4ος ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ 2021-2022

ΘΕΜΑ: «Η Χημεία για τον Άνθρωπο και το Περιβάλλον»

Η Συμβολή της Χημείας στην Αρχαιομετρία: Χρήση Φορητής Φασματοσκοπίας Φθορισμού Ακτινών – Χ (pXRF) για Ταυτοποίηση Κραμάτων Χαλκού της Μέσης Εποχής του Χαλκού (ΜΕΧ) από τη θέση Καλαβασός – Εκκλησία.

- Σταυριάνα Ηρακλέους
- Χριστίνα Θεοδώρου
- Μιχάλης Στάμπουλους

Αρχαιομετρία

- **Αποτελεί ένα διεπιστημονικό κλάδο**
- **Μελετά τη σύσταση και τις συνθήκες επεξεργασίας των αντικειμένων**

Αναγκαίο εργαλείο η χρήση χημικών μεθόδων

Σκοπός της Έρευνας

- **Η χημική ανάλυση χάλκινων αντικειμένων της θέσης Καλαβασός – Εκκλησία, προκειμένου να εξακριβωθούν οι τύποι των κραμάτων που χρησιμοποιούνταν κατά τη ΜΕΧ (1900-1650/1600 π.Χ.) και εάν υπάρχει διαφοροποίηση στη σύνθεση ανάλογα με τον τύπο του αντικειμένου.**

Αναγκαιότητα και Σπουδαιότητα της Έρευνας

- **Θα δώσει σημαντικές πληροφορίες για τον ρόλο της περιοχής της Καλαβασού**

  (α) στις κοινωνικοπολιτικές εξελίξεις της Κύπρου και
  (β) στην παραγωγή και εμπορία κυπριακού χαλκού κατά της ΜΕΧ

Περιορισμοί της Έρευνας

- **Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την παρουσία δευτερογενών μετάλλων, όπως ο κασσίτερος, το αρσενικό ή ο μόλυβδος, υποεκτιμώντας ή υπερεκτιμώντας τις αρχικές συγκεντρώσεις τους:**

(α) η ύπαρξη στρωμάτων διάβρωσης ή πάτινας στο κυρίως σώμα του χάλκινου αντικειμένου

(β) οι κακές συνθήκες αποθήκευσής του και

(γ) η καθόλου συντήρησή του

Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

- **Ο Χαλκός (Cu) χρησιμοποιείται από το 4000 π.Χ. αντικαθιστώντας τα τότε λίθινα εργαλεία (Hadjistavrinou & Constantinou,1982).**

  Σύμβολο: Cu και προέκυψε από το όνομα της Κύπρου (cuprum).

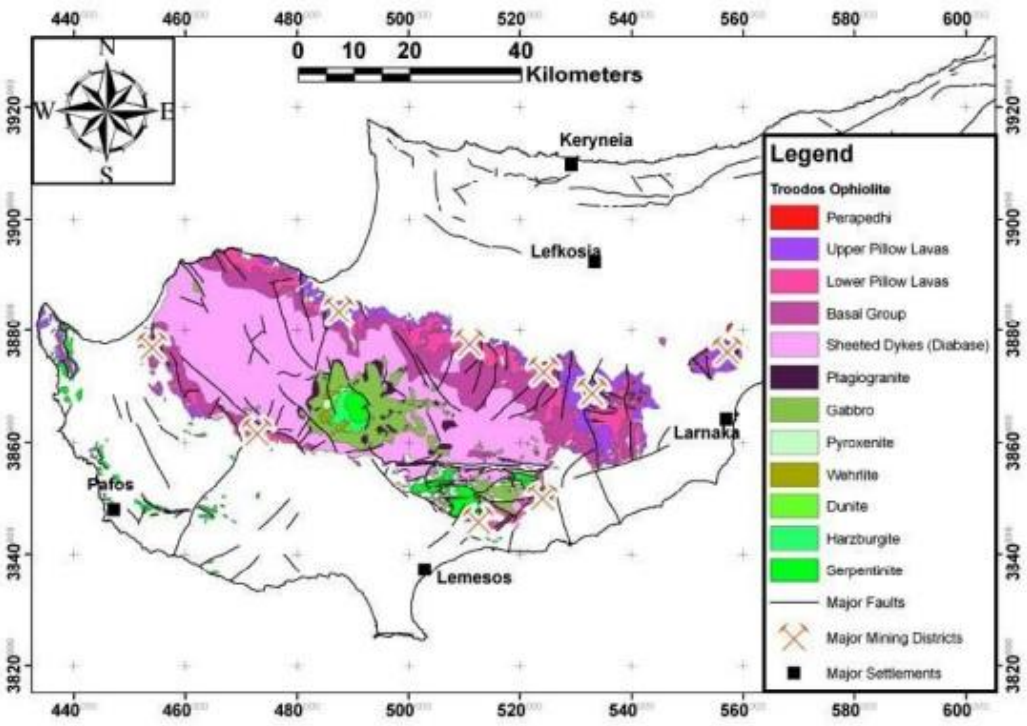
- **Αποθέσεις του συναντώνται:**

  (α) στο «οφιολιθικό σύμπλεγμα» της οροσειράς του Τροόδους

  (β) στη δασώδη περιοχή της Λεμεσού (Kayafa, 1999).

- **Κράματα Χαλκού:**

  (α) ο αρσενικούχος χαλκός
  (β) το κρατέρωμα (μπρούντζος) και
  (γ) ο ορείχαλκος(Balthazar, 1990).



Εικ. 7: Γεωλογικός χάρτης οφιολιθικού συμπλέγματος Τροόδους και κύριες μεταλλευτικές περιοχές (Jowitt, 2008)

Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

- **Εκτός από τα μεταλλεύματα του χαλκού, υπήρχαν και πολλά άλλα εκμεταλλεύσιμα ορυκτά, όπως για παράδειγμα:**

  (α) τα θειικά άλατα του χαλκού και του σιδήρου

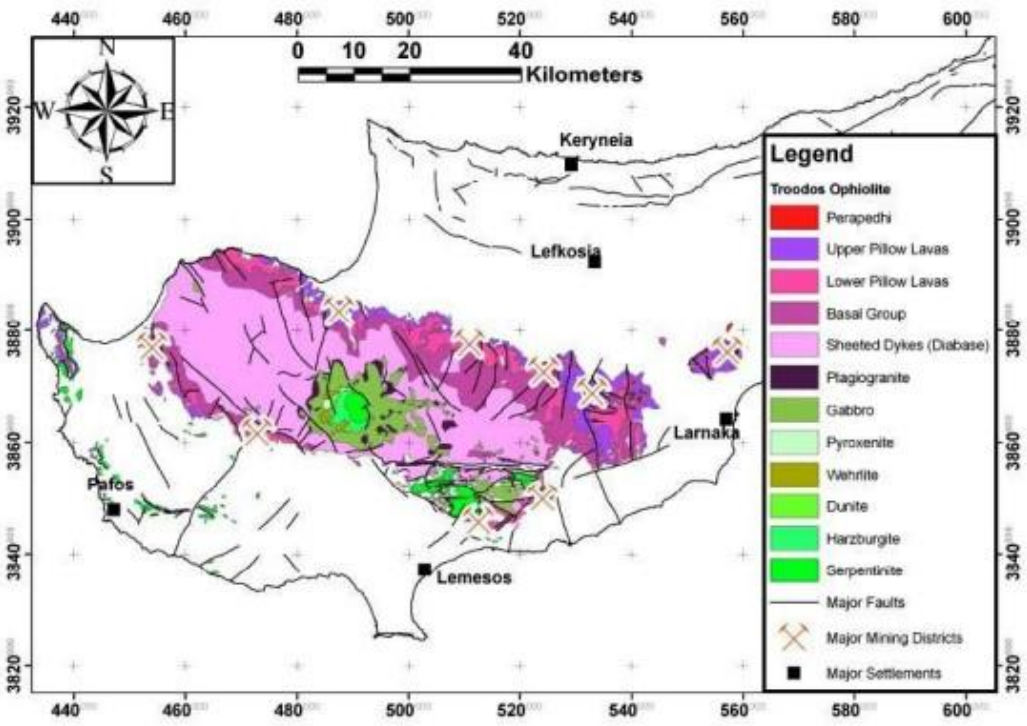
  (β) τα οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου και του μαγγανίου

- **Οι πολλοί διαφορετικοί τύποι σκωριών (υπολείμματα μεταλλουργίας) που ανευρίσκονται στις περιοχές Έγκωμη και Κίτιο στηρίζουν την υπόθεση ότι τα μεταλλεύματα που χρησιμοποιήθηκαν στην Κύπρο κατά την Εποχή του Χαλκού ήταν μικτά από γεωλογικής άποψης (κυρίως κοβελλίτης, χαλκοπυρίτης, κουπρίτης, χαλκοσίνης, αιματίτης και πυρίτης).**

- **Ο αυτοφυής μεταλλικός (καθαρός) χαλκός, εντοπίζεται σε κοιτάσματα στην Κινούσα, την Καλαβασό και το Μαυροβούνι (Constantinou, 2012).**

- **Ανθρακικός χαλκός δεν έχουν εντοπισθεί. Στην Κύπρο δεν συναντώνται επίσης αποθέσεις κασσίτερου και μόλυβδου και ούτε εντοπίζονται σε κυπριακά μεταλλεύματα χαλκού (Κωνσταντίνου, 1982).**

- **Συνεπώς, ο κασσίτερος ή ο μόλυβδος που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αντικειμένων θα ήταν είτε εισηγμένα είτε ανακυκλωμένα.**



Εικ. 7: Γεωλογικός χάρτης οφιολιθικού συμπλέγματος Τροόδους και κύριες μεταλλευτικές περιοχές (Jowitt, 2008)

Μεθοδολογία

- **Αναλύθηκαν συνολικά δεκαέξι (16) αντικείμενα από κράμα χαλκού, τα οποία ανήκουν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:**

  (α) όπλα

  (β) εργαλεία-όπλα και

  (γ) κοσμήματα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Αντικείμενα που μελετήθηκαν / αναλύθηκαν

a/a	Αριθμός Αντικειμένου	Τύπος Αντικειμένου	Χρήση Αντικειμένου
1	Καλαβασός - 1	Κεφάλι Λόγχης	Όπλο
2	Καλαβασός - 2	Τσιμπίδα	Εργαλείο
3	Καλαβασός - 3	Καρφίτσα	Κόσμημα
4	Καλαβασός - 4	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
5	Καλαβασός - 5	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
6	Καλαβασός - 6	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
7	Καλαβασός - 7	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
8	Καλαβασός - 8	Κεφάλι Λόγχης	Όπλο
9	Καλαβασός - 9	Κεφάλι Λόγχης	Όπλο
10	Καλαβασός - 10	Κεφάλι τσεκουριού	Εργαλείο
11	Καλαβασός - 11	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
12	Καλαβασός - 12	Κεφάλι Λόγχης	Όπλο
13	Καλαβασός - 13	Κεφάλι τσεκουριού	Εργαλείο
14	Καλαβασός - 14	Μαχαίρι	Όπλο / Εργαλείο
15	Καλαβασός - 15	Λεπίδα ξύστη	Εργαλείο
16	Καλαβασός - 16	Σουβλί	Εργαλείο

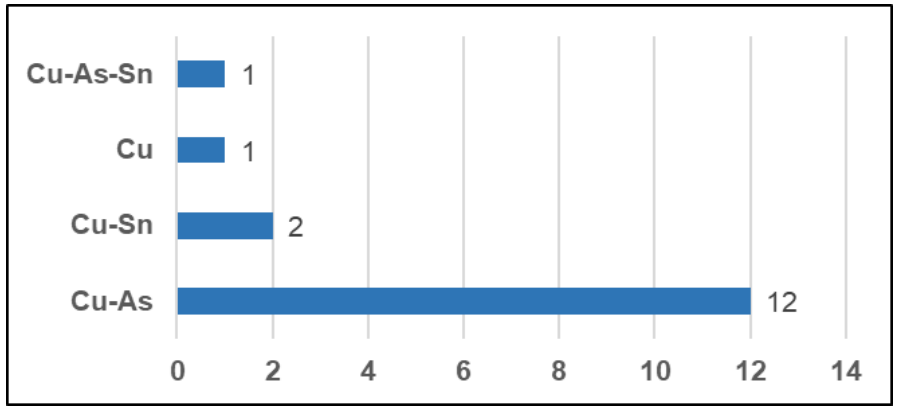
Τρόπος Εργασίας – μελέτης των χάλκινων αντικειμένων

- **Όλα τα αντικείμενα ζυγίστηκαν με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας για προσδιορισμό του βάρους τους.**
- **Όλα τα αντικείμενα φωτογραφήθηκαν με ψηφιακή κάμερα.**
- **Για τη χημική ανάλυση των χάλκινων αντικειμένων χρησιμοποιήθηκε η μη-καταστρεπτική τεχνική της φορητής φασματοσκοπίας φθορισμού ακτινών Χ (pXRF).**
- **Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας του οργάνου και της ακρίβειας των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε αριθμός προτύπων πιστοποιημένων υλικών αναφοράς (κράματα χαλκού)**

Αποτελέσματα

- **Σημαντική ποικιλομορφία, τόσο ως προς τα κραματικά στοιχεία όσο και ως προς τους τύπους των κραμάτων, μεταξύ των δεκαέξι (16) χάλκινων αντικειμένων.**
- **Ο αρσενικούχος χαλκός (Cu-As) εμφανίζεται σε όλα σχεδόν τα αντικείμενα (12 αντικείμενα, 75%).**
- **Το δυαδικό κράμα χαλκού με κασσίτερο (Cu-Sn) εμφανίζεται με τη δεύτερη υψηλότερη συχνότητα (2 αντικείμενα, 12,5%)**

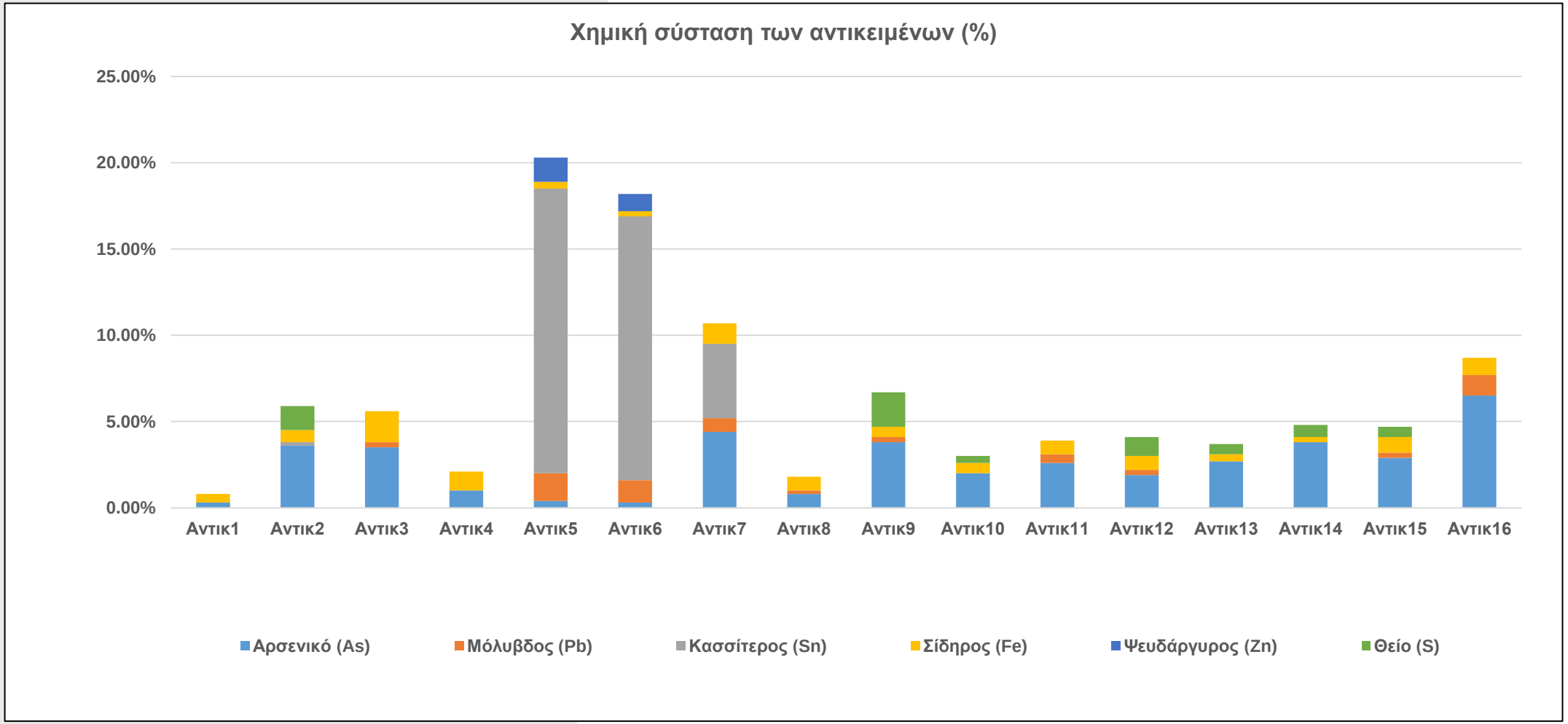
Οι τύποι κραμάτων χαλκού από τη θέση Καλαβασός-Εκκλησία (οι αριθμοί δίπλα στις ράβδους αντιστοιχούν στον αριθμό των αντικειμένων)



Αριθμός Αντικειμένου	Τύπος Αντικειμένου	Υλικό / Κράμα Χαλκού
Καλαβασός - 1	Κεφάλι Λόγχης	Cu - As
Καλαβασός - 2	Τσιμπίδα	Cu - As
Καλαβασός - 3	Καρφίτσα	Cu - As
Καλαβασός - 4	Μαχαίρι	Cu - As
Καλαβασός - 5	Μαχαίρι	Cu - Sn
Καλαβασός - 6	Μαχαίρι	Cu - Sn
Καλαβασός - 7	Μαχαίρι	Cu-As-Sn
Καλαβασός - 8	Κεφάλι Λόγχης	Cu
Καλαβασός - 9	Κεφάλι Λόγχης	Cu - As
Καλαβασός - 10	Κεφάλι τσεκουριού	Cu - As
Καλαβασός - 11	Μαχαίρι	Cu - As
Καλαβασός - 12	Κεφάλι Λόγχης	Cu - As
Καλαβασός - 13	Κεφάλι τσεκουριού	Cu - As
Καλαβασός - 14	Μαχαίρι	Cu - As
Καλαβασός - 15	Λεπίδα ξύστη	Cu - As
Καλαβασός - 16	Σουβλί	Cu - As

Cu: σχετικά καθαρός χαλκός
Cu-As: αρσενικούχος χαλκός (κράμα χαλκού με αρσενικό)
Cu-Sn: μπρούντζος (κράμα χαλκού με κασσίτερο)
Cu-As-Sn: κράμα χαλκού-αρσενικού-κασσιτέρου

Αποτελέσματα Χημικής Ανάλυσης



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- **Το κυρίαρχο κράμα στην περιοχή της Καλαβασού τη ΜΕΧ είναι ο αρσενικούχος χαλκός (Cu-As) με υψηλή περιεκτικότητα σε αρσενικό (As), πολύ πιθανόν από την περιοχή του δάσους Λεμεσού**
- **Ανακύκλωση εισαγόμενων χάλκινων αντικείμενων και ανάμειξη τοπικού χαλκού με εισαγόμενο χαλκό.**
- **Το κράμα χαλκού-αρσενικού-κασσίτερου (Cu-As-Sn), εντοπίστηκε μόνο σε ένα αντικείμενο (μαχαίρι) και μπορεί να ερμηνευθεί μόνο ως ανακύκλωση.**
- **Χρήση συγκεκριμένου τύπου κραμάτων για κάποιες ομάδες, όπως για παράδειγμα χρήση χαλκού με κασσίτερο (Cu-Sn) για αντικείμενα που απαιτούν σκληρές και αιχμηρές άκρες.**
- **Ο μόλυβδος (Pb) φαίνεται ότι προστέθηκε σκόπιμα στα κράματα πιθανόν για τη διευκόλυνση της χύτευσης ή λόγο του ότι διαβρώνεται πρώτος και προστατεύει τον χαλκό.**
- **Ο σίδηρος (Fe) και ο ψευδάργυρος (Zn) φαίνεται ότι είναι μη σκόπιμες προσθήκες στα κράματα, που προκύπτουν και τα δύο από τη διαδικασία τήξης μεταλλευμάτων χαλκού.**

Ο ρόλος της περιοχής της Καλαβασού στην εξέλιξη της μεταλλοτεχνίας και ανακύκλωσης

Ενεργό ρόλο στην παραγωγή χάλκινων αντικειμένων, με τους μεταλλουργούς της να έχουν πρόσβαση

(α) σε ποσότητες εισαγόμενου κασσίτερου (Sn) ή /και μπρούντζου και

(β) σε εισαγόμενα ορυκτά αρσενικού ή στα μεταλλεύματα χαλκού με υψηλό ποσοστό αρσενικού που υπάρχουν στην περιοχή του Δάσους Λεμεσού.

Η παρουσία των εισαγόμενων μετάλλων καταδεικνύει συμμετοχή της περιοχής στο δια θαλάσσης εμπόριο μετάλλων.

Δεν αποκλείεται να διαχειριζόταν ακόμα και το εμπόριο του τοπικά παραγόμενου κυπριακού χαλκού.

Εισηγήσεις

Επανασχεδίαση της μεταφοράς και διακίνησης του μετάλλου, στον εφοδιασμό των χωρών της Ανατολικής Μεσογείου.

Πιθανόν, καθιστώντας το χαλκό ένα στρατηγικό υλικό, οι νέες ανακαλύψεις να επηρεάσουν τόσο το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο της Κύπρου όσο και των χωρών της Εγγύς Ανατολής.

Ακόμη, τα αποτελέσματα της έρευνας μας θα μπορούσαν να διατεθούν από το Υπουργείο Παιδείας σε καθηγητές της Μέσης Εκπαίδευσης για χρήση αυτών στο μάθημα της Ιστορίας και Χημείας.

Η επέκτασή της παρούσας έρευνας σε σύνολο μεταλλικών αντικειμένων από διαφορετικές περιοχές της Κύπρου κατά τη ΜΕΧ, θα δώσει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση κραμάτων χαλκού διαχρονικά στην Κύπρο.

Εν κατακλείδι

Οι αρχαιολόγοι και οι χημικοί επιχειρούν μέσα από τη μελέτη των ανασκαφικών ευρημάτων να ανασυστήσουν και να ερμηνεύσουν την εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού.

Η ενσωμάτωση των χημικών μεθόδων στην αρχαιομετρία αποτελεί ένα αναγκαίο εργαλείο, το οποίο μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς στην αρχαιότητα.

Η ομορφιά της αρχαιολογικής χημείας δεν περιορίζεται μόνο στην παρατήρηση, αλλά αναδεικνύεται με την αποκάλυψη στοιχείων και πληροφοριών που δεν είναι άμεσα ορατά στο ανθρώπινο μάτι (Goffer, 1980).

Ευχαριστούμε για
την προσοχή σας.