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დადასტურდა.

საერთო ჯამში, დადგენილი წყლის შთანთქმა უჩვენებს გამოწვის შემდეგ სიმკვრივის ცვალებადობა უჩვეულოდ დიდ დიაპაზონს.

საწაბლეს ნატეხში ასევე გამოკვლეული იქნა მჟავაში ხსნადობა. როგორც ორი დანარჩენი საბადოს გამომწვარი ნატეხის შემთხვევაში, მჟავად აქაც ორიგინალი ქვევრის ღვინო იყო გამოყენებული.

ამ გაზომვის შედეგი არის საწაბლეს გამომწვარი ნამტვრევის ღვინის მჟავაში ხსნადობა 0,06 % მასის მიხედვით.

3. დასკვნები და რეკომენდაციები

ამ ანგარიშით თიხის იმ სამი საბადოს ნედლეულის მდგომარეობის გენერალური მიმოხილვა გაკეთდა, რომლებიდანაც ქართული ქვევრის საწარმოებლად მოიპოვებენ თიხებს.

შედეგები დეტალურად გვიჩვენებს, რომ აუცილებელი იყო დიდი რაოდენობის პარამეტრების გამოკვლევა. ამგვარად, როგორც მინერალოგიური და ქიმიური ანალიზებით დადგენილი გრანულომეტრული განაწილებები, ასევე ჩატარებული თერმული ანალიზები, იძლევა შემდეგი მსჯელობების საფუძველს დასკვნების გაკეთების მიზნით.

ქართული თიხის საბადოები მართლაც რომ რამდენიმე თავისებურებას უჩვენებს, რომლებიც ამ თიხების დამუშავებისას აუცილებლად უნდა იქნას გათვალისწინებული. ეს დახმარებას გაგვიწევს ქვევრის წარმოებაში, როგორც ხარისხთან მიმართებით, ასევე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში პროდუქტის თვისებების თანაბარზომიერების შენარჩუნებაში.

რა დადგინდა კერამიკის ინსტიტუტის მიერ ჩატრებული ანალიზების შედეგად?

პირველ რიგში დადგინდა ის, რომ ეს სამი გამოკვლეული საბადო ერთმანეთისაგან კერამიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად განსხვავდება. აქედან გამომდინარე, ამ ანგარიშში თიხის ყველა საბადოსთვის არსებული მაჩვენებლების განზოგადება შეუძლებელია.

ამიტომ, შემდეგი მსჯელობა ამ საბადოებიდან თითოეულისათვის ცალ-ცალკე წარიმართება. ასევე, პირველ რიგში იმას შევეხებით, თუ აუცილებლად რას უნდა მიექცეს ყურადღება თითოეული საბადოს თიხების დამუშავებისა დროს.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კერამიკის ინსტიტუტს კერამიკული ნედლეულის შეფასების მრავალი ათწლეულის გამოცდილება გააჩნია და ამასთან ერთად, ძალიან მჭიდროდ და წარმატებით თანამშრომლობს ძალიან ბევრ კლიენტთან როგორც ქვეყანაში, ისევე საზღვარგარეთ (ევროპა, ახლო აღმოსავლეთი, შორეული აღმოსავლეთი).

3.1. ვარდისუბანი

ვარდისუბნის საბადოს 10 ცალკეული ნიმუშის ყველა თვისობრივი პარამეტრების ცვალებადობა საშუალო დიაპაზონს უჩვენებს.

საბადოს ანალიზით დადგინდა კვარცის, მინდვრის შპატებისა და ავგიტის ფორმით არსებული მყარი ნაერთების მაღალ შემცველობა.

აქედან გამომდინარეობს პირველი დასკვნა, რომ ამ საბადოდან ქვევრის დასამზადებლად და მისი შედარებით მკვრივად გამოსაწვავად, საჭიროა ძალიან მაღალი ტემპერატურა.

იხილეთ მინერალოგიური ანალიზის მონაცემები → კვარცი არის მინერალი ძალიან მაღალი დნობის წერტილით $>1700^{\circ}\text{C}$ -დან, კალიუმის მინდვრის შპატი ასევე ძალიან მაღალი დნობის წერტილის მქონე მინერალია ($>1200^{\circ}\text{C}$).

ვარდისუბნის საბადოსათვის დადგინდა თიხოვანი მინერალების საშუალო (ნაწილობრივ – მცირე) შემცველობა. თავიანთი ურთიერთკავშირის მიხედვით ისინი უპირატესად სამშრიანი თიხის მინერალებისაგან შედგება.

მიუხედავად იმისა, რომ სამშრიანი თიხის მინერალები დაბლა სწევს გამკვრივებამდე შეცხობის ტემპერატურას, მათი შემცველობა ამ საბადოში ძალიან მცირეა საიმისოდ, რომ 1000°C -თან ახლო ტემპერატურებზე შედარებით მკვრივად გამომწვარი პროდუქტის მიღება გახდეს შესაძლებელი.

ვარდისუბნის საბადოს შესახებ დადგინდა: შედარებით მკვრივი ქვევრის საწარმოებლად საჭიროა მინიმუმ $1125^{\circ}\text{C} \dots 1150^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურა.

გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება იმას, თუ წვის რა პირობები იქნება რეალიზებული ამ დროს. ეს ეხება როგორც მიღწეულ მაქსიმალურ ტემპერატურას, ასევე ამ ტემპერატურაზე შეჩერების დროს. ამისათვის დგება კრიტიკული საკითხი გამოყენებული საწვავის შესახებ!

ქვევრის გამოწვისას აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ორგანიკის ძალიან მაღალი შემცველობა.

ამისათვის გაცხელება რაც შეიძლება ნელა უნდა წარიმართოს, სანამ ტემპერატურა დაახლოებით 500°C -მდე მიაღწევს, რომ შესაძლებელი გახდეს მთელი ორგანიკის გამოწვა. თუ ეს ვერ მოხერხდება, შესაძლებელია, გამომწარ ქვევრს დეფექტები აღმოაჩინდეს. მაგრამ ქვევრის სიმტკიცეზე უარყოფით გავლენას „შავი გულების“ არსებობა მაინც ახდენს.

მესამე ასპექტი: ამ საბადოში კვარცის შემცველობა ძალიან მაღალია, ამის გამო როგორც გაცხელებისას, ასევე გაციებისას კვარცის ძლიერი ბზარი ჩნდება, რაც ასევე მოცულობის ცვლილებასთანაა დაკავშირებული. ამიტომ ქვევრში წარმოიშობა ძლიერი დაძაბულობები, რომლებიც ნაპრალების წარმოქმნის დიდ საშიშროებასთანაა დაკავშირებული. აქ დასკვნა ასეთი უნდა იყოს: ტემპერატურის ნელი, თანდათანობითი მიყვანა 500°C - 620°C -მდე, რათა შეძლებისდაგვარად მინიმუმირებული იყოს დაძაბულობები.

მეოთხე ასპექტი: ამ საბადოს თიხის ნედლეული მდიდარია მყარი ნივთიერებებით. ამიტომ ნამდვილად ძალიან კარგი დახმარებას გასწევს ნედლეულის დაქუცმაცება მის გადამუშავებამდე. ეს ხელს შეუწყობს იმას, რომ მაღალი დონის წვრილმარცვლოვნებისა და ამის საფუძველზე გაზრდილი შეცხობის აქტიურობა შესაძლებელს გახდის გამოწვის მცირე ტემპერატურებზე შედარებით მკვრივი ქვევრის წარმოებას.

მეხუთე: პრინციპულად სასარგებლო იქნებოდა ვარდისუბნის საბადოს თიხების უფრო წვრილ თიხასთან შერევა (მაგ. საწაბლეს?!). ამ გზით მთელი რიგი ტექნოლოგიური სირთულეების თავიდან არიდება გახდებოდა შესაძლებელი.

ქვევრის წარმოების უფრო მაღალი სტაბილურობისა და თანაბარზომიერების მიმართულებით გადადგმული დიდი ნაბიჯი იქნებოდა ბორცვაკის მოწყობა, რომელიც საბადოს თიხის მოზრდილი რაოდენობისაგან გაკეთდებოდა (აშენება ჰორიზონტალურად, დაშლა გადასამუშავებლად - ვერტიკალურად).

ამგვარად შესაძლებელი გახდებოდა თიხის ნედლეულით ისეთი პროდუქციის წარმოება, რომელიც საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ერთგვაროვანი თვისებებს გამოავლენდა.

3.2. ტყემლოვანა

ტყემლოვანას საბადოს 10 ნიმუშის ყველა გამოკვლეული თვისება საკმაოდ მაღალი ცვალებადობის დიაპაზონს ავლენს.

ამ საბადოშიც მაღალ ტემპერატურაზე ლღობადი მინერალების ძალიან დიდი წილია (\rightarrow კვარცი, კალიუმის მინდვრის შპატი). ამიტომ შედარებით მკვრივად გამოქვარი პროდუქტისათვის საჭირო წვის ტემპერატურები ძალიან მაღალია.

თიხოვანი მინერალების რაოდენობა საშუალოა. კაოლინის წილი ყველა თიხოვან მინერალში 50%-ს შეადგენს. კაოლინიტი, ისევე როგორც მყარი ნივთიერებები, მხოლოდ ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე ($>1400^{\circ}\text{C}$) მკვრივად წვადი მინერალია.

აქედან გამომდინარე, ტყემლოვანას საბადოს თიხებისათვის შედარებით მკვრივად გამომწვარი ქვევრების საწარმოებლად საჭიროა ძალიან მაღალი წვის ტემპერატურები - 1200°C და უფრო მეტი!

ამიტომ ის, თუ რა სიმკვრივე იქნება მიღწეული, ტყემლოვანასათვის დიდწილად დამოკიდებულია როგორც გამოყენებულ საწვავ მასალაზე (გათბობის მაჩვენებელი?!), ასევე მაქსიმალური ტემპერატურის შენარჩუნების დროზე და გამოწვის ხანგრძლივობაზე.

მეორე ასპექტი: ტყემლოვანას თიხის გადამუშავების შესაძლებლობა განსაკუთრებით განპირობებულია სამშრიანი თიხოვანი მინერალების არსებობით. მაგრამ საერთო ჯამში, მასზე უარყოფითად აისახება ის, რომ ტყემლოვანას საბადოს ნედლეული შედარებით მსხვილია.

აქ აუცილებლად რეკომენდებულია სხვა პლასტიკური კომპონენტის დამატება (საწაბლე ან მსგავსი).

მესამე ასპექტი: ამ საბადოს ნედლეული ძალიან მსხვილი სახით არსებობს. შეცხოების აქტიურობის ასამაღლებლად მიზანშეწონილია წინასწარ დაქუცმაცება/დაფქვა.

ამ ხერხით შეიძლება ან წვის უფრო დაბალ ტემპერატურაზე წარმართვა და ქვევრში თანაბარი სიმკვრივის მიღება, ან გამოწვის ტემპერატურის შენარჩუნება და უფრო მაღალი სიმკვრივის მიღება.

მეოთხე ასპექტი: უფრო მნიშვნელოვანია ტყემლოვანას საბადოსათვის, ვიდრე ვარდისუბნისათვის, კერძოდ გადამუშავებული ნედლეულის ერთგვაროვანი ხარისხისათვის საჭიროა, ნედლეული ჯერ ბორცვაკად აიგოს და ამის შემდეგ ქვევრი ამ ბორცვაკიდან გაკეთდეს.

3.3. საწაბლე

საწაბლეს საბადოს 10 ნიმუში, საერთო ჯამში საბადოს შიგნით შედარებით კარგ ჰომოგენურობას ავლენს, გამონაკლისს წარმოადგენს ცალკეული ნიმუშები III/ 5 და III/ 6.

სხვა საბადოებისაგან განსხვავებით, საწაბლეს საბადოში მყარი ნივთიერებების შედარებით მცირე წილია. აქ საქმე ეხება

მხოლოდ კვარცს, მინდვრის შპატის არსებობა ვერ დადასტურდა. გარდა ამისა, თვალშისაცემია კვარცის სიწვრილე.

ამ საბადოს თიხის მინერალების რაოდენობა საშუალოდან მაღალამდე უნდა შეფასდეს. რაც წარმოადგენს მაღალი წელვადობის, ანუ პლასტიკურობის მიზეზს და ასევე საფუძველს, თუ რატომ არის ამ საბადოს ნედლეული ასეთი წვრილი.

ამგვარად ამის შედეგად გამოდის, რომ საწაბლეს საბადოს ნედლეულისათვის შესაძლებელია მისი შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე შედარებით მკვრივად გამოწვა. საამისოდ ძირითადად 1100°C -ზე ნაკლებია საჭირო.

თუ რა სიმკვრივე მიიღწევა წვის შედეგად, ეს პირველ რიგში დამოკიდებულია საბადოდან თიხის ამოღების კონკრეტულ ადგილზე (იხილე მერყევი თვისებების მაჩვენებლები), ისევე, როგორც წვის აბსოლუტურ ტემპერატურაზე (საწვავი მასალა?!) და მაქსიმალურ ტემპერატურაზე გაჩერების დროზე.

გარდა ამისა, ყურადსაღებია რომ საბადო შეიცავს ორგანიკის გარკვეულ რაოდენობას. რის გამოც, 500°C -მდე გაცხელებისას, საკმარისი დრო უნდა დაეთმოს ორგანიკის გამოწვას.

მესამე ასპექტი: მიუხედავად იმისა, რომ კვარცი შედარებით უფრო წვრილი სახითაა წარმოდგენილი, საჭიროა კვარცის გაბზარვის ტემპერატურის ინტერვალის (500°C -დან 620°C -მდე) ნელა გავლა, რათა კვარცის გაბზარვის შედეგად გამოწვეული დაძაბულობები რაც შეიძლება მცირე იყოს.

მეოთხე ასპექტი: საწაბლეს საბადოს ნედლეულის უჩვეულო სიწვრილის გამო მოსალოდნელია მთელი რიგი ტექნოლოგიური პრობლემები. ეს პირველ რიგში ეხება ნაპრალის წარმოქმნის დიდ საფრთხეს, ჯერ კიდევ შრობის ფაზაშივე, მაგრამ ასევე გამოწვის შედეგადაც.

ნაპრალის წარმოქმნის საშიშროების საწინააღმდეგო ქმედება შეიძლება იყოს მხოლოდ ნედლეულის უფრო მსხვილი კომპონენტების დამატება. აღსანიშნავია, რომ მხოლოდ საწაბლეს საბადოს ნედლეულის გამოყენებისას არ არსებობს ტექნოლოგიური შესაძლებლობა!

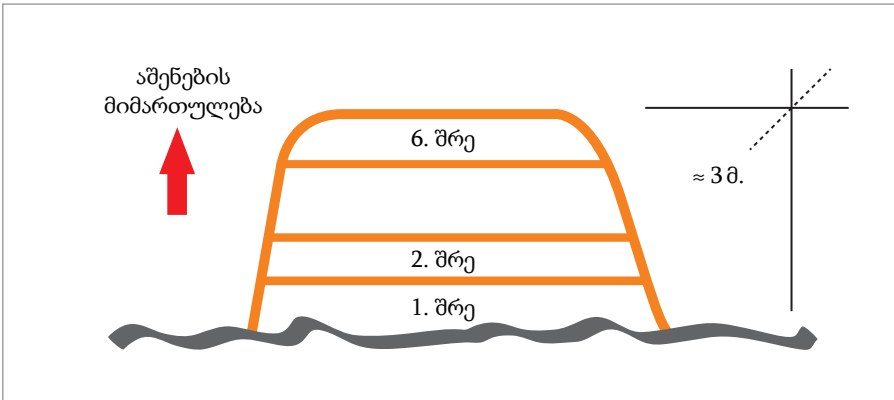
საწაბლეს საბადოდან ქვევრის ერთგვაროვანი წარმოებისთვისაც კარგი იქნებოდა, რომ წინასწარ აგებულიყო ბორცვაკი, რომ მსგავსი გადაშუშავების თვისებების მქონე ნედლეული ხანგძლივი დროის განმავლობაში გამოყენებულიყო.

4. პრაქტიკული რეკომენდაციები 1,000 ლიტრიანი ქვევრის დასამზადებლად

ნედლეული

თითოეული საბადოს სხვადასხვა შრეზე სხვადასხვა ტიპის თიხა მოიპოვება. ამიტომ, ნიმუშები ყველა შრიდან უნდა იქნეს აღებული. აღნიშნული ნიმუშები ქვევრის წარმოების ადგილას გროვის სახით უნდა იქნეს შენახული.

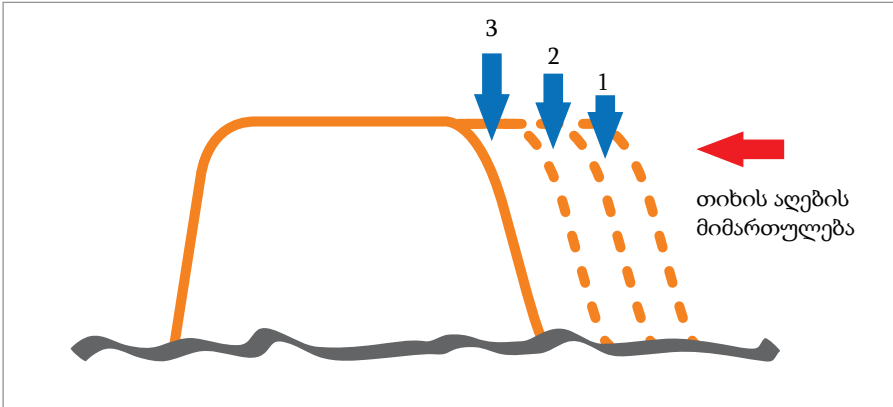
ნედლეულის მოგროვება და დასაწყობება



შრეები (1, 2, ..., 6) ერთმანეთზე ვერტიკალურად უნდა დაეწყოს (ზედა მიმართულებით). შრეებით ეტაპობრივად უნდა მოხდეს ამ გროვის ზრდა. თითოეული შრის თავზე წყლის გარკვეული ოდენობა უნდა იქნეს დასხმული მანამ, სანამ შემდეგი შრე იქნება დამატებული.

გროვის მაქსიმალური სიმაღლე 3 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს და გამოყენებამდე ეს გროვა ერთი თვის მანძილზე ხელუხლებელი უნდა დარჩეს.

მოგროვებული ნედლეულიდან წარმოებისათვის საჭირო თიხის ალების პროცედურა



გამოყენებისას, დასაწყობებული თიხა ზემოდან ქვემოთ (ანუ დაგროვების მიმართულების საწინააღმდეგოდ) უნდა იქნეს ალებული.

ამ შემთხვევაში სხვადასხვა შრის ერთგვაროვანი ნარევი იქნება მიღებული. ამას გარდა, ამ ნარევის ხელის მეშვეობით (მექანიკური) არევით, კიდევ უფრო მეტი ოპტიმიზაცია არის შესაძლებელი (წყლის დამატებით).

მასა

თიხა და წყალი ერთმანეთში უნდა იქნეს არეული. წყლის შემადგენლობამ თიხის წონის 25%-ს არ უნდა გადააჭარბოს. რეკომენდებულია ინტენსიური მოზელა. ფესვები და ქვები ამოღებული უნდა იქნეს. მიღებული მასა 2 დღის განმავლობაში პოლიეთილენის პარკით უნდა დაიფაროს.

ფორმირება

ოპტიმალური პლასტიკურობის მისაღწევად, საჭიროა მეტი წყალი. ჰაერის მოზვედრა თავიდან უნდა იქნეს აცილებული.

გამოსაყენებლად გამზადებული მასის გაშრობის თავიდან ასაცილებლად, იგი ისეთი მასალით უნდა იქნეს დაფარული, რომელიც აერაციის საშუალებას იძლევა (მაგალითად, ბამბა, სურსათის შესაფუთი ქაღალდი). მასის გაშრობა თავიდან უნდა იქნეს აცილებული.

გაშრობა

ქვევრის გაშრობა ოთახში ხდება. ოთახის კარები და ფანჯრები დაკეტილი უნდა იყოს, ხოლო ოთახის ტემპერატურა 20°C -ს უნდა შეადგენდეს. ქვევრის დამზადებიდან 2 დღის შემდეგ, ოთახის ფანჯრებისა და კარების დროებით გაღება შეიძლება, რათა გარკვეულ დონეზე აერაცია მოხდეს.

ოთახში დაახლოებით 70%-ის ტენიანობის შენარჩუნებაა რეკომენდებული. მას მერე, რაც რამდენიმე დღის შემდეგ ქვევრის ზედაპირი ღია ფერს მიიღებს, შესაძლებელია კარების და ფანჯრების მთლიანად გაღება. გაშრობის პროცესის სტიმულირებისთვის, საჭიროა ოთახის ტემპერატურის 30°C -მდე გაზრდა და 3 კვირის მანძილზე ამ დონეზე შენარჩუნება.

ქვევრის გაშრობის პროცესი მას შემდეგ დასრულდება, რაც მისი ზედაპირი ერთგვაროვან ღია ფერს მიიღებს და სველი წერტილები აღარ დარჩება.

გამოწვა

ნაპრელებისა და ბზარების გაჩენის თავიდან ასაცილებლად, გამოწვის პროცესი ღუმელის 700°C -მდე გახურებით და ამ ტემპერატურის მინიმუმ ერთი დღით შენარჩუნებით იწყება. შემდგომი დღეების განმავლობაში, გამოწვის ტემპერატურა მინიმუმ $1,000^{\circ}\text{C}$ -დე უნდა გაიზარდოს (საუკეთესო შემთხვევაში, $1,100^{\circ}\text{C}$ -მდე). ტემპერატურის ასაწევად, შეშის მაგივრად, შესაძლებელია ხის ნახშირის გამოყენება. საუკეთესო ვარიანტია ბუნებრივი აირის გამოყენება, რადგან სასურველი ტემპერატურის სტაბილურად მიღწევა მხოლოდ ამ შემთხვევაშია შესაძლებელი. აღნიშნული მაღალი ტემპერატურა მინიმუმ 6 საათის განმავლობაში უნდა იქნეს შენარჩუნებული.

ღუმელის კარის გაღება გაციების შემდეგ (გაციების პროცესი სამი დღე გრძელდება) შეიძლება. ღუმელის მანამდე გაღება არ არის რეკომენდებული, რადგან გაგრილების შეკვეცილ პერიოდს ქვევრზე ბზარების გაჩენა შეუძლია. მთლიანობაში, გამოწვის მთელ პროცედურას მინიმუმ ხუთი დღე სჭირდება.

5. დანართები

დანართების სია

- ცხრილი 1a: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიმუში)
- ცხრილი 1b: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიმუში)
- ცხრილი 1c: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიმუში)
- ცხრილი 1d: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები – გამოუწვავი)
- ცხრილი 1e: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები – გამომწვარი)
- ცხრილი 2a: ვარდისუბნის გამლღვალა ნიმუშების (ყველა) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 2d: ვარდისუბნის ქვევრის ნატეხების (გამომწვავი) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 2e: ვარდისუბნის ქვევრის ნატეხების (გამომწვარი) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 3: ვარდისუბნის მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა ნიმუშის) ანალიზი
- ცხრილი 4: ვარდისუბნის ნიმუშების (ყველა) ნახშირბადის ანალიზები
- ცხრილი 5: ვარდისუბნის ნიმუშების (3 შერჩეული თიხის) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- ცხრილი 5a: ვარდისუბნის ორიგინალი ნიმუშის (ნატეხები გამოუწვავი) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- გრაფიკი 1, 2 და 3: ვარდისუბნის ნიმუშების (სამი ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდები
- ცხრილი 6: ვარდისუბნის ვაკუუმით დაწნეხილი სსეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები
- ცხრილი 7: ვარდისუბნის ვაკუუმით დაწნეხილი სსეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ

- ცხრილი 8: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამოქვეყნებული ვარდისუბნის ნიმუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფოროვანება და მოცულობითი წონა
- ცხრილი 8a: ვარდისუბნის ორიგინალი გამოქვეყნებული ნიმუშის მიერ წყლის შთანთქმა
- ცხრილი 9a: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიმუში)
- ცხრილი 9b: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიმუში)
- ცხრილი 9c: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიმუში)
- ცხრილი 9d: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები – გამოუწვავი)
- ცხრილი 9e: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები – გამოქვეყნებული)
- ცხრილი 10a: ტყემლოვანას გამლგალი ნიმუშების (ყველა) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 10d: ტყემლოვანას ქვევრის ნატეხების (გამოუწვავი) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 10e: ტყემლოვანას ქვევრის ნატეხების (გამოქვეყნებული) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 11: ტყემლოვანას მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა ნიმუშის) ანალიზი
- ცხრილი 12: ტყემლოვანას ნიმუშების (ყველა) ნახშირბადის ანალიზები
- ცხრილი 13: ტყემლოვანას ნიმუშების (3 შერჩეული თიხის) არაორგანული წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- ცხრილი 13a: ტყემლოვანას ორიგინალი ნიმუშის (გამოუწვავი) არაორგანული წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- გრაფიკი 4, 5 და 6: ტყემლოვანას ნიმუშების (სამი ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდები
- ცხრილი 14: ტყემლოვანას ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები
- ცხრილი 15: ტყემლოვანას ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ
- ცხრილი 16: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამოქვეყნებული ტყემლოვანას ნიმუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფოროვანება და მოცულობითი წონა
- ცხრილი 16a: ტყემლოვანას ორიგინალი გამოქვეყნებული ნიმუშის მიერ წყლის შთანთქმა

- ცხრილი 17a: საწაბლეს ნიშუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიშუში)
- ცხრილი 17b: საწაბლეს ნიშუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიშუში)
- ცხრილი 17c: საწაბლეს ნიშუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიშუში)
- ცხრილი 17d: საწაბლეს ნიშუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამოუწვავი)
- ცხრილი 17e: საწაბლეს ნიშუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამომწვარი)
- ცხრილი 18a: საწაბლეს გამლღვალა ნიშუშების (ყველა) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 18d: საწაბლეს ქვევრის ნატეხების (გამოუწვავი) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 18e: საწაბლეს ქვევრის ნატეხების (გამომწვარი) ქიმიური ანალიზები
- ცხრილი 19: საწაბლეს მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა ნიშუშის) ანალიზი
- ცხრილი 20: საწაბლეს ნიშუშების (ყველა) ნახშირბადის ანალიზები
- ცხრილი 21: საწაბლეს ნიშუშების (3 შერჩეული თიხის) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- ცხრილი 21a: საწაბლეს ორიგინალის (გამოგზავნილი) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები
- გრაფიკი 7, 8 და 9: საწაბლეს ნიშუშების (სამი ნიშუშის) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდები
- ცხრილი 22: საწაბლეს ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები
- ცხრილი 23: საწაბლეს ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ
- ცხრილი 24: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამომწვარი საწაბლეს ნიშუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფოროვანება და მოცულობითი წონა
- ცხრილი 24a: საწაბლეს ორიგინალი გამომწვარი ნიშუშის მიერ წყლის შთანთქმა

ვარდისუბანი

ცხრილი 1a:

ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. I/1

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/01
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	11	1
Quartz	39	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	27	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	13	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ xMgCO ₃ + CaCO ₃ xFeCO ₃	< 2	1
Augite	2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	< 2	1
Residue analytical mistakes, TOC	2	1
**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	8	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	19	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 1b: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. I/2

Company: Keramik-Institut, Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/02
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below: all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase <small>K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar</small>	11	1
Quartz	37	2
Σ Three-sheet minerals <small>**Sum, for details: look table below</small>	28	3
Σ Two-sheet minerals <small>Kaolinite+Halloysite+Fireclay</small>	5	3
Σ Four-sheet minerals <small>Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")</small>	13	2
Hematite <small>α-Fe₂O₃</small>	< 2	1
Calcite <small>CaCO₃</small>	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite <small>CaCO₃ x MgCO₃ + CaCO₃ x FeCO₃</small>	< 2	1
Augite	3	1
Σ Anatase / Rutil ³ <small>TiO₂</small>	1	1
Goethite <small>α-FeOOH</small>	< 2	1
Residue <small>analytical mistakes, TOC</small>	2	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	9	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	19	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 1c: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. I/6

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/03
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	11	1
Quartz	35	2
Σ Three-sheet minerals **Sum_for details look table below	29	3
Σ Two-sheet minerals Kadinite+Halloysite+Fireclay	5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	14	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Augite	3	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	< 2	1
Residue analytical mistakes, TOC	2	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	9	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁵	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	20	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 1d: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამოუწვავი)

Protocol of Analysis: VAR, unburned

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/01
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed and all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase <i>K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar</i>	13	1
Quartz	37	2
Σ Three-sheet minerals <i>**Sum, for details look table below</i>	27	3
Σ Two-sheet minerals <i>Kaolinite+Halloysite+Fireclay</i>	5	3
Σ Four-sheet minerals <i>Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")</i>	13	2
Hematite <i>α-Fe₂O₃</i>	< 2	1
Calcite <i>CaCO₃</i>	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite <i>CaCO₃ x MgCO₃ + CaCO₃ x FeCO₃</i>	< 2	1
Augite	2	1
Σ Anatase / Rutil ³ <i>TiO₂</i>	1	1
Goethite <i>α-FeOOH</i>	< 2	1
Residue <i>analytical mistakes, TOC</i>	2	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	8	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁵	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	19	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 1e: ვარდისუბნის ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამომწვარი)

Protocol of Analysis: VAR, burned

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/04
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	9	1
Quartz	35	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	7	2
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	< 2	1
Hematite α-Fe ₂ O ₃	2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	< 2	1
Residue analytical mistakes, X-ray amorphous	46	1

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

ცხრილი 2a:
ვარდისუბნის გამლფვალი ნიმუშების (ყველა)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF; melted beats
Based on dried sample
10 samples – Vardisubani

sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	BaO
based on dried sample [weight %]									
I; 1	64.85	14.56	6.82	0.74	1.46	1.88	2.35	0.95	0.09
I; 2	62.95	15.03	6.94	0.77	1.84	1.97	2.45	0.98	0.10
I; 3	62.46	15.24	6.97	0.77	2.08	2.06	2.41	0.99	0.10
I; 4	63.97	15.32	7.05	0.79	1.15	2.00	2.55	0.96	0.11
I; 5	65.26	14.54	7.01	0.75	1.12	1.88	2.39	0.95	0.11
I; 6	62.94	15.30	7.14	0.80	1.21	2.05	2.52	1.07	0.11
I; 7	63.23	15.38	7.19	0.80	1.15	2.11	2.63	1.04	0.11
I; 8	63.68	15.29	7.13	0.80	1.09	2.07	2.66	1.02	0.12
I; 9	63.34	15.33	7.10	0.79	1.14	2.06	2.69	1.04	0.12
I; 10	65.27	14.78	6.97	0.75	1.04	1.93	2.44	0.94	0.08

sample	ZrO ₂	SrO	ZnO	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	HfO ₂	LOI
based on dried sample [weight %]									
I; 1	0.02	0.02	0.02	0.27	0.03	0.03	0.13	<0,02	5.78
I; 2	0.02	0.02	0.02	0.28	0.02	0.02	0.13	<0,02	6.44
I; 3	0.03	0.02	0.02	0.24	0.02	0.03	0.13	<0,02	6.42
I; 4	0.02	0.02	0.02	0.28	0.02	0.03	0.14	<0,02	5.58
I; 5	0.02	0.02	0.02	0.29	0.02	0.02	0.13	<0,02	5.46
I; 6	0.03	0.02	0.02	0.33	0.02	0.03	0.13	<0,02	6.27
I; 7	0.03	0.02	0.02	0.30	0.02	0.02	0.15	<0,02	5.80
I; 8	0.02	0.02	0.02	0.31	0.02	0.03	0.15	<0,02	5.58
I; 9	0.02	0.02	0.02	0.32	0.02	0.02	0.16	<0,02	5.81
I; 10	0.03	0.02	0.02	0.26	0.02	0.03	0.12	<0,02	5.30

ცხრილი 2d: ვარდისუბნის ქვევრის ნატეხების (გამოუწვავი) ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF Sample Vardisubani (orig.) unburned

Protocol of Analysis: VAR, unburned

Our Sample-No. 219/01/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	63,51	0,2
Al ₂ O ₃	15,16	0,2
Fe ₂ O ₃	6,99	0,02
TiO ₂	0,78	0,02
CaO	1,51	0,02
MgO	2,02	0,02
K ₂ O	2,61	0,02
Na ₂ O	1,05	0,02
BaO	0,11	0,02
ZrO ₂	0,02	0,02
HfO ₂	<0,02	0,02
SrO	0,02	0,02
ZnO	<0,02	0,02
MnO ₂	0,29	0,02
Cr ₂ O ₃	0,02	0,02
V ₂ O ₅	0,03	0,02
P ₂ O ₅	0,16	0,02
LOI 1000 °C	5,69	0,02

ff1_schmAI

ცხრილი 2e:
ვარდისუბნის ქვევრის ნატეხების (გამომწვარი)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF
Sample Vardisubani (orig.) burned

Protocol of Analysis: VAR, burned

Our Sample-No. 219/04/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	67,09	0.2
Al ₂ O ₃	15,92	0.2
Fe ₂ O ₃	7,29	0.02
TiO ₂	0,81	0.02
CaO	1,90	0.02
MgO	2,06	0.02
K ₂ O	2,53	0.02
Na ₂ O	1,05	0.02
BaO	0,10	0.02
ZrO ₂	0,02	0.02
HfO ₂	<0.02	0.02
SrO	<0.02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO ₂	0,27	0.02
Cr ₂ O ₃	0,03	0.02
V ₂ O ₅	0,02	0.02
P ₂ O ₅	0,15	0.02
LOI 1000 °C	0,71	0.02

ცხრილი 3: ვარდისუბნის მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა) ანალიზი

Protocol

Analysis of Fluorine, Sulfur and Chlorine

Our Sample No.: R218/16/36-42
 Method: X-Ray Spectrometry by according to DIN 51001
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by Costumer, Date unknown
 Sample Prep: dried at 110 °C

Sample	Our Sample No.	Fluorine [ppm]	Sulfur [ppm]	Chlorine [ppm]
Pr. I; 1	R218/16/31	500	<100	120
Pr. I; 2	R218/16/32	460	<100	120
Pr. I; 3	R218/16/33	540	130	110
Pr. I; 4	R218/16/34	550	<100	120
Pr. I; 5	R218/16/35	490	<100	120
Pr. I; 6	R218/16/36	350	<100	140
Pr. I; 7	R218/16/37	380	<100	130
Pr. I; 8	R218/16/38	450	<100	130
Pr. I; 9	R218/16/39	390	<100	130
Pr. I; 10	R218/16/40	480	110	130

ცხრილი 4: ვარდისუბნის ნიმუშების (ყველა) ნახშირბადის ანალიზები

Sample of analysis: TOC / TIC

Company: Keramik-Institut Meißen; Ossietzkyst. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: 03521-463-507 or 510
 Our Sample-No.: C0093/16/01-30
 Method TIC: Determination of inorganic Carbon with phosphoric acid
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 Method TC: Total Carbon analysis at 1350°C in a tube-kiln
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 TOC = TC - TIC
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by costumer date unknown

Analysis of dried sample					
	TOC		TIC		TC
	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%
Pr. I; 1	0,42	0,02	0,07	0,02	0,49
Pr. I; 2	0,62	0,02	0,11	0,02	0,74
Pr. I; 3	0,39	0,02	0,14	0,02	0,53
Pr. I; 4	0,35	0,02	<0,02	0,02	0,36
Pr. I; 5	0,30	0,02	<0,02	0,02	0,32
Pr. I; 6	0,68	0,02	<0,02	0,02	0,68
Pr. I; 7	0,46	0,02	<0,02	0,02	0,47
Pr. I; 8	0,41	0,02	<0,02	0,02	0,42
Pr. I; 9	0,50	0,02	<0,02	0,02	0,52
Pr. I; 10	0,28	0,03	<0,02	0,02	0,28

ცხრილი 5:
ვარდისუბნის ნიმუშების (3 შერჩეულის თიხის)
არაორგანული წყალში ხსნადობის პარამეტრები

Inorganic water soluble parameters in an eluate - 3 Vardisubani samples

Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/1 I / 1	12703/2 I / 2	12703/3 I / 6
Chlorid	DIN 38405 - D1	4,02	4,02	2,93
Nitrat	DIN 38405 - D9	30,8	17,6	4,40
Nitrit	DIN 38405 - D10	2,31	3,30	0,33
Phosphor	DIN EN ISO 11885	2,8	1,8	2,8
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	1,3
As	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5	<0,5	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	6,4	1,9	5,8
Ca	DIN EN ISO 11885	138	169	30
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01	<0,01	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	<0,5	<0,5	0,84
K	DIN EN ISO 11885	11	13	6,0
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	13	16	8,3
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	8,6	9,0	18
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10	<10	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	44	36	61
Sr	DIN EN ISO 11885	1,4	1,6	0,4
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1

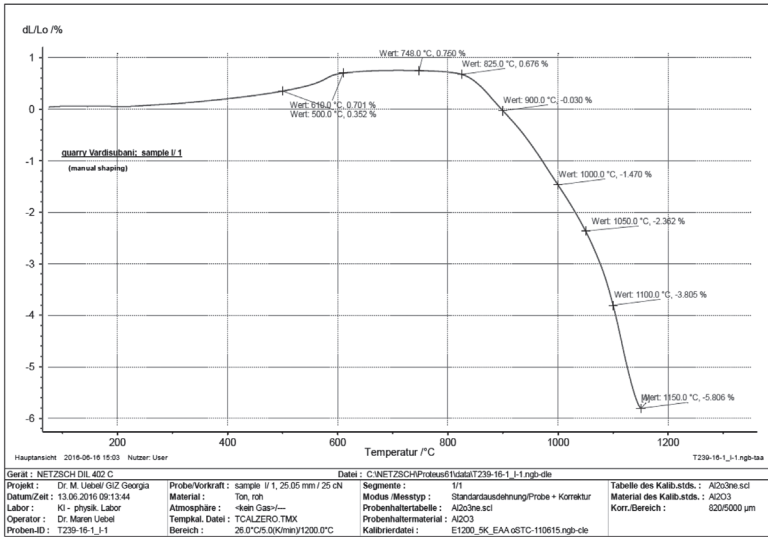
**ცხრილი 5a:
ვარდისუბნის ორიგინალი ნიმუშის
(ნატეხები გამოუწვავი) არაორგანულის წყალში
სხნადობის პარამეტრები**

Inorganic water soluble parameters in an eluate - Vardisubani body unfired (delivered)

Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/10 VAR
Chlorid	DIN 38405 - D1	2,56
Nitrat	DIN 38405 - D9	88,0
Nitrit	DIN 38405 - D10	0,99
Phosphor	DIN EN ISO 11885	3,44
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	<0,1
As	DIN EN ISO 11885	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	2,5
Ca	DIN EN ISO 11885	128
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	<0,5
K	DIN EN ISO 11885	12
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	24
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	6,7
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	39
Sr	DIN EN ISO 11885	1,4
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1

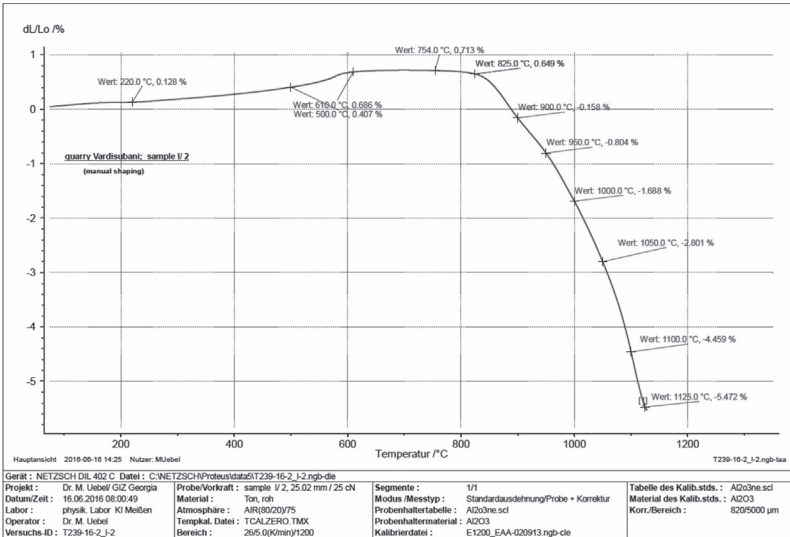
გრაფიკი 1: ვარდისუბნის ნიმუშის (პირველი ნიმუშის) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatam. expansion-/ shrinkage curve - Vardisubani, sample I/ 1



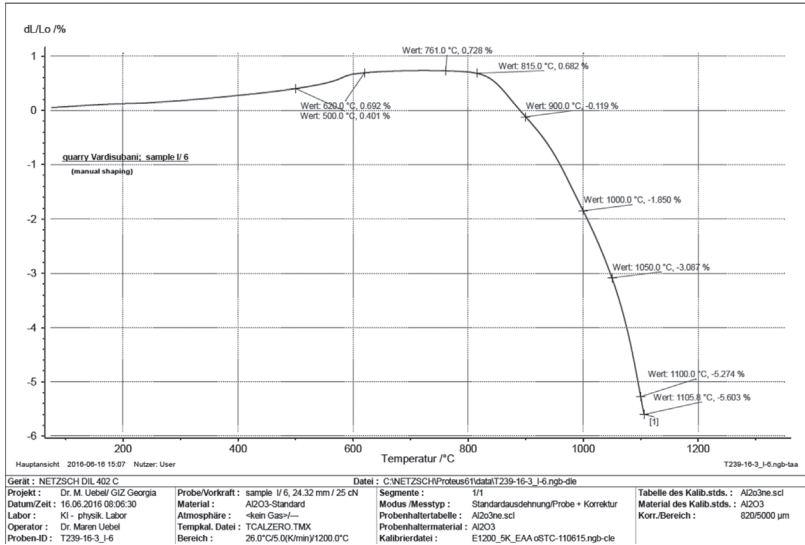
გრაფიკი 2: ვარდისუბნის ნიმუშის (მეორე ნიმუშის) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatam. expansion-/ shrinkage curve - Vardisubani, sample I/ 2



გრაფიკი 3: ვარდისუბნის ნიმუშის (მესამე ნიმუშის) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatometer expansion-/ shrinkage curve - Vardisubani, sample I/ 6



ცხრილი 6: ვარდისუბნის ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები

Dry shrinkage of extruded samples (KI Mei) - Vardisubani

working moisture; 18,94%

Values [%]

1	7,0
2	7,2
3	7,0
4	7,0
5	7,0
6	7,2
7	7,6
8	6,8
9	7,0
10	6,7
11	7,0
12	7,0
13	7,2
14	7,0
15	7,4

16	7,1
17	7,0
18	7,0
19	7,0
20	7,2
21	7,2
22	7,2
23	7,2
24	7,1
25	7,2
26	7,2
27	6,8
28	7,0
29	7,0
30	6,8
average	7,1
std. variation	0,179

ცხრილი 7: ვარდისუბნის ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ

Dry bending strength of extruded samples (KI Mei) - Vardisubani

Prüfparameter					
Prüfvorschrift:	3-Punkt-Biegeversuch				
Kraftaufnehmer:	1 kN				
Längenangaben:	Lv = 50 mm				
Prüfgeschwindigkeiten:	V0 = 20 mm/min; V1 = 10 mm/min				
Umschaltpunkte:	F0 = 5 N				
Versuchsendekriterien:	s = 10 mm; F = 1000 N; dF = 20 %				
Prüfergebnisse					
		FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
1	x	782.24	10.6	24.26	15.14
2	x	812.22	10.8	24.48	15.15
3	x	663.38	8.9	24.14	15.19
4	x	732.25	10.1	24.08	15.05
5	x	728.47	9.8	24.17	15.21
6	x	844.34	11.6	24.27	15.03
7	x	652.37	8.8	24.19	15.15
8	x	808.51	11.0	24.17	15.11
9	x	497.04	6.6	24.17	15.25
10	x	894.52	12.3	24.21	14.99
Statistik n = 10					
		FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
Mittelwert		741.53	10.0	24.21	15.13
Standardabweichung		115.09	1.6	0.11	0.08
Vertr.bereich 95%		81.16	1.1	0.08	0.06

ცხრილი 8: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამოქმნილი ვარდისუბნის ნიმუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფორვანება და მოცულობითი წონა

Determination of water absorption of fired samples Vardisubani (2h cooking)

sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
I/1	9,99	2,071	20,68
	10,14	2,069	20,99
	10,26	2,068	21,21
average	10,13	2,069	20,96
std. variation	0,112	0,001	0,218
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
I/2	7,90	2,110	16,67
	7,36	2,118	15,58
	7,11	2,126	15,11
average	7,45	2,118	15,79
std. variation	0,329	0,006	0,651
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
I/6	6,97	2,136	14,89
	6,98	2,133	14,89
	6,85	2,146	14,69
average	6,93	2,138	14,82
std. variation	0,062	0,005	0,095

ცხრილი 8a: ვარდისუბნის ორიგინალი გამოქმნილი ნიმუშის მიერ წყლის შთანთქმა

Determination of water adsorption of broken body Vardisubani (2hours cooking)

sample	water adsorption [%]
VAR	14,51
burned	14,42
	14,54
	14,03
	14,67
	13,96
average	14,35
std.deviation	0,267

ტყემლოვანა

ცხრილი 9ა:

ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. II; 4

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/04
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	13	1
Quartz	25	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	22	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	25	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	8	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	4	1
Residue analytical mistakes, TOC	2	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	12	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁵	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	10	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 9ბ: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. II; 6

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/05
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GLZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	10	1
Quartz	32	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	27	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	16	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	9	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	4	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	17	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	10	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴ swellable clay-minerals, ⁵ swellable Chlorite

⁶ estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 9c: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. II; 10

Company: Keramik-Institut; Ossietzkyst. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/06
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below: all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	17	1
Quartz	32	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	24	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	14	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	8	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	3	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	11	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	13	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 9d: ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამოუწვავი)

Protocol of Analysis: TKEM, unburned

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/02
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase <i>K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar</i>	20	1
Quartz	28	2
Σ Three-sheet minerals <i>**Sum, for details look table below</i>	24	3
Σ Two-sheet minerals <i>Kaolinite+Halloysite+Fireclay</i>	16	3
Σ Four-sheet minerals <i>Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")</i>	6	2
Hematite <i>α-Fe₂O₃</i>	< 2	1
Calcite <i>CaCO₃</i>	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite <i>CaCO₃ x MgCO₃ + CaCO₃ x FeCO₃</i>	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ <i>TiO₂</i>	1	1
Goethite <i>α-FeOOH</i>	4	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	13	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁵	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	11	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 9e:**ტყემლოვანას ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი
(ქვევრის ნატეხები - გამომწვარი)****Protocol of Analysis: TKEM, burned**

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/05
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	11	1
Quartz	24	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	17	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	< 2	1
Hematite $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	4	1
Calcite CaCO_3	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO_2	1	1
Goethite $\alpha\text{-FeOOH}$	< 2	1
Residue analytical mistakes, X-ray amorphous	43	1

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO_2 -value from chemical analysis

ცხრილი 10a:
ტყემლოვანას გამლღვალა ნიმუშების
(ყველა) ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF; melted beats
 Based on dried sample
 10 samples Tkemlovana

sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	BaO
based on dried sample [weight %]									
II; 1	59,82	18,19	7,70	0,92	0,64	1,72	2,91	1,07	0,18
II; 2	60,53	17,65	7,50	0,91	0,64	1,91	3,09	0,94	0,17
II; 3	56,67	20,18	7,31	0,97	1,32	1,92	2,82	0,83	0,16
II; 4	56,96	19,31	8,72	0,95	0,71	1,74	2,19	0,41	0,14
II; 5	62,51	16,74	7,15	0,88	0,70	2,26	1,54	0,42	0,10
II; 6	61,22	17,39	7,74	0,93	0,72	2,46	1,78	0,44	0,12
II; 7	61,50	17,55	6,69	0,80	1,27	2,50	2,95	0,91	0,09
II; 8	59,62	18,51	7,26	0,78	1,18	2,32	2,57	0,70	0,09
II; 9	62,70	17,16	6,02	0,81	0,46	2,85	3,86	0,22	0,22
II; 10	62,98	17,60	5,67	0,78	0,43	2,49	3,56	0,29	0,20

sample	ZrO ₂	SrO	ZnO	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	HfO ₂	LOI
based on dried sample [weight %]									
II; 1	0,07	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,06	<0,02	6,63
II; 2	0,07	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	<0,02	6,44
II; 3	0,07	0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,31	<0,02	7,32
II; 4	0,06	0,01	0,01	0,08	0,02	0,03	0,08	<0,02	8,58
II; 5	0,06	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,03	<0,02	7,48
II; 6	0,05	0,01	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	<0,02	6,98
II; 7	0,04	0,01	0,02	0,06	0,02	0,02	0,26	<0,02	5,31
II; 8	0,05	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03	0,27	<0,02	6,51
II; 9	0,05	0,01	0,01	0,05	0,03	0,02	0,05	<0,02	5,48
II; 10	0,04	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,04	<0,02	5,81

ცხრილი 10d:
ტყემლოვანას ქვევრის ნატეხების (გამოუწვავი)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF
Sample Tkemlovana (orig.) unburned

Protocol of Analysis: TKEM, unburned

Our Sample-No. 219/02/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	60,88	0.2
Al ₂ O ₃	18,11	0.2
Fe ₂ O ₃	7,02	0.02
TiO ₂	0,86	0.02
CaO	0,95	0.02
MgO	1,86	0.02
K ₂ O	3,06	0.02
Na ₂ O	0,77	0.02
BaO	0,18	0.02
ZrO ₂	0,06	0.02
HfO ₂	<0.02	0.02
SrO	<0.02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO ₂	0,05	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.02	0.02
V ₂ O ₅	0,02	0.02
P ₂ O ₅	0,15	0.02
LOI 1000 °C	5,96	0,02

ff1_schmAI

ცხრილი 10e:
ტყემლოვანას ქვევრის ნატეხების (გამომწვარი)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF
Sample Tkemlovana (orig.) burned

Protocol of Analysis: TKEM, burned

Our Sample-No. 219/05/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	66,82	0.2
Al ₂ O ₃	18,21	0.2
Fe ₂ O ₃	7,80	0.02
TiO ₂	0,91	0.02
CaO	0,71	0.02
MgO	1,85	0.02
K ₂ O	2,64	0.02
Na ₂ O	0,62	0.02
BaO	0,10	0.02
ZrO ₂	0,04	0.02
HfO ₂	<0.02	0.02
SrO	<0.02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO ₂	0,06	0.02
Cr ₂ O ₃	0,02	0.02
V ₂ O ₅	0,03	0.02
P ₂ O ₅	0,06	0.02
LOI 1000 °C	0,10	0.02

ff1_schmAI

ცხრილი 11: ტყემლოვანას მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა) ანალიზი

Protocol

Analysis of Fluorine, Sulfur and Chlorine

Our Sample No.: R218/16/36-42
 Method: X-Ray Spectrometry by according to DIN 51001
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by Costumer, Date unknown
 Sample Prep: dried at 110 °C

Sample	Our Sample No.	Fluorine [ppm]	Sulfur [ppm]	Chlorine [ppm]
Pr. II; 1	R218/16/41	1070	<100	130
Pr. II; 2	R218/16/42	1160	<100	130
Pr. II; 3	R218/16/43	1230	<100	140
Pr. II; 4	R218/16/44	1150	100	130
Pr. II; 5	R218/16/45	1050	<100	140
Pr. II; 6	R218/16/46	1090	<100	160
Pr. II; 7	R218/16/47	1320	<100	150
Pr. II; 8	R218/16/48	1320	<100	140
Pr. II; 9	R218/16/49	990	<100	160
Pr. II; 10	R218/16/50	1030	<100	150

ცხრილი 12: ტყემლოვანას ნიმუშების (ყველა) ნაზშირბადის ანალიზები

Sample of analysis: TOC / TIC

Company: Keramik-Institut Meißen; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: 03521-463-507 or 510
 Our Sample-No.: C0093/16/01-30
 Method TIC: Determination of inorganic Carbon with phosphoric acid
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 Method TC: Total Carbon analysis at 1350°C in a tube-kiln
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 TOC = TC - TIC
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by costumer date unknown

Analysis of dried sample					
	TOC		TIC		TC
	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%
Pr.II; 1	0,11	0,02	<0,02	0,02	0,12
Pr.II; 2	0,10	0,02	<0,02	0,02	0,10
Pr.II; 3	0,12	0,02	<0,02	0,02	0,13
Pr.II; 4	0,23	0,02	<0,02	0,02	0,24
Pr.II; 5	0,17	0,02	<0,02	0,02	0,17
Pr.II; 6	0,21	0,02	<0,02	0,02	0,22
Pr.II; 7	0,07	0,02	<0,02	0,02	0,08
Pr.II; 8	0,10	0,02	<0,02	0,02	0,11
Pr.II; 9	0,06	0,02	<0,02	0,02	0,06
Pr.II; 10	0,08	0,02	<0,02	0,02	0,08

ცხრილი 13: ტყემლოვანას ნიმუშების (3 შერჩეულის) არაორგანული წყალში ხსნადობის პარამეტრები

Inorganic water soluble parameters in an eluate - 3 Tkemlova samples

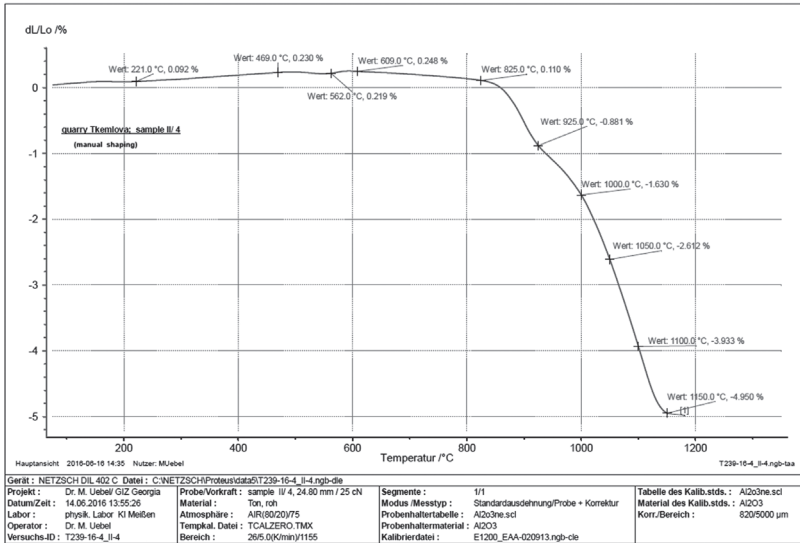
Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/4 II / 4	12703/5 II / 6	12703/6 II / 10
Chlorid	DIN 38405 - D1	3,29	4,02	3,66
Nitrat	DIN 38405 - D9	4,4	52,8	52,8
Nitrit	DIN 38405 - D10	<0,1	<0,1	<0,1
Phosphor	DIN EN ISO 11885	<1	<1	<1
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	0,4	1,6	1,1
As	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5	<0,5	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	<0,1	3,5	<0,1
Ca	DIN EN ISO 11885	2,6	1,4	<1
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01	<0,01	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	<0,5	0,6	<0,5
K	DIN EN ISO 11885	3,0	1,7	1,8
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	0,42	0,44	<0,1
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	4,9	6,0	6,0
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10	<10	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	49	57	57
Sr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1

ცხრილი 13a: ტყემლოვანას ორიგინალი ნიმუშის (გამოუწვავი) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები

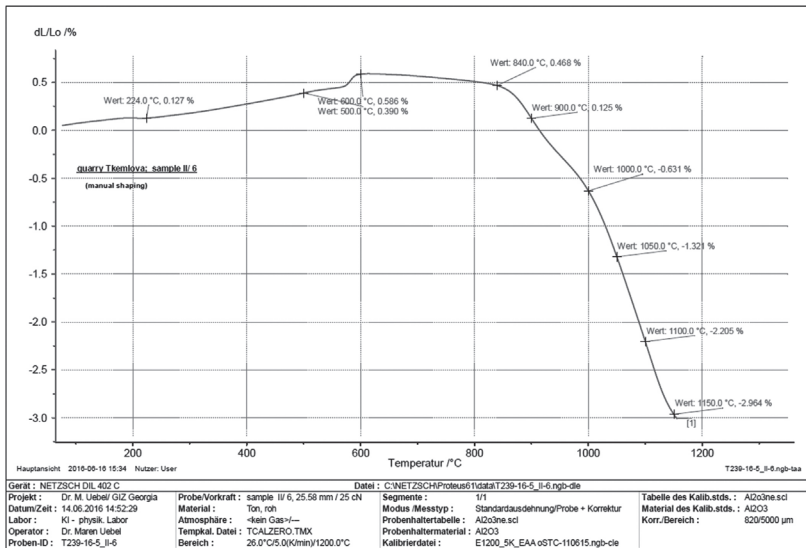
Inorganic water soluble parameters in an eluate - I kemlova body unfired (delivered)

Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/11 TKEM
Chlorid	DIN 38405 - D1	6,22
Nitrat	DIN 38405 - D9	35,2
Nitrit	DIN 38405 - D10	<0,1
Phosphor	DIN EN ISO 11885	<1
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	11
As	DIN EN ISO 11885	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	<0,5
Ca	DIN EN ISO 11885	27
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	5,9
K	DIN EN ISO 11885	2,6
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	1,3
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	5,0
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	62
Sr	DIN EN ISO 11885	<0,1
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1

გრაფიკი 4: ტყემლოვანას ნიმუშის (პირველი ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი Dilatom. expansion-/ shrinkage curve - I kemiova, sample II/ 4

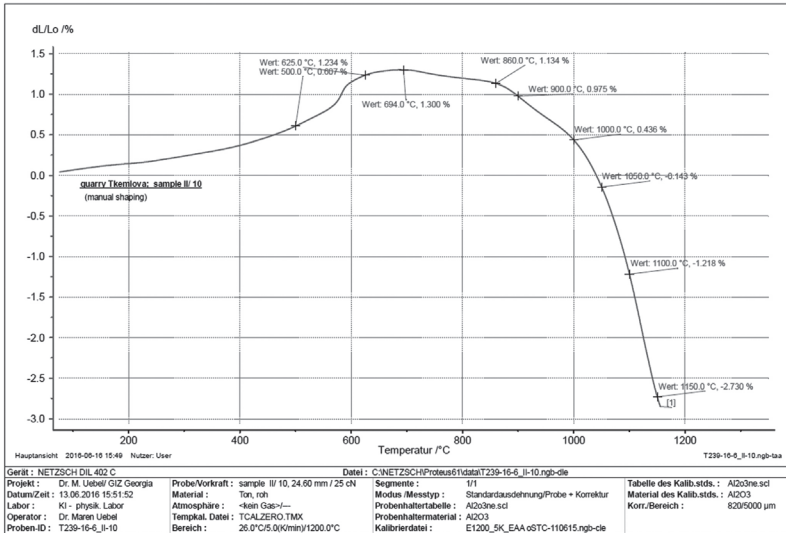


გრაფიკი 5: ტყემლოვანას ნიმუშის (მეორე ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი Dilatom. expansion-/ shrinkage curve - Tkemlova, sample II/ 6



გრაფიკი 6: ტყემლოვანას ნიმუშის (მესამე ნიმუში) დილატომეტრული გაფართობა / შეკუმშვის მრუდი

Dilatomet. expansion-/ shrinkage curve - Tkemlova, sample II/ 10



ცხრილი 14: ტყემლოვანას ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები

Dry shrinkage of extruded samples (KI Mei) - Tkemlova

II TKEM	TS [%]
1	5,0
2	5,8
3	5,7
4	5,9
5	6,0
6	5,7
7	6,2
8	5,7
9	5,7
10	5,9
11	6,0
12	6,0
13	5,9
14	5,9
15	5,8

16	5,7
17	5,6
18	5,0
19	5,4
20	5,5
21	5,3
22	6,0
23	5,8
24	5,8
25	6,0
26	6,1
27	6,1
28	6,3
29	5,8
30	6,1
average	5,8
std. variation	0,305

working moisture; 20,31%
 values [%]

ცხრილი 15: ტყემლოვანას ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ

Prüfparameter

Prüfvorschrift: 3-Punkt-Biegeversuch
 Kraftaufnehmer: 1 kN
 Längenangaben: $L_v = 50 \text{ mm}$
 Prüfungsgeschwindigkeiten: $V_0 = 20 \text{ mm/min}$; $V_1 = 10 \text{ mm/min}$
 Umschaltpunkte: $F_0 = 5 \text{ N}$
 Versuchsendekriterien: $s = 10 \text{ mm}$; $F = 1000 \text{ N}$; $dF = 20 \%$

Prüfergebnisse

		FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
1	x	834.47	11.7	24.07	14.91
2	x	769.00	10.9	23.97	14.88
3	x	831.87	11.6	24.07	14.92
4	x	692.86	9.5	24.20	15.05
5	x	817.74	11.6	24.04	14.86
6	x	773.65	10.9	23.98	14.87
7	x	600.74	8.4	24.18	14.86
8	x	696.96	9.8	23.95	14.95
9	x	718.91	10.1	24.04	14.93
10	x	776.20	11.0	24.04	14.86

Statistik n = 10

	FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
Mittelwert	751.24	10.5	24.05	14.91
Standardabweichung	74.04	1.1	0.08	0.06
Vertr.bereich 95%	52.21	0.8	0.06	0.04

ცხრილი 16: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამომწვარი ტყემლოვანას ნიმუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფორვანება და მოცულობითი წონა

Determination of water absorption of fired samples Tkemlovana (2h cooking)

sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
II/4	11,27	1,991	22,45
	10,92	2,005	21,89
	10,44	2,017	21,07
average	10,88	2,004	21,80
std. deviation	0,340	0,011	0,566
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
II/6	14,84	1,900	28,19
	15,25	1,888	28,79
	15,16	1,891	28,67
average	15,08	1,893	28,55
std. deviation	0,177	0,005	0,261
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
II/10	15,08	1,865	28,12
	15,03	1,867	28,07
	15,16	1,862	28,22
average	15,09	1,865	28,14
std. deviation	0,052	0,002	0,064

ცხრილი 16a: ტყემლოვანას ორიგინალი გამომწვარი ნიმუშის მიერ წყლის შთანთქმა

Determination of water adsorption of broken body Tkemlovana (2hours cooking)

sample	water adsorption [%]
TKEM	17,77
burned	17,92
	18,30
	18,00
	18,24
	18,55
average	18,13
std.deviation	0,263

საწაბლე

ცხრილი 17a:

საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (პირველი ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. III; 3

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/07
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	< 2	1
Quartz	34	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	49	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	9	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	6	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	7	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	42	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	< 5	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 17b: საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მეორე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. III; 5

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/08
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GLZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	< 2	1
Quartz	41	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	45	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	6	2
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	6	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	5	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	36	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	4	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 17c: საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (მესამე ნიმუში)

Protocol of Analysis: Pr. III; 9

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X044/16/09
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia KI 231/16g
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	< 2	1
Quartz	35	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	50	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	7	2
Hematite α -Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α -FeOOH	6	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	7	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	43	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	< 5	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 17d: საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (ქვევრის ნატეხები - გამოუწვავი)

Protocol of Analysis: SAT, unburned

Company: Keramik-Institut; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/03
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	18	1
Quartz	21	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	21	3
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	22	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	4	1
Mg-Hornblende	8	1
Hematite α-Fe ₂ O ₃	< 2	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α-FeOOH	4	1

**Three-sheet minerals		
Smectite -/ Montmorillonite-Group ⁴	11	3
Mixed Layer Illite/Smectite ⁴	< 5	3
Illite (Hydromuscovite) ⁶	< 5	3
Muscovite (Mica's, Sericite)	10	3
Corrensite ^{4,5}	< 5	3

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

⁴swellable clay-minerals, ⁵swellable Chlorite

⁶estimated from separately determined LOI/TOC and grain size distribution (if available)

ცხრილი 17e: საწაბლეს ნიმუშების მინერალოგიური ანალიზი (გამოუწვავი) (ქვევრის ნატეხები - გამოძწვარი)

Protocol of Analysis: SAT, burned

Company: Keramik-Institut; Ossietzkyst. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: +49 3521-463-510 or 515
 Our Sample-No. X039/16/06
 Method: X-Ray-Diffractometry (XRD)/ triple preparation
 Customer: GIZ Georgia *KI 231/16g*
 Arrival: 06.04.2016

Mineral Phase	mean value ¹ weight%	Max-Min ² weight%
Below all phases of standard mineral analysis are listed <u>and</u> all phases found by qualitative mineral phase analysis.		
Σ Orthoclase/Plagioclase K-Feldspar + mix crystal line, Na- to Ca-Feldspar	9	1
Quartz	18	2
Σ Three-sheet minerals **Sum, for details look table below	7	2
Σ Two-sheet minerals Kaolinite+Halloysite+Fireclay	< 5	3
Σ Four-sheet minerals Chlorite + Chamosite ("Fe-Chlorit")	< 2	1
Mg-Hornblende, Mg-Riebeckite	4	1
Hematite α -Fe ₂ O ₃	8	1
Calcite CaCO ₃	< 2	1
Σ Dolomite / Ankerite CaCO ₃ x MgCO ₃ + CaCO ₃ x FeCO ₃	< 2	1
Σ Anatase / Rutil ³ TiO ₂	1	1
Goethite α -FeOOH	< 2	1
Residue analytical mistakes, X-ray amorphous	53	1

¹ e.g. "< 2" value below LLD of e.g. 2 weight%

² difference between Max- u. Min-value of analysis on 3 samples

³ TiO₂-value from chemical analysis

ცხრილი 18a:
საწაბლეს გამლღვალა ნიმუშების
(ყველა) ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF; melted beats
 Based on dried sample
 10 samples Satsable

sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	BaO
based on dried sample [weight %]									
III; 1	57,41	18,18	11,29	1,22	0,63	1,10	0,97	0,06	0,06
III; 2	57,49	17,76	12,05	1,24	0,44	0,87	1,01	0,06	0,07
III; 3	57,50	18,86	10,57	1,16	0,38	1,05	0,96	0,10	0,06
III; 4	57,54	18,71	10,65	1,16	0,36	1,05	0,95	0,09	0,05
III; 5	62,74	16,84	9,01	1,44	0,22	0,74	1,18	0,07	0,06
III; 6	63,02	17,12	8,45	1,43	0,23	0,75	1,19	0,08	0,05
III; 7	58,51	18,38	9,68	1,05	0,43	1,25	1,30	0,37	0,07
III; 8	55,87	19,32	9,86	1,02	0,52	1,50	1,04	0,31	0,07
III; 9	58,25	17,89	10,08	1,13	0,74	1,25	0,83	0,13	0,08
III; 10	58,94	17,57	10,72	1,20	0,44	1,00	1,01	0,17	0,06

sample	ZrO ₂	SrO	ZnO	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	HfO ₂	LOI
based on dried sample [weight %]									
III; 1	0,04	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,03	<0,02	8,88
III; 2	0,04	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,03	<0,02	8,82
III; 3	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	<0,02	9,18
III; 4	0,04	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,03	<0,02	9,23
III; 5	0,05	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,03	<0,02	7,50
III; 6	0,06	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,03	<0,02	7,48
III; 7	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,03	<0,02	8,77
III; 8	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	<0,02	10,30
III; 9	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,03	<0,02	9,44
III; 10	0,05	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,03	<0,02	8,71

ცხრილი 18d:
საწაბლეს ქვევრის ნატეხების (გამოუწვავი)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF
Sample Satsable (orig.) unburned

Protocol of Analysis: SAT unburned

Our Sample-No. 219/03/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	57,18	0.2
Al ₂ O ₃	19,60	0.2
Fe ₂ O ₃	7,61	0.02
TiO ₂	0,86	0.02
CaO	1,69	0.02
MgO	2,66	0.02
K ₂ O	2,47	0.02
Na ₂ O	1,02	0.02
BaO	0,13	0.02
ZrO ₂	0,05	0.02
HfO ₂	<0.02	0.02
SrO	<0.02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO ₂	0,06	0.02
Cr ₂ O ₃	0,03	0.02
V ₂ O ₅	0,03	0.02
P ₂ O ₅	0,10	0.02
LOI. 1000 °C	6,49	0,02

ff1_schmAI

ცხრილი 18e:
საწაბლეს ქვევრის ნატეხების (გამომწვარი)
ქიმიური ანალიზები

Chemical analyses by XRF
Sample Satsable (orig.) burned

Protocol of Analysis: SAT, burned

Our Sample-No. 219/06/16

KT: 231/16G

Method: XRF-Analysis according to DIN 12677

Customer: GIZ Georgia

Arrival: 4/6/2016

Sampling: by costumer, date unknown

Chemical analysis of dried sample

	mean val. standard deviation	
	weight%	weight%
SiO ₂	56,05	0.2
Al ₂ O ₃	21,43	0.2
Fe ₂ O ₃	11,38	0,03
TiO ₂	1,12	0.02
CaO	2,78	0.02
MgO	3,62	0.02
K ₂ O	1,59	0.02
Na ₂ O	1,25	0.02
BaO	0,06	0.02
ZrO ₂	0,03	0.02
HfO ₂	<0.02	0.02
SrO	0,02	0.02
ZnO	<0.02	0.02
MnO ₂	0,16	0.02
Cr ₂ O ₃	<0.02	0.02
V ₂ O ₅	0,04	0.02
P ₂ O ₅	0,12	0.02
LOI 1000 °C	0,30	0,02

ff1_schmAI

ცხრილი 19: საწაბლეს მშრალი და დაპრესილი აბების (ყველა) ანალიზი

Protocol

Analysis of Fluorine, Sulfur and Chlorine

Our Sample No.: R218/16/36-42
 Method: X-Ray Spectrometry by according to DIN 51001
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by Costumer, Date unknown
 Sample Prep: dried at 110 °C

Sample	Our Sample No.	Fluorine [ppm]	Sulfur [ppm]	Chlorine [ppm]
Pr. III; 1	R218/16/51	1110	<100	<100
Pr. III; 2	R218/16/52	940	<100	100
Pr. III; 3	R218/16/53	950	<100	<100
Pr. III; 4	R218/16/54	960	<100	110
Pr. III; 5	R218/16/55	850	<100	<100
Pr. III; 6	R218/16/56	910	100	<100
Pr. III; 7	R218/16/57	890	<100	<100
Pr. III; 8	R218/16/58	1060	<100	<100
Pr. III; 9	R218/16/59	1040	<100	<100
Pr. III; 10	R218/16/60	880	<100	<100

ცხრილი 20: საწაბლეს ნიმუშების (ყველა) ნახშირბადის ანალიზები

samples Satsable

Sample of analysis: TOC / TIC

Company: Keramik-Institut Meißen; Ossietzkystr. 37a; D-01662 Meißen
 Phone: 03521-463-507 or 510
 Our Sample-No.: C0093/16/01-30
 Method TIC: Determination of inorganic Carbon with phosphoric acid
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 Method TC: Total Carbon analysis at 1350°C in a tube-kiln
 Analysis of resulting CO₂; double determination
 TOC = TC - TIC
 Customer: GIZ Georgia
 Arrival: 06.04.16
 Sampling: by customer date unknown

Analysis of dried sample					
	TOC		TIC		TC
	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%	stand. dev. weight%	mean val. weight%
Pr. III; 1	0,28	0,02	<0.02	0,02	0,28
Pr. III; 2	0,29	0,02	<0.02	0,02	0,29
Pr. III; 3	0,24	0,02	<0.02	0,02	0,24
Pr. III; 4	0,27	0,02	<0.02	0,02	0,27
Pr. III; 5	0,23	0,02	<0.02	0,02	0,24
Pr. III; 6	0,27	0,02	<0.02	0,02	0,28
Pr. III; 7	0,31	0,02	<0.02	0,02	0,32
Pr. III; 8	0,36	0,02	<0.02	0,02	0,36
Pr. III; 9	0,14	0,02	<0.02	0,02	0,14
Pr. III; 10	0,28	0,02	<0.02	0,02	0,29

ცხრილი 21: საწაბლეს ნიმუშების (3 შერჩეულის) არაორგანული წყალში ხსნადობის პარამეტრები

Inorganic water soluble parameters in an eluate - 3 Satsable samples

Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/7 III / 3	12703/8 III / 5	12703/9 III / 9
Chlorid	DIN 38405 - D1	3,29	5,12	4,39
Nitrat	DIN 38405 - D9	26,4	30,8	39,6
Nitrit	DIN 38405 - D10	0,33	<0,1	0,66
Phosphor	DIN EN ISO 11885	<1	<1	<1
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	0,3	0,5	0,8
As	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5	<0,5	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	5,0
Ca	DIN EN ISO 11885	<1	<1	<1
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01	<0,01	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	<0,5	<0,5	<0,5
K	DIN EN ISO 11885	1,6	1,5	2,1
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	<2	<2	<2
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10	<10	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	47	29	68
Sr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1	<0,1	<0,1

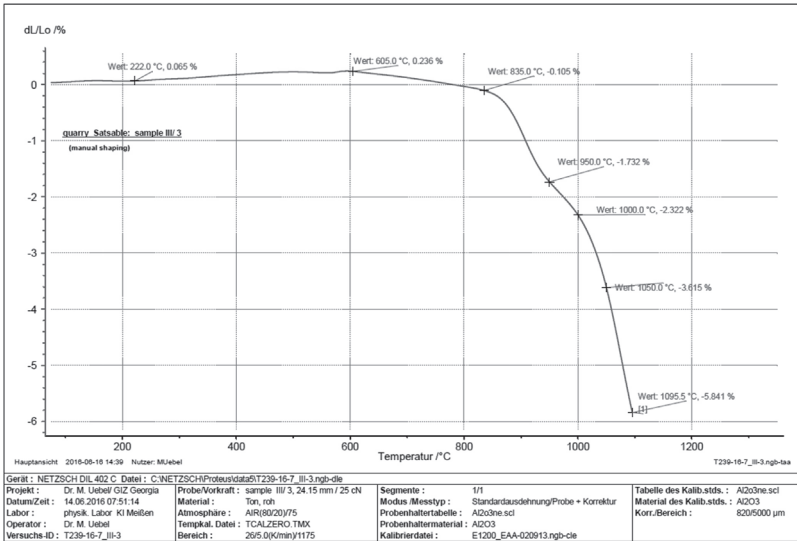
ცხრილი 21a: საწაბლეს ორიგინალი ნიმუშის (გამოუწვავი) არაორგანულის წყალში ხსნადობის პარამეტრები

Inorganic water soluble parameters in an eluate - Satsable body unfired (deliv

Parameter in mg/kg	Analysen- verfahren	12703/12 SAT
Chlorid	DIN 38405 - D1	5,12
Nitrat	DIN 38405 - D9	30,8
Nitrit	DIN 38405 - D10	<0,1
Phosphor	DIN EN ISO 11885	<1
Ag	DIN EN ISO 11885	<0,1
Al	DIN EN ISO 11885	2,3
As	DIN EN ISO 11885	<0,1
B	DIN EN ISO 11885	<0,5
Ba	DIN EN ISO 11885	<0,5
Ca	DIN EN ISO 11885	<1
Cd	DIN EN ISO 11885	<0,01
Co	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cr	DIN EN ISO 11885	<0,1
Cu	DIN EN ISO 11885	<0,1
Fe	DIN EN ISO 11885	1,3
K	DIN EN ISO 11885	1,2
Li	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mg	DIN EN ISO 11885	0,2
Mn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Mo	DIN EN ISO 11885	<0,1
Na	DIN EN ISO 11885	4,9
Ni	DIN EN ISO 11885	<0,1
Pb	DIN EN ISO 11885	<0,1
SO ₄ ²⁻	DIN EN ISO 11885	<10
Sb	DIN EN ISO 11885	<0,1
Se	DIN EN ISO 11885	<0,1
Si	DIN EN ISO 11885	72
Sr	DIN EN ISO 11885	<0,1
Ti	DIN EN ISO 11885	<0,1
Tl	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zn	DIN EN ISO 11885	<0,1
Zr	DIN EN ISO 11885	<0,1

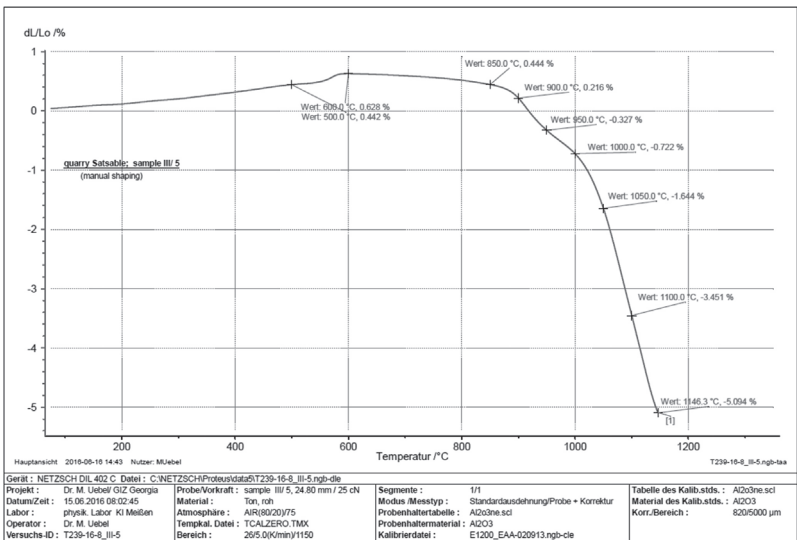
გრაფიკი 7: საწაბლეს ნიმუშის (პირველი ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatomet. expansion-/ shrinkage curve - Satsable, sample III/ 3



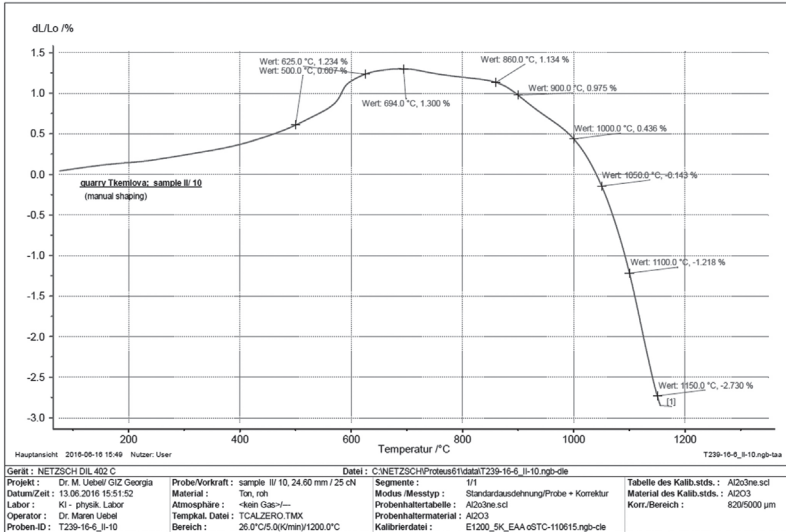
გრაფიკი 8: საწაბლეს ნიმუშის (მეორე ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatomet. expansion-/ shrinkage curve - Satsable, sample III/ 5



გრაფიკი 9: საწაბლეს ნიმუშის (მესამე ნიმუში) დილატომეტრული გაფართოება / შეკუმშვის მრუდი

Dilatomet. expansion-/ shrinkage curve - Tkemlova, sample II/ 10



ცხრილი 22: საწაბლეს ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის მშრალი შეკუმშვის მნიშვნელობები

Dry shrinkage of extruded samples (KI Mei) - Satsable

III SAT	TS [%]
1	8,1
2	8,4
3	8,2
4	8,4
5	8,4
6	7,8
7	8,0
8	8,2
9	8,1
10	8,1
11	8,1
12	7,8
13	7,6
14	7,7
15	7,7

16	7,4
17	7,6
18	7,4
19	7,3
20	7,5
21	7,5
22	8,0
23	8,5
24	7,8
25	7,4
26	7,8
27	7,7
28	7,6
29	7,6
30	7,4
average	7,8
std. variation	0,344

working moisture; 24,83% (like delivered) values [%]

ცხრილი 23: საწაბლეს ვაკუუმით დაწნეხილი სხეულის გამძლეობა მშრალი ღუნვადობის მიმართ

Dry bending strength of extruded samples (KI Mei) - Satsable

Prüfparameter

Prüfvorschrift: 3-Punkt-Biegeversuch
 Kraftaufnehmer: 1 kN
 Längenangaben: $L_v = 50$ mm
 Prüfungsgeschwindigkeiten: $V_0 = 20$ mm/min; $V_1 = 10$ mm/min
 Umschaltpunkte: $F_0 = 5$ N
 Versuchsdekriterien: $s = 10$ mm; $F = 1000$ N; $dF = 20$ %

Prüfergebnisse

		FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
1	x	689.67	10.9	23.23	14.31
2	x	621.76	9.5	23.34	14.47
3	x	670.63	10.0	23.50	14.64
4	x	649.59	9.8	23.44	14.57
5	x	724.25	11.2	23.33	14.45
6	x	628.23	9.5	23.63	14.48
7	x	627.57	9.7	23.43	14.40
8	x	665.02	10.1	23.58	14.46
9	x	628.94	9.8	23.32	14.38
10	x	591.09	9.2	23.35	14.37

Statistik n = 10

	FH N	RbB N/mm ²	b mm	h mm
Mittelwert	649.67	10.0	23.42	14.45
Standardabweichung	38.62	0.6	0.13	0.10
Vertr.bereich 95%	27.24	0.4	0.09	0.07

ცხრილი 24: კერამიკის ინსტიტუტის მიერ გამომწვარი საწაბლეს ნიმუშების მიერ წყლის შთანთქმა, ღია ფორვანება და მოცულობითი წონა

Determination of water absorption of fired samples Satsable (2h cooking)

sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
III/3	11,27	2,066	23,28
	11,21	2,073	23,24
	10,95	2,073	22,70
average	11,14	2,071	23,08
std. deviation	0,139	0,004	0,265
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
III/5	14,59	1,900	27,73
	14,42	1,895	27,34
	14,52	1,896	27,53
average	14,51	1,897	27,53
std. deviation	0,069	0,002	0,161
sample	WA [%]	bulk density [g/cm ³]	OP [%]
III/9	2,46	2,212	5,44
	3,64	2,194	7,98
	3,78	2,201	8,32
average	3,29	2,202	7,25
std. deviation	0,591	0,007	1,283

ცხრილი 24a: საწაბლეს ორიგინალი გამომწვარი ნიმუშის მიერ წყლის შთანთქმა

Determination of water adsorption (2hours cooking)

sample	water adsorption [%]
SAT	18,21
burned	18,16
	18,64
	18,91
	18,63
	18,47
average	18,51
std.deviation	0,260

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Registered offices Bonn and Eschborn,
Germany

Private Sector Development South Caucasus
31a, Griboedov Str., 0108 Tbilisi, Georgia
T +995 322 201 833
F +995 322 201 831
www.giz.de

On behalf of
Federal Ministry for Economic
Cooperation and Development (BMZ)