

COMPLEXUL MUZEAL NAȚIONAL „MOLDOVA” IAȘI
MUZEUL DE ISTORIE A MOLDOVEI

CERCETĂRI ISTORICE
(SERIE NOUĂ)

XXXVI
2017

IAȘI
2017

COMITETUL DE REDACȚIE

Senica ȚURCANU (redactor șef)
Lăcrămioara STRATULAT
Loredana SOLCAN
Sorin IFTIMI
Ioan IAȚCU
Adriana MIRON (secretar de redacție)

Traduceri revizuite/realizate

Coralia COSTAȘ

Grafică copertă și Editare DTP

Cătălin HRIBAN

Adresa redacției

Complexul Muzeal Național „Moldova” Iași
Muzeul de Istorie a Moldovei
Piața Ștefan cel Mare și Sfânt, nr. 1
Iași, RO-700028
Telefon: 04 0232218383
Fax: 04 0332408166
e-mail: cercetari.istorice@yahoo.com

ISSN 1453-3960

EDITURA PALATUL CULTURII

Iași

SUMAR
SOMMAIRE – CONTENTS – INHALT

ABREVIERI <i>Abbreviations – Abreviations – Abkürzungen</i>	7
Mădălin-Cornel VĂLEANU, Evoluția habitatului uman în spațiul carpato-nistrean din Paleoliticul Superior și până în Neolitic / <i>The Evolution of the Human Habitat Between the Upper Paleolithic and the Neolithic</i>	11
Sergiu-Constantin ENEA, Din nou despre simboluri. Scurte considerații despre pintaderele din Neoliticul României / <i>Again about Symbols. Short Considerations on the Romanian Neolithic Stamp Seals</i>	33
Vasile DIACONU, Un vas eneolitic de tip kernos descoperit la Răucești, județul Neamț / <i>A Kernos-Type Eneolithic Vessel Discovered in Răucești, Neamț County</i>	47
George BODI, Ana-Lavinia VASILIU, Andrei Victor OANCEA, Mihaela OLARU, Investigație metodologică asupra posibilității caracterizării porozității ceramice cu ajutorul analizei automate a imaginilor digitale / <i>Methodological Investigation on the Possibility of Characterization of Ceramic Porosity through Digital Images Analysis</i> .	55
Casandra BRAȘOVEANU, Diana-Măriuca VORNICU, Felix-Adrian TENCARIU, Notă asupra materialelor din perioada Hallstattului Timpuriu descoperite recent în situl Isaiia - Balta Popii / <i>Note on the Finds Dated to Early Hallstatt Recently Discovered in the Site of Isaiia - Balta Popii</i>	81
Ioan IAȚCU, Tamalia-Elena MARIN, New Discoveries on the Middle Prut River: A Rare Type of Sinopean Amphora / <i>Noi descoperiri pe Prutul Mijlociu: un tip rar de amforă sinopeană</i>	95
Cătălin HRIBAN, The Adversary and its Weapon. The Late Medieval Depictions of the Anti-Christian / <i>Adversarul și armele sale. Reprezentări ale anti-creștinismului în Evul Mediu târziu</i>	105

Bobi APĂVĂLOAEI, Încercări de sistematizare a orașului Iași în perioada domniilor fanariote / <i>Systematization Attempts in the City of Iași During the Reign of the Phanariote Princes</i>	155
Violeta-Anca EPURE, Justiția în Principatele Române în viziunea călătorilor și consulilor francezi din perioada prepașoptistă / <i>La justice dans les Principautés Roumaines dans la vision des voyageurs et consuls français avant la révolution de 1848</i>	189
Ștefan S. GOROVEI, Testamentul unui ctitor ieșean: Paharnicul Iordache Lozonschi (1827) / <i>Le testament d'un ktitor jassyot: l'échanson Iordache Lozonschi (1827)</i>	203
Sorin IFTIMI, Colecția de portrete a familiei Callimachi (secolele XVIII-XIX) / <i>The Collection of Callimachi Family Portraits (18th -19th Century)</i>	225
Tudor-Radu TIRON, Mihail vodă Sturdza și proiectul celei dintâi decorații românești: <i>Semnul Distenției a Neprihănitei Slujbe</i> / <i>Le prince Michel Sturdza et le projet de la première décoration roumaine: le Signe de distinction Pour Service Irréprochable</i>	263
Vasile DIACONU, Restituiri privitoare la istoricul arheologiei nemțene. In memoriam prof. dr. Ioan Mitrea (1937-2017) / <i>Some Restitutions Regarding the History of Archaeology within the County of Neamț. In Memoriam Prof. Ioan Mitrea (1937-2017)</i>	297
Brîndușa MUNTEANU, Victor Condurache – personalitate a muzeografiei românești / <i>Victor Condurache – A Personality of the Romanian Museography</i>	311
Narcis Dorin ION, Din viața familiei Rosetti. Convorbiri cu Elisaveta (Safta) Varlam / <i>From the Life of the Rosetti Family. Discussions with Elisaveta (Safta) Varlam</i>	321

Recenzii și note de lectură

- Tudor Arnăuț, *Spații sacre și practici funerare din mileniul I a. Chr. în arealul carpato-balcanic*, Universitatea de Stat din Moldova, Centrul de Cercetare Științifică „Științele Umanistice”, Laboratorul de Cercetări Științifice „Tracologie”, Casa Editorial-Poligrafică „Bons Offices”, Chișinău, 2014, 564 p. (Tamilia-Elena MARIN) 347
- Dan Floareș, *Petru Șchiopul și epoca sa*, Editura Vasiliana '98, Iași, 2017, 255 p. (Cătălin HRIBAN) 352
- Sorin Iftimi, Aurica Ichim, *Iași – Capitala României, 1916-1918. Iassy – Capital City of Romania*, București, 2017, 311 p. (Ion I. SOLCANU) 357
- Ion Agrigoroaiei, *Opinie publică și stare de spirit în vremea Războiului de Întregire și a Marii Uniri*, ediția a II-a revizuită, Editura Fundației Academice AXIS, Iași, 2016, 324 p. (Ion I. SOLCANU)..... 358
- Ion Hâncu, *Scara vieții*, ediție îngrijită de prof. univ. dr. hab. Gheorghe Postică, Chișinău, 2016, 300 p. (Costică ASĂVOAIE) 360

Obituaria

- Paraschiva-Victoria Batariuc (13 ianuarie 1948-17 iunie 2016) (Rodica POPOVICI)..... 363

ABREVIERI

ABBREVIATIONS - ABREVIATIONS - ABKURZUNGEN

AARMSȘ	<i>Analele Academiei Române. Memoriile Secțiunii Științifice</i> , București.
AIIAI/ AIIX	<i>Anuarul Institutului de Istorie și Arheologie Iași/ Anuarul Institutului de Istorie „A. D. Xenopol”</i> , Iași.
AMM	<i>Acta Moldaviae Meridionalis</i> , Anuarul Muzeului Județean Vaslui.
AMN	<i>Acta Musei Napocensis</i> , Muzeul de Istorie a Transilvaniei, Cluj-Napoca.
AMP	<i>Acta Musei Porolissensis</i> , Muzeul Județean de Istorie și Artă Zalău.
AMS	<i>Acta Moldaviae Septentrionalis</i> , Muzeul Județean Botoșani.
Angustia	<i>Angustia</i> , Muzeul Național al Carpaților Răsăriteni, Sfântu Gheorghe.
AP	<i>Analele Putnei</i> , Centrul de cercetare și documentare „Ștefan cel Mare”, Mănăstirea Putna.
Apulum	<i>Apulum. Acta Musei Apulensis</i> , Muzeul Național al Unirii, Alba-Iulia
ArhGen	<i>Arhiva Genealogică</i> , Academia Română. Comisia de Heraldică, Genealogie și Sigilografie, Iași.
Arhiva	<i>Arhiva. Organul Societății Științifice și Literare</i> , Iași.
Arhiva Românească	<i>Arhiva Românească</i> , București.
ArhMed	<i>Arheologia Medievală</i> , Asociația Arheologilor Medieviști din România.
ArhMold	<i>Arheologia Moldovei</i> , Institutul de Arheologie Iași.
Ars Transilvanniae	<i>Ars Transilvaniae</i> , Institutul de arheologie și istoria artelor, Cluj-Napoca.
AȘUI	<i>Analele Științifice ale Universității „A. I. Cuza” din Iași</i> , Iași.
BAM	<i>Bibliotheca Archaeologica Moldaviae</i> , Iași.
BMA	<i>Bibliotheca Memoriae Antiquitatis</i> , Piatra-Neamț.
B.MIM	<i>București. Materiale de Istorie și Muzeografie</i> , Muzeul Municipiului București.
Boabe de Grâu	<i>Boabe de Grâu. Revistă de cultură</i> , București.
BSNR	<i>Buletinul Societății Numismatice Române</i> , București.

BTh	<i>Bibliotheca Thracologica</i> , București.
Buridava	<i>Buridava. Studii și materiale</i> , Muzeul Județean „Aurelian Sacerdoțanu”, Vâlcea.
CA	<i>Cercetări Arheologice</i> , Muzeul Național de Istorie a României, București.
Carpica	<i>Carpica</i> , Muzeul Județean de Istorie „Iulian Antonescu”, Bacău.
CC	<i>Codrul Cosminului</i> , Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava.
CCAR	<i>Cronica cercetărilor arheologice din România</i> , CIMEC, București.
CCDJ	<i>Cultură și civilizație la Dunărea de Jos</i> , Muzeul Dunării de Jos, Călărași.
CDM	<i>Catalogul documentelor moldovenești</i> , București.
CI	<i>Cercetări Istorice</i> , Muzeul de Istorie a Moldovei, Iași.
CN	<i>Cercetări Numismatice</i> , Muzeul Național de Istorie a României, București.
CNA	<i>Cronica numismatică și arheologică. Foaie de informații a Societății Numismatice Române</i> , București.
Cumidava	<i>Cumidava</i> , Muzeul Județean de Istorie, Brașov.
Dacia	<i>Dacia. Recherches et découvertes archéologiques en Roumanie</i> , București.
Dacia N. S.	<i>Dacia. Revue d'archéologie et d'histoire ancienne</i> , Nouvelle Série, București.
DIR	<i>Documente privind istoria României</i> , seria A, Moldova; seria B, Țara Românească, București.
Dolgozatok	<i>Dolgozatok. Az Erdélyi Nemzeti Múzeum érem- és régiséggyűjteményéről</i> , Kolozsvár.
DRH	<i>Documenta Romaniae Historica</i> , seria A, Moldova; seria B, Țara Românească, București.
ERAUL	<i>Etudes et recherches archéologiques de l'Université de Liège</i> , Liège.
Europa XXI	<i>Europa XXI</i> , Centrul de Istorie și Civilizație Europeană, Academia Română, Filiala Iași.
Forum Cultural	<i>Forum Cultural</i> , Direcția Județeană pentru Cultură și Patrimoniul Cultural Național Botoșani.
Herb	<i>Herb. Revista română de heraldică</i> , Institutul Român de Genealogie și Heraldică „Sever Zotta”, Iași.
Hierasus	<i>Hierasus. Anuarul Muzeului Județean Botoșani</i> , Muzeul Județean Botoșani.
Historia Urbana	<i>Historia Urbana</i> , Academia Română. Comisia de Istorie a Orașelor din România, Sibiu.

IN	<i>Ioan Neculce. Buletinul Muzeului Municipal Iași</i> , Iași.
KSIA	<i>Kratkie soobšenija Instituta Arheologii</i> , Kiev.
MAE	Ministerul Afacerilor Externe.
MCA	<i>Materiale și Cercetări Arheologice</i> , Institutul de Arheologie „Vasile Pârvan”, București.
MDO	<i>Monitorul. Diar oficial al Terei Romanesci</i> , București.
MemAntiq	<i>Memoria Antiquitatis. Acta Musei Petrodavensis</i> , Complexul Muzeal Județean Neamț.
MMS	<i>Mitropolia Moldovei și Sucevei</i> , Iași.
MN	<i>Muzeul Național</i> , Muzeul Național de Istorie a României, București.
MNAR	Muzeul Național de Artă al României.
MOF	<i>Monitorul Oficial al României</i> , București.
Monumentul	<i>Monumentul - Tradiție și Viitor, lucrările Simpozionului Național „Monumentul - Tradiție și Viitor”</i> , Iași.
Mousaios	<i>Mousaios</i> , Muzeul Județean Buzău.
Peuce	<i>Peuce</i> , Institutul de cercetări Eco-Muzeale, Tulcea.
RA	<i>Revista Arheologică</i> , Institutul Patrimoniului Cultural al Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău.
RdI	<i>Revista de Istorie</i> , București.
RIM	<i>Revista de Istorie a Moldovei</i> , Institutul de Istorie al Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău.
RIR	<i>Revista Istorică Română</i> , București.
RMI	<i>Revista Monumentelor Istorice</i> , București.
RMM	<i>Revista Muzeelor și Monumentelor</i> , București.
RMM-MIA	<i>Revista Muzeelor și Monumentelor. Monumente Istorice și de Artă</i> , București.
RRH	<i>Revue roumaine d'histoire</i> , București.
SAA	<i>Studia Antiqua et Archaeologica</i> , Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași.
Sargeția	<i>Sargetia. Acta Musei Devensis</i> , Deva.
SCIA-AP	<i>Studii și cercetări de istoria artei. Seria Artă plastică</i> , București.
SCIV(A)	<i>Studii și cercetări de istorie veche (și arheologie)</i> , Institutul de Arheologie „Vasile Pârvan”, București.
SJAN	Serviciul Județean al Arhivelor Naționale.

SMMIM	<i>Studii și Materiale de Muzeografie și Istorie Militară</i> , Muzeul Militar Central, București.
SP	<i>Studii de Preistorie</i> , Asociația Română de Arheologie, București.
StComSM	<i>Satu Mare. Studii și Comunicări</i> , Muzeul Județean Satu Mare, Satu Mare.
Suceava	<i>Suceava</i> , Anuarul Muzeului Bucovinei, Suceava.
Tibiscus	<i>Tibiscus</i> , Muzeul Banatului, Timișoara.
ThD	<i>Thraco-Dacica</i> , Institutul Român de Tracologie, București.
UISPP	Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques.

INVESTIGAȚIE METODOLOGICĂ ASUPRA POSIBILITĂȚII CARACTERIZĂRII POROZITĂȚII CERAMICE CU AJUTORUL ANALIZEI AUTOMATE A IMAGINILOR DIGITALE

George BODI¹, Ana-Lavinia VASILIU²,
Andrei Victor OANCEA², Mihaela OLARU²

Cuvinte cheie: Cucuteni, matrice ceramică, porozitate, analiză a imaginilor digitale, analiză statistică

Keywords: Cucuteni, pottery matrix, porosity, digital image analysis, statistical analysis

Introducere

Studierea porozității ceramice, ca factor ce poate ajuta la înțelegerea modului de producere și utilizare a uneia dintre cele mai răspândite categorii de artefacte specifice arheologiei preistorice, constituie o preocupare de decenii, constantă, a arheologilor. Primele abordări de acest tip datează încă din anii '70³ și sunt concentrate pe determinarea tehnicii și temperaturii de ardere. Odată cu aprofundarea studierii acestei dimensiuni a texturii ceramice se constată și o lărgire a plajei de interpretare oferite de studierea porozității, aceasta incluzând acum considerații cu privire la selectarea materiilor prime și modul de prelucrare al acestora⁴, utilitatea finală a produsului⁵ precum și la identificarea și clasificarea

¹ Institutul de Arheologie al Academiei Române, Filiala Iași, IAȘI.

² Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni”, IAȘI.

³ H. P. Sanders, *Pore-size distribution determinations in Neolithic, Iron Age, Roman and other pottery*, în *Archaeometry*, 15, 1973, 1, p. 159-161; O. S. Rye, *Keeping your temper under control: materials and the manufacture of Papuan pottery*, în *Archaeology & Physical Anthropology in Oceania*, 11, 1976, 2, p. 106-137; V. V. Morariu, M. Bogdan, I. Ardelean, *Ancient pottery: its pore structure*, în *Archaeometry*, 19, 1977, 2, p. 187-221.

⁴ B. van Doosselaere, C. Delhon, E. Hayes, *Looking through voids: a microanalysis of organic-derived porosity and bioclasts in archaeological ceramics from Koumbi Saleh*, în *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6, 2014, 4, p. 373-396.

⁵ A. Hein, N. S. Müller, P. M. Day, V. Kilikoglou, *Thermal conductivity of archaeological*

produselor locale și a importurilor⁶. Metodele de caracterizare a porozității variază, tehnicile cel mai des utilizate constând în saturarea porilor cu vapori de apă sau mercur⁷, sau observația directă cu ajutorul microscopiei electronice⁸, a radiografiilor cu raze X⁹, ori a analizei secțiunilor subțiri cu ajutorul microscopiei optice¹⁰. În condițiile curente de desfășurare a cercetărilor arheologice în România, caracterizate de o finanțare anemică și o infrastructură modernă și competitivă cvasi-inexistentă, toate aceste metode prezintă dezavantajul de a necesita investiții și resurse peste posibilitățile mării majorități a specialiștilor români, atât din punct de vedere financiar, cât și al accesului la aparatură și la colaborări cu experți din domenii conexe. Pornind de la această stare de fapt, prezentul studiu explorează posibilitatea de a investiga structura porozității ceramice cu ajutorul unei infrastructuri de cercetare minimale, fundația acestui demers fiind constituită de progresele înregistrate în domeniul analizei automate a imaginilor digitale și al investigării aplicațiilor acestora în studierea porozității materialelor ceramice într-o manieră cantitativă¹¹.

ceramics: The effect of inclusions, porosity and firing temperature, în *Thermochimica Acta*, 480, 2008, p. 35-42; J. Wu, T. Hou, M. Zhang, Q. Li, J. Wu, J. Li, Z. Deng, *An analysis of the chemical composition, performance and structure of China Yixing Zisha pottery from 1573 A.D. to 1911 A.D.*, în *Ceramics International*, 39, 2013, p. 2589-2595; N. S. Müller, G. Vekinis, P. M. Day, V. Kilikoglou, *The influence of microstructure and texture on the mechanical properties of rock tempered archaeological ceramics*, în *Journal of the European Ceramic Society*, 35, 2015, p. 831-843.

⁶ F. Bernardini, A. Vecchiet, A. DeMin, D. Lenaz, A. Mendoza Cuevas, A. Gianoncelli, D. Drossi, C. Tuniz, M. Montagnari Kokelj, *Neolithic pottery from the Trieste Karst (northeastern Italy): A multi-analytical study*, în *Microchemical Journal*, 124, 2016, p. 600-607.

⁷ V. V. Morariu et alii, *op. cit.*; G. Velraj, R. Ramya, R. Hemamalini, *FT-IR spectroscopy, scanning electron microscopy and porosity measurements to determine the firing temperature of ancient megalithic period potteries excavated at Adichanallur in Tamilnadu, South India*, în *Journal of Molecular Structure*, 1028, 2012, p. 16-21.

⁸ M. S. Tite, Y. Maniatis, *Examination of ancient pottery using the scanning electron microscope*, în *Nature*, 257, 1975, p. 122-123; A. Mohamed Musthafa, K. Janaki, G. Velraj, *Microscopy, porosimetry and chemical analysis to estimate the firing temperature of some archaeological pottery shreds from India*, în *Microchemical Journal*, 95, 2010, p. 311-314.

⁹ W.-A. Kahl, B. Ramming, *Non-destructive fabric analysis of prehistoric pottery using high-resolution X-ray microtomography: a pilot study on the late Mesolithic to Neolithic site Hamburg-Boberg*, în *Journal of Archaeological Science*, 39, 2012, p. 2206-2219; B. van Doosselaere, L. Burnez-Lanotte, L. Gomart, A. Livingstone Smith, *Analyse technologique de céramiques du Néolithique ancien de Vaux-et-Borset (Hesbaye, B): résultats préliminaires*, în *Notae Praehistoricae*, 33, 2013, p. 15-26.

¹⁰ M. Bayazit, I. Işık, A. Issi, E. Genç, *Archaeometric investigation of the Late Chalcolithic-Early Bronze Age I and the 1st - 2nd millennium BCE potteries from Kuriki-Turkey*, în *Applied Clay Science*, 126, 2016, p. 180-189.

¹¹ S. Deshpande, A. Kulkarni, S. Sampath, H. Herman, *Application of image analysis for characterization of porosity in thermal spray coatings and correlation with small angle neutron scattering*,

Materiale și Metode

Pentru investigarea posibilității utilizării analizei automate s-a decis prelucrarea unui lot de nouă probe ceramice provenite din așezarea cucuteniană de la Hoisești - *La Pod*¹², cu câte trei fragmente ceramice provenind din categoriile fină, semifină și grosieră. Fragmentele ceramice au fost selectate astfel încât să acopere caracteristicile specifice fiecărei categorii ceramice conform definiției acestora într-o serie de studii anterioare¹³.

Deși metoda pe care o propunem este una cantitativă, producând rezultate al căror grad de încredere sporește direct proporțional cu numărul de probe analizate, pentru studiul inițial de verificare a metodologiei am hotărât să utilizăm doar lotul ceramic pentru care avem deja realizată o caracterizare fizico-chimică amănunțită care ne permite verificarea noilor rezultate. Cunoaștem astfel deja faptul că opt din cele nouă probe analizate sunt produse din aceeași materie primă locală, că unul din fragmentele de ceramică grosieră constituie, cel mai probabil, un import și că toate fragmentele ceramice au fost arse într-un interval de temperatură cuprins între 860-950°C¹⁴.

Pregătirea probelor pentru achiziția imaginilor a fost făcută prin secționarea fragmentelor ceramice cu ajutorul unui fierăstrău de mână cu fir diamantat. Fragmentele astfel obținute au fost șlefuite într-o primă etapă pe foi de șmirghel cu granulație de 500 și 800, pentru a obține două suprafețe perfect plane și paralele, care să permită o cât mai bună focalizare în momentul achiziției imaginilor. Prelucrarea probelor a fost încheiată prin finisarea acestora pe foi de șmirghel cu granulație de 1000 și 1200, până în momentul în care urmele de

în *Surface & Coatings Technology*, 187, 2004, p. 6-16; D. Miriello, G. M. Crisci, *Image analysis and flatbed scanners. A visual procedure in order to study the macro-porosity of the archaeological and historical mortars*, în *Journal of Cultural Heritage*, 7, 2006, p. 186-192; F. Sczerzenie, G. W. Paul, C. Belden, A. Fasching, *Comparison of Optical and SEM-BEI Inclusion Analyses of VIM-VAR Nickel-Titanium Alloy*, în *Journal of Materials Engineering and Performance*, 20, 2011, 4-5, p. 830-835; A. Aprile, G. Castellano, G. Eramo, *Combining image analysis and modular neural networks for classification of mineral inclusions and pores in archaeological pots/herds*, în *Journal of Archaeological Science*, 50, 2014, p. 262-272; C. L. Reedy, J. Anderson, T. J. Reedy, *Quantitative Porosity Studies of Archaeological Ceramics by Petrographic Image Analysis*, în *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 1656, 2015, DOI: 10.1557/opl.2014.711.

¹² G. Bodi, *Hoisești - La Pod. O așezare cucuteniană pe valea Babluiuului*, Iași, 2010.

¹³ Idem, *An analytical framework for the selection and classification of archaeological pottery in order to create an integrated characteristics record. I. Preliminary field analysis of the Cucuteni pottery from Hoisești (Iași county)*, în *International Journal of Conservation Science*, 1, 2010, p. 199-210.

¹⁴ A. V. Oancea, G. Bodi, V. Nica, L. E. Ursu, M. Drobotă, C. Cotofana, A. L. Vasiliu, B. C. Simionescu, M. Olaru, *Multi-analytical characterization of Cucuteni pottery*, în *Journal of the European Ceramic Society*, 37, 2017, p. 5079-5098.

abraziune au devenit insesizabile la inspecția pieselor cu ajutorul unei lupe cu factor de mărire 10.

Achiziția imaginilor optice a fost făcută cu ajutorul unui stereomicroscop trinocular Optika SZM A1, dotat cu o cameră video Optika Optikam B5. Fotografiile au fost realizate la o putere de mărire de 0.75x, cu un câmp vizual de 5.94x4.46 mm, acoperindu-se integral ambele suprafețe ale probelor și fiind evitată suprapunerea câmpurilor vizuale. Imaginile au fost achiziționate la rezoluția maximă a camerei video, 2592x1944 pixeli și au fost salvate în format tif. Fiecare câmp de imagine a fost fotografiat de două ori: prima fotografie a fost realizată în condiții de iluminare normală, pentru obținerea unei imagini martor cât mai fidele (Planșa 1); pentru cea de a doua fotografie, sursa de lumină a fost orientată paralel cu suprafața probei, iar imaginea a fost saturată, pentru a pune în evidență cât mai bine posibil structura poroasă.

Pentru verificarea rezultatelor obținute în urma acestui tip de manipulare a procesului de achiziționare a imaginilor, am realizat și un set de imagini de control cu ajutorul microscopiei electronice. Micrografiile au fost realizate cu ajutorul unui microscop electronic de baleiaj SEM/ESEM QUANTA 200 cu sistem de analiză EDAX. Imaginile au urmat aceeași procedură de înregistrare a întregii suprafețe a probei, la o mărire de 50x, pentru a obține un câmp vizual de 5.85x5.93 mm, apropiat celui utilizat în cazul microscopiei optice (Planșa 2).

Pentru analizarea imaginilor rezultate s-a hotărât utilizarea distribuției open-source Fiji¹⁵, o modernizare a platformei ImageJ¹⁶, dezvoltată inițial în urma adoptării pe scară largă a tehnologiilor de microscopie automată în domeniul micro-biologiei.

Pentru imaginile obținute cu ajutorul microscopiei optice, în urma testării mai multor proceduri, protocolul de segmentare a acestora în vederea izolării structurii poroase și a excluderii fundalului constituit de matricea ceramică a fost definit ca:

1. Saturarea pixelilor din imagine cu 0,5% pentru îmbunătățirea contrastului;
2. Descompunerea imaginii pe spații de culoare CIELAB;
3. Selectarea imaginii aferente spațiului de culoare L, aferent axei de culoare alb-negru¹⁷, care oferă cel mai bun contrast între pori și fundal;

¹⁵ J. Schindelin, I. Arganda-Carreras, E. Frise, V. Kaynig, M. Longair, T. Pietzsch, S. Preibisch, C. Rueden, S. Saalfeld, B. Schmid, J.-Y. Tinevez, D. J. White, V. Hartenstein, K. Eliceiri, P. Tomancak, A. Cardona, *Fiji: an open-source platform for biological-image analysis*, în *Nature methods*, 9, 2012, 7, p. 676-682.

¹⁶ J. Schindelin, C. T. Rueden, M. C. Hiner, K. W. Eliceiri, *The ImageJ ecosystem: An open platform for biomedical image analysis*, în *Molecular Reproduction & Development*, 82, 2015, p. 518-529.

¹⁷ J. Schanda, *CIE Colorimetry*, în J. Schanda (ed.), *Colorimetry: Understanding the CIE System*, New Jersey, 2007, p. 25-78.

4. Transformarea imaginii în 8 biți, pentru a permite următorii pași ai prelucrării;

5. Normalizarea histogramei și saturarea pixelilor cu 0.5% pentru aducerea tuturor imaginilor la un numitor comun și îmbunătățirea contrastului;

6. Selectarea pixelilor cu intensități specifice porozității ceramice conform metodei Phansalkar, proiectată special pentru imaginile cu contrast slab¹⁸, cu specificarea definirii limitelor porilor pe baza analizei unei zone adiacente cu un radius de 60 de pixeli;

7. Binarizarea imaginii cu închiderea și umplerea contururilor definite în pasul anterior;

8. Analizarea imaginii cu excluderea particulelor cu o suprafață mai mică de 0.001 mm² pentru excluderea eventualelor artefacte create în cursul achiziției imaginii (Planșa 1);

9. Exportarea rezultatelor analizei în formă tabelară, în format csv.

Pentru imaginile obținute cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj protocolul de prelucrare aplicat a constat în:

1. Aplicarea unui filtru fast Fourier transform bandpass pentru eliminarea deficiențelor de iluminare;

2. Transformarea imaginii în 8 biți, pentru a permite următorii pași ai prelucrării;

3. Normalizarea histogramei pentru aducerea tuturor imaginilor la un numitor comun;

4. Selectarea pixelilor cu intensități specifice porozității ceramice conform metodei Phansalkar, cu specificarea definirii limitelor porilor pe baza analizei unei zone adiacente cu un radius de 30 de pixeli;

5. Binarizarea imaginii cu închiderea și umplerea contururilor definite în pasul anterior (Planșa 2);

6. Analizarea imaginii cu excluderea particulelor cu o suprafață mai mică de 0.001 mm² pentru a păstra congruența cu metodologia utilizată în cazul microscopiei optice;

7. Exportarea rezultatelor analizei în formă tabelară, în format csv.

Dintre parametrii rezultați în urma analizei automate a imaginilor, pentru caracterizarea porozității probelor investigate vom utiliza următoarele variabile:

- Arie – mărimea suprafeței fiecărui por;
- Feret – diametrul maxim al fiecărui por;
- MinFeret – diametrul minim al fiecărui por;

¹⁸ N. Phansalkar, S. More, A. Sabale, M. Joshi, *Adaptive local thresholding for detection of nuclei in diversity stained cytology images*, în *Communications and Signal Processing (ICCSPP), 2011 International Conference*, 2011, p. 218-220.

- AR – raportul dintre diametrul maxim și diametrul minim, care indică gradul de alungire al fiecărui por: valori ale acestei variabile între 1 și 1,5 sunt considerate echidimensionale¹⁹;

- Circularitate – ca expresie a formulei $4\pi \cdot \text{aria} / \text{perimetru}^2$. Valoarea 1 a acestei variabile indică un cerc perfect. Valori apropiate de zero indică o formă angulară²⁰.

- Rotunjime – ca expresie a formulei $4 \cdot \text{arie} / (\pi \cdot \text{Axa Majoră}^2)$. Valoarea 1 a acestei variabile indică un cerc perfect. Valori apropiate de zero indică o formă alungită²¹.

În vederea analizei statistice a datelor obținute, ca urmare a diferenței în dimensiuni a probelor analizate, au fost selectate rezultatele aferente a câte trei imagini pentru fiecare probă analizată, adică maximum de imagini obținute pe cea mai mică probă studiată.

Pentru analiza statistică a seturilor de date obținute am ales o soluție gratuită prin utilizarea mediului și limbajului R²², în forma oferită de mediul de dezvoltare integrat al RStudio²³. Pentru efectuarea analizelor statistice descrise în acest material, în afara distribuției de bază, am adăugat și utilizat următoarele pachete:

- car²⁴ – pentru analiza exploratorie a datelor și vizualizarea acestora;

- PerformanceAnalytics²⁵ – pentru calcularea indecșilor și vizualizarea matricelor de corelație;

- factoextra²⁶ – pentru calcularea tendinței de formare a clusterelor, partiționarea datelor și vizualizarea rezultatelor;

¹⁹ J. M. Layman II, *Porosity characterization utilizing petrographic image analysis: implications for identifying and ranking reservoir flow units, Happy Spraberry Field, Garza County, Texas*, disertație în manuscris, Texas A&M University, 2002.

²⁰ T. Takashimizu, M. Iiyoshi, *New parameter of roundness R: circularity corrected by aspect ratio*, în *Earth and Planetary Science*, 3, 2016, 2, DOI 10.1186/s40645-015-0078-x.

²¹ J. M. Layman II, *op. cit.*

²² R Core Team, *R: A language and environment for statistical computing*, 2017, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> (consultat 19. 10. 2017).

²³ RStudio Team, *RStudio: Integrated Development for R. RStudio*, 2016, Inc., Boston, MA, URL: <http://www.rstudio.com/> (consultat 19. 10. 2017).

²⁴ J. Fox, S. Weisberg, *An {R} Companion to Applied Regression*, 2011, Thousand Oaks, URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion> (consultat 23. 10. 2017).

²⁵ B. G. Peterson, P. Carl, *PerformanceAnalytics: Econometric tools for performance and risk analysis. R package version 1.4.3541*, 2014, <https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics> (consultat 19. 10. 2017).

²⁶ A. Kassambara, F. Mundt, *Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.5*, 2017, <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra> (consultat 19. 10. 2017).

- NbClust²⁷ – pentru calcularea numărului optim de clustere prezente în datele analizate;

- gplots²⁸ și ggplots²⁹ – pentru vizualizarea rezultatelor analizelor statistice.

Un prim pas în verificarea metodologiei propusă de noi constă în evaluarea directă a congruenței dintre măsurătorile efectuate cu ajutorul microscopiei electronice și microscopia optică. Pentru această etapă am ales să lucrăm cu seturi de valori sintetice care exprimă numărul de pori identificați în fiecare imagine și valorile medii ale fiecărei variabile (Tabel 1). Evaluarea vizuală a datelor neprelucrate (Planșa 3) ne indică faptul că cele două modalități de obținere a imaginilor vizuale produc rezultate similare. Se constată o variație mai mare a variabilelor rezultate în urma prelucrării imaginilor optice, situație care este în acord cu studii care prezintă abordări similare³⁰. Această constatare ne-a încurajat să ne continuăm investigația și să examinăm nivelul de relevanță statistică a concordanței dintre cele două seturi de date, prin calcularea matricei de corelații. Primul pas în această direcție este constituit de explorarea datelor pentru a stabili tipul de distribuție al fiecărei variabile și tipul de corelație care există între acestea. Examinarea Tabelului 2 ne arată, pe diagonala principală, că distribuția variabilelor este una normală și, sub aceasta, că majoritatea tipurilor de corelații sunt caracterizate de liniaritate. Această situație ne-a permis calcularea indicilor de corelație folosind coeficientul lui Pearson³¹. Tabelele de valori 3 și 4 și expresia vizuală a acestora exprimată în matricea de corelații (Tabel 5) ne arată faptul că majoritatea variabilelor prezintă valori ale indicilor de corelație (Tabel 3) cu o tendință pozitivă puternică ($\geq 0,5$) și valori ale indicelui de semnificație sub 0,5 (Tabel 4). Aceste date ne indică faptul că posibilitatea ca valorile de corelație să fie rezultatul unei întâmplări este de sub 5%³². Toate aceste observații ne confirmă faptul că rezultatele obținute de noi cu ajutorul microscopiei optice sunt similare metodei mai „tradiționale” a microscopiei electronice de baleiaj și ne permit să avansăm la analiza propriu-zisă a structurii porozității ceramice pe baza imaginilor microscopiei optice.

²⁷ M. Charrad, N. Ghazzali, V. Boiteau, A. Niknafs, *NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set*. *Journal of Statistical Software*, 2014, 61, 6, p. 1-36. URL: <http://www.jstatsoft.org/v61/i06/> (consultat 19. 10. 2017).

²⁸ G. R. Warnes, B. Bolker, L. Bonebakker, R. Gentleman, W. H. A. Liaw, T. Lumley, M. Maechler, A. Magnusson, S. Moeller, M. Schwartz, B. Venables, *gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data*. *R package version 3.0.1.*, 2016, <https://CRAN.R-project.org/package=gplots>.

²⁹ H. Wickham, *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, New York, 2009.

³⁰ F. Sczerzenie *et alii*, *op. cit.*

³¹ A. Kenny, *The Computation of Style. An introduction to statistics for students of literature and humanities*, Oxford, 1982.

³² R. Drennan, *Statistics for Archaeologists. A Commonsense Approach*, Dordrecht - Heidelberg - London - New York, 2009.

Pentru a controla capacitatea metodei propuse de noi de a clasifica automat structura poroasă a ceramicii cu realizarea unei discriminări atât între diferite tipuri de pastă, cât și între diferite tipuri de materie primă, am ales o procedură nesupravegheată de ordonare în clustere de partiționare. Pasul inițial a fost de verificare a tendinței datelor de a se ordona în clustere, pentru a stabili dacă această metodă este potrivită pentru seturile de variabile cu care lucrăm. De asemenea, dat fiind faptul că variabilele noastre sunt exprimate în diferite dimensiuni metrice (liniare, de arie și raporturi între dimensiuni liniare), tot în această fază am testat și oportunitatea standardizării datelor³³ și a efectuării analizei pe întregul set de variabile, sau doar pe trei cel mai puțin corelate (Tabel 6). Am considerat necesar acest pas pentru a reduce cât mai mult posibil zgomotul creat de redundanță. În acest scop am calculat indicii Hopkins³⁴ pentru fiecare categorie de ceramică în parte (Tabel 7). Valorile acestor indici ne indică faptul că cele mai clare tendințe de ordonare în clustere ne sunt oferite de utilizarea a trei variabile necorelate și nestandardizate în cazul categoriilor de ceramică fină și semifină. Vom utiliza aceleași valori și în cazul ceramicii grosiere, pentru a păstra unitate metodologică.

În final am evaluat posibilitatea grupării datelor în clustere cu ajutorul mai multor tipuri de metode de partiționare. Acestea au fost verificate prin calcularea siluetei³⁵ clusterelor obținute, cele mai bune rezultate fiind constatate în urma partiționării bazată pe medii (*k-means*)³⁶ și distanța *Minkowski*, o generalizare a distanțelor *euclidiană* și *Manhattan*, care prezintă rezultate mai bune în analiza matricelor de date multivariate³⁷. După cum se observă din Planșa 4 a-c, valorile indicilor siluetei clusterelor (calculați pe o scară de la -1 la 1), au valori situate peste 0,5, ceea ce indică o grupare bună a datelor, iar absența valorilor negative în grafic (situate sub axa 0) ne arată că nu există atribuiri greșite în cadrul grupărilor (Planșa 4 d-f).

³³ B. S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl, *Cluster Analysis*, Chichester, 2011, DOI: 10.1002/9780470977811.index.

³⁴ J. Han, M. Kamber, J. Pei, *Data Mining. Concepts and Techniques*, Boston, 2012.

³⁵ P. J. Rousseeuw, *Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis*, în *Computational and Applied Mathematics*, 20, 1987, p. 53-65; J. Han et alii, *op. cit.*

³⁶ J. MacQueen, *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*, în *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics*, Berkeley, 1976, p. 281-297.

³⁷ R. Shahid, S. Bertazzon, M. L. Knudtson, W. A. Ghali, *Comparison of distance measures in spatial analytical modeling for health service planning*, în *BMC Health Services Research*, 9, 2009, 200, DOI:10.1186/1472-6963-9-200.

Rezultate și discuții

Procesul de grupare nesupravegheată în clustere a dus la definirea a două tipuri de pori în cadrul ceramicii fine și a câte trei tipuri de pori în cadrul ceramicii semifine și grosiere. În urma analizei caracteristicilor fiecărui cluster definit, le-am grupat în funcție de caracteristicile specifice, prezentate sintetic în Tabelele 8-14 și Planșa 5.

Prima clasă de clustere, specifică tuturor celor trei grupe de ceramică, este caracterizată de pori de mici dimensiuni, cu arii cu suprafețe mediane situate în jurul valorii de $0,002 \text{ mm}^2$ și cu medii de sub $0,01 \text{ mm}^2$ (Tabelele 8-10). Dimensiunile reduse ne sunt confirmate și de valorile mediane și medii ale diametrelor maxime (Feret) și minime (MinFeret) situate între $0,007\text{-}0,008 \text{ mm}^2$, respectiv $0,003\text{-}0,01 \text{ mm}^2$. Valorile mediane și medii ale raportului dintre diametrul maxim și diametrul minim (AR), $1,7\text{-}1,8$ respectiv $1,8\text{-}1,9$, ne indică o formă rotundă spre alungită a porilor specifici acestei clase de clustere, constatare confirmată și de valorile rotunjimii (Round) de aproximativ 0.5. Valorile ridicate ale circularității (Circ.), în jurul cifrei de 0,7, înseamnă că această categorie de pori prezintă angularitate redusă, cu margini relativ netede. Toate aceste caracteristici, dimensiuni mici, formă rotunjită și margini netede, ne permit să presupunem că în cadrul acestei clase am identificat pori secundari, rezultați în timpul procesului de ardere în urma descompunerii silicaților la temperaturi de peste 800°C ³⁸. Acest tip de pori constituie un indicator direct dependent de materia primă utilizată. Planșa 5 (a și d) ne arată într-o manieră sintetică sensibilitatea acestei clase de pori față de caracteristicile materiei prime: distribuția cuantilelor (5a) ariei porilor specifici ceramicii fine este în mod clar diferită față de cea a ceramicii semifine și grosiere, iar histograma distribuției densităților ne arată o deplasare evidentă spre stânga a majorității valorilor specifice ceramicii fine precum și a medianei. Această situație ne indică faptul că pentru producerea categoriei de ceramică fină a fost folosită o materie primă foarte bine sortată, cu dimensiuni mici atât ale particulelor de argilă, cât și ale nisipului adăugat ca degresant. De asemenea, caracteristicile intrinseci ale acestei clase de pori ne permit, pentru probele analizate, să avansăm ca interval al temperaturii de ardere $800\text{-}1050^\circ\text{C}$, interval specific stagiilor de vitrifiere inițială și continuă³⁹.

Clasa 2 de clustere, întâlnită, de asemenea la toate cele trei tipuri ceramice, este definită de pori de dimensiuni mai mari, cu valori mediane ale suprafețelor de aproximativ $0,005 \text{ mm}^2$ și cu valori medii de aproximativ $0,01 \text{ mm}^2$ (Tabelele 11-

³⁸ G. Cultrone, E. Sebastián, K. Elert, M. J. de la Torre, O. Cazalla, C. Rodriguez-Navarro, *Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks*, in *Journal of the European Ceramic Society*, 24, 2004, p. 547-564.

³⁹ Y. Maniatis, M. Tite, *Technological examination of Neolithic-Bronze Age pottery from central and southeast Europe and from the Near East*, in *Journal of Archaeological Science*, 8, 1981, p. 59-76.

13). Valorile mediane și medii ale raportului dintre diametrul maxim și diametrul minim (AR), situate între 3 și 4, respectiv 3 și 5, ne indică o formă alungită. Aceste date, coroborate cu valorile rotunjimii și circularității, caracterizează forma generală a acestei clase de pori ca fiind o elipsă cu tendințe de angularitate. Acest tip de pori se potrivește cu descrierea porilor secundari rezultați în urma eliberării de dioxid de carbon ca o consecință a procesului de descompunere a carbonatului de calciu, în timpul arderii⁴⁰, ilustrând astfel caracteristicile materiei prime din acest punct de vedere. Valorile din Tabelele 11-13, și ilustrarea variațiilor ariei pentru această clasă, ne indică utilizarea unei materii omogene din punctul de vedere al concentrării și caracteristicilor particulelor de carbonat de calciu, situație în acord cu caracterizarea structurală deja existentă⁴¹.

A treia clasă de clustere, identificată numai în cazul tipurilor de ceramică semifină și grosieră, este caracterizată mai degrabă de eterogenitate. După cum reiese din valorile prezentate în Tabelele 14-15, cu sinteza grafică a valorilor specifice ariei porilor (Planșa 5 c și f), aceștia sunt caracterizați de suprafețe mari și forme puternic alungite și angulare. Datorită numărului mic de pori incluși în fiecare categorie ceramică în cadrul acestei clase, 37 pentru ceramica semifină și 61 pentru ceramica grosieră, nu avem suficiente informații pentru a distinge între porii primari rezultați în urma contractării vasului în timpul uscării și porii secundari creați de acțiunile olarului în timpul modelării lutului.

Concluzii

Metoda propusă de noi a reușit cu succes discriminarea între diferitele tipuri ceramice pe baza structurii porozității, oferind în principal informații cu privire la diferențele cauzate de caracteristicile materiei prime și o aproximare a temperaturii de ardere. Eșecul de a identifica și caracteriza porozitatea secundară, dar și proveniența străină a unuia din cele două fragmente ceramice studiate, o atribuim numărului mic de probe și, implicit, a cantității reduse de date aflate la baza analizei. În concluzie, acest studiu exploratoriu ne oferă suficiente motive pentru a considera caracterizarea porozității ceramice cu ajutorul analizei automate a imaginilor digitale conform propunerii noastre o metodologie de lucru promițătoare. Rezultatele obținute ne dau motive să ne dezvoltăm demersul și să încercăm, la nivelul analizei inventarului ceramic din interiorul unui sit, să explorăm caracteristicile produselor locale la o rezoluție care să permită discernerea de importuri. De asemenea, la nivel regional, vom urmări să investigăm circulația produselor ceramice în interiorul spațiului cucutenian și re-analizarea importanței produselor ceramice ca obiect de schimb. Vom încerca astfel să verificăm și

⁴⁰ B. Velde, I. C. Druc, *Archaeological Ceramic Materials. Origin and Utilization*, Berlin, Heidelberg, 1999.

⁴¹ A. V. Oancea *et alii*, *op. cit.*

posibilitatea de racordare la linii de cercetare ce se concentrează asupra spațiului egeo-mediteranean și care contestă statutul ceramicii ca o categorie de bunuri dedicată consumului local, încă de la nivelul neoliticului timpuriu⁴².

În concluzie, prin extinderea acestui tip de investigație la o scară relevantă statistic, credem că se va reuși construirea unei imagini coerente la nivel micro- și macro-regional asupra importanței pe care producția de ceramică o ocupa în economia populațiilor preistorice.

METHODOLOGICAL INVESTIGATION ON THE POSSIBILITY
OF CHARACTERIZATION OF CERAMIC POROSITY THROUGH
DIGITAL IMAGES ANALYSIS

(Abstract)

Our paper presents a low-cost, low-technology quantitative approach to the study of the Cucuteni pottery matrix from the point of view of porosity characterisation. The study focuses on 9 samples previously characterised through complex physico-chemical analyses, providing thus an interpretation baseline. In a first stage we assess the reliability of the images obtained through optical microscopy against SEM micrographs. We then use non-supervised partitional clustering in order to explore the informative potential of the digital image analysis of the photographs obtained through optical microscopy. We conclude that the method successfully discriminates between different types of secondary pores, but larger sample collections need to be used for a thorough characterisation of primary pores and discrimination from secondary shrinkage cracking.

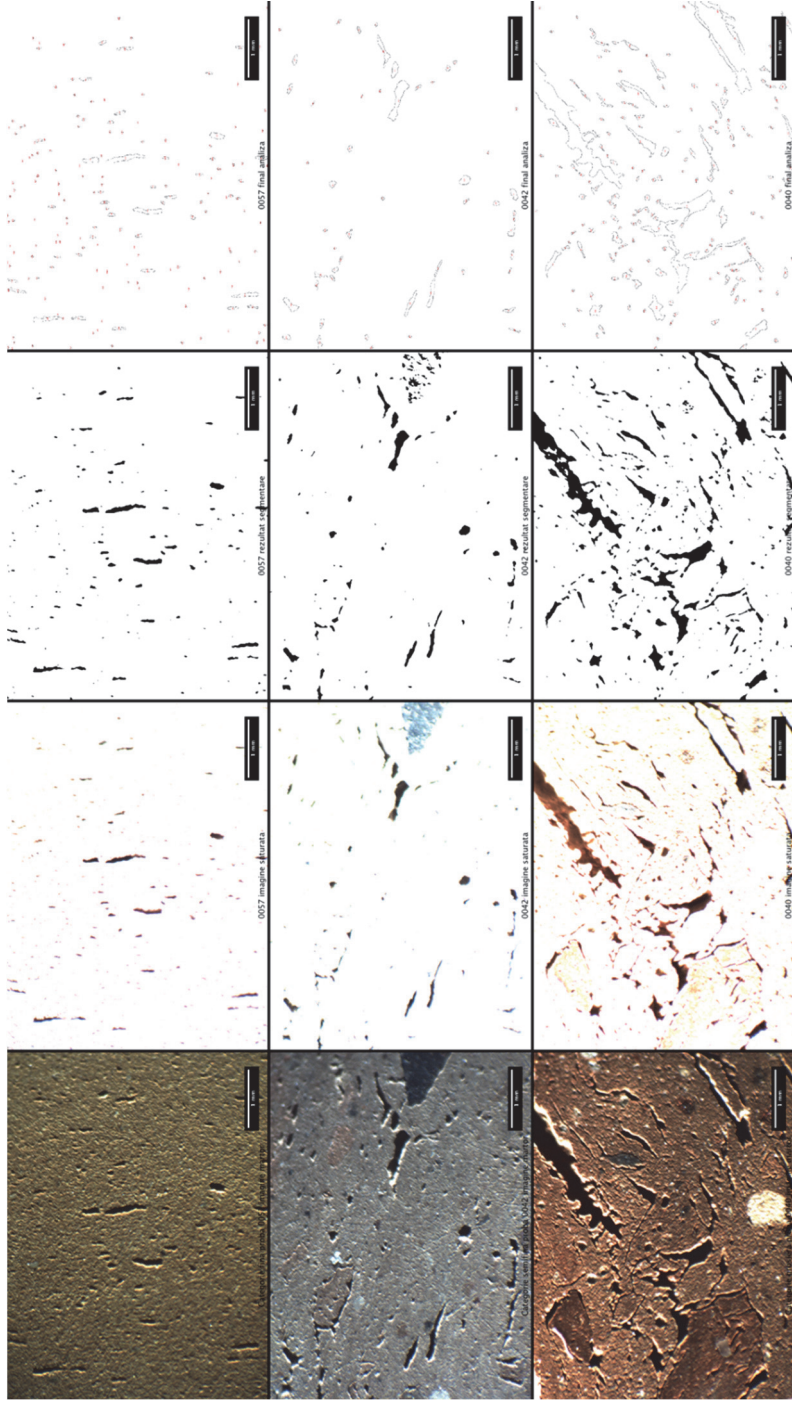
⁴² P. Quinn, P. Day, V. Kilikoglou, E. Faber, S. Katsarou-Tzeveleki, A. Sampson, *Keeping an eye on your pots: the provenance of Neolithic ceramics from the Cave of the Cyclops, Youra, Greece*, in *Journal of Archaeological Science*, 37, 2010, p. 1042-1052; P. D. Tomkins, P. M. Day, *Production and exchange of the earliest ceramic vessels in the Aegean: a view from Early Neolithic Knossos, Crete*, in *Antiquity*, 75, 2001, p. 259-260.

List of Illustrations:

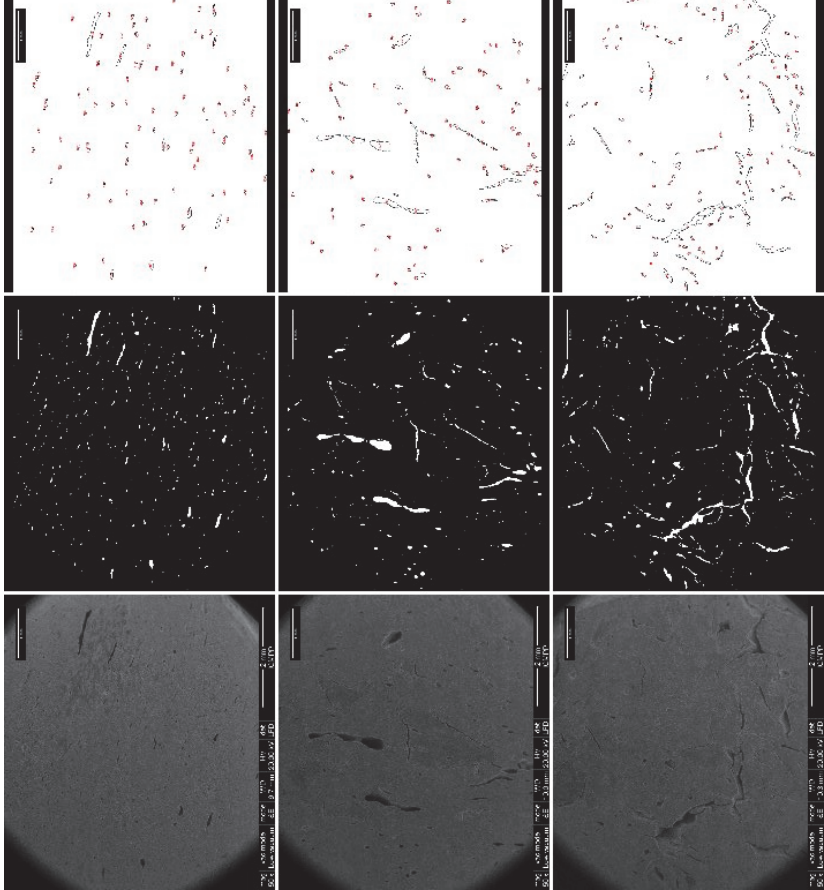
- Plate 1. Illustration of the image segmentation process of photographs obtained through optical microscopy.
- Plate 2. Illustration of the image segmentation process of micrographs obtained through scanning electron microscopy.
- Plate 3. Comparative view of the variation in the average of measurements acquired through optical and electronic microscopy.
- Plate 4. a-c: verification of the silhouette index of the clusters; d-f: graphical representation of cluster distribution.
- Plate 5. Characteristics of the distribution of the values of the three cluster classes.

List of Tables:

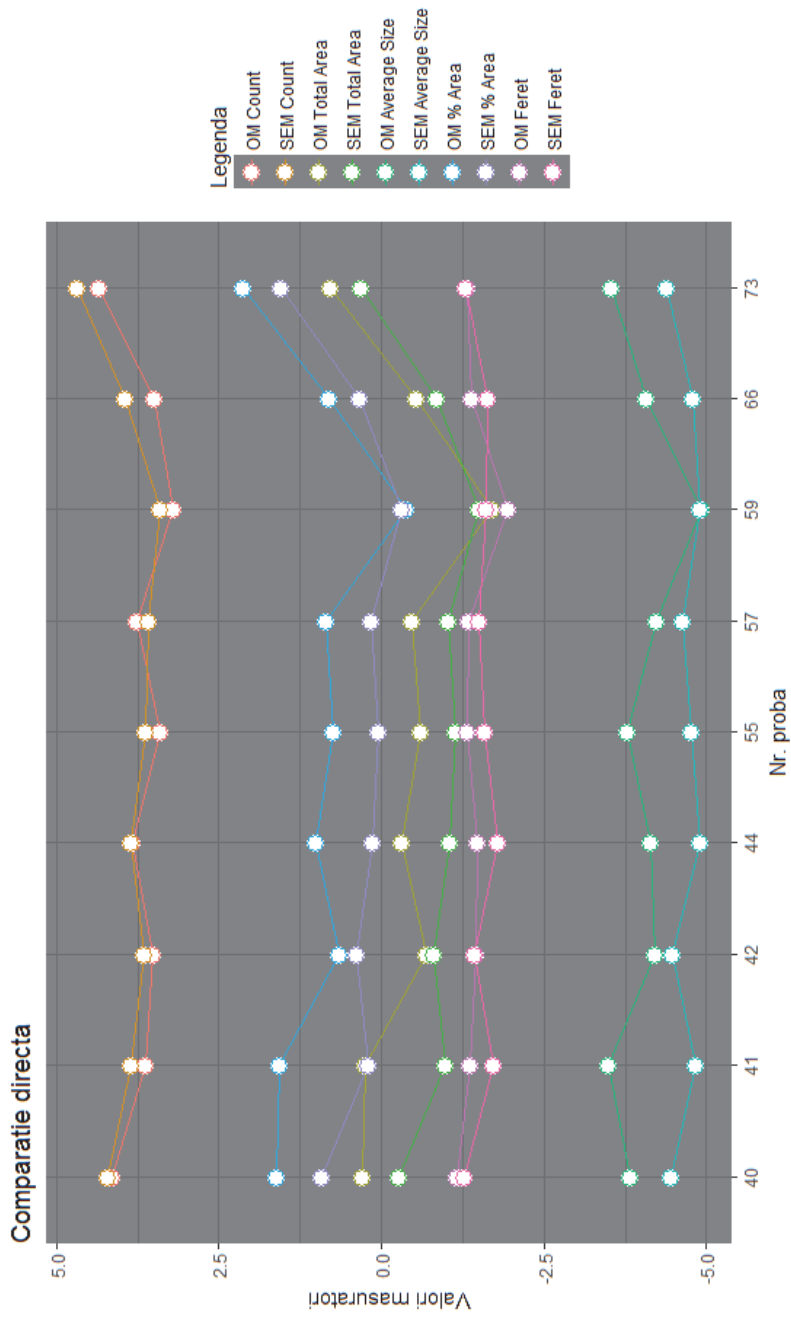
- Table 1. Average values of the measurements performed on each analysed image.
- Table 2. Preliminary determination of the type of distribution and correlation between the analysed variables.
- Table 3. Correlation values of the analysed variables.
- Table 4. Significance indices of the correlation values of the analysed variables.
- Table 5. Correlation matrix of the analysed variables.
- Table 6. Correlation matrices of the variables for each ceramic category.
- Table 7. Tendency of cluster formation expressed through Hopkins index values.
- Table 8. Summary statistics for cluster class 1 of fine pottery.
- Table 9. Summary statistics for cluster class 1 of intermediate pottery.
- Table 10. Summary statistics for cluster class 1 of coarse pottery.
- Table 11. Summary statistics for cluster class 2 of fine pottery.
- Table 12. Summary statistics for cluster class 2 of intermediate pottery.
- Table 13. Summary statistics for cluster class 2 of coarse pottery.
- Table 14. Summary statistics for cluster class 3 of intermediate pottery.
- Table 15. Summary statistics for cluster class 3 of coarse pottery.



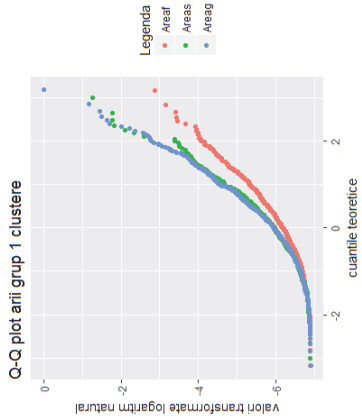
Planşa 1. Ilustrarea procesului de segmentare a imaginilor obținute cu ajutorul microscopiei optice



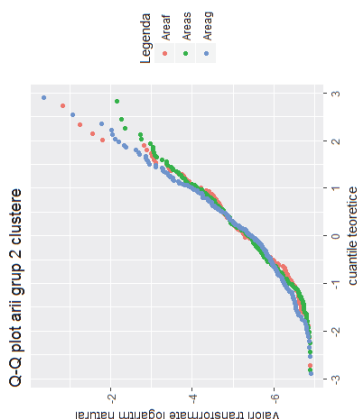
Planşa 2. Ilustrarea procesului de segmentare a imaginilor obținute cu ajutorul microscopiei electronice de baleiaj



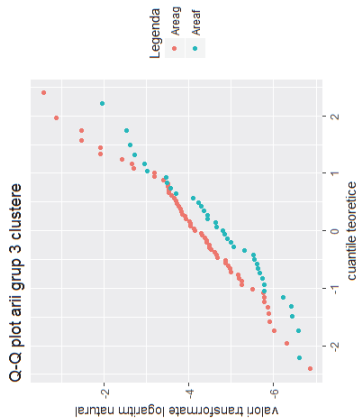
Planşa 3. Privire comparativă asupra variației mediei măsurătorilor efectuate cu ajutorul microscopiei optice și electronice



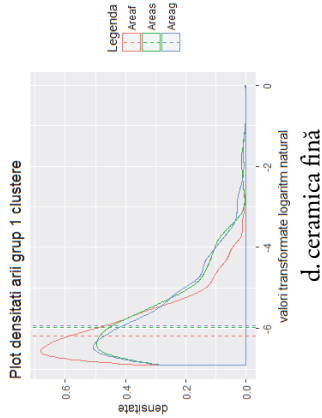
a. ceramica fină



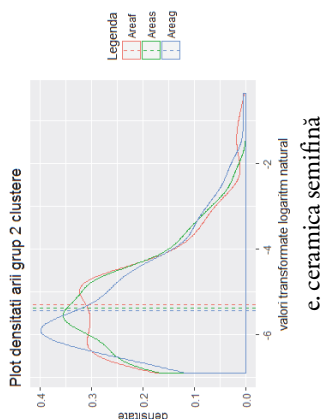
b. ceramica semifină



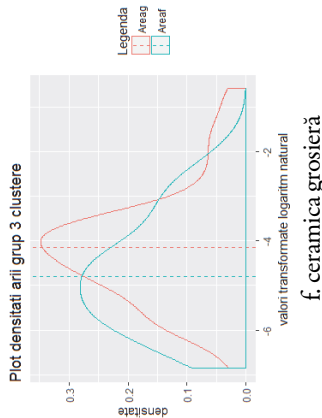
c. ceramica grosieră



d. ceramica fină



e. ceramica semifină



f. ceramica grosieră

Planșa 5. Caracteristicile distribuției valorilor celor trei clase de clustere

Imagine	OM Count	OM Total Area	OM Average Size	OM %Area	OM Feret	OM MinFeret	SEM Count	SEM Total Area	SEM Average Size	SEM %Area	SEM Feret	SEM MinFeret
0041_001	19	0.395	0.0208	1.4904	0.2423	0.1169	56	0.4404	0.0079	1.4662	0.1803	0.0741
0041_002	50	2.685	0.0537	10.1303	0.3145	0.158	52	0.4073	0.0078	1.3559	0.1869	0.0732
0041_004	45	0.7405	0.0165	2.794	0.2033	0.103	31	0.2485	0.008	0.8273	0.1743	0.0768
0042_002	32	0.4877	0.0152	1.8399	0.2389	0.0829	26	0.2658	0.0102	0.8849	0.2094	0.0736
0042_003	33	0.4056	0.0123	1.5304	0.2245	0.082	42	0.496	0.0118	1.6513	0.2368	0.0731
0042_004	36	0.6235	0.0173	2.3524	0.2512	0.0975	48	0.5497	0.0115	1.83	0.2629	0.0713
0044_001	49	0.7182	0.0147	2.7096	0.2264	0.0833	51	0.3376	0.0066	1.1239	0.1513	0.0699
0044_002	54	0.9541	0.0177	3.5999	0.2389	0.0885	42	0.3434	0.0082	1.1433	0.1855	0.0726
0044_003	35	0.5324	0.0152	2.0086	0.2196	0.0831	47	0.3572	0.0076	1.1892	0.1652	0.0701
0055_001	30	0.2956	0.0099	1.1151	0.1896	0.0819	36	0.3074	0.0085	1.0235	0.2315	0.071
0055_002	19	0.8921	0.047	3.3659	0.4001	0.1313	37	0.2952	0.008	0.9828	0.1876	0.0732
0055_003	42	0.4748	0.0113	1.7913	0.2111	0.0798	39	0.3365	0.0086	1.1202	0.2011	0.0742
0057_001	34	0.7152	0.021	2.6983	0.3133	0.0725	38	0.337	0.0089	1.1219	0.222	0.0612
0057_002	63	0.8388	0.0133	3.1648	0.259	0.0652	52	0.5361	0.0103	1.7849	0.2075	0.0606
0057_003	33	0.3135	0.0095	1.1829	0.221	0.0579	18	0.171	0.0095	0.5691	0.2395	0.0612
0059_001	23	0.1565	0.0068	0.5903	0.1409	0.069	35	0.263	0.0075	0.8755	0.2	0.0619
0059_002	23	0.1681	0.0073	0.6344	0.1309	0.0748	30	0.2005	0.0067	0.6674	0.177	0.0608
0059_004	28	0.2211	0.0079	0.8343	0.1559	0.0677	22	0.1864	0.0085	0.6204	0.2166	0.0651
0066_002	27	0.3807	0.0141	1.4364	0.2042	0.0941	48	0.4536	0.0094	1.5101	0.23	0.0754
0066_003	39	0.9278	0.0238	3.5004	0.3044	0.1054	59	0.5093	0.0086	1.6954	0.207	0.0743
0066_004	33	0.4578	0.0139	1.7272	0.236	0.0928	45	0.2943	0.0065	0.9797	0.1529	0.0664
0073_003	99	2.3199	0.0234	8.7528	0.2367	0.113	91	0.9197	0.0101	3.3974	0.2458	0.0828
0073_001	74	2.5138	0.034	9.4845	0.2931	0.1274	101	1.3413	0.0133	4.9549	0.2752	0.1028
0073_002	60	1.7965	0.0299	6.7779	0.2756	0.1168	135	0.9379	0.0144	7.1586	0.2939	0.1037
0040_002	88	1.9509	0.0222	7.3608	0.3035	0.1039	60	0.7395	0.0123	2.462	0.2804	0.0847
0040_003	64	1.0679	0.0167	4.029	0.2867	0.0986	80	0.7538	0.0094	2.5095	0.2482	0.0717
0040_004	37	0.9741	0.0263	3.6753	0.3474	0.1076	58	0.7644	0.0132	2.5447	0.306	0.09

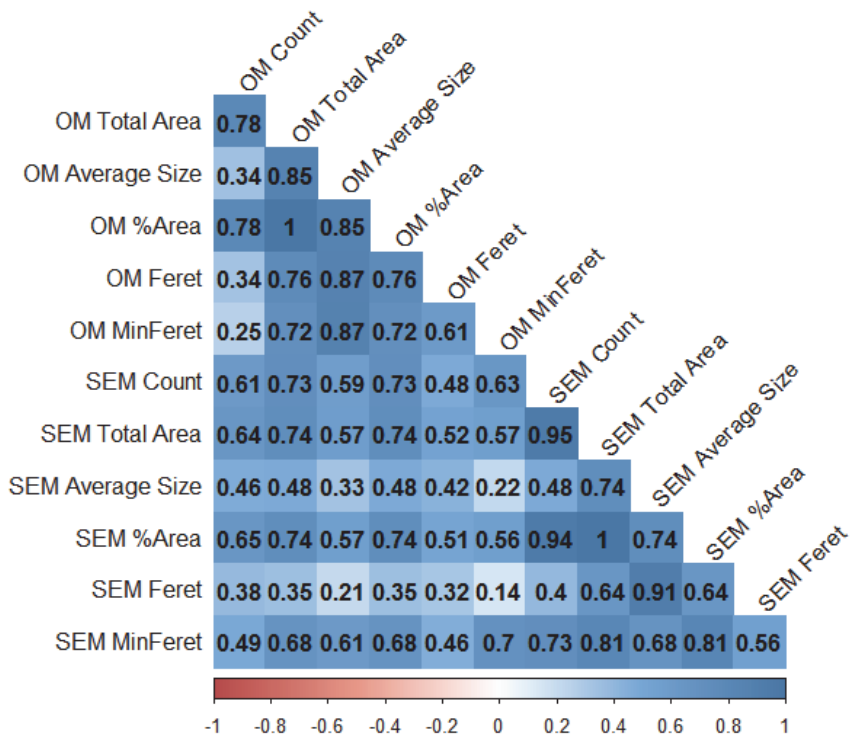
Tabel 1. Valori medii ale măsurătorilor efectuate pe fiecare imagine analizată

	OM Count	OM Total Area	OM Average Size	OM %Area	OM Feret	OM MinFeret	SEM Count	SEM Total Area	SEM Average Size	SEM %Area	SEM Feret	SEM MinFeret
OM Count	1	0.782606	0.341135	0.782603	0.335305	0.25442	0.611472	0.643142	0.464416	0.647457	0.381316	0.488702
OM Total Area	0.782606	1	0.852146	1	0.762518	0.718659	0.728486	0.737041	0.478002	0.737883	0.351612	0.678063
OM Average Size	0.341135	0.852146	1	0.852148	0.869532	0.871814	0.585857	0.571824	0.330404	0.569454	0.209533	0.613214
OM %Area	0.782603	1	0.852148	1	0.762512	0.718663	0.728471	0.73703	0.478005	0.737872	0.35161	0.678061
OM Feret	0.335305	0.762518	0.869532	0.762512	1	0.607943	0.475738	0.522856	0.42451	0.510494	0.316747	0.455926
OM MinFeret	0.25442	0.718659	0.871814	0.718663	0.607943	1	0.632865	0.565758	0.21602	0.564673	0.142968	0.696986
SEM Count	0.611472	0.728486	0.585857	0.728471	0.475738	0.632865	1	0.945019	0.478171	0.944837	0.395788	0.725061
SEM Total Area	0.643142	0.737041	0.571824	0.73703	0.522856	0.565758	0.945019	1	0.739052	0.999256	0.644277	0.807666
SEM Average Size	0.464416	0.478002	0.330404	0.478005	0.42451	0.21602	0.478171	0.739052	1	0.737532	0.914936	0.675079
SEM %Area	0.647457	0.737883	0.569454	0.737872	0.510494	0.564673	0.944837	0.999256	0.737532	1	0.642997	0.813683
SEM Feret	0.381316	0.351612	0.209533	0.35161	0.316747	0.142968	0.395788	0.644277	0.914936	0.642997	1	0.556151
SEM MinFeret	0.488702	0.678063	0.613214	0.678061	0.455926	0.696986	0.725061	0.807666	0.675079	0.813683	0.556151	1

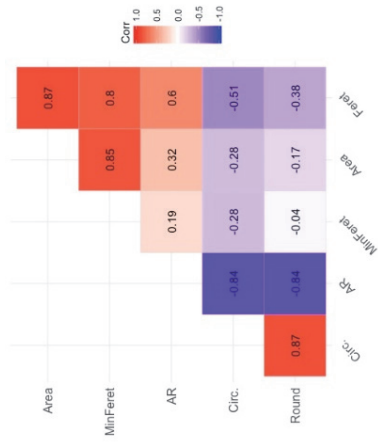
Tabel 3. Valorile de corelație ale variabilelor analizate

	OM Count	OM Total Area	OM Average Size	OM %Area	OM Feret	OM MinFeret	SEM Count	SEM Total Area	SEM Average Size	SEM %Area	SEM Feret	SEM MinFeret
OM Count	#N/A	1.40988E-06	0.081616791	1.41011E-06	0.087311539	0.200318375	0.000702207	0.000296433	0.014669415	0.000261602	0.049705795	0.009692845
OM Total Area	1.40988E-06	#N/A	1.70255E-08	0	3.77993E-06	2.41754E-05	1.64493E-05	1.16064E-05	0.011675902	1.12068E-05	0.072097423	0.000101695
OM Average Size	0.081616791	1.70255E-08	#N/A	1.7022E-08	3.93339E-09	3.19565E-09	0.001323286	0.001832546	0.09232842	0.001933373	0.294202924	0.000671265
OM %Area	1.41011E-06	0	1.7022E-08	#N/A	3.78103E-06	2.41717E-05	1.64596E-05	1.16118E-05	0.011675276	1.12118E-05	0.072098971	0.000101703
OM Feret	0.087311539	3.77993E-06	3.93339E-09	3.78103E-06	#N/A	0.000768715	0.012136094	0.005138832	0.027312566	0.006513645	0.107453372	0.016843233
OM MinFeret	0.200318375	2.41754E-05	3.19565E-09	2.41717E-05	0.000768715	#N/A	0.000396239	0.002100215	0.279162366	0.002151472	0.476836307	5.35742E-05
SEM Count	0.000702207	1.64493E-05	0.001323286	1.64596E-05	0.012136094	0.000396239	#N/A	1.2168E-13	0.011642088	1.26787E-13	0.040996266	1.88466E-05
SEM Total Area	0.000296433	1.16064E-05	0.001832546	1.16118E-05	0.005138832	0.002100215	1.2168E-13	#N/A	1.06724E-05	0	0.000268892	3.53076E-07
SEM Average Size	0.014669415	0.011675902	0.09232842	0.011675276	0.027312566	0.279162366	0.011642088	1.06724E-05	#N/A	1.13718E-05	2.41483E-11	0.000112042
SEM %Area	0.000261602	1.12068E-05	0.001933373	1.12118E-05	0.006513645	0.002151472	1.26787E-13	0	1.13718E-05	#N/A	0.000297667	2.45731E-07
SEM Feret	0.049705795	0.072097423	0.294202924	0.072098971	0.107453372	0.476836307	0.040996266	0.000268892	2.41483E-11	0.000297667	#N/A	0.002592762
SEM MinFeret	0.009692845	0.000101695	0.000671265	0.000101703	0.016843233	5.35742E-05	1.88466E-05	3.53076E-07	0.000112042	2.45731E-07	0.002592762	#N/A

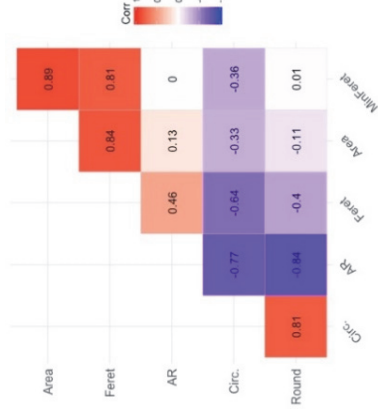
Tabel 4. Indicii de semnificație ai valorilor de corelație ale variabilelor analizate



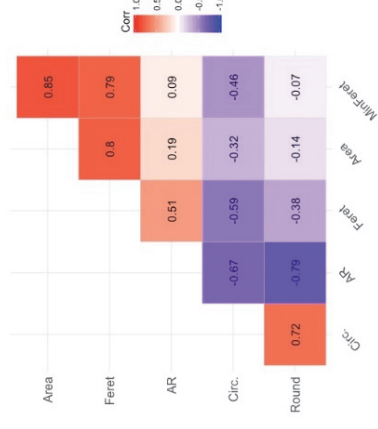
Tabel 5. Matricea de corelații a variabilelor analizate



a. ceramică fină



b. ceramică semifină



c. ceramică grosieră

Table 6. Matrici de corelații ale variabilelor fiecărei categorii ceramice

	Date standardizate cu 6 variabile	Date nstandardizate cu 6 variabile	Date standardizate cu 3 variabile	Date nstandardizate cu 3 variabile
Ceramică fină	0.02449572	0.03849361	0.02478206	0.01966559
Ceramică semifină	0.0614259	0.08986399	0.02348442	0.0177997
Ceramică grosieră	0.03790441	0.06743205	0.02065805	0.05969173

Table 7. Tendința de formare de clustere exprimată în valori ale indicelui Hopkins

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.00101	0.04135	0.02064	1.056	0.2725	0.2779
1st Qu.	0.001404	0.06146	0.03334	1.596	0.3805	0.5786
Median	0.002041	0.07833	0.03931	1.966	0.5086	0.696
Mean	0.00348	0.09294	0.04724	2.134	0.5146	0.6821
3rd Qu.	0.003583	0.10585	0.05275	2.628	0.6267	0.7956
Max.	0.056756	0.38945	0.25885	3.67	0.9475	0.9587

Tabel 8. Statistici sumare ale grupului 1 de clustere pentru ceramica fină

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.00101	0.03946	0.02604	1.013	0.388	0.2432
1st Qu.	0.001543	0.06239	0.0367	1.48	0.4599	0.636
Median	0.002562	0.08212	0.04778	1.781	0.5615	0.7166
Mean	0.007747	0.11487	0.06558	1.819	0.5794	0.7032
3rd Qu.	0.005352	0.11997	0.06995	2.174	0.6756	0.8083
Max.	0.28351	1.0873	0.58271	2.577	0.9874	0.9765

Tabel 9. Statistici sumare ale clasei 1 de clustere pentru ceramica semifină

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.001005	0.04005	0.02523	1.052	0.3652	0.09374
1st Qu.	0.001546	0.06298	0.0367	1.463	0.4547	0.56934
Median	0.002627	0.08156	0.0486	1.78	0.5617	0.69136
Mean	0.009626	0.12551	0.07179	1.826	0.5831	0.66401
3rd Qu.	0.005987	0.13203	0.07473	2.199	0.6833	0.80749
Max.	0.98819	1.9296	1.296	2.738	0.9505	0.96737

Tabel 10. Statistici sumare ale clasei 1 de clustere pentru ceramica grosieră

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.00101	0.06975	0.02047	3.692	0.07079	0.07228
1st Qu.	0.001925	0.1092	0.03117	4.123	0.17276	0.27786
Median	0.005008	0.18418	0.04377	4.74	0.21096	0.33325
Mean	0.015281	0.27098	0.05991	5.245	0.20399	0.34449
3rd Qu.	0.009529	0.27518	0.06199	5.788	0.24257	0.42648
Max.	0.43548	2.8624	0.54956	14.126	0.27089	0.5317

Tabel 11. Statistici sumare ale clasei 2 de clustere pentru ceramica fină

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.00102	0.06094	0.0176	2.59	0.2019	0.1907
1st Qu.	0.002293	0.10076	0.03478	2.895	0.2728	0.3918
Median	0.004576	0.15394	0.05107	3.266	0.3061	0.4755
Mean	0.010287	0.19266	0.06544	3.374	0.3047	0.467
3rd Qu.	0.010347	0.23169	0.08053	3.666	0.3454	0.5519
Max.	0.11626	0.76772	0.26376	4.954	0.3862	0.6656

Tabel 12. Statistici sumare ale clasei 2 de clustere pentru ceramica semifină

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.001005	0.06094	0.02132	2.747	0.1707	0.08397
1st Qu.	0.002401	0.10648	0.03558	3.074	0.2463	0.33082
Median	0.004311	0.1532	0.04932	3.467	0.2884	0.44353
Mean	0.01617	0.23823	0.07752	3.682	0.2827	0.41527
3rd Qu.	0.011332	0.25799	0.07967	4.06	0.3253	0.50441
Max.	0.68801	2.5274	0.6584	5.859	0.364	0.67513

Tabel 13. Statistici sumare ale clasei 2 de clustere pentru ceramica grosieră

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.001347	0.1028	0.02029	5.081	0.08858	0.09927
1st Qu.	0.003598	0.1674	0.03463	5.611	0.14122	0.22707
Median	0.008274	0.2822	0.05578	6.24	0.16025	0.28707
Mean	0.020316	0.3633	0.07354	6.718	0.15584	0.27174
3rd Qu.	0.024533	0.4873	0.09754	7.081	0.17823	0.31202
Max.	0.14058	1.0571	0.24646	11.289	0.19681	0.38172

Tabel 14. Statistici sumare ale clasei 3 de clustere pentru ceramica semifină

	Area	Feret	MinFeret	AR	Round	Circ.
Min.	0.001057	0.1107	0.0174	5.929	0.04955	0.07881
1st Qu.	0.006875	0.2577	0.04958	6.542	0.10919	0.14914
Median	0.01578	0.4249	0.07319	7.38	0.13549	0.20411
Mean	0.044476	0.617	0.10461	8.137	0.13073	0.1973
3rd Qu.	0.029183	0.629	0.10781	9.159	0.15287	0.24359
Max.	0.55664	2.8917	0.63806	20.183	0.16865	0.34789

Tabel 15. Statistici sumare ale clasei 3 de clustere pentru ceramica grosieră