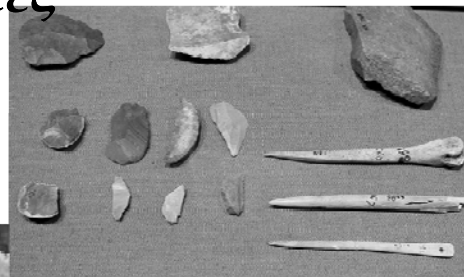


Γεω-υλικά και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς

Ιωάννης Ηλιόπουλος

Οι Ορυκτές Πρώτες Ύλες

Το χθες...



Οι Ορυκτές Πρώτες Ύλες

~ 2,5 εκατ. χρόνια πριν
(Semaw et al. 1997, Nature)



archaeology.org/news/1400-131011-recycling-tools-stone-bones

ARCHAEOLOGY

A publication of the Archaeological Institute of America

HOME NEWS MAGAZINE ONLINE EXCLUSIVES MARKETPLACE TRAVEL SUBSCRIBE

The First Recyclers

Share

H00x 00000 11, 2013



(New Research)
TEL AVIV, ISRAEL— Early hominids routinely recycled the stone and bone objects they used every day, according to the archaeologists gathered at *The Origins of Recycling*, a conference recently held at the University of Tel Aviv. Evidence of the reworking of old flint tools 1.5 million years ago has been found in southern Spain, and Neanderthals refashioned bone tools at a butchering site near Rome some 300,000 years ago. Additional sites have been found in Israel and North Africa. Recycling conserves energy and raw materials, but did early humans decide to conserve resources, or did they just pick up old tools unconsciously when it was time to make something else?

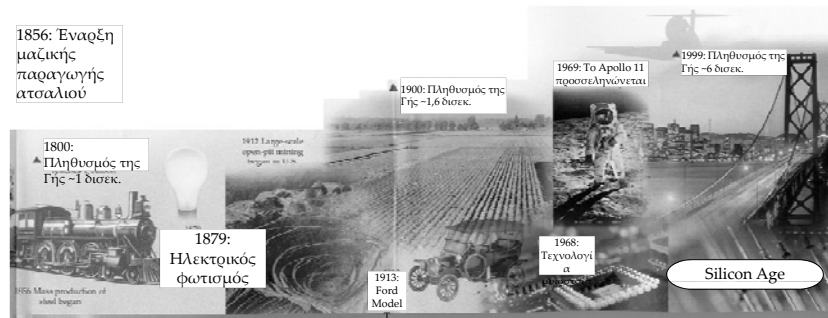
[About Us](#) [Writers' Guidelines](#) [Privacy Policy](#) [Contact Us](#) [Advertise](#)

- ⊗ Η ιστορία του ανθρώπου διαιρείται σε εποχές που χαρακτηρίστηκαν ανάλογα με τα ορυκτά που αυτός είχε επεξεργαστεί.
- ⊗ Ο χρυσός ήταν το πρώτο μέταλλο που αναγνωρίστηκε, επειδή όμως ήταν σπάνιος βρήκε λίγες πρακτικές εφαρμογές.
- ⊗ Αντιθέτως, ο χαλκός χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή όπλων και οικιακών σκευών.

Το ...*timeline* του Πολιτισμού μας



...*timeline* (συνέχεια)



2011: ~ 6,5 δισεκ.

2083: ~ 10 δισεκ.

Σκοπός

Μια σύντομη προσέγγιση:

- του συνόλου των υλικών πολιτισμού (**materials culture**) από πλευράς διαχρονικής εμφάνισής τους, κατασκευής τους, χρήσης και τεχνολογικής αποτίμησης.
- Τις ιδιότητες, τον χαρακτηρισμό, τη φθορά, διάβρωση και συντήρησή τους
- Τις εφαρμοζόμενες σύγχρονες αναλυτικές τεχνικές και μεθόδους

Αρχαιολογικό υλικό

- Οποιοδήποτε υλικό ή αντικείμενο, προϊόν αρχαιολογικής έρευνας ή μαρτυρίας, με κοινό γνώρισμα την απόδοση σε αυτό αρχαιολογικής σημασίας ή συσχέτισης
- Μπορεί να είναι:
 - Φυσικά γεωαρχαιολογικά ή βιοαρχαιολογικά υλικά (π.χ. λάβα, τέφρα, κάρβουνο, κλαδιά, σπόροι)
 - Τέχνηργα: τροποποιημένη από τον άνθρωπο πρώτη ύλη για εργαλεία, κοσμήματα, μνημεία (π.χ. μεταλλεύματα για μέταλλο, άργιλος για κεραμικά, πετρώματα για λίθινα εργαλεία και κτήρια)

Αρχαιομετρία

- Η διεπιστημονική σύζευξη αρχαιολογίας, ιστορίας της τέχνης, συντήρησης πολιτιστικής κληρονομιάς, εθνογραφίας και φυσικών επιστημών με σκοπό τη μελέτη φυσικών πρώτων υλών και τέχνηργων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την Προϊστορική και Ιστορική περίοδο.
- Archaeometry ή Archaeological Sciences
- Γεω-υλικά: πετρώματα, εδάφια υλικά, κονιάματα, χρωστικές (πιγμέντα), κεραμικά, γυαλιά και σκωρίες

Σε ποια ερωτήματα απαντά;

1. Από πού προέρχονται οι πρώτες ύλες; (προέλευση)
2. Που παράχθηκε το τέχνηργο; (προέλευση)
3. Πως κατασκευάστηκε; (τεχνική)
4. Ποια ήταν η λειτουργικότητά του; (χρήση)
5. Πότε κατασκευάστηκε; (χρόνος)
6. Από τι αποτελείτε; (σύσταση)
7. Που και πώς βρέθηκαν (ταφή)

Αρχαιομετρική προσέγγιση

- Η επιστημονική προσέγγιση δεν πρέπει να περιορίζεται στην ποιοτική και ποσοτική περιγραφή της «τεχνολογικής επιχειρηματικής αλυσίδας» (chaîne opératoire).
- Ολοκληρωμένη («Ολιστική») προσέγγιση
- Κοινωνικο-πολιτιστικό περιβάλλον μέσα στο οποίο παράχθηκε το τέχνηργο (οικία, ατελιέ, κτλ.), διακινήθηκε και χρησιμοποιήθηκε.

Αρχαιομετρική προσέγγιση

Σε συνεργασία με τους αρχαιολόγους-ιστορικούς τέχνης ο επιστήμονας των Φ.Ε. θα πρέπει:

- να αναδεικνύει πως και γιατί εισήχθηκε μια συγκεκριμένη τεχνική ή μια συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία.
- να διασαφηνίζει την επιδίωξη που κρύβεται πίσω από μια συγκεκριμένη λειτουργία και την επιλογή μιας συγκεκριμένης εμπορικής δομής

Τέχνηργο

- Κάθε αντικείμενο που κατασκευάζεται ή τροποποιείται από τον άνθρωπο και ανήκει στην κατηγορία των αρχαιο-υλικών ή αρχαιολογικών υλικών.
- Έτσι, στην αρχαιολογία, ένα τέχνηργο είναι αντικείμενο ίο οποίο ανακτάται από κάποια αρχαιολογική προσπάθεια, που μπορεί να έχει ένα πολιτιστικό ενδιαφέρον.

Τέχνηρογο

- Η μελέτη αυτών των αντικειμένων εύλογα αποτελεί σημαντικό τμήμα της αρχαιολογίας, αν και στο βαθμό που αντιπροσωπεύουν τις κοινωνικές ομάδες που τα έφτιαξαν αποτελεί αντικείμενο που οι θεωρητικοί αρχαιολόγοι δεν συμφωνούν πάντα.
- Μελετώντας καθ' εαυτό το αντικείμενο παράγει χρήσιμη μεν πληροφορία για το αντικείμενο, όμως αγνοεί παραμέτρους του άμεσου περιβάλλοντος που αφορούν την κοινωνία των κατασκευαστών ή τις συντεχνίες.
- Παραδοσιακά Μουσεία συχνά κριτικάρονται για τον 'δανεισμό' προς έκθεση άνευ πληροφορίας που αφορά τη θέση του τέχνηρογο στην αρχαία κοινωνία, το σκοπό κατασκευής ή τους τεχνίτες και την τεχνική.

Τέχνηρογο

- Συνήθως μελετώνται από την πλευρά της μορφολογικής θεώρησης
- Από τη δεκαετία του 1970 όμως δίνεται πλέον έμφαση στην κατανόηση του τρόπου ζωής των διαφόρων κοινωνιών
- Έτσι πια τα τέχνηρογα μελετώνται σαν πηγές πληροφορίας συγκεκριμένων θεματικών ενοτήτων (οικονομία, τεχνολογία, πολεμική τέχνη, οικισμός, κοινωνική οργάνωση, θρησκεία)

"...artefacts are no longer just clues to be decoded, which will enable us to reconstruct past human behaviour: instead, artefacts are integral components of the past, which were shaped by, and in turn helped to shape, human behaviour."

A. Jones, August 2004

"...i manufatti antichi non sono da considerare soltanto oggetti da decodificare, che possono aiutare a ricostruire il comportamento umano nel passato: piuttosto, sono componenti integrali del passato, realizzati dall'uomo, che al tempo stesso hanno contribuito a costruire la "cultura materiale" delle antiche comunità."

A. Jones, agosto 2004

Τέχνεργο

- Η τυπολογική ανάλυση δεν χρειαζόταν παρά μόνο την υποκειμενική εκτίμηση του αρχαιολόγου μελετητή με τη μέθοδο της σύγκρισης όμοιων χαρακτηριστικών.
- Τα τελευταία 30 χρόνια απαιτεί πλέον τεχνικές αναλύσεις από ένα ευρύ φάσμα όλο και περισσότερο εξειδικευμένων επιστημονικών τεχνικών και μεθοδολογιών, ώστε να αποσπάσει τη μέγιστη πληροφορία που αφορά, π.χ.:
 - α) τον ακριβή χαρακτήρα και τις πηγές προέλευσης της πρώτης ύλης (ακατέργαστα υλικά από λατομεία, μεταλλεία, ορυχεία),
 - β) τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για να μετατρέψουν αυτά τα υλικά σε τέχνεργα και
 - γ) τη χρήση των αντικειμένων αυτών.

Τέχνεργο

- Στη μελέτη των αρχαιολογικών τέχνεργων (Hodges, 1976) οι μικροσκοπικές και όλες οι αναλυτικές τεχνικές προσφέρουν σπουδαίες πληροφορίες που αφορούν:
 - α) την αναγνώριση των υλικών από τα οποία κατασκευάστηκαν τα αντικείμενα, όπως το είδος του πετρώματος,
 - β) τα χρησιμοποιούμενα ορυκτά για χρωστικές ουσίες,
 - γ) τα είδη των δένδρων για τα ξύλινα τέχνεργα και
 - δ) τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης των μετάλλων και γυαλιών.

Τέχνεργο

- Η πληροφορία που λαμβάνεται αφορά
 - μια μεγάλη κατηγορία υλικών που αναζητήθηκαν στην αρχαιότητα,
 - στο κατά πόσο εκτιμήθηκαν οι φυσικές τους ιδιότητες και
 - στην ικανότητα να υπερπηδήσουν τεχνολογικά προβλήματα σχετιζόμενα με την παρασκευή των τέχνεργων από τα υλικά αυτά.

Τέχνεργο

- Επίσης, οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο να εξετάσουν αν τα υλικά ήταν εισαγόμενα ή λήφθηκαν από τοπικές πηγές (λατομεία, ορυχεία).
- Στα εισαγόμενα η αναγνώριση της γεωγραφικής πηγής τους υποδηλώνει εμπορικές διασυνδέσεις ως πληροφορίες για την κοινωνική και οικονομική οργάνωση (με τη λέξη «εμπόριο» φυσικά δεν εννοείται οπωσδήποτε επαγγελματικό εμπόριο).
- Η φυσική εξέταση των τέχνεργων προσφέρει επίσης πληροφορίες για τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή τους.
- Αυτά τα δεδομένα μαζί με την αναγνώριση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν μας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες περί της τεχνολογικής ανάπτυξης της κοινωνίας.

Σχετική σπουδαιότητα των αναλύσεων στα διάφορα τέχνεργα

Είδος Τέχνεργου	Αναγνώριση πρώτης ύλης	Γεωγραφική πηγή πρώτης ύλης	Τεχνικές παρασκευής
Λίθινα	<ul style="list-style-type: none"> • Πετρολογική εξέταση • Ακτίνες-X περιθλασης 	<ul style="list-style-type: none"> • Πετρολογική εξέταση • Χημική ανάλυση (αχνόστοιχεία + ελάχιστα στοιχεία) 	
Κεραμικά	<ul style="list-style-type: none"> • Πετρολογική εξέταση 	<ul style="list-style-type: none"> • Πετρολογική εξέταση • Χημική ανάλυση (αχνόστοιχεία + ελάχιστα στοιχεία) 	<ul style="list-style-type: none"> • Πετρολογική εξέταση • Ακτίνες-X περιθλασης • Φασματοσκοπία Mössbauer • Φασμική ανάλυση
Μεταλλικά	<ul style="list-style-type: none"> • Χημική ανάλυση (ελάχιστο-κίρια στοιχεία) • Ειδική βαρύτητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Χημική ανάλυση • Ισοτοπική ανάλυση (μολύβδος, Pb) 	Μεταλλογραφική εξέταση (Αεπιτή τομή)
Γυάλινα (πορσελάνη, φαγεντιανή)	<ul style="list-style-type: none"> • Χημική ανάλυση (κίρια + ελάχιστα στοιχεία) • Ισοτοπική ανάλυση (οξυγόνο) 		
Χρωστικές ουσίες	<ul style="list-style-type: none"> • Χημική ανάλυση (κίρια + ελάχιστα στοιχεία) • Ακτίνες-X περιθλασης • Υπερύβρη φασματοσκοπία, Raman 	<ul style="list-style-type: none"> • Χημική ανάλυση (αχνόστοιχεία + ελάχιστα στοιχεία) 	
Βιολογικά (ξίλινα, οστέινα, δέρμινα, ίνες, όστρακα, κεχρημπάρι)	Οπτική μικροσκοπία	<ul style="list-style-type: none"> • Ισοτοπική ανάλυση (όστρακα: οξυγόνο + άνθρακας) • Χρωματογραφία (κεχρημπάρι) 	
Βιολογικά (συγκολλητικά, βερνίκια κ.ά.)	<ul style="list-style-type: none"> • Υπερύβρη φασματοσκοπία • Χρωματογραφία • Raman 		

Κατηγορίες τέχνηργων

Οι κύριες κατηγορίες τέχνηργων:

- Λίθινα
- Κεραμικά
- Μεταλλικά
- Γυάλινα

Λίθινα Τέχνηργα

Πυριτόλιθος

- Έχουν αναλυθεί με φυσικές μεθόδους για να εντοπισθεί το λατομείο (π.χ. στη νότια Αγγλία και ηπειρωτική Ευρώπη κατά τη Νεολιθική περίοδο και Εποχή του Χαλκού).
- Αποτελούνται κυρίως από χαλαζία, αλουμινοπυριτούχα και βαρέα ορυκτά και είναι μη ασβεστούχα.
- Μετρήσεις σε πυριτόλιθους αναφέρονται στο Al, Th, Fe, Sc, αλλά και σε άλλα ιχνοστοιχεία.
- Εντοπίσθηκε σημαντική ανομοιογένεια εντός του ίδιου τέχνεργου.

Οψιανός

- Έχει αναλυθεί σημαντικός αριθμός οψιανών και βρέθηκε η πηγή τους (π.χ. Μήλος, ανατ. Μικρά Ασία, Λιπάρι Ιταλίας, νησιά Ιαπωνίας, Πολυνησία, Μεξικό κ.ά.).
- Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως εργαλεία και λεπίδες από τον παλαιολιθικό άνθρωπο και κατά τη διάρκεια της Προϊστορικής Εποχής.

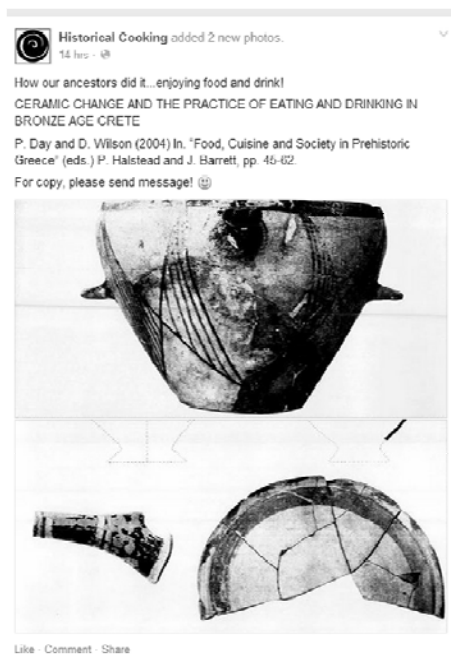
Κεραμικά τέχνηρα

Πηλός - κεραμικά

- Μεταξύ των πλέον διαδεδομένων προϊόντων στον αρχαίο κόσμο είναι η κεραμική.
- Τα κεραμικά ήταν τα πρώτα συνθετικά υλικά που κατασκεύασε ο άνθρωπος.
- Ένα είδος τεχνικού λίθου που συνδυάζει τα τέσσερα στοιχεία του Εμπεδοκλή: γή, νερό, φωτιά, και αέρα.
- Βασίζεται στον πηλό, δηλαδή την άργιλο
- Η φυσικοχημεία και οι μηχανικές ιδιότητες του είναι βασικά στοιχεία για την κατανόηση των ιδιοτήτων του αλλά και των προϊόντων του

Πηλός - κεραμικά

- Τα αγγεία αποτελούν ένα από τα πολλά υλικά στο ευρύ πεδίο της τεχνολογίας της κεραμικής, και έχουν διαμορφώσει ένα μεγάλο εύρος των ανθρώπινων προσπαθειών από την προϊστορική κουζίνα μέχρι την αεροναυπηγική του 20ου αιώνα.



Μεταλλικά τέχνηρα

Μεταλλικά αντικείμενα

- Μπορεί να αποτελούνται από χαλκό, ορείχαλκο, σίδηρο, μόλυβδο, ασήμι, χρυσό, κασσίτερο.
- Εποχή του Χαλκού και Εποχή του Σιδήρου
- Γνώση στην επεξεργασία μεταλλεύματος με καμινεία και στην πυροτεχνολογία, αφού η τήξη απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες $>1.100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Ιδιαίτερα η γνώση στον διαχωρισμό μεταλλικών φάσεων αποτελεί εξαιρετικά υψηλό επίτευγμα των προϊστορικών λαών.
- Ως τέχνηρα κατασκευάζονται μεταλλικά εργαλεία, νομίσματα, σκεύη, οικοδομικά, όπλα, κ.ά.

Γυάλινα τέχνηρα

Γυάλινα αντικείμενα

- Έχουν βρεθεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές από τη Νεότερη Εποχή του Χαλκού.
- Ανάλογα με την τεχνική κατεργασίας διακρίνονται σε πορσελάνη, υαλωμένα, φαγεντιανή, σμάλτινα, απλός ύαλος (McCray, ed., 1998).
- Παραγωγή: σύντηξη λεπτόκοκκης άμμου (Qz) με ποικίλα μεταβαλλόμενα οξειδία (π.χ. οξειδία νατρίου, καλίου, ασβεστίου και μολύβδου), τα οποία ελαττώνουν το σημείο τήξης του διοξειδίου του πυριτίου από τους 1.710 σε λιγότερο από 1.000 °C.

Γυαλί – υάλωμα: διαφορές

- α) έχουν βασικά ίδια σύσταση, αλλά το γυαλί χρησιμοποιείται για να σχηματίσει τέχνηρα, ενώ το υάλωμα (εξυαλωμένος ή σμαλτωμένος οπτόπλινθος/κεραμικό) βασίζεται σε σώμα κεραμικού,
- β) ο συντελεστής διαστολής του γυαλιού είναι άνευ σπουδαιότητας κατά την ψύξη του, ενώ στο υάλωμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του υαλώματος και του κεραμικού κάνει το υάλωμα να ραγίσει ή να ξεφλουδίσει, και
- γ) στο γυαλί επιζητείται η διαφάνεια, ενώ στο υάλωμα σκοπός είναι να επιτευχθεί επαρκής αδιαφάνεια.

Κεραμική

Κεραμική Τέχνη



- Dolni Vestonice, Τσεχία

Κεραμική Τέχνη



- 26.000 π.Χ. !!!
- Dolni Vestonice, Τσεχία
(Vandiver et al. 1998. The Origins of Ceramic Technology at Dolni Vestonice, Czechoslovakia, *Science*, 246:4933, pp. 1002 - 1008)

Κεραμική Τέχνη



- 26.000 χρόνια πριν !!!
- Dolni Vestonice, Τσεχία
(Vandiver et al. 1989, *Science*)



- 20.000 χρόνια πριν !!!
- Xianrendong & Yuchanyan Caves, Κίνα
(Xiaohong et al. 2012, *Science*)

Κεραμική Τέχνη

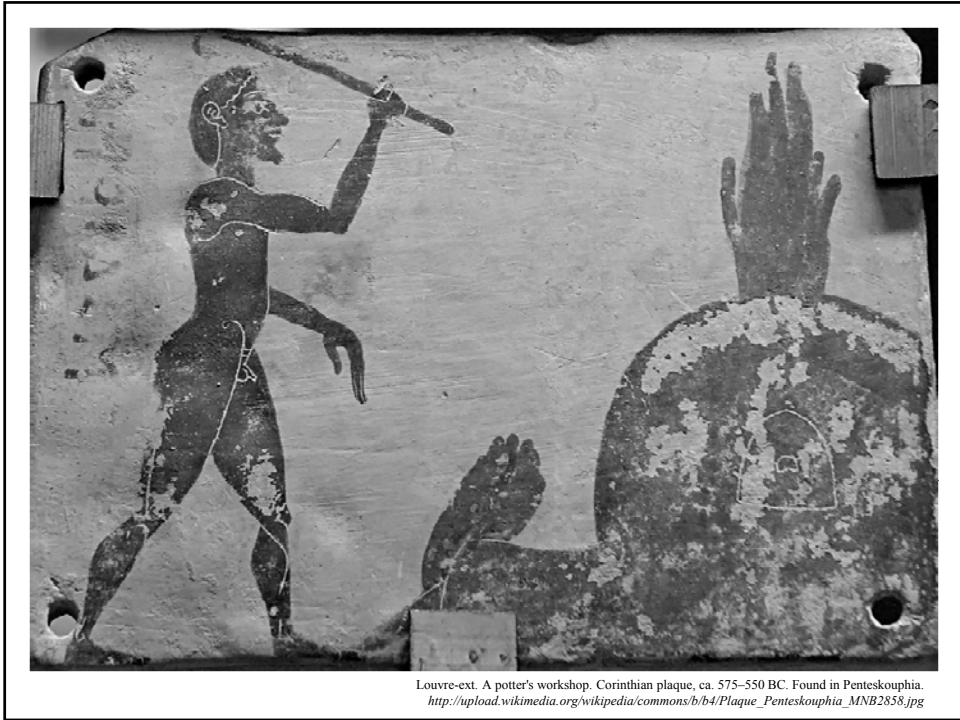
- 10.000 χρόνια πριν
- Μετασχηματισμός κοινωνιών

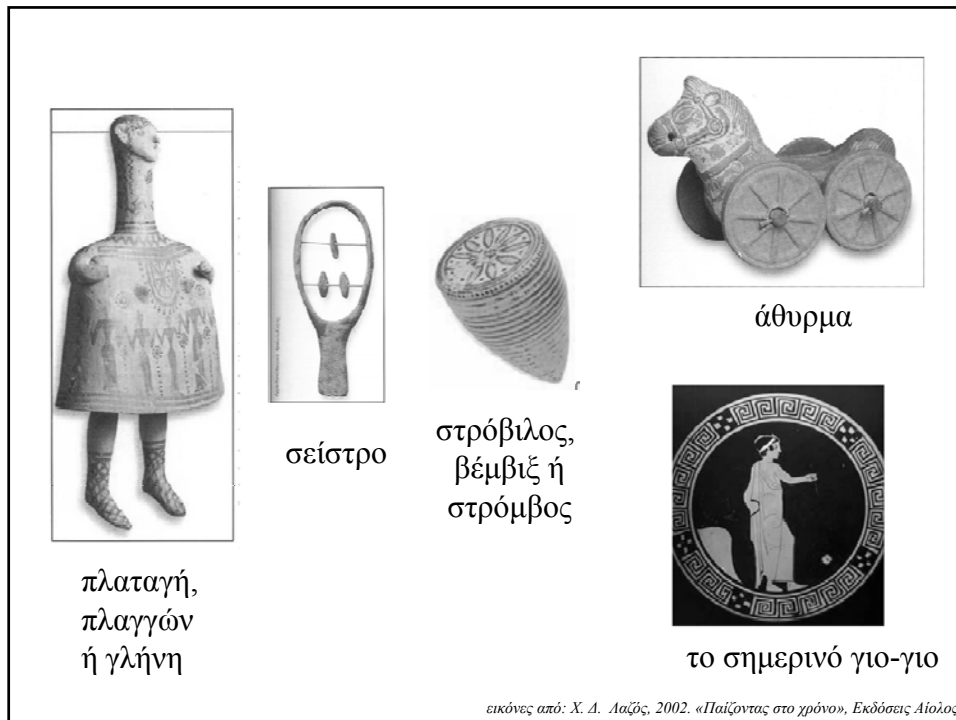
άνθρωπος - κυνηγός



άνθρωπος - γεωργός







Ο Δίσκος της Φαιστού



Πίθοι



Αμφορείς



Ερυθρόμορφα αγγεία



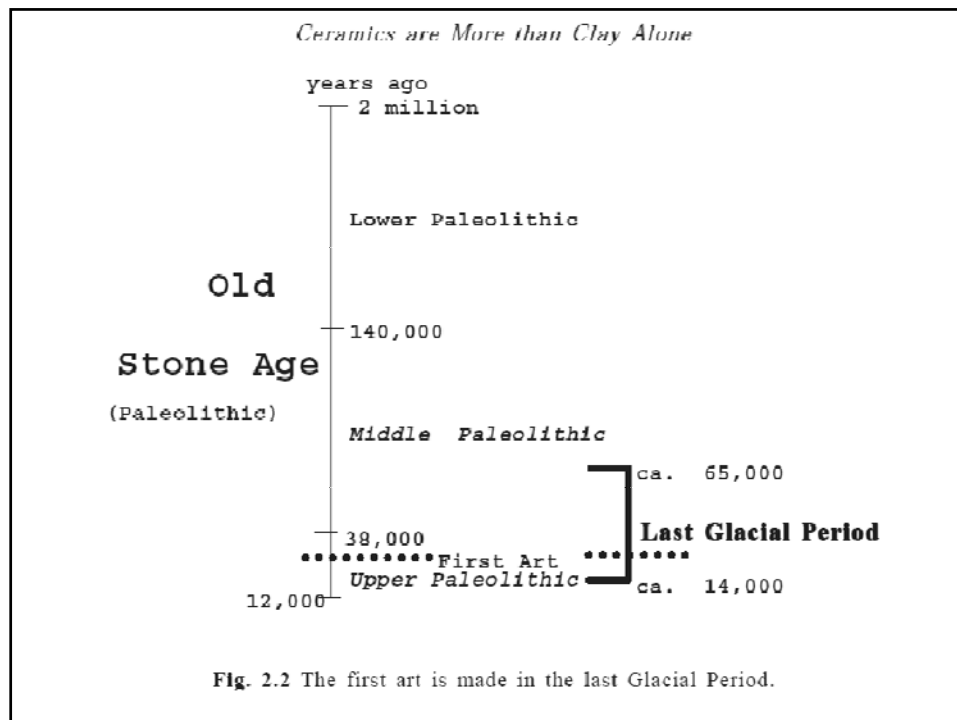
Μελανόμορφα αγγεία



Κύλιξ



Κάνθαρος



Κεραμικά

- Το πολυπληθέστερο εύρημα των αρχαιολογικών ανασκαφών, γιατί:
 - ✓ η παραγωγή κεραμικών υπήρξε διαδεδομένη και συνεχής για χιλιάδες χρόνια παντού στον κόσμο,
 - ✓ ενώ θραύεται (όστρακα), δεν καταστρέφεται κατά την παραμονή στο χώμα
 - ✓ δεν υπήρξε αντικείμενο εκτεταμένης σύλησης ούτε κατά το παρελθόν ούτε στη σύγχρονη εποχή.
 - ✓ Συνήθως απλώς απορρίπτεται μετά τη χρήση του



Φωτό: από A. Hein, NCSR Demokritos

Κεραμικά

Η προερχόμενη από αρχαιολογικές θέσεις κεραμική περιλαμβάνει:

- αγγεία οικιακής χρήσης: μαγειρικά, σκεύη προετοιμασίας, σερβιρίσματος και κατανάλωσης φαγητού και ποτού, αγγεία αποθήκευσης (πίθοι) και μεταφοράς (αμφορείς), λατρευτικά σκεύη και ειδώλια αλλά και
- αντικείμενα βιοτεχνικής δραστηριότητας: κεραμικοί τροχοί, υφαντικά βάρη και αγνύθες, μεταλλευτικές χοάνες και μήτρες, καθώς και
- οικοδομικά υλικά όπως πλίνθοι και κεραμίδια.

Μελέτη κεραμικής

Η κεραμική έτυχε συστηματικής μελέτης και από διαφορετικές οπτικές γωνίες:

- μεμονωμένα αντικείμενα για την αισθητική και καλλιτεχνική τους αξία στα πλαίσια της ιστορίας της τέχνης,
- κεραμικά σύνολα για την ιστορική και αρχαιολογική τους αξία ως:
 - δείκτες σχετικής χρονολόγησης και τεχνολογικής εξέλιξης
 - μάρτυρες κοινωνικών και οικονομικών μετασχηματισμών, πολιτισμικών σχέσεων και εμπορικών ανταλλαγών σε απλές και σύνθετες κοινωνίες.

Μελέτη Κεραμικής

Στη σύγχρονη αρχαιολογική μεθοδολογία και πρακτική η μελέτη της κεραμικής περιλαμβάνει:

- την τυπολογική ταξινόμηση,
- τη στυλιστική ανάλυση,
- τη σχετική χρονολόγηση και
- την αρχαιομετρική ανάλυση.

Μελέτη Κεραμικής

Οι αρχαιομετρικές προσεγγίσεις αφορούν:

- α) στο χαρακτηρισμό και την προέλευση της πρώτης ύλης,
- β) στην τεχνολογία κατασκευής και διακόσμησης,
- γ) στο περιεχόμενο των αγγείων και
- δ) στην απόλυτη χρονολόγησή τους.

Κεραμικές πρώτες ύλες

- Η βασική πρώτη ύλη για την κατασκευή κεραμικής είναι η άργιλος.
- Στη γεωλογία άργιλος χαρακτηρίζεται κάθε φυσικό ίζημα με κοκκομετρία <2μm.
- Τα αργιλικά κοιτάσματα είναι ιζηματογενείς αποθέσεις που δημιουργούνται από τη διάβρωση και απόθεση παλαιότερων πυριτικών πετρωμάτων.
- Οι αποθέσεις μπορεί να είναι πρωτογενείς (προϊόν επιτόπιας διάβρωσης) ή δευτερογενείς (επακόλουθο μεταφοράς από τη δράση ποταμών).

Κεραμικές πρώτες ύλες

- Οι πρωτογενείς αργίλοι είναι:
 - πιο χονδρόκοκκες,
 - περιέχουν περισσότερα και μεγαλύτερα εγκλείσματα και
 - είναι λιγότερο πλαστικές.
- Οι δευτερογενείς εξαιτίας της μεταφοράς και της περαιτέρω διάβρωσης είναι:
 - πιο λεπτόκοκκες,
 - κι επειδή συχνά περιέχουν οργανικά υλικά είναι πιο πλαστικές.

Χημικές κατηγορίες αργίλων

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ασβέστιο υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αργίλου:

- η **μη-ασβεστιούχος** (με περιεκτικότητα CaO 3-5%) και
- η **ασβεστιούχος** (CaO άνω του 5%) (Rice 1987, 36-38).

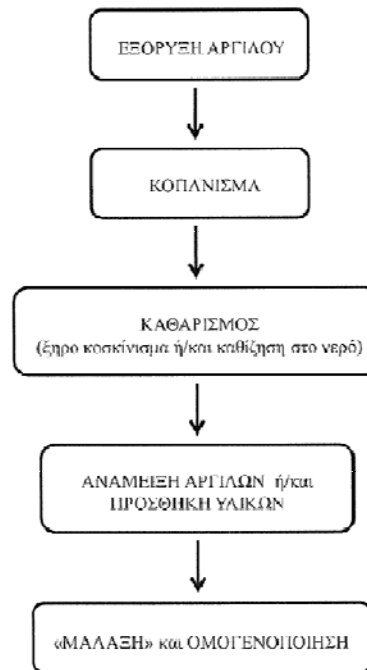
Κύριες ιδιότητες των αργίλων

- Το βασικότερο χαρακτηριστικό της αργίλου είναι η **πλαστικότητα** που αποκτά όταν αναμιχθεί με μικρή ποσότητα νερού. Χάρη σε αυτήν την επεξεργασία, οι κεραμείς μετατρέπουν την άργιλο σε **πηλό**.
- Η δεύτερη πολύ σημαντική ιδιότητα της αργίλου είναι η **σκλήρυνσή της** μετά από θερμική επεξεργασία σε οποιοδήποτε περιβάλλον όπτησης, όπως ανοιχτή φωτιά, καμίνι, σύγχρονο ηλεκτρικό κλίβανο.

Κύριες ιδιότητες των αργίλων

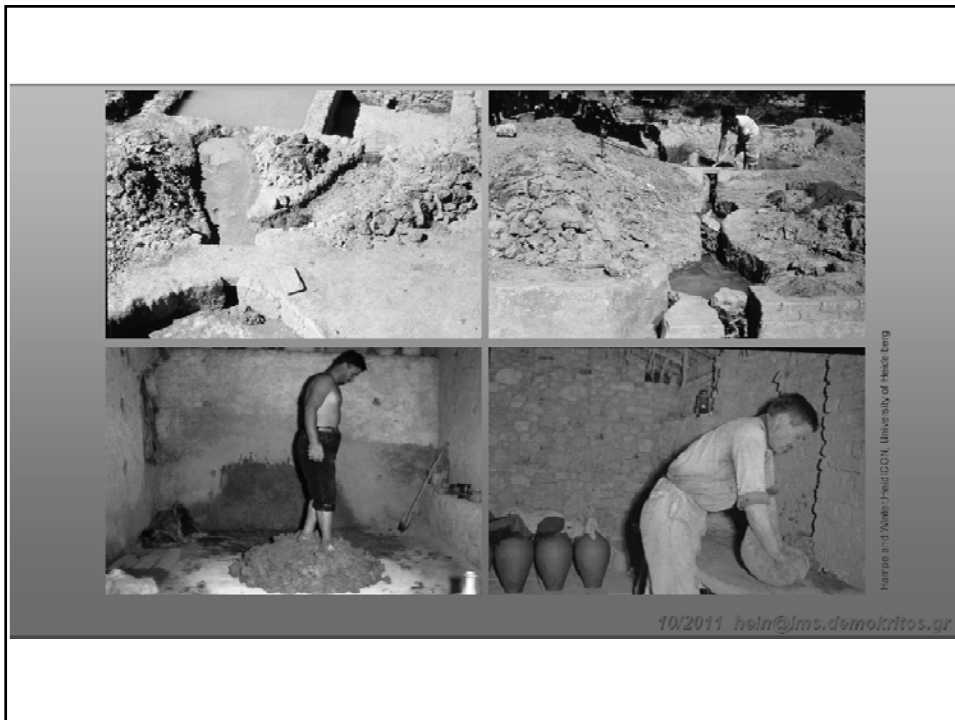
- Ο πλαστικός πηλός έχει αρχίσει να χάνει νερό και να σκληραίνει καθώς στεγνώνει στον ατμοσφαιρικό αέρα.
- Κατά την όπτηση και όσο η θερμοκρασία αυξάνει (>600 °C) αλλάζει σταδιακά η χημική και ορυκτολογική δομή της αργίλου και ο πηλός σκληραίνει περισσότερο.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα της όπτησης είναι η πρώτη ύλη, η θερμοκρασία, η διάρκεια όπτησης, και η ατμόσφαιρα.

Κύρια στάδια
της διαδικασίας
επεξεργασίας
των αργίλων
(από Νοδάρου 2010)



Κυρια στάδια επεξεργασίας

- Εξόρυξη: επιφανειακή ή από βάθος
- Καθαρισμός επί τόπου (επιφανειακή) ή στο εργαστήριο του κεραμέα (υποεπιφανειακή)
- «Κοπάνισμα» → θρυμματισμός συσσωματωμάτων
- Καθαρισμός με ξηρό κοσκίνισμα ή με καθίζηση εν υγρώ και δημιουργία λεπτόκοκκου πηλού (εναιωρήματος)
- Βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων
- «Μάλαξη» → για την ομογενοποίηση του μείγματος και ελαχιστοποίηση κενών αέρος - σβώλων



Βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων

- Εξαρτάται από το είδος των αγγείων
- Αν η άργιλος είναι λεπτόκοκκη και πλαστική
→ πρόσθεση «μη πλαστικών» συστατικών
(πρόσθετα ή αδρανή υλικά)
- Συνήθη υλικά ως πρόσθετα: ασβεστίτης, ιλλυόλιθος, άμμος, θρυμματισμένη κεραμική. Αλλά και οργανικά υλικά: ξερά χόρτα, άχυρο, κοπριά, όστρεα.
- Η παρουσία τους είναι πολύ σημαντική. Γιατί;
 - ✓ δείκτες προέλευσης πρώτων υλών
 - ✓ δείκτης του «know how» αρχαίων κεραμέων

Βελτίωση φυσικών ιδιοτήτων

- Ανάμιξη αργίλων
- Μίας κόκκινης (μη ασβεστιούχου) και μίας λευκής/γκρί (ασβεστιούχου)
- Η μη ασβεστιούχος έχει πυρίμαχες ιδιότητες και γενικά προτιμάται για μαγειρικά σκεύη
- Η ασβεστιούχος είναι πιο πλαστική και χρησιμοποιείται για πιο λεπτότεχνα αγγεία.
- Η ανάμιξή τους σε κατάλληλες αναλογίες δίνει τις επιθυμητές ιδιότητες κάθε φορά

Τεχνικές κατασκευής αγγείων

Αρχικά με το χέρι:

- Τσιμπητή και τραβηχτή
- Με κουλούρες ή πλάκες
- Με μήτρες

Μετά το 3.500 π.Χ. με τον τροχό (αργός τροχός)

- Δίσκος που στηρίζεται σε ξύλινο άξονα και αυτός σε αντίστοιχη υποδοχή στη βάση του ώστε να μπορεί να περιστρέφεται
- Τον περιστρέφει ο αγγειοπλάστης ή ο βοηθός



Old potters mixing clay at Racalmuto. (*Alaimo, R., Montana, G., & Iliopoulos, I., 2000*)

Τεχνικές κατασκευής αγγείων

Περίπου το 1.900 π.Χ. εμφανίστηκε ο γρήγορος τροχός.

- πιο εξελιγμένη μορφή του αργού τροχού
- ο άξονας είναι πιο σταθερός, ο κεραμικός δίσκος πιο βαρύς και η φυγόκεντρος που αναπτύσσεται επιτρέπει στο σύστημα να περιστρέφεται σταθερά για περισσότερο χρόνο.

Τεχνικές κατασκευής αγγείων

Την εποχή του Χαλκού: Ποδοκίνητος τροχός

- φαίνεται να χρησιμοποιήθηκε πρώτα στην Παλαιστίνη στην Εποχή του Χαλκού.
- Δεν υπάρχουν ενδείξεις χρήσης του στο προϊστορικό Αιγαίο
- Πρόκειται για πιο σύνθετη κατασκευή και αποτελείται από δύο δίσκους (το πανωτρόχι και το κατωτρόχι) που συνδέονται με άξονα.
- Το σύστημα τίθεται σε κίνηση καθώς ο κεραμέας σπρώχνει με το πόδι του τον κατώτερο δίσκο.

Διακόσμηση

- Μετά το πλάσιμο, η επιφάνεια του αγγείου συνήθως καλύπτεται με ένα λεπτό αιώρημα πηλού («επίχρισμα» ή «αλείφωμα» για την αρχαία κεραμική, «μπαντανάς» για τη σύγχρονη) ώστε να εξομαλυνθεί η επιφάνεια και να κλείσουν οι πόροι του αγγείου.
- Αφού στεγνώσουν για να αποκτήσει ο πηλός την απαραίτητη σκληρότητα και σταθερότητα τα αγγεία διακοσμούνται με διάφορους τρόπους.

Είδη Διακόσμησης

α) Γραπτή διακόσμηση: Με λεπτό πινέλο σχεδιάζονται διακοσμητικά θέματα και παραστάσεις πάνω στην επιφάνεια του αγγείου. Για τη διακόσμηση χρησιμοποιείται κυρίως λεπτό αιώρημα πηλού, ενώ σε περιπτώσεις πολύχρωμης κεραμικής προστίθενται και τα ορυκτά χρώματα.

Πριν την όπτηση η γραπτή διακόσμηση διακρίνεται δύσκολα, αλλά μετά την όπτηση δημιουργείται ζωνρή αντίθεση μεταξύ της διακόσμησης και του βάθους του αγγείου.

Είδη Διακόσμησης

- β) Εφυάλωση: το αγγείο καλύπτεται με υγρό γυαλί, το οποίο μετά την όπτηση γίνεται διαφανές.
- γ) Εγχάρακτη διακόσμηση: πρόκειται για μοτίβα που γίνονται με ακίδα ή χτένι.
- δ) Έντριπτη διακόσμηση: πρόκειται για έντονη λείανση (στίλβωση) της επιφάνειας του αγγείου με ένα λείο εργαλείο (δέρμα, βότσαλο, κόκαλο). Εξαιτίας της λείανσης κλείνουν οι πόροι του αγγείου και μετά την όπτηση η λειασμένη επιφάνεια γίνεται τόσο γυαλιστερή ώστε να αντανακλά το φως.

Όπτηση

- Είναι απαραίτητο τα αγγεία να παραμείνουν στον ατμοσφαιρικό αέρα για αρκετές μέρες (ανάλογα με το μέγεθος τους) ώστε να στεγνώσουν τελείως πριν υποστούν οποιαδήποτε θερμική επεξεργασία (όπτηση).
- Σε αντίθετη περίπτωση μπορεί η άνοδος της θερμοκρασίας και η απότομη διαστολή του νερού στον υγρό πηλό να δημιουργήσουν ρωγμές και τα κεραμικά να σπάσουν. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι όπτησης: α) σε ανοιχτή πυρά, ή β) σε κλίβανο (καμίνι)4.

Είδη Όπτησης

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι όπτησης:

- α) σε ανοιχτή πυρά,
- β) σε κλίβανο (καμίνι).

Όπτηση σε ανοιχτή πυρά

- Η πρωιμότερη μορφή θερμικής επεξεργασίας της κεραμικής
- γίνεται απευθείας στο έδαφος
- Συνήθως τοποθετείται μια στρώση καύσιμης ύλης αργής καύσης (μεγάλα κλαδιά, κάρβουνα), από πάνω τοποθετούνται τα αγγεία (συνήθως παρόμοιου μεγέθους) σε μορφή σωρού και σκεπάζονται με καύσιμη ύλη γρήγορης καύσης (ξερά χόρτα, κλαδιά και κοπριά).



Προσομοίωση ανοικτής πυράς (Group of Experimental Archaeology, Photos taken at University of Exeter, UK
<https://www.facebook.com/groups/experimentalarchaeology>)



Προσομοίωση ανοικτής πυράς (Group of Experimental Archaeology, Photos taken at University College Dublin, UK
<https://www.facebook.com/groups/experimentalarchaeology>)

Όπτηση σε ανοιχτή πυρά

- Σε κάποιες περιπτώσεις η ανώτερη στρώση καύσιμης ύλης μπορεί να ενισχυθεί με χώμα, στάχτη και πιο ανθεκτικά υλικά (όπως κομμάτια σπασμένων κεραμικών) ώστε να δημιουργηθεί ένας υποτυπώδης κλίβανος και η όπτηση να κρατήσει περισσότερο.
- Η φωτιά ξεκινά από χαμηλά και σταδιακά επεκτείνεται. Μόλις καεί η υπάρχουσα ποσότητα καυσίμου (ως οκτώ ώρες), η φωτιά σβήνει, τα αγγεία αφήνονται να κρυώσουν και αποσύρονται από τη στάχτη.
- Η θερμοκρασία εξαρτάται από παράγοντες όπως το μέγεθος του «σωρού», η καύσιμη ύλη, το πόσο καλά έχει καλυφθεί ο «σωρός» και κυμαίνεται από **500** ως **850 °C**.



Προσομοίωση ανοικτής πυράς (Group of Experimental Archaeology, Photos taken at University of Exeter, UK
<https://www.facebook.com/groups/experimentalarchaeology>)

Όπτηση σε ανοιχτή πυρά

- Αυτός το τρόπος όπτησης έχει δύο μειονεκτήματα:
 - i) τα αγγεία μπορεί να μην ψηθούν επαρκώς λόγω της μικρής διάρκειας παραμονής τους σε μέγιστη θερμοκρασία, και
 - ii) επειδή το περιβάλλον της πυράς δεν είναι σφραγισμένο, μπορεί να εισχωρήσουν ρεύματα αέρα δημιουργώντας απότομη αλλαγή της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα κηλίδες ανομοιομερούς όπτησης στην επιφάνεια των αγγείων.
- Τεχνική του «καπνίσματος»: στο τελευταίο στάδιο της όπτησης καλύπτεται ο σωρός των αγγείων με κοπριά, στάχτη ή προιονίδι. Έτσι διακόπτεται η παροχή οξυγόνου και τα αγγεία καλύπτονται από άνθρακα. Πρώιμη μορφή δημιουργίας αναγωγικής ατμόσφαιρας.



Προσομοίωση ανοικτής πυράς (Group of Experimental Archaeology, Photos taken at University of Exeter, UK
<https://www.facebook.com/groups/experimentalarchaeology>)



Προσομοίωση ανοικτής πυράς (Group of Experimental Archaeology, Photos taken at University College Dublin, UK <https://www.facebook.com/groups/experimentalarchaeology>)

Όπτηση σε κλίβανο

- Πιο εξελιγμένη και πιο συνθέτη μέθοδος όπτησης με καλύτερα αποτελέσματα όχι μόνο στην εμφάνιση του τελικού προϊόντος αλλά και στη συνολική παραγωγή.
- Τα καμίνια κατασκευάζονται από πλίνθους που αντέχουν την επανειλημμένη έκθεση στη φωτιά και στις συστολές-διαστολές που συμβαίνουν εξαιτίας των αλλαγών στη θερμοκρασία.

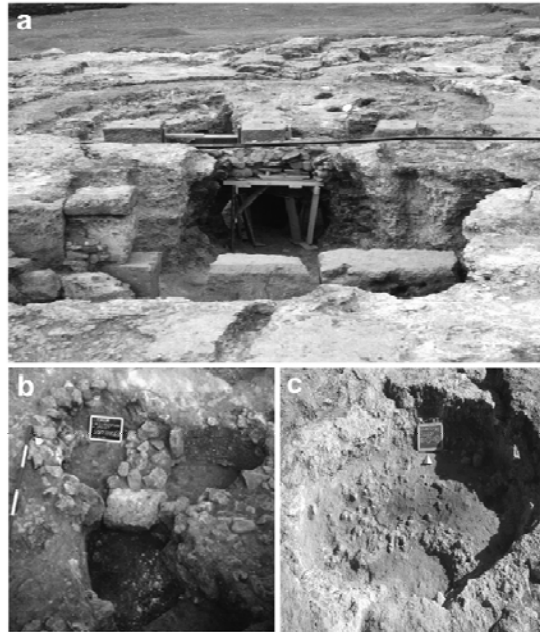
Όπτηση σε κλίβανο

- Αρχικά: αβαθής λάκκος επενδυμένος με λάσπη ή πλίνθους.
- Η καύσιμη ύλη τοποθετείται στη βάση του λάκκου και ανάμεσα στα αγγεία και η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω για την όπτηση χωρίς κλίβανο.
- Επειδή ο λάκκος δημιουργεί ένα είδος κλειστού περιβάλλοντος, η θερμοκρασία ανεβαίνει γρηγορότερα από ότι στην ανοιχτή πυρά και είναι μεγαλύτερη.



Hampe and Winter, HeideICON, University of Heidelberg

Archaic kiln in the archaeological site of Solunto showing the characteristic "omega" form.
(Alaimo, R., Montana, G., & Iliopoulos, I., 2000)



Όπτηση σε κλίβανο

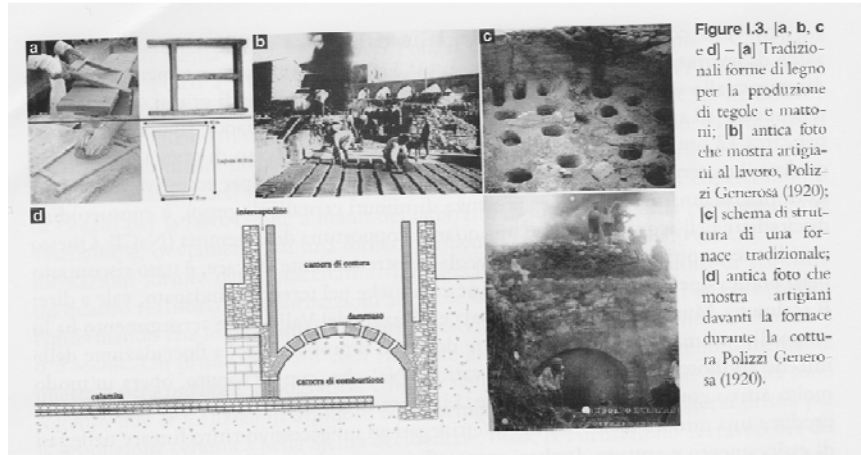
- Ο κλίβανος ανοδικού ρεύματος αέρα αποτελεί πιο εξελιγμένη κατασκευή και είναι ο συνηθέστερος τύπος τόσο στα αρχαία χρόνια όσο και στα παραδοσιακά κεραμοποιεία του Αιγαίου.
- Η λειτουργία του βασίζεται στη μεταφορά θερμού αέρα από τη βάση προς την κορυφή της κατασκευής.



Remains of a medieval kiln in Agrigento.
(Alaimo, R., Montana, G., & Iliopoulos, I., 2000)

Όπτηση σε κλίβανο

- Στη βάση υπάρχει θάλαμος όπου τοποθετείται η καύσιμη ύλη η οποία τροφοδοτείται από πλαϊνό άνοιγμα.
- Ο θάλαμος της καύσιμης ύλης και ο κυρίως κλίβανος συνδέονται με εσχάρα που φέρει σπές και που λειτουργεί ως βάση για το καμίνι αφού εκεί τοποθετούνται τα αγγεία.
- Η θερμότητα μεταφέρεται από κάτω προς τα πάνω και διαχέεται σε όλο το καμίνι.
- Στο ανώτερο τμήμα του καμινιού υπάρχει οπή εξαερισμού για τη διαφυγή του καπνού.



Από: Montana, G., (Ed.), 2001, *Le "Argille Ceramiche" della Sicilia Occidentale e Centrale*

Κίνδυνοι κατά την Όπτηση

- Η διαδικασία της όπτησης απαιτεί μεγάλη προσοχή γιατί μια αβλεψία μπορεί να επιφέρει καταστροφή ολόκληρης της παραγωγής.
- Τα αγγεία τοποθετούνται κατά τρόπο ώστε όχι μόνο να γίνεται πλήρης εκμετάλλευση του διαθέσιμου χώρου αλλά και να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ατυχημάτων.
- Ελεύθερη κυκλοφορία αέρα ανάμεσα στα αγγεία και να μην υπάρχουν σημεία επαφής, διαφορετικά προκύπτουν κηλίδες ανομοιομερούς όπτησης στην επιφάνεια των αγγείων.

Κίνδυνοι κατά την Όπτηση

- Η όπτηση πρέπει να ξεκινά αργά και να αποφεύγονται απότομες αλλαγές στη θερμοκρασία, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος θραύσης των αγγείων.
- Η ανώτερη θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά τους **900-1000 °C**, γιατί υπάρχει κίνδυνος παραμόρφωσης των αγγείων λόγω της υαλοποίησης της μικροδομής του πηλού.
- Το καμίνι αφήνεται να κρυώσει σταδιακά για 2-3 ημέρες, ώστε η πτώση της θερμοκρασίας να γίνει με αργό ρυθμό.

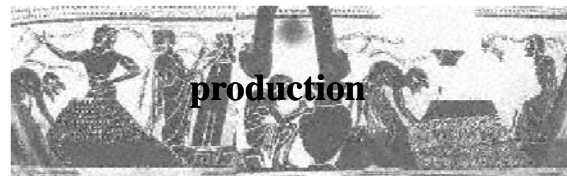
Παράγοντες επιτυχημένης Όπτησης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχημένη όπτηση είναι πολλοί:

- η διάταξη των αγγείων εντός του κλιβάνου,
- η ποσότητα καυσίμου
- ο ρυθμός τροφοδότησης της φωτιάς (απότομη αλλαγή της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει ρωγμές στα αγγεία, ενώ η αλλαγή της ατμόσφαιρας του κλιβάνου επηρεάζει το χρώμα της επιφάνειας των αγγείων),
- οι καιρικές συνθήκες (έντονος αέρας ή βροχόπτωση μπορεί να προκαλέσει καταστροφή).

Αρχαιομετρία κεραμικής

- Στην περίπτωση τη κεραμικής στόχος είναι, ο χαρακτηρισμός των κεραμικών με βάση τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της σύστασης και της δομής τους.
- Ο χαρακτηρισμός ενός κεραμικού συνόλου με μία ή περισσότερες αναλυτικές τεχνικές παρέχει σημαντικές πληροφορίες για
 - την προέλευση της πρώτης ύλης,
 - την τεχνολογία κατασκευής των αντικειμένων, και κατ' επέκταση για
 - την ανθρώπινη συμπεριφορά (ανταλλαγές προϊόντων, τεχνολογικές επιλογές) και τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες της εποχής δημιουργίας των αντικειμένων.



Αρχαιομετρία κεραμικής

- Οι περισσότερες μέθοδοι απαιτούν την απόσπαση μικρής ποσότητας δείγματος από το αντικείμενο (καταστρεπτικές μέθοδοι ανάλυσης),
- ενώ άλλες εφαρμόζονται στην επιφάνεια του αντικειμένου (μη καταστρεπτικές) (Rice 1987, 309-10).



Iliopoulos 2007, Petrographic characterization of Tiles From Rome



pXRF: Goren et al., 2010, Non destructive provenance study of cuneiform tablets



Αρχαιομετρία κεραμικής

- Αρχικά (1960) μόνο χημικές μέθοδοι
- Εστίαση μόνο στο ζήτημα της προέλευσης
- Αξίωμα της προέλευσης (the provenience postulate).
- Χρήση κυρίως της φασματοσκοπίας οπτικής εκπομπής (OES)
- Δυσκολία στη διάκριση μικρών κέντρων παραγωγής κεραμικής λόγω χημικής επικάλυψης (π.χ. Αργολίδα, Βοιωτία)

Αρχαιομετρία κεραμικής

- Ομάδες ελέγχου (reference groups)
- Δεν έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα λόγω επιλογής δειγμάτων βάσει αρχαιολογικών κριτηρίων (ανάλυση ακόσμητων αγγείων)
- Εφαρμογή άλλων τεχνικών ανάλυσης και προσανατολισμός στην τοπική διακίνηση
- Riley (1981, 1982, 1983): ο πρώτος που εφαρμόζει την πετρογραφία σε υλικό της Ύστερης Εποχής του Χαλκού.

Αρχαιομετρία κεραμικής

- Whitbread (1995): πολυσύνθετη η διερεύνηση της προέλευσης με βάση την πρώτη ύλη ακόμη και όταν η προέλευση είναι εξαρχής γνωστή!
- Διαμορφώνει την σχετική ορολογία με βάση την χρησιμοποιούμενη στη μικρομορφολογία εδαφών και ιζημάτων
- Διευκολύνεται έτσι η περιγραφή της μικροδομής των κεραμικών.

Αρχαιομετρία κεραμικής

Από τη δεκαετία του 1980 παρατηρείται:

- (α) η σταδιακή μετατόπιση του ερευνητικού ενδιαφέροντος από τη διακίνηση μεγάλων αποστάσεων, στην τεχνολογία κατασκευής και στη διακίνηση σε τοπικό επίπεδο, και
- (β) η διεπιστημονική συνεργασία και εφαρμογή διαφορετικών τεχνικών για την ανάλυση του ίδιου κεραμικού συνόλου.

P. P. Betancourt: Η πρώτη διεπιστημονική προσέγγιση (Betancourt et al. 1979, Betancourt 1984).

Αρχαιομετρία κεραμικής

- Whitbread (1995): πολυσύνθετη η διερεύνηση της προέλευσης με βάση την πρώτη ύλη ακόμη και όταν η προέλευση είναι εξαρχής γνωστή!
- Διαμορφώνει την σχετική ορολογία με βάση την χρησιμοποιούμενη στη μικρομορφολογία εδαφών και ιζημάτων
- Διευκολύνεται έτσι η περιγραφή της μικροδομής των κεραμικών.

Σχεδιασμός αναλυτικού προγράμματος κεραμικής

- Όλα τα στάδια της αρχαιομετρικής έρευνας, από την επιλογή των δειγμάτων ως την ερμηνεία των αποτελεσμάτων πρέπει να υπόκεινται σε συγκεκριμένο σχεδιασμό ο οποίος σε μεγάλο βαθμό υπαγορεύεται:
 - ✓ από το υπό ανάλυση υλικό, αλλά και από
 - ✓ τα ερωτήματα που θέτει η αρχαιολογική έρευνα.

Σχεδιασμός αναλυτικού προγράμματος κεραμικής

Για τη δημιουργία ενός ερευνητικού προγράμματος υπάρχουν τρεις βασικές προϋποθέσεις:

- α) η ύπαρξη ενός συγκροτημένου και καλά τεκμηριωμένου αρχαιολογικού ερωτήματος,
- β) η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων ανάλυσης και των κατάλληλων δειγμάτων
- γ) η καλή συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων στο πρόγραμμα.

Αρχαιολογικά ερωτήματα

Συνήθως η μελέτη ξεκινά με τη τυπολογική κατηγοριοποίηση της κεραμικής με βάση τα σχήματα των αγγείων, τους κεραμικούς τύπους, τη διακόσμηση, και τις κεραμικές ύλες. Ενδεικτικά ερωτήματα:

- η μελέτη ενός συγκεκριμένου σχήματος, κεραμικού τύπου ή ρυθμού (π.χ. ρυθμός Βασιλικής της Προανακτορικής Κρήτης, τα αποθηκευτικά αγγεία από μία θέση),
- η μελέτη ενός κεραμικού συνόλου από ένα σπίτι, έναν οικισμό, ένα τάφο ή ένα ολόκληρο νεκροταφείο,
- η μελέτη της κεραμικής από μία ανασκαμμένη θέση με πολλές φάσεις ανθρώπινης δραστηριότητας,
- η μελέτη της κεραμικής μιας ευρύτερης περιοχής που περιλαμβάνει πολλές θέσεις ή/και πολλές περιόδους, όπως το υλικό από επιφανειακές έρευνες.

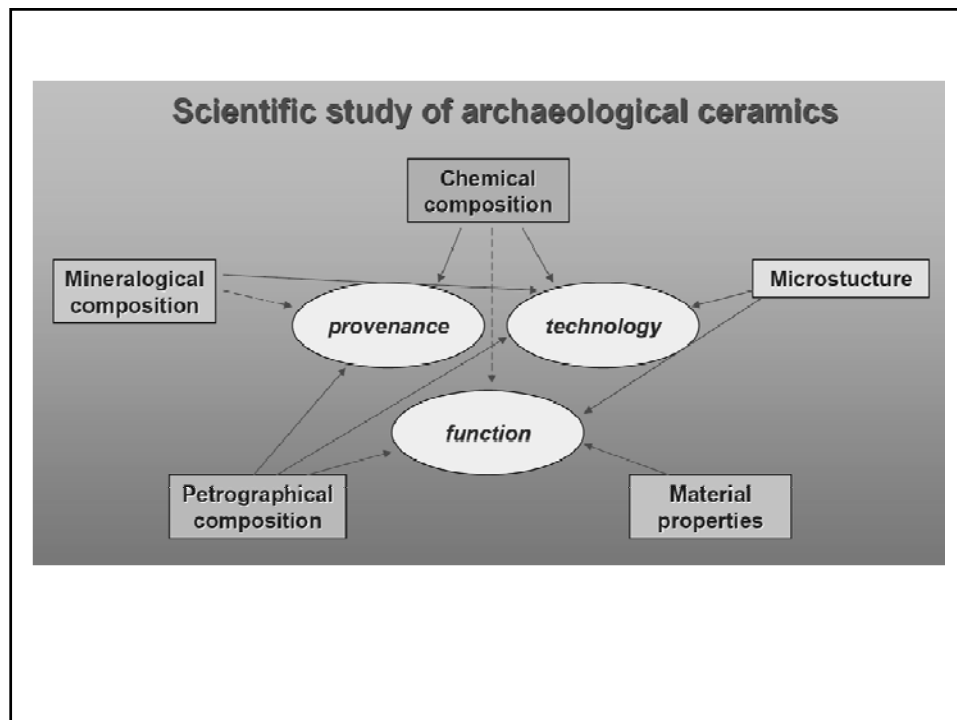
Επιλογή Δειγμάτων

- Από την επιλογή των δειγμάτων εξαρτάται η ποιότητα των αποτελεσμάτων.
- Μελέτη και κατανόηση του υλικού και της προβληματικής του πριν την ανάλυση ώστε να γίνει η επιλογή των δειγμάτων στοχευμένο με σκοπό την διερεύνηση συγκεκριμένων ερωτημάτων.
- Θα πρέπει να προέρχονται από αγγεία και διαγνωστικά όστρακα που ανήκουν σε καλά στρωματογραφημένα και χρονολογημένα σύνολα
- Να είναι αντιπροσωπευτικά όλων των σχημάτων, των κεραμικών τύπων και των κεραμικών υλών, δηλαδή να αποτελούν μια μικρογραφία του συνόλου.

Επιλογή Αναλυτικών Μεθόδων

Κάθε τεχνική έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα και περιορισμούς και χρησιμοποιείται ανάλογα με το αρχαιολογικό ερώτημα.

- Χημικές αναλύσεις: σύσταση της πρώτης ύλης και προέλευσή της (αλλά όχι για την τεχνολογία κατασκευής των αγγείων).
- Πετρογραφική ανάλυση: προέλευση και τεχνολογία κατασκευής (αλλά δεν λειτουργεί πολύ καλά στη λεπτότεχνη κεραμική).
- Ορυκτολογική ανάλυση (XRD): είδος του πηλού και όπτηση (όχι όμως και για την προέλευση των αγγείων).
- Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης: είδος του πηλού και όπτηση (όχι όμως και για την προέλευση των αγγείων).



Πετρογραφική Ανάλυση

Τα στοιχεία που λαμβάνουμε από τη μελέτη των λεπτών τομών αφορούν:

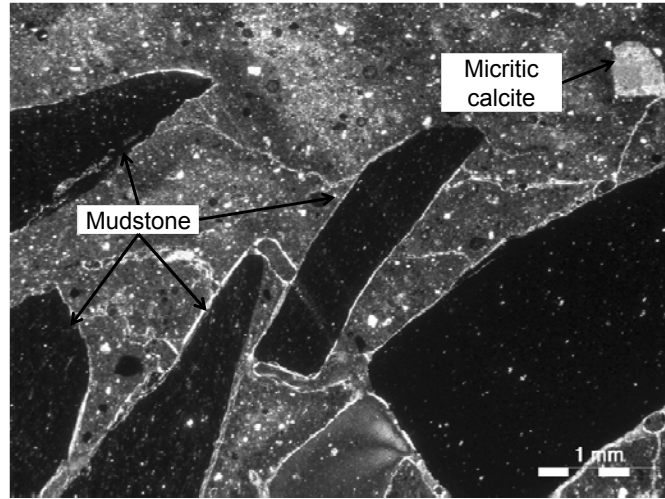
(α) στις μη πλαστικές ύλες και

(β) στη μικρομάζα και τις πλαστικές ύλες των κεραμικών.

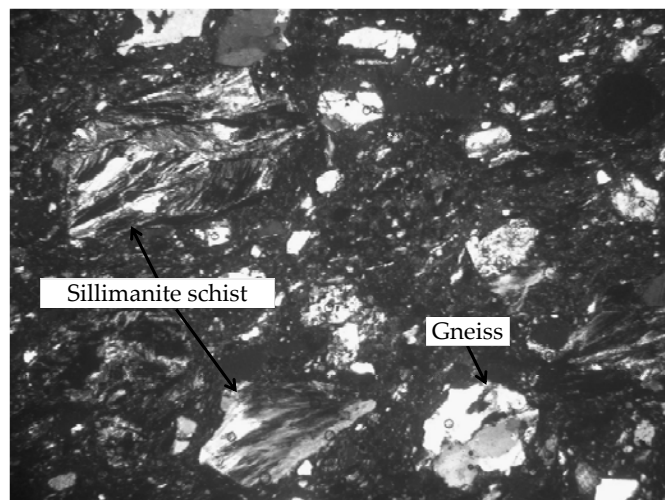
α) Μη πλαστικές ύλες

Τα ορυκτά και πετρώματα, δηλαδή τα χονδροειδή εγκλείσματα που υπάρχουν στο κεραμικό. Η μελέτη τους επικεντρώνεται στις παρακάτω παραμέτρους:

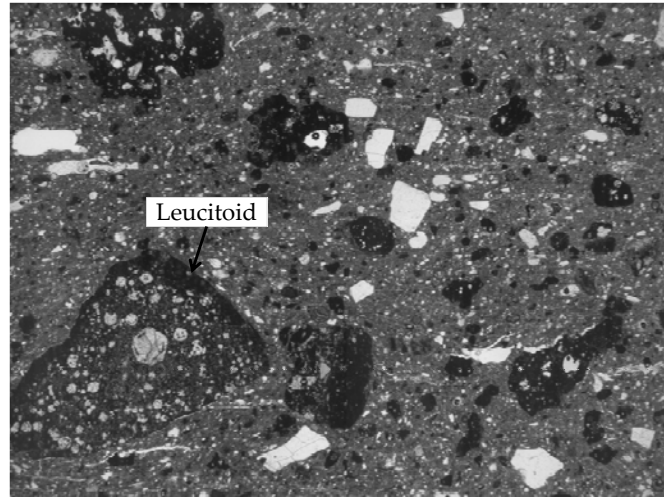
- Αναγνώριση των ορυκτών και πετρωμάτων και ταύτιση με συγκεκριμένο γεωλογικό περιβάλλον (πυριγενή, ιζηματογενή, μεταμορφωμένα)
- Το μέγεθος, το σχήμα και το πλήθος των μη πλαστικών υλών είναι δηλωτικά της προέλευσης της πρώτης ύλης και της τεχνολογίας κατασκευής



Ancient Helike, Greece (*Iliopoulos I. et al., 2011*)



Ceuta, Spain (Cau M.A, *Iliopoulos I. & Montana G., 2010*)

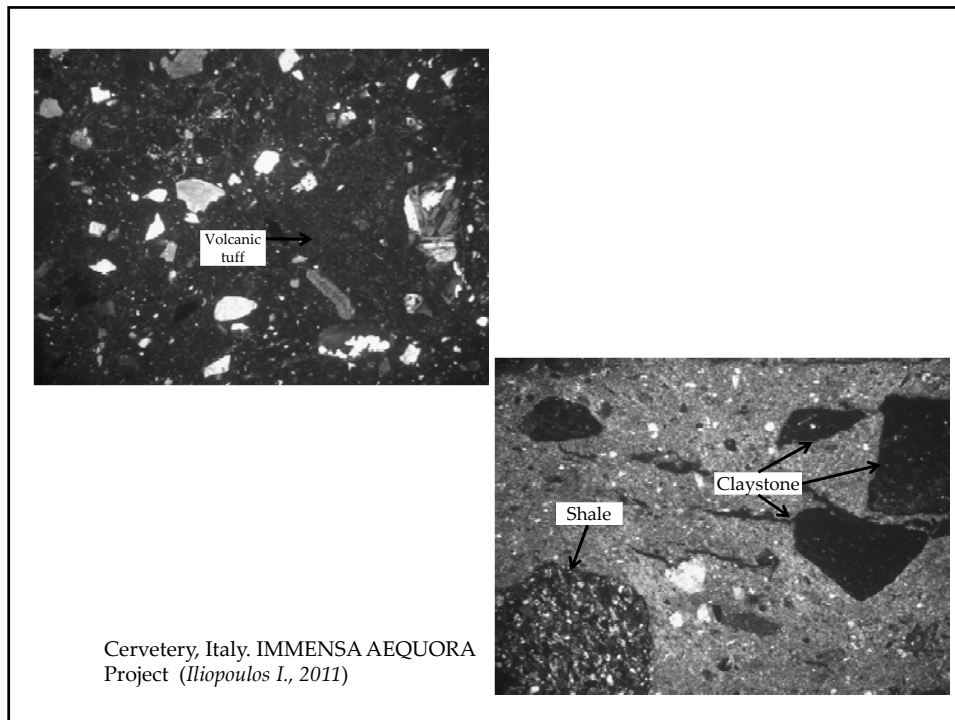


Rome, Italy (Iliopoulos I., 2007)

β) Μικρομάζα

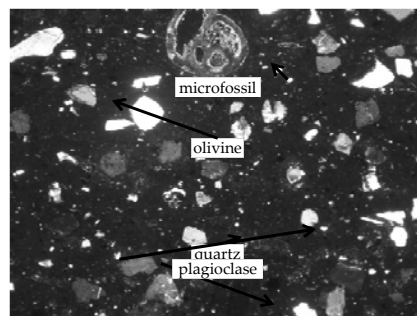
Το αργιλικό υποβάθρο με μέγεθος κόκκου μικρότερο από 0,0625 χιλ., δηλαδή η μάζα του πηλού.

- Χρώμα: ενδεικτικό της σύστασης του αργιλικού υποβάθρου:
 - μια κόκκινη ή καστανή μικρομάζα (x Nicols) είναι πιθανόν να προέρχεται από μια μη ασβεστιούχο πρώτη ύλη.
 - Μια χρυσίζουσα μικρομάζα υποδηλώνει ασβεστιούχο πρώτη ύλη (δηλαδή μια μάργα).



β) Μικρομάζα

- Όστρεα και μικροαπολιθωμάτα: ενδεικτικά της χρήσης ασβεστιούχου πρώτης ύλης
 - Η ταύτιση του είδους και του γένους των απολιθωμάτων μπορεί να οδηγήσει στην ταύτιση της προέλευσης της πρώτης ύλης

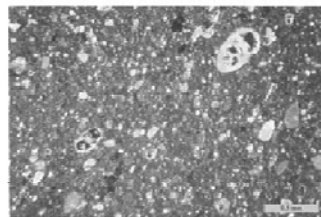


Torre Astura, Italy.
IMMENSA
AEQUORA Project
(Iliopoulos I., 2011)

Μικρομάζα

- Κενά: πολλές φορές ενδεικτικά της τεχνικής κατασκευής του κεραμικού.
 - προσανατολισμός παράλληλος με τα τοιχώματα του κεραμικού αποτελεί ένδειξη οργανικού υλικού (συνήθως άχυρο) που είχε προσθέσει ο κεραμέας για να βελτιώσει τις φυσικές ιδιότητες του πηλού
- Πλαστικές ύλες (συσσωματώματα πηλού και γραμμές ανάμιξης πηλού): ενδείξεις για την τεχνολογία κατασκευής των κεραμικών.
 - ατελή ομογενοποίηση της μάζας του πηλού
 - ατελή ανάμιξη δύο αργίλων.

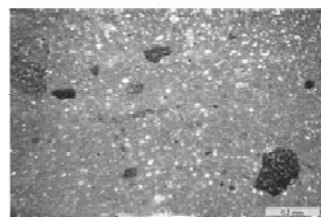
Ιδιαίτερα σημαντικά στη μελέτη λεπτότεχνων κεραμικών υλών που δεν διαθέτουν ορυκτά και πετρώματα → βοηθάνε στο χαρακτηρισμό τους και στην ομαδοποίηση των δειγμάτων.



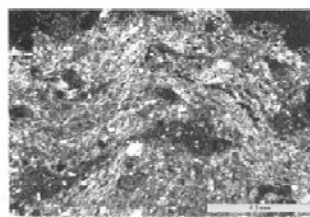
Εικόνα 6. Κεραμική ύλη με μικροκρυσταλλικά θώματα (κάθετα Nicol's)



Εικόνα 7. Κεραμική ύλη με κενά χαρακτηριστικά της προσθήκης οργανικών (κάθετα Nicol's)



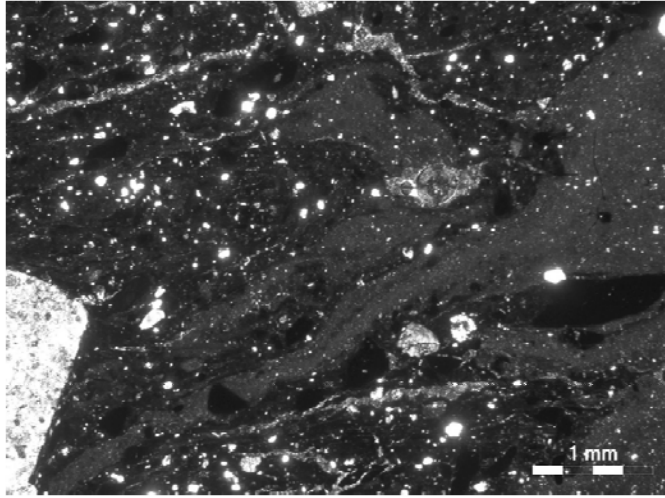
Εικόνα 8. Κεραμική ύλη με συσσωματώματα πηλού (κάθετα Nicol's)



Εικόνα 9. Κεραμική ύλη με γραμμές ανάμιξης πηλού (κάθετα Nicol's)

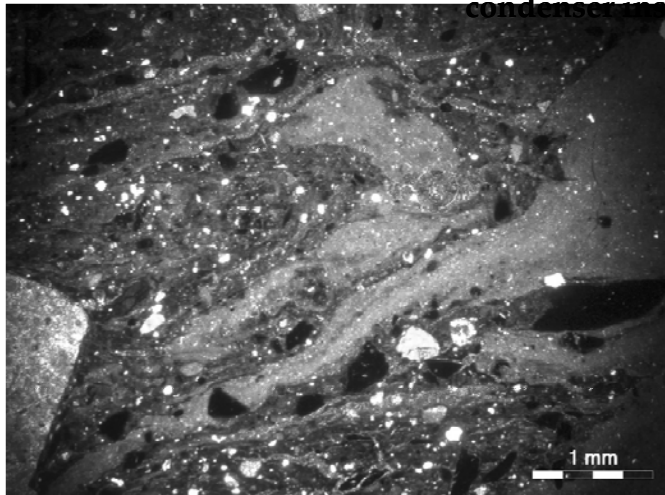
(από: Nodarou E., 2010)

Κεραμική ύλη με γραμμές ανάμιξης πηλού (X nicols)



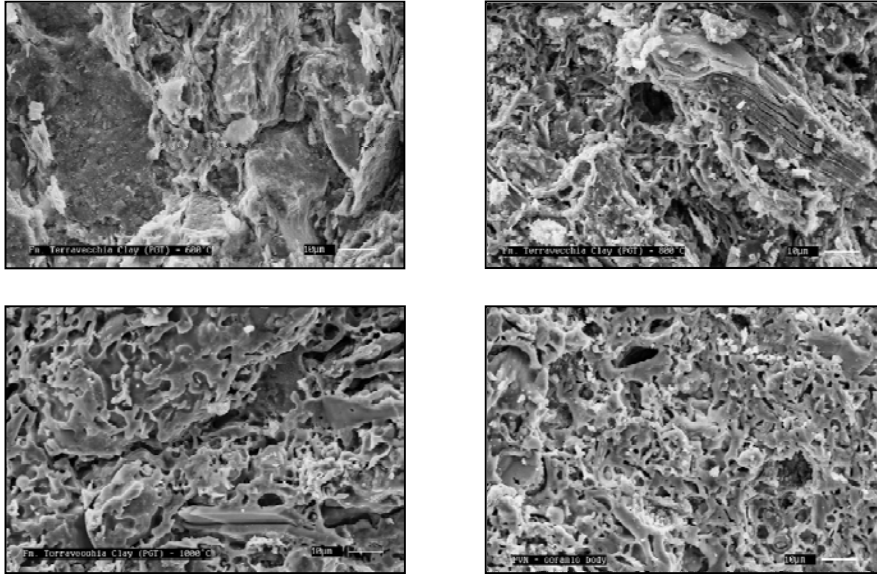
Ancient Helike, Greece (Iliopoulos I. et al., 2011)

**Κεραμική ύλη με γραμμές ανάμιξης πηλού (X nicols,
condenser inserted)**



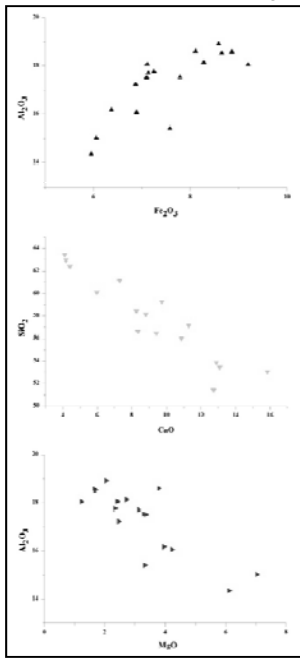
Ancient Helike, Greece (Iliopoulos I. et al., 2011)

Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης



SEM - verification of equivalent firing temperatures

Majolica manufactures

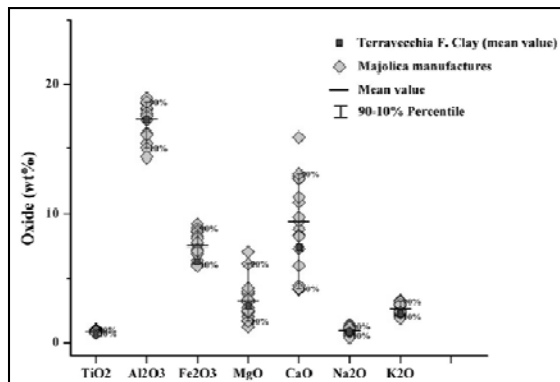


XRF analysis

Majolica samples - Clays (Terravecchia F.)



Chemically compatible



Συνεισφορά Εθνογραφίας – Πειραματικής αρχαιολογίας

- Πολλές φορές η απουσία πηγών δυσχεραίνει την ερμηνεία των αναλυτικών δεδομένων και, κυρίως, την κατανόηση των τεχνολογικών επιλογών και συμπεριφορών.
- Πολύτιμη η συνεισφορά της εθνογραφίας και της πειραματικής αρχαιολογίας.
- Οι μέθοδοι αυτές, αν και φαινομενικά δεν σχετίζονται με την αρχαιομετρία, παρέχουν πληροφορίες για την τεχνολογία κατασκευής των αγγείων και ιδέες για την ερμηνεία των αναλυτικών δεδομένων.

Συνεισφορά Εθνογραφίας

- Πολύτιμος σύμβουλος όσων μελετούν αρχαία κεραμική και έχει χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός για την ερμηνεία συμπεριφορών και τεχνολογικών επιλογών του παρελθόντος.
- Arnold (1985), Κεντρική Αμερική: η μέση απόσταση που ταξιδεύουν οι κεραμείς για την εξασφάλιση της πρώτης ύλης είναι 1-2 χλμ. για την άργιλο και ως 5 χλμ. για υλικά πρόσμιξης.
- Αντίθετα, η προμήθεια πρώτης ύλης για επιχρίσματα μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο εμπορικής συναλλαγής, ιδιαίτερα αν δεν υπάρχουν τέτοιες ύλες στην ευρύτερη περιοχή του εργαστηρίου.

Συνεισφορά Εθνογραφίας

- Μοναδική πηγή πληροφοριών και για πτυχές της κεραμικής που είναι δύσκολο ή αδύνατο να διαγνωστούν αρχαιολογικά:
 - ✓ η οργάνωση και ιεραρχία του εργαστηρίου,
 - ✓ ο συντονισμός και η εξειδίκευση της παραγωγής,
 - ✓ η εμπορεία και διακίνηση του τελικού προϊόντος,
 - ✓ η οικονομική και κοινωνική διάσταση της κεραμικής, αλλά και
 - ✓ η θέση των κεραμέων στον κοινωνικό ιστό.

Συνεισφορά Εθνογραφίας

- Σημαντική η συνεισφορά της και σε θέματα συμβολισμού, όπως οι τεχνολογικές παραδόσεις τις οποίες οι κεραμείς ενίοτε ακολουθούν πιστά ακόμα κι αν αντιβαίνουν στις λειτουργικές πρακτικές ή οι δεισιδαιμονίες που περιβάλλουν κλειστά επαγγέλματα και που έχουν σχέση με τη μεταμόρφωση της ύλης (ο πηλός μετασχηματίζεται μέσω της φωτιάς) (Lemonnier 1992, Chilton 1999).

Συνεισφορά Πειραματικής Αρχαιολογίας

- Με αντίστοιχο τρόπο λειτουργεί και η πειραματική αρχαιολογία.
- Αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα ενός προγράμματος ανάλυσης αρχαίας κεραμικής.
- Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή είναι
 - η γεωλογική επισκόπηση,
 - η συλλογή πρώτων υλών και
 - η κατασκευή πειραματικών δοκιμών στο εργαστήριο.

Συνεισφορά Πειραματικής Αρχαιολογίας

- Στόχος δεν είναι ο ακριβής εντοπισμός των αρχαίων πηγών αργίλου αλλά η διερεύνηση της δυναμικής του περιβάλλοντος σε σχέση με το κεραμικό σύνολο μιας θέσης.
- Οι αρχαίες πηγές αργίλου είτε έχουν εξαντληθεί, είτε έχουν μετατοπιστεί από φυσικά (σεισμοί, κατολισθήσεις, διάβρωση), ή ανθρωπογενή (διάνοιξη δρόμων, οικοδόμηση) αίτια.
- Ωστόσο η σύστασή τους παραμένει αναλλοίωτη, αφού το γεωλογικό υπόβαθρο (τα μητρικά πετρώματα) παραμένει το ίδιο.

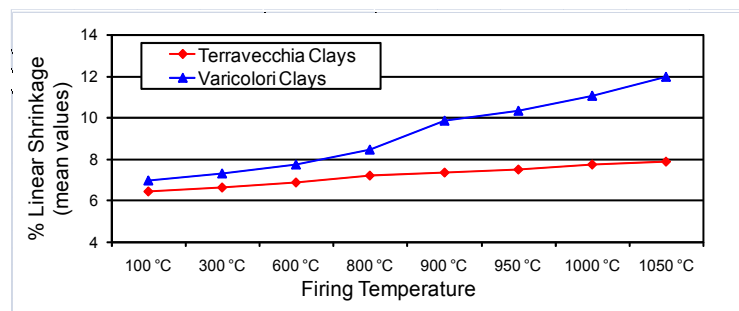
Συνεισφορά Πειραματικής Αρχαιολογίας

- Για το λόγο αυτό στα αναλυτικά προγράμματα περιλαμβάνεται και ανάλυση κεραμικών δοκιμίων ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά της αρχαίας κεραμικής.
- Έτσι γίνεται ασφαλέστερη ανασύνθεση της τεχνολογίας κατασκευής της κεραμικής και επιτυγχάνεται πληρέστερη κατανόηση των επιλογών των αρχαίων κεραμέων.

"Terravecchia Formation" Clay

EXPERIMENTAL BRIQUETTES

Linear Shrinkage



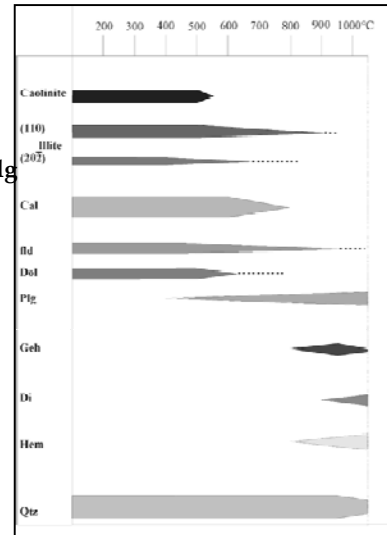
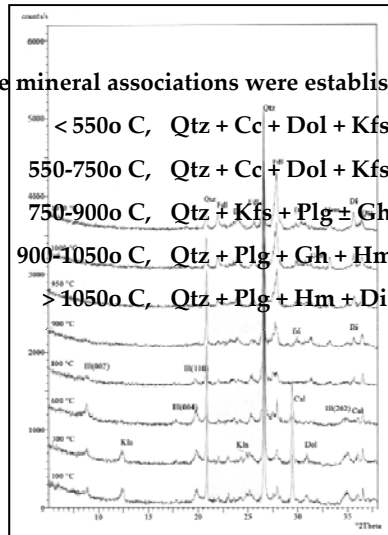
Colour variation according to T (°C) changes

	100°	300°	600°	800°	900°	950°	1000°	1050°
Terravecchia Formation								

**Associations and thermal stability
of the mineral phases developed during the experimental firings
(Terravecchia Form.)**

Five mineral associations were established:

- i) < 550o C, Qtz + Cc + Dol + Kfs + I + K
- ii) 550-750o C, Qtz + Cc + Dol + Kfs + I ± Plg
- iii) 750-900o C, Qtz + Kfs + Plg ± Gh ± Hm
- iv) 900-1050o C, Qtz + Plg + Gh + Hm ± Di
- v) > 1050o C, Qtz + Plg + Hm + Di



Βιβλιογραφία

- Λυριτζής Ι. & Ν. Ζαχαριάς (Επ. Επιμέλεια), 2010, «Αρχαιο-υλικά: αρχαιολογικές, αρχαιομετρικές και πολιτισμικές προσεγγίσεις», Εκδ. Παπαζήση.
- Λυριτζής Ι. & Ζαχαριάς Ν. 2010, Σύντομη επισκόπηση στα αρχαιουλικά και τέχνηρα. Στο Ι. Λυριτζής και Ν. Ζαχαριάς (επιμ.) ΑρχαιοΥλικά: 17-38. Εκδ. Παπαζήση
- Λυριτζής, Ι., 2005. Φυσικές Επιστήμες στην Αρχαιολογία. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδάνος, Σελ. 703.
- Νοδάρου, Ε. 2010. Ανάλυση Αρχαίας Κεραμικής: Χαρακτηρισμός, Προέλευση, Τεχνολογία. Στο Ι. Λυριτζής και Ν. Ζαχαριάς (επιμ.) ΑρχαιοΥλικά: 63-101. Εκδ. Παπαζήση