

UDK  
903.02:666.32  
UDC

## NASTANAK GLINE, TEHNOLOGIJA I MINERALOGIJA KERAMIKE

*Romuald ZLATUNIĆ*

Stručni rad

Romuald ZLATUNIĆ  
Arheološki muzej Istre  
Carrarina 3, 52100 Pula, HR  
e-mail: romuald.zlatunic@pu.htnet.hr

Primljeno: 02.10.2006.  
Odobreno: 21.06.2007.

*U ovom članku ukratko se prikazuje proces nastanka i taloženja glina, predstavlja različite vrste glina te njihov mineraloški sastav i osobine, zatim tehnike oblikovanja, ukrašavanja te, konačno, tehnologiju pečenja i presjek profila keramičkih ulomaka. U posljednjem dijelu članka opisuju se različite metode mikroskopskih i kemijskih analiza ulomaka keramike koje se koriste u mineraloško-arheološkim analizama.*

**KLJUČNE RIJEČI:** *glina, vrste glina, mineraloški sastav, tehnike oblikovanja, pečenje keramike, mikroskopska analiza*

### Uvod

Pod pojmom “keramika” podrazumijevaju se svi tehnološki procesi u proizvodnji, od lončarske vještine do proizvodnje posuda te drugih proizvoda od gline, kao građevinski materijal prije i poslije pečenja na visokoj temperaturi. Keramički proizvodi dijele se u dvije skupine, i to u: grubu građevinsku keramiku (kao npr. opeke, crjepovi – kanalice, glinene cijevi ... itd.) i finu keramiku za svakodnevnu uporabu (npr. terakote i porculan ... itd.). Različite vrste fine

keramike nastaju promjenom sastava smjese same gline prije i poslije pečenja na velikim temperaturama te primjenom različitih načina glaziranja površine keramičke gline. Keramički proizvodi prema svojoj masi dijele se na: poroznu ili gustu i prema izgledu površine (obojena ili bijela). Obojenu i poroznu masu imaju keramičke posude majolike, fajanse, itd., dok obojenu gustu masu imaju građevinski materijali, kao što su klinkeri za fasade, kamenina za kade, kanalizacijske cijevi, pločice za zidove i podove, terakote.

Proces keramičke proizvodnje obuhvaća pročišćavanje gline izmuljivanjem (samo za finije produkte), pripremu smjese od gline, pijeska, glinenca i vode, ručno ili strojno oblikovanje dobivenoga tijesta, sušenje izrađevine, pečenje i eventualno pokrivanje ili prekrivanje glazurom uz ponovno pečenje. Čistoća sirovina, sastav smjese i temperatura pečenja različite su za različite tipove keramičkih produkata.

## **Proces nastanka gline, tipovi glina, mineraloški sastav i osobine glina**

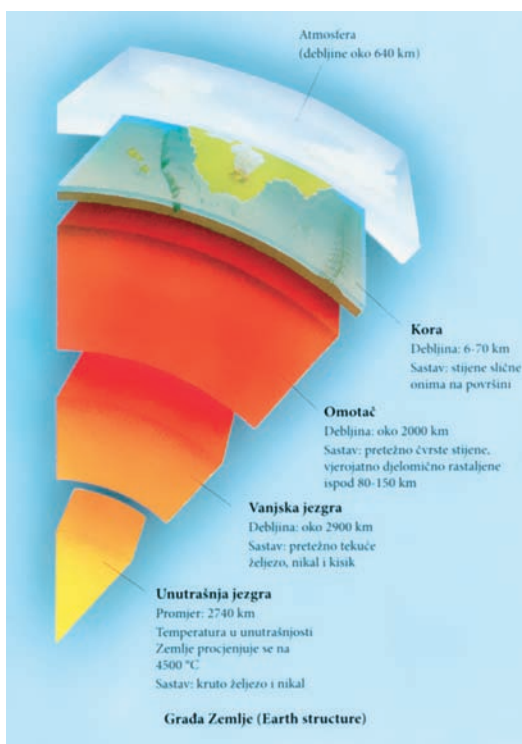
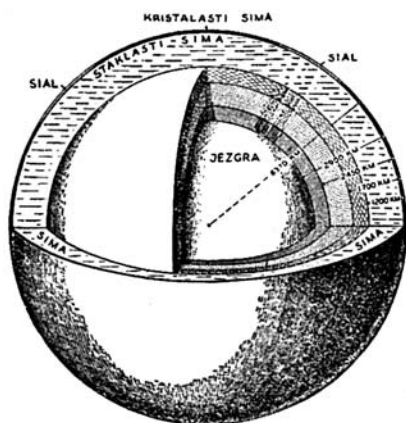
### *Struktura zemlje i proces nastanka gline*

Struktura našeg planeta sastoji se od tri glavna sloja i više podslojeva:

- a) vanjskog sloja ili Zemljine kore (litosfera)**, dubine 10–70 km, sastavljene od dva dijela. Prvi, gornji, predstavlja stijene gdje prevladavaju metali silicija i aluminijska i nazivamo ju sial, specifične težine 2,6–2,95 g/cm<sup>3</sup>. To su magmatske sedimentne stijene (granit) i usjeci. Drugi, donji sloj predstavljaju teške stijene koje se baziraju na rudama s malo silicija, a više magnezija, specifične težine 3–3,6 g/cm<sup>3</sup> (bazalt i peridotit). Taj podsloj zovemo sima. Oba sloja predstavljaju 1,5 % ukupne Zemljine mase (sl. 1–2).
- b) srednjeg sloja ili plašta (halkosfera)**, polumjera približno 2900 km, sastavljenog vjerojatno od tekućeg oksida željeza i kroma, specifične težine 3,3–6,5 g/cm<sup>3</sup>. Ovi podslojevi predstavljaju 80 % Zemljine mase, sastavljeni su od čvrste stijene, dok je donjem podsloju halkosfere, na dubini oko 2000 km, koja se sastoji rastaljene mase čvrstih stijena, temperatura približno jednaka kao i u jezgri;
- c) jezgre** koju sastavljaju dva podsloja (vanjska i unutrašnja jezgra) koja se po kemijskim i fizičkim svojstvima razlikuje od ostalih slojeva, debljine približno oko 2740–6500 km, sastavljena vjerojatno od krutog željeza i nikla, specifične gustoće između 9–11 g/cm<sup>3</sup>, s mogućom temperaturom od 1000 do 4500° C. Zemlju obavija plinoviti omotač s kojim kruži zajedno oko svoje osi. Visina

atmosfere iznosi oko 500 km. Najvažniji dio atmosfere predstavlja sloj **troposfere** u kojoj nastaju različiti strujni tokovi vjetrova i padaline koje direktno utječu na površinski sloj litosfere. Visina troposfere iznosi oko 11 km (Us 1958, 151-154; Tajder 1966, 55-61; Grimshaw 1971, 37-39; Grgić et al. 2007, 4-5).

Glina je mineraloški sediment nastao raspadanjem različitih magmatskih, i silikatnih stijena pod djelovanjem atmosferlija i drugih utjecaja (mehaničko, kemijsko i organsko raspadanje). Sastoji se od mineraloških čestica aluminijevih silikata (kaoliniti - montmoriloniti, iliti, haloziti, nontroniti, alofani, itd.) i raznih drugih primjesa: kremena, hidroksida željeza, karbonata, glinenaca (ortoklasa), organskih ostataka (humusa i ugljenih materija) (Tajder 1966, 111-112, 142-144; Tišljar 1994, 116, 149-163; Grgić et al. 2007, 5; Hrvatska enciklopedija vol. 4, 2002a, 228; Liebscher - Willert 1955, 10; Grimshaw 1971, 39-40; Rice 1987, 31-32; Henderson 2000, 110-112).

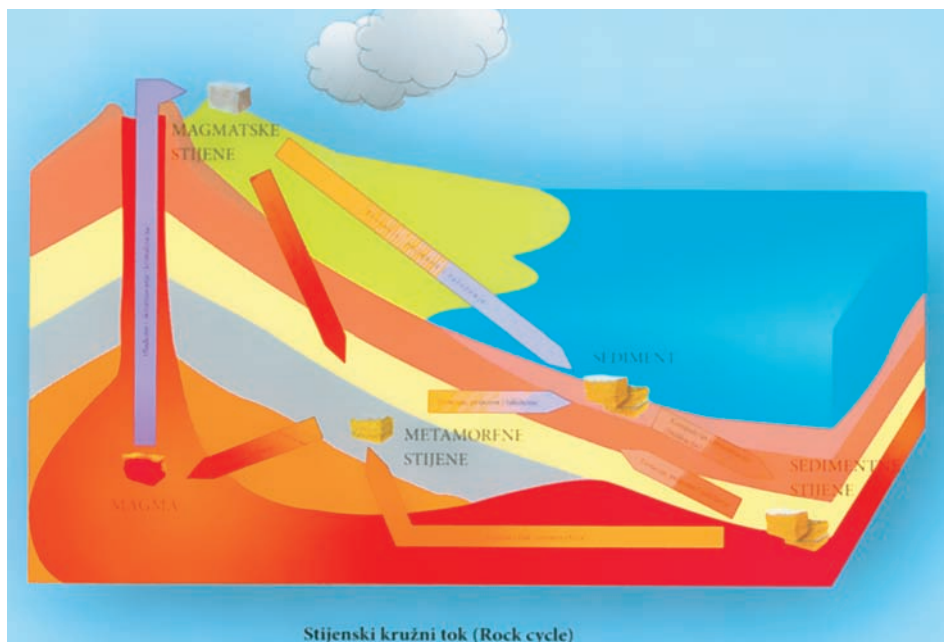


Sl. 1 - 2 Struktura i grada zemlje (Tajder 1966, 56, 57, sl. 37, 39; Grgić et al. 2007, 4)

Među gline možemo uvrstiti i crvenicu (*terra rossa*) koja površinski zauzima veliko područje krša od alpskog područja Slovenije, preko Istre, Primorja i Gorskog kotara, Like i Dalmacije u Hrvatskoj, Hercegovine i Crne Gore. Crvenica pred-

stavlja netopljiv ostatak vapnenačkih i dolomitskih stijena, koji u svom sastavu imaju hidrokside željeza (lemonita i hematogelita) i aluminija (amorfni aluminijski monohidroksid) (Tajder 1966, 113-114; Durn 1996, 20-23, 25-30).

Mehaničko raspadanje uzrokuje atmosferske promjene temperature, mraz, padaline i vjetar. Temperaturne razlike tijekom dana i noći u toplim krajevima djeluju destruktivno na stijene. U hladnim krajevima razaranje uzrokuje smrzavanje vode u šupljinama stijena, pritom se stijene lome i padaju niz planine u dolinske predjele (sl. 3). Vode planinskih potoka i rijeka kao i ledenjaci odvlače te produkte raspadanja dalje, ostavljajući ih bilo gdje u obliku nanosa. Isto djelovanje ima vjetar, iako je slabijeg intenziteta. Kemijsko raspadanje izaziva materijalnu promjenu minerala iz kojih su sastavljene stijene. Veoma razarajuće djelovanje na stijene, uz pomoć kiše, ima ugljični dioksid. Velik utjecaj u raspadanju imaju topli i hladni mineralni izvori, plinovi, vulkanske pare i vode u močvarama koje sadržavaju kiselinu niske pH vrijednosti.



Sl. 3 Shema stijenskog kružnog toka (Grgić et al., 2007, 5)

Organsko raspadanje izazivaju niža živa bića (mikrobi i bakterije), koji prodiru u najsitnije pukotine stijena, nastanjuju se i umiru, gdje s plinom ugljikom stvaraju potrebne uvjete za nastanak humusa. Daljnjim se tijekom na tim prostorima

naseljavaju biljke (gljive, lišajevi i mahovine) koje svojim korijenjem razaraju stijene. Isto djelovanje imaju i sitne životinje kao što su larve, mravi, gliste, miševi, zečevi koji buše tlo i iznose na površinu dublje slojeve zemlje, koja zbog atmosferilija nastavlja proces raspadanja (Tajder 1966, 106-110; Tišljar 1994, 27-28; Liebscher - Willert 1955, 10; Grimshaw 1971, 44-45; Rice 1987, 35; Grgić et al., 2007, 5).

Prema postanku, gline mogu biti sedentarne, transportirane, odnosno one gline koje su nastale na mjestima raspadanja minerala, redovito nisu uslojene, a one koje su nastale transportom su slojevite. Transportirane gline su riječnog, glacijalnog, potočnog, jezerskog, spiljskog, eolskog i morskog podrijetla (Tajder 1966, 120-122; Tišljar 1994, 18-26; 284-384; Grgić et al. 2007, 5; Hrvatska enciklopedija vol. 4, 2002, 227-228; Grimshaw 1971, 40-43; Cuomo di Caprio 1988, 27-28; Rice 1987, 36-37; Henderson 2000, 111).

### ***Vrste glina***

Gline (glinena tla i glinene stijene) predstavljaju 70% svih sedimentnih stijena, a dijelimo ih u dvije glavne skupine i to:

**a) Primarne** - nalazimo ih na mjestu postanka ili malim pomakom od njihova prvobitnog ležišta. U ovoj skupini prevladavaju *kaolini*, koji nastaju raspadanjem granita i porfira. Oni imaju bijelu ili žućkastobijelu boju i neraspadnute dijelove ostatka stijena (kvarc, liskun ili tinjac i feldspat). Postanak kaolina veže se uz djelovanje humusnih voda i stvaranja mrkog ugljena ili raspada feldspata pod djelovanjem vulkanskih voda koje sadržavaju ugljičnu kiselinu. Osobine kaolina su srednja plastičnost, mala vezivna moć, veliko sakupljanje poslije pečenja i visoka otpornost na velike temperature (Tajder 1966, 144; Grimshaw 1971, 272; Liebscher - Willert 1955, 11-12; Cuomo di Caprio 1988, 21-22; Henderson 2000, 112).

**b) Sekundarne** - nastaju premještanjem ili transportom prvenstveno vodom od mjesta nastajanja. Tijekom transporta i dužoj izloženosti vodi, intenzivira se fizičko čišćenje u odnosu na veličine zrna i njihovo usitnjavanje. Veće i teže grumenje ili zrna kvarca tijekom ovoga prirodnog miješanja brže se talože nego manji minerali gline. Zbog toga gline sadržavaju mnogo više sastojaka od sirovih kaolina. Zbog izloženosti vodi, povećava se i njihova plastičnost. Obje skupine glina ističu se vatrostalnošću i velikom izdržljivošću na visokim temperaturama. Omekšavaju i otapaju se na 1580° C. To su visoke vatrostalne gline i označavamo ih Sergerovim konusom (26 SK). U ove gline spadaju: kaolini,

škriljevci i gline bogate ugljikom, feldspati ili glinenci, neki oksidi metala i kalcijeva karbonata. Njihova otpornost je ispod 22 - 26 SK (Liebscher - Willert 1955, 11-12; Rice 1987, 36-37; Grimshaw 1971, 272; Henderson 2000, 112).

Premda pojam gline predstavlja zajedničko ime svih sirovina, od najčistije kaolinske baze do nečiste ilovice za proizvodnju opeka, ipak ih dijelimo u više skupina:

- gline prve skupine, s visokim udjelom aluminijeva oksida, bez primjesa oksida željeza
- gline druge skupine, s visokim sadržajem aluminijeva oksida i manjim količinama oksida željeza
- gline treće skupine, s malom količinom aluminijeva oksida i većim postotkom oksida željeza
- gline četvrte skupine, s malom količinom aluminijeva oksida i većom količinom oksida željeza i kalcijeva karbonata.

U prvu skupinu glina spadaju svi kaolini, kao i gline za proizvodnju porculana. Drugu skupinu predstavljaju gline za bolje proizvode keramike. Treća skupina obuhvaća gline za proizvodnju opeka crveno pečene glinene keramike. Četvrtoj skupini pripadaju obična *ilovača i lapor* (Tajder 1966, 206; Hrvatska enciklopedija vol. 4, 2002, 228; Liebscher - Willert 1955, 12; Henderson 2000, 114-115).

### **Svojstva i mineraloški sastav gline**

Kompaktnost i plastičnost gline ovisi od količini postotka vode u glini (što je manji postotak vode to je veća plastičnost). Čiste gline bez primjesa, odlikuju se velikom plastičnošću, imaju izrazitu vezivnu moć zadržavanja velikog broja neplastičnih primjesa, ne gube na kvaliteti jer mijenjaju na bolje svoja svojstva čvrstoće, boje, vatrostalnosti. Zbog svoje glatke površine tj. pomalo masnog sjaja te gline nazivamo *masnim glinama*. Drugi tip glina su *posne gline*. Imaju hrapave površine, lako se rastvaraju u vodi, primaju malo vode, vezuju malo neplastičnih primjesa i nisu sklone deformacijama. Sinterirane su tek na visokim temperaturama i lako se lijevaju u gipsanim kalupima (Tajder 1966, 143; Liebscher - Willert 1955, 15-16; Shepard 1980, 17-21; Henderson 2000, 112-113, 115-118).

Pod pojmom plastičnosti gline smatra se sposobnost gline (koja je natopljena izvjesnom količinom tekućine - vode) da se izradi glinena smjesa, koja pritiskom dobiva željeni oblik, a nakon pritiskanja taj oblik zadržava (Liebscher - Willert 1955, 15-16; Grimshaw 1971, 46; Shepard 1980, 24-31, 51-54; Cuomo di Caprio 1988, 39-42; Henderson 2000, 117-118). Prema stupnju plastičnosti, gline dijelimo u tri grupe:

- plastične smjese (gline i kaolini), koje skupa s vodom stvaraju masu, primjerenu za modeliranje
- neplastične smjese koje sadržavaju talitelje (feldspat, kalcijev karbonat, pijesak, kremen, liskun ili tinjac) s kojima se mijenja sposobnost smjesa (poroznost, sakupljanje, stabilnost, otpornost na temperaturne promjene, pojave prihvatanja cakline)
- smjese za bojanje površina ili glaziranje.

Kod proizvodnje porculana upotrebljava se smjesa dviju ili više glina s taliteljima (feldspat ili glinenac i kalcijev karbonat) ili nekim drugim sirovinama. Dodavanjem različitih sastojaka u te mase mijenjamo njihov sastav, kvalitetu i prilagođavamo ih različitim namjenama (Horvat 1999, 16; Liebscher – Willert 1955, 10, 15-16). Kod neplastičnih smjesa minerali kremenja daju glinenoj masi boju, veću otpornost na temperature (umanjuje mogućnost puknuća), dok kod kalcijeva karbonata glina dobiva čvrstoću prilikom pečenja na visokim temperaturama. Tinjac ili luskovin (silikat) povećava otpornost na promjene temperatura te zajedno s drugim organskim primjesama uzrokuje da gline tamnosive do crne boje prije pečenja, poslije pečenja postaju svijetle, jer organske smjese u vatri izgore. Rupice u profilu keramike ukazuju na prisutnost organskih primjesa, koje su u trenutku pečenja izgorile (Horvat 1999, 16-17).

Željezni oksidi (talitelji) djeluju na boju predmeta. Nakon pečenja boje keramičkog predmeta ovise o vrsti minerala željeznih oksida i o tipu atmosfere (oksidacijska ili neoksidacijska). Boja čistih glina u sirovom stanju je bijela, žuta (lemonit), crvena (hematit), siva ili crna (sitne čestice ugljena), a poslije pečenja njihova se boja površine mijenja. Zbog toga kod opisivanja keramičkog predmeta ne govorimo o boji gline, već o površini pečenog keramičkog predmeta ili crijepa (Tajder 1966, 143; Liebscher – Willert 1955, 17, 30, 136-141; Horvat 1999, 16-17; Cuomo di Caprio 1988, 43-45).

Osim gore navedenih svojstava glina, važno je istaknuti trenutak skupljanja i čvrstoće gline. Skupljanje gline prilikom sušenja i poslije pečenja je intenzivno, odnosno glineni predmet postaje manji, skuplja se. Ovdje se radi o linearnom skupljanju. Tijekom sušenja na zraku gline gube veće količine vode (ne svu, ostaje oko 6 % kod masnih, a kod posnih glina oko 4 % vode). Kod pečenja gline kemijski se gubi sva voda te nastaje daljnji proces sakupljanja zapremine ili volumena keramičkog predmeta.

Prilikom sušenja na zraku i pečenja u peći, trenutak skupljanja je različit i kod masnih i posnih glina. Masne se gline jako skupljaju prilikom sušenja, dok prilikom

pečenja imaju manji intenzitet gubljenja volumena. Posne gline bogate kaolinom imaju suprotni efekt: pri sušenju se manje skupljaju, dok se kod pečenja njihovo skupljanje intenzivira (Liebscher – Willert 1955, 16–17; Shepard 1980, 50–54).

Čvrstoća gline predstavlja njezinu otpornost prema stupnju lomljivosti uzrokovane udarom, pritiskom ili savijanjem. U osušenom stanju čvrstoća ovisi o stupnju ili jačini povezanosti glinenih masa. Ovisi o:

- vrsti gline, masne gline imaju veću čvrstoću od posnih
- njezinoj preradi, sitnozrnate gline imaju u suhom stanju veću čvrstoću od onih s grubljim zrnima. Osim toga i prisutnost različitih skupina zrnaca određuje čvrstoću gline
- načinu obrade, predmeti iste smjese imaju veću čvrstoću (oni koji su izliveni) od onih koji su izrađeni na lončarskom kolu
- vlažnosti gline, najveću čvrstoću pokazuju glinene smjese koje u sebi nemaju vode (Liebscher – Willert 1955, 17).

Najvažniji elementi gline su tzv. glineni minerali. Pod tim pojmom obuhvaćen je cijeli niz aluminijskih silikata koji sadržavaju vodu.

**a) Kaolinit** predstavlja aluminijski silikat s vodom. Nalazi se u svim kaolinima i glinama. Ima veliku otpornost na visoke temperature, tali se tek na 1750° C. Njegova petrografska slika kristalne rešetke izgrađena je od lističastih kristala heksagonalnog tipa (tetraedri su povezani međusobno u rešetku u jednoj ravnini s preko tri kisika). Dimenzije kristalnih listića iznose od 5 do 10 mikrona. U primarnim sedimentima glina kaolinit se pojavljuje u standardnom obliku, dok je u sekundarnim glinama njihova forma i oblik znatno manjih dimenzija, odnosno imaju oblik malih finih zrnaca, koji su nastali uslijed duže vremenske izloženosti taloženjima i transportu (usitnjavanje i zaobljivanje). Razlike između kaolina i glina nema ako je u njima kaolinit. Glavne razlike su u vrstama i količinama primjese te na stupnju koloidnog svojstva. Veoma je važan za proizvodnju porculana i vatrostalnih materijala.

**b) Haloazit** je amorfn mineral, njegova slika kristalne rešetke je izgrađena od štapičaste forme kristala heksagonalnog tipa i spada u istu skupinu tetraedra međusobno povezanih u rešetku u jednoj ravnini, slični su kaolinitima. Imaju plavičastobijelu, zelenu i sivu boju. Lom im je školjkast. Nalazimo ih u mnogim glinama.

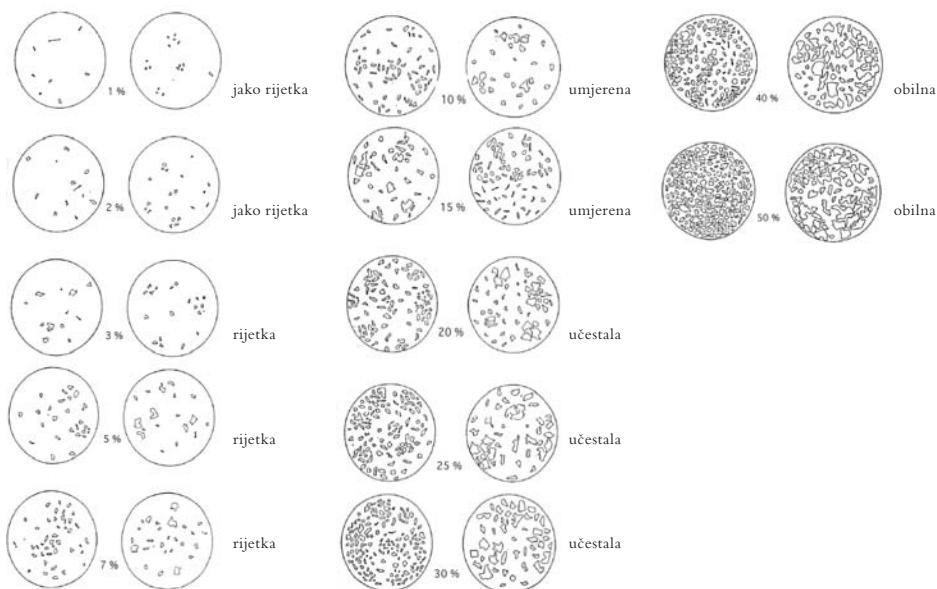
**c) Alofani** su amorfn aluminijski silikati povezani vodom u sebi; imaju apsorbirane manje količine kalcija, kalija, natrija i željeza. Lako se otapaju u klorovodičnoj kiselini. U vodi postaju plastični. Nastaju raspadom silikatnih stijena te su važan sastojak glina.



**d) Montmorilonit** važan je sastojak tropskih tla i *bentonita*. U njegovoj molekuli nalaze se još magnezij i kalcij. Bijelosive je boje, blagog opipa, u dodiru s vodom bubri. U dodiru s većom količinom vode mijenjaju se njegova svojstva, ali nije plastičan. Neravnog je loma, žuto do žućkastobijele boje.

**e) Iliiti** su veoma slični muskovitu, to su tinjcu slični minerali gline, nalaze se (u većim ili manjim količinama) u svim glinama. Od tinjca se razlikuju što imaju veću količinu vode, a manje kalija. Važni su sastojci škripljavih glina (Tajder 1966, 43-44; Liebscher - Willert 1955, 14; Hrvatska enciklopedija vol. 4, 2002, 227; Rice 1987, 45-50; Henderson 2000, 114-115).

Od organskih sastojaka u glini uglavnom nalazimo ostatke **ugljika, biljaka, humusa**, koji im daju uglavnom crnu boju, a nakon pečenja površina gline mijenja se u bijelu boju. Pojedine organske smjese ponekad uzrokuju neugodna bubrenja u samoj glini. Sasvim rijetko se u glini nalaze supstance **gipsa**, minerala **mangana, kobalta i drugih metala**. No, najštetniju ulogu za glinu imaju soli **natrija, magnezija i kalcija** koje pri i nakon pečenja mijenjaju boju površine pečene gline neželjenim tonalitetima (Liebscher - Willert 1955, 15; Henderson 2000, 129-134).



Sl. 4. Tablica učestalosti neplastičnih elemenata u glini na 1 cm<sup>2</sup> (Horvat, 1990)

Osim glinenih minerala i organskih sastojaka, gline sadržavaju još **kvarc (pijesak i kremen)** kao sredstva za omekšavanje gline i ostatke neraspadnutih stijena **feldspat** (*kalija i ponekad natrija ili tinjca - liskuna*) kao talitelje. Osim gore navedenih minerala u glini nalazimo **kalcijev karbonat** o kojem ovisi kvaliteta gline. Ako je kalcijev karbonat fino raspoređen u glini u obliku sitnih zrnaca, njezina je kvaliteta zadovoljavajuća, no čim se nalazi u većim komadima unutar gline, stvaraju se velike kvrge - čvorovi (tehnologija). To vapno koje je u komadima mora se zajedno s glinom samljati i miješati inače dolazi do razaranja gline. Gline koje sadržavaju dosta finoga mljevenog kalcijeva karbonata lakše se miješaju, omekšavaju. Već pri niskoj temperaturi pečenja dobiva se opeka koja ima u sebi do 30 % kalcijeva karbonata (Liebscher - Willert 1955, 14-15). Od ostalih sastojaka možemo navesti **pirit**, koji štetno djeluje na glinu. Njegovi se mali tvrdi kristali teško odstranjuju iz gline, a pri pečenju se stvaraju tamne mrlje. Inače se u glini rjeđe pojavljuje u odnosu na okside željeza ili silikata željeza. Oni sa svojim prisustvom mijenjaju prirodnu boju gline, naročito poslije pečenja (Tajder 1966, 143; Liebscher - Willert 1955, 15, 17; Rye 1981, 29-35; Horvat 1999, 16-17; Henderson 2000, 132-134). Analizirajući sastav gline određuje se mineraloška masa neplastičnih elemenata u njoj (Müller 1994, 88-92, Abb. 25, 91, Abb. 26, 93; 138-140, Abb. 57, 139; Henderson 2000, 112-134), njihova veličina i učestalost na cm<sup>2</sup> (Horvat 1999, 16-17; Dacar 1999, 7-8; Tomaž 1999, 11-12; Henderson 2000, 129). Tako imamo izrađenu određenu shemu za stupnjevanje veličine neplastičnih elemenata (*jako fina do 0,25 mm, fina 0,26 do 0,50 mm, sitna 0,51 do 2,00 mm, gruba 2,01 do 3,00 mm, vrlo gruba iznad 3,01 mm*) i njihovu učestalost u glini koja može biti rijetka, umjerena i gusta (sl. 4).

## **Tehnike oblikovanja, ukrašavanja, obrade, slikanja i tehnologija pečenja**

### ***Tehnike oblikovanja keramike***

U keramičarstvu se upotrebljavaju tri tehnike oblikovanja keramičkih posuda: prostoručna, na lončarskom kolu i lijevanja u kalupu.

**Prva tehnika je prostoručno oblikovanje** i to:

- tehnikom izvlačenja ili gnjetenja - primjerena je za formiranje manjih posuda s ovalnim ili okruglim dnom. U toj tehnici možemo oblikovati cijelu posudu, no najčešće se upotrebljava kao dodatak drugima (poravnanje nejednako debelih stijenki), kao tehnika dorade. U ručno oblikovanu okruglu glinenu masu

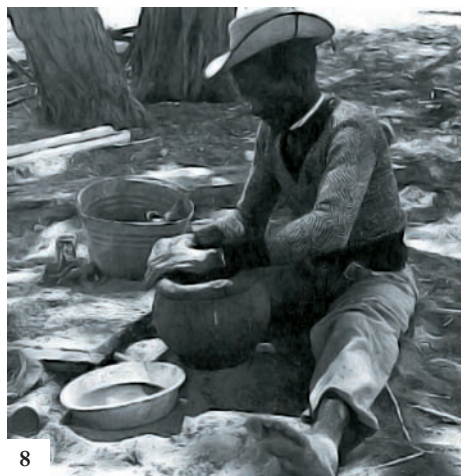
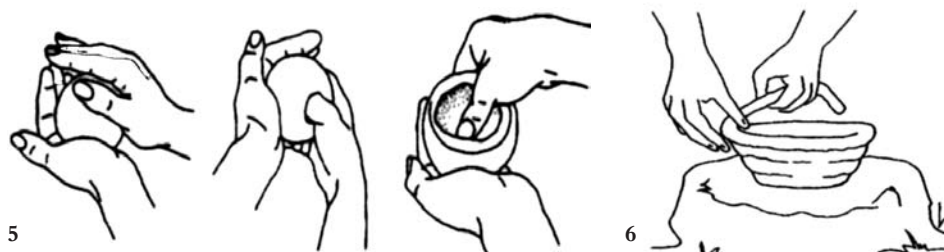
pritisnemo palac, a drugom je rukom vrtimo, tako da vrtnjom i stiskanjem stvaramo glinene stijenke buduće posude i time određujemo njezinu visinu i debljinu (sl. 5, 7).

- tehnikom oblikovanja pomoću glinenih valjušaka ili prstenova – njome izrađujemo jednostavne nesimetrične posude mekih profila (ovalnog i jajastog oblika). Navoji su izrađeni valjanjem gline horizontalno po podlozi ili vertikalno među dlanovima. Postavljamo prvi navoj na podlogu ili dno buduće posude, spoj donjeg navoja sa sljedećim gornjim je u obliku slova U. Pričvršćivanjem novoga navoja na unutarnju, odnosno na vanjsku stijenku donjega, stvaramo otvaranje i zatvaranje posude. Gornji navoj mora se tvrdo spojiti s donjim (dimenzije navoja moraju biti iste), inače dolazi do odvajanja masa (sl. 9-10).

Tehnika oblikovanja s glinenim trakama ili vrpčama (sl. 6, 8), upotrebljava se za izrađivanje jednostavnih posuda s profilom lomljenog oblika. Sloj trake ili vrpce postavlja se s unutaranje strane na nekoliko milimetara pod rubom prije postavljenog glinenog sloja ili trake. Njihove vanjske rubove usmjeravamo prstima nagore, a spoj među njima mora se razliti, dok se njihovi dijelovi preklonih traka moraju slijepiti u jedinstvenu cjelinu (Rye 1981, 16-17, 63; Rice 1987, 124-128; Gibson - Woods 1990, 39-42, 220-221; Cuomo di Caprio 1988, 66-67; Horvat 1999, 18-20).

**Druga tehnika je oblikovanje na lončarskom kolu.** Kolo upotrebljavamo za oblikovanje simetričnih okruglih linija posuda. Poznata su dva tipa izrade na lončarskom kolu: *kolo na ručni pogon* i *kolo na nožni pogon* (sl. 11-12). Brzina vrtnje je oko 50 do 150 okretaja u minuti. Kod kola s ručnim pogonom, upotrebljava se više tehnika oblikovanja – kombinirana izrada posuda, (tehnik oblikovanja štipanjem i navoja zajedno s kombinacijom doradivanja posude na lončarskom kolu (Rye 1981, 21-23, Fig. 12 a, b, c, d, e, f, g, h, i, 64-65; Henderson 2000, 119-121, Fig. 4.7-4.8).

Upotreba lončarskog kola na nožni pogon omogućuje brži postupak proizvodnje, a sama je posuda izrađena i izvučena iz jednog komada gline. Lončar vlažnim prstima oblikuje i izrađuje posudu. Tijekom izrade koristi postupak močenja, centriranja i oblikovanja nastavka posude (sl. 13-14) (otvaranje, povisivanje, postupne promjene oblika od dna prema vrhu, zatvaranje oblika i postupno rezanje s radne površine) (Horvat 1999, 20; Liebscher - Willert 1955, 66-68; Rye 1981, 74-8, Fig. 58-60; Rice 1987, 128-136; Gibson - Woods 1990, 232, fig. 193, 233; Cuomo di Caprio 1988, 69-78).



Sl. 5 - 7 Prva varijanta prostoručnog oblikovanja posuda (Horvat 1999, 18, sl. 1; Gibson - Woods 1990, 222, fig. 182)

Sl. 6, 8 - 10 Druga i treća varijanta prostoručnog oblikovanja (Cuomo di Caprio 1988, 66, fig. 9; Gibson - Woods 1990, 233, fig. 193, 36, fig. 11, 38, fig. 13)



SI. 11 - 12 Tipovi lončarskog kola (Horvat 1999, 20, sl. 4).

Pri okretanju posuda koristi se *tehnika*:

- *obrade i oblikovanja dna zatvorene posude s visokim vratom*, gdje se najprije oblikuje cilindrično ležište, zatim se postavlja posuda na to ležište (naglavačke). Time započinje proces struganja i stanjivanja debljih slojeva gline na posudi i to od dna prema rubu vrata posude. Zatim se označava širina - radijus obruča (budućeg prstenastog dna) i započinje oblikovanje dna od centra prema van, kako bi se kasnije pristupilo obradi ruba prstenastog dna posude (sl. 15);
- *oblikovanje dna otvorene posude* - metode rada su jednake kao i kod obrade dna zatvorenih posuda, razlikuje se jedino po tomu što umjesto cilindričnog ležišta rabimo kladivastu potporu. Dno jednako možemo oblikovati i bez postavljanja potpora tako da rub oboda posude postavimo na radnu površinu lončarskog kola, a posudu centriramo i komadićima gline fiksiramo. Poslije toga započinje struganje i oblikovanje dna posude;
- *oblikovanje oboda i izljeva posude* - radi se vlažnim prstima tako da se preoblikuje rupa kod oboda posude, odnosno vrat posude kojega pričvrstimo u kanal ili rupu koja je izrezana na stijenci posude;
- *oblikovanje cilindričnog lijevka*, rezanje i pričvršćivanje lijevka na stijenku posude;
- *izrade i pričvršćivanja ručke posude* (Horvat 1999, 21-22; Cuomo di Caprio 1988, 73-78).

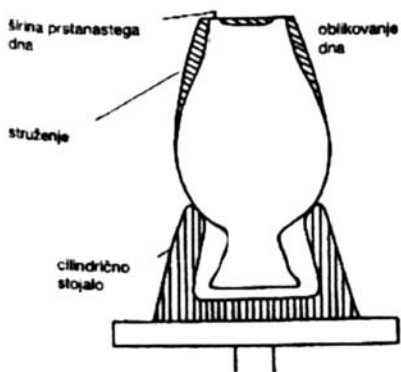
**Treća tehnika izrade keramičkih posuda jest oblikovanje u kalupu.** Kalupe se upotrebljava prvenstveno za izradu posuda zahtjevnijih oblika. Tijekom polagane vrtnje lončarskog kola u kalup se stavlja glina (konkavni kalup), dok se dijelovi meke gline polažu na kalup (konveksni dio). Da ne bi došlo do lijepljenja odljeva za kalup i kasnije do pucanja, upotrebljavaju se odvajajuća sredstva kao što su: pijesak, suha mljevena glina i pepeo (sl. 16).



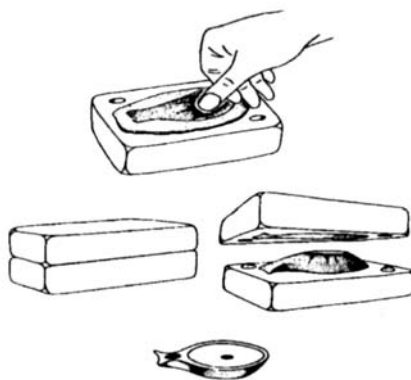
13



14



15



16

Sl. 13 - 15 Tehnika oblikovanja keramičkih posuda na lončarskom kolu (Horvat 1999, 20, sl. 5, 21, sl. 6 i 7; Rye 1981, 88, Fig. 74. e.)

Sl. 16 Treća tehnika oblikovanja keramičkih predmeta u kalupu (Cuomo di Caprio 1988, 83, fig. 14)

Za oblikovanje posude s ukrasom, izrađenim u kalupu, najprije se mora izraditi u debeloj glini osnovu kalupa koja je izrađena na lončarskom kolu. Kada je unutrašnjost budućeg kalupa zaglađena u njega se utiskuje ornament pomoću pečata. Prije nego se otisne motiv, u kalup se ureže nešto uobičajenih vodećih linija. Najprije se otiskuje figuralni motiv, zatim detalji, a kasnije bordure – rubovi. Zbog otiskivanja, kalup ima nepravilan oblik. Radi toga se nakon otiskivanja ponovno centrira i na lončarskom kolu se poravna vanjska površina. Debljina kalupa je oko 1 cm i prije upotrebe se peče.

Pečati su od gline s jedne strane ukrašeni izrađenim ukrasom, dok na drugoj imaju ručku. Da bi dubina otiska i visina reljefa bila jednakomjerna, pečat je izrađen tako da je prilagođen stijenkama kalupa. Pečat koji je uporabljen za izradu zaobljenog kalupa, ne može se upotrijebiti za izradu plosnatog (Liescher – Willert 1955, 65–66, 70–71; Horvat 1999, 22–23; Cuomo di Caprio 1988, 79–84).

Posude s ukrasom izrađenim u kalupu lako se oblikuju na više načina: grudu gline se položi u kalup na lončarskom kolu, gdje se vrtnjom izradi posuda pomoću prstiju, pritiskivanjem ili ulijevanjem gline u kalup.

Kalup se upotrebljava samo za ukrašeni dio posude. Kod pritiskivanja gline u kalup ostavljamo nešto čiste gline za oblikovanje oboda i prstenastog dna. Neki kalupi imaju na dnu širok neornamentirani pojas iz kojega se okretanjem kasnije izradi prstenasto dno. Nakon toga slijedi sušenje gline – posude u kalupu. Kada se glina stisne, većinu vlage upije kalup, posuda se odvaja od kalupa, zatim izvadi iz njega pazeći da se ne ošteti njen reljefni ukras (Horvat 1999, 23).

### ***Tehnika obrade površine***

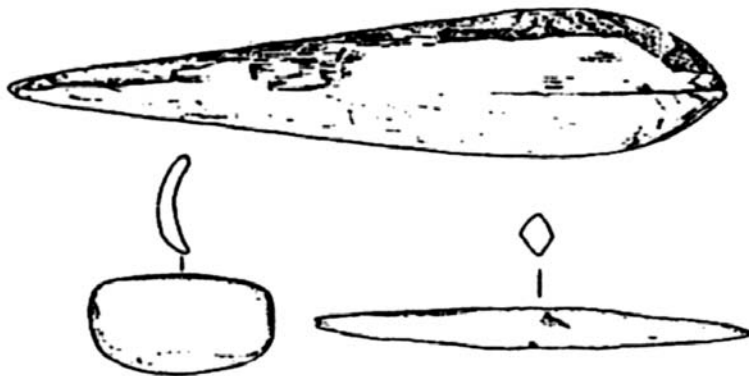
Estetska vrijednost i kvaliteta postiže se izborom glinene mase (za oblikovanje), obradom površine keramičkog predmeta te njenim oblikom. Obrada površine keramike ovisi o tri faktora: obradi još nepečene površine glinene mase, nanošenju dodatnog nanosa na površinu gline (zaštitna ili ukrasna funkcija) i ukrašavanju površine predmeta. Različitim načinima obrade površine kao što su tehnike glađenja, glačanja ili brisanja uklanjamo ili saniramo različite nepravilnosti (ispupčenja, hrapavu površinu, pukotine, udubljenja), koje su nastale tijekom obrade keramičkog predmeta. Ove sanacijske tehnike obrade izvode se samo na površini posude prije pečenja (sl. 17–19).

Prigodom glačanja mokra se površina glinenog predmeta (prije sušenja) briše bez novoga upotrebljavanja vode kao dodatne pomoći kod ravnjanja. Na površinama ostaju vidljivi tragovi i smjerovi brisanja, odnosno izravnana je samo glina između

grubih zrna, a površina ostaje neravna i oštra. Daljnjim postupkom briše se mokra glinena površina (prije sušenja) pomoću vode, na kojoj poslije tog postupka više nema površinske nepravilnosti. Površina gline je glatka s primjetljivim tragovima glađenja. Nakon sušenja ta poluosušena glinena površina jednakomjerno se izgladi i ispolira tako da se eliminiraju preostale manje površinske nepravilnosti (Shepard 1980, 59-60; Horvat 1999, 24-25; Cuomo di Caprio 1988, 107-108; Gibson - Woods 1990, 41, fig. 17, 42).



Sl. 17 - 18 Obrada površine keramike u Namibiji - regija Kavango, (Gibson - Woods 1990, 211, fig. 172, 41, fig. 17)



Sl. 19 Alat za obradu površine keramike (Gibson - Woods 1990, 43, fig. 18)



Nakon toga nanosi se dodatni sloj gline na površinski dio keramike da bi se dobila čvrstoća i veća otpornost predmeta, ali i njegova estetska vrijednost. Nanos se stavlja na glinu prije pečenja kao *glineni premaz* ili engoba na pečenu površinu predmeta kao *glazura*. Postoji više načina nanošenja glinenih premaza i glazura: prelijevanjem (brzo i jednakomjerno se prelije cijela površina, uz istovremeno okretanje predmeta), uranjanjem, kistom i prskanjem.

Glineni premaz (engoba) je tanki sloj na keramici (sl. 20-22), koji prekriva boju posude. To je glinasta smjesa sa ili bez dodatka željeznih oksida. U pravilu je proziran ili bjelkaste boje. Glineni premazi razlikuju se po debljini i gustoći nanosa. Uobičajena debljina nanosa iznosi oko 0,2 mm. Upotrebljava se za premazivanje cijele površine keramičkog predmeta (ima različitu boju od osnove) i za ukrašavanje (podglazura). Ovakav premaz nazivamo engoba (Liebscher - Willert 1955, 141-142; Horvat 1999, 26; Cuomo di Caprio 1988, 98-100; Širec 1997, 132-141).

Obični glineni premaz izrađen je od isprane obične gline. Nanosi se na još vlažnu površinu keramičkog predmeta u tekućem ili kašastom obliku. U tu skupinu ubrajamo obogaćene premaze ili smjese s pigmentima željeznih oksida (*Farbüberzüge/wash*). Prigodom uporabe premaza treba obratiti pozornost na boje koje moraju ostati jasno razgraničene, jer u protivnom dolazi do ljuskanja. Ako je u trenutku nanošenja različitih bojnih premaza površina keramičkog predmeta prevlažna, postoji mogućnost prelijevanja ili miješanja boja.

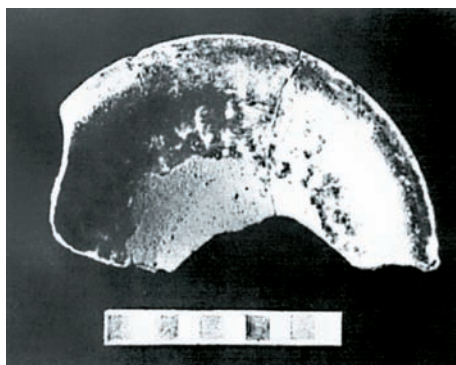
Prozračni nanos je tanki svjetliji sloj, kroz koji se vidi ili zrači boja keramike. Taj namaz nestaje ako se površina keramike premaže s gotovo vodenastim glinenim nanosom (najčešće je to radna voda koju upotrebljava lončar za izradu keramike). Blješteći nanos je tanak glineni premaz (koloidnog sastava), izrađen od fino pročišćene gline, bjelkaste boje (nije glazura), a naziva se firnis ili *gloss*. Zbog posebnog mineraloškog sastava poslije pečenja dobiva jaki sjaj, za razliku od običnih glinenih nanosa koji su bez sjaja (Horvat 1999, 26).

**Glazurama** se poboljšava kvaliteta, vitalnost i otpornost keramičkih posuda, ali i njihova estetska vrijednost. To su tanke staklaste presvlake kojima postizemo da keramičke površine postaju glatke, tvrde, manje porozne na tekućine, plinove i masti, otpornije na atmosferilije i djelovanje različitih kiselina (izuzetak je fluorovodična). Glazure imaju funkciju zaštite dekorativnih glazurnih boja - ukrasa (Liebscher - Willert 1955, 111 - 119, 143 - 156; Shepard 1980, 45-46; Horvat 1999, 27-28; Henderson 2000, 123-127).

Glazuru čine tri komponente: vatrostalni elementi (kremen, glinenac), aluminijev oksid (koji sprječava iskliznuće tekućeg stakla s površine keramike) i talitelj

(njegovim se djelovanjem svi sastojci stvrđavaju u glazuru). Glazure se nanose pomoću kista, prskanjem, uranjanjem, polijevanjem uz istovremeno okretanje posude. Dijelimo ih prema sljedećim svojstvima: prema vrsti mase, od koje je izrađen predmet na koji nanosimo glazuru (lončarska glazura, porculanska glazura), prema glazuri koja se upotrebljava za njihovu pripremu (zemljana glazura), prema sastavu, koji najbolje utječe na svojstva glazure (olovne, borove glazure) i prema postupku pripravljanja (sirove, fritalne, solne glazure).

*Bojane glazure* predstavljaju jednostavno i jeftino ukrasno sredstvo za keramiku, koje dijelimo u tri skupine: prozirne (transparentne) i bojane prozirne glazure (imaju okside boja), neprozirne bijele glazure i neprozirne bojane glazure (imaju okside boja). Bojanom se glazurom ukrašava cijela površina keramičkog predmeta, koju nanosimo na već jedanput pečenu neglaziranu površinu. Pečenje takve keramike odvija se u oksidacijskoj atmosferi (izuzetak čini glazura od bakra koja se peče na redukcijskoj atmosferi). Boja ovisi o vrsti oksida, sastavu glazure, granulaciji glazure, temperaturi pečenja i atmosferi u peći (Henderson 2000, 125-127).



Sl. 20 - 22 Engobirana srednjovjekovna keramika iz Dvigrada (Širec 1997, 139, sl. 4 - 5, 142, sl. 8)

Poznata su tri načina pripravljanja bojanih glazura: a) *mljevenje* pripremljene glazure s manjim količinama željeznih oksida predstavlja *mkro mljevenje* obiju masa u bubnju, b) *pečenje* glazura i željeznih oksida istovremeno kao i nanošenje na površinu keramike, c) *pripremanje* bojane fritane glazure (ima manju vrijednost talitelja), a njih se uvrštava prema Sergerovoj formuli u bezbojne - prozirne glazure.

Bojane glazure upotrebljavaju se u keramičkoj proizvodnji crjepova, opeka, zidnih pločica, izrade porculana i bijelo neprozirnih glazura na starim fajansama i majolikama (sl. 23) (Liebscher - Willert 1955, 116-125, 145-156; Horvat 1999, 28, 42-44).



Sl. 23 Talijanska majolika, tanjur s prikazom ulaza u Jeruzalem (Kučerina 1991, 51, sl. 67)

### ***Tehnike ukrašavanja keramike***

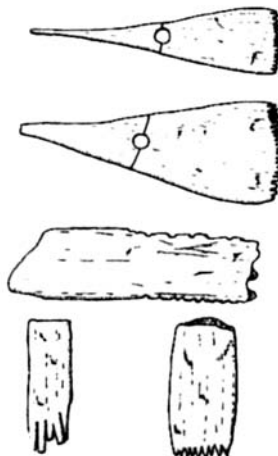
Postoji deset osnovnih skupina tehnika ukrašavanja keramike i niz njihovih podvarijanti (tehnike urezivanja i utiskivanja). Mnoge se koriste samostalno (tehnike urezivanja i slikanja), a često se javljaju i u kombinacijama s drugim tehnikama. Osim likovnog karaktera neke od njih imaju i uporabnu funkciju (tehnika urezivanja i barbotin). Tehnika izrade ornamenta je uvjetovana motivom koji je vezan za pojedino regionalno područje i razdoblje (sl. 24).

Ukrasne ornamente izvodimo na glatkoj ili sirovoj nepečenoj glinenj površini (mokra, polutvrda, tvrda), na pečenoj neglaziranoj površini i na glaziranoj površini keramičkih proizvoda. Tehniku ukrašavanja na sirovoj nepečenoj glinenj površini predstavljju: *urezivanje, utiskivanje, apliciranje, modeliranje, otiskivanje, inkrustacija te slikanje* (Bregant 1968; Rice 1987, 136-148; Horvat 1999; Cuomo di Caprio 1988, 115-121).

**Tehnika urezivanja** sastoji se od: *pravoga urezivanja, žljebljenja, kaneliranja, udubljenja, sgraffita, prodiranja, probadanja, urezivanja alatom sličnom češlju, urezivanjem metlicom*. Tehnika urezivanja pripada grafičkim tehnikama. Različiti oblikovani vrhovi alata (uglata, okrugla, zašiljena), moć pritiska, stanje gline te lončarevo iskustvo omogućavaju široki izbor urezane motivike. Rubovi urezivanja u mekoj glini blago su uzdignuti, dok na tvrdoj površini izgledaju okrnjeno. Dubina i širina izrađenih linija ovisne su o kutu izvedbe te o jačini fizičkog djelovanja osobe koja izvodi ukrašavanje.

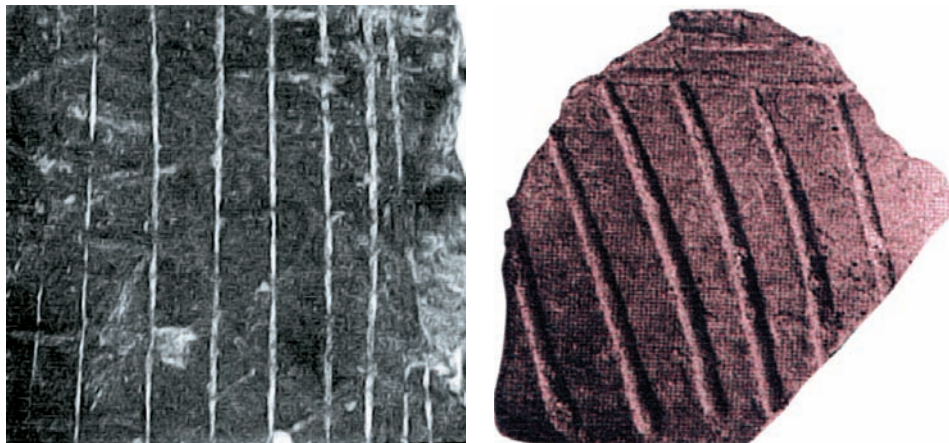


Sl. 24 Ukrašavanje površine keramike tehnikom urezivanja u Namibiji - regija Kavango



Sl. 25 Skica alatki za ukrašavanje površine keramike (Gibson - Woods 1990, 187, fig. 144,44, fig. 19)

**Tehnikom pravog ureza** podrazumijeva se izvedba ukrasa alatom oštrog vrha koji se snažno pritiskuje (pod oštrim ili pravim kutom), tako da reže površinu gline (Shepard 1980, 201, fig. A-b; Horvat 1999, 30, sl. 14. a-b). Presjek urezanih linija je u obliku slova V ili asimetričnog slova V (sl. 24-26).



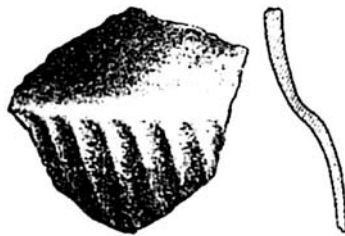
Sl. 26 - 27 Tehnika ureza i žljebljenja (Horvat 1989, 43, sl. 14, 44, sl. 15)

**Žljebljenje** sadržava plitke ili duboke te široke ili uske linije koje se izvode pod oštrim ili pravim kutom (Shepard 1980, 201, fig. a; Rye 1981, 90; Horvat 1999, 30 - 31, sl. 15. a). Presjek linije je u obliku slova U ili asimetričnog slova U. Ta je tehnika zastupljena nešto rjeđe od ostalih (sl. 27).

**Tehnika kaneliranja** izvodi se žljebljenjem plitkih i širokih linija kanelira (sl. 28-29), koji u presjeku imaju oblik širokog i plitkog slova U (Bregant 1968, 24-26; Horvat 1999, 31).



Sl. 28 Prikaz kanelirane keramike vinčanske kulture (Garašanin, 1979, T. XXVI, sl. 2)



Sl. 29 Prikaz kaneliranog ulomka srednjoneolitčke kulture ohridskog područja (Benac, 1979, T. LXXI, sl. 3)

**Dubljenje** predstavlja osnovnu tehniku urezivanja (Bregant 1968, 23-24; Horvat 1999, 31-32). Naime, uskim se rezačem u površinu predmeta najprije zareže i nakon toga izdubi, odnosno izrezuje okolna površina motiva gline. Izrezana površina izravna se i zagladi ili ispuni inkrustacijom. Tom se tehnikom odstranjuje dio glinene mase s površine predmeta (sl. 30-32).



30



32



31

Sl. 30 - 32 Keramika ukrašena tehnikom dubljenja iz hvarske i butmirske kulture (Batović, 1979, T. XCI, sl. 6; Benac, T. LXIII, sl. 4, 6)

**Tehnika sgraffito** zastupljena je izradom ukrasa urezivanjem i grebanjem u jedan ili više slojeva raznobojnih nanosa (engoba). U površinu keramike, presvučene slojem bijele ili obojene engobe prije pečenja, zagrebe se ili ureže slikani motiv šiljkom ili čavlom – klinom (engobirana gravirana keramika). Za sjajnu i neprozirnu keramiku, predmet treba dodatno presvući tankim slojem bezbojne glazure zelenkaste ili sivkaste boje (sl. 33) (Rye 1981, 91-92; Širec 1997, 137-141).



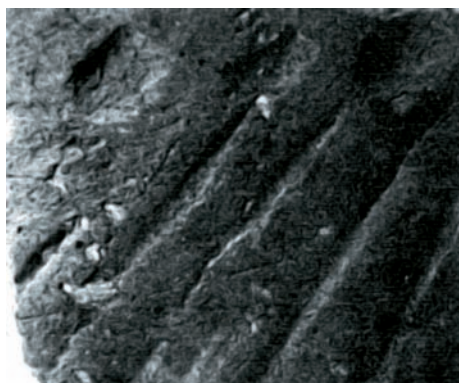
**Tehnika prodiranja** predstavlja jedan oblik urezivanja jednostavnih motiva ili međuprostora geometrijskih ornamenata na površinu polutvrde gline prije pečenja. Kod ponavljanja istih uzoraka upotrebljava se šablona. Za rezanje je potreban oštar rezač – nož. Tijekom rada posuda je osigurana s unutarne i vanjske strane zaštitom da ne bi došlo do lomljenja. Rubovi ornamenta izvedeni su oštro, a lagano

Sl. 33 Keramička zdjela iz srednjega vijeka izrađena u sgraffito tehnici (Širec 1997, 140, sl. 5)

zaobljavanje vlažnom spužvicom daje im djelomičnu oštrinu.

**Bušenje ili ubadanje** vrši se metodom ubadanja, tako da se površina keramike buši, a može biti i u kombinaciji s urezivanjem (sl. 34–35).

**Metličasto urezivanje** vrši se češljem ili alatom sličnim metlici (metličasti ornament). Obje su tehnike slične, razlikuju se samo u konačnoj fazi. Linije urezivanja alatom sličnom češlju slične su linijama kod pravog urezivanja (presjek linije je u obliku slova V), žljebljenju ili kanelirama (presjeci linija su u obliku različitih dubina slova U). Alat sličan metlici ostavlja pliće tragove slične žljebljenju, a rjeđe kanelirama. Tehnikom ukrasa alatom sličnim češlju ili metlici, izdvajaju se motivi u obliku širokih ili užih, valovitih, kosih ili cik-cak pojasa (koji rijetko prekrivaju cijelu površinu predmeta). Metličastim ukrasom prekriva se cijela površina predmeta osim vrata i oboda (sl. 36).

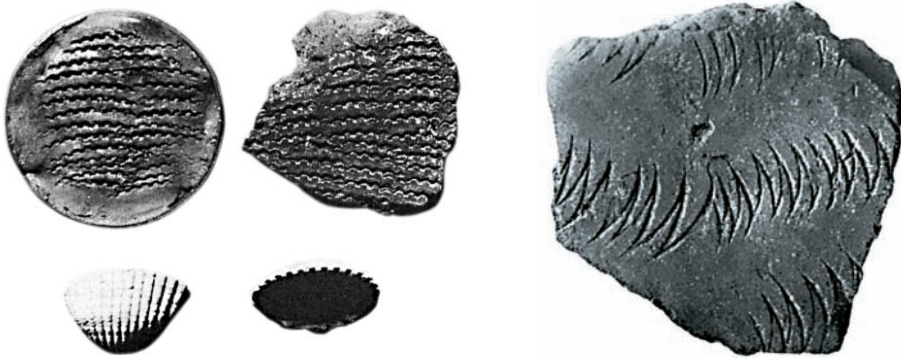


Sl. 34 - 35 Tehnika bušenja ili ubadanja (Horvat 1989, 45, sl. 17, 44, sl. 16)

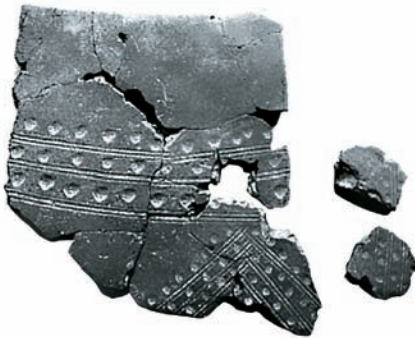
**Tehnika otiskivanja** na polutvrdu glinenu površinu predmeta vrši se pritiskom alatom koji ostavlja negativ motiva (Bregant 1968, 28–30, Horvat 1999, 34–36; Rye 1981, 92–93, Fig. 80a–g, 81). Oblik koji nastaje nazivamo otisak. Ako je površina predmeta za otiskivanje veća od 1 cm, potreban je protupritisak. Izbor alata i tehnika je velik (*otisci prstiju, nokta, školjki, sjemena žitarica, šila, lončarskog noža, vrpce, pečata, kotačića, brazdato urezivanje*).



Sl. 36 Keramika metličastog ukrasa (Mihovilić 1986, 55, sl. 3)



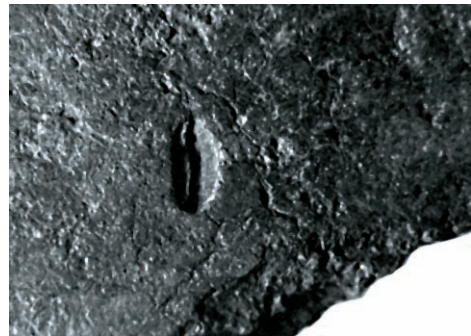
Sl. 37 - 38 Tehnika impresso ukrašavanja školjkom iz Vrbice - Bribir te ulomak impresso keramike iz Smilčića (Brusić 1995, tab. 34. sl. 2; Batović 1964, L. V. sl. 3)



Sl. 39 Impresso ulomak iz Vižule - Medulin (Mihovilić - Buršić-Matijašić 1999, 16, Fig. 6);



Sl. 40 Impresso ulomak (Gibson - Woods 1990, 128, fig. 85)



Sl. 41 - 42 Prikaz tehnike impresso otiskivanja žitaricama *Triticum dicocum* (Gibson - Woods 1990, 135, fig. 93, 169, fig. 125)



Tehnike otisaka i alate kojima se izvode ovakvi ukrasni motivi dijelimo u dvije grupe:

- prvu grupu čine alati za izradu otisaka, kao što su prst, nokat, školjka, sjemenja žitarica (sl. 36-42);
- druga grupa predstavljena je raznovrsnim žigovima, vrpčama obavijenim grančicama ili kakvim drugim dugim predmetom obavijenim vrpcom (pseudovrpčasti ornament). Žigovanje se izvodi otiskom na samoj površini gline s jednostavnim ili složenim kombiniranim ukrasnim motivima. Žigovi predstavljaju negativ, odnosno pozitiv određenog motiva. Ukrašavanje žigovima najlakše se izvodi na polutvrdoj glini. Glina veće plastičnosti prlja alat ili predmet otiska, a suha glina ne dopušta otisak motiva. Tada nastaje dignuti, odnosno upadajući otisak (Horvat 1999, 35; Rye 1981, 93, Fig. 80e-f). S tordiranom vrpcom ili vrpcom oko nekoga predmeta dobivamo isti motiv kao da je izrađen kotačićem.

***Kod tehnike ukrašavanja uz pomoć kotačića*** upotrebljava se alat u obliku kotačića kojim se otiskuje ukras koji okružuje središnji ukrasni motiv. Valjanjem kotačića po površini predmeta nastaje traka s ponavljajućim motivom. Takvo ukrašavanje najlakše izvodimo na polutvrdoj glini (Rye 1981, 92-93, Fig. 81).

***Brazdasto urezivanje*** predstavljeno je dvama osnovnim načinima ukrašavanja – tehnikom urezivanja i otiskivanja. Tupim vrhom šila urezuju se u polutvrdu glinenu površinu kratke linije. Nakon toga se šilo u kraćim razmacima po istoj liniji povlači nazad, tako da se više ne vide tragovi urezivanja, već tragovi linija plitkog i dubinskog otiska (udubljenja). Ponekad su te brazde ispunjene inkrustacijom.

***Apliciranje*** se uvrštava u praktičnu i namjensku tehniku gdje aplikacije sprječavaju sklizanje keramičke posude iz ruku. Ukrasna dekoracija ima sekundarnu funkciju. One dobivaju na značenju tada kada su raspoređene u ravnomjernom redu i u većem broju. Aplikacijski ukrasi su najčešće jednostavnoga geometrijskog oblika, osim onih koji su izrađeni u kalupu (zoomorfni, antropomorfni, vegetabilni, apstraktni). Varijante apliciranja uspoređuju se s matricama. Apliciranje se izvodi tako da se na polutvrdu glinu pričvrsti željeni motiv ili dekoracija. Na rubovima ili na površini oko aplikacije (na području dodira aplikacije i površine predmeta), često se pojavljuju deformacije kao razmazana glina. Tehnika apliciranja se dijeli na više tipova: *rebrom, ručno oblikovana aplikacija, aplikacije izrađene u matrici, izrađene u kalupu, barbotin, nanos pijeska, apliciranje metalnih čavlića, apliciranje metalnih listića* (Horvat 1999, 37; Rye 1981, 93-94, Fig. 82-83; Cuomo di Caprio 1988, 121-122).

**Barbotinskim se ukrasom** dobiva reljefnost površine keramičkog predmeta. Još prije pečenja površinu se predmeta prelije vodenastom glinom ili glinom u polutekućem stanju (koju se popraska po njegovoj površini). Površina se izravna, odnosno razmaže stisnutim ili raširenim prstima ruke (sl. 43–44). Zbog takvoga glađenja na površini gline nastaju različiti visoki grebeni (koji ovise o količini nanese tekuće gline). Ako je nanesena debelo, govori se o grubom barbotinu, ako su grebeni naneseni okomito na površinu keramike onda je to podvrsta grubog barbotina tzv. kanelirani barbotin, a ako je nanesena kistom naziva se fini barbotin, s motivom spirala, točaka i ljljana (Bregant 1968, 19–21, Horvat 1999, 38).



Sl. 43 Kanelirano barbotinsko ukrašavanje (Benac 1973, T. XXIX, sl. 10)



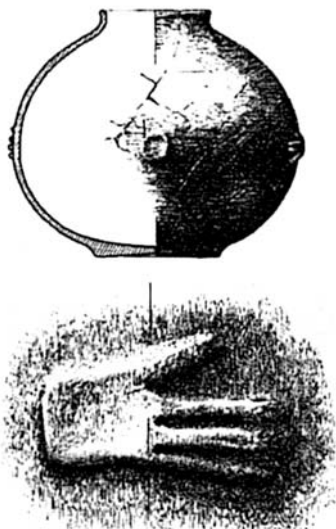
Sl. 44 Keramika s barbotinskim ornamentom (Bregant 1968, 217 sl. 1)

**Pjeskarenje** se izvodi tako da se polutvrdu površinu namaže rijetkom ili tekućom glinom, a nakon toga na nju se posipa kremeni pijesak. Ova se tehnika ne koristi za ukrašavanje cijele posude; njome nikad ne ukrašavamo područje oko vrata i oboda ili ruba oboda posude (najčešće se ukrašavanje sastoji od jednog širokog ili uskog vodoravnog motiva).

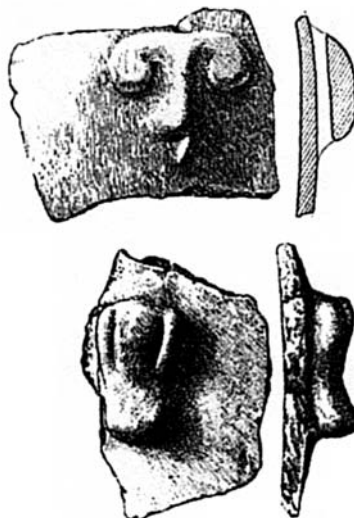
**Ukrašavanje uz pomoć metalnih listića i čavlića** predstavljaju pozlaćeni ili posrebrnjeni metalni listići (deb. od 5 do 10 tisućitog dijela mm) aluminijski, kositra, bronce i olova (debljina im je puno veća). Oblik ukrasa je različit; od jednostavnih traka, radialno postavljenih pruga, cik-cak linija, meandra. Kod ukrašavanja metalnim čavlicima, ti čavlici utisnuti su u površinu posude.

**Modeliranje** predstavlja tehniku izrade trodimenzionalne dekoracije. Površina posude započinje se plastično modelirati istovremeno s oblikovanjem iste posude.

Plastičan ornament predstavljen je motivom ljudske glave, antropomorfnih ili zoomorfnih figura. Takvom dekoracijom dopunjuje se sam oblik posude. Tehniku modeliranja dijelimo u tri skupine: tehniku plastičnog rebra, plastičnog ispupčenja (sl. 45-46) i boranja površine (Bregant 1968, 26-27; Shepard 1980, 70; Rye 1981, 94-95, fig. 84; Horvat 1999, 39).



Sl. 45 Tehnika modeliranja na starčevačkoj keramici (Garašanin, 1979, T. XVIII, sl. 3a, 3b)



Sl. 46 Tehnika modeliranja na kasnoneolitičkoj keramici hvarske kulture (Batović, 1979, T. XCII, sl. 6, 7)

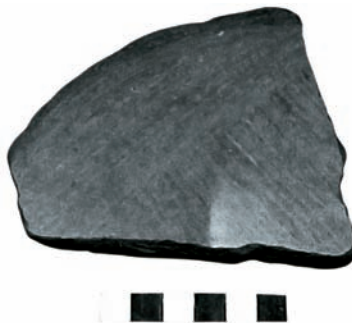
**Boranje** površine dobiva se tako da se u meku površinu pritiskom iznutra prema van oblikuju ispupčenja slična borama, koja mogu biti okrugloga ili duguljastog oblika (Horvat 1999, 39).

**Tehnika otisaka** vezana je za jednodijelne reljefne kalupe (negative), za oblikovanje posuda, lula i dr. Ukras na površini je reljefan.

**Inkrustacija** nikad nije registrirana samostalno, najčešće je povezana s tehnikom kojom djelujemo po površini glinenoga predmeta (tehnikе brazdastog urezivanja i dubljenja). Ovako obrađena površina ispunjena je crvenom ili kasnije bijelom inkrustacijskom masom. Materijal za bijelu inkrustacijsku masu dobivao se od zdrobljenih školjaka ili vapnenačkih stijena, dok su se za smeđu i crvenu boju koristile smjese bogate metalnim oksidima (Bregant 1968, 31-32; Batović 1979, 542; Horvat 1999, 40) (sl. 47).



**Sl. 47** Tehnika bijelog inkrustiranja na keramici spiraloidnog motiva (Benac 1971, T. XXXVII, sl. 4)



**Sl. 48** Prikaz keramike s glačanom površinom (Gibson - Woods 1990, 110, fig. 64)

**Glačanje** (sl. 48) je predstavljeno dvjema podvarijantama: glačanje prije pečenja i glačanje poslije pečenja.

Glačanje prije pečenja nema ornamentalnog značenja, jedino dobiva na značenju kada glačani pojas zajedno s ukrasom predstavlja kombinirani ukrasni motiv (izglačani vrat ili rame posude, ostali dio posude prekriva barbotin). Glačanje nakon pečenja rjeđe se pojavljuje u obliku pravolinijskih motiva, i to samo kada tu površinu poslije pečenja nanovo drugi put intenzivno izglačamo. Takva površina ima jači sjaj od jedanput glačane posude (Bregant 1968, 18-19, 26; Shepard 1980, 66-67; Rye 1981, 90; Horvat 1999, 40-41).

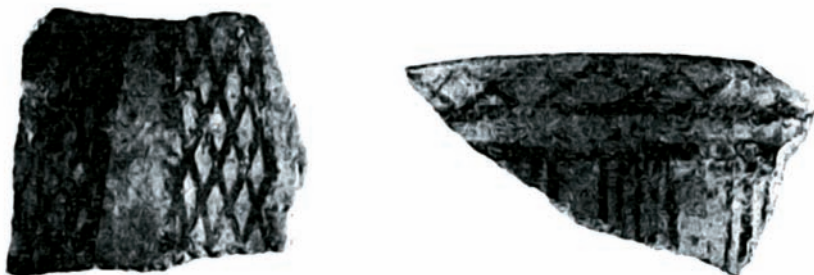
### ***Tehnike slikanja keramike***

Tehnika slikanja pruža neograničene mogućnosti oblikovanja. Razlikujemo mnoštvo najrazličitijih motiva od najjednostavnijih do najsloženijih. Pretežno se pojavljuje samostalno, izuzetno u kombinaciji s tehnikom pravog urezivanja ili glačanja poslije pečenja.

Tehnike slikanja dijelimo na tri skupine: na nepečenoj površini s bojanom masom za ulijevanje, na pečenoj neglaziranoj glini s obojanom engobom ili obojanom masom za ulijevanje i podglazurnim bojama i otopinama i na glaziranoj površini s međuglazurnim bojama i nadglazurnim bojama. Slikanje motiva izvodi se kistom ili njemu sličnim alatima, pomoću šablona (od papira, polivinila i tankih metalnih folija), špricanjem.

Slikanje na nepečenoj glini (sl. 49-52), izvodi se bojanom masom za ulijevanje, crtanjem ukrasa (cik-cak, linije i točke) na bijelu ili obojanu podlogu polusuhoga

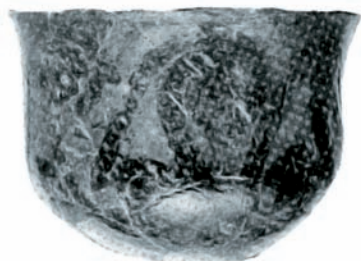
nepečenoga glinenog predmeta. Boja se nanosi kistom. Boje se međusobno ne smiju miješati i trebaju biti jasno odvojene. Za slikanje se koriste mase koje sadr-  
žavaju okside metala (Bregant 1968, 31-32; Shepard 1980, 31-42, 70-72; Batović  
1979, 540, 544-548, 596-599; Horvat 1999, 41-42; Demoule - Perlès 1993, 377,  
391-392; Perlès 2001, 210-216). Ostale tehnike slikanja predstavljene su slikanjem  
na pečenoj neglaziranoj površini, podglazurnom dekoracijom, međuglazurnom  
dekoracijom i slikanjem na glaziranoj površini (Horvat 1999, 42-44).



SI. 49 Slikana keramika starčevačko-impresso faze Obre I (Benac 1973, T. XVIII, sl. 4, 5)



SI. 50 - 51 Slikana keramika danilo keramika Obre II (Benac 1971, T. XLII, sl. 1, T. XLI, sl. 6)



SI. 52 Slikana neolitička danilo keramika (Korošec 1964, T. 12., sl. 1)

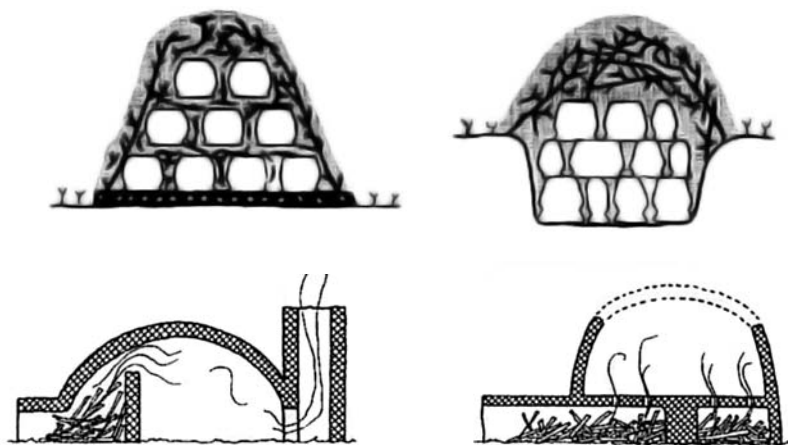
### **Tehnologija pečenja keramike**

Pečenje je proces pri kojem glineni predmeti dobivaju na tvrdoći, boji i kvaliteti. Fizikalne i kemijske promjene glina koje nastaju tijekom pečenja u mnogome ovise o:

- vremenu stupnja zagrijavanja (za potrebne reakcije i rezultate, mora biti dovoljno vremena)
- prikladnoj temperaturi (prekoračenje može izazvati oštećenja ili različite deformacije posuda)
- atmosferi kod zagrijavanja i hlađenja (koju određuje količina zraka pri pečenju potrebna za gorenje materijala).

Navedeni elementi kod analize pečenja moraju se obraditi zajedno. Kod temperature pečenja osobitu pozornost treba posvetiti atmosferskom njihanju (kolika je bila atmosfera na maksimalnoj temperaturi pečenja, kolika je temperatura u razdoblju konstantne temperature pečenja i kakva je bila temperatura kod hlađenja) (Horvat 1999, 46-52; Rye 1981, 24-28, 96-104; Rice 1987, 152-158; Cuomo di Caprio 1988, 135-148; Shepard 1980, 75-77; Gibson - Woods 1990, 25-30, 44-56; Henderson 2000, 129-135).

Pečenje keramičkih proizvoda izvodi se na dva načina: na otvorenom - nema izgrađenog objekta i u zatvorenom - izgrađeni objekti, peći (sl. 53-56). Prva pečenja keramičkih predmeta vršila su se na otvorenom ognjištu (Henderson 2000, 135-136).



Sl. 53 - 56 Otvoreni i zatvoreni način pečenja keramike (Henderson 2000, 136, fig. 4.11 (1-2); Cuomo di Caprio 1988, 134, fig. 17a, 17 b, 17c)



Sl. 57 - 58 Prikaz prvog načina otvorenog pečenja u jami (Gibson - Woods 1990, 46 - 47, fig. 20, 21)



Sl. 59 - 61 Prikaz iste tehnike pečenja (druga varijanta)  
na otvorenom, na zemljanoj površini u Namibiji, regija  
Kavango (Gibson - Woods 1990, 50-51, fig. 24, 25;  
228, fig. 190)

Poznata su dva načina otvorenoga pečenja: primitivno ognjište na otvorenom i pečenje u jami. Kod tih pečenja lončar ne može utjecati na kvalitetu predmeta. Odvod dima vatre je slab, a pravilnim raspoređivanjem krutoga goriva i predmeta dobiva se bolji protok zraka i bolje izgaranje. Temperatura je niska (ograničena maksimalna temperatura). Veoma su važne vruće točke gdje temperatura iznosi oko 1000° C ili čak i niže, cca 750° C. Kod takvoga pečenja dim nema reguliranog odvoda, zbog toga je neuravnotežena i stihijska atmosfera te su zato predmeti slabije pečeni i pougljenjeni. To je glavna osobina prapovijesne keramike, u prvom redu neolitičke (sl. 53-54, 57-61).

Kod zatvorenog tipa (s izgrađenim objektom tj. peći), izgradnjom zaštitnih stijena nad ognjištem razvila se prva peć (sl. 55-56). Te zaštitne stijene imale su ulogu zaštite temperature ognjišta od vanjskog hladnog zračenja. Odvod dima vatre je vertikalalan, raspored vatre je nejednakomjeran tako da kod ovoga pečenja ima mnogo otpada. Daljnjim se razvojem u peći ugrađuju perforirane horizontalne odvajajuće ploče s kojima se odvaja ognjište od prostora za pečenje. Odvod dima i dalje je vertikalalan, ali još uvijek ima otpada sa znatno manje mehaničkih pogrešaka na predmetima. Usavršavanjem peći, tj. dodavanjem odvodnih kanala te izgradnjom dimnjaka i rešetkasto-rupičastih pregrada, poboljšava se odvod dima iz prostora za pečenje čime se postiže potpuna oksidacijsko-redukcijska atmosfera. Izgradnjom rešetke produžava se prostor za pečenje. Ognjište s rešetkom locirano je na manjem prostoru, a plinovi i plamen usmjeravaju se prema prostoru za pečenje, dok pregrada ima funkciju jednakomjernog raspoređivanja plamena i temperature u peći. Dodavanje goriva vrši se kroz otvore na stropu. Keramika pečena na takav način je odlične kvalitete (Horvat 1999, 47-49; Rye 1981, 100-105; Rice 1987 153-163; Cuomo di Caprio 1988, 136-142; Henderson 2000, 137-140).

### ***Faze pečenja keramike***

Opće promjene kod pečenja keramike ovise o sastavu glinene mase, stupnju zagrijanosti, maksimalnoj temperaturi i atmosferi.

*Kod zatvorenog načina pečenja* na temperaturi do 120° C u glini dolazi do isparavanja vode, koja je nakupljena između pora ili na površini glinenih minerala. U toj fazi dolazi do krčenja ili skupljanja predmeta.

Na temperaturama od 200° C do 350° C dolazi do raspadanja ili oksidiranja svih prisutnih primarnih ili sekundarnih (umjetno dodanih) tvari u glini. Tada neki od minerala započinju gubiti vodu kao npr. montmoriloniti i iliti. Te se organske osnove odvajaju od površine keramike u obliku ugljičnog dioksida.



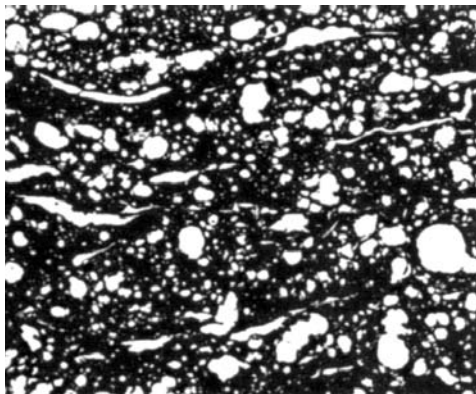


Sl. 62 - 66 Pokušaj rekonstrukcije otvorenog načina pečenja (Gibson - Woods 1990, 48-49, fig. 22, 23; 52- 53, fig. 26-27; 207, fig. 167).

Na temperaturi od 430° do 850° C dolazi do termičkog raspada glinenih minerala i njihovo sintetiziranje (rubovi glinenih sastojaka počinju se taliti i miješati). Ta je temperatura veoma značajna za glaziranu keramiku. Za analizu približne temperature pečenja arheološke keramike moramo uzeti u obzir određene minerale kao što su kremen (573° C), kalcit (740°-800° C), hematit i glineni minerali ilit, kaolin (585° C), halozit (558° C) i montmorilonit (678° C). Ti su minerali neka vrsta termometra, jer se na tim temperaturama događaju promjene.

Od oko 300° do 700° C dolazi do gorenja organskih osnova (djelici ugljena i humusa). Do 900° C izgorjet će sav ugljik, osim grafita, koji može izdržati temperaturu do 1200° C. Za odstranjivanje organskog materijala u gljenoj masi potrebna je oksidacijska atmosfera, gdje ugljični dioksid nestaje. Oksidacija ugljika ide brže, ako je keramika jako porozna. Važne su i dimenzije tih pora, jer što su veće to je oksidacija brža (Horvat 1999, 50-51; Shepard 1980, 81-95; Rye 1981, 29-36, 105-110; Rice 1987, 156-158; Cuomo di Caprio 1988, 143-146; Henderson 2000, 132-134).

Na temperaturama od 700° do 950° dolazi do početka topljenja - vitrifikacije (silikatni minerali i kisik dovoljno su zagrijani da se počnu taliti, a time počinje miješanje i stvaranje viskozne tekućine), koja se zbiva samo kod visokih temperatura. Rijetko kada započinje pri temperaturama ispod 900° C, zbog čega taj proces nije moguće ustanoviti na prapovijesnoj keramici (sl. 67). Kod hlađenja proces pečenja je zaključen, kada se prestaje dodavati novo gorivo ili kada ono izgori (Rye 1981, 108-109).



**Sl. 67** Prikaz spektrofotometrijske snimke trenutka vitrifikacije minerala gline na 1000° C (Gibson - Woods 1990, 267, fig. 231)

Kod otvorenog načina pečenja, oksidacijsko hlađenje dobiva se tako da se predmet jednostavno udalji od vatre, pazeći da nije prekriven pepelom ili ugljenom. Ako se želi postići površina tamne boje treba se spriječiti dovoz kisika (predmeti se prekrivaju pepelom). Na intenzivnost tamne boje na površini keramike utječe i dimljenje u pećima na temperaturi od oko 400°-650° C. Nakon hlađenja, peći se na oko 40° C prazne (Horvat 1999, 51-52; Rye 1981, 110-114; Rice 1987, 163-164).

## **Prijelom keramike**

Promjene atmosfere i temperature tijekom pečenja zorno pokazuju prijelomi keramike različitih varijanti (sl. 68) i to:

- cijeli prijelom keramike svijetle boje ukazuje da je atmosfera oksidacijska kao i samo pečenje, odnosno zabilježena je prisutnost kisika, a izgaranje je potpuno;
- cijeli prijelom keramike tamne boje ukazuje da je atmosfera redukcijska kao i samo pečenje. Tada se željezni oksidi reduciraju u glinenoj masi na oko 900° C (dolazi do vezanja kisika i željeznih oksida). Tamna boja ovisi o količini željeznih oksida u masi i o jačini redukcijske atmosfere;
- prijelom keramike mrljaste boje govori o stihijskom pečenju, gdje je atmosfera nekontrolirana. Tu ne dolazi do potpunog nestanka organskih primjesa kao ni do potpune oksidacije željeznih oksida (zbog kratkotrajnosti pečenja);
- jezgra prijeloma keramike svijetle boje, dok su obje površine prijeloma tamnije, potvrđuje da je ovdje riječ o oksidacijskom pečenju sa zadnjom fazom u kojoj se odvija proces dimljenja;
- jezgra prijeloma keramike tamne boje, dok su obje površine svjetlije boje, potvrđuje da se ovdje radi o redukcijskom pečenju kod kojeg je u završnoj fazi uspostavljena oksidacijska atmosfera;
- jezgra prijeloma keramike sive boje, dok su obje površine prijeloma tamnije boje, ukazuje da je ovdje riječ o kratkom vremenu oksidacijskog pečenja (nepotpuna oksidacija). Kod hlađenja je uspostavljen proces dimljenja (oksidacijski sloj zbog toga nije oštećen);
- kad je jezgra prijeloma keramike sive boje, dok su obje površine svjetlije boje, radi se o nepotpunom oksidacijskom pečenju gdje je atmosfera oksidacijska. Keramika je pečena pod oksidacijskim uvjetima, s nepotpunom oksidacijom ugljika (proces pečenja je prebrzo zaustavljen);
- prijelom keramike s međusobno usporednim mijenjanjem svijetlih i tamnih boja govori o keramici koja je prvo bila pečena u oksidacijskim uvjetima



**Sl. 68** *Prikaz prijeloma profila ruba oboda keramičke posude (Gibson - Woods 1990, 106, fig. 59)*

(jezgra je svijetle boje), a nakon toga izložena kratkotrajnom pečenju u redukcijским uvjetima gdje stvara slojeve tamne boje. Zbog brzog hlađenja uspostavlja se oksidacijska atmosfera tako da je boja površine svjetlija (redukcijски sloj pod njom nije oštećen). Takav prijelom nazivamo “torta”;

- prijelom keramike s međusobno usporednim mijenjanjem tamnih i svjetlijih boja (suprotnog principa u odnosu na prethodnu varijantu), ukazuje da je jezgra pečena u redukcijским uvjetima zbog čega ima tamniju boju. Nakon toga slijedi kratkotrajno oksidacijsko pečenje – posljedica je svijetla boja koja ne zahvaća jezgru profila. Nakon toga slijedi hlađenje u redukcijским uvjetima, gdje se stvara tamna boja na površinama (procesom dimljenja) (Horvat 1999, 53 – 54; Rye 1981, 114 –118).

### **Tvrdoća**

Tvrdoća keramičkog predmeta dobiva se porastom temperature pečenja, a važan je faktor dužina pečenja, hlađenja i sastav mase. Arheolozi koji se bave tehnologijom keramike određuju tvrdoću njemačkim i slovačkim tablicama koje su usklađene s Mohsovom ljestvicom tvrdoće (Horvat 1999, 56; Shepard 1980, 113–117; Cuomo di Caprio 1988, 51–55; Rye 1981, 121; Rice 1987, 354–357; Gibson – Woods 1990, 177, 205; Tajder 1966, 25–26).

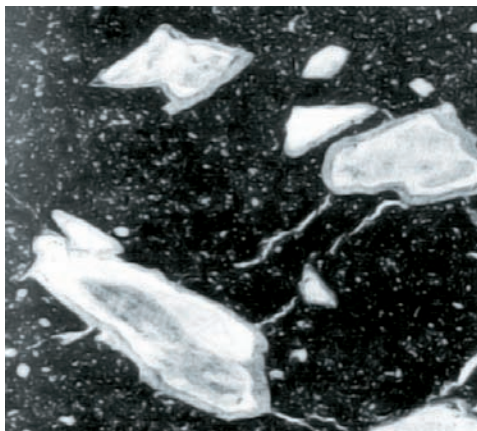
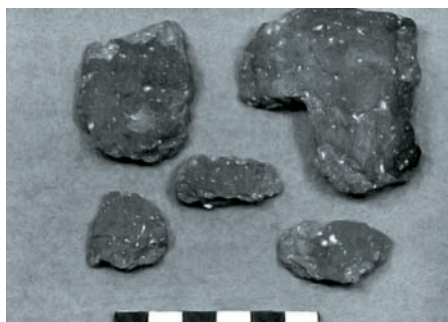
Poseban dio analize keramike predstavlja **tipološko određivanje keramike** kojem pripadaju: *klasifikacija osnovnih oblika posuda, simetrija, oblik, struktura, sličnost, proporcionalnost, te analiza rubova, oboda, nogu, izljeva i ručki posuda*. Rezultati tih analiza kasnije se skupljaju i sortiraju u **keramički arhiv** koji se sastoji od **fizičkog** (*tehnološke skupine, mase i tehnike ukrasa*) i **dokumentacijskog arhiva** (*knjige keramičkog arhiva*) i **obrazaca** (*uneseni kodirani podaci o broju, masi, oblikovanju, tvrdoći, tipu atmosfere pečenja, obradi sirove površine, premazu, glazuri*) (Horvat 1999, 57–155; Rice 1987, 207–305; Shepard 1976, 224–305; Cullen 1985, 81–97; Guerreschi 1971/ 72, 215–338; Guerreschi – Ceschin 1985, 3–54; Sekelj-Ivančan, Tkalčec, Slovenec, Lugović 2005, 142–154; Tomaž 1999; Dacar 1999; Gašparič-Žibrat 2004, 205–220).

### **Mikroskopska i kemijska analiza keramike u arheologiji**

Određivanje mineraloških i kemijskih svojstava izvornog materijala, boje, načina oblikovanja i ukrašavanja, temperature i uvjeta pečenja keramike rezultat su makroskopske i mikroskopske analize. U zapadnom svijetu ta su istraživanja u

sklopu arheologije započela 1960-ih da bi dosad dosegla svoj vrhunac. Ovakve analize u arheologiji na području bivše Jugoslavije, zasad su bolje razvijene na području Slovenije, dok su na području Hrvatske osim tipoloških, ostali mineraloško-makroskopski i tehnološki aspekti tek u povoju (primjere za ranoneolitičko i srednjeneolitičko razdoblje istočnog Jadrana nalazimo u znanstvenim radovima Karšulin - Novak 1955, 281-294; Müller 1994, 75-112; Spataro 2002; 2003; za srednji vijek u članku autora Sekelj-Ivančan, Tkalčec, Slovenec, Lugović 2005).

Danas u Sloveniji postoji manji broj objavljenih članaka o mineraloškim analizama keramike s lokaliteta Maharskog prekopa, Resnikovog prekopa, Ajdovske jame, Moverne vasi te Sermina i Vranskog (Osterc 1975, 123-134; 1986, 97-110; Klopčić



**Sl. 69 - 70** Fotografija ulomaka keramike prije analiza te tijekom pečenja na  $900^{\circ}\text{C}$ , prilikom koje dolazi do dezintegracije minerala gline (Gibson - Woods 1990, 198, fig. 156, 157).

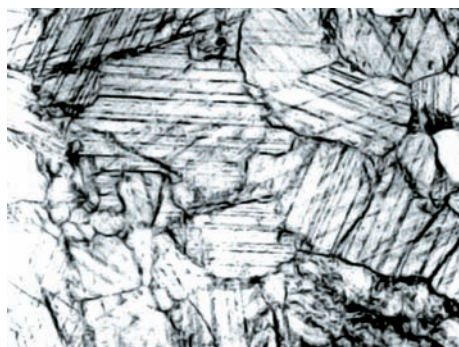
**Sl. 71** Spektrofotometrijska snimka kod gorenja kalcijeva-karbonata na redukcijskoj atmosferi na oko  $750^{\circ}\text{C}$  (Gibson - Woods 1990, 199, fig. 158)

1989; Zupančić - Bole 1997, 83-99; Zupančić 1998, 359-373; Gašparič-Žibrat 2004, 205-220), kao i objavljenih radova o tehnološkim i tipološkim analizama keramike (Korošec 1964; Bregant 1968; Dular 1982; Horvat 1989; 1999; Tomaž 1999; Dacar 1999). Sama makroskopska i mikroskopska istraživanja mogu se odlično dopuniti jednostavnim kemijskim pokusima (destruktivna metoda) otapanja minerala gline u kiselinama (klorovodična). Uz to treba koristiti više različitih metoda analiza te ih kombinirano rabiti. U sklopu takvih istraživanja definiramo koloritnost keramike, koji dodatno upotpunjujemo pomoću vizualne usporedbe kartica boja i dijela keramičkog uzorka (DIN-ovih i Munsellovih tablica boja - "matt finish collection") (Cuomo di Caprio 1988, 169-170, 171-175; Shepard 1980, 102-113; Osterc 1975, 123; Klopčić 1989, 58-65).

U arheologiji, mikroskopskim i kemijskim analizama utvrđuje se mineraloško-petrografski i kemijski sastav ispitnog keramičkog uzorka metodama koje prema svome karakteru mogu biti destruktivne ili nedestruktivne za ispitani keramički materijal (za arheologe je destruktivna čim ispitani uzorak izgubi svoj prvobitni oblik, bez obzira na nepromijenjeno stanje u njegovoj kemijskoj strukturi) (sl. 69-71).



**Sl. 72** Prikaz keramičkog ulomka s kojeg je odstranjen gornji površinski sloj za makroskopsku analizu u kojima su vidljiva zrnca kalcita (Gibson - Woods 1990, 118, fig. 72)



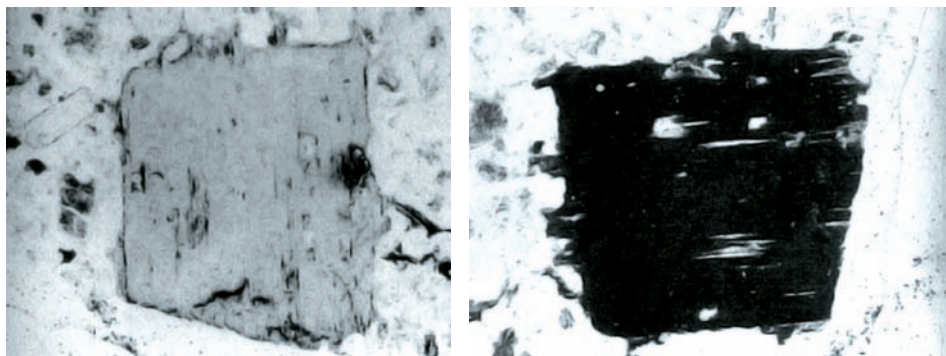
**Sl. 73 - 74** Zrnca kalcita pod mikroskopom (Gibson - Woods 1990, 119, fig. 73-74)

Za **mineraloško-petrografske analize** upotrebljava se *stereoskop i mikroskop, polarizirajući mikroskop, metoda rendgenske difrakcije (XRD), metoda diferencijalne termičke analize (DTA), termičke gravimetrije (TG) i dio kemijskog istraživanja klorovodičnom kiselinom.*

**Metodom stereoskopa** (sl. 72-74) može se utvrditi mineralni sastav keramičkog uzorka, kao i prisutnost vapnenca i silikata. Nakon djelovanja kiselina (pod mikroskopom ili stereoskopom vide se inkrustacije koje mogu biti glatke i reflektirajuće (silikati), u slučaju da na uzorku vidimo izbrazdane kanaliće i nabubrenu površinu (vapnenac) (Cuomo di Caprio 1988, 183-192; Grimshaw 1971, 220-230; Osterc 1986, 97; Klopčić 1989, 55-56).

**Metodom polarizacijskog mikroskopa** keramički se uzorak izbrusi u tanke sekcije (1-2 cm<sup>2</sup>). Tako izbrušen stavlja se na objektivno staklo promatranja polarizacijskog mikroskopa. To je posebni mikroskop za mineralogiju koji upotpunjuje navedene analize stereoskopa i mikroskopa. S odsjevnom polarizirajućom svjetlosti određuju se kod manje pečene i grubozrnate keramike neke mineralne faze, fosili, dodatna mineralna zrnca tinjca, značajnost plastičnosti i neplastičnosti primjesa te struktura keramike.

Dobiveni rezultati pomažu kod određivanja izvornog ili primarnog materijala, a djelomično i temperature pečenja. U daljnjim analizama, uzorak promatranja se izbrusi brusnim papirom do debljine tako da svjetlost može proći kroz njegova mineralna zrnca. Glačanjem površine uzorka, predmet se može promatrati i na odsjevnoj svjetlosti ili se mikrosondom može odrediti kemijski sastav izabranih minerala.



Sl. 75 - 76 Pogled kroz polarizirajući mikroskop na elemente biotita u svijetlom i tamnom aspektu (Gibson - Woods 1990, 223, fig. 183, 224, fig. 184)

Pomoću polarizacijskog mikroskopa može se odrediti kojim mineralima pripadaju zrna mikroskopske veličine i njihova sila odsjervne sposobnosti. Uz to, na temelju oblika zrna minerala, može se odrediti koji su minerali ili drugi elementi dodani glini prije pečenja te što se s njima događa u trenutku gorenja, i, konačno, nastaju li kakvi novi minerali između pečenja, kao produkt reakcije ulaznih komponenti (sl. 75-76). Osim toga, ovom metodom utvrđuje se i poroznost ispitivanog uzorka (Rice 1987, 377-379; Cuomo di Caprio 1988, 197-200; Grimshaw 1971, 221-230; Maniatis, Simopoulos, Jones, Whitbread et al. 1984, 214; Gibson - Woods 1990, 19, 223-234).

**Rendgenska difrakcija (XRD)** temelji se na lomu rendgenskih zraka na atomima u liniji mreže koji grade kristalnu rešetku minerala. Otklon uzorka pojedinačnog minerala je temeljna fizikalna značajka te služi za brzu identifikaciju minerala i njihove strukture, tako da se iz uzetog uzorka za ispitivanje može utvrditi njegov mineraloški sastav i količina pojedinih minerala u samom uzorku. Za potrebe analize uzorak mora biti homogene težine 3-5 g, koji se kasnije mrvli na veličinu zrnca < 45µm (praškasti uzorak). Ova je metoda destruktivna za sam uzorak keramike. Keramički materijal ima svoje minerale ilite, montmorilonite i klorit. Upravo na temelju njihove prisutnosti ili odsutnosti u keramici odlučujemo o temperaturi pečenja keramike. Ako te minerale registriramo kao nečistoću u keramičkom materijalu, to znači da je keramika bila izložena kraćem vremenu pečenja na niskoj temperaturi (Rye 1981, 30; Rice 1987, 383 - 386; Cuomo di Caprio 1988, 201-207; Grimshaw 1971, 245-246; Cullen, 1985, 97-98; Osterc 1986, 97; Klopčić 1989, 67-70; Zupančić - Bole 1997, 84-85; Zupančić 1998, 360; Sekelj-Ivančan, Tkalčec, Slovenec, Lugović 2005, 156-169, Henderson 2000, 10-11).

**Metodom diferencijalne termičke analize (DTA)** zagrijavamo keramički materijal (praškasti uzorak) na određenoj temperaturi; dolazi do različitih reakcija (endotermna i egzotermna) te utvrđujemo temperaturu na kojoj su se te reakcije pojavile (jer materijal do temperature pečenja ostaje inertan) (Grimshaw 1971, 247-260; Rye 1981, 30; Osterc 1975, 124; Zupančić - Bole 1997, 85).

**Metodom termičke gravimetrije (TG)** utvrđujemo promjenu mase prilikom zagrijavanja ispitivanog praškastog keramičkog uzorka (Rye 1981, 30; Rice 1987, 386-387; Grimshaw 1971, 260-262; Zupančić - Bole 1997, 84; Klopčić 1989, 75-76).

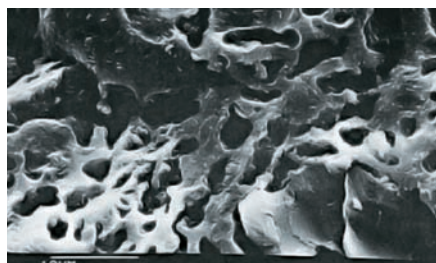
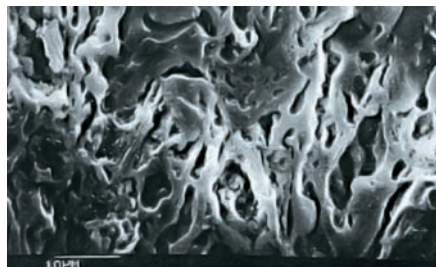
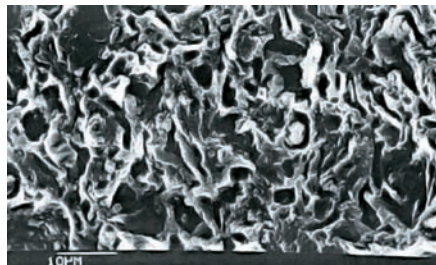
U dio metode kemijskog ispitivanja spadaju **ispitivanja s kiselinama**. Upotrebljavaju se kod utvrđivanja postojanja vapnenca i silikata u sastavu uzorka koji se ostavlja uronjen u otopini klorovodične kiseline oko 24 sata. Ovu se novonastalu otopinu



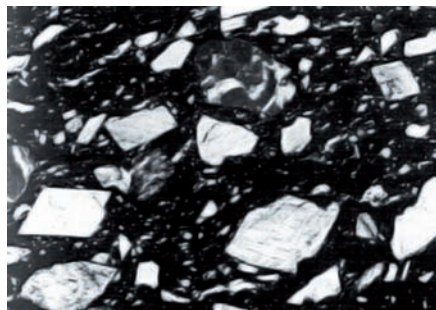
nakon toga razrjeđuje polako vodom te se ostavlja još nekoliko sati, da bi se na kraju pažljivo izvukla voda, a ostatak osušio za daljnju stereoskopsku te polarizirajuću mikroskopsku i elektronsko-mikroskopsku pretragu (Rice 1987, 388-389; Klopčić 1989, 16-19).

**Strukturalna i mikrostrukturalna analiza** obavlja se *metodom elektronskog mikroskopa*.

**Elektronskim mikroskopom (SEM)** promatra se, pod mlazom elektrona, tanji dio keramičkog uzorka te tako upoznaje njegova struktura. Mlaz elektrona šalje se kroz uzorak koji raspršuje elektrone (broj elektrona koji prođe kroz njega ovisi o njegovoj atomskoj masi i broju atoma na koje nailaze na svom putu, jer teži atomi jače raspršuju elektrone). Preostali elektronski mlaz koji nije raspršen nazivamo elektronskom slikom uzorka (sl. 77-79). Slika predmeta istraživanja povećava se do tisuću puta pomoću sklopa elektronskih leća koje čine sliku vidljivom na fluorescentnom zaslonu ili fotografskoj ploči. Slika je sastavljena od svjetlijih i tamnijih mjesta. Svjetlija mjesta odgovaraju područjima uzorka veće gustoće ili dubine, a budući da propusnost ispitano uzorka ovisi i o brzini elektrona kao i o nekim drugim faktorima, postojeća slika sadržava i podatke o morfološkoj strukturi elementa (Rice 1987, 399-402; Grimshaw 1971, 230-232; Maniatis, Simopoulos, Jones, Whitbread et al. 1984, 217-220; Gibson - Woods 1990, 22, 140-141, fig.



Sl. 77 - 79 SEM - rendgenske snimke kalkaloidne strukture gline tijekom gorenja i vitrifikacije (Maniatis, Simopoulos, Jones, Whitbread et al. 1984, 219, fig. 9 a, b, c)



Sl. 80 Pogled na mikrofotografiju spektrofotometra na kojem se vidi kalcit i drugi minerali gline (Gibson - Woods 1990, 113, fig. 68)

99; Klopčić 1989, 21–23, Henderson 2000, 17–20).

Kod **kemijskih analiza** koristimo klasične metode koje se bave problematikom plastičnosti, sakupljanja, tvrdoće, itd. koje smo opisali u prethodnim poglavljima ovoga rada, zatim metode *spektrometrije*, *spektrografije*, *spektrofotometrije*, kombinirane metode *spektrokemijskih istraživanja*, metode *rendgenske fluoroscencije (XRF)*, metode *neutronske aktivizacije (INAA)*.

**Metode spektrometrije, spektrografije, spektrofotometrije** temelje se na istraživanju raščlanjenja elektromagnetskih zračenja na komponente različite energije uz pomoć prizama ili optičkih rešetaka (disperzija) za dobivanje elektromagnetskih spektara kod fizičkih i kemijskih ispitivanja (uzorak promatranja potrebno je izmrviti u praškastu smjesu i rastopiti u kiselinama). Svaki od navedenih uređaja predstavlja spektroskop koji služi za vizualno promatranje emisijskih ili apsorpcijskih spektara, dobivenih disperzijom ili difrakcijom svjetlosti. Zrake svjetlosti ulaze u pukotinu uređaja, gdje uz pomoć kolimatora padaju na prizmu ili optičku rešetku. Ovdje se zrake zbog disperzije ili difrakcije skreću (što ovisi o njihovoj frekvenciji valne dužine) i dolaze u dalekozor kroz koji promatrač vidi niz linija spektara ispitivane svjetlosti uzorka. Razlike među uređajima uočavaju se prema njihovoj užoj specijalnosti istraživanja. **Spektrometar** je opremljen skalom za mjerenje valnih dužina spektarnih linija i apsorpcijskih vrpca. Beta-spektrometrom mjeri se energetska razdioba elektrona i pozitrona u  $\gamma$  (gama) zrakama emitiranih iz nekog izvora. **Spektrograf** je opskrbljen fotografskom kamerom koja fotografira emisijsku i apsorpcijsku vrijednost spektra u ultraljubičastom, vidljivom i infracrvenom području. Optika za ultraljubičasto područje izrađena je od kvarca. Za infracrveno zračenje upotrebljava se osjetljivi fotomaterijal (samo do valne duljine 1050 nm), a optika je izrađena od alkalijских halogenida. Snimljeni spektar linija obrađuje se pomoćnim instrumentom – denzitometrombom (sl. 80). **Spektrofotometar** fotometrički mjeri količinu zračenja koju neka supstanca ili uzorak apsorbira na određenoj valnoj dužini. Sastavljen je od izvora zračenja od fotometarskog uređaja, (za spektarno rastavljanje svjetla) optičkih filtera, prizme ili optičke rešetke (monokrometar) i od fotometrijskog uređaja za mjerenje jačine svjetlosti (Rice 1987, 392; Cuomo di Caprio 1988, 224–235; Grimshaw 1971, 215).

**Spektrokemijsko istraživanje** je kombinirana analiza svih navedenih spektroskopskih uređaja i služi za mjerenja energije zračenja kao funkcije valne dužine koja može biti kvantitativna ili kvalitativna, emisijska ili apsorpcijska. Prema metodama razlikuju se po područjima istraživanja (ultraljubičasto, vidljivo, infracrveno i rendgensko). U postupku ispitivanja uzorak se uvede u stanje usijavanja. Tako

emitirana svjetlost se raščlanjuje na emisijski spektar koji se ispituje (spektroskopom) ili se pak fotografira na fotoploču (spektrograf). Budući da svaki atom sastojaka ima svoj karakterističan spektar, emisijski spektar neke smjese ili uzorka odgovarat će ediciji spektra prisutnih sastojaka. Dokazivanje pojedinih elemenata vrši se identifikacijom njihovih spektarnih linija na ultraljubičastom i infracrvenom području istraživanja do koncentracije od 100 dijela 1000 ppm. Mnoge supstance se identificiraju kvantitativno prema svojim karakterističnim apsorpcijskim spektrima na području infracrvenog i ultraljubičastog zračenja spektrofotometrijom. Tako dobivamo apsorpcijski spektar koji je grafički prikazan kao krivulja različitih oblika, na kojoj su za pojedine supstance karakteristični položaji u apsorpcijskim vrpčama ili maksimalnim apsorpcijama onih valnih dužina na kojima je zračenje najjače apsorbirano (Rice 1987, 392-393; Grimshaw 1971, 216, 246-247; Maniatis, Simopoulos, Joes, Whitbread et al. 1984, 210-211).

**Metodom rendgenske fluorescencije (XRF)** određujemo kemijsku strukturu i svojstvo keramike. Preko cilindričnog rendgena ili izvora zračenja pobuđuju se atomi, kako bi proizveli rendgenske zrake fluorescencije tipične za kemijske elemente ispitanog uzorka (sl. 81). Analiza se vrši:

- metodom disperzije dužine i disperzije energije (arheološki je destruktivna metoda); uzorak mora biti rastopljen, razmrvljen (praškasta supstanca) ili otopina. Kod ove metode fluorescentne zrake dolaze do kristala minerala. One se dijele ili raspršuju na elektronima svakog atoma kristala (difrakcija). Raspršeni valovi međusobno interferiraju pa se, ako je duljina vala manja od međuatomske udaljenosti, javljaju ogibne zrake. Po smjeru ogibnih zraka utvrđuje se veličina elementarne ćelije kristala. Mjerenjem gustoće kristala određuje se broj molekula u ćeliji.



**Sl. 81** Snimak keramike pod rendgenskim zrakama fluorescencije (XRF), pod brojevima: 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 8 (Maniatis, Simopoulos, Jones, Withbread et al. 1984, 213, fig. 7)

Proučavanjem i mjerenjem intenziteta difraktiranih zraka i određivanjem prostorne grupe kojoj kristal pripada može se izračunati položaj atoma u elementarnoj ćeliji i tako otkriti kristalnu i molekularnu strukturu ispitnog uzorka. Da bi se analizirao cijeli spektar uzorka, kristal se rotira oko svoje osi dok na njega pada monokromatski snop rendgenskih zraka (tzv. otkrivatelj). Da bi se dobio cijeli kut loma, te rendgenske difrakcijske zrake udaraju u površinu, tj. otkrivatelja, gdje se stvaraju elektronski impulsi koji se registriraju i broje preko digitalnog brojača. Intenzitet isijavanja rendgenskih zraka proporcionalan je koncentracijama elemenata u ispitnom keramičkom uzorku (Rice 1987, 393-396; Cuomo di Caprio 1988, 238-244; Grimshaw 1971, 217; Zupančić - Bole 1997, 86; Maniatis, Simopoulos, Jones, Whitbread et al. 1984, 211-213; Gibson - Woods 1990, 20, 275, Henderson 2000, 14-17).

**Induktivnom vezanom plazmom (ICP)** određujemo svojstva svih primarnih sastojaka (no njene su granice detekcije zadovoljavajuće i za sekundarne). Ispitni keramički uzorak mora biti otopina, a ne kruti materijal. Ova metoda ima svoje nedostatke tj. otapanje kod nekih sastojaka nije potpuno, pa zbog toga ima niske vrijednosti analize (Zupančić - Bole 1997, 85; Zupančić 1998, 360).

**Neutronska aktivizacija (INNA)** određuje niske vrijednosti primarnih i sekundarnih sastojaka ispitnog uzorka keramike (koji može biti u krutom ili u praškastom stanju). Za analizu je potrebno 50 - 100 mg ispitnog uzorka. Ova analiza je jako osjetljiva metoda jer omogućuje određivanje sedamdeset i pet od devedeset i dva postojeća prirodna elementa, tj. oko 70 % (danas ih je poznato sto i jedanaest). Keramički uzorak izlažemo bombardiranju atoma, daljnjim istraživanjem radioaktivnosti možemo doći do njegovih sastojaka elemenata i njihove koncentracije. Zračenje se izvodi neutronima uz pomoć reaktora snage 10 KW do 1 MW, u kojem se nalaze neutroni brzine od  $10^{11}$  do  $10^{13}$  m/cm<sup>2</sup> sek. Usporedno s ubrzavanjem (čestice punioca) elektrona, ubrzavaju gibanje i radioizotopi postičući tako energiju oko 200 keV. Takvi radioizotopi (elektroni) nastavljaju put do jezgre reaktora od čistog tricija, gdje nastaju neutroni. Registriranjem uz pomoć alfa, beta i gama (najvažnija) zraka njihovih skala, najniže i najviše termalne radioaktivne energije, dobijamo osnovu za determiniranje energije kao i određivanje pojedinih elemenata ispitnog uzorka (Rice 1987, 396-398; Cuomo di Caprio 1988, 249-258; Grimshaw 1971, 217-218; Zupančić - Bole 1997, 85; Gibson - Woods 1990, 21-22, Henderson 2000, 13-14).

**Elektronskom mikrosondom** analiziramo izbrušeni uzorak keramike. Istražuje se kemijski sastav vrlo sitnih uzoraka (točkaste nečistoće) i njihovu koncentraciju kod sastojaka u izabranim zrnima na osnovi mjerenja intenziteta fluorescencije u

području rendgenskih valova izazvanih uskim snopom zraka elektrona. Pomicanjem uzoraka moguće je kontinuirano praćenje raspodjele pojedinih elemenata, a rezultat toga su podaci u vezi sa strukturom i teksturom ispitanog keramičkog uzorka (Zupančić - Bole 1997, 85).

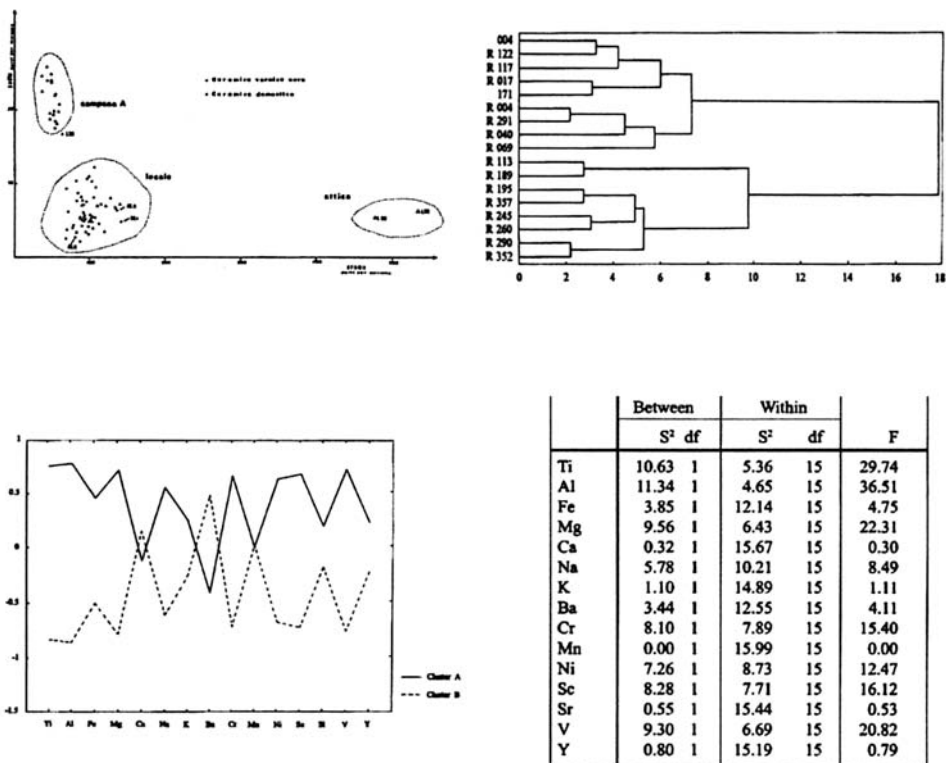
***Metodom termoluminescencije (TL)*** utvrđujemo momente oslobađanja elektrona (registriranje svjetlosti) u kristalnoj rešetki, (koji su u danom trenutku prije bili pod radioaktivnim zračenjem) koji se zagrijevaju do neke određene temperature. Da bi se utvrdili elektroni u kristalnoj strukturi kvarca i kalcita, potrebno je zagrijevati te supstance na niskoj temperaturi od oko 300 do 400° C, na kojoj se pojavljuje polarizirajuća svjetlost oslobođenih atoma. Tu svjetlost nazivamo termoluminescencija. Oslobođeni elektroni vraćaju se u prvobitno stanje proizvodeći svjetlost zbog različitih dimenzija ćelija kristalnih rešetaka. Ova raznolikost dimenzija kristalnih rešetki uvjetuje elektronima različitu količinu potrebne energije, odnosno što je energija veća, veća je i temperatura kao i isijavajuća svjetlost oslobođenih atoma. Ta se svjetlost pretvara u elektronske impulse. Uzrok procesa oslobađanja elektrona je ionizirajuće zračenje koje proizlazi iz radioaktivne nečistoće koja se nalazi u keramici. Te nečistoće su uran 2-3%, kalij ... itd. (Cuomo di Caprio 1988, 272-288).

Mineraloška analiza keramike određuje sam izvorni materijal, koji je važan za određivanje temperature pečenja. Prvobitni elementi ili minerali gline i ostale primjese se kod određenih temperatura raspadaju, a iz njih nastaju novi minerali. Koji će minerali nastati, ne ovisi samo o mineraloškom sastavu prvobitnog materijala već i o temperaturi pečenja, stupnju homogenosti, količini i obliku zrnatosti. Na temelju boje možemo djelomično utvrditi i način pečenja, jer je boja ovisna o svojstvima primarnog materijala i temperaturi pečenja. Mineraloško-petrografskim analizama pokušava se utvrditi:

- mineraloški sastav te izvorno područje gline
- temperatura pečenja
- nastajanje ključnih razlika između analizirane keramike (pomoću cluster analiza).

Kemijskim registriranjem minerala kalcita, glinenih minerala, glinica, biotita, amfibola, piroksena i drugih možemo utvrditi o kakvoj se vrsti tla radi. Ako je kemijska struktura uzoraka identična (elementi identični s primarnim materijalom) i ako nema odstupanja, može se govoriti o jedinstvenom ili generalnom mjestu, odnosno lociranju mjesta iskopa gline za proizvodnju keramike. Ako su utvrđene

minimalne razlike u ispitanim uzorcima, govori se o različitim lokacijama glinokopa u jednoj mikroregiji, heterogenosti materijala unutar jednog glinokopa ili o različitom načinu pripremanja gline prije pečenja (dodavanje kremenja, karbonata, stare keramike različitoga izvora) (Zupančić - Bole 1997, 88; Henderson 2000, 144-181).



Sl. 82 - 85 Pogled na cloustere različitih tipova statističkih metoda i tabelu registriranih mineraloških sirovina tijekom analiza keramičkih ulomaka (Cuomo di Caprio 1988, 260, fig. 36; Zupančić - Bole 1997, 92, sl. 33, tab. 25; 93, sl. 34)

Rezultati takvog laboratorijsko-kemijskog utvrđivanja, povezanosti između pojedinih promjena i rezultat korelacijskih koeficijenata u ispitnim uzorcima, upotrebljavaju se za što bolji prikaz stanja kroz različite multivarijantne statističke metode u kojima razvrstavamo i odvajamo pojedine utvrđene uzorke u više različitih grupa (clousterska analiza). Svaki uzorak predstavlja točku na idealnom mjestu (visina, širina, dubina,  $n$  = broj analiziranih elemenata uzoraka itd.). Uzorci koji su slični, formiraju skupinu ili grupu clouster (sl. 82-85).

Uzorci koji imaju različite kemijske sastave formiraju grupacije točaka na drugim mjestima, tako mogu postojati i više od tri skupine. Izdvojeni element koji ne pripada nijednoj skupini, naziva se outsider (Rice 1987, 415, fig. 14.1; Cuomo di Caprio 1988, 259-264; Zupančić - Bole 1997, 91, tab. 24, 92-93 fig. 33-34; 1998, 348-350, tab. 1, 351, fig. 1, 352, fig. 2; Zupančić 1998, 362-363, sl. 1; Maniatis, Jones et al. 1984, 208 fig. 2, 209 tab. 1-2; Henderson 2000, 177-179). Daljnjim mineraloškim istraživanjima minerali uzoraka prema broju kalcita izloženi su djelovanju klorovodične kiseline, da se vidi njihova reakcija. Slijedi postupak izlaganja uzoraka različitim temperaturama, kada se pojavljuju novi minerali s novim svojstvima, u međuvremenu treba obratiti pažnju na boju uzoraka.

Nakon toga slijedi ispitivanje uzoraka keramike ostalim metodama, kao na primjer: DTA, mikrosondiranje i elektronsko mikroskopiranje itd. (od svih nabrojanih metoda u ovome poglavlju, koristi se samo manji dio uređaja s kojima je financijski opravdanije vršiti analiziranje keramike).

Rezultatima nabrojanih metoda utvrđuje se mineraloško-kemijska struktura u cilju dobivanja što većeg broja informacija, kako bi se rezultati ovako ispitanih keramičkih uzoraka mogli ujediniti u novu cjelinu zajedno s postojećim rezultatima na makroskopskoj razini analiziranja.

Takva nova saznanja dalje proširujemo novim spoznajama na tehnološkoj razini (gdje rezultati mineraloško-kemijske analize temperature pečenja kao i razdiobe na više tipova prema mineraloškom sastavu nemaju nikakve veze s arheološkom tipologijom, odnosno ne smijemo to direktno vezati na tipološku podjelu keramike), da bismo kasnije ovakve novosintetizirane podatke interpretativno upotrijebili za dokazivanje postojanja određenog keramičkog uzorka u geografskom kontekstu (mikro ili makro) i pokušaju objašnjenja širenja keramike importom ili lokalnom keramičkom proizvodnjom u određenom društvu ili kulturnoj zajednici (u određenim razdobljima od prapovijesti do srednjeg vijeka), kao i socijalnoj strukturi stanovništva tih istih društava i kultura, koji su upotrebljavali pojedine tipove keramike (grube ili fine).

## KRATICE

AP	Arheološki pregled, Beograd
Arh. vest.	Arheološki vestnik, Ljubljana
BAR	British Archaeological Reports, International Series, Oxford
Documenta	Documenta Praehistorica, Ljubljana
GZMS	Glasnik Zemaljskog muzeja, Sarajevo
Histria archaeol.	Histria archaeologica, Časopis Arheološkog muzeja Istre, Pula
OIAS	Opera Instituti Archaeologici Sloveniae, Znanstveno raziskovalni center SAZU, Ljubljana
Opusc. archaeol.	Opuscula archaeologica, Radovi Arheološkog zavoda Filozofskog fakulteta u Zagebu
Origini	Preistoria e Protostoria delle civiltà antiche, Roma
Padusa	Bolletino del Centro Polesano di studi storici archeologici ed Etnografici, Rovigo
PJZ	Praistorija Jugoslavenskih zemalja, Sarajevo
Poročilo	Poročilo o raziskovanju paleolitika, neolitika in eneolitika v Sloveniji, Ljubljana
PrilInstArheolZagrebu	Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu



## LITERATURA

- BACIĆ, B. 1969. Medulin, Vižula, neolitsko naselje, *AP*, 14, Beograd, 23.
- BATOVIĆ, Š. 1979. Jadranska zona, *PJZ*, II, Neolitsko doba, Sarajevo, 473-635.
- BENAC, A. 1971. Obre II, Neolitsko naselje butmirske grupe na Gornjem polju, *GZMS*, N. s. XXVI, Sarajevo, 5-300.
- BENAC, A. 1973. Obre I. Neolitsko naselje starčevačko - impresso i kakanjske kulture na Raskršću, *GZMS*, N.s. XXVII, Sarajevo, 5-171.
- BENAC, A. 1979. Prelazna zona, *PJZ*, II, Neolitsko doba, Sarajevo, 363-473.
- BLOEDOW, F. E. 1991. The "Aceramic" Neolithic phase in Greece Reconsidered, *Mediterranean Archaeology*, 4, 1-43.
- BOUGARD, E. 2003. Ceramic in the Upper Palaeolithic, Prehistoric Pottery, People, pattern and purpose, Prehistoric Ceramics Research Group: Occasional Publications No. 4, *BAR International Series*, Oxford, 29-35.
- BREGANT, T. 1968. Ornamentika na neolitski keramiki v Jugoslaviji, *Mladinska knjiga*, Ljubljana.
- BRUSIĆ, Z. 1994/95. Naselje iz starijeg neolitika na Vrbici kod Bribira, *Diadora*, 16-17, Glasilo Arheološkog muzeja Zadar, Zadar, 1-49.
- BUDJA, M. 2001. The transition to farming in Southeast Europe: perspectives from pottery, *Documenta*, XXVII, Ljubljana, 27-49.
- CULLEN, T. 1985. Social Implications of Ceramic Style in the Neolithic Peloponnese, Ceramics and Civilisation, *Ancient Technology to Modern Science*, The American Ceramic Society, Vol. I, Ohio, 77-100.
- CUOMO DI CAPRIO, N. 1971/1972. Proposta di classificazione delle fornaci per ceramica e laterzi nell'area italiana, della preistoria a tutta l'epoca romana, *Sibirivm*, XI, Centro di studi preistorici ed archeologici - Varese, 371-465.
- CUOMO DI CAPRIO, N. 1985. La ceramica in archeologia, antiche tecniche di lavorazione moderni metodi d'indagine; L'erma di Bretschneider - Roma, ristampa.
- DACAR, M. 1999. Trhlovcva, *Diplomska naloga, (rukopis)*, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Ljubljana.
- DAVIDSON, T. 1981. Pottery Manufacture and Trade at the Prehistoric Site of Tell Aqab, Syria, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 8, Numb. 1, Boston University for The Association for Field Archaeology, 1981, 65-77.
- DEMOULE J. P., PERLÈS C. 1993. The Greek Neolithic: A New Review, *Journal of World Prehistory*, Vol. 7. No. 4, 115-164.
- DIMITRIJEVIĆ, S. 1979. Sjeverna zona, *PJZ II*, Neolitsko doba, Sarajevo, 229- 363.

- DULAR, J. 1982. Halštatska keramika v Sloveniji. Prispevek k proučevanju halštatske grobne keramike in lončarstva na Dolenjskem. *Dela SAZU*, 23, Ljubljana.
- DURN, G. 1996. Podrijetlo, sastav i uvjeti nastanka terre rosse Istre, *Doktorska disertacija (rukopis)*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Odjel za geologiju i mineralne sirovine, Zagreb, 9-172.
- GARCIA-HERAS, M. 1993. Celtiberian pottery production in the Spanish late Iron age. A Case-study in central Meseta (Soria, Spain), *Third Euro - Ceramics*, Vol. 2, Faenza Editrice liberica S. L. Spain, 953-958.
- GARAŠANIN, M. 1979. Centralnobalkanska zona, *PJZ*, II, Neolitsko doba, Sarajevo, 1979, 79-213.
- GAŠPARIČ-ŽIBRAT, A. 2003. Archaeometrical analysis of Neolithic pottery from the Divača region, Slovenija, *Documenta*, XXXI, Ljubljana, 205-220.
- GIBSON, A., WOODS, A. 1990. Prehistoric Pottery for the Archaeologist, *Leicester University Press*, London.
- GIBSON, A. 2003. Introduction, People, Pattern and Purpose: Some Observations, Questions and Speculations, Prehistoric Pottery, People, pattern and purpose, Prehistoric Ceramics Research Group: Occasional Publications No. 4, *BAR International Series*, Oxford, v-xii.
- GRGIĆ, J., et al. 2007. Svijet minerala, *katalog izložbe*, Pomorski povijesni muzej Hrvatskog primorja, Rijeka - Pula.
- GRIMSHAW, R. W. 1971. The Chemistry and physic of clays and allied chericamic materials, London, reprint.
- GUERRESCHI, G. 1971/ 1972. Note per una classificazione delle ceramiche preistoriche, *Sibrium*, XI, Centro di studi preistorici ed archeologici - Varese, 215-339.
- GUERRESCHI, G., CESCHIN, N. 1985. Codice d'analisi della ceramica praistorica. 2<sup>a</sup> Edizione rivenduta e ampliata, *Padusa*, N. 1-2-3-4, Bolletino del Centro Polesano di studi storici archeologici ed etnografici- Rovigo, 3-55.
- HENDERSON, J. 2000. The science and archaeology of materials, New York.
- HORVAT, M. 1989. Ajdovska jama, *Razprave Filozofske fakultete*, Ljubljana, 1989.
- HORVAT, M. 1999. Keramika, Tehnologija keramike, tipologija lončenine, keramički arhiv, *Razprave Filozofske fakultete*, Ljubljana.
- HORVAT, J. et al., 1997. Sermin, prazgodovinska in zgodnjnerimska naselbina v severo-zahodni Istri, *OLAS*, Ljubljana, 57 - 82, 100 - 112.
- HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA 2002. Gline, Vol. 4, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 227-228.
- HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA 2002a. Glinenci, Vol. 4, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 228.

- KARŠULIN, M., NOVAK, G. 1955. Kompozicija, sastav, struktura i tehnologija neolitičke keramike u Grapčevoj spilji na otoku Hvaru, Prehistorijski Hvar, Grapčeva spilja, (posebno izdanje JAZU- a), Zagreb, 281-294.
- KINGERY, D. 1981. Plausible Inferences from Ceramic Artefacts, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 8, Nr. 4, Boston University for the Association for Field Archaeology, 457-467.
- KLOPČIĆ, I. 1989. Mineraloške in sedimentološke preiskave neolitske keramike iz Moverne vasi, *Diplomska naloga (rukopis)*, Fakulteta za naravoslovlje in tehnologijo, VTOZD Montanistika, Ljubljana, 1-89.
- KOROŠEC, J. 1964. Danilo in danilska kultura (posebno izdanje), Univerza v Ljubljani, Arheološki oddelek Filozofske fakultete, Ljubljana.
- KUČINA, V. 1991. Oblikovanje keramike, Školska knjiga, Zagreb.
- LIEBSCHER, I., WILLERT, F. 1955. Technologie der Keramik, (prijevod Rosić, Đ. *Tehnologija keramike*), Beograd.
- MANTIAS, Y., SIMOPOULOS, A., JONES, R. E., WHITBREAD, I. K. et al. 1984. Punis Amphoras Found at Chorint, Greece: an Investigation of Their Origin and Technology, *Journal of Field Archeology*, Vol. 11, nr. 2, Boston University for The Association for Field Archeology, 205-222.
- MATSON, F. R. 1981. Archaeological Ceramics and the Physical Sciences: Problem Definition and Results, *Jurnal of Field Archaeology*, Vol. 8, Nr. 4, Boston University for The Association for Field Archaeology, 448-456.
- MIHOVIĆ, K. 1986. Pregled prahistorije Istre od starijeg neolitika do početaka romanizacije, *Izdanja HAD-a*, Vol. 11/1, Zagreb, 49-63.
- MIHOVIĆ, K., BURŠIĆ-MATIJAŠIĆ, K. 1999. Der Zauber Istriens, Eine Ausstellung über kroatische Geschichte, Kunst und Kultur, Katalog izložbe Međunarodnog istraživačkog centra za arheologiju, Pula.
- MÜLLER, J. 1994. Das Ostadriatische Frühneolithikum, Die Impresso - Kultur und die Neolithisierung des Adriaumes, *Prähistorische Archäologie in südost Europa*, Band 9, Berlin.
- MUNTONI, I., M. 2002. Le analisi archeometriche di ceramiche neolitiche in Italia: Storia degli studi, strategie di campionamento, tecniche, analitiche e obiettivi delle ricerche, *Origini*, Vol. XXIV, *Preistoria e Protostoria delle civiltà antiche*, Roma, 165-235.
- OSTERC, V. 1975. Mineralna sestava in mikrostruktura keramike kolišča ob Maharskom prekopu, *Poročilo*, IV, Ljubljana, 123-135.
- OSTERC, V. 1986. Mineralogija keramike iz Ajdovske jame I, *Poročilo*, XIV, Ljubljana, 97-111.

- RYE O. S. 1981. Pottery, Principles and Reconstruction, *Manuals on Archaeology*, 4, Washington.
- PALLECCHI, P. 1995. Osservazioni sulla composizione e la tecnologia delle ceramiche dell'insediamento Neolitico di Quadrato di Torre Spaccata (Roma), *Origini*, Vol. XIX, *Preistoria e Protostoria delle civiltà antiche*, Roma, 297-305.
- PERLÈS C. 2001. The Early Neolithic of Greece: the first farming communities in Europe, *Cambridge World Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- PERLÈS C., VITELI K., D. 1999. Craft Specialization in the Neolithic Greece, *Neolithic Society in Greece*, Sheffield Academic Press, Sheffield, 96-108.
- PHILLIPSON, D. W. 1984/ 1987. Traditional pottery manufacture in the Southern Sudan, *Origini*, Vol. XIII, *Preistoria e Protostoria delle civiltà antiche*, Roma, 425-451.
- RICE, P. M. 1987. Pottery analysis a sourcebook, *The University of Chicago Press/ Chicago and London*.
- SEKELJ-IVANČAN, T., TKALČEC, T., SLOVENEK, D., LUGOVIĆ, B. 2005. Analiza keramike s ranosrednjovjekovnog naselja na položaju Ledine kod Torčeca, *Analyse der Keramik aus der Frühmittelalterlichen Siedlung am Standort Ledine bei Torčec*, *PrilInst.Arheol.Zagreb*, Vol 22, Zagreb, 141-187.
- SHEPARD, A. 1980. Ceramics for the Archaeologist, Washington, D.C, Carnegie Institution of Washington.
- SPATARO, M. 2002. The First Farming Communities of the Adriatic: Pottery Production and Circulation in the Early and Middle Neolithic, *Quaderno 9*, Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli - Venezia Giulia, Museo Civico di Storia Naturale, Trieste.
- SPATARO, M. 2003. Pottery technology and manufacture at the Korenovo Culture (LBK) site of Malo Korenovo (Bjelovar, Croatia), *Opusc. archaeol.*, Vol. 27, Zagreb, 49-63.
- STEWART-JONES, H. 1998. Rocks, shells, fossils, minerals & gems, The complete collector's companion, London, 6-158.
- ŠIREC, Lj. 1997. Primjerci gravirane renesansne keramike iz kaštela Dvigrad, *Histria archaeol.* 26/1995, Pula, 131-169.
- TAJDER, M., HERAK, M. 1966. Petrografija i geologija, *Udžbenici Zagrebačkog Sveučilišta*, Zagreb, 1-206.
- TIŠLJAR, J. 1994. Sedimentne stijene, *Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb.
- TOMAŽ, A. 1997. Tehnološka raziskava lončenine iz Moverne vasi v Beli krajini, *Poročilo*, XXIV, Ljubljana, 113-142.
- TOMAŽ, A. 1999. Časovna in prostorska strukturiranost neolitskega lončarstva: Bela krajina, Ljubljansko barje, Dinarski kras, *Magistrsko delo (rukopis)*, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Ljubljana.

- US, H. 1958. Geologija in mineralogija, Ljubljana 1958, 3-154.
- ZUPANČIĆ, N. 1998. Izvor i žganje keramike iz arheološkoga najdišća Vransko, *Materiali in geookolje*, letnik 45, št. 3-4, Ljubljana, 359-373.
- ZUPANČIĆ, N., BOLE, M., HORVAT, J. et all. 1997, Sermin *Prazgodovinska in zgodnjerimska naselbina v severozahodni Istri*, OIAS, Ljubljana, 83-99.
- ZUPANČIĆ, N., HORVAT, J., BOLE, M. 1998. The Production of Greco - Italic Amphorae in Adriatic Region, *Materiali in geookolje*, Vol. 45, Nr. 3-4, Ljubljana, 345-357.

## SAŽETAK

### NASTANAK GLINE, TEHNOLOGIJA I MINERALOGIJA KERAMIKE

Romuald ZLATUNIĆ

U ovom je članku djelomično obuhvaćen, s arheološkog aspekta, čitav niz prirodnih procesa koji uvjetuju nastanak glina i njihove specifičnosti koje djeluju na proizvodnju keramike. Pojava i proizvodnja keramike kroz mnoga tisućljeća ljudskog povijesnog razvoja, arheolozima je za pojedina razdoblja, osobito za prapovijest, jedan od glavnih elemenata determinacije i objašnjavanja načina života (ekonomske i socijalne strukture takvih društava) (Batović 1979; Benac 1971; 1973; 1979; Dimitrijević 1979; Garašanić 1979; Müller 1994; Budja 2001; Cullen 1985; Bloedow 1991; Perlès - Viteli 1999; Perlès 2001). Arheološkom shvaćanju te problematike uvelike pomaže metodološki pristup pomoću prirodnih znanosti, od kojih geološko-petrografsko-kemijski ima veoma važan udio.

Geološko-petrografskim analitičkim pristupima objašnjava se mineralna struktura glina, njihov nastanak, karakteristike, tvrdoća, kolorit. Kemijskim se pristupom utvrđuje temperatura gorenja minerala gline, njihova boja, nastanak novih minerala tijekom gorenja, izvorište iskopa glina. Te pristupe uvelike omogućava tehnološka razvijenost, tako se pri tim istraživanjima koristi čitav niz tehničkih uređaja od mikroskopa preko elektronskog mikroskopa do različitih rendgena i spektrometara čiji se rezultati dalje računarsko-statistički obrađuju. Tako dobivene podatke arheolozi kasnije koriste kao dodatni ili pomoćni izvor znanja kojim upotpunjuju svoje metodološke pristupe na makroskopskoj razini istraživanja keramičkih predmeta, od analiza koloriteta površine, tvrdoće, tehnike obrade, zatim ukrašavanja, načina proizvodnje, tehnike pečenja te ostalih različitih tipoloških analiza keramike.

## SUMMARY

### **THE DEVELOPMENT OF CLAY; TECHNOLOGY AND MINERALOGY OF CERAMICS**

*Romuald ZLATUNIĆ*

The article partly involves, from the aspect of archaeology, a series of natural processes that determine the development of clays and their specific qualities that influence the production of ceramics. The appearance and production of ceramics through the millennia of human historical development constitute one of the main elements that are used by archaeologists in determining and explaining of the way of life and the economic and social structure of the societies in certain periods, particularly the prehistoric period (Batović 1979; Benac 1971; 1973; 1979; Dimitrijević 1979; Garašanin 1979; Müller 1994; Budja 2001; Cullen 1985; Bloedow 1991; Perlès - Viteli 1999; Perlès 2001). The archaeological methods that are applied in those cases are greatly aided by the methodological approach using the natural sciences, in which the geological-petrographic-chemical one plays a very important part.

The geological-petrographic analytic approaches are used to explain the mineral structure of the clays, their development, characteristics, hardness, and colour. The chemical approach is used to determine the burning temperature of the clay minerals, their colour, the development of new minerals during the burning process, and the source of the clay. Those approaches are greatly facilitated by technological development, in this type of research a series of technical instruments are used, from microscope to electronic microscope and various x-rays and spectrometers, the results of which undergo further statistical computer processing. The data obtained this way are subsequently used by archaeologists as additional or subsidiary source of knowledge with which they supplement their methodological approaches at the macroscopic level of research of ceramic objects, from analyses of surface colour, hardness, processing technology, ornamentation, production mode, and burning technique, to other various typological analyses of ceramics.