

Κεραμικά και Πυρίμαχα υλικά

Ceramics vs Κεραμικά

■ Ceramics

- υλικά που έχουν υποστεί θέρμανση (γυαλί, βαφές μετάλλων, τσιμέντα κ.α.)

■ Κεραμικά

- πήλινα αντικείμενα, ψημένα στο κεραμικό καμίνι
 - μεταβολή ορυκτολογικής σύστασής τους
 - απόκτηση σταθερού σχήματος
 - «μπισκότο» = ψημένο υλικό

Πρώτες ύλες

- Άργιλοι
 - μεγάλη πλαστικότητα
 - μικρό μέγεθος κόκκων
 - σκλήρυνση κατά την έψηση
- Αργιλικά πετρώματα
 - (+ χαλαζίας, + άστριοι, + ασβεστίτης, κ.α.)
- Χαλαζίας ως αδρανές υλικό και άστριοι ως συλλίπασμα

Πρώτες ύλες

- Αδρανή – πρόσθετα υλικά
(*temper – non plastic – aplastic*)

Εξουδετερώνει τη συρρίκνωση & Διευκολύνει την ομοιογενή ξήρανση



Μειώνει τις τάσεις & τον κίνδυνο ρωγμάτων

- Κόκκοι αργίλου είναι περικυκλωμένοι από φιλμ νερού
- στέγνωμα των επιφανειών λόγω εξάτμισης
- Δυσκολία μετακίνησης νερού από το εσωτερικό για να αντικαταστήσει το νερό που εξατμίστηκε
- Εξωτερικό τμήμα πιο ξηρό από το εσωτερικό
- Τάσεις λόγω της διαφοράς στη συρρίκνωση
- Αδρανή παρέχουν τον απαραίτητο χώρο στο νερό για να μετακινηθεί (επίσης μειώνουν την αναγκαία ποσότητα νερού για να μπορεί να δουλευθεί ο πηλός)

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





Louvre-ext. A potter's workshop. Corinthian plaque, ca. 575–550 BC. Found in Penteskouphia.
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b4/Plaque_Penteskouphia_MNB2858.jpg



Skyphos with Potter's Wheel, c. 550 B.C.



πλαταγή,
πλαγγών
ή γλήνη



σειστρο



στρόβιλος,
βέμβιξ ή
στρόμβος



άθυρμα



το σημερινό γιο-γιο

εικόνες από: Χ. Δ. Λαΐς, 2002. «Παίζοντας στο χρόνο», Εκδόσεις Αίολος



Ο Δίσκος της Φαιστού



Πίθοι



Αμφορείς



Ερυθρόμορφα αγγεία



Μελανόμορφα αγγεία



Κύλιξ



Κάνθαρος

Ιδιότητες των κεραμικών υλικών

- ποιότητα
- αντοχή
- ✓ Δεν οξειδώνονται
- ✓ Δεν αποσαθρώνονται
- ✓ Παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή στην επίδραση του χρόνου και του περιβάλλοντος

Γιατί αναλύουμε αρχαία κεραμικά;

- ✓ Πολυπληθέστερο εύρημα
- ✓ Η παραγωγή κεραμικών υπήρξε διαδεδομένη και συνεχής
- ✓ Δεν καταστρέφονται κατά την παραμονή τους στο έδαφος



Κεραμική Τέχνη

*«απολιθώματα» που ενσωματώνουν
παρελθόντες πολιτισμούς και
την εξέλιξή τους*

Κεραμική Τέχνη

Δύο τάσεις χαρακτηρίζουν τη σύγχρονη
κεραμική τέχνη:

- επιβολή της ποιότητας του χειροποίητου αντικειμένου στη βιομηχανική παραγωγή
- κεραμικό χειροποίητο σε περιορισμένη παραγωγή και τον ειδικευμένο τεχνίτη (καλλιτέχνη) ολοκληρωτικά υπεύθυνο για το έργο του

Πηλός

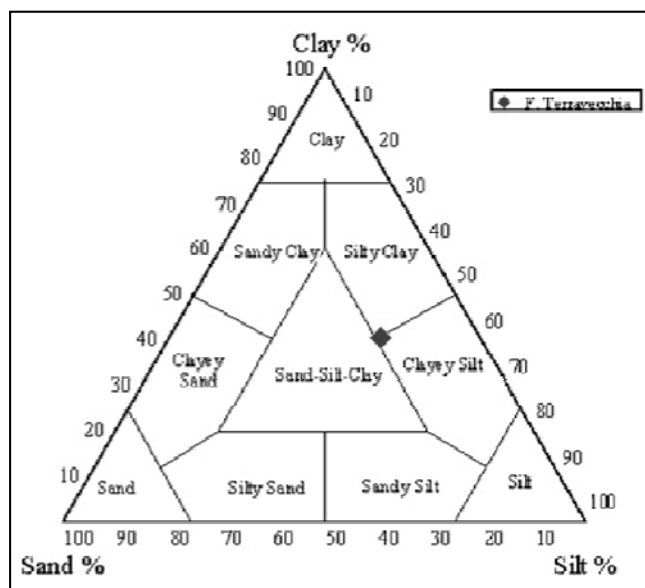
- Συστατικά του πηλού:
 - αργίλιο, πυρίτιο, νερό και διάφορες οργανικές και ανόργανες προσμίξεις.
- Η αναλογία πυρίτιο/αργίλιο καθορίζει την αντοχή του πηλού στη φωτιά και την πλαστικότητα.
- Οι ανόργανες ενώσεις του δίνουν πλαστικότητα, ενώ
- οι οργανικές την υφή του (texture).
- Ο πηλός μετά από μια διαδικασία κοσκινίσματος και ξήρανσης αναμιγνύεται με νερό, και τελικά
- χρησιμοποιείται για την κατασκευή των γνωστών αντικειμένων.
- Η μορφοποίηση του γίνεται:
 - από μια σφαίρα πηλού (αρχαίος τρόπος επεξεργασίας),
 - με μακαρόνι,
 - με κατασκευή επίπεδων επιφανειών,
 - στον τροχό ή με γλυπτική,ανάλογα με τις δυνατότητες και την ευχέρεια του τεχνίτη.

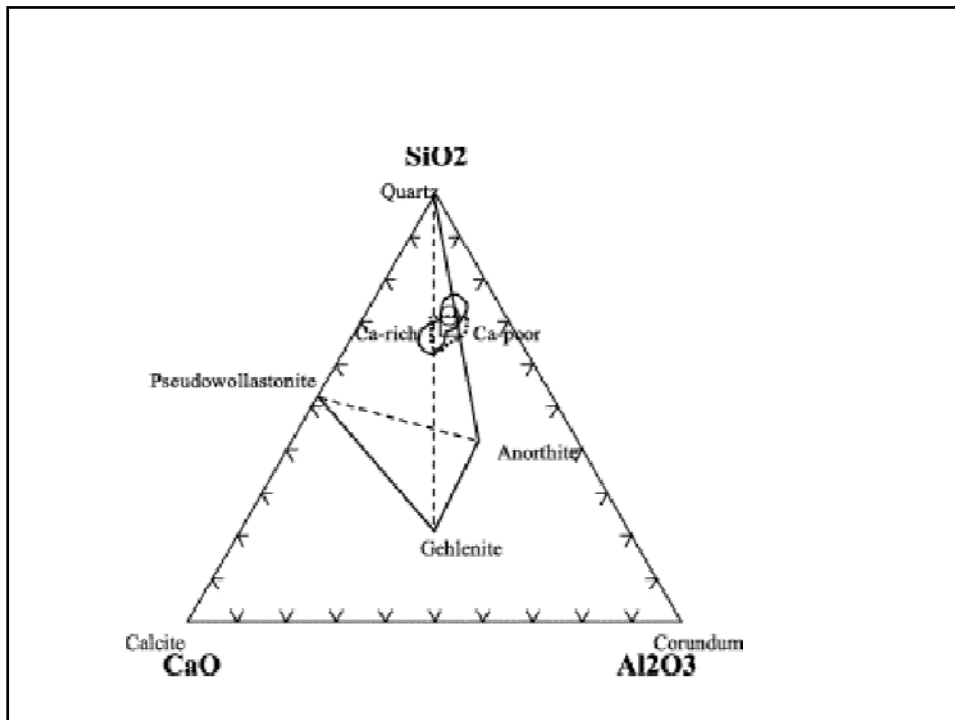
Πηλός (συνεχ.)

- Μετά τη μορφοποίηση, το κεραμικό ξηραίνεται, δηλ. απομακρύνεται το νερό επεξεργασίας, είτε σε ανοικτά υπόστεγα είτε σε ειδικούς θαλάμους με τη βοήθεια θερμού αέρα.
- Η ξήρανση πρέπει να είναι ομοιόμορφη για την αποφυγή δημιουργίας ρωγμών ή παραμορφώσεων κατά το ψήσιμο.
- Στη συνέχεια το κεραμικό ψήνεται σε καμίνι (φρύξη).

Πηλός (συνεχ.)

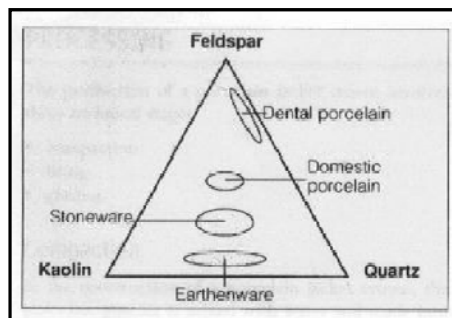
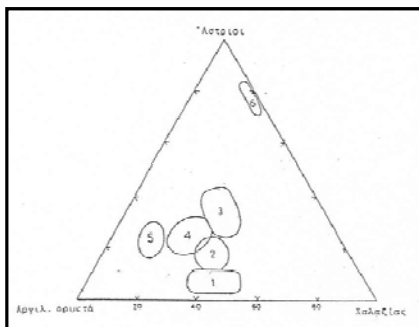
- Συχνά πριν τη φρύξη επικαλύπτεται με υέλωμα (glaze) που είναι ένα γυάλινο στρώμα διαφανές ή αδιαφανές.
- Το υέλωμα λιώνει πάνω στο κεραμικό μέσα στο καμίνι και το καλύπτει ακολουθώντας το σχήμα του.
- Στα γνωστά υελώματα του εμπορίου είναι δυνατόν να προστεθούν και οξειδία μετάλλων που προσδίδουν χρώμα.
- Για χαμηλής θερμοκρασίας (εύτηκτα) υλικά χρησιμοποιούνται το οξείδιο του μολύβδου και ο βόρακας.
- Τέλος ακολουθεί αργή ψύξη για να αποφευχθούν ρωγμές ή θρυμματισμός.





Η ορυκτολογική σύσταση μιας αργιλικής πρώτης ύλης επηρεάζει, έντονα, το είδος του κεραμικού που προκύπτει από τη χρήση της. Για την αξιολόγηση των αργιλικών πρώτων υλών, όσον αφορά την καταλληλότητά τους για την παρασκευή ορισμένων τύπων κεραμικών προϊόντων, με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση έχουν προταθεί διάφορα διαγράμματα.

Στο τριαδικό σύστημα **αργιλικά ορυκτά – άστριοι – χαλαζίας**, οριοθετούνται συγκεκριμένες περιοχές που δείχνουν τη δυνατότητα διακύμανσης της σύστασης ορισμένων κεραμικών.

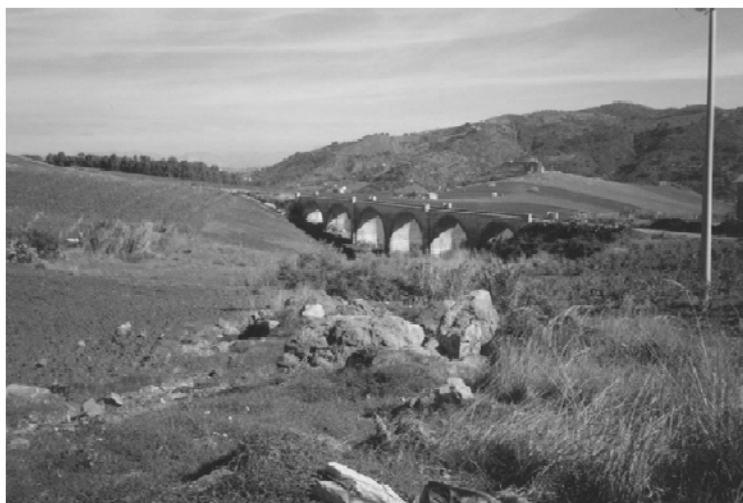


Κύρια ορυκτολογική σύσταση πρώτων υλών διαφόρων ειδών κεραμικών

Γεωλογικά Περιβάλλοντα

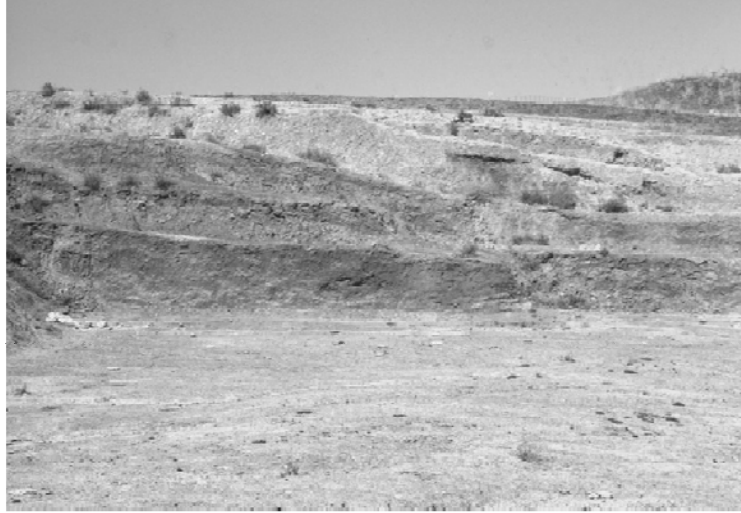
- Στην Ελλάδα η αργιλική πρώτη ύλη ανιχνεύεται σε αλλουβιακούς σχηματισμούς και σε ιζήματα Πλειοκαινικών - Πλειστοκαινικών λεκανών.
- Η δυνατότητα εκμετάλλευσης των αλλουβιακών αργίλων είναι μεγαλύτερη λόγω της εκτεταμένης επιφανειακής εξάπλωσης, ενώ η ποιότητα μειονεκτεί σε σχέση με αυτή των αργίλων των Πλειστοκαινικών λεκανών.
- Οι διαφορές μεταξύ των αργίλων των δύο κατηγοριών οφείλονται στους διαφορετικούς τρόπους γένεσης τους ανάλογα με το περιβάλλον απόθεσης.
- Έτσι ενώ η απόθεση αλλουβίων σχετίζεται με πλημμύρες, χείμαρρους ή υπερχειλίση ποταμών και χαρακτηρίζεται από γρήγορο ρυθμό ιζηματογένεσης και μετακινήσεως του περιβάλλοντος αποθέσεως, οι Πλειστοκαινικές λεκάνες θεωρούνται σταθερό γεωλογικό περιβάλλον.
- Η επιτυχία στην κεραμική εξαρτάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από την ποιότητα των πρώτων υλών, οι οποίες με τη σειρά τους εξαρτώνται από το είδος του τελικού προϊόντος.
- Για κάθε νέο κοίτασμα είναι απαραίτητες οι δοκιμές για τη διαπίστωση των ιδιοτήτων της αργίλου, αλλά και της συμπεριφοράς της κατά το ψήσιμο.

Αλλουβιακό κοίτασμα



Oligocene clay outcrop in the Segesta.

Ελουβιακό κοίτασμα

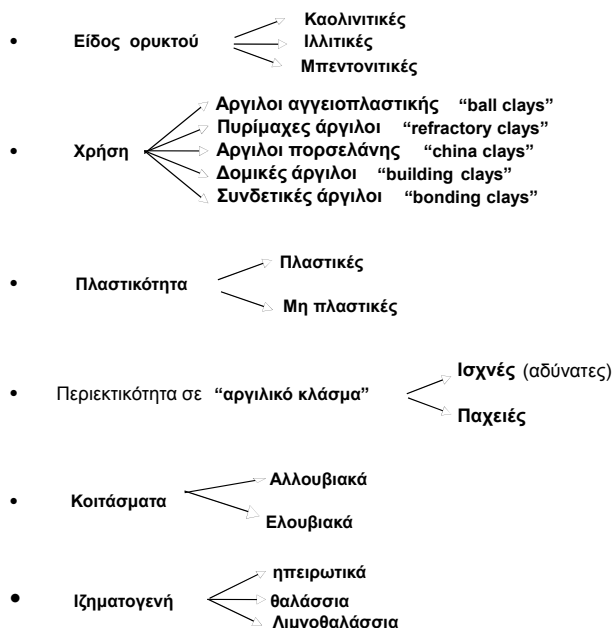


Oligocene clay outcrop in Himera.

Ελουβιακό κοίτασμα



Ταξινόμηση αργίλων



Ιδιότητες αργίλων

1. Πλαστικότητα

Πλαστικότητα, είναι η ιδιότητα του μείγματος αργίλου-νερού να μορφοποιείται κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων και να διατηρεί αυτή τη μορφή μετά την ξήρανση και το ψήσιμο. Κατά την επαφή με το νερό τ' αργιλικά ορυκτά, περιβάλλονται από ένα λεπτό υδάτινο υμένιο, εξ αιτίας του οποίου εξασθενίζουν οι δυνάμεις συνοχής και ελαττώνεται η τριβή, με αποτέλεσμα το μίγμα αργίλου-νερού να γίνεται πλαστικό.

Η πλαστικότητα εξαρτάται από:

- > Τη μορφή των σωματιδίων (φυλλώδης ή πρισματική).
- > Τις δυνάμεις που συνδέουν τα σωματίδια μεταξύ τους (ασθενέστερες στον μοντμοριλλονίτη, ισχυρότερες στον καολινίτη).
- > Το είδος των προσροφημένων ιόντων (Na^{1+} , Ca^{2+} ,...).
- > Το πάχος των υδατινών υμενίων.

Μέτρο της πλαστικότητας είναι η ποσότητα του νερού που χρειάζεται μια άργιλος για ν' αποκτήσει τη μέγιστη πλαστικότητά της.

Η πλαστικότητα μιας αργίλου ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητά της σε αργιλικό κλάσμα, σε μοντμοριλλονίτη, σε οργανική ουσία κλπ.

Ιδιότητες αργίλων

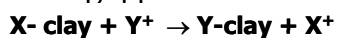
2. Ιοντοανταλλακτική ικανότητα (Ion Exchange Capacity I.E.C).

Ιοντοανταλλακτική ικανότητα, είναι η ικανότητα που έχουν τα αργιλικά ορυκτά να προσροφούν και να συγκρατούν ορισμένα ιόντα, τα οποία κάτω από ειδικές συνθήκες είναι δυνατό ν' ανταλλάγουν με ιόντα άλλων στοιχείων που βρίσκονται στο περιβάλλον τους.

Διακρίνεται σε κατιοντοανταλλακτική & ανιοντοανταλλακτική ικανότητα, ανάλογα με το εάν, το υπό ανταλλαγή ιόν είναι κατιόν ή ανιόν. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατιοντοανταλλακτική ικανότητα, η οποία μετριέται σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανταλασσόμενου ιόντος ανά 100 gr προσροφητικού μέσου (meq/100 gr).

Ιδιότητες αργίλων

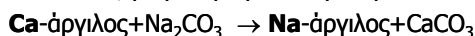
Αν μία άργιλος τοποθετηθεί σε διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη, τότε συμβαίνει ανταλλαγή μεταξύ των ιόντων της άργιλου και των ιόντων του ηλεκτρολύτη:



Η παραπάνω αντίδραση εξαρτάται από τη φύση των ιόντων X και Y, τη σχετική τους συγκέντρωση, το είδος της άργιλου. Ακόμα και για ισοδύναμες συγκεντρώσεις κατιόντων η σειρά προσρόφησής τους είναι η ακόλουθη :



Η ιοντοανταλλακτική ικανότητα έχει μεγάλη σημασία για τις ιδιότητες των αργίλων. Αν, π.χ. σε μια ασβεστούχο άργιλο προστεθεί Na_2CO_3 , τα ιόντα Ca^{2+} θα ανταλλάγουν με τα ιόντα Na^+ , με βάση την αντίδραση:



Έτσι προκύπτει Na-άργιλος, που είναι περισσότερο πλαστική. Στην παρασκευή κεραμικών, η ιοντοανταλλακτική ικανότητα επιδρά στην αντοχή του μορφοποιημένου αργιλικού υλικού, διότι επηρεάζει την ανάπτυξη των δυνάμεων συνοχής μεταξύ των αργιλικών κόκκων.

Ιδιότητες αργίλων

Επίσης, η ιοντοανταλλακτική ικανότητα επηρεάζει τις ρεολογικές ιδιότητες (διογκωσιμότητα, ιξώδες κ.λ.π.), όταν πρόκειται για μπεντονίτες και άλλα παρόμοια υλικά.

Η τιμή της ιοντοανταλλακτικής ικανότητας είναι χαρακτηριστική για τις διάφορες ομάδες των αργιλικών ορυκτών:

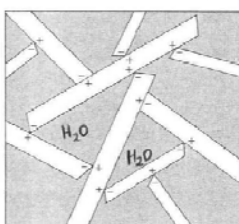
- Είναι μεγάλη για την ομάδα του **μοντμοριλλονίτη (80-150 meq/100 gr)**,
- ενδιάμεση για τον **ιλλίτη (10-40 meq/100 gr)** και,
- μικρή για τα ορυκτά της ομάδας του **καολινίτη (3-5 meq/100 gr)**,
- ενώ οι **βερμικουλίτες** παρουσιάζουν μεγαλύτερη ιοντοανταλλακτική ικανότητα (**>160 meq/100 gr**).

Ιδιότητες αργίλων

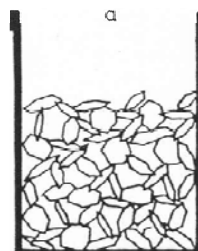
3. Θιξοτροπία

Αν αναμιχθεί κάποια άργιλος με περίσσεια νερού, είναι δυνατόν εφ' όσον το μέγεθος των αργιλικών ορυκτών είναι μικρό, να σχηματισθεί ένα αιώρημα, το οποίο μετά από λίγο πήζει, δημιουργώντας ένα πήκτωμα. Το πήκτωμα αυτό δεν ρέει όταν υποστεί κλίση, εάν όμως ανακινηθεί, μετατρέπεται ξανά σε αιώρημα.

Η ιδιότητα αυτή, αναστρέψιμη και χρονοεπηρεαζόμενη είναι γνωστή ως **θιξοτροπία** και οφείλεται στο ότι, τα αιωρούμενα αργιλικά σωματίδια, σταδιακά, παίρνουν τέτοιες θέσεις, έτσι ώστε τα μόρια του νερού εγκλωβίζονται στα κενά που δημιουργούνται ανάμεσα στ' αργιλικά ορυκτά και δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα (σχ. 6.18). Πρόκειται για την ονομαζόμενη δομή "house of cards", όπου τα αργιλικά σωματίδια είναι συνδεδεμένα σ' ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Κάθε δυνατό χτύπημα μπορεί να χαλάσει αυτό το σκελετό και το αιώρημα μπορεί να κινηθεί, πάλι, ελεύθερα.



Δομή "house of cards"



Ιδιότητες αργίλων

4. Υδατοαπορροφητικότητα

Οι άργιλοι και τα αργιλικά ορυκτά, όταν βραχούν, απορροφούν το νερό.

- Το νερό εισχωρεί μεταξύ των κρυστάλλων (πορώδες νερό)
- Το νερό προσροφάται στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών που είναι φορτισμένη, ώστε να δημιουργείται ένα στρώμα διπόλων H_2O με προσανατολισμένη διάταξη. Αυτή η "μη υγρή" στοιβάδα νερού έχει μεγάλη σημασία από τεχνική άποψη γιατί είναι το αίτιο της πλαστικότητας και προσδιορίζει ιδιότητες όπως το σημείο θραυσμού, η διαπερατότητα, η θιξοτροπία κ.α.
- Το νερό διεισδύει μεταξύ των δομικών στρωμάτων της δομής των αργιλικών ορυκτών, με συνέπεια τη μονοδιάστατη επέκταση του πλέγματος

Τα ορυκτά της ομάδας του μοντμοριλλονίτη παρουσιάζουν έντονα την ιδιότητα της προσρόφησης, ενώ εκείνα των ομάδων του ιλλίτη, του καολινίτη και του χλωρίτη παρουσιάζουν μικρή διαστολή.

Ιδιότητες αργίλων

5. Επίδραση της θέρμανσης στα αργιλικά ορυκτά

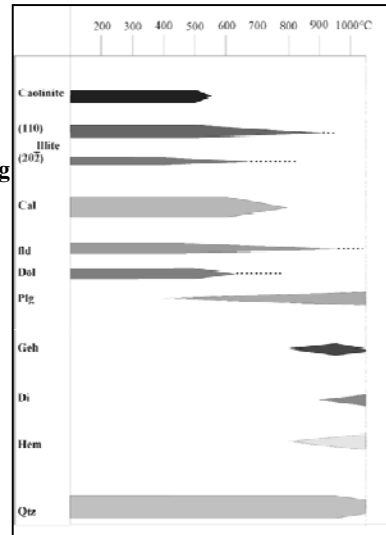
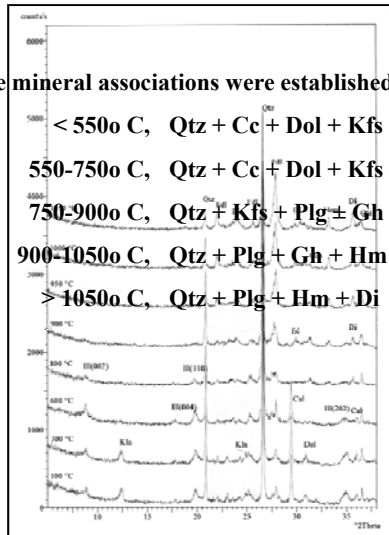
Καολινίτης

- 100-150 °C: Απώλεια πορώδους και προσροφημένου νερού, συστολή.
- 200-300 °C: Οξειδωση οργανικών ουσιών.
- 400-500 °C: Οξειδωση θειούχων συστατικών
- 400-600 °C: Απώλεια συνδεδεμένων OH
- 500-900 °C: Δημιουργία CO_2 από ανθρακικές ενώσεις
- 600-900 °C: Διάσπαση του πλέγματος και δημιουργία έντονα δραστικών υπολειμματικών φάσεων Al_2O_3 SiO_2
- 950 °C: Σχηματισμός μουλίτη
- 1200 °C: Σχηματισμός μουλίτη – χριστοβαλίτη
- 1700 °C: Τήξη, μετά από τη φάση σχηματισμού υέλου

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



Ιδιότητες των κεραμικών

1. Πορώδες

- **Ανοικτό:** ανοικτοί ή ενεργοί πόροι που σχηματίζουν τριχοειδείς σωλήνες που εκτείνονται μέχρι την επιφάνεια του κεραμικού
- **Κλειστό:** κλειστοί πόροι που δεν φτάνουν μέχρι την επιφάνεια του κεραμικού.

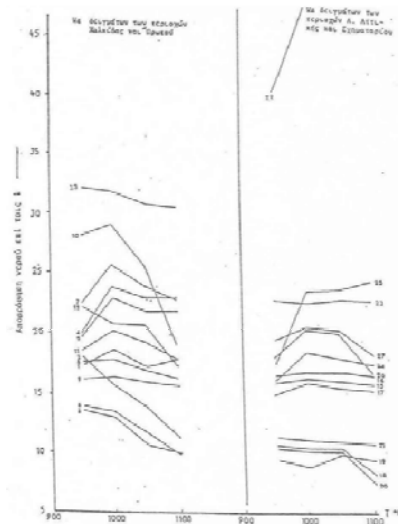
2. Υδατοαπορροφητικότητα

- Η υδατοαπορροφητικότητα (water absorption) ενός αργιλικού κεραμικού προϊόντος, ψημένου σε ορισμένη θερμοκρασία, είναι το μέτρο του ανοικτού πορώδους του.
- Ορίζεται, ως το νερό που απορροφά το κεραμικό έπειτα από δίωρο βρασμό, σε αποσταγμένο νερό και μετά από 24ωρη παραμονή του μέσα στο νερό. Μετριέται σε cm³ H₂O επί τοις %.

Ιδιότητες των κεραμικών

Στο διπλανό σχήμα δίνεται η υδατοαπορροφητικότητα διαφόρων δοκιμίων.

Φαίνεται ότι η υδατοαπορροφητικότητα αρχίζει να ελαττώνεται σε ορισμένα δείγματα στους 950 °C ή και ακόμα νωρίτερα, ενώ σε άλλα η ελάττωση αρχίζει από τους 1000 °C. Τούτο σημαίνει ότι, στις αντίστοιχες θερμοκρασίες αρχίζει η υαλοποίηση του δοκιμίου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα το σταδιακό κλείσιμο των πόρων του.



Ιδιότητες των κεραμικών

3. Διασταλτικότητα

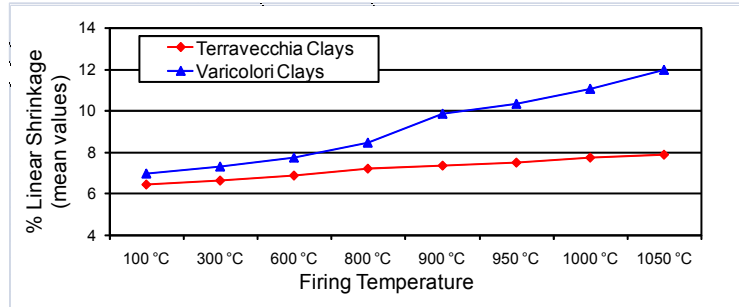
Με τον όρο *διασταλτικότητα* (dilatancy), εννοούμε τις μεταβολές στις διαστάσεις (διαστολή - συστολή) μορφοποιημένου δοκιμίου κατά το ψήσιμο, οι οποίες εξαρτώνται από την ορυκτολογική, τη χημική και την κοκκομετρική σύσταση της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του δοκιμίου, καθώς και από την ταχύτητα μεταβολής της θερμοκρασίας ψήσιματος. Τα δοκίμια αυτά κατασκευάζονται έπειτα από ειδική επεξεργασία μορφοποίησης και ξήρανσης.

Συνήθως η διασταλτικότητα εκφράζεται σε ποσοστά επί τοις % του μήκους του δοκιμίου, με βάση τη σχέση $\Delta L/L$, όπου L το μήκος του δοκιμίου, έπειτα από ξήρανση στους 105 °C και ΔL η μεταβολή του μήκους κατά το ψήσιμο. Το σύνολο των μεταβολών συναρτήσει της θερμοκρασίας μας δίνει μια διλατομετρική καμπύλη

"Terravecchia Formation" Clay

EXPERIMENTAL BRIQUETTES

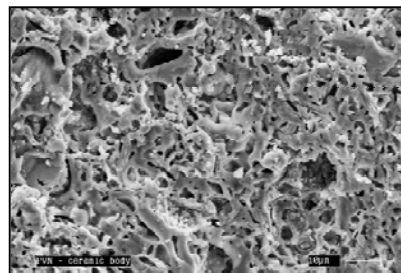
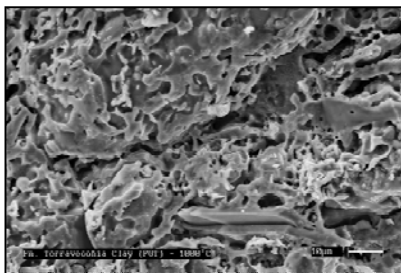
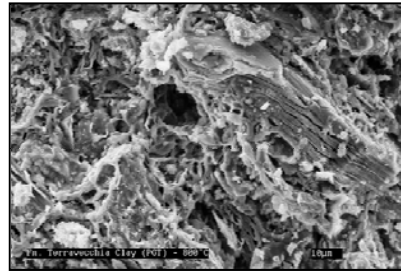
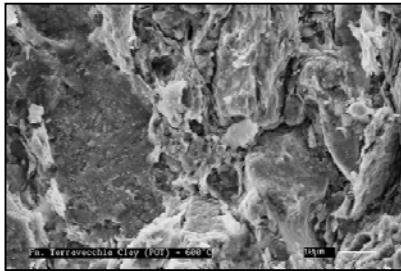
Linear Shrinkage



Colour variation according to T (°C) changes

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

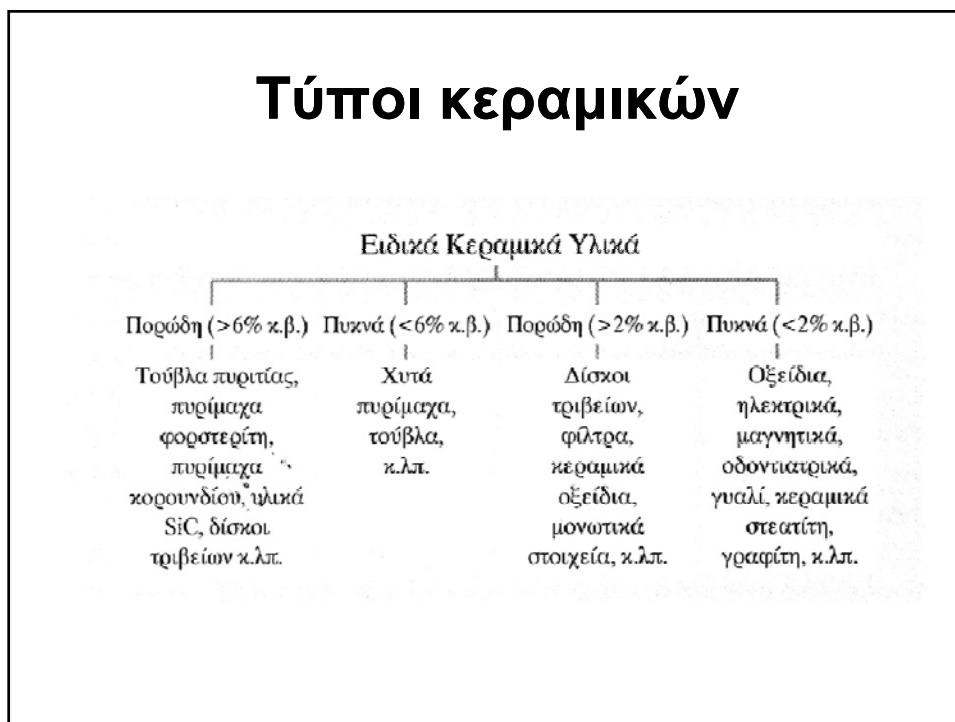
SEM - verification of equivalent firing temperatures



Τύποι κεραμικών



Τύποι κεραμικών



Τύποι κεραμικών

ΑΔΡΟΚΟΚΚΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ

- α. **Δομικά υλικά.** Τα τούβλα και τα κεραμίδια αν και δεν έχουν αυστηρές προδιαγραφές θα πρέπει να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβεστίτη, μοντμοριλονίτη, χαλαζιακή άμμο και πυρίμαχα ορυκτά. Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα πρέπει να γίνει η επιλογή της κατάλληλης πρώτης ύλης.
- β. **Πήλινα σκεύη** (οικιακά, διακοσμήσεως, καλλιτεχνίας). Πρώτη ύλη αποτελούν άργιλοι χαμηλής θερμοκρασίας φρύξεως.
- γ. **Πλακάκια.** Παράγονται από μπισκότο όλων των κεραμικών τύπων.

Τύποι κεραμικών

ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ (Ανώτερης ποιότητας)

- α. **Πήλινα σκεύη.** Πρώτη ύλη αποτελούν άργιλοι με διαφορετικό σημείο φρύξεως. Χρησιμοποιείται συλλίπασμα (flux) για καλύτερη φρύξη.
- β. **Τούβλα στεατίτη.** Πρώτη ύλη: 50% τάλκης, χαλαζίας, άργιλος, άστριος.
- γ. **Τούβλα κορδιερίτη.** Πρώτη ύλη: τάλκης, άργιλος, μαγνησίτης, χαλκηδόσιος.
- δ. **Τιτανιούχα τούβλα.** Πρώτη ύλη: Ιλμενίτης, ρουτήλιο, τιτανιομαγνητίτης
- ε. **Πορσελάνες.** Μη πορώδη κεραμικά με μεγαλύτερη λευκότητα και ποσοστό υαλοποίησης από τα gres. Σαν βασικές πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται μίγμα καθαρού καολίνη με χαλαζιακή άμμο και αστρίους που υποκαθίστανται και από υψηλής καθαρότητας ανθρακικά πετρώματα.

TABLE 14.2, *Fine ceramic body compositions*

Body	Ball Clay %	Kaolin %	Flux* %	Quartz %	CaCO ₃ %	'Pitchers' %	Calcined Bone %
Wall tile	30-48	10-20	-	20-40	10-12	0-10	-
Floor tile	40	10	20	20	-	10	-
Gres porcellanato	40	15	25	20	-	-	-
Sanitaryware	23-25	27	18-22	21-26	-	0-5	-
Vitreous china tableware	25	30	30	15	-	-	-
Stoneware	60-100	-	5	0-35	-	0-10	-
Dolomitic earthenware	25	25	-	35	10-15	-	-
Feldspathic earthenware	25	30	12	33	-	-	-
Porcelain	0-5	50-55	15-25	25	-	-	-
Electro-porcelain	30	20	25	25	-	-	-
Bone china	-	35	15-25	-	-	-	50

* Predominantly feldspar, nepheline syenite or pegmatite e.g. 'Cornish Stone' or 'Potters Stone'.

Πορσελάνες

- Το πυρίτιο σε μορφή λεπτότατης χαλαζιακής άμμου ευνοεί τη διαύγεια και αντισταθμίζει τη συστολή της αργλικής μάζας με την αύξηση του όγκου του.
- Οι άστριοι (καλιούχοι) ως συλλιπάσματα συντελούν στον περιορισμό των πόρων.
- Κατά το ψήσιμο η ατμόσφαιρα είναι αναγωγική για την αποφυγή χρωματισμού της πορσελάνης.
- Τα παραγόμενα κεραμικά έχουν αξιόλογη μηχανική αντοχή στις θερμικές μεταβολές, είναι πυρίμαχα και απρόσβλητα από οξέα, αλκάλια και γενικότερα από αντιδραστήρια και οξειδωτικά μέσα.

Ποιότητες Πορσελάνης

Διακρίνουμε τις εξής ποιότητες:

- **Σκληρή πορσελάνη:** 50 % καολίνης, 25 % άστριος, 25 % χαλαζίας
- **Μαλακή πορσελάνη:** 20-40 % καολίνης, άστριος, χαλαζίας, ball clay.
- **Bone China :** 45 % άργιλος, 40 %, φωσφορικό ασβέστιο, 10 % χαλαζίας, 5 % άστριος.
- **Πορσελάνη οδοντοτεχνικής:** 70-80 % άστριος, 15-25 % χαλαζίας, 0-4 % καολίνης, 0-2 % CaCO_3 .
- **Πορσελάνη ηλεκτρικών εφαρμογών:** 10-30 % china clay, 10-30 % ball clay, 10-40 % χαλαζίας, 10-40 % άστριος.

Πυρίμαχα υλικά

- Μη μεταλλικά υλικά με υψηλό σημείο τήξεως.
- Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ή επένδυση καμίνων που λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες και για τη μόνωση και προστασία υλικών από θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 1000 °C.
- Εκτός από την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες τα πυρίμαχα υλικά πρέπει κατά περίπτωση να έχουν: αντοχή σε χημική και μηχανική διάβρωση, αντοχή σε απότομες μεταβολές-θερμοκρασίας και ικανότητα να φέρουν φορτίο εν θερμώ.
- Η σημαντικότερη κατηγορία ενώσεων που χρησιμοποιούνται για πυρίμαχα υλικά είναι τα οξειδία.
- Άλλες κατηγορίες είναι τα καρβίδια, οι νιτρώδεις, βαριούχες, πυριτικές ενώσεις και καθαρά στοιχεία.
- Η πιο συνηθισμένη πρώτη ύλη είναι η άργιλος. Πρώτες ύλες επίσης είναι ο χαλαζίας, ο σιλλιμανίτης ο κυανίτης, ο ανδαλουσίτης, το διάσπορο κτλ. Αξίζει να αναφερθούν επίσης ο μαγνησίτης, ο δολομίτης, ο βρουκίτης και ο χρωμίτης καθώς και ο βόρακας που υποβοηθά ορισμένες διεργασίες.

Κατηγορίες αργίλων για πυρίμαχα (σημείο τήξεως >1420 °C)

- **Λευκή άργιλος:** Παρουσιάζει μεγάλη πλαστικότητα και αντοχή.
- **Πυριτική άργιλος:** δημιουργείται κατά τη λατεριτίωση και αποτελείται από καολίνη, γυψίτη, βαιμίτη και διάσπορο. Μετά το ψήσιμο χάνει τη λευκότητα της.
- **Πυρίμαχη άργιλος (Πυρόχωμα):** Αποτελείται από καολίνη και μικρό ποσό αλλοϋσίτη. Είναι μικροκρυσταλλικό υλικό το οποίο έχει υποστεί μεταφορά. Είναι από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος.
- **Καολινική άργιλος:** Προέρχεται κυρίως από εξαλλοίωση των αστρίων. Διατηρεί το λευκό χρώμα και μετά το ψήσιμο και παρουσιάζει μέτρια αντοχή και πλαστικότητα.

Ιδιότητες και δοκιμές

Η σωστή επιλογή του πυρίμαχου υλικού για μια συγκεκριμένη χρήση πρέπει να βασίζεται σε ορισμένες προδιαγραφές (standards = πρότυπες μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των πυρίμαχων υλικών). Οι ιδιότητες των πυρίμαχων μπορούν να περιγραφούν από τους ακόλουθους προσδιορισμούς:

- χημικής σύστασης
- ορυκτολογικής σύστασης,
- φαινόμενου και πραγματικού ειδικού βάρους,
- πυκνότητας,
- φαινόμενου και ολικού ποράδους,
- συντελεστή απορροφήσεως νερού,
- διαπερατότητας των πυρίμαχων σε αέρια,
- πυριμαχικότητας,
- ισοδύναμο κώνου πυρομετρίας (PCE),
- πυριμαχικότητας υπό φορτίο,
- αντοχής θραύσης εν ψυχρώ,
- μέτρου θραύσης εν θερμώ,
- αντοχής σε θερμοκρασιακό αφινιδισμό,
- αντοχής σε τριβή, (δείκτη εκτριβής),
- θερμικής αγωγιμότητας,
- μόνιμης μεταβολής διαστάσεων κατά την αναθέρμανση,
- συντελεστή θερμικής διαστολής,
- αντοχής σε σκωρίες και
- αντοχής σε προσβολή από CO.

Ταξινόμηση πυρίμαχων τούβλων

Κυρίως με βάση τη σύστασή τους και κατά δεύτερο λόγο τη φυσική κατάσταση και τις ιδιότητες τους. Κατά κανόνα χρησιμοποιούνται μορφοποιημένα σε τούβλα διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων.

Διαιρούνται στις εξής κύριες κατηγορίες:

α. Ώξινα πυρίμαχα

- αργιλοπυριτικά, αποτελούνται κυρίως από οξείδιο του αργιλίου και πυριτίου. Σαν πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται οι **άργιλοι**, οι **βωξίτες**, τα **οξείδια του αργιλίου** κ.α.
- πυριτικά, αποτελούνται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου. Σαν πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται οι **χαλαζίτες**, **χαλαζιακές άμμοι** κ.α.

β. Βασικά πυρίμαχα

- μαγνησιακά, αποτελούνται κυρίως από οξείδιο του μαγνησίου. Πρώτη ύλη είναι ο **μαγνησίτης**.
- δολομιτικά, αποτελούνται κυρίως από οξείδια του μαγνησίου και ασβεστίου. Πρώτη ύλη είναι ο **δολομίτης**.
- χρωμιτικά, αποτελούνται κυρίως από οξείδια του χρωμίου. Πρώτη ύλη είναι ο **χρωμίτης**.

Ταξινόμηση πυρίμαχων τούβλων

γ. Θερμομονωτικά πυρίμαχα

- Είναι αργιλοπυριτικά πυρίμαχα που περιέχουν και άλλα υλικά, όπως δολομίτης, περλίτης, βερμικουλίτης πυριτικές ίνες κλπ για να αυξηθεί το πορώδες τους και με αυτό τον τρόπο να μειωθεί η θερμική τους αγωγιμότητα.

δ. Ειδικά πυρίμαχα

- Για ειδικές χρήσεις υπάρχουν πυρίμαχα τούβλα που περιέχουν οξείδιο ή πυριτικό άλας του ζirkονίου, καρβίδιο του πυριτίου, άνθρακα, σιλλιμανίτη, γραφίτη, χρωμίτη, χρωμιομαγνησίτη, δολομίτη, αλουμίνας, βωξίτη, βηρυλλίου κ.α..
- Κεραμομέταλλα (cermets) ονομάζονται ειδικά πυρίμαχα, που προκύπτουν από την ανάμειξη πυρίμαχων υλικών (οξείδια, καρβίδια, νιτρώδεις, βαριούχες, πυριτικές ενώσεις) αφ' ενός, και μετάλλων (βολφράμιο, χρώμιο, τιτάνιο, μολυβδαίνιο, σίδηρος) αφ' ετέρου.

Ατμοσφαιρική ρύπανση από την κατεργασία των αργίλων

- Λόγω του λεπτόκοκκου και της ειδικής ορυκτολογικής και χημικής σύστασης οι άργιλοι κατά τις διάφορες χρήσεις τους μπορούν εύκολα να προκαλέσουν ρύπανση.
- Κατά τη διακίνηση και αποθήκευση γίνεται εκπομπή σκόνης.
- Αν στις χρησιμοποιούμενες αργίλους υπάρχουν θειούχες και θεικές ενώσεις εκπέμπεται κατά τη φρύξη SO₂ που προκαλεί προβλήματα στην ατμόσφαιρα.
- Άλλες πηγές μόλυνσης είναι οι καύσιμες ύλες που χρησιμοποιούνται στα καμίνια φρύξης και το φθόριο που εκπέμπεται κατά τη θερμική επεξεργασία.
- Η έκταση της εκπομπής του φθορίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ορυκτολογική και χημική σύσταση της αργιλικής πρώτης ύλης, καθώς και τη θερμοκρασία φρύξης. Συγκεκριμένα, άργιλοι πλούσιες σε ιλλίτη και ασβεστίτη δεν παρουσιάζουν προβλήματα εκπομπής φθορίου.

*Ένα υλικό τόσο προσβάσιμο, τόσο
ευέλικτο, τόσο αξιόπιστο θα
εκφράζει πάντα τις πιο μύχιες,
τις πιο άμεσες και τις πιο
περιχαρείς έγνοιες του
ανθρώπου...*

Anne BOUQUILLON