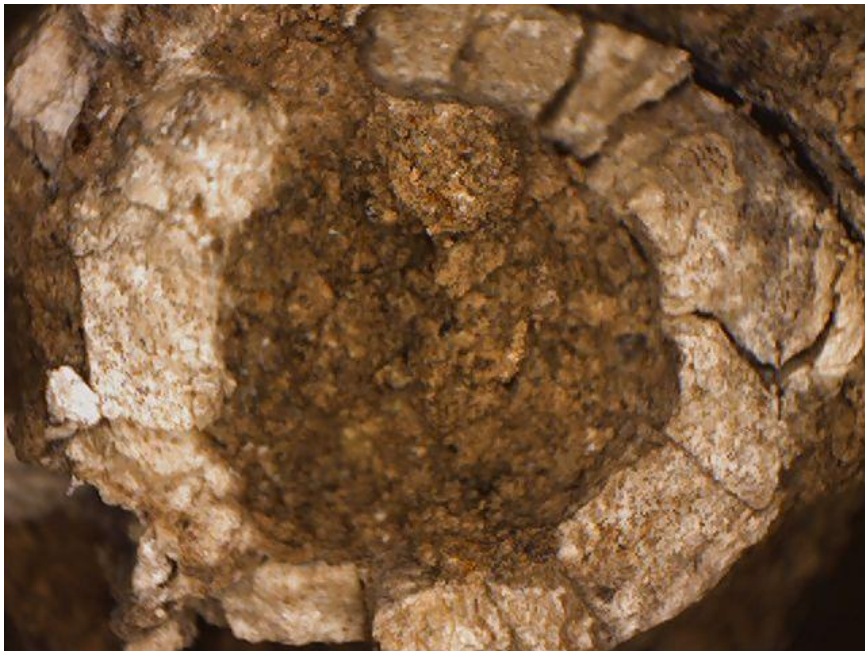


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΤΑΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΣΤΕΟΛΟΓΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΩΜΕΙΟΚΑΙΝΙΚΗ ΑΝΑΣΚΑΦΗ ΣΤΗ ΘΕΣΗ
ΚΕΡΑΣΙΑ ΕΥΒΟΙΑΣ



Μούση Μαρία | ΠΜΣ «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες» | Τμήμα
Μεσογειακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου | 15 Μαΐου 2017

Επιβλέπων: Αν. Καθ. Ν. Ζαχαριάς (Τμήμα Ιστορία, Αρχαιολογίας και Διαχείρισης
Πολιτισμικών Αγαθών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου)

Εξεταστική Επιτροπή: Καθ. Ι. Λυριτζής (Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών,
Πανεπιστημίου Αιγαίου, Ρόδος) & Αν. Καθ. Ι. Καραπαναγιώτης (Ανώτατη
Εκκλησιαστική Ακαδημία Θεσσαλονίκης)

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ
ΕΥΘΥΝΗΣ.

Η εργασία που παραδίδω είναι αποτέλεσμα πρωτότυπης έρευνας και δεν χρησιμοποιώ πνευματική ιδιοκτησία τρίτων χωρίς αναφορές. Αναλαμβάνω όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναμαι να αντιμετωπίσω σε περίπτωση που η εργασία μου αποδειχθεί ότι αποτελεί προϊόν λογοκλοπής, σύμφωνα με τον Κανονισμό του Ιδρύματος.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Ευχαριστίες.....	6
Εισαγωγή.....	7
1. Θεωρητικό πλαίσιο και ορισμοί.....	8
1.1. Θεωρητικό πλαίσιο παλαιοντολογίας.....	8
1.1.1. Γεωλογικός χρόνος – Ανώτερο μεσόκαινο.....	8
1.1.2. Εξέλιξη του ίππου - Ιππάρια.....	10
1.1.3. Κερασιά Ευβοίας.....	12
1.1.4. Οστά και απολίθωση.....	14
1.2. Θεωρητικό πλαίσιο αναλύσεων.....	18
1.2.1. Μικροσκοπική παρατήρηση – Στερεομικροσκόπιο.....	18
1.2.2. Μικροσκόπιο LED.....	18
1.2.3. Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ Φθορισμού (ΦΑΧΦ ή XRF).....	19
1.2.4. Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης με Στοιχειακή Ανάλυση (SEM-EDS).....	20
1.3. Θεωρητικό πλαίσιο συντήρησης.....	21
1.3.1. Ορισμός.....	21
1.3.2. Κώδικας δεοντολογίας.....	21
1.3.3. Στάδια επεμβατικής συντήρησης.....	24
1.3.4. Μέτρα προληπτικής συντήρησης.....	26
2. Αναλύσεις.....	27
2.1. Δείγματα αναλύσεων.....	27
2.2. Σκοπός-Μεθοδολογία-Οργανολογία αναλύσεων.....	33
2.3. Αποτελέσματα.....	40
2.4. Συμπεράσματα.....	54
2.5. Συζήτηση.....	57
3. Συντήρηση.....	59
3.1. Υλικά και εργαλεία συντήρησης απολιθωμάτων.....	59
3.2. Δοκιμές συντήρησης.....	65
3.3. Πρόταση συντήρησης.....	69
3.3.1 Επεμβατική συντήρηση.....	69
3.3.2 Προληπτική συντήρηση.....	72
3.3.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	74
Βιβλιογραφία.....	75
Παράρτημα εικόνων.....	81

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την κατάσταση διατήρησης αλλά και την πρόταση συντήρησης δέκα οστεολογικών δειγμάτων από την ανωμειοκαινική ανασκαφή της Κερασιάς Ευβοίας. Τα δείγματα προέρχονται από ιπάρια. Ο προσδιορισμός της κατάστασης διατήρησης γίνεται μακροσκοπικά, μικροσκοπικά καθώς και με χημικές αναλύσεις σε XRF και SEM-EDS.

Αρχικά η μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση δίνουν μια πρώτη εικόνα για την κατάσταση διατήρησης των οστών. Στη συνέχεια με το XRF λαμβάνεται μια πρώτη εικόνα για τη χημική σύσταση των οστών και του γεωλογικού υλικού που τα περιβάλλει (κρούστα και χώμα). Τέλος, με το SEM-EDS ακολουθεί αρχικά η πιο λεπτομερής μικροσκοπική παρατήρηση και στη συνέχεια η αναζήτηση των βασικών χημικών στοιχείων που ανιχνεύθηκαν από το XRF με σκοπό τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των χημικών στοιχείων από τα οποία αποτελούνται τα οστά και το γεωλογικό υλικό που τα περιβάλλει ώστε να προσδιοριστεί ο τρόπος απολίθωσής των οστών αλλά και τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται, τόσο τα ίδια όσο και η κρούστα, και θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον προσδιορισμό της μεθοδολογίας συντήρησής τους.

Τέλος, ύστερα από δοκιμές και βιβλιογραφική έρευνα δίνονται κάποιες προτάσεις για την επεμβατική και προληπτική συντήρηση των δειγμάτων καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και δοκιμές καθαρισμού.

Abstract

The present thesis documents the preserving condition as well as the proposal for conservation of ten osteological samples from the Late Miocene excavation of Kerassia, Euboea. The samples originate from Hipparia. Determination of preserving condition is done macroscopically, microscopically as well as by chemical analysis in XRF and SEM-EDS.

Initially, macroscopic and microscopic observation provides the first picture of bone preserving condition. Then, with XRF a first picture is taken of the chemical composition of the bones and the geological matrix that surrounds them (crust and soil). Finally, with SEM-EDS the most detailed microscopic observation follows, and then the search for basic chemical elements detected by the XRF, for the qualitative and quantitative determination of the chemical elements from which the bones and the geological material that surround them were composed, in order to determine the way bones were fossilized, as also the chemical elements from which they were composed, both themselves and the crust, and they should be taken into account when determining their conservation methodology.

Finally, after testing and bibliographic research, proposals have been put forth for the interventional and preventive conservation of the samples as well as suggestions for further research and cleaning tests.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω θερμά τον Γ. Θεοδώρου, Ομότιμο καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος μου παρείχε τα οστεολογικά δείγματα που χρησιμοποίησα στην παρούσα διπλωματική εργασία, τα οποία είχαν συλλεχθεί στα πλαίσια του προγράμματος 70/3/12301 του ΕΚΠΑ-ΕΛΚΕ.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Ν. Ζαχαριά, Αναπληρωτή Καθηγητή Αρχαιομετρίας του τμήματος Ιστορίας, Αρχαιολογίας και Διαχείρισης Πολιτισμικών Αγαθών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε ώστε να ολοκληρώσω τη παρούσα διπλωματική μου εργασία.

Τέλος, θερμά επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ε. Κυριαζή, Π.Ε. Συντηρήτρια, MSc, Υποψήφια διδάκτορα με γνωστικό αντικείμενο στον τομέα της Αρχαιομετρίας στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, για την καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια των αναλύσεων καθώς και για τις γνώσεις και τα βιβλιογραφικά δεδομένων που μου παρείχε.

Εισαγωγή

Τα απολιθώματα είναι οι αποδείξεις πάνω στις οποίες βασίζεται η παλαιοντολογία για τη μελέτη της παρελθούσας ζωής. Βοηθούν τη γεωλογική χαρτογράφηση και την αναπαράσταση της παλαιογεωγραφίας, των παλαιοπεριβαλλόντων και των παλαιοκλιμάτων και δίνουν βασικές αποδείξεις για την υποστήριξη των θεωριών της εξελίξεως και της μεταθέσεως των ηπείρων. (Δερμιτζάκη και Λέκκα, 1986)

Πολλές λοιπόν είναι οι πληροφορίες που μπορεί να ληφθούν από τη μελέτη τους και γι' αυτό η ανεύρεση, συλλογή και διατήρησή τους είναι εξαιρετικής σημασίας. Για τη διατήρησή τους όμως στο χρόνο κρίνεται απαραίτητη η επιμελής συντήρησή τους. Χωρίς τις προληπτικές ή τις ενεργητικές επεμβάσεις συντήρησης οι πολύτιμοι αυτοί μάρτυρες κινδυνεύουν να φθαρούν ή ακόμα και να καταστραφούν ολοσχερώς μετά την απομάκρυνσή τους από το περιβάλλον ταφής, με αποτέλεσμα να μην μπορέσουν να διατηρηθούν προς όφελος της παλαιοντολογικής μελέτης.

Για να πραγματοποιηθεί όμως η καταλληλότερη επέμβαση συντήρησής τους θα πρέπει πρώτα να προηγηθεί εκτεταμένη έρευνα για την διαπίστωση της κατάστασης διατήρησής τους και ανεύρεση τυχόν φθοροποιών παραγόντων και με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας να προσδιοριστεί η επεμβατική και προληπτική τους συντήρηση.

Με βάση όλων των προαναφερθέντων, έγινε η παρούσα διπλωματική εργασία με σκοπό τον προσδιορισμό της κατάστασης διατήρησης και της καταλληλότερης μεθόδου επεμβατικής και προληπτικής συντήρησης των οστεολογικών δειγμάτων από την ανωμειωκαινική ανασκαφή Κερασιάς Ευβοίας.

1. Θεωρητικό πλαίσιο και ορισμοί

1.1. Θεωρητικό πλαίσιο παλαιοντολογίας

1.1.1. Γεωλογικός χρόνος –Ανώτερο μειόκαινο

Η ηλικία της γης ανέρχεται στα 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Ξεκίνησε ως μία υγρή-μαγματική μορφή με βαριά και δηλητηριώδη ατμόσφαιρα και πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια, όταν άρχισε να πέφτει η θερμοκρασία της επιφάνειάς της, σχηματίστηκε ο πρώτος στερεός φλοιός καθώς και μια νέα ατμόσφαιρα. Με τη συνεχή πτώση της θερμοκρασίας δημιουργήθηκαν οι ωκεανοί. Ο στερεός φλοιός της γης μεταβάλλεται μέσω διάφορων γεωλογικών φαινομένων και διεργασιών, που οφείλονται σε ενδογενείς και εξωγενείς δυνάμεις. Από μία ενωμένη ήπειρο που ήταν, πριν από 250 εκατομμύρια χρόνια, την Παγγαία, λόγω της μετακίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών, η μορφολογία του άλλαξε σταδιακά, έχοντας σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό των σημερινών ηπείρων.

Παράλληλα με τη δημιουργία και τη μορφολογική εξέλιξη του στερεού φλοιού της γης έχουμε και την εμφάνιση και εξέλιξη μορφών ζωής. Πριν από 3.2 δισεκατομμύρια χρόνια εμφανίζονται οι πρώτες μορφές ζωής και με την πάροδο των αιώνων έχουμε την εμφάνιση και εξέλιξη των ζωικών και φυτικών οργανισμών. (Θεοδωσίου κ.α., 2006) Με βάση τις εξελίξεις αυτές, οι γεωλόγοι χώρισαν την ηλικία της γης σε τέσσερις αιώνες, οι οποίοι με τη σειρά τους χωρίζονται σε περιόδους, υποπεριόδους κ.τ.λ. (Πίνακας 1)

Κάθε μία περίοδος προσδιορίζεται και από κάποια σημαντικά γεγονότα που συνέβησαν κατά τη διάρκειά της. Κατά την περίοδο του μειόκαινου συγκεκριμένα, το σημαντικότερο γεωλογικό γεγονός που έλαβε χώρα ήταν το κλείσιμο του Γιβλαρτάρ με εμφάνιση κρίσιμης αλμυρότητας στη Μεσόγειο. Παράλληλα, την περίοδο εκείνη, εμφανίστηκε η Πικερμική πανίδα¹ και υπήρχε μεγάλη ανάπτυξη ζώων καθώς και επικράτηση των γυμνόσπερμων και αγγειόσπερμων φυτών. (Βενιτζέλος κ.α., 2002)

¹ Πανίδα από την εποχή του ανώτερου μειόκαινου εμφανίστηκε από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα, στο Πικέρμι. Όντας πλούσια περιοχή, έδωσε ένα μεγάλο ποσό απολιθωμάτων σε διάφορους επιστήμονες. Έτσι, για πρώτη φορά περιγράφηκε ένας μεγάλος αριθμός ευρημάτων από την περίοδο εκείνη δίνοντας στην πανίδα αυτή έναν παγκόσμιο χαρακτηρισμό όπου ακόμα και σήμερα παρόμοια ευρήματα, με αυτά του Πικερμίου, αναφέρονται ως Πικερμικά. (Κουφός, 2006)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ΑΙΩΝΕΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΕΚΑΤΟΜΜΥΡΙΑ ΧΡΟΝΙΑ	
Καινοζωικός	Τεταρτογενές	Ολόκαινο	0,01
		Πλειστόκαινο	2
	Νεογενές	Πλειόκαινο	5,05
		Μειόκαινο	23
	Παλαιογενές	Ολιγόκαινο	33
		Ηώκαινο	53
Παλαιόκαινο		65	
Μεσοζωικός	Κρητιδικό	141	
	Ιουρασικό	195	
	Τριαδικό	230	
Παλαιοζωικός	Πέρμιο	280	
	Λιθανθρασοφόρο	345	
	Δεβόνιο	395	
	Σιλούριο	435	
	Ορδοβίσιο	500	
	Κάμβριο	600	
Προκάμβριο	Προτεροζωϊκός	1.700	
	Αρχαιοζωϊκός	2.600	
	Αρχαϊκός	4.600	

Πίνακας 1. Γεωλογικοί αιώνες και υποδιαιρέσεις αυτών (Θεοδωσίου κ.α., 2006 ;
Βενιτζέλος κ.α., 2002)

1.1.2. Εξέλιξη του ίππου - Ιππάρια

Εξέλιξη του ίππου

Η πρώτη εμφάνιση του ίππου ήταν κατά την Ηώκαινη εποχή, όπου επρόκειτο για ένα μικρόσωμο ζώο, περίπου 30 εκατοστών, με τέσσερα δάχτυλα στα μπροστινά του πόδια και τρία στα πίσω. Με το πέρασμα των αιώνων το μικρόσωμο αυτό ζώο εξελίχθηκε στον ψηλό και με ένα δάχτυλο σε κάθε του πόδι, ίππο, που γνωρίζουμε σήμερα. Η εξέλιξη της ανατομίας του ποδιού του συνέβαλλε στην ανάπτυξη του ύψους καθώς και στο βηματισμό του, κάνοντάς το πιο γρήγορο. (Bailey & Seddon, 1996) Στον πίνακα 2 φαίνεται αναλυτικότερα η πορεία της εξέλιξης του ίππου ανά τους αιώνες.

Ιππάρια

Τα ιππάρια, όπως φαίνεται και από τον πίνακα 2, εμφανίζονται κατά την εποχή του Μειόκαινου. Αρχικά ζούσαν στη Αμερική. Γύρω στα 11 εκατομμύρια χρόνια πριν, διαδραματίστηκε μια μεγάλη πτώση της θαλάσσιας στάθμης, ξανά ανοίγοντας τον Βερίγγειο πορθμό. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα στα ιππάρια που βρίσκονταν στη Βόρεια Αμερική να μεταναστεύσουν στην Ευρασία και να εξαπλωθούν μέχρι την Ανατολική Μεσόγειο.

Η άφιξη του ιππαρίου στην Ανατολική Ευρώπη θεωρείται στην αρχή της εποχής του Ανώτερου Μειόκαινου, στα 10,7 εκατομμύρια χρόνια πριν. (Koufos, 2003 ; Koufos et al, 2005) Η εμφάνισή τους είναι ένα γεγονός που χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη βιοστρωματογραφία και τη βιοχρονολογία ανασκαφικών θέσεων, ως σημάδι της αρχής του Ανώτερου Μειόκαινου. (Koufos et al, 2005)

Πολλές είναι οι ανασκαφικές θέσεις που έχουν δώσει σκελετικά τους ευρήματα στην Ελλάδα. Κάποιες από αυτές είναι το Καστέλλι της Κρήτης, η Νικήτη της Χαλκιδικής, το Πικέρμι Αττικής, ο Βαθύλακκος Θεσσαλονίκης, η περιοχή Δυτικό της κοιλάδας του Αξιού και η περιοχή Αληφακά της Θεσσαλίας (Koufos, 2006). Εκτός από αυτές τις ανασκαφικές θέσεις σκελετοί ιππαρίων έχουν βρεθεί και στην Κερασιά Ευβοίας. (Theodorou et al, 2003)

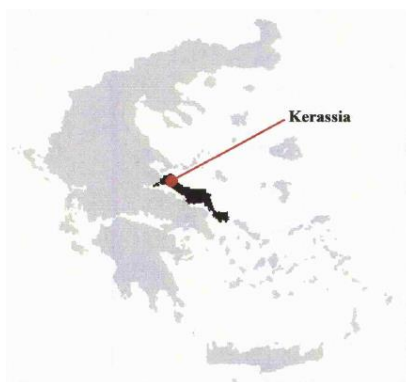
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ΕΠΟΧΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΟΔΙΩΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Ηώκαινο	Υρακοθήριο	Τέσσερα δάχτυλα στα μπροστινά πόδια και τρία στα πίσω. Οι πλάγιοι δακτύλιοι μπορούσαν να κινούνται ξεχωριστά.	Μικρό ζώο με ύψος περίπου 30 εκατοστών που είχε κοντό λαιμό, κυρτή πλάτη, λεπτά πόδια, μακριά ουρά. Ζούσε σε δασικό περιβάλλον και τρεφόταν με φύλλα.
Ολιγόκαινο	Μεσόιππος	Τρία δάχτυλα στα μπροστινά πόδια. Η πλάγια κίνηση του άκρου ήταν ακόμα δυνατή.	Μεγαλύτερο με 60 εκατοστά ύψος. Η πλάτη του ήταν ίσια, είχε μακρύτερα πόδια και μεγαλύτερους προγόμφιους. Ζούσε σε δασικό περιβάλλον και τρεφόταν με φύλλα και χόρτα.
Μειόκαινη	Μερύιππος-Ιππάριο	Τα μεσαία δάχτυλα όλων των ποδιών ήταν μεγαλύτερα. Μεγαλύτερη κίνηση του ποδιού προς τα εμπρός και προς τα πίσω	Ακόμα μεγαλύτερα, φτάνοντας το μέγεθος ενός σημερινού πόνυ. Ζούσε σε ανοιχτό περιβάλλον και τρεφόταν με χόρτα.
Πλειόκαινη	Πλειόιππος	Ένα μόνο δάχτυλο σε κάθε πόδι, το μεσαίο το οποίο κατέληγε σε πλατιά οπλή. Τα υπόλοιπα μίκρυναν και εξαφανίστηκαν.	Ζούσε σε ανοιχτή πεδιάδα και σε σκληρότερα εδάφη και τρέφονταν με χόρτα.
Πλειστόκαινη και Ολόκαινη	Ίππος	Ένα δάχτυλο σε όλα τα πόδια, το μεσαίο το οποίο κατέληγε σε πλατιά οπλή.	Ζει σε μεγάλα κοπάδια, στις περισσότερες ηπείρους και τρέφεται με χόρτα.

Πίνακας 2. Εξέλιξη του ίππου ανά τους αιώνες. (Bailey & Seddon, 1996 ; Δερμιτζάκη και Sondaar, 1984 ; De La Fuente 1973)

1.1.3. Κερασιά Ευβοίας

Η Εύβοια είναι ένα μεγάλο νησί, στο κέντρο της Ελλάδας. Βρίσκεται βόρεια – βορειοανατολικά της Στερεάς Ελλάδας και χωρίζεται από αυτή με ένα στενό θαλάσσιο κανάλι. Πρόκειται για ένα νησί που έχει δώσει αρκετές απολιθωματοφόρες θέσεις μεγάλων θηλαστικών της εποχής του μειόκαινου. Οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στο βορειότερο τμήμα του νησιού, στο λεκανοπέδιο Λίμνη-Ιστιαία και συγκεκριμένα βόρεια του χωριού Κερασιά (εικ.1). (Theodorou et al, 2003)



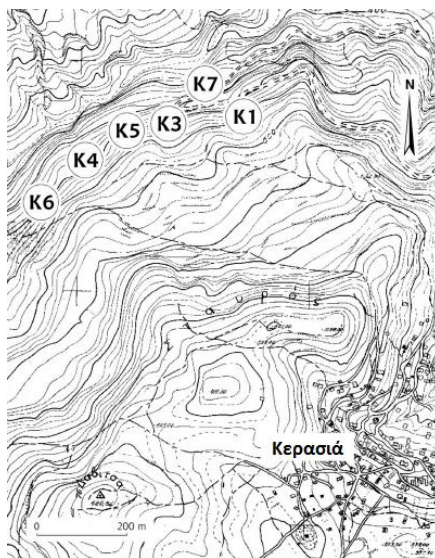
Εικ.1 Γεωγραφική θέση Κερασιάς Ευβοίας. (Πιορουλος, 2003)

Η ύπαρξη απολιθωμάτων στο νησί της Εύβοιας πιθανόν να ήταν γνωστή από την αρχαιότητα καθώς κάνουν λόγο για αυτά ο Πausanias και ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος. Ο Pausanias αναφέρεται σε ένα γεγονός το οποίο συνέβη ύστερα από πολλά χρόνια από την πτώση της Τροίας, όπου ένας ψαράς, ο Δαμαρμένος από την Ερέτρια, ρίχνοντας τα δίχτυα του γύρω από την Εύβοια έπιασε ένα μεγάλο οστό, το οποίο εικάζεται από τους ερευνητές ότι ήταν Πικερμικής πανίδας. Αντίστοιχα, ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος είχε αναφερθεί στην ύπαρξη απολιθωματικών πηγών στο νησί. (Mayor, 2000)

Στη σύγχρονη εποχή, η ύπαρξη των απολιθωμένων οστών στην Εύβοια και συγκεκριμένα στην Κερασιά, έγινε γνωστή στους κατοίκους της περιοχής από το 1966, ύστερα από τη διάνοιξη ενός νέου δρόμου βόρεια του χωριού. Το 1981, ο R.W. Köhler, κατά τη διάρκεια γεωλογικής έρευνας στην περιοχή εντόπισε τα στρώματα των απολιθωμένων οστών. Η πρώτη ανασκαφή στην περιοχή πραγματοποιήθηκε το 1982 από τους Hans de Bruijn, Albert van der Meulen (Πανεπιστήμιο Ουτρέχτης) και Κωνσταντίνο Δούκα (Πανεπιστήμιο Αθηνών). Στη συνέχεια έως το 1992 δεν πραγματοποιήθηκε άλλη ανασκαφή. Από τότε το Πανεπιστήμιο Αθηνών ξεκίνησε

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

συστηματικές μελέτες της περιοχής, φέρνοντας στο φως επτά θέσεις απολιθωμένων θηλαστικών, με όνομα Κ1 έως Κ7 (εικ.2). (Theodorou et al, 2003 ; Giaourtsakis et al, 2006) Η ανασκαφικές θέσεις Κ1, Κ3 και Κ4 της Κερασιάς, μέσω βιοστρωματογραφίας, κατατάσσονται στις απολιθωματοφόρες θέσεις του Ανώτερου Μειόκαινου και συγκεκριμένα μεταξύ 7,5-7,1 εκατομμύρια χρόνια πριν. (Koufos and Konidaris, 2011)



Εικ.2 Τοπογραφικός χάρτης Κερασιάς, υποδεικνύοντας τις ανασκαφικές θέσεις.
(Theodorou et al, 2003)

Όσον αφορά τη στρωματογραφία του λεκανοπεδίου Λίμνη-Ιστιαία, αυτή χωρίζεται σε δύο αλληλουχίες, την ανώτερη² και την κατώτερη³. Η κατώτερη αλληλουχία, όπως και το οφιολιθικό της υπόβαθρο απαντώνται βορειοανατολικά του χωριού της Κερασιάς. (Theodorou et al, 2003) Τα ιζήματα της κατώτερης αλληλουχίας αποτελούνται από μάργες, πηλό, ιλύτες και κροκαλοπαγή, υποδηλώνοντας ένα περιβάλλον χαμηλής ενέργειας, πιθανόν λιμναίο. Πάνω από τα ιζήματα αυτά, υπάρχουν τα ιζήματα της ανώτερης αλληλουχίας, τα οποία αποτελούνται από κόκκινο-καφέ αλουβιακά αποθέματα, μια διαδοχή από κροκαλοπαγή ιζήματα, άμμο, πηλό και ιλύτη πάχους 250-300 μέτρα. (Πιορούλος, 2003)

Οι ανασκαφικές θέσεις και συνεπώς τα στρώματα στα οποία βρίσκονται θαμμένα τα οστά, ανήκουν στο κατώτερο επίπεδο της ανώτερης αλληλουχίας και

² Ως ανώτερη αλληλουχία θεωρούνται τα ιζήματα του Ανώτερου Μειόκαινου – Ανώτερου Πλειόκαινου. (Πιορούλος, 2003)

³ Ως κατώτερη αλληλουχία θεωρούνται τα ιζήματα του Κάτω Μειόκαινου. (Πιορούλος, 2003)

περιβάλλονται από τα κόκκινο-καφέ αλουβιακά αποθέματα. Συγκεκριμένα τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά της θέσης K4 είναι καφέ ιλυτικός πηλό με μερικούς διασκορπισμένους στρογγυλούς προς ημιστρόγγυλους, πολύμικτους κόκκους σε ένα ομογενές καλούπι. Εκτός από το κόκκινο-καφέ στρώμα στο οποίο βρίσκονται τα οστά εμφανίζονται και κάποια ιχνοαπολιθώματα όπως ρίζες, λαγούμια εντόμων κ.τ.λ.. (Theodorou et al, 2003)

Τέλος στη βόρεια Εύβοια, μεταξύ μειόκαινου και τέλος πλειόκαινου ή αρχές πλειστόκαινου αναφέρονται τρεις τεκτονικές κινήσεις. Αρχικά μία εφελκυστική φάση, με ΒΑ-ΝΔ φορά, ύστερα μία συμπιεστική φάση με ΒΒΔ-ΝΝΑ φορά και τέλος μια δεξιόστροφη κίνηση με Β 100°-120° φορά. Εξαιτίας αυτών των τεκτονικών κινήσεων θα πρέπει να αναμένονται μετατοπίσεις τμημάτων. (Πιορούλος, 2003)

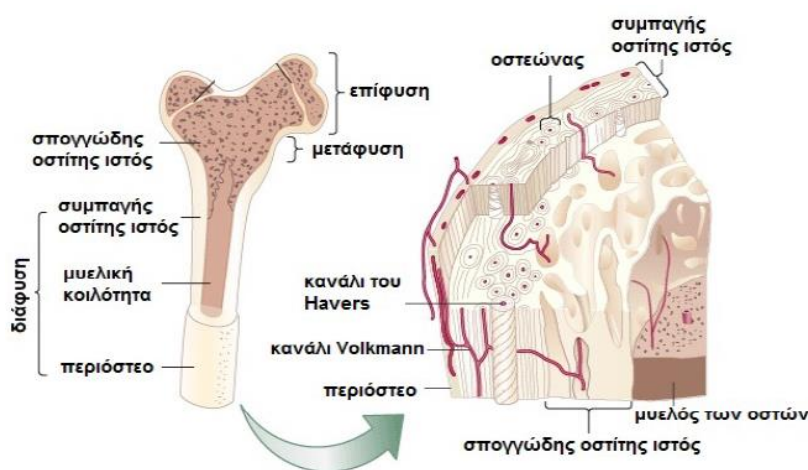
1.1.4. Οστά – Απολίθωση οστών

Οστά

Τα οστά συνθέτουν τον σκελετό όλων των σπονδυλόζων, ο οποίος με τη σειρά του διαδραματίζει σημαντικό ρόλο γι' αυτά διότι στηρίζει τα μαλακά όργανα του σώματος, προστατεύει τα ζωτικά όργανα, δημιουργεί στατική δομή του σώματος και ρυθμίζει την κίνηση, παράγει ερυθρά αιμοσφαίρια και άλλα συστατικά του αίματος και τέλος αποθηκεύει ανόργανα στοιχεία του πλάσματος.

Η σύσταση των οστών, εκτός από το νερό που συμμετέχει στο 25% περίπου, αποτελείται από το οργανικό και το ανόργανο μέρος. Στο ξηρό βάρος του οστού, το οργανικό μέρος καταλαμβάνει το 20-25% της σύστασης, ενώ το ανόργανο μέρος αποτελεί το 75-80%. Το οργανικό μέρος του οστού αποτελείται από κολλαγόνο (95%), μια ινώδη πρωτεΐνη, (Παναγιάρης κ.α., 1998) καθώς και από μη κολλαγονούχες πρωτεΐνες, κύτταρα (οστεοβλάστες, οστεοκλάστες, οστεοκύτταρα) και μυελό. (Καραμπάς, 2011) Όσον αφορά το ανόργανο μέρος, αυτό αποτελείται κυρίως από ασβέστιο και φώσφορο, όπου μαζί φτιάχνουν κρυστάλλους υδροξυαπατίτη $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, ο οποίος με τη σειρά του αποτελεί το 80-90% της σύστασής του. Εκτός από αυτόν, στο ανόργανο μέρος απαντώνται και άλλες ενώσεις όπως το ανθρακικό ασβέστιο, το φωσφορικό μαγνήσιο και τα αλκαλικά άλατα καθώς και άλλα στοιχεία όπως μαγνήσιο, κάλιο, φθόριο, νάτριο και σίδηρος. (Παναγιάρης κ.α., 1998)

Γενικά τα οστά με βάση το σχήμα τους διακρίνονται σε μακρά, πλατεία, αεροφόρα και ανώμαλα και πάντα περιβάλλονται από το περίοστεο το οποίο είναι μια ινώδης κάψα. (Παναγιάρης κ.α., 1998) Επίσης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες με βάση το πορώδες τους, τα συμπαγή και τα σπογγώδη. Το πορώδες του συμπαγούς οστού είναι 5-20% και οφείλεται κυρίως στα Χαβερσιανά κανάλια και στα κανάλια Volkmann. Τα Χαβερσιανά κανάλια, γύρω από τα οποία συνθέτεται το οστό με τη διαμόρφωση ομόκεντρων κύκλων (οστεώνες), εξυπηρετούν την ανάπτυξη φλεβών, αρτηριών και νεύρων και τα κανάλια Volkmann εξυπηρετούν την καλύτερη αιμάτωση του ιστού μέσω τριχοειδών αρτηριών που διέρχονται από αυτά. Το πορώδες του σπογγώδους οστού είναι 40% και φιλοξενεί ένα μεγάλο μέρος του μυελού των οστών. (Καραμπάς, 2011) Μυελός των οστών συγκεντρώνεται επίσης και στη μυελική κοιλότητα, η οποία βρίσκεται στο κέντρο των μακρών οστών. (εικ.3)



Εικ.3 Δομή μακρού οστού (Ζούρου, 2010)

Απολίθωση οστών

«Ως απολιθώματα θεωρούνται τα ίχνη ή τα κατάλοιπα φυτών, ζώων ή άλλων οργανισμών, τα οποία διατηρήθηκαν, εξαιτίας των συνθηκών εναπόθεσής τους, για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (γεωλογικά διαστήματα).» (ICOM, 2013)

Γενικά, όσον αφορά τα απολιθώματα σπονδυλωτών, αυτά διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα σωματικά απολιθώματα και τα ιχνοαπολιθώματα. (Κωστόπουλος και Κουφός, 2015) Τα σωματικά απολιθώματα, μπορούν να διαχωριστούν σε δύο υποκατηγορίες, τα μαλακά και τα σκληρά μέρη του οργανισμού. Τα μαλακά μέρη, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, διαλύονται με το

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

πέρασμα των χρόνων, ενώ τα σκληρά μέρη είναι αυτά που συναντώνται συνηθέστερα. (Συμεωνίδης, 2007)

Το να φτάσει, όμως, ένας οργανισμός ή τμήμα αυτού στην απολίθωση αποτελεί εξαίρεση. (Κωστόπουλος και Κουφός, 2015) Συγκεκριμένα για τα οστά, πολλοί είναι οι παράγοντες που παίζουν ρόλο στο αν θα κατορθώσουν να φτάσουν ως την απολίθωσή. Ένας από αυτούς είναι η αιτία θανάτου του οργανισμού, π.χ. ασθένεια, ατύχημα, επίθεση από άλλα ζώα κ.α. η οποία εκτός από την απολίθωση επηρεάζει και την κατάσταση διατήρησης των ευρημάτων. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η μετά θάνατο καταστροφή και μεταφορά του οργανισμού-οστού, καθώς και η πορεία του μετά την απόθεσή του και την έναρξη της απολίθωσης. (Σταθοπούλου, 2006)

Γενικά για να υπάρχει πιθανότητα ένα οστό να φτάσει στην απολίθωση πρέπει αρχικά να ταφεί, (Κουφός, 2004) διότι διαφορετικά ενδέχεται να καταστραφεί λόγω των καιρικών συνθηκών και της δράσης άλλων ζώων. (Παναγιάρης, 1998) Ακόμα και τότε όμως δεν είναι βέβαιο πως θα απολιθωθεί. (Κουφός, 2004) Το αν θα φτάσει στην απολίθωση καθώς και ο τρόπος με τον οποίο θα απολιθωθεί εξαρτάται από ένα συνδυασμό φυσικοχημικών, περιβαλλοντικών και γεωλογικών παραμέτρων και από τη δομή του ίδιου του οστού. (Κωστόπουλος και Κουφός, 2015 ; Liritzis and Zacharias, 2010) Σε περίπτωση που δεν καταστραφεί μέσω αυτών των παραμέτρων, τότε επέρχεται η απολίθωσή του.

Η πρώτη και πιο συνήθης διαδικασία απολίθωσης των οστών είναι η λιθοποίηση. Πρόκειται για μια διαδικασία κατά την οποία το οργανικό μέρος μετατρέπεται σε απολίθωμα και αποτελεί συνδυασμό δύο διαδικασιών, της ορυκτοποίησης και της αντικατάστασης. Και στις δύο διαδικασίες βασικός παράγοντας είναι το νερό, το οποίο κυκλοφορεί στο υπέδαφος, διαλύοντας και μεταφέροντας στοιχεία-ορυκτά του. Κατά τη διαδικασία της ορυκτοποίησης, γίνεται η πλήρωση των πόρων και των κενών των οστών με τα ορυκτά αυτά που βρίσκονται διαλυμένα στο υπόγειο νερό. Κατά τη διαδικασία της αντικατάστασης, το νερό το οποίο περιέχει τα διαλυμένα ορυκτά, διαλύει το αρχικό στερεό υλικό του οστού αντικαθιστώντας το με τα ορυκτά που περιέχει.

Άλλο ένα είδος απολίθωσης που συναντάται στα οστά είναι η φωσφορική απολίθωση. Αυτή δημιουργείται από το φωσφορικό άλας το οποίο προέρχεται είτε από τη θάλασσα είτε από τους ιστούς του αποσυντιθέμενου οργανισμού, οι οποίοι

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

είναι πηγή φωσφορικού άλατος. Σε ορισμένες περιπτώσει η διαδικασία αυτής της απολίθωσης ελέγχεται από μικρόβια, καθώς αυτά τρέφονται από τον ιστό με αποτέλεσμα τα υπολείμματά τους να σχηματίζουν το απολίθωμα. (Kygiazi, 2016)

Ο βαθμός φθοράς των οστών διαφοροποιείται όχι μόνο μεταξύ οστών διαφορετικών ατόμων από διαφορετικές ανασκαφές αλλά και μεταξύ οστών που προέρχονται από διαφορετικές θέσεις της ίδιας ταφής και ανήκουν στο ίδιο άτομο. (Παναγιάρης, 1998) Το έδαφος στο οποίο είναι θαμμένα τα οστά παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στη διατήρηση όσο και στον τρόπο της απολίθωσής τους. Συνήθως απολιθώματα συναντώνται σε ιζηματογενή ή ελαφρά μεταμορφωμένα πετρώματα. Στα υψηλού βαθμού μεταμορφωμένα πετρώματα η ανακρυστάλλωση τα καταστρέφει. (Κουφός, 2004)

Γενικά κατά τη διαδικασία της απολίθωσή τους τα οστά δεν αλλάζουν σχήμα, (Παναγιάρης κ.α., 1998) αυξάνει όμως η σκληρότητά τους καθιστώντας τα πιο συμπαγή. Έχει παρατηρηθεί επίσης πως κατά την αύξηση της κρυσταλλικότητας των ορυκτών του φάσεων, καταστρέφονται τα χαβερσιανά συστήματα. (Σταθοπούλου, 2006)

1.2. Θεωρητικό πλαίσιο αναλύσεων

1.2.1. Μικροσκοπική παρατήρηση - Στερεομικροσκόπιο

Η μικροσκοπική παρατήρηση είναι μία τεχνική παρατήρησης της δομής των υλικών. (Βατάλης, 2009) Σκοπό έχει τη μεγέθυνση των λεπτομερειών των υλικών, οι οποίες δεν είναι διακριτές μακροσκοπικά.

Υπάρχουν διάφορα είδη μικροσκοπίων. Ένα από αυτά είναι το στερεομικροσκόπιο, το οποίο χρησιμοποιείται για την τρισδιάστατη παρατήρηση των υπό μελέτη αντικειμένων. Η απεικόνιση της τρίτης διάστασης επιτυγχάνεται μέσω δύο οπτικών διαδρομών (δύο προσοφθάλμιοι και δύο αντικειμενικοί φακοί), ώστε σε κάθε μάτι να διαφοροποιούνται οι γωνίες παρατήρησης. (Nothnagle et al, 2016) Το στερεομικροσκόπιο παρέχει επίσης μία υψηλής ποιότητας οπτική ανάλυση με μεγεθυντική ικανότητα που εξαρτάται από τις προδιαγραφές του εκάστοτε στερεομικροσκοπίου. Ως πηγή φωτός χρησιμοποιείται προσπίπτουσα ή διερχόμενη δέσμη ή συνδυασμός και των δύο. (GX Optical)

Τα υπό μελέτη αντικείμενα δεν χρειάζονται κανενός είδους προετοιμασία. Η παρατήρησή τους μπορεί να γίνει εφόσον τοποθετηθούν στο οπτικό πεδίο του στερεομικροσκοπίου.

1.2.2. Μικροσκόπιο LED

Ένας άλλος τύπος μικροσκοπίου που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση είναι το μικροσκόπιο LED. Πρόκειται για ένα τύπο ψηφιακού μικροσκοπίου χειρός που διαθέτει προηγμένης τεχνολογίας κάμερα και χρησιμοποιεί τρία φίλτρα πόλωσης για την ελαχιστοποίηση της διάχυσης του φωτός. Η μεγέθυνση που μπορεί να επιτευχθεί με το μικροσκόπιο αυτό κυμαίνεται από 1x έως και 700x, ανάλογα με τους φακούς που χρησιμοποιούνται. Η παρατήρηση γίνεται μέσω ενός προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, αφού το μικροσκόπιο συνδεθεί σε αυτόν μέσω ενός προσαρμογέα USB. (MicroVid, 2000-2017)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Τα υπό μελέτη αντικείμενα δεν χρειάζονται κανενός είδους προετοιμασία. Η παρατήρησή τους μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση του μικροσκοπίου στην περιοχή ενδιαφέροντος.

1.2.3. Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ Φθορισμού (ΦΑΧΦ ή XRF)

Η ΦΑΧΦ είναι μία μη καταστρεπτική μέθοδος ανάλυσης, που δίνει ποιοτική και ποσοτική πληροφορία των χημικών στοιχείων από τα οποία αποτελούνται τα υπό εξέταση αντικείμενα. (Λυριτζής, 2007) Τα σύγχρονα όργανα, φορητά ή μη φορητά, μπορούν να ανιχνεύσουν σχεδόν όλα τα χημικά στοιχεία του περιοδικού πίνακα, όχι όμως ελαφρύτερα από το φθόριο. (Ζαχαριάς, 2016) Το εύρος της ανάλυσης που μπορούν να ανιχνεύσουν είναι στο επίπεδο των ppm (μέρη ανά εκατομμύριο). (Liritzis and Zacharias, 2010)

Κατά την ανάλυση με ΦΑΧΦ, μία περιοχή από τα υπό εξέταση αντικείμενα ακτινοβολείται με πρωτογενείς ακτίνες-Χ. Οι ακτίνες-Χ απορροφώνται από ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων των ατόμων του αντικειμένου, με αποτέλεσμα τον εκτοπισμό τους από αυτά. Οι κενές θέσεις των ηλεκτρονίων πληρούνται με ηλεκτρόνια από τις εξωτερικές στοιβάδες με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας με τη μορφή δευτερογενών ακτίνων-Χ φθορισμού, οι οποίες ανιχνεύονται από τον ανιχνευτή. Η αναγνώριση των χημικών στοιχείων της περιοχής, γίνεται με βάση το μήκος κύματος των δευτερογενών ακτίνων-Χ, καθώς κάθε χημικό στοιχείο, ανάλογα με τον ατομικό του αριθμό, εκπέμπει ακτίνες-Χ σε χαρακτηριστικό μήκος κύματος. Η συγκέντρωση των χημικών στοιχείων προσδιορίζεται από την ένταση των ακτίνων-Χ σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. (Λυριτζής, 2007)

Τα υπό εξέταση αντικείμενα ενδείκνυται να είναι επίπεδα, καθώς η ΦΑΧΦ είναι κατάλληλη για ανάλυση τέτοιου είδους αντικειμένων. Σε περίπτωση που τα υπό εξέταση αντικείμενα είναι πολύπλοκου σχήματος μπορεί να εισαχθούν σφάλματα. (Liritzis and Zacharias, 2010)

1.2.4. Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης με Στοιχειακής Ανάλυσης (SEM-EDS)

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης προσφέρει μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα από την οπτική μικροσκοπία, επιτυγχάνοντας πολύ μεγάλες μεγεθύνσεις (Βατάλης, 2007, σ.94) και γι αυτό χρησιμοποιείται για τη μελέτη της επιφάνειας και της εσωτερικής δομής των υλικών. Πρόκειται για μία μη επεμβατική μέθοδο μικροσκοπίας που σε συνδυασμό με μικροαναλυτή δίνει ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των χημικών στοιχείων από τα οποία αποτελούνται τα υλικά. (Palamara et al, 2016 ; Λυριτζής, 2007)

Πρόκειται για μία μη καταστροφική ή καταστροφική μέθοδος ανάλυσης, ανάλογα με το μέγεθος των υπό εξέταση αντικειμένων. Τα αντικείμενα, αφού γίνουν αγώγιμα (Βατάλης, 2007) τοποθετούνται σε θάλαμο κενού αέρος όπου βομβαρδίζονται από δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας, η οποία αλληλεπιδρά με τα άτομα του αντικειμένου, με αποτέλεσμα την εκπομπή είτε οπισθοσκεδαζόμενων είτε δευτερογενών ηλεκτρονίων. (Λυριτζής, 2007) Η δέσμη των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων σαρώνει μία οθόνη προσφέροντας εικόνα από την μικροτοπογραφία της επιφάνειας του αντικειμένου. Η απεικόνιση αυτή δίνει πληροφορίες για την επιφάνεια και τη δομή των υλικών και μπορεί να φωτογραφηθεί. (Βατάλης, 2007) Η διαφορά είναι πως με τα οπισθοσκεδαζόμενα ηλεκτρόνια η εικόνα που παρατηρείται είναι ανάλογη της χημικής σύστασης, σε αντίθεση με τα δευτερογενή όπου η εικόνα είναι ανάλογη με την τοπογραφία της υπό εξέταση περιοχής. (Ζαχαριάς, 2016) Στη συνέχεια, εάν το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης είναι συνδεδεμένο με μικροαναλυτή μπορεί να γίνει ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των χημικών στοιχείων από τα οποία αποτελείται η εξεταζόμενη περιοχή του αντικειμένου. (Λυριτζής, 2007)

1.3. Θεωρητικό πλαίσιο συντήρησης

1.3.1. Ορισμοί

Η συντήρηση περιλαμβάνει τις δράσεις που γίνονται για τη μακροπρόθεσμη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν την εξέταση, την τεκμηρίωση, τη θεραπεία και την προληπτική μέριμνα, υποστηριζόμενες από έρευνα και εκπαίδευση. (AIC, 2016)

Ο όρος της συντήρησης κατά την παλαιοντολογία αναφέρεται στην διαδικασία της απομάκρυνσης του περιβάλλοντος ιζήματος από το απολίθωμα και τη σταθεροποίηση του απολιθώματος, με σκοπό αυτό να μπορεί να μελετηθεί ή να εκτεθεί. (Brown, 1994)

Η προληπτική συντήρηση, από την άλλη, έχει να κάνει με όλα τα μέτρα και τις δράσεις που γίνονται με σκοπό να αποφευχθεί και να ελαχιστοποιηθεί η μελλοντική αλλοίωση ή απώλεια των αντικειμένων μη επεμβαίνοντας στα υλικά και τη δομή τους. Τα μέτρα και οι δράσεις αυτές πραγματοποιούνται στο γενικό πλαίσιο ή στο περιβάλλον των αντικειμένων και συχνά σε ομάδες αντικειμένων. (ICOM-CC)

Με βάση τον ορισμό του Επαγγέλματος του Συντηρητή «η εργασία του Συντηρητή συνίσταται στην τεχνική εξέταση, διατήρηση και συντήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς» (ICOM, Ελλην. Τμήμα, 1985).

1.3.2. Κώδικας δεοντολογίας

Το 2000, με βάση την Υπουργική Απόφαση (ΥΠΠΟ/ΓΝΟΣ/11371), καταρτίστηκε ο κώδικας δεοντολογίας του επαγγέλματος του συντηρητή αρχαιοτήτων και έργων τέχνης. Με βάση αυτόν, οι υποχρεώσεις του συντηρητή έναντι των έργων-αντικειμένων είναι (Ελληνική Εταιρία Δικαίου Αρχαιοτήτων, 2000):

«Άρθρο 6: Ο Συντηρητής υποχρεούται να σεβαστεί την αισθητική, την ιστορική, την υλική και δομική αριότητα των αντικειμένων τα οποία αναλαμβάνει να συντηρήσει.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Άρθρο 7: Ο Συντηρητής και οι συνεργάτες του, υποχρεούνται να λαμβάνουν υπόψη τους τον κοινωνικό χαρακτήρα που εμπεριέχει η χρήση των αντικειμένων που συντηρούν, τα οποία εξ' ορισμού απευθύνονται σε ένα ευρύ σύνολο χρηστών.

Άρθρο 8: Ο Συντηρητής οφείλει να εργάζεται με τις υψηλότερες προδιαγραφές του επαγγέλματος, ανεξαρτήτως της τυχόν εκτιμώμενης αγοραστικής αξίας του έργου το οποίο συντηρεί. Συμβιβασμοί ως προς το περιεχόμενο του Κώδικα, δεν επιτρέπονται ούτε στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι δυνατότητες του Συντηρητή περιορίζονται από αντικειμενικές συνθήκες κάτω από τις οποίες πρέπει ενδεχομένως να γίνουν επεμβάσεις συντήρησης. Σε περιπτώσεις εφαρμογής ειδικών τεχνικών για τη συντήρηση μεγάλων συνόλων διαφορετικών αντικειμένων, οι επεμβάσεις που επιλέγονται πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους και να σέβονται την ακεραιότητα όλων των επί μέρους αντικειμένων που τα συναποτελούν.

Άρθρο 9: Ο Συντηρητής πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν του όλες τις αρχές της προληπτικής συντήρησης και να εφαρμόζει τα αναγκαία προληπτικά μέτρα, προσαρμόζοντας το περιβάλλον στις ειδικές απαιτήσεις του έργου, πριν την εκτέλεση των κυρίως εργασιών συντήρησης αλλά και μετά από αυτήν. Οι επεμβάσεις συντήρησης πρέπει να περιορίζονται στην ελάχιστη αναγκαία αγωγή, η οποία πρέπει να εντάσσεται σε τεκμηριωμένο μεθοδολογικό πλαίσιο.

Άρθρο 10: Ο Συντηρητής οφείλει να χρησιμοποιεί προϊόντα, υλικά, τεχνικές και μεθόδους, που σύμφωνα με την σύγχρονη γνώση δεν βλάπτουν το αντικείμενο, τους ανθρώπους και το περιβάλλον. Οι επεμβάσεις καθώς και τα χρησιμοποιούμενα υλικά, πρέπει να είναι συμβατά με τα πρωτογενή υλικά δομής του αντικειμένου, ευχερώς, απολύτως και ακινδύνως αντιστρέψιμα, δεν πρέπει να θίγουν την αυθεντικότητα του έργου και να παρακωλύουν μελλοντικές εξετάσεις, επεμβάσεις και αναλύσεις.

Άρθρο 11: Οι τυχόν συμπληρώσεις του έργου πρέπει να είναι απολύτως αιτιολογημένες και τεκμηριωμένες, να γίνονται με τα κατάλληλα υλικά, που πρέπει να είναι συμβατά με τα δομικά υλικά του έργου, να είναι αντιστρέψιμα και ευκόλως ανιχνεύσιμα με κοινές μεθόδους εξέτασης και να μη δημιουργούν συγχύσεις όσον αφορά την αυθεντικότητα του έργου.

Άρθρο 12: Τα έγγραφα και το εν γένει υλικό τεκμηρίωσης, πρέπει απαραίτητως να συνοδεύουν το συντηρούμενο ή συντηρημένο αντικείμενο και να περιλαμβάνουν τα

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

διαγνωστικά στοιχεία από την εξέταση των δομικών υλικών που το αποτελούν, τα αίτια της διάβρωσής του και τους κινδύνους που συνεπάγεται η μη συντήρησή του, την αναλυτική περιγραφή των επεμβάσεων συντήρησης και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και κάθε άλλη συναφή πληροφορία που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της εργασίας. Τα στοιχεία αυτά είναι αναπόσπαστο μέρος του έργου και πρέπει να είναι διαθέσιμα σε κάθε νόμιμη πρόσβαση.

Άρθρο 13: Ο Συντηρητής αναλαμβάνει εργασίες συντήρησης των κατηγοριών αντικειμένων που αναφέρονται στην Άδεια Ασκήσεως Επαγγέλματος και μόνον εφόσον α) διαθέτει την επαρκή γνώση και εμπειρία και β) η εφαρμογή της συγκεκριμένης επέμβασης συντήρησης αναδεικνύει όλα τα στοιχεία του έργου και να είναι προς το συμφέρον του.

Άρθρο 14: Ο Συντηρητής πρέπει να διευρύνει και να εμπλουτίζει συνεχώς τις γνώσεις του και τις ικανότητές του με σκοπό τη συνεχή ποιοτική βελτίωση της εργασίας του.

Άρθρο 15: Όταν είναι αναγκαίο ο Συντηρητής συνεργάζεται, στα πλαίσια ενός θεσμοθετημένου διεπιστημονικού πλαισίου για τη συντήρηση και προστασία των αγαθών της πολιτιστικής κληρονομιάς, με άλλους επιστήμονες, ειδικούς στην εφαρμοσμένη έρευνα και στην ανάλυση, ιστορικούς τέχνης, αρχαιολόγους κ.α. και συμπράττει στην πλήρη ανταλλαγή πληροφοριών σχετικών με το συντηρούμενο έργο.

Άρθρο 16: Σε περιπτώσεις έκτακτης και επείγουσας ανάγκης κατά την οποία ένα έργο ή ένα σύνολο έργων διατρέχουν άμεσο κίνδυνο, ο Συντηρητής υποχρεούται να παράσχει κάθε δυνατή βοήθεια, ανεξάρτητα από τον τομέα της ειδικότητάς του.

Άρθρο 17: Ο Συντηρητής δεν πρέπει να αφαιρεί υλικά από το αντικείμενο που συντηρεί εκτός αν αυτό είναι αναπόφευκτο για τη συντήρησή του ή παρεμβαίνει ουσιαστικά στην ιστορική ή αισθητική αξία του έργου. Τα υλικά που αφαιρούνται πρέπει να φυλάσσονται, αν είναι δυνατόν, και η διαδικασία να τεκμηριώνεται εγγράφως.

Άρθρο 18: Σε εξαιρετικές περιπτώσεις κατά τις οποίες η χρήση ενός έργου είναι ασύμβατη με θεμελιώδεις όρους και συνθήκες για την συντήρηση και την προστασία

του, ο Συντηρητής οφείλει να προτείνει στον ιδιοκτήτη ή στον νόμιμο κάτοχό του, ως λύση την κατασκευή αντιγράφου, εισηγούμενος και τον κατάλληλο τρόπο κατασκευής του ώστε να μην κινδυνεύσει το πρωτότυπο.»

1.3.3. Στάδια επεμβατικής συντήρησης

Οι επεμβάσεις συντήρησης περιλαμβάνουν τον καθαρισμό της επιφάνειας των αντικειμένων, τη στερέωση των σαθρών επιφανειών, τη συγκόλληση τμημάτων και θραυσμάτων και τη συμπλήρωση εφόσον κριθεί απαραίτητο.

Σε κάθε επέμβαση συντήρησης βέβαια, δεν είναι απαραίτητο ότι θα περιλαμβάνονται όλες οι παραπάνω κατηγορίες, καθώς δεν υπάρχει ένα είδος επέμβασης που να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Η μεθοδολογία συντήρησης που ακολουθείται κάθε φορά, εξαρτάται από το είδος και τη δομή του αντικειμένου καθώς και από την κατάσταση διατήρησής του. Για να προσδιοριστεί η μεθοδολογία συντήρησης ενός αντικειμένου χρειάζεται εκτεταμένη έρευνα. Επίσης χρειάζεται αξιολόγηση της μεθόδου και του αποτελέσματος των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, έτσι ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. (Λαμπρόπουλος, 2004)

Καθαρισμός

Πραγματοποιείται για την απομάκρυνση του περιβάλλοντος πετρώματος ή οποιουδήποτε υλικού το οποίο δεν αποτελεί στοιχείο του αντικειμένου. Τα υλικά αυτά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες (Wilson, 1995):

1. Στοιχεία από το περιβάλλον ταφής των αντικειμένων όπως το περιβάλλον χώμα ή πέτρες, βιολογική προσβολή, άλατα κ.τ.λ.
2. Υλικά τα οποία συσσωρεύτηκαν στην επιφάνεια των αντικειμένων μετά από την συλλογή τους όπως σκόνη, υλικά προηγούμενων επεμβάσεων κ.τ.λ.
3. Προϊόντα διάβρωσης τα οποία σχηματίστηκαν πριν ή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ή πιο σπάνια εξαιτίας χημικών μεθόδων συντήρησης.

Ο καθαρισμός μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα μέσα όπως μηχανικά, χημικά, με τη χρήση νερού ή οργανικών διαλυτών ή με μέσα υπερηχητικών κυμάτων και laser.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Συνήθως, όμως, για τον καθαρισμό απαιτείται ο συνδυασμός δύο ή και περισσότερων μεθόδων, οι οποίοι μπορεί να διαδέχονται ο ένας τον άλλον ή να γίνονται συνδυαστικά. (López-Polín, 2012)

Στερέωση

Είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται με σκοπό την ενίσχυση των σαθρών και εύθρυπτων υλικών των αντικειμένων. Τα στερεωτικά που χρησιμοποιούνται συνήθως διαλύονται σε διάφορα υγρά μέσα, όπως το νερό ή οργανικοί διαλύτες όπως η ακετόνη. Η ενίσχυση των σαθρών επιφανειών επέρχεται με την σκλήρυνση των στερεωτικών καθώς εξατμίζεται ο διαλύτης, πληρώνοντας τις ρωγμές και προσκολλώντας εύθρυπτα τμήματα. (López-Polín, 2012)

Για την εφαρμογή των στερεωτικών στην επιφάνεια των αντικειμένων υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι όπως: (Λαμπρόπουλος, 2004)

1. Εφαρμογή με πινέλο.
2. Εφαρμογή με ψεκασμό.
3. Εφαρμογή με χρήση κομπρεσών.
4. Πλήρης εμβάπτιση του αντικειμένου στο στερεωτικό διάλυμα.
5. Εμβάπτιση του αντικειμένου σε κενό αέρος.

Οι δύο τελευταίες μέθοδοι επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη διείσδυση του στερεωτικού στο εσωτερικό του αντικειμένου. Για τη βελτίωση της διεισδυτικότητας του στερεωτικού με τη χρήση των τριών πρώτων μεθόδων μπορεί να γίνει χρήση διαλυμάτων, αρχικά πολύ αραιών και στη συνέχεια μεγαλύτερης συγκέντρωσης. (Λαμπρόπουλος, 2004)

Συγκόλληση

Επόμενο στάδιο της συντήρησης ενός αντικειμένου είναι η συγκόλληση θραυσμάτων ή τμημάτων του, εφόσον υπάρχουν, με σκοπό την επαναφορά της αρχικής του μορφής όσο αυτό είναι εφικτό καθώς εξαρτάται από τα τμήματα τα οποία σώζονται. Τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα συγκολλητικό είναι η ταχεία στερεοποίησή του, η ισχύς, η ανθεκτικότητα στην υγρασία και η ανθεκτικότητα απέναντι στους παράγοντες γήρανσης. (Wagstaffe and Fidler, 1968)

Συμπλήρωση

Είναι ένα στάδιο που πραγματοποιείται σε τμήματα των αντικειμένων που δεν σώζονται και μόνο εφόσον αυτό κριθεί σκόπιμο. Γίνεται για διάφορους λόγους όπως αισθητικούς, στατικούς, ενισχυτικούς, εκθεσιακούς, (Λαμπρόπουλος, 2004) εκπαιδευτικούς ή μελέτης. Βασικό κριτήριο της επιλογής ενός υλικού συμπλήρωσης, όπως και κάθε άλλου υλικού που χρησιμοποιείται στη συντήρηση, είναι η αντιστρεψιμότητά του. Επίσης, ο βαθμός συστολής και διαστολής του υλικού συμπλήρωσης, πρέπει να είναι αντίστοιχος με αυτόν του αντικειμένου, έτσι ώστε να αποφεύγεται ο τραυματισμός γειτονικών τμημάτων του κατά τη διαστολή του συμπληρωμένου τμήματος, αλλά και η αποκόλλησή κατά τη συστολή του.

1.3.4. Μέτρα προληπτικής συντήρησης

Η προληπτική συντήρηση, όπως ειπώθηκε στο υποκεφάλαιο 1.3.1, έχει να κάνει με όλα τα μέτρα και τις δράσεις που γίνονται με σκοπό να αποφευχθεί και να ελαχιστοποιηθεί η μελλοντική αλλοίωση ή απώλεια των αντικειμένων μη επεμβαίνοντας στα υλικά και τη δομή τους. Τα μέτρα και οι δράσεις αυτές πραγματοποιούνται στο γενικό πλαίσιο ή στο περιβάλλον των αντικειμένων και συχνά σε ομάδες αντικειμένων. (ICOM-CC)

Τα μέτρα και οι δράσεις αυτές έχουν να κάνουν με τη ρύθμιση των συνθηκών περιβάλλοντος και την επιλογή κατάλληλων υλικών αποθήκευσης των αντικειμένων. Όσον αφορά τις συνθήκες περιβάλλοντος (σχετική υγρασία, θερμοκρασία, ακτινοβολία), αυτές θα πρέπει να ελέγχονται και να ρυθμίζονται έτσι ώστε να παραμένουν σταθερές. Επίσης τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να επιλέγονται με βάση το να διατηρούν σταθερά τα αντικείμενα και να έχουν μακροπρόθεσμη χρήση. (Κυριαζή, 2013 ; Leiggi and May, 1994) Τέλος, ο χώρος αποθήκευσης θα πρέπει να είναι ασφαλής ώστε να φυλάσσει τα αντικείμενα από τυχόν κλοπή, πυρκαγιά ή πλημμύρα. (Fitzgerald, 1995)

Η προληπτική συντήρηση μπορεί να γίνει πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από την επεμβατική συντήρηση.

2. Αναλύσεις

2.1. Δείγματα αναλύσεων

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν δέκα οστεολογικά δείγματα από την ανασκαφική θέση Κ4 η οποία βρίσκεται Βόρεια-Βορειοανατολικά του χωριού Κερασιά Ευβοίας. (εικ.2) Η ανασκαφική θέση ανήκει στην περίοδο του ανώτερου μειόκαινου και τα δείγματα προέρχονται από ιπάρια.

Τα συγκεκριμένα δείγματα ανασκάφτηκαν μεταξύ 1996 και 1998. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1.1.3. οι ανασκαφές στην περιοχή της Κερασιάς από το 1992 έως και σήμερα πραγματοποιούνται από το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών και συγκεκριμένα από το τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος. Επιστημονικός υπεύθυνος της ανασκαφής ήταν ο καθηγητής Παλαιοντολογίας – Στρωματογραφίας του τμήματος και διευθυντής του Μουσείου Παλαιοντολογίας Γ. Θεοδώρου από τον οποίο και παραλήφθηκαν τα δείγματα.

Λόγω της κατάστασης των δειγμάτων αλλά και του γεωλογικού υλικού που τα περιβάλλει δεν υπάρχει χαρακτηρισμός όλων των οστών. Γενικά στοιχεία τους παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3).

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Δείγμα	Χρονολογία ανασκαφής	Παρατηρήσεις	Εικόνα δείγματος
K4-S121	4/10/1996	-	4 - 5
K4-S140	5/10/1996	-	6 - 7
K4-S146	5/10/1996	-	9 - 10
K4-S305	1997	-	13 - 14
K4-S322	1997	-	16 - 17
K4-S353	13/7/1998	Σπόνδυλος	19 - 20
K4-S355	13/7/1998	Ωμοπλάτη (;)	22 - 23
K4-S356	13/7/1998	Τμήμα ΜΠ (μετακαρπικού)	24 - 25
K4-S370	14/7/1998	ΜΤ (Μεταταρσικό) εντός πολύμικτου κροκαλοπαγούς	26 - 27
K4-S378	16/7/1998	Θραύσμα	29 - 30

Πίνακας 3. Στοιχεία των προς ανάλυση δειγμάτων



Εικ.4 Επάνω και κάτω όψη δείγματος

K4-S121



Εικ.5 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S121

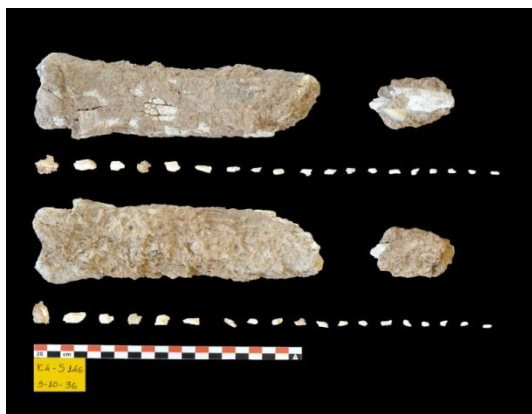
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.6 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S140 και θραυσμάτων



Εικ.7 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S140



Εικ.9 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S146 (A και B) και θραυσμάτων



Εικ.10 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S146
(A και B)

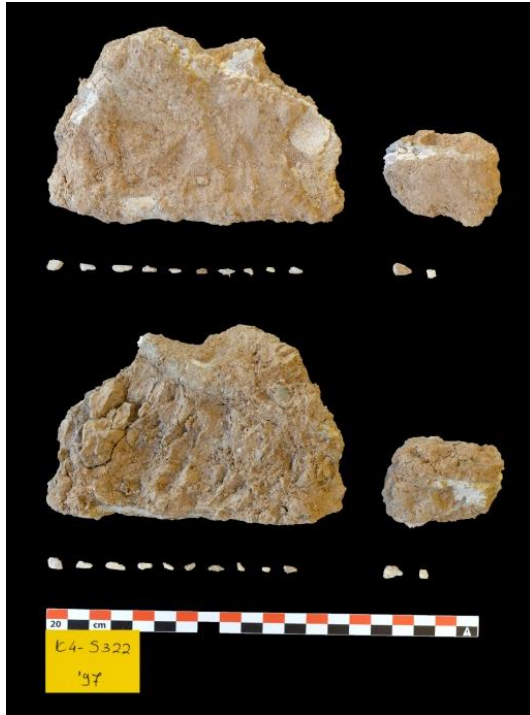


Εικ.13 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S305 (A και B)



Εικ.14 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S305
(A και B)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.16 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S322 (A και B) και θραυσμάτων



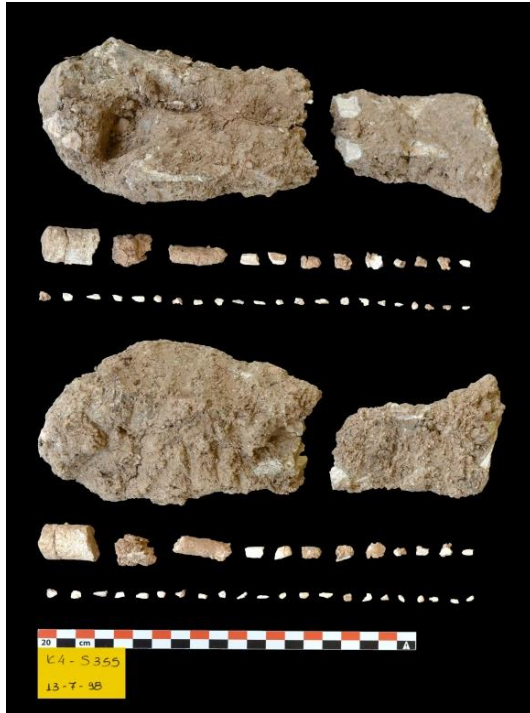
Εικ.17 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S322
(A και B)



Εικ.19 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S353 και θραυσμάτων



Εικ.20 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S353



Εικ.22 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S355 (A και B) και θραυσμάτων



Εικ.23 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S355
(A και B)



Εικ.24 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S356



Εικ.25 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S356

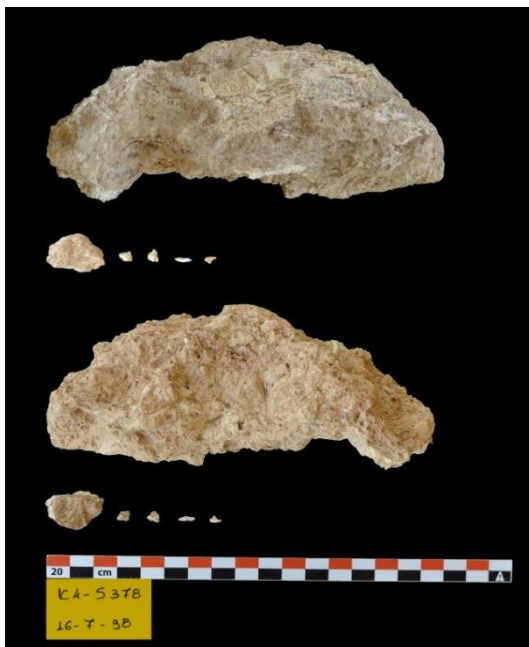
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.26 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S370 (A και B) και θραυσμάτων



Εικ.27 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S370
(A και B)



Εικ.29 Επάνω και κάτω όψη δείγματος
K4-S378 (A και B) και θραυσμάτων



Εικ.30 Πλάγιες όψεις δείγματος K4-S378
(A και B)

2.2. Σκοπός-Μεθοδολογία-Οργανολογία αναλύσεων

Για τη μελέτη της κατάστασης διατήρησης των δέκα οστεολογικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε μία σειρά από παρατηρήσεις και αναλύσεις. Ο σκοπός, η μεθοδολογία και η οργανολογία αυτών αναλύεται παρακάτω βήμα προς βήμα.

Φωτογραφική τεκμηρίωση

Σκοπός της φωτογράφισης ήταν η τεκμηρίωση των δειγμάτων πριν από οποιαδήποτε επέμβαση σε αυτά. Έτσι, φωτογραφήθηκαν όλα τα δείγματα και από όλες τις πλευρές τους υπό κλίμακα.

Για την φωτογράφιση χρησιμοποιήθηκε DSLR φωτογραφική μηχανή, D3100, της Nikon. Οι ρυθμίσεις της φωτογράφισης ήταν κάθε φορά ανάλογες με τις απαιτήσεις.

Μακροσκοπική παρατήρηση

Πρώτο βήμα ήταν η μακροσκοπική παρατήρηση όλων των δειγμάτων, με σκοπό να ληφθεί μια πρώτη εικόνα για την κατάσταση διατήρησης της επιφάνειάς τους.

Μικροσκοπική παρατήρηση

Επόμενη προσέγγιση της κατάστασης διατήρησης των οστών έγινε με την παρατήρησή τους με χρήση μικροσκοπίων, καθώς αυτά μπορούν να δώσουν μια διευρυμένη και μεγεθυμένη εικόνα της επιφάνειάς τους.

Όλα τα δείγματα και χωρίς καμία προετοιμασία της επιφάνειάς τους, παρατηρήθηκαν αρχικά με το στερεομικροσκόπιο No.Z45V, της Leica zoom 2000, σε διάφορες μεγεθύνσεις, από x10,5 έως x45, με προσπίπτον φωτισμό. Στη συνέχεια, για παρατήρηση και σε μεγαλύτερες μεγεθύνσεις από αυτές που μπορούσαν να επιτευχθούν με το στερεομικροσκόπιο, χρησιμοποιήθηκε το μικροσκόπιο LED I-scope USB 2.0 της Moritex. Με το μικροσκόπιο LED πραγματοποιήθηκε παρατήρηση των επιφανειών των οστών, μέσω της οθόνης φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή, εφαρμόζοντας φακούς μεγέθυνσης x10, x50 και x200. Επίσης ταυτόχρονα με την παρατήρηση με το μικροσκόπιο LED, ήταν εφικτή και εύκολη η φωτογράφιση της παρατηρούμενης περιοχής.

Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ Φθορισμού (ΦΑΧΦ-XRF)

Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 1.2, η μέθοδος αυτή έχει τη δυνατότητα ανάλυσης χημικών στοιχείων της τάξεως του ppm. Για το λόγο αυτό λοιπόν επόμενο βήμα ήταν η εφαρμογή αυτής της μεθόδου. Σκοπός ήταν να ληφθεί μια πρώτη εικόνα για τα χημικά στοιχεία (ποιοτική ανάλυση) από τα οποία αποτελούνται τα οστά, η κρούστα που τα περιβάλλει και το περιβάλλον ταφής τους (χώμα που τα περιβάλλει). Οι αναλύσεις αυτές θα έδειχναν αρχικά την αλληλεπίδραση των χημικών στοιχείων μεταξύ των περιοχών αυτών (ανταλλαγή στοιχείων) και στη συνέχεια θα βοηθούσαν στην αναζήτησή τους στην επόμενη μέθοδο, στο SEM-EDS.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα δείγματα (δέκα) καθώς δεν υπήρχε περιορισμός όσον αφορά το μέγεθός τους. Όμως, όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 1.2.3, το XRF ενδείκνυται για επίπεδα δείγματα. Στην περίπτωση των συγκεκριμένων δειγμάτων λόγω της ανατομίας αλλά και των επικαθίσεών τους, η ανάλυση των επιθυμητών επιφανειών δεν ήταν πάντα εφικτή. Έτσι, για καλύτερα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν, όπου υπήρχαν, μικρότερα τμήματα οστών ή θραύσματα αυτών καθώς και τμήματα χώματος που είχαν απομακρυνθεί από την επιφάνεια των δειγμάτων (εικ.8, 11, 15, 18, 21, 28).

Άλλος ένας περιορισμός της ανάλυσης ήταν πως αρκετά δείγματα ήταν στερεωμένα. Έτσι, σε περιπτώσεις που δεν υπήρχε είτε κάποιο σημείο αστερέωτο είτε κάποιο θραύσμα από το δείγμα, τότε πραγματοποιούταν αφαίρεση της στερέωσης με χρήση ακετόνης σε μπατονέτα (δείγμα K4-S305 και K4-S378). Τέλος, στην περίπτωση της κρούστας, για να μπορέσει να γίνει ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο δείγμα K4-S305 μηχανικός καθαρισμός, με νυστέρι και ταυτόχρονη χρήση απιονισμένου νερού καθώς και με μπατονέτα εμποτισμένη σε απιονισμένο νερό, των επικαθίσεων χώματος, έως το σημείο που ξεκινούσε η κρούστα. (εικ.15).

Γενικά, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις του περιβάλλοντος χώματος των οστών, της κρούστα που τα περιβάλλει, της εξωτερική επιφάνεια των οστών καθώς και της εσωτερική επιφάνειά τους⁴, όπου αυτό ήταν εφικτό (από θραύσματα) και τέλος, του σημείου όπου βρισκόταν ο μυελός των οστών (μυελική κοιλότητα), το οποίο τώρα ήταν πληρωμένο από στοιχεία του περιβάλλοντος. Οι αναλύσεις όλων αυτών των περιοχών δεν έγιναν σε όλα τα δείγματα, παρά μόνο όπου αυτά υπήρχαν και ήταν εφικτό να αναλυθούν. (Πίνακας 4)

⁴ Ως εσωτερική επιφάνεια εννοείται η περιοχή λίγων χιλιοστών πιο μέσα από την εξωτερική.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Δείγματα	Ανάλυση που πραγματοποιήθηκε
K4-S121	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S140	Εσωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S146	Εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S305	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Κρούστα - Χώμα
K4-S322	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S353	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S355	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S356	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα
K4-S370	Εξωτερική και εσωτερική πλευρά οστού
K4-S378	Μυελική κοιλότητα - Εξωτερική και εσωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα

Πίνακας 4. Αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν ανά δείγμα με το XRF

Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το φορητό XRF Tracer III-SD της Bruker. Αρχικά πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των ελαφριών χημικών στοιχείων (F-Fe) όπου έγινε με χρήση αντλίας. Οι ρυθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν MajMudRock με χρόνο ανάλυσης στα 120-240sec. Στη συνέχεια, για τα ίδια σημεία που αναλύθηκαν με την αντλία, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των βαριών χημικών στοιχείων με χρήση φίλτρου (yellow - 12mil Al + 1mil Ti). (εικ.31) Οι ρυθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν TrMudRock με χρόνο ανάλυσης στα 120sec.

Κατά τη διάρκεια των αναλύσεων το XRF ήταν τοποθετημένο στη βάση του και πάνω σε αυτό τοποθετούνταν τα προς ανάλυση δείγματα. Τα δείγματα στηρίζονταν κατάλληλα έτσι ώστε να αναλύεται κάθε φορά η επιθυμητή περιοχή. Η αφαίρεση του XRF από τη βάση του και η συγκράτησή του εστιασμένο στην επιθυμητή υπό ανάλυση περιοχή, έγινε μόνο για την περίπτωση όπου αναλύθηκε το πληρωμένο κέντρο του οστού, στη θέση του οποίου βρισκόταν πριν ο μυελός των οστών, καθώς η στήριξη του δείγματος δεν ήταν εφικτή.

Η επιφάνεια των οστών δεν καθαρίστηκε από τις γεωλογικές επικαθίσεις πριν τις αναλύσεις έτσι ώστε να μην αλλοιωθούν τα αποτελέσματα. Ο μόνος καθαρισμός γεωλογικών επικαθίσεων που πραγματοποιήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν

τοπικά με πινέλο. Για τις αναλύσεις της επιφάνειας των οστών χρησιμοποιήθηκαν περιοχές οι οποίες ήταν όσο το δυνατόν πιο καθαρές από γεωλογικό υλικό. Λόγω των παραπάνω, στα αποτελέσματα ενδέχεται να παρατηρηθούν χημικά στοιχεία που δεν προέρχονται από τη σύσταση του οστού αλλά από τις επικαθίσεις. Το ίδιο ενδέχεται να συμβεί και στα αποτελέσματα του υλικού πλήρωσης της μυελικής κοιλότητας.

Ηλεκτρονική μικροσκοπία με στοιχειακή ανάλυση (SEM-EDS)

Επόμενη και τελευταία ανάλυση που πραγματοποιήθηκε ήταν με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) σε συνδυασμό με ανιχνευτή στοιχειακής ανάλυσης (EDS). Γνωρίζοντας πως με το SEM μπορούν να επιτευχθούν πολύ μεγάλες μεγεθύνσεις, αρχικός σκοπός της ανάλυσης αυτής ήταν η πιο ολοκληρωμένη μικροσκοπική παρατήρηση της επιφάνειας των οστών και της κατάστασης διατήρησής τους, αναζητώντας παράλληλα και φθοροποιούς παράγοντες που δεν ήταν ορατοί μακροσκοπικά ή με το στερεομικροσκόπιο ή το μικροσκόπιο LED.

Επόμενο βήμα ήταν η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των χημικών στοιχείων από τα οποία αποτελούνται τα οστά, η κρούστα και το περιβάλλον ταφής τους (χώρα που τα περιβάλλει). Σκοπός των αναλύσεων ήταν αρχικά να διαπιστωθεί ο τρόπος απολίθωσής των οστών και στη συνέχεια η αλληλεπίδραση των χημικών στοιχείων γεωλογικού υλικού-οστού για να προταθεί ύστερα η καταλληλότερη μέθοδος συντήρησης. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν αναζητώντας:

- Χημικά στοιχεία που είναι υπεύθυνα για την απολίθωση των οστών (τρόπος απολίθωσης).
- Χημικά στοιχεία που πιθανόν υπάρχουν στη σύσταση των οστών και προκαλούν φθορά σε αυτά.
- Χημικά στοιχεία που πιθανόν υπάρχουν στη σύσταση των οστών και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία συντήρησης, καθώς με βάση αυτά θα έπρεπε να αποφευχθεί η χρήση υλικών που θα προκαλούσε περαιτέρω φθορά τους.
- Χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται η κρούστα που τα περιβάλλει έτσι ώστε να μπορέσει ίσως να προταθεί μια χημική μέθοδος αφαίρεσής της.

Λόγω του ότι ο θάλαμος του SEM δεν μπορεί να χωρέσει μεγάλα δείγματα, μέσα από τα δείγματα που αναλύθηκαν και στο XRF, επιλέχθηκαν δείγματα-θραύσματα τα οποία είχαν μέγεθος που επέτρεπε την εισαγωγή τους στο θάλαμο (Πίνακας 5). Οι

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

περιοχές που αναλύθηκαν με τη μέθοδο αυτή ήταν οι ίδιες σχεδόν που έγιναν και με το XRF, αυτή τη φορά και ποσοτικά. Αναλύθηκαν δηλαδή, το περιβάλλον χρώμα των οστών, η κρούστα που τα περιβάλλει, η εξωτερική επιφάνειά τους καθώς και η εσωτερική επιφάνειά τους, όπου αυτό ήταν εφικτό. Τέλος, για την παρατήρηση των καναλιών του οστού (εάν έχουν πληρωθεί όλα ή όχι) και την ανάλυση του υλικού πλήρωσής τους επιλέχθηκε ένα μικρό θραύσμα από το δείγμα K4-S146 (εικ.12) το οποίο εγκιβωτίστηκε σε ρητίνη. Η επιλογή του δείγματος αυτού έγινε με κριτήριο το ότι είχε ήδη αποσπαστεί από την επιφάνεια του οστού και επομένως δεν έγινε επεμβατική δράση απόσπασης ενός άλλου τμήμα από κάποιο οστό, ήταν μικρό και τέλος είχε μία εγκάρσια ρωγμή περίπου στο κέντρο του. Η ρωγμή έδινε τη δυνατότητα διαχωρισμού του σε δύο τμήματα, όπου θα μπορούσε να γίνει παρατήρηση ύστερα από τους εγκιβωτισμούς και των Χαβερσιανών καναλιών αλλά και των καναλιών Volkmann.

Δείγματα	Αναλύσεις	Εικόνα
K4-S140	Εσωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα	8
K4-S146	Εσωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα - Τομές	11 - 12
K4-S305	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Κρούστα - Χώμα	15
K4-S370	Εξωτερική επιφάνεια οστού - Χώμα	28

Πίνακας 5. Δείγματα που επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν με το SEM-EDS

Το δείγμα που επιλέχθηκε για εγκιβωτισμό αρχικά χωρίστηκε στη μέση ακολουθώντας τη ρωγμή και στη συνέχεια λειάνθηκαν και τα δύο πλέον δείγματα, με γυαλόχαρτα πάχους P40 και P120 των Vitex και Smirdex αντίστοιχα για 20 δευτερά στο κάθε ένα (εικ.32). Ύστερα τοποθετήθηκαν με την πλευρά που θα ήταν προς παρατήρηση να ακουμπά στη βάση του φορέα εγκιβωτισμού και αφού κατασκευάστηκε διάλυμα ρητίνης 10gr με σκληρυντή 2,8gr CaldoFix-2 της Struers, αυτό τοποθετήθηκε στη βάση. Στη συνέχεια τα εγκιβωτισμένα δείγματα

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

τοποθετήθηκαν στον κλίβανο UT6 της Thermo Scientific Heraeus για μιάμιση ώρα στους 75°C (εικ.33). Επόμενο στάδιο ήταν η λείανση των τομών (εικ.34), με το λειαντικό μηχάνημα LaboPol-2 της Struers, χρησιμοποιώντας γυαλόχαρτα και βελούδινα πανιά με διαμαντόπαστα των οποίων η σειρά, το πάχος και ο χρόνος αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 6).

	Νούμερα	Βοηθητικό λείανσης	Χρόνος (λεπτά)
Γυαλόχαρτα	180 SiC Foil	Νερό	3
	320 SiC Foil	Νερό	2
	800 SiC Foil	Νερό	1
	1200 SiC Foil	Νερό	1
	2000 SiC Foil	Νερό	0,5
	4000 SiC Foil	Νερό	0,5
Βελούδινα πανιά	6μm MD-Dac	Διαμαντόπαστα DP-Paste M 6 μm με λειαντικό DP- Lubricant Blue	1
	3μm MD-Dac	Διαμαντόπαστα DP-Paste M 3μm με λειαντικό DP- Lubricant Blue	1
	1μm MD-Nap	Διαμαντόπαστα DP-Paste M 1μm με λειαντικό DP- Lubricant Blue	1
	0,04μm MD-Chem	Κολλοειδές πυριτικό γαλάκτωμα OP-U Suspension	1

Πίνακας 6. Υλικά και χρόνος που χρησιμοποιήθηκαν για τη λείανση των τομών.

Τα υλικά ήταν της εταιρίας Struers.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) τύπου Joel JSM-610LV με αναλυτή ενεργειακής διασποράς (EDS) τύπου OXFORD Inca energy 250 X-ct systems. (εικ.35) Για την πλήρη καταγραφή της κατάστασης διατήρησης, πέρα από τις τομές, δεν πραγματοποιήθηκε καμία επέμβαση ή καθαρισμός στην επιφάνειά των δειγμάτων πριν τις αναλύσεις παρά μόνο για την ανάλυση της κρούστας, όπου είχε καθαριστεί το υπερκείμενο χρώμα προκειμένου να αποκαλυφθεί. Όσον αφορά τις τομές, η ανάλυσή τους πραγματοποιήθηκε πριν τη λείανση με διαμαντόπαστα καθώς το δείγμα ήταν πορώδες και θέλαμε να αποφευχθεί τυχόν απορρόφησή της.

Πριν την τοποθέτηση των δειγμάτων στο θάλαμο του SEM και για να αυξηθεί η αγωγιμότητά τους εφαρμόζοταν σε αυτά ανθρακοταινία. Το μηχάνημα ρυθμιζόταν σε χαμηλό κενό (LV), εκτός από τις τομές όπου ρυθμιζόταν σε υψηλό κενό (HV), διότι τα δείγματα ήταν πορώδη και δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί αποσυμπίεση. Η οπτική παρατήρηση γινόταν σε διάφορες μεγεθύνσεις από x50 έως x2000, αναλόγως του παρατηρούμενου φαινομένου κάθε φορά. Η μικροχημική ανάλυση πραγματοποιούνταν στα 20kV με εστιακή απόσταση της τάξης των 14-20mm. Ο χρόνος συλλογής για τις σημειακές αναλύσεις ήταν 100 sec και για τις αναλύσεις μεγαλύτερων περιοχών 300 sec.

2.3. Αποτελέσματα

Μακροσκοπική παρατήρηση

Με βάση τη μακροσκοπική παρατήρηση διαπιστώθηκε ότι η κατάσταση διατήρησης των οστέινων δειγμάτων δεν είναι καλή. Γενικά διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Τα δείγματα καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό από γεωλογικό υλικό. (εικ.4-30)
- Το γεωλογικό υλικό περιέχει διαφόρων μεγεθών (πολύ μικρά έως μικρά) χαλίκια χρώματος γκρι, κοκκινωπού, λευκού, πράσινου και ώχρας.
- Πάνω στο γεωλογικό υλικό, σε τρία δείγματα, παρατηρήθηκαν πορτοκαλί σημεία.
- Σε ένα σημείο ενός δείγματος, πάνω από το γεωλογικό υλικό, παρατηρήθηκαν άλατα.
- Ίχνη, που πιθανόν προέρχονται από εργαλείο κατά την ανασκαφική δράση, παρατηρήθηκαν στο γεωλογικό υλικό δύο δειγμάτων.
- Πάνω από την εξωτερική επιφάνεια των οστών παρατηρείται σκληρή κρούστα.
- Δύο από τα δείγματα είναι σπασμένα και αποτελούνται από δύο τμήματα το κάθε ένα. (εικ.22, 26)
- Θραύσματα και μικρότερα τμήματα οστών παρατηρούνται στα περισσότερα δείγματα. (εικ.6, 9, 16, 19, 22, 26, 29)
- Η επιφάνεια των οστών είναι σαθρή και απολεπίζεται.
- Ρωγμές και απώλειες υλικού παρατηρούνται σε όλη την έκταση της επιφάνειας των οστών.
- Τμήματα οστού αποσπώνται μαζί με την κρούστα που περιβάλλει τα οστά.
- Μαύρες κηλίδες παρατηρούνται σε αρκετά σημεία της επιφάνειας των οστών αλλά και σε μερικές περιπτώσεις και πάνω από το γεωλογικό υλικό που τα περιβάλλει.
- Έχει πραγματοποιηθεί στερέωση⁵ των δειγμάτων που η κατάστασή διατήρησης της επιφάνειάς τους ήταν κακή.
- Παρατηρήθηκε απώλεια του μυελού των οστών από τη μυελική κοιλότητα δύο δειγμάτων και πλήρωσης της κοιλότητας με υλικό από το περιβάλλον. (εικ.25, 27)

⁵Υστερα από πληροφόρηση του επικεφαλής της ανασκαφής Γ. Θεοδώρου, το στερεωτικό που είχε χρησιμοποιηθεί ήταν Paraloid B72.

Μικροσκοπική παρατήρηση με στερεομικροσκόπιο και μικροσκόπιο LED

Με τα μικροσκόπια έγινε η παρατήρηση όλων των στοιχείων που είχαν παρατηρηθεί μακροσκοπικά και αναζητήθηκαν και άλλα στοιχεία που δεν ήταν ορατά μακροσκοπικά στην επιφάνεια των οστών. Συγκεκριμένα:

- Παρατηρήθηκαν τα πορτοκαλί σημεία πάνω στο γεωλογικό υλικό. (εικ.36)
- Παρατηρήθηκαν τα άλατα του δείγματος. (εικ.37)
- Παρατηρήθηκαν τα ίχνη που πιθανόν είναι από εργαλείο κατά την ανασκαφική δράση. (εικ.38)
- Παρατηρήθηκε αποφλοιώση-αποδιοργάνωση (εικ.39, 42, 43), αποσάθρωση (εικ.40) και ρηγμάτωση (εικ.41, 42, 43) της δομής των οστών.
- Παρατηρήθηκε απόσπαση τμημάτων οστού μαζί με την κρούστα που τα περιβάλλει. (εικ.28)
- Μέσα στις ρωγμές παρατηρήθηκε ύπαρξη γεωλογικού υλικού. (εικ.41, 42, 43)
- Διαπιστώθηκε πως οι μαύρες κηλίδες (πιθανόν βιολογικά) εμφανίζονται και στην εξωτερική επιφάνεια των οστών (εικ.43, 44) και σε ρωγμές αλλά και στο γεωλογικό υλικό, όχι μόνο σε αυτό που είναι σε άμεση επαφή με το οστό αλλά και πιο εξωτερικά. (εικ.45, 46)
- Παρατηρήθηκαν ίνες, πιθανόν φυτικές, στο γεωλογικό υλικό και στην επιφάνεια των οστών. (εικ.47, 48)
- Παρατηρήθηκε στερέωση και σε δείγματα τα οποία δεν είχε παρατηρηθεί μακροσκοπικά. (εικ.43, 49, 50)
- Παρατηρήθηκε η πλήρωση της μυελικής κοιλότητας, στην οποία έχει προσκολληθεί και γεωλογικό υλικό. (εικ.51)
- Διαπιστώθηκε πως η μικρομορφολογία του οστού διατηρείται. (εικ.52)

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»**

Γενικά, όσον αφορά τη μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση των οστών αυτά που παρατηρήθηκαν ανά δείγμα, παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 7):

Δείγμα	K4-S121	K4-S140	K4-S146	K4-S305	K4-S322	K4-S353	K4-S355	K4-S356	K4-S370	K4-S378
Γεωλογικό υλικό	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Πορτοκαλί σημεία γεωλογικού υλικού		√	√ (B)					√		
Άλατα	√									
Εκδορές από εργαλείο		√								√
Σπασμένα σε δύο τμήματα							√		√	
Θραύσματα		√	√		√	√	√		√	√
Αποσάθρωση	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Αποφλοιώση	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Απώλεια υλικού	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Ρηγμάτωση	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Μαύρες κηλίδες	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Ίνες		√	√	√		√			√	
Στερέωση			√ (B)	√	√ (A)	√	√ (A)	√		√
Πλήρωση μυελικής κοιλότητας								√	√	

Πίνακας 7. Παρατηρήσεις μακροσκοπικής και μικροσκοπικής εξέτασης ανά δείγμα.

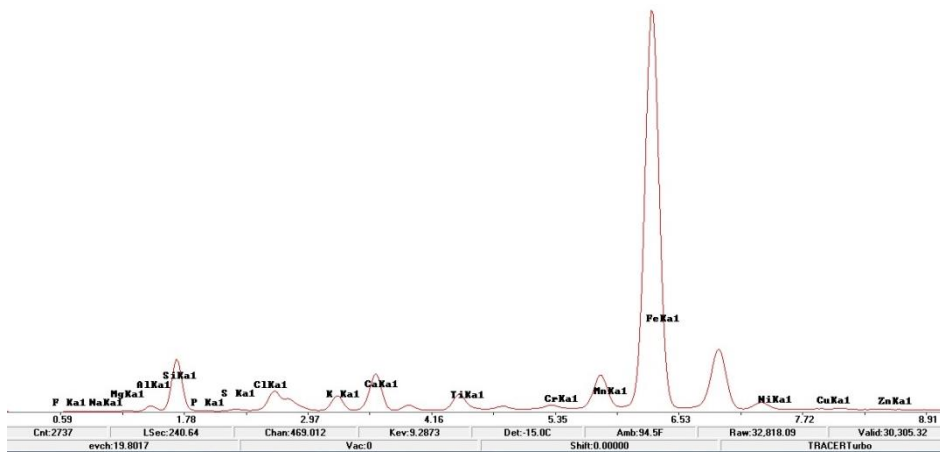
Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ Φθορισμού (ΦΑΧΦ-XRF)

Όπως ειπώθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με το XRF έγιναν με σκοπό να ληφθεί μια πρώτη εικόνα όσον αφορά τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το περιβάλλον χρώμα των οστών, η κρούστα που περιβάλλει τα οστά, η επιφάνεια των οστών καθώς και το υλικό πλήρωσης της μυελικής κοιλότητας. Τα αποτελέσματα όπως και αντιπροσωπευτικά φάσματα από την κάθε περιοχή παρατίθενται παρακάτω:

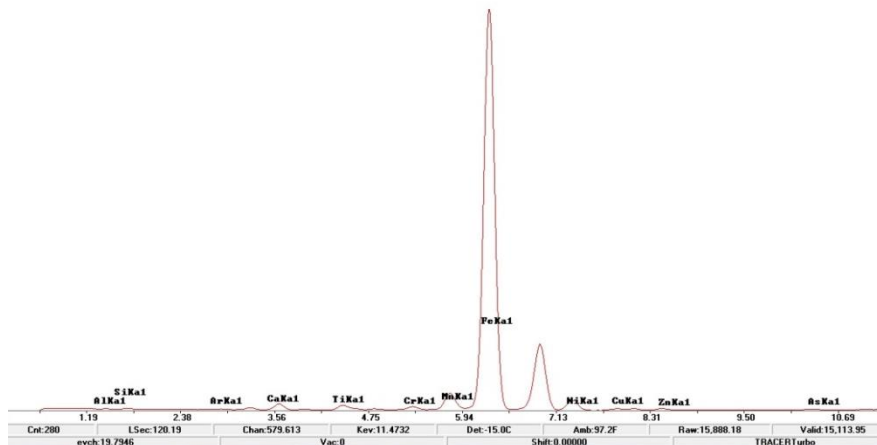
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Περιβάλλον χώμα

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω φάσματα, το χώμα που περιβάλλει τα οστά έχει με πολύ υψηλή συγκέντρωση σιδήρου. Επίσης παρατηρείται πυρίτιο, ασβέστιο, μαγγάνιο και χλώριο σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις και αργίλιο, κάλλιο, τιτάνιο και νικέλιο σε πιο μικρές. Τέλος ως ίχνη στη σύσταση του χώματος μετρήθηκαν τα εξής: φθόριο, νάτριο, μαγνήσιο, φώσφορος, θείο, αργό, χρώμιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, βανάδιο, κοβάλτιο, ρουβίδιο, στρόντιο, ύτριο, ζιρκόνιο, νιόβιο, μολυβδαίνιο, κασσίτερος, αντιμόνιο, βάριο, μόλυβδος, θόριο και ουράνιο.



Φάσμα 1. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων χώματος με αντλία

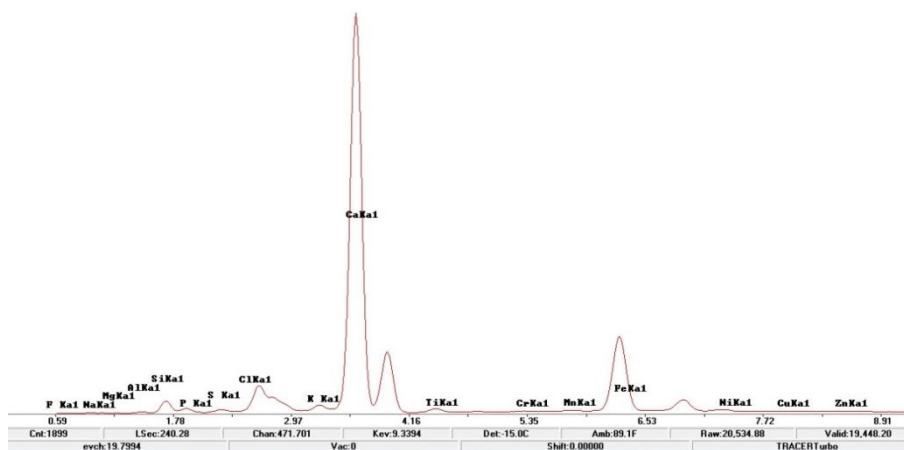


Φάσμα 2. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων χώματος με φίλτρο

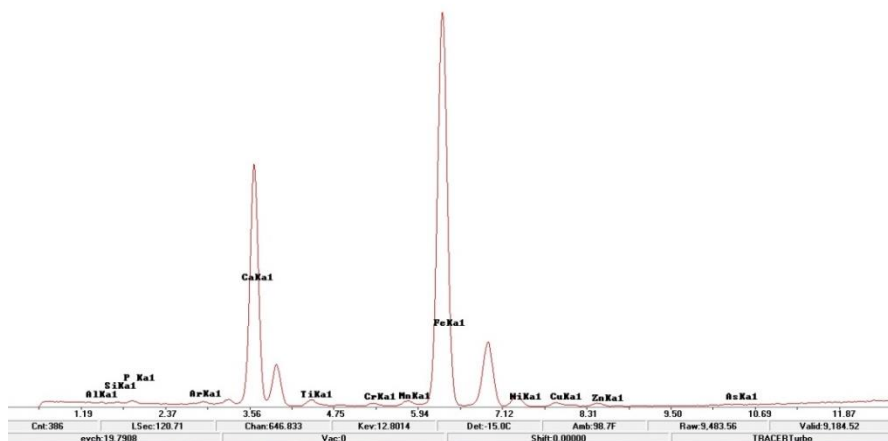
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Κρούστα

Όσον αφορά την κρούστα τα βασικά χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται είναι το ασβέστιο και ο σίδηρος όπως φαίνεται και από τα παρακάτω φάσματα. Σε υψηλή συγκέντρωση παρατηρείται και το χλώριο. Πυρίτιο και αργίλιο εμφανίζονται και εδώ, λόγω των αργιλοπυριτικών ιζημάτων. Σε πιο μικρή συγκέντρωση υπάρχει το πυρίτιο, το κάλλιο, το τιτάνιο και το νικέλιο. Σε ίχνη μετρήθηκαν τα εξής: φθόριο,νάτριο, μαγνήσιο, φώσφορος, θείο, αργό, χρώμιο, μαγγάνιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, στρόντιο, ύτριο, ζιρκόνιο, νιόβιο, μολυβδαίνιο, κασσίτερο, αντιμόνιο, βάριο, μόλυβδο και θόριο.



Φάσμα 3. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων κρούστας με αντλία



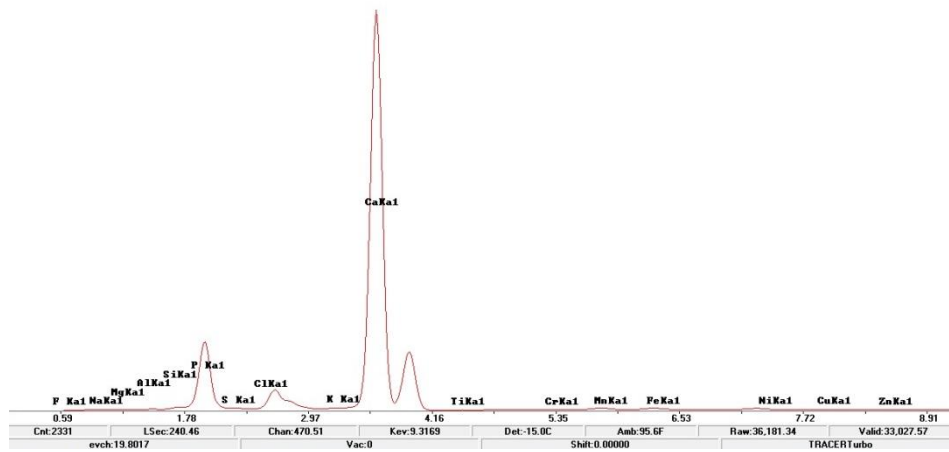
Φάσμα 4. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων κρούστας με φίλτρο

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

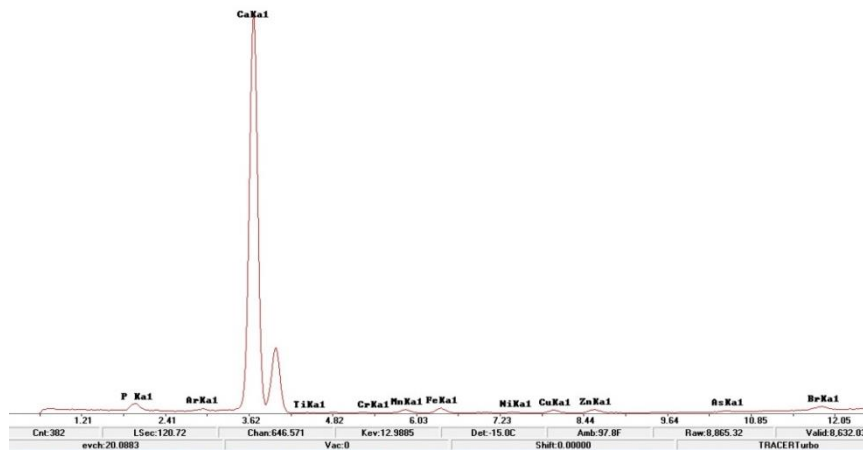
- Οστό

Όπως ειπώθηκε στην προηγούμενη ενότητα δεν πραγματοποιήθηκε καθαρισμός της επιφάνειας των οστών πριν τις μετρήσεις και ενδέχεται τα χημικά στοιχεία των αποτελεσμάτων να προέρχονται και από τυχόν επικαθίσεις γεωλογικού υλικού. Για πιο ακριβή αποτελέσματα λήφθηκαν υπόψη φάσματα από αναλύσεις που έγιναν από περιοχές της εξωτερικής επιφάνειας που ήταν πιο καθαρές καθώς και από την εσωτερική επιφάνεια των οστών (θραύσματα).

Με βάση αυτές λοιπόν, τα βασικά χημικά στοιχεία που εμφανίζονται στο οστό είναι το ασβέστιο και ο φώσφορος. Σε υψηλή συγκέντρωση φαίνεται να είναι και το χλώριο. Ως ίχνη εμφανίζονται τα εξής: φθόριο, νάτριο, μαγνήσιο, αργίλιο, πυρίτιο, θείο, αργό, κάλλιο, τιτάνιο, χρώμιο, μαγγάνιο, σίδηρος, νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, αρσενικό, βρώμιο, βανάδιο, κοβάλτιο, ρουβίδιο, στρόντιο, ύτριο, ζιρκόνιο, νιόβιο, μολυβδαίνιο, κασσίτερος, αντιμόνιο, βάριο, μόλυβδος, θόριο, ουράνιο.



Φάσμα 5. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων οστού με αντλία

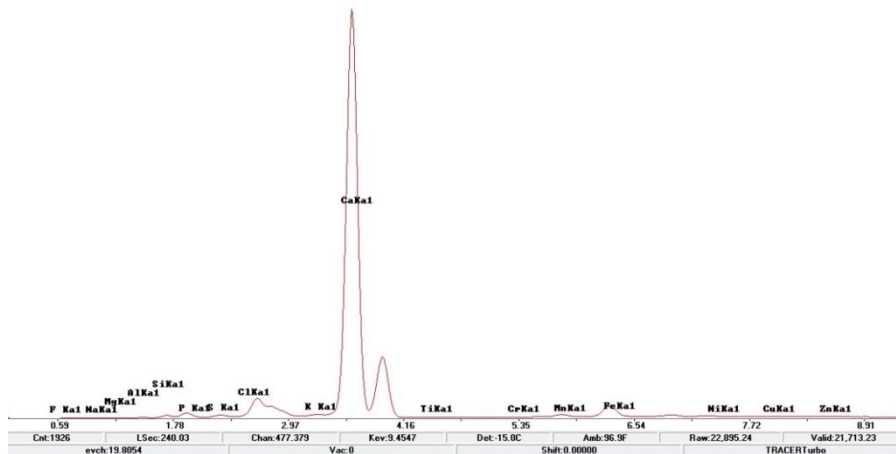


Φάσμα 6. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων οστού με φίλτρο

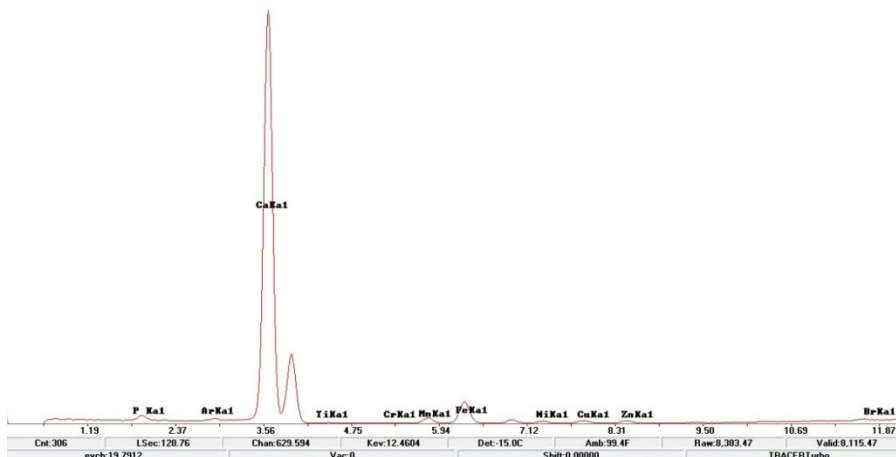
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Υλικό πλήρωσης μυελικής κοιλότητας

Το βασικό χημικό στοιχείο της σύστασης του υλικού πλήρωσης της μυελικής κοιλότητας φαίνεται πως είναι το ασβέστιο. Επίσης σε υψηλή συγκέντρωση φαίνεται πως είναι και το χλώριο με το σίδηρο και σε μικρές ο φώσφορος και το μαγγάνιο. Ως ίχνη εντοπίστηκαν τα εξής: φθόριο, νάτριο, μαγνήσιο, αργίλιο, πυρίτιο, θείο, κάλλιο, τιτάνιο, χρώμιο, νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, βρώμιο, βανάδιο, κοβάλτιο, νικέλιο, αρσενικό, ρουβίδιο, στρόντιο, ύτριο, ζirkόνιο, νιόβιο, μολυβδαίνιο, κασσίτερος, αντιμόνιο, βάριο, μόλυβδος, θόριο, ουράνιο.



Φάσμα 7. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων υλικού πλήρωσης μυελικής κοιλότητας με αντλία



Φάσμα 8. Αντιπροσωπευτικό φάσμα ανάλυσης χημικών στοιχείων υλικού πλήρωσης μυελικής κοιλότητας με φίλτρο

Όσον αφορά χημικά στοιχεία τα οποία αναφέρονται στο κείμενο αλλά δεν φαίνονται στα φάσματα, αυτό συμβαίνει διότι το μηχάνημα από το 12eV και ύστερα παρουσίαζε κορυφές θορύβου και δεν μπορούσαν να προσδιοριστούν οι κορυφές των στοιχείων με ακρίβεια. Έτσι αναζητήθηκαν χημικά στοιχεία έως τα 12eV. Τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία ανιχνεύτηκαν από το μηχάνημα και απλά αναφέρονται.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Ηλεκτρονική μικροσκοπία με στοιχειακή ανάλυση (SEM-EDS)

Αρχικά από τη μικροσκοπική παρατήρηση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο όσον αφορά την κατάσταση διατήρησης του οστεολογικού υλικού παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Η μικροδομή-μικρομορφολογία (Χαβερσιανά και Volkmann κανάλια, οστεώνες) των οστών διατηρείται. (εικ.53)
- Κάποια από τα κανάλια είναι πληρωμένα με υλικό του περιβάλλοντος ενώ κάποια άλλα είναι κενά. (εικ.54, 55)
- Μικρορωμές παρατηρούνται και στην εξωτερική και την εσωτερική επιφάνεια των οστών. (εικ.56) Επίσης μικρορωγμές παρατηρήθηκαν και στις τομές (κέντρο οστού) σε αρκετά σημεία αλλά και περιμετρικά των οστεώνων. (εικ.57, 58, 59)
- Κάποιες από τις μικρορωγμές-μικροτούνελ ενδέχεται να είναι από μικροοργανισμούς. (εικ.60, 61)
- Η επιφάνεια των οστών είναι σαθρή με αποτέλεσμα να αποσπώνται μικροθραύσματα. (εικ.62, 63)
- Είναι πιθανή η ύπαρξη βιολογικών μικροοργανισμών στην εξωτερική επιφάνεια των οστών. (εικ.64, 65)

Στη συνέχεια, ακολούθησε η στοιχειακή ανάλυση (EDS) του περιβάλλοντος χώματος των οστών, της κρούστας, της επιφάνειας των οστών καθώς και των καναλιών των οστών που είχαν πληρωθεί από στοιχεία του περιβάλλοντος. Από τις αναλύσεις αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα για κάθε περιοχή ξεχωριστά:

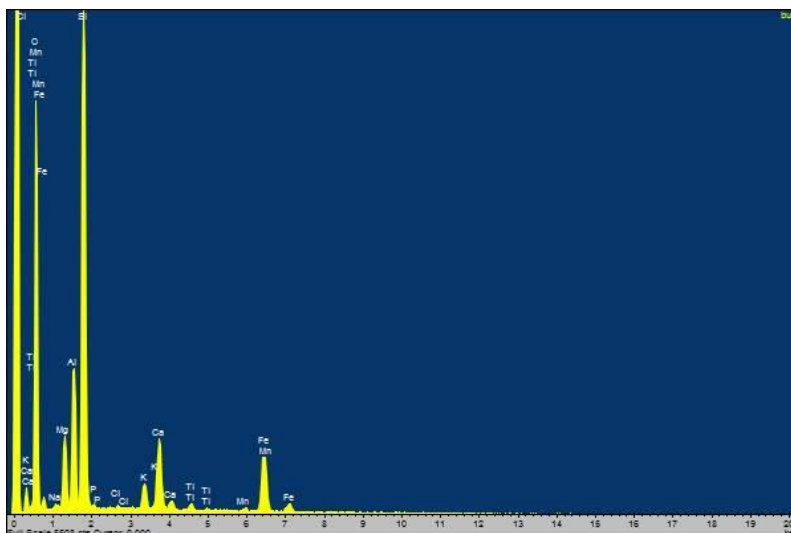
- Περιβάλλον χώμα

Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των βασικών χημικών στοιχείων που αναλύθηκαν στο χώμα, αγνοώντας τις ακραίες τιμές, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 8). Παρατίθεται επίσης αντιπροσωπευτικό φάσμα των μετρήσεων (φάσμα 9). Ο μέσος όρος προέκυψε από πέντε διαφορετικές αναλύσεις.

Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Na	0,40	0,12
Mg	7,16	1,60
Al	11,36	1,68
Si	51,78	8,56
P	0,49	0,19
Cl	0,15	0,00
K	1,87	0,26
Ca	5,37	1,79
Ti	1,05	0,13
Mn	2,23	2,00
Fe	12,49	1,89

Πίνακας 8. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση χημικών στοιχείων χώματος (compound)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

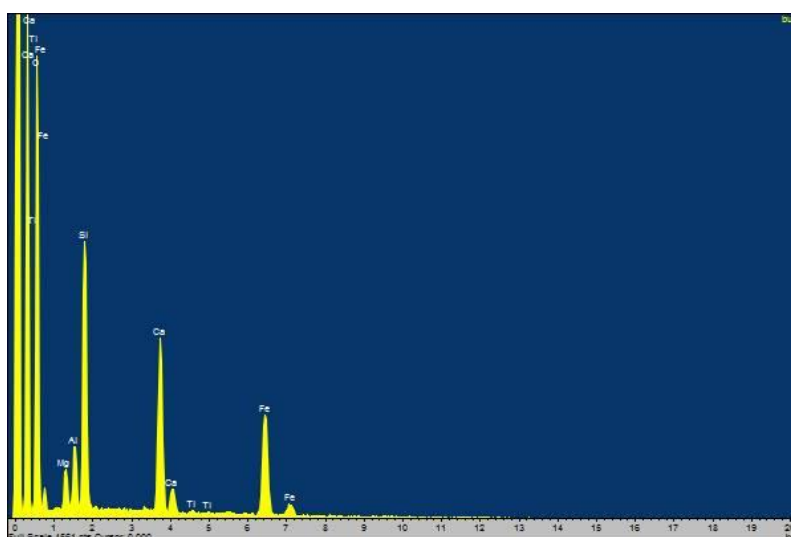


Φάσμα 9. Αντιπροσωπευτικό bulk φάσμα στοιχειακής ανάλυσης χώματος

Ανάλυση πραγματοποιήθηκε επίσης και σε ένα πορτοκαλί σημείο του χώματος ώστε να διαπιστωθεί εάν προέρχεται από σίδηρο. Τα αποτελέσματα που έδωσε ήταν:

Χημικά στοιχεία	Αποτελέσματα
Mg	5,09
Al	7,01
Si	35,32
Ca	21,53
Ti	0,62
Fe	30,43

Πίνακας 9. Χημικά στοιχεία πορτοκαλί σημείου χώματος (compound)



Φάσμα 10. Φάσμα bulk από την περιοχή ανάλυσης πορτοκαλί σημείου στο χώμα

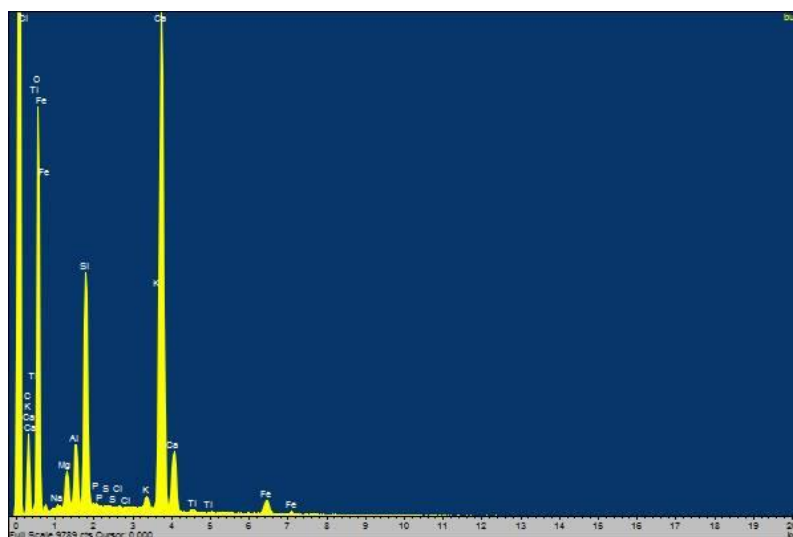
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Κρούστα

Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των βασικών χημικών στοιχείων που αναλύθηκαν στην κρούστα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 10). Παρατίθεται επίσης αντιπροσωπευτικό φάσμα των μετρήσεων (φάσμα 11). Ο μέσος όρος προέκυψε από τρεις διαφορετικές αναλύσεις.

Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Na	0,33	0,06
Mg	3,35	0,23
Al	6,08	0,78
Si	25,58	2,47
P	0,35	0,00
S	0,25	0,08
Cl	0,07	0,00
K	0,99	0,27
Ca	58,26	4,08
Ti	0,52	0,26
Mn	0,28	0,04
Fe	4,41	0,33

Πίνακας 10. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση χημικών στοιχείων κρούστας (compound)



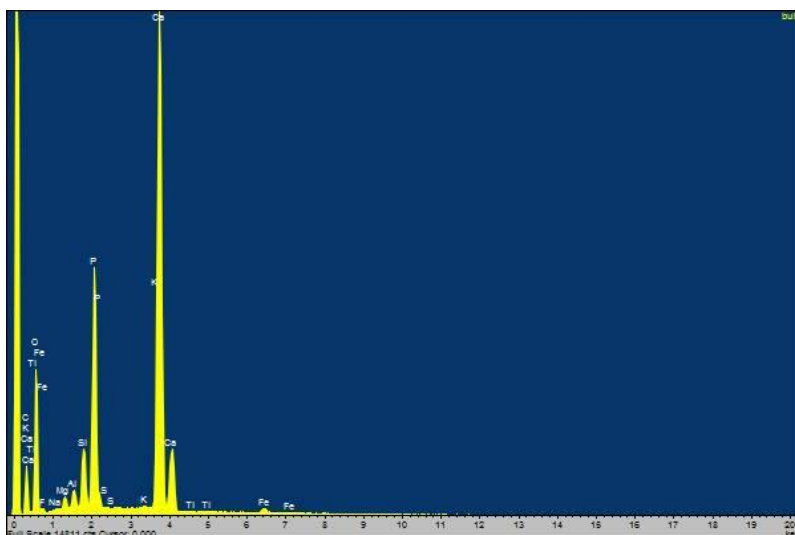
Φάσμα 11. Αντιπροσωπευτικό bulk φάσμα στοιχειακής ανάλυσης κρούστας

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Τέλος, όπως ειπώθηκε παραπάνω, παρατηρήθηκε μακροσκοπικά και μικροσκοπικά πως τμήματα του οστού αποσπώνται μαζί με την κρούστα. Έτσι, από ένα τέτοιο τμήμα κρούστας πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις ώστε να εξακριβωθεί αυτό το γεγονός. Ο μέσος όρος των μετρήσεων, από τέσσερις διαφορετικές αναλύσεις, και η τυπική απόκλιση παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης παρατίθεται και αντιπροσωπευτικό φάσμα.

Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Na	0,25	0,09
Mg	1,31	0,25
Al	1,53	0,16
Si	5,45	0,61
P	24,86	5,42
S	0,18	0,06
Cl	0,08	0,00
K	0,21	0,10
Ca	64,23	5,58
Ti	0,13	0,01
Mn	0,39	0,10
Fe	1,21	0,18

Πίνακας 11. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση χημικών στοιχείων τμήματος κρούστας με αποκολλημένα θραύσματα οστού (compound)



Φάσμα 12. Αντιπροσωπευτικό bulk φάσμα στοιχειακής ανάλυσης κρούστας με αποκολλημένα θραύσματα οστού

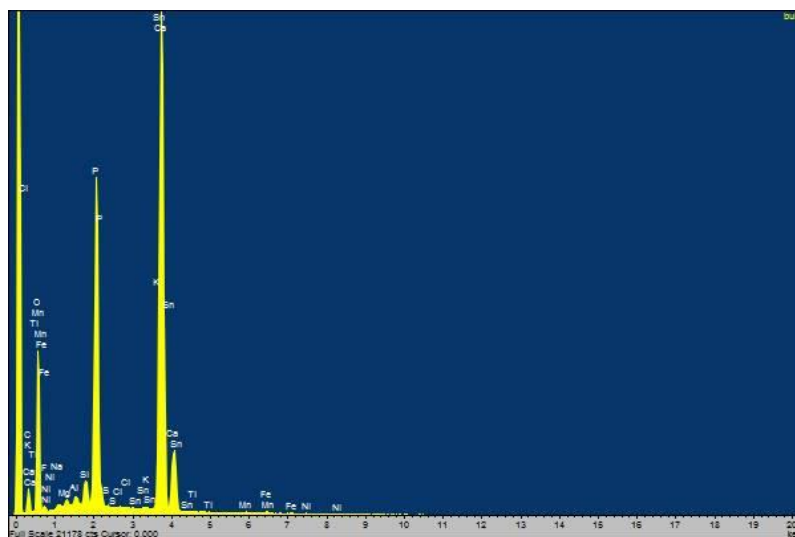
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Οστό

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις για τη διαπίστωση των βασικών στοιχείων των οστών, αναζητώντας συγκεντρώσεις χημικών στοιχείων που θα προσδιόριζαν τον τρόπο συντήρησής τους. Αφαιρώντας τις ακραίες τιμές, ο μέσος όρος από πέντε διαφορετικές περιοχές και η τυπική απόκλιση των χημικών στοιχείων καθώς και ο λόγος ασβεστίου-φωσφόρου παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 12). Παρατίθεται επίσης αντιπροσωπευτικό φάσμα των μετρήσεων (φάσμα 13).

Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
F	2,86	0,88
Na	0,31	0,04
Mg	0,38	0,12
Al	0,67	0,33
Si	1,08	0,75
P	16,02	1,53
S	0,15	0,01
Cl	0,10	0,02
K	0,13	0,04
Ca	38,86	1,35
Ti	0,22	0,21
Mn	0,40	0,39
Fe	0,61	0,57
O	37,88	1,66
Ca/P	2,45	0,33

Πίνακας 12. Μέσος όρος χημικών στοιχείων οστού (weight), τυπική απόκλιση και λόγος Ca/P.



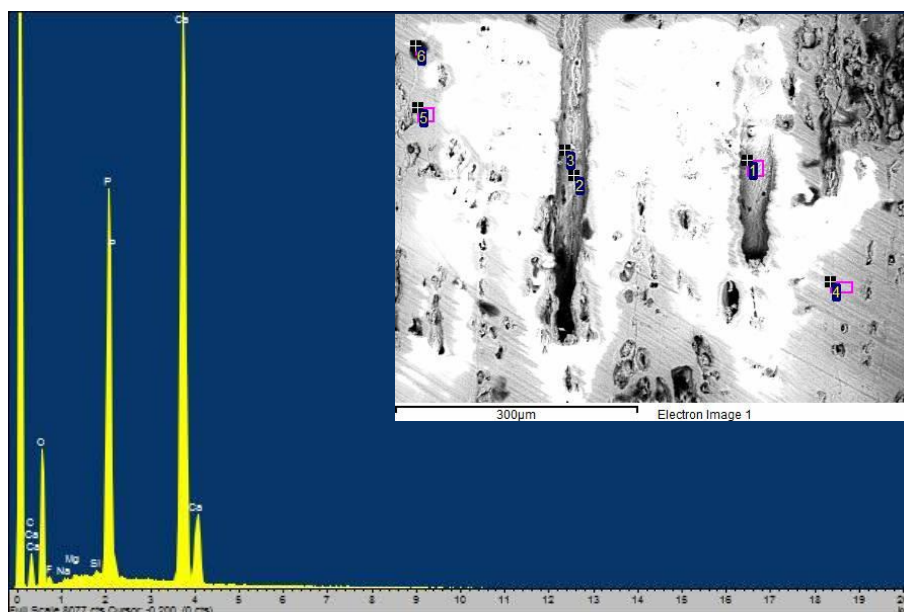
Φάσμα 12. Αντιπροσωπευτικό bulk φάσμα στοιχειακής ανάλυσης οστού

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν σημειακές αναλύσεις στις τομές των οστών και συγκεκριμένα στα κανάλια, ώστε να διαπιστωθεί το υλικό πλήρωσής τους. Ο μέσος όρος των σημειακών αναλύσεων, η τυπική απόκλιση και η bulk ανάλυση της περιοχής παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης στη συνέχεια παρατίθεται και αντιπροσωπευτικό φάσμα από την ανάλυση των καναλιών (φάσμα 13) καθώς και το φάσμα από την bulk ανάλυση (φάσμα 14).

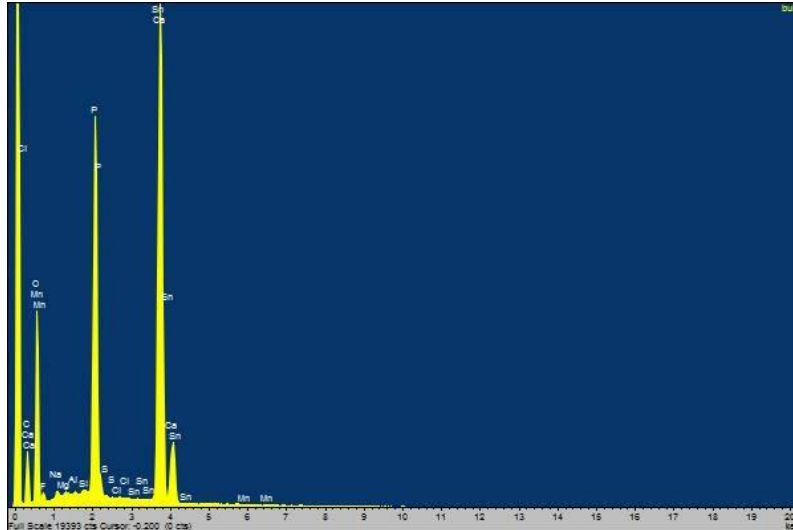
Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος σημειακών αναλύσεων 1,2,3	Τυπική απόκλιση	Bulk
F	4,27	0,55	4,48
Na	0,20	0,02	0,45
Mg	0,20	0,03	0,15
Al	0,10	0,00	0,08
Si	0,18	0,09	0,07
P	17,63	0,59	18,9
S	0,11	0,00	0,12
Cl	0,12	0,04	0,07
Ca	38,47	0,49	35,90
Mn	0,15	0,00	0,07
Fe	0,12	0,00	-
O	38,73	0,48	39,42

Πίνακας 13. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση χημικών στοιχείων από τις σημειακές αναλύσεις 1, 2 και 3 των καναλιών του οστού (weight).



Φάσμα 13. Αντιπροσωπευτικό φάσμα σημειακής (point 1) στοιχειακής ανάλυσης από τα κανάλια του οστού με την αντίστοιχη εικόνα λήψης του σημείου ανάλυσης

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

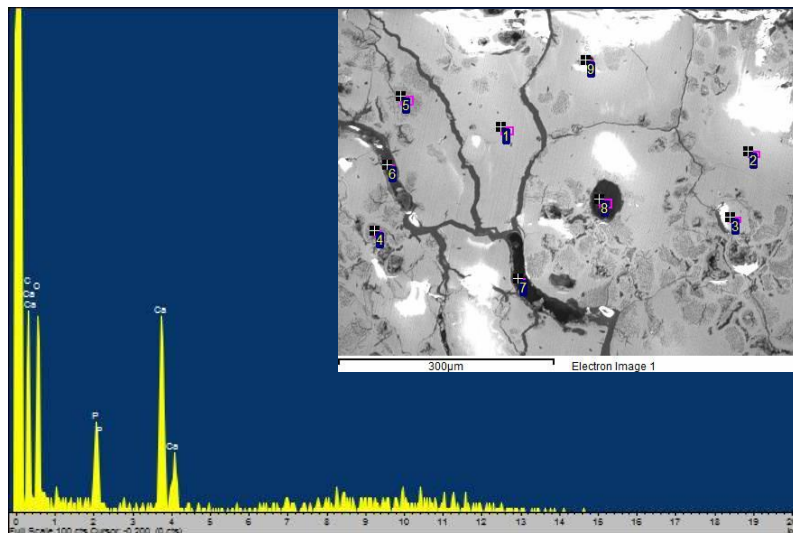


Φάσμα 14. Φάσμα (bulk) στοιχειακής ανάλυσης της περιοχής από όπου λήφθηκαν οι σημειακές αναλύσεις στα κανάλια του οστού

Τέλος, από τη μικροσκοπική παρατήρηση είχε διαπιστωθεί πως δεν είναι όλα τα κανάλια πληρωμένα, πράγμα το οποίο θέλαμε να διαπιστώσουμε και μέσω των αναλύσεων. Έτσι πραγματοποιήθηκε ανάλυση σε ένα κανάλι που φαινόταν κενό, της οποίας τα αποτελέσματα παρατίθενται στη συνέχεια:

Χημικά στοιχεία	Αποτελέσματα
P	13,66
Ca	49,10
O	37,24

Πίνακας 14. Αποτελέσματα ανάλυσης κενού καναλιού (weight).



Φάσμα 15. Σημειακό φάσμα (point 8) στοιχειακής ανάλυσης κενού καναλιού με εικόνα από όπου λήφθηκε

2.4. Συμπεράσματα

Περιβάλλον χόμα

Από τις παραπάνω αναλύσεις διαπιστώνεται πως το περιβάλλον χόμα των οστών είναι αργιλοπυριτικής σύστασης με μεγάλη συγκέντρωση σιδήρου γεγονός που δικαιολογεί και το χρώμα του (κόκκινο-καφέ). Ως συνοδό στοιχείο του σιδήρου είναι το τιτάνιο, το οποίο εμφανίζεται και εδώ σε μικρή συγκέντρωση. Επίσης σε μικρή συγκέντρωση εμφανίζεται και το μαγγάνιο. Όσον αφορά τη συγκέντρωση ή μέρος της συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων του νατρίου, μαγνησίου, φωσφόρου, καλίου και ασβεστίου που εμφανίζονται στα αποτελέσματα, δεν μπορεί να προσδιοριστεί αν και σε ποιο ποσοστό προέρχονται από το ίδιο το περιβάλλον ή από απώλεια στοιχείων από τα οστά καθώς όπως ειπώθηκε και στο υποκεφάλαιο 1.1.4. αυτά συναντώνται και στη σύσταση των οστών. Στη σύσταση των οστών συναντάται επίσης και ο σίδηρος αλλά η υψηλή του συγκέντρωση στις αναλύσεις δείχνει πως η προέλευσή του είναι από το περιβάλλον. Τέλος, το χλώριο που εμφανίζεται σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση πιθανόν προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα.

Τα πορτοκαλί σημεία που παρατηρήθηκαν σε κάποια δείγματα φαίνεται πως προέρχονται από συγκεντρώσεις σιδήρου καθώς παρατηρείται αύξηση αυτού του χημικού στοιχείου συγκριτικά με τη γενική παρουσία του στο χόμα. Το υψηλό ασβέστιο σε αυτή την ανάλυση πιθανόν οφείλεται στο γεγονός πως το σημείο αυτό βρισκόταν πάνω στην κρούστα. Τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία προέρχονται από το χόμα.

Τα χαρακτηριστικά του χόματος που παρατηρήθηκαν μακροσκοπικά, μικροσκοπικά αλλά και από τις αναλύσεις ταιριάζουν με τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής τα οποία αναλύθηκαν στο υποκεφάλαιο 1.1.3.

Κρούστα

Τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται η κρούστα είναι τα ίδια με αυτά του χόματος, μόνο που σε αυτήν εμφανίζεται και πολύ μικρές συγκεντρώσεις θείου. Το βασικό στοιχείο της σύστασής της φαίνεται πως είναι το ασβέστιο το οποίο και εμφανίζει μεγαλύτερη συγκέντρωση απ' ό τι στο χόμα. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει είτε από απώλεια του ασβεστίου από τη σύσταση των οστών είτε από συγκέντρωση του ασβεστίου του περιβάλλοντος στο συγκεκριμένο σημείο είτε και από τα δύο. Το ίδιο ισχύει και για τα υπόλοιπα στοιχεία (νάτριο, μαγνήσιο, φώσφορος, κάλιο) που υπάρχουν στη σύσταση των οστών, όπως ειπώθηκε και παραπάνω. Το αργίλιο, το πυρίτιο και το μαγγάνιο προέρχονται από τη σύσταση του περιβάλλοντος χόματος. Το θείο πιθανόν να προέρχεται από το περιβάλλον αλλά δεν μπορεί να προσδιοριστεί ο λόγος που δεν μετρήθηκε στις αναλύσεις του χόματος.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε τμήμα κρούστας που φαινόταν να έχει τμήματα οστού διαπιστώνεται πως αυτό ισχύει καθώς η τιμή του ασβεστίου και του φωσφόρου (τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το οστό) είναι πολύ υψηλή. Συνεπώς διαπιστώνουμε πως η κρούστα είναι σε άμεση επαφή με το οστό και καθώς αποσπάται παρασύρει τμήματά του.

Οστό

Τα χημικά στοιχεία που εμφανίζονται από τις αναλύσεις των οστών είναι αυτά τα οποία αποτελούν το ανόργανο μέρος τους, όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο 1.1.4, δηλαδή φθόριο, νάτριο, μαγνήσιο, φώσφορος, κάλιο, ασβέστιο και σίδηρος. Η συγκέντρωση κάποιων από αυτά ενδεχομένως να προέρχεται και από απορρόφησή τους από το περιβάλλον. Τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία (αργίλιο, πυρίτιο, θείο, χλώριο, τιτάνιο, μαγγάνιο) που αναλύθηκαν στα οστά προέρχονται πιθανόν από απορρόφησή τους από το περιβάλλον. Ενδέχεται βέβαια να έχουν προσμετρηθεί κάποια υπολείμματα γεωλογικού υλικού καθώς, όπως έχει ήδη διευκρινιστεί, τα δείγματα δεν καθαρίστηκαν πριν τις αναλύσεις.

Από το λόγο Ca/P των οστών, ο οποίος είναι κατά μέσο όρο 2,45, διαπιστώνεται πως στα οστά υπάρχει προσθήκη ασβεστίου εφόσον θεωρητικά εκτιμάται πως ο λόγος αυτός σε ένα φρέσκο οστό είναι 2,14. (Stathopoulou et al, 2003, p. 617) Αυτό βέβαια διαπιστώνεται και από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πληρωμένα κανάλια του οστού, όπου συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των σημειακών αναλύσεων με αυτά της bulk ανάλυσης, φαίνεται το ασβέστιο ως κύριο στοιχείο πλήρωσης των καναλιών. Ακόμα και στη μυελική κοιλότητα από το αποτέλεσμα της ανάλυσης από το XRF διαπιστώθηκε πως το βασικό στοιχείο πλήρωσης είναι το ασβέστιο.

Γενικά, όπως φαίνεται, υπάρχει μία ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ οστού, κρούστας και περιβάλλοντος χώματος. Τα συμπεράσματα όμως που προκύπτουν από τη μακροσκοπική, τη μικροσκοπική παρατήρηση και από τις αναλύσεις και αφορούν την κατάσταση διατήρησης των οστών και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη συντήρησή τους είναι τα εξής:

- Τα οστά καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό από γεωλογικό υλικό.
- Πάνω από την εξωτερική επιφάνεια των οστών παρατηρείται σκληρή κρούστα.
- Το βασικό χημικό στοιχείο της σύστασης της κρούστας που περιβάλλει τα οστά είναι το ασβέστιο.
- Η κρούστα είναι σε άμεση επαφή με το οστό και η αφαίρεσή της πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά διότι αποσπώνται τμήματα του οστού μαζί με αυτήν.
- Δύο δείγματα είναι σπασμένα σε δύο κομμάτια.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

- Η επιφάνεια των οστών είναι σαθρή και αποκολλώνται θραύσματα και μικροθραύσματα.
- Ρωγμές και μικρορωγμές υπάρχουν και στην επιφάνεια αλλά και στο εσωτερικό των οστών. Μέσα στις ρωγμές της επιφάνειας υπάρχει γεωλογικό υλικό.
- Πιθανόν υπάρχει προσβολή από μικροοργανισμούς.
- Έχει γίνει στερέωση σε επτά από τα δέκα δείγματα.
- Κάποια κανάλια των οστών δεν έχουν πληρωθεί με υλικό του περιβάλλοντος, είναι κενά.
- Βασικό χημικό στοιχείο το οποίο είναι υπεύθυνο για την απολίθωση των οστών, είναι το ασβέστιο.
- Δεν ανιχνεύθηκαν σε υψηλές συγκεντρώσεις χημικά στοιχεία που θα μπορούσαν να προκαλούν φθορά στη δομή των οστών. Οι συγκεντρώσεις τους ήταν πολύ μικρές. Τα στοιχεία για τα οποία γίνεται λόγος είναι το χλώριο, το οποίο μαζί με το νάτριο ενδεχομένως να σχημάτιζαν το άλας του χλωριούχου νατρίου, ο σίδηρος και το μαγγάνιο τα οποία σαν οξείδια θα σχημάτιζαν μαύρες περιοχές στα οστά και ο συνδυασμό του σιδήρου με το θείο, τα οποία ενδεχομένως να σχημάτιζαν το προϊόν διάβρωσης του σιδήρου, σιδηροπυρίτη.
- Δεν ανιχνεύθηκαν χημικά στοιχεία σε υψηλή συγκέντρωση τα οποία να δημιουργούν περιορισμό στη χρήση υλικών κατά τη διαδικασία συντήρησης. Το χημικό στοιχείο που θα μπορούσε να δημιουργεί περιορισμό θα ήταν ο σίδηρος καθώς, εάν η συγκέντρωσή του ήταν υψηλή, θα έπρεπε να αποφευχθεί η χρήση χημικών τα οποία θα τον διάβρωναν προκαλώντας στη συνέχεια φθορά στα οστά. Η συγκέντρωσή του όμως είναι πολύ χαμηλή και δεν δημιουργεί περιορισμούς.

2.5. Συζήτηση

Όσον αφορά τα χημικά στοιχεία που αναλύθηκαν από το XRF και το SEM-EDS ήταν αναμενόμενα, καθώς παρουσιάζονται και σε αντίστοιχες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε απολιθώματα (Olivares et al, 2008 ; Pesquero and Fernandez-Jalvo, 2014 ; Stathopoulou et al., 2003 ; Farlow and Argast 2006). Για κάποια από τα χημικά στοιχεία που ανιχνεύθηκαν στο XRF επιχειρήθηκε η ανίχνευσή τους και στο SEM-EDS (βρώμιο, βάριο, χρώμιο, κοβάλτιο, νικέλιο, χαλκός, ψευδάργυρος, κασσίτερος, μόλυβδος, ζirkόνιο, αντιμόνιο). Κάποια από αυτά ανιχνεύθηκαν σε ορισμένες περιοχές αναλύσεων (χρώμιο, κοβάλτιο, νικέλιο, ψευδάργυρος, κασσίτερος) αλλά λόγω των πολύ μικρών τους συγκεντρώσεων και του μεγάλου σφάλματος (πάνω από το μισό) που παρουσίαζαν δεν λήφθηκαν υπόψη. Τα υπόλοιπα δεν ανιχνεύθηκαν καθώς δε ήταν μέσα στα όρια ανίχνευσης του μηχανήματος.

Πραγματοποιώντας μία σύγκριση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων της παρούσας διπλωματικής με τα αποτελέσματα αναλύσεων που πραγματοποίησαν οι Σταθοπούλου, Θεοδώρου και Ψυχάρης (Stathopoulou et al, 2003) σε απολιθώματα του Πικερμίου, παρατηρείται πως έχουν ανιχνευθεί τα ίδια περίπου χημικά στοιχεία. (Πίνακας 15) Στην παρούσα διπλωματική αναφέρονται επίσης το φθόριο και το τιτάνιο. Συγκρίνοντας τα κοινά στοιχεία παρατηρείται πως οι ποσότητες φωσφόρου, ασβεστίου καθώς και ο λόγος Ca/P είναι πολύ κοντά βλέποντας πως τα οστά έχουν απολιθωθεί με παρόμοιο τρόπο, αφού και στις δύο περιπτώσεις το βασικό στοιχείο απολίθωσης φαίνεται πως είναι το ασβέστιο. Το μαγνήσιο, το αργίλιο, το πυρίτιο, το μαγγάνιο και ο σίδηρος στα δείγματα της παρούσας διπλωματικής (Κερασιάς) παρατηρούνται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από των Σταθοπούλου, Θεοδώρου και Ψυχάρη. Αυτό ίσως να οφείλεται σε τυχόν υπολείμματα γεωλογικού υλικού, καθώς τα οστά δεν είχαν καθαριστεί πριν από τις αναλύσεις. Όσον αφορά τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία (νάτριο, χλώριο, κάλιο), των δειγμάτων της παρούσας διπλωματικής, κυμαίνονται μέσα στα όρια των μετρήσεων που πραγματοποίησαν και οι Σταθοπούλου, Θεοδώρου και Ψυχάρη.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Χημικά στοιχεία	Μέσος όρος Κερασιά	Μέσος όρος Πικέρμι	Μέγιστες-Ελάχιστες τιμές Πικερμίου
Na	0,31	0,1	0-0,4
Mg	0,38	-	0-0,1
Al	0,67	0,2	0-0,5
Si	1,08	0,2	0-0,7
P	16,02	15,8	13,7-17,5
S	0,15	0,4	0,1-0,7
Cl	0,10	0,2	0-0,5
K	0,13	-	0-0,2
Ca	38,86	39,1	30,5-44,9
Fe	0,61	-	0-0,4
Mn	0,40	-	0-0,2
O	37,88	40,4	34-50,2
Ca/P	2,45	2,47	

Πίνακας 15. Σύγκριση χημικών στοιχείων οστών που μετρήθηκαν στην παρούσα διπλωματική με τα αντίστοιχα που μετρήθηκαν από Σταθοπούλου, Θεοδώρου και Ψυχάρη σε οστά Πικερμίου με SEM-EDS

Τέλος, όσον αφορά την πιθανή προσβολή από μικροοργανισμούς προτείνεται να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα έτσι ώστε να μπορέσει να διαπιστωθεί η ύπαρξη αλλά και η ταυτότητα και ο τύπος τους για να μπορέσει στη συνέχεια να ακολουθήσει η καταλληλότερη μέθοδος αντιμετώπισής τους. (Λαμπρόπουλος, 2004) Η διαπίστωση των παραπάνω θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω καλλιέργειας.

Τα οστά γενικότερα μπορούν να προσβληθούν από διάφορους βιολογικούς μικροοργανισμούς όπως βακτήρια, μύκητες, κυανοβακτήρια κ.τ.λ. Αυτά δρουν με διάφορους τρόπους στη δομή των οστών προκαλώντας χημικές αλλοιώσεις στη σύστασή τους καθώς παράγουν οξέα που διαλύουν τον ανόργανο υδροξυαπατίτη και δημιουργούν μικροτουνέλ (Λαμπρόπουλος, 2004 ; Shelton and Johnson, 1995 ; Jans, 2008) κάνοντάς τα πιο πορώδη και εύθραυστα. Η ανάπτυξη αλλά και το είδος των μικροοργανισμών εξαρτάται από τις διάφορες περιβαλλοντικές και μεταθανάτιες περιστάσεις. (Jans, 2008) Παράγοντες που παίζουν ρόλο στην ανάπτυξή τους είναι το φως, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. (Λαμπρόπουλος, 2004) Τα υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας (>70%) ευνοούν για παράδειγμα την ανάπτυξη μούχλας και μυκήτων. (Κυριαζή, 2013)

Στα πλαίσια της διδακτορικής του διατριβής ο Γ. Ηλιόπουλος συμπέρανε την ύπαρξη μικροτουνέλ από βακτήρια σε οστά που ανέλυσε από την Κερασιά. (Πιορούλος, 2003) Ενδεχομένως η ύπαρξη των μικροτουνέλ που παρατηρήθηκαν και στα δείγματα της παρούσας διπλωματικής να οφείλονται και αυτά σε βακτήρια. Παρόλα αυτά θα πρέπει να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα για τη διαπίστωση της ύπαρξης αλλά και της ταυτότητας και του τύπου των μικροοργανισμών.

3. Συντήρηση

3.1. Υλικά και εργαλεία συντήρησης απολιθωμάτων

Η συντήρηση των απολιθωμάτων έχει ξεκινήσει πολλά χρόνια πριν. Πολλά επίσης είναι και τα εργαλεία και τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί όλα αυτά τα χρόνια για τον καθαρισμό, τη στερέωση, τη συγκόλληση και τη συμπλήρωσή τους. Παρακάτω γίνεται λόγος για κάποια από αυτά και κυρίως για αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα, έχοντας δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Καθαρισμός

Ο καθαρισμός όπως ειπώθηκε και στο υποκεφάλαιο 1.3.3 πραγματοποιείται για την απομάκρυνση του περιβάλλοντος πετρώματος ή οποιουδήποτε υλικού το οποίο δεν αποτελεί στοιχείο του αντικειμένου (Wilson, 1995) και μπορεί να επιτευχθεί μηχανικά, χημικά, με χρήση νερού ή οργανικών διαλυτών ή με μέσα υπερηχητικών κυμάτων και laser.

Για τον μηχανικό καθαρισμό απολιθωμένων οστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα εργαλεία όπως βούρτσες, μικρά μεταλλικά εργαλεία (νυστέρια, βελόνες κ.τ.λ.) καθώς και ισχυρότερα εργαλεία είτε χειροκίνητα (σμίλες κ.τ.λ.) είτε αυτόματα (κρουστικά, πνευματικά, αμμοβολή κ.τ.λ.). Ο μηχανικός καθαρισμός έχει το πλεονέκτημα ότι δεν είναι τοξικός και δεν αφήνει κατάλοιπα. Χρειάζεται όμως ιδιαίτερη προσοχή καθώς χτυπήματα ή δονήσεις μπορεί να προκαλέσουν θραύσεις ή να οδηγήσουν σε σοβαρά κατάγματα. (López-Polín, 2012)

Κατά τον χημικό καθαρισμό χρησιμοποιούνται συνήθως όξινα υδατικά διαλύματα, εκ των οποίων τα πιο συνήθη είναι το οξικό και το μυρμηκικό οξύ, με σκοπό την απομάκρυνση των ασβεστοποιημένων περιβλημάτων των απολιθωμένων οστών. Παρόλο όμως που με αυτή τη μέθοδο δεν υπάρχει κίνδυνος να προκληθούν φθορές από χτυπήματα και δονήσεις και μπορούν να απομακρυνθούν γεωλογικά υλικά από σημεία που αδυνατεί ο μηχανικός καθαρισμός, υπάρχει κίνδυνος φθοράς του φωσφορικού ασβεστίου και του ανθρακικού ασβεστίου των οστών. (Lindsay, 1995 ; López-Polín, 2012) Επίσης, ύστερα από το τέλος του χημικού καθαρισμού πρέπει να ακολουθούν πλύσεις με απιονισμένο νερό έως ότου απομακρυνθούν εντελώς όλα τα

υπολείμματα των χημικών. (López-Polín, 2012) Αν δεν απομακρυνθούν εντελώς και παραμείνουν στη δομή των οστών θα συνεχίζουν τη δράση τους προκαλώντας φθορά.

Για την αφαίρεση γεωλογικού υλικού μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί απιονισμένο νερό ή οργανικοί διαλύτες, όπως ακετόνη και αιθανόλη, ή συνδυασμός και των δύο. Για οστά που ενδέχεται κατά την ξήρανση να κρακελάρουν ενδείκνυται η χρήση συνδυασμού νερού με κάποιον οργανικό διαλύτη καθώς δημιουργείται ένα πτητικό μίγμα. Οι διαλύτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και για την απομάκρυνση στερεωτικών ή άλλων οργανικών ουσιών. (López-Polín, 2012 ; Wilson, 1995)

Τέλος, άλλα μέσα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση γεωλογικού υλικού από απολιθώματα είναι τα υπερηχητικά μπάνια, τα οποία συνδυάζουν υπερηχητικά κύματα με υγρό, το ξέστρο υπερήχων για πιο ακριβή καθαρισμό και το laser που προκαλεί εξάτμιση και εξάχνωση μέσω φωτοθερμικών και φωτοχημικών διεργασιών αφαιρώντας επιλεκτικά, λεπτομερώς και χωρίς επαφή με το αντικείμενο. Όσον αφορά το ξέστρο υπερήχων και το laser χρήζουν προσοχής κατά τη χρήση καθώς το μεν ξέστρο μπορεί να τραυματίσει το αντικείμενο το δε laser να το κάψει. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης με το laser μπορεί ο καθαρισμός να υποβοηθηθεί ταυτόχρονα με νερό. (López-Polín, 2012 ; Karantoni et al, 2014)

Στην περίπτωση ύπαρξης μικροοργανισμών έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι για την αντιμετώπισή τους. Πάντα όμως πρέπει να προηγείται έρευνα για την ταυτότητα και τον τύπο του μικροοργανισμού ώστε να εφαρμόζεται η καταλληλότερη μέθοδος καθώς δεν δρουν όλες σε όλους τους μικροοργανισμούς. Μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπισή τους είναι η εφαρμογή τοξικών ουσιών – βιοκτόνα, με πιο γνωστό το Desogen, μικροκύματα, υπεριώδεις ακτινοβολίες, θερμότητα και δημιουργία ανοξικού περιβάλλοντος με αδρανή αέρια (αργό, άζωτο). (Λαμπρόπουλος, 2004 ; Baucon et al., 2008)

Στερέωση

Τα στερεωτικά εφαρμόζονται για την ενίσχυση των σαθρών και εύθρυπτων υλικών των αντικειμένων. Όσον αφορά τα απολιθώματα πολλές φορές εφαρμόζονται από την

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

αρχή της αποκάλυψής τους, κατά την ανασκαφή, ως άμυνα κατά τη φθοράς τους. (Florida Museum) Γενικά έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα υλικά στερέωσης των απολιθωμάτων. Τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως στερεωτικά βασίζονταν σε φυσικά προϊόντα όπως ζωικά κεριά και ρητίνες, φυτικά προϊόντα κ.ά.. Η πρώτη συνθετική ρητίνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν η νιτρική κυτταρίνη. Άλλα συνθετικά στερεωτικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι βινυλικές, ακρυλικές και εποξειδικές ρητίνες. (Shelton and Johnson, 1995)

Γενικά τα στερεωτικά είναι διαθέσιμα είτε ως καθαρές ρητίνες είτε ως γαλακτώματα. (Florida Museum ; Shelton and Johnson, 1995) Οι καθαρές ρητίνες είναι αυτές που διαλύονται σε κάποιον διαλύτη όπως η ακετόνη, η αιθανόλη ή η τολουόλη. Οι επικρατέστερες καθαρές ρητίνες που χρησιμοποιούνται πλέον στα απολιθώματα είναι οι θερμοπλαστικές ρητίνες Butvar (πολυβινυλικό βουτύλιο) και Paraloid B72 (ακρυλική ρητίνη). Το διάλυμα ρητίνης-διαλύτη πρέπει να είναι λεπτόρευστο έτσι ώστε να μπορέσει να εισχωρήσει στο αντικείμενο έως το σημείο που χρειάζεται, ενδυναμώνοντας όλο το αντικείμενο, και να μην μείνει μόνο στην επιφάνειά του. Τα γαλακτώματα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη στερέωση νωπών αντικειμένων. Είναι γενικά λευκά, γαλακτώδη μίγματα που διαλύονται σε νερό. (Florida Museum ; Shelton and Johnson, 1995) Γνωστό γαλακτώμα που έχει χρησιμοποιηθεί στη συντήρηση απολιθωμάτων είναι το Primal AC-33 (ακρυλικό γαλακτώμα). (Shelton and Johnson, 1995) Η χρήση τους όμως αποφεύγεται διότι τίθεται το θέμα της αντιστρεψιμότητας. Είναι δύσκολο να αφαιρεθούν όταν στεγνώσουν και σχεδόν αδύνατο όταν εκτεθούν στις υπεριώδης ακτίνες του ήλιου ή στις λάμπες φθορισμού. Επίσης με το πέρασμα του χρόνου κιτρινίζουν. (Florida Museum ; López-Polín, 2012)

Γενικά το στερεωτικό που θα επιλεγεί για τη συντήρηση των αντικειμένων πρέπει αρχικά να είναι αντιστρεπτό, όπως αναφέρεται και στον κώδικα δεοντολογίας του συντηρητή στο υποκεφάλαιο 1.3.2, ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται αντιστρεπτά υλικά. Επίσης πρέπει να είναι σταθερό και ανθεκτικό στις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, ακτινοβολία κ.τ.λ.) και συμβατό με τα υλικά και τα αποτελέσματα που θέλει ο συντηρητής να επιτύχει. (Λαμπρόπουλος, 2004 ; López-Polín, 2012)

Συγκόλληση

Τα συγκολλητικά χρησιμοποιούνται με σκοπό να επαναφέρουν τα σπασμένα αντικείμενα στην αρχική τους μορφή αλλά και τυχόν θραύσματα των αντικειμένων στην αρχική τους θέση. Μεγάλη είναι η ποικιλία των συγκολλητικών που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση απολιθωμένων οστών. Όπως για τα στερεωτικά, έτσι και για τα συγκολλητικά αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ζωικά προϊόντα (ζωικές κόλλες). Η χρήση τους όμως δεν γίνεται πλέον καθώς είναι ασταθείς και εύθραυστες κόλλες και κιτρινίζουν με το πέρασμα του χρόνου. Από τον 20^ο αιώνα εμφανίστηκαν νέα συγκολλητικά τα οποία είναι οργανικά πολυμερή. Τα βασικότερα συγκολλητικά που χρησιμοποιούνται πλέον για τη συγκόλληση των απολιθωμάτων είναι η κόλλα Butvar (πολυβινυλικό βουτύλιο) της οποίας η συρρίκνωση είναι ελάχιστη και είναι εύκολα αντιστρεπτή και το Paraloid B72 (ακρυλικό πολυμερές) το οποίο είναι και αυτό αντιστρεπτό και είναι σταθερό για πολύ καιρό. Άλλο συγκολλητικό που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το γαλάκτωμα οξικού πολυβινυλίου το οποίο πλέον δεν χρησιμοποιείται καθώς δεν αφαιρείται εύκολα, είναι οξύ και αλλοιώνεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Επίσης, όταν χρειάζεται μια ισχυρή συγκόλληση, και μόνο τότε καθώς δεν είναι αντιστρεπτές και κιτρινίζουν με τον καιρό, χρησιμοποιούνται εποξειδικές ρητίνες. Ισχυρή συγκόλληση γίνεται και με τα κυανοακρυλικά πολυμερή τα οποία παρόλο που παρουσιάζουν ταχύ χρόνο πήξης αφαιρούνται δύσκολα, γεγονός που δυσχεραίνει τη χρήση τους στον τομέα της συντήρησης. Τέλος, ούτε τα συγκολλητικά νιτρικής κυτταρίνης είναι ενδεικτικά για τη συντήρηση καθώς κιτρινίζουν με τον καιρό και την έκθεση στις υπεριώδης ακτινοβολίες και κάποια συρρικνώνονται αρκετά, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει φθορά στο ίδιο το αντικείμενο. (Shelton and Johnson, 1995 ; Florida Museum)

Γενικά τα συγκολλητικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να πληρούν τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά των στερεωτικών, δηλαδή να είναι αντιστρεπτά, ανθεκτικά στις συνθήκες του περιβάλλοντος και να είναι συμβατά με το αντικείμενο. Επίσης, συμβατά πρέπει να είναι και με τις τάσεις που πρόκειται να ασκηθούν στα συγκολλημένα τμήματα-θραύσματα. (Λαμπρόπουλος, 2004)

Συμπλήρωση

Η συμπλήρωση πραγματοποιείται μόνο εφόσον κριθεί σκόπιμο και αναλόγως με την κατάσταση και τον προορισμό του αντικειμένου. Πριν από τη διαδικασία της συμπλήρωσης πρέπει η περιοχή που πρόκειται να συμπληρωθεί να μονωθεί με αλληπάλληλες επαλείψεις στερεωτικού ώστε να μην έρθει σε επαφή με το υλικό συμπλήρωσης. (Λαμπρόπουλος, 2004)

Υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στη συμπλήρωση κενών στα απολιθώματα είναι τα λεγόμενα έτοιμα προϊόντα όπως γύψος, Polyfilla ή Hydrocal, που δεν συστέλλεται και έχει μεγαλύτερο χρόνο εργασιμότητας από τη γύψο, και οι εποξικοί στόκοι. Επίσης αναφέρεται και η χρήση πάστας AJK ή BJK η οποία είναι γαλάκτωμα νερού και βινυλικών ρητινών με καολίνη και ίνες γιούτας σαν πληρωτικά υλικά. (Rixon, 1976 ; Λαμπρόπουλος, 2004) Επίσης, ως υλικά συμπλήρωσης έχουν χρησιμοποιηθεί διογκωτικά μέσα τα οποία αναμιγνύονται με συγκολλητικά όπως μικροσφαιρίδια γυαλιού με Paraloid B72 κ.τ.λ. (American Museum of Natural History ; Μουσείο Μπενάκη-Τμήμα Συντήρησης ; Natural History Conservation.com ; Buttler, 1994)

Αποθήκευση

Η σωστή αποθήκευση των αντικειμένων περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλων υλικών αποθήκευσης αλλά και τη ρύθμιση του γενικού περιβάλλοντος ή του μικροπεριβάλλοντός τους. Διάφορα είναι τα υλικά και έπιπλα που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των αντικειμένων αλλά και τα υλικά και συστήματα για τη ρύθμιση και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών τους συνθηκών.

Για την επιλογή των επίπλων αποθήκευσης βασικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι το βάρος των αντικειμένων, να είναι ανθεκτικά και να προστατεύουν τα αντικείμενα. Γενικά κάποια από τα έπιπλα που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι ντουλάπια-ερμάρια για μικρού και μεσαίου μεγέθους αντικείμενα, ράφια για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους αντικείμενα και παλέτες για πολύ μεγάλα και βαριά αντικείμενα. Τα πιο κοινά για αποθήκευση συλλογών είναι τα ντουλάπια, όπου παλαιότερα ήταν ξύλινα. Επειδή όμως αυτά δεν μπορούν να σφραγιστούν επαρκώς με κίνδυνο να διαπερνούν αναθυμιάσεις και σωματίδια από το

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

περιβάλλον μέσα σε αυτά και συσσωρεύουν όξινους ατμούς, πλέον είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται ατσάλινα. Τα ατσάλινα είναι προτιμότερο να είναι βαμμένα με βαφή σκόνης καθώς είναι ανθεκτική στις αλλαγές τις σχετικής υγρασίας και δεν προκαλεί αέριους ρύπους. (American Museum of Natural History ; Leiggi and May, 1994) Αν η βαφή είναι διαλυμένη σε κάποιο διαλύτη τότε τα ντουλάπια θα πρέπει να αεριστούν πάρα πολύ καλά πριν την τοποθέτηση των αντικειμένων μέσα σε αυτά. (Leiggi and May, 1994) Για την καλύτερη στήριξη εύθραυστων αντικειμένων στα έπιπλα μπορούν να κατασκευαστούν βάσεις-θήκες από αφρό πολυαιθυλενίου. Επίσης ενδεικτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την αποθήκευση για την προστασία των αντικειμένων είναι το αντιόξινο χαρτί και το bubble wrap. (Fitzgerald, 1995)

Τέλος, για τη ρύθμιση και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα και υλικά. Για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιούνται συστήματα κλιματισμού και υλικά, όπως air conditions, silica gel κτλ αναλόγως με την κάθε περίπτωση. (American Museum of Natural History) Όσον αφορά τον έλεγχο των συνθηκών αυτών χρησιμοποιούνται συστήματα όπως είναι οι θερμοϋδρογράφοι που δίνουν άμεσα οπτικά αποτελέσματα των τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας ώστε να υπάρχει άμεσος έλεγχος για τη διατήρηση των συνθηκών σε σταθερά επίπεδα. Στην περίπτωση που τα αντικείμενα δεν είναι αποθηκευμένα σε κάποιο κλειστό-σκοτεινό χώρο, για την προστασία από την ακτινοβολία, χρησιμοποιούνται φίλτρα, ειδικά τζάμια και ειδικοί λαμπτήρες. (Κυριαζή, 2013) Η προστασία από τους ρύπους του περιβάλλοντος μπορεί να ρυθμιστεί με φιλτράρισμα του αέρα μέσω των κλιματιστικών συστημάτων. (Fitzgerald, 1995)

3.2. Δοκιμές συντήρησης

Για τις δοκιμές καθαρισμού του χώματος και της κρούστας επιλέχθηκε το τμήμα Α του δείγματος K4-S370. (εικ.66) Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τον καθαρισμό ήταν περιορισμένα καθώς δεν υπήρχε η ευχέρεια εργαλείων και υλικών που θα υπήρχε σε ένα εργαστήριο συντήρησης.

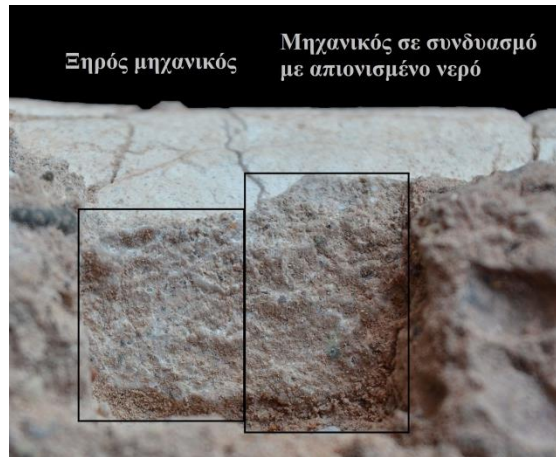
Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν ήταν μόνο με μηχανικά μέσα καθώς και συνδυασμός μηχανικών μέσων με απιονισμένο νερό και με οργανικούς διαλύτες. Για το μηχανικό καθαρισμό χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία χειρός όπως νυστέρι, βελόνα, οδοντιατρικό ξέστρο, μπατονέτα και πινέλο και οι οργανικοί διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αιθανόλη και ακετόνη. Χημικά μέσα δεν χρησιμοποιήθηκαν καθώς όπως ειπώθηκε και παραπάνω θα έπρεπε με το πέρας της εφαρμογής τους να αφαιρεθούν από τη δομή του δείγματος μέσω αλληπάλληλων λουτρών, πράγμα το οποίο δεν θα το άντεχε λόγω της κατάστασης διατήρησής του.



Εικ.66 Τμήμα Α δείγματος K4-S370 που χρησιμοποιήθηκε για δοκιμές συντήρησης

Για την απομάκρυνση του χώματος πραγματοποιήθηκε αρχικά μόνο μηχανικός καθαρισμός και στη συνέχεια μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό. (εικ.67) Κατά τον ξηρό μηχανικό καθαρισμό το χώμα ήταν σκληρό και δεν αφαιρούταν εύκολα. Σε συνδυασμό όμως με το απιονισμένο νερό το χώμα μαλάκωνε και η αφαίρεσή του ήταν πολύ πιο εύκολη. Για την αφαίρεση χώματος δεν πραγματοποιήθηκε δοκιμή μηχανικού καθαρισμού σε συνδυασμό με οργανικούς διαλύτες καθώς ο μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα.

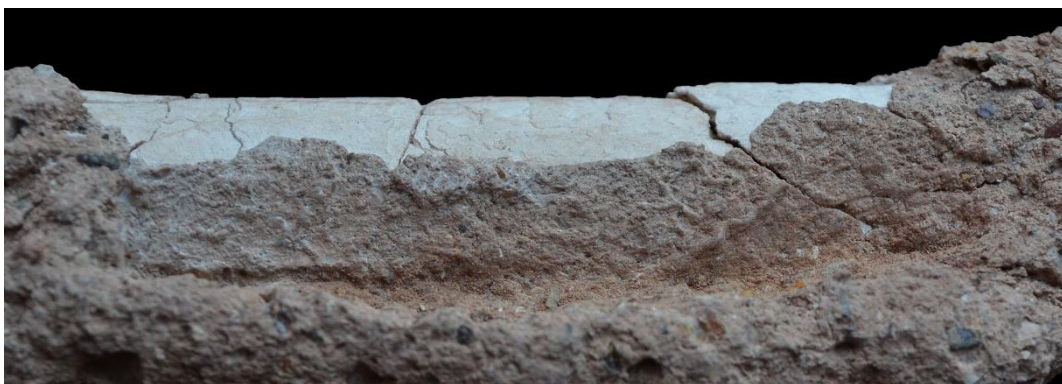
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



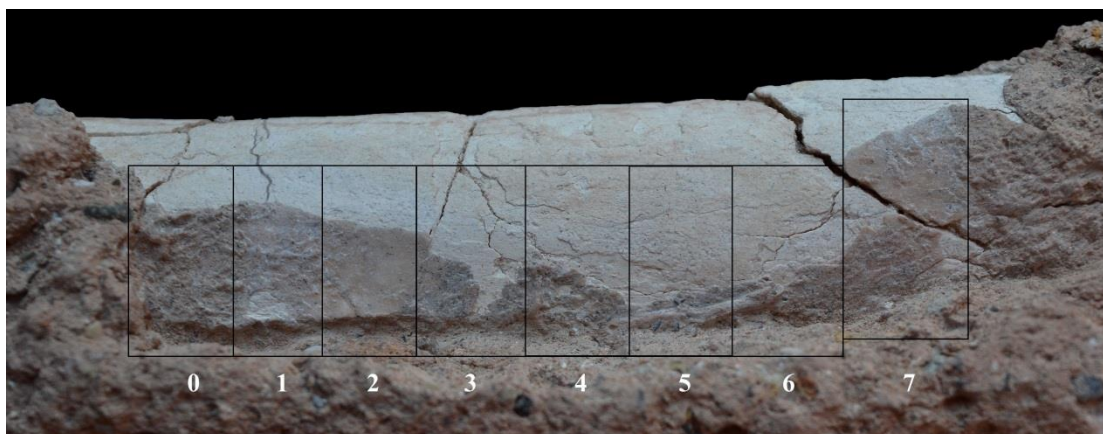
Εικ.67 Δοκιμή καθαρισμού χρώματος με ξηρό μηχανικό καθαρισμό και με μηχανικό σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό

Για να πραγματοποιηθούν δοκιμές καθαρισμού της κρούστας, το περιβάλλον χρώμα καθαρίστηκε με συνδυασμό μηχανικού καθαρισμού με απιονισμένο νερό. (εικ.68) Οι δοκιμές που ακολούθησαν για την αφαίρεση της κρούστας πραγματοποιήθηκαν με την εξής σειρά (εικ.69):

1. Ξηρός μηχανικός καθαρισμός
2. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό
3. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με αιθανόλη
4. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με ακετόνη
5. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με αιθανόλη και ακετόνη σε αναλογία 1:1
6. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με αιθανόλη και ακετόνη σε αναλογία 2:1
7. Μηχανικός καθαρισμός σε συνδυασμό με αιθανόλη και ακετόνη σε αναλογία 1:2



Εικ.68 Καθαρισμός χρώματος μηχανικά με απιονισμένο νερό



Εικ.69 Δοκιμές καθαρισμού κρούστας

Με τον ξηρό μηχανικό καθαρισμό η αφαίρεση της κρούστας ήταν πολύ δύσκολη. Επίσης κατά την τριβή της με τα εργαλεία είχε μια λευκή απόχρωση με αποτέλεσμα να μην γινόταν καθαρά αντιληπτό αν είχε απομακρυνθεί και είχε εμφανιστεί το οστό ή υπήρχε ακόμα. Στην προκειμένη περίπτωση, λόγω της ύπαρξης της επιφάνειας οστού δίπλα από την περιοχή καθαρισμού, ο προσδιορισμός του αν υπάρχει ακόμα ή έχει απομακρυνθεί και έχει εμφανιστεί οστό ήταν εύκολος. Σε περιπτώσεις όμως που σε κάποιο δείγμα ενδεχομένως να μην υπάρχει επιφάνεια οστού για σύγκριση εγκυμονεί κίνδυνος. Επομένως ο ξηρός μηχανικός καθαρισμός απορρίπτεται και λόγω δυσκολίας και λόγω επικινδυνότητας.

Κατά τον καθαρισμό μηχανικά σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό και οργανικούς διαλύτες δεν υπήρχε κάποια ουσιώδης διαφορά στην ευκολία απομάκρυνσης της κρούστας. Η διαφορά μεταξύ τους ήταν μόνο στο χρόνο εξάτμισης καθώς η καθαρή ακετόνη εξατμιζόταν πολύ γρήγορα σε αντίθεση με το απιονισμένο νερό που εξατμιζόταν πιο αργά.

Κατά την διάρκεια όλων των δοκιμών, με την αφαίρεση της κρούστας παρασύρονται τμήματα οστού (εικ.70). Για το λόγο αυτό έγινε προσπάθεια συγκράτησής της κατά τη διαδικασία του καθαρισμού, όπου αυτό ήταν εφικτό καθώς είχε αποκολληθεί ήδη σε μερικά σημεία από την επιφάνεια του οστού παρασύροντας μαζί και τμήματά του. Αυτό έγινε με σκοπό να πραγματοποιηθεί δοκιμή εφαρμογής στερεωτικού (Paraloid B72 5% σε ακετόνη) κάτω από την κρούστα ώστε μήπως στη συνέχεια κατά την αφαίρεσή της τμήματα του οστού που θα παρασύρονταν παρέμεναν-στερεώνονταν στην επιφάνειά του.



Εικ.70 Τμήμα κρούστας που παρέσυρε τμήμα οστού κατά την αφαίρεση

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Πριν την εφαρμογή του στερεωτικού η επιφάνεια του οστού καθαρίστηκε καλά από υπολείμματα σκόνης και χώματος, με μπατονέτα εμποτισμένη σε ακετόνη, η οποία εξατμίζεται γρήγορα. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε το στερεωτικό με σύριγγα τοπικά δίπλα από την κρούστα προσπαθώντας να πάει και από κάτω. Αφού στέγνωσε ξεκίνησε ο καθαρισμός μηχανικά σε συνδυασμό με νερό (όχι με αιθανόλη και ακετόνη καθώς αυτές διαλύουν το Paraloid B72). Η διαδικασία επαναλαμβάνονταν κάθε φορά που αφαιρούνταν τμήμα της κρούστας, καθώς το στερεωτικό δεν έφτανε σε όλα τα σημεία. Με αυτή τη μέθοδο κατά την αφαίρεση της κρούστας παρατηρούνταν ακόμα τμήματα οστού πάνω σε αυτήν, αλλά σε λιγότερο βαθμό. Επιπλέον εφαρμογή στερεωτικού, με σύριγγα, γινόταν όπου η επιφάνεια μετά την αφαίρεση της κρούστας ήταν σαθρή.

Γενικά η αφαίρεση της κρούστας με όλες τις μεθόδους που δοκιμάστηκαν είχε ως αποτέλεσμα την απόσπαση τμημάτων οστού. Η εναπομένουσα επιφάνεια είχε απώλειες (εικ.71). Συνεπώς καμία από τις μεθόδους καθαρισμού της κρούστας δεν ενδείκνυται για τα συγκεκριμένα δείγματα.



Εικ.71 Κατάσταση οστού μετά την αφαίρεση της κρούστας

3.3. Πρόταση συντήρησης

3.3.4 Επεμβατική συντήρηση

Καθαρισμός

Αρχικά πριν από οποιαδήποτε ενέργεια συντήρησης των δειγμάτων πρέπει να διαπιστωθεί η ύπαρξη μικροοργανισμών και να προσδιοριστεί η ταυτότητα και ο τύπος τους μέσω περαιτέρω έρευνας, όπως προτάθηκε στο υποκεφάλαιο 2.5. Με βάση τα αποτελέσματα, στην περίπτωση ύπαρξης μικροοργανισμών, θα πρέπει να προσδιοριστεί η καταλληλότερη μέθοδος αντιμετώπισής τους. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.1 οι τρόποι αντιμετώπισης των βιολογικών μικροοργανισμών ποικίλουν και εξαρτώνται από το είδος τους. Μπορούν να αντιμετωπιστούν με βιοκτόνα, μικροκύματα, υπεριώδεις ακτινοβολίες, θερμότητα ή με δημιουργία ανοξικού περιβάλλοντος. Όσον αφορά τα συγκεκριμένα δείγματα δεν προτείνεται η χρήση βιοκτόνων διότι ύστερα από την χρήση τους θα πρέπει να ακολουθηθούν αλληπάλληλες πλύσεις για την απομάκρυνσή τους, μία ενέργεια που δεν θα την αντέξουν λόγω της κατάστασής διατήρησής τους. Θα πρέπει να προσδιοριστεί μία μέθοδος αντιμετώπισης μη χημική.

Όσον αφορά τα δείγματα στα οποία έχει πραγματοποιηθεί επιφανειακή στερέωση, προτείνεται η απομάκρυνση της με μπατονέτα ελαφρά εμποτισμένη σε ακετόνη. Η αφαίρεση του στερεωτικού πρέπει να γίνει πολύ ελεγχόμενα, με μεγάλη προσοχή και έως το σημείο που κρίνεται εφικτό καθώς συγκρατεί τμήματα-θραύσματα του οστού και σε ορισμένα σημεία εάν απομακρυνθεί εντελώς κινδυνεύουν να υπάρξουν απώλειες.

Στη συνέχεια για την απομάκρυνση του περιβάλλοντος χώματος των οστών, όπως προκύπτει και από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, προτείνεται αφαίρεσή του με χρήση μικροεργαλείων (νυστέρια, βελόνες, οδοντιατρικά ξέστρα κ.τ.λ.) σε συνδυασμό με απιονισμένο νερό. Ο καθαρισμός με αυτή τη μέθοδο προτείνεται να φτάνει έως το σημείο όπου θα αποκαλυφθεί η κρούστα.

Για την απομάκρυνση της κρούστας δεν μπόρεσε να προσδιοριστεί η ιδανική μέθοδος αφαίρεσής της καθώς από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν δεν λήφθηκαν τα επιθυμητά αποτελέσματα καθώς μαζί με την κρούστα απομακρύνονταν και τμήματα οστού. Χημικός καθαρισμός δεν επιδιώχθηκε και δεν προτείνεται για την απομάκρυνσή της καθώς τα αντικείμενα λόγω της κατάστασης διατήρησής τους

δεν θα άντεχαν τις αλληπάλληλες πλύσεις που θα έπρεπε να ακολουθήσουν ύστερα από την εφαρμογή τους. Παρόλα αυτά, με βάση τη βιβλιογραφία διαπιστώθηκε πως καλά αποτελέσματα για την αφαίρεση κρούστων, και ασβεστιτικών υλικών, όπως η κρούστα στην παρούσα περίπτωση, έχει δείξει η χρήση laser. Η δράση του είναι επιλεκτική, λεπτομερής και χωρίς επαφή με το αντικείμενο. (Landucci et al., 2000 ; Landucci et al., 2003 ; Karantoni et al, 2014) Με βάση αυτά, προτείνεται να πραγματοποιηθούν δοκιμές αφαίρεσης της κρούστας με laser. Θα πρέπει να γίνουν διάφορες δοκιμές για να προσδιοριστούν οι ιδανικές παράμετροι (τιμές ροής, συχνότητα, μήκος κύματος, διάρκεια παλμού, μέγεθος σημείου ακτινοβολίας) οι οποίες θα πρέπει να είναι ανάλογες κάθε φορά και με το πάχος της κρούστας. (Landucci et al., 2000) Ταυτόχρονα κατά τη διάρκεια της ακτινοβολίας, για την αποφυγή της υπερθέρμανσης της επιφάνειας, προτείνεται να γίνει υποβοήθηση με απιονισμένο νερό. (Landucci et al., 2003 ; Karantoni et al, 2014) Επίσης η επιφάνεια καθαρισμού θα πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά κατά την εφαρμογή του laser κάτω από μικροσκόπιο έτσι ώστε να σταματήσει ο καθαρισμός την σωστή στιγμή και να μην προκληθεί φθορά στην επιφάνεια του οστού. (Landucci et al., 2000) Τέλος, η αξιολόγηση των δοκιμών μπορεί να γίνει με μακροσκοπική παρατήρηση και μικροσκοπική ανάλυση της επιφάνειας (οπτικά και με SEM) με έμφαση στην ακεραιότητα της δομής αλλά και την απουσία χημικών αλλοιώσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται πως για την αφαίρεση ασβεστιτικού υλικού έχει χρησιμοποιηθεί το laser Nd:YAG εξοπλισμένο με οπτικές ίνες. (Karantoni et al, 2014)

Στερέωση- Συγκόλληση

Η επιφάνεια των δειγμάτων, όπως διαπιστώθηκε από τη μακροσκοπική και μικροσκοπική παρατήρηση, είναι σαθρή και αποκολλώνται θραύσματα και μικροθραύσματα. Επίσης ρωγμές και μικρορωγμές υπάρχουν στην επιφάνεια και στο εσωτερικό των οστών. Με βάση τα παραπάνω αλλά και από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώνεται πως τα αντικείμενα χρήζουν στερέωσης.

Για τη στερέωση προτείνεται ως στερεωτικό το Paraloid B72 5-10% σε ακετόνη. Η εφαρμογή του προτείνεται να γίνει με σύριγγα, αποφεύγοντας την τριβή του πινέλου, ξεκινώντας σε χαμηλή περιεκτικότητα (5%), ώστε να εισχωρεί σε βάθος και στη συνέχεια σε πιο υψηλή περιεκτικότητα εφόσον χρειαστεί (έως 10%).

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Εκτός από τη στερέωση κατά τη μακροσκοπική παρατήρηση διαπιστώθηκε πως δύο από τα δείγματα είναι σπασμένα. Επίσης θραύσματα παρατηρήθηκαν σε επτά από τα δέκα δείγματα. Για τη συγκόλληση λοιπόν των δύο δειγμάτων τα οποία είναι σπασμένα αλλά και των θραυσμάτων, εφόσον βρεθεί η θέση συγκόλλησής τους, προτείνεται ως συγκολλητικό η κόλλα Paraloid B72.

Γενικά, ως στερεωτικό και συγκολλητικό προτείνεται το Paraloid B72 καθώς είναι μια ακρυλική ρητίνη που, όπως ειπώθηκε και στο υποκεφάλαιο 3.1, είναι από τα πλέον επικρατέστερα στερεωτικά και συγκολλητικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στη συντήρηση των απολιθωμάτων. Είναι ένα αντιστρεπτό και σταθερό στο χρόνο υλικό (Shelton and Johnson, 1995), με εξαιρετικές ιδιότητες γήρανσης που παρουσιάζει μέτρια σκληρότητα και ισορροπία μεταξύ ευελιξίας και ακαμψίας. (Davidson and Alderson, 2009)

Συμπλήρωση

Γενικά η συμπλήρωση είναι ένα στάδιο που πραγματοποιείται μόνο εφόσον κριθεί σκόπιμο. Με βάση τη μακροσκοπική παρατήρηση των δειγμάτων δεν θεωρείται πως τα δείγματα χρειάζονται κάποιου είδους συμπλήρωση.

3.3.5 Προληπτική συντήρηση

Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 1.3.1 η προληπτική συντήρηση έχει να κάνει με όλα τα μέτρα και τις δράσεις που γίνονται με σκοπό να αποφευχθεί και να ελαχιστοποιηθεί η μελλοντική αλλοίωση ή απώλεια των αντικειμένων μη επεμβαίνοντας στα υλικά και τη δομή τους αλλά στο περιβάλλον στο οποίο εκτίθενται-αποθηκεύονται. (ICOM-CC) Η προληπτική συντήρηση μπορεί να γίνει πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από τις ενέργειες συντήρησης καθώς επιβραδύνει τους παράγοντες φθοράς.

Οι επεμβάσεις αυτές έχουν να κάνουν με τις συνθήκες του γενικού περιβάλλοντος ή του μικροπεριβάλλοντος των αντικειμένων οι οποίες θα πρέπει να ρυθμίζονται και να ελέγχονται ώστε να παραμένουν σταθερές. Επίσης τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά την αποθήκευση θα πρέπει να είναι κατάλληλα ώστε να διατηρούν σταθερά τα αντικείμενα και να έχουν μακροπρόθεσμη χρήση. (Κυριαζή, 2013 ; Leiggi and May, 1994) Τέλος, ο χώρος αποθήκευσης θα πρέπει να είναι ασφαλής και να φυλάσσει τα αντικείμενα από τυχόν κλοπή, πυρκαγιά ή πλημμύρα. (Fitzgerald, 1995) Με βάση αυτά ακολουθούν προτάσεις όσον αφορά τις συνθήκες του περιβάλλοντος αλλά και των υλικών αποθήκευσης των δειγμάτων.

Οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στις οποίες προτείνεται να αποθηκευτούν τα δείγματα είναι μεταξύ 18-22°C και 50-55% αντίστοιχα. (Buttler, 1994 ; Κυριαζή, 2013) Είναι σημαντικό να διατηρηθούν σε σταθερά επίπεδα καθώς σε μη ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να προκληθούν περαιτέρω φθορές των αντικειμένων, όπως ρωγμές με αποτέλεσμα να γίνονται πιο εύθραυστα, ανάπτυξη μικροοργανισμών, χημικές αλλαγές κ.ά. καθώς και φθορά του υλικού στερέωσης και συγκόλλησης. Μη ελεγχόμενες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν ακόμα και στην ολοκληρωτική καταστροφή των αντικειμένων. (Κυριαζή, 2013)

Άλλοι δύο παράγοντες από τους οποίους θα πρέπει να προστατευτούν τα αντικείμενα και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αποθήκευσή τους είναι η ακτινοβολία και οι ρυπαντές (π.χ. σκόνη). Συγκεκριμένα τα αντικείμενα δεν πρέπει να εκτίθενται σε ορατή ακτινοβολία πάνω από 50 lux και σε υπεριώδη ακτινοβολία πάνω από 75 μW/lumen. (Κυριαζή, 2013)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Με βάση τα παραπάνω και τα όσα αναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 3.1 προτείνεται η αποθήκευση των αντικειμένων σε ατσάλινα ερμάρια βαμμένα με βαφή σκόνης, εναλλακτικά αν είναι βαμμένα με βαφή που είναι διαλυμένη σε κάποιο διαλύτη θα πρέπει να αεριστούν πολύ καλά πριν την τοποθέτηση των αντικειμένων μέσα σε αυτά. Τα ερμάρια θα πρέπει να σφραγίζουν καλά δημιουργώντας ένα μικροκλίμα για τα αντικείμενα. Αυτό θα τα προστατέψει από την είσοδο σκόνης, ακτινοβολίας ακόμα και επιβλαβών εντόμων. (American Museum of Natural History) Για τη ρύθμιση της σχετικής υγρασίας προτείνεται να χρησιμοποιηθεί silica gel μέσα σε κάθε ερμάριο. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με χρήση κλιματιστικού συστήματος. Το κλιματιστικό σύστημα θα πρέπει να φιλτράρει τον αέρα έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν ρυπαντές στην ατμόσφαιρα. Για τη στήριξη των αντικείμενα προτείνεται να κατασκευαστούν βάσεις-θήκες από αφρό πολυαιθυλενίου οι οποίες θα τοποθετηθούν στα ερμάρια και πάνω σε αυτές τα αντικείμενα.

Οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας θα πρέπει να ελέγχονται έτσι ώστε να παραμένουν σταθερές. Για την καταγραφή και τον έλεγχο των συνθηκών αυτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν θερμοϋδρογράφοι, που όπως ειπώθηκε ήδη δίνουν άμεσα οπτικά αποτελέσματα.

Τέλος, ο χώρος αποθήκευσης πρέπει να είναι καθαρός (Κυριαζή, 2013) και τα αντικείμενα να είναι ασφαλή σε αυτόν από τυχόν κλοπή, πυρκαγιά και πλημμύρα. Για την προστασία των αντικειμένων από κλοπή μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε κάποιο σύστημα ασφαλείας, είτε προσωπικό φύλαξης είτε να γίνεται κλείδωμα των ερμαρίων ή του χώρου αποθήκευσης. Όσον αφορά την προστασία των αντικειμένων από πυρκαγιά θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης. Επίσης για προστασία των δειγμάτων από τυχόν πλημμύρα θα πρέπει τα ερμάρια στα οποία είναι αποθηκευμένα να απέχουν από το έδαφος τουλάχιστον 15cm περίπου, ο χώρος αποθήκευσης να μην είναι σε υπόγειο και να υπάρχουν αποχέτευση δαπέδου. (Fitzgerald, 1995)

3.3.6 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Το κομμάτι των προτάσεων συντήρησης δεν ολοκληρώθηκε πλήρως. Όπως ειπώθηκε και στο υποκεφάλαιο 3.3.1 θα πρέπει να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα όσον αφορά την ύπαρξη αλλά και την ταυτότητα και το είδος των μικροοργανισμών που ενδεχομένως υπάρχουν στα οστά. Η έρευνα αυτή θα βοηθήσει αρχικά στον προσδιορισμό της μεθόδου συντήρησης των οστών. Στη συνέχεια, στην περίπτωση που η έρευνα δείξει πως οι ρωγμές-μικροτούνελ είναι ίχνη που προήλθαν από τη δράση παλαιομικροοργανισμών αυτό μπορεί να δώσει το έναυσμα για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά το παλαιοπεριβάλλον. (Baucon et al, 2008)

Επίσης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα για τον καταλληλότερο τρόπο αφαίρεσης της κρούστας. Στην παρούσα διπλωματική προτάθηκε να πραγματοποιηθούν δοκιμές καθαρισμού με laser. Στην περίπτωση όμως που οι δοκιμές δεν δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα θα πρέπει να ακολουθήσει περαιτέρω έρευνα με σκοπό την ανεύρεση του καταλληλότερου τρόπου αφαίρεσής της.

Βιβλιογραφία

1. Βατάλης, Σ. Α. (2007) *Επιστήμη και Τεχνολογία Υλικών*, 2^η έκδ., Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
2. Βενιτζέλος, Ε., Μουντράκης, Δ., Ζούρος Ν. και Σουλακέλης, Ν. (ΕΠΕΠ), (2002) *Ατλαντας των γεωλογικών μνημείων του Αιγαίου*, Υπουργείο Αιγαίου.
3. Δερμιτζάκης, Μ. Δ. και Sondaar P. Υ. (1984) *Η εξέλιξις του ίππου*, Β' έκδ, Αθήναι.
4. Δερμιτζάκη, Μ. Δ. και Λέκκα, Σ. (1986) *Διερευνώντας τη γη - Εισαγωγή στη γενική γεωλογία*, Β' έκδ., Πανεπιστήμιο Αθηνών.
5. Ελληνική Εταιρία Διακαίου Αρχαιοτήτων (2000) *Κώδικας Δεοντολογίας Επαγγέλματος Συντηρητή Αρχαιοτήτων και Έργων Τέχνης*, Αθήνα: ΥΠΠΟ.
6. Ζαχαριάς, Ν. (2016) *Σημειώσεις μαθήματος: Αρχαιομετρία Ι-Αναλύσεις, χρονολογήσεις, διασκοπήσεις, ψηφιακή αρχαιομετρία: Συνεδρία 5 - Μέθοδοι Φασματοσκοπίας, Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
7. Ζούρου, Ι.Μ., (2010) *Μελέτη απολιθωμάτων με τεχνικές ακτινοβολίας Synchrotron*, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
8. Θεοδωσίου, Ε., Φέρμελη, Γ. και Κουτσουβέλη Α. (2006) *Η γεωλογική μας κληρονομιά*, Αθήνα, Καλειδοσκόπιο.
9. ICOM, Διεθνές Συμβούλιο Μουσείων, Ελληνικό Τμήμα (1985) *Ο Συντηρητής: Ορισμός του Επαγγέλματος*. (Μετ. Ν. Μίνως) Αθήνα: Καπόν.
10. ICOM (2013 [2015]) *Κώδικας δεοντολογίας του ICOM για τα Μουσεία Φυσικής* (Μετ. Ιστορία, Λουκοπούλου, Π. και Γκιννή, Ζ.), ICOM Ελληνικό Τμήμα για την ελληνική γλώσσα.
11. Καραμπάς, Α. Ι., (2011) *Ανάπτυξη αναλυτικής μεθοδολογίας για την εκτίμηση της ποιότητας των οστών*, (Μη εκδοθείσα Διδακτορική Διατριβή), Πανεπιστήμιο Πατρών.
12. Κουφός, Γ. Δ. (2004) *Παλαιοντολογία σπονδυλωτών*, Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
13. Κυριαζή, Ε. (2013) “Προληπτική συντήρηση σε συλλογές φυσικής ιστορίας” στον Καρύδη, Χ., Κουλουμπή, Ε. και Σακελλαρίου, Α. *Η Επιστήμη Προληπτικής Συντήρησης διατήρησης& διαχείρισης συλλογών*, Αθήνα: Time Heritage, σελ. 232-243.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

14. Κωστόπουλος, Δ.Σ. και Κουφός, Γ.Δ (2015) *Η εξέλιξη του έμβιου κόσμου: Χορδωτά / Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών*, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. [online] ΣΑΕΒ
15. Λαμπρόπουλος, Β. (2004) *Διάβρωση και Συντήρηση της Πέτρας*, Αθήνα.
16. Λαμπρόπουλος, Β. (2004) *Κεραμικά Τεχνολογία Διάβρωση & Συντήρηση*, Αθήνα.
17. Λυριτζής, Ι. (2007) *Φυσικές Επιστήμες στην Αρχαιολογία*, 2^η έκδ., Αθήνα: Τυπωθήτω-Γ.Δαρδανός.
18. Παναγιάρης, Γ., Μερτζάνη, Μ και Μαλέα Α. (1998) Σημειώσεις μαθήματος: *Συντήρηση οργανικών υλικών Ι*, Τ.Ε.Ι. Αθήνας: Σ.Γ.Τ.Κ.Σ., Αθήνα.
19. Σταθοπούλου, Ε.Θ. (2006) *Μελέτη της εσωτερικής μικρομορφολογίας και απολίθωσης καινοζωικών σπονδυλωτών μέσω ραδιοαναλυτικών τεχνικών*, Αθήνα, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
20. Συμεωνίδης, Ν. (2007) *Αρχές Στρωματογραφίας-Παλαιοντολογίας: Εκπαιδευτικό πρόγραμμα επιστημονικής & αθλητικής σπηλαιολογίας*, εκδ. Ελληνική σπηλαιολογική εταιρία, Αθήνα.
21. Bailey, J. & Seddon, T., (1996 [1994]) *Προϊστορικός Κόσμος*, (Μετ. Θ. Μαστακούρης), Αθήνα, Ντουντούμη.
22. Baucon, A., Privitera, S., Morandi Bonacossi, D., Canci, A., Neto De Carvalho, C., Kyriazi, E., Laborel, J., Laborel-Deguen, F., Morhange, C. and Marriner, N. (2008) “Principles of Inchnoarchaeology: new frontiers for studying past times” *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol.*, vol. 83, pp.43-72.
23. Buttler, C.J. (1994) “Damage to sub-fossil bone”, in Child, R.E. (ed) *Conservation of geological collections*, London, Archetype Publications Ltd, pp. 9-13.
24. Davidson, A. and S. Alderson. 2009. An introduction to solution and reaction adhesives for fossil preparation, in: Brown, M.A., Kane, J.F., and Parker, W.G. (Eds.) *Methods In Fossil Preparation: Proceedings of the First Annual Fossil Preparation and Collections Symposium*, pp 53-62.
25. De La Fuente R. (1973 [1973]) *Ο θαυμαστός κόσμος των ζώων*, (Μετ. Ε. Γ. Θεωδώρου), τόμ. 1, Αθήνα, Χ. Τεγόπουλος-Ν. Νίκας Ε.Ε.

26. Fitzgerald, G.R. (1995) Storage and transport, in Collins, C. (ed) *The Care and Conservation of Palaeontological Material*, London, Butterworth-Heinemann, pp. 115-130.
27. Giaourtsakis, I., Theodorou, G., Roussiakis, S., Athanasiou, A. & Iliopoulos, G. (2006) “Late Miocene homed rhinoceroses (Rhinocerotinae, Mammalia) from Kerassia (Euboea, Greece)”, *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 239, pp. 367-398, Stuttgart.
28. Iliopoulos, G., (2003) *The Giraffidae (Mammalia, Artiodactyla) and the Study of the Histology and Chemistry of Fossil Mammal Bone from the Late Miocene off Kerassia (Euboea Island, Greece)*, ProQuest LLC, University of Leicester.
29. Karantoni, E., Malea, E., Stefanis, N.A., Alexandropoulou, A., Melessanaki, K., Selimis, A., Pouli, P. and Panagiaris, G. (2014) “Studies on the of laser radiation to clean natural history specimens: Preliminary results”, *ICOM-CC 17th Triennial Conference*, Melbourne.
30. Koufos, G.D. (2003) “Late Miocene mammal events and biostratigraphy in the Eastern Mediterranean”, *DEINSEA*, vol. A, no. 10, pp. 343-371.
31. Koufos, G. D. (2006) “The Neogene mammal localities of Greece: faunas, chronology and biostratigraphy”, *Hellenic Journal of Geosciences*, vol. 41, pp. 183-214.
32. Koufos G.D and Konidaris G.E. (2011) “Late Miocene carnivores of the Greco-Iranian Province: Composition, guild structure and palaeoecology”, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, vol. 305, pp. 215-226.
33. Koufos, G.D., Kostopoulos, D.S. and Vlachou, T.D. (2005) “Neogene/Quaternary mammalian migrations in Eastern Mediterranean”, *Belg. J. Zool.*, vol. 135 (2), pp.181-190.
34. Kyriazi, E. (2016) *Structure and identification of fossils*, Διάλεξη στα πλαίσια του μαθήματος: *A4 Laboratory Practice: Use of Laboratory & Portable Instrumentation*, ΠΜΣ CultTehc, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.
35. Landucci, F., Pini, R., Siano, S., Salimbeni, R. and Pecchioni, E., (2000) “Laser cleaning of fossil vertebrates: a preliminary report” *J.Cult. Heritage*, vol. 1, pp. 263-267.
36. Landucci, F., Pecchioni, E., Torre, D., Mazza, P., Pini, R., Siano, S. and Salimbeni, R. (2003) “Toward an optimised laser cleaning procedure to treat

- important palaeontological specimens” *Journal of Cultural Heritage*, vol. 4, pp. 106-110.
37. Leiggi, P. and May, P. (1994) *Vertebrate paleontological techniques* [ebook reader], United Kingdom, Cambridge University Press.
38. Lindsay, W. (1995) A review of the acid technique, in Collins, C. (ed) *The Care and Conservation of Palaeontological Material*, London, Butterworth-Heinemann, pp. 95-101.
39. Liritzis, I. and Zacharias, N. (2010) “Portable XRF of Archaeological Artifacts: Current Research, Potentials and Limitations”, *S. Shackley (ed.), X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*, pp. 109-142.
40. López-Polín, L. (2012) “Possible interferences of some conservation treatments with subsequent studies on fossil bones: A conservator’s overview”, *Quaternary International*, vol.275, pp.120-127.
41. Mayor, A. (2000) *The first fossil hunters: Paleontology in Greek and Roman times*, 7η ed., Princeton USA, Princeton University (this edition 2001).
42. Palamara, E., Zacharias, N., Xanthopoulou, M., Kasztovszky, Zs., Kovács, I., Palles, D. and Kamitsos, E.I. (2016) “Technology issues of Byzantine glazed pottery from Corinth, Greece”, *Microchemical Journal*, vol.129, pp. 137-150.
43. Rixon, A.E. (1976) *Fossil Animal Remains: Their Preparation and Conservation*, London, University of London.
44. Shelton, S.Y. and Johnson, J.S. (1995) “The conservation of sub-fossil bone”, in Collins, C. (ed.), *The Care and Conservation of Palaeontological Material*, Oxford, Butterworths-Heinemann, pp. 59-71.
45. Theodorou, G., Athanassiou, A., Roussiakis, S. & Iliopoulos, G. (2003) “Preliminary remarks on the Late Miocene herbivores of Kerassiá (Northern Euboea, Greece)”, *DEINSEA*, vol. A, no. 10, pp. 519-30.
46. Wagstaffe, R. and Fidler, J. (1968) *The preservation of natural history specimens*, London: Witherby Ltd.
47. Wilson, J. (1995) Conservation and processing-cleaning and mechanical preparation, in Collins, C. (ed) *The Care and Conservation of Palaeontological Material*, London, Butterworth-Heinemann, pp. 89-94.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

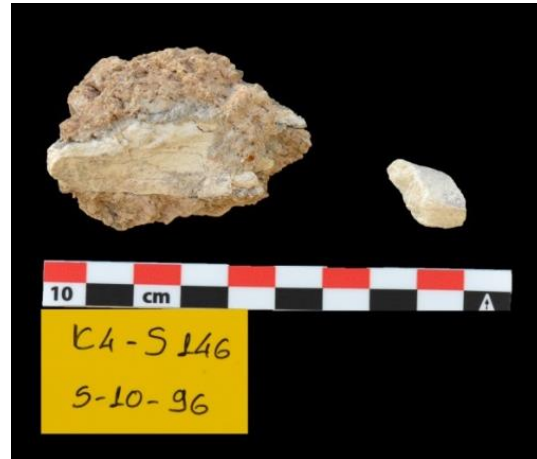
48. Μουσείο Μπενάκη-Τμήμα Συντήρησης (2015) *Συντήρηση οστέινης κινέζικης σπάθης και θήκης* [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://benakiconservation.com/category/%CF%83%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-conservation/%CE%BF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%8D-bone/> [Πρόσβαση 11 Απριλίου 2017]
49. AIC-American Institute for Conservation of Historic and Artistic works (2016) *About Conservation*, [online]. Διαθέσιμο στο: <http://www.conservation-us.org/about-conservation> [Πρόσβαση 28 Μαρτίου 2017]
50. American Museum of Natural History, *Collections Management* [Online]. Διαθέσιμο στο: <http://collections.paleo.amnh.org/5/storing> [Πρόσβαση 19 Απριλίου 2017]
51. American Museum of Natural History, *Fossil Preparation* [Online]. Διαθέσιμο στο: <http://preparation.paleo.amnh.org/46/materials> [Πρόσβαση 11 Απριλίου 2017]
52. Brown, G. (2010). *Preserving Vertebrate Fossils: Notes From The Laboratory*, Διαθέσιμο στο: <http://www.museum.unl.edu/research/vertpaleo/musnote2.html> [Πρόσβαση 29 Μαρτίου 2017]
53. Florida Museum, *Preparation and Conservation* [Online]. Διαθέσιμο στο: <https://www.flmnh.ufl.edu/vertpaleo/amateur-collector/preparation/#Consolidants> [Πρόσβαση 11 Απριλίου 2017]
54. GX Optical. Stereo microscopes. Διαθέσιμο στο: http://www.gxoptical.com/html/gxm_stereo_microscopes.html#leica [Πρόσβαση 16 Μαρτίου 2017]
55. ICOM-CC. *Preventive Conservation*, Διαθέσιμο στο: <http://www.icom-cc.org/36/working-groups/preventive-conservation/> [Πρόσβαση 29 Μαρτίου 2017]
56. MicroVid (2000-2017). *MicroVid: Moritex I-Scope USB 2.0*. Διαθέσιμο στο: www.microvid.com/Moritex-I-SCOPE-USB-2.0.html [Πρόσβαση 10 Μαρτίου 2017]
57. Natural History Conservation.com, *The cleaning, remedial conservation and remounting of the Giant Irish Deer skeleton for the National Museum of Northern*

- Ireland, Belfast* [Online]. Διαθέσιμο στο: <http://www.natural-history-conservation.com/ulster1.htm> [Πρόσβαση 11 Απριλίου 2017]
58. Nothnagle, E. P., Chambers, W. and Davidson, W. M. (2016). *Nikon Microscopy U: Introduction to Stereomicroscopy*, Διαθέσιμο στο: <https://www.microscopyu.com/techniques/stereomicroscopy/introduction-to-stereomicroscopy> [Πρόσβαση 15 Μαρτίου 2017]

Παράρτημα Εικόνων



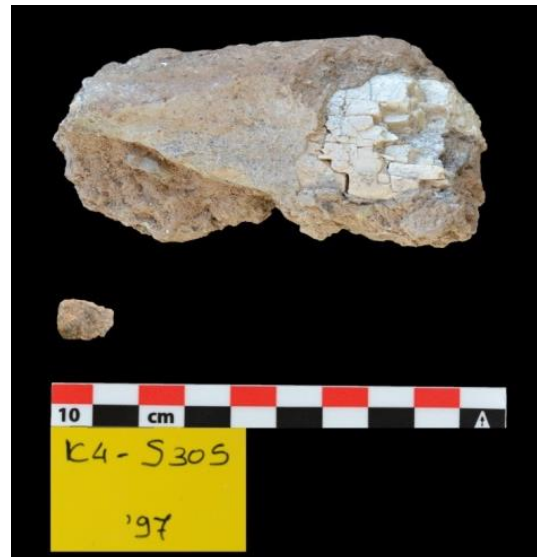
Εικ.8 Θραύσμα οστού και τμήμα περιβάλλοντος ταφής (χώμα) τα οποία αναλύθηκαν με το XRF και SEM-EDS



Εικ.11 Δείγμα K4-S146 (B) και θραύσμα τα οποία αναλύθηκαν στο XRF και SEM-EDS

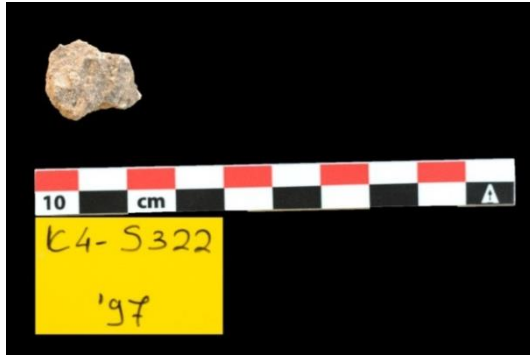


Εικ.12 Όψεις δείγματος που εγκιβωτίστηκε και αναλύθηκε στο SEM-EDS



Εικ.15 Δείγμα K4-S305 (A) ύστερα από τον καθαρισμό του περιβάλλοντος χώματος για αποκάλυψη κρούστας και ανάλυσή της με XRF και SEM-EDS και τμήμα χώματος που αναλύθηκε με XRF.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.18 Τμήμα χώματος από δείγμα
K4-S322 που αναλύθηκε στο XRF



Εικ.21 Τμήμα χώματος από το δείγμα
K4-S353 που αναλύθηκε στο XRF



Εικ.28 Θραύσμα οστού, τμήμα χώματος
και τμήμα κρούστας που φαίνεται να έχει
αποσπάσει τμήματα οστού από το δείγμα
K4-S370. Αναλύθηκαν με το XRF και το
SEM-EDS



Εικ.31 Φορητό XRF Tracer III-SD της
Bruker, αντλία και yellow φίλτρο.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



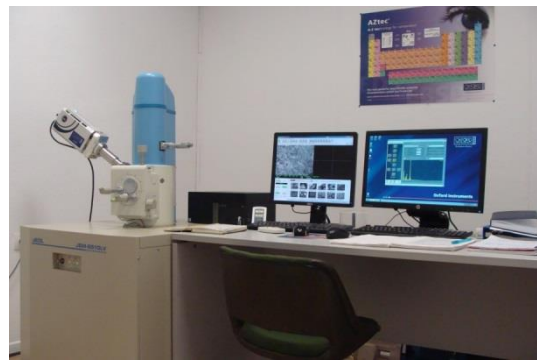
Εικ.32 Λείανση θραυσμάτων, του δείγματος K4-S146, για εγκιβωτισμό



Εικ.33 Τοποθέτηση εγκιβωτισμένων δειγμάτων στον κλίβανο



Εικ.34 Λείανση τομών



Εικ.35 SEM τύπου Joel JSM-610LV με EDS τύπου OXFORD Inca energy 250 X-ct systems

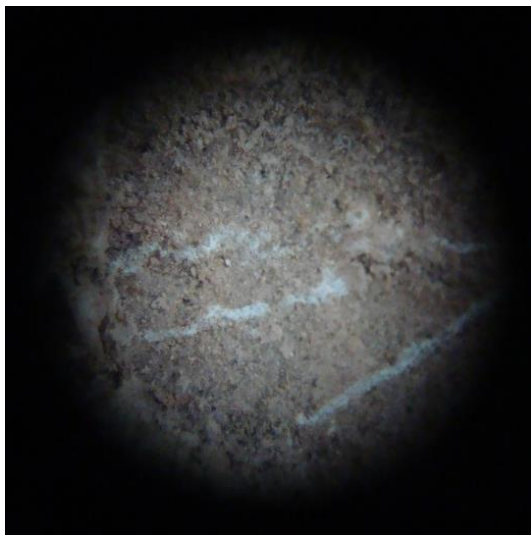
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.36 Πορτοκαλί σημείο γεωλογικού υλικού, δείγμα K4-S356 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)



Εικ.37 Άλατα πάνω στο γεωλογικό υλικό που περιβάλλει το δείγμα K4-S121 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x50)

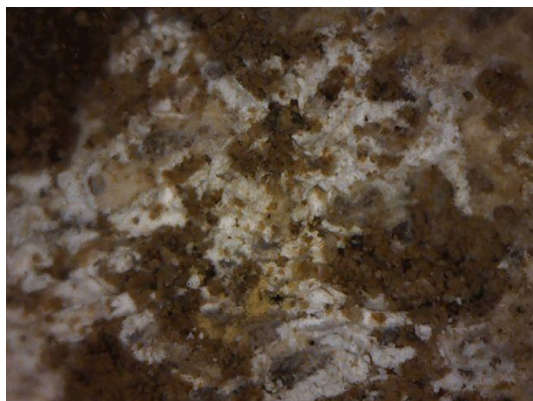


Εικ.38 Ίχνη, πιθανόν από εργαλείο κατά την ανασκαφική δράση, δείγμα K4-S140 (Φωτογραφία από τον προσοφθάλμιο του στερεομικροσκοπίου μεγέθυνσης x10,5)



Εικ.39 Αποφλοιώση-αποδιοργάνωση επιφάνειας οστών, δείγμα K4-S322 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)

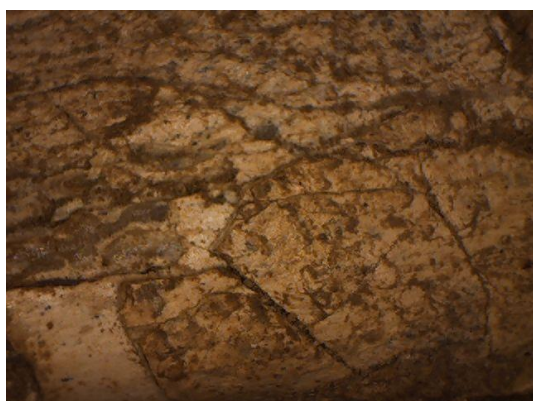
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.40 Αποσαθρωμένη επιφάνεια οστού,
δείγμα K4-S140 (Φωτογραφία από
μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x50)



Εικ.41 Ρηγμάτωση και γεωλογικό υλικό
εσωτερικά των ρωγμών, δείγμα K4-S146
(Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED
μεγέθυνσης x10)

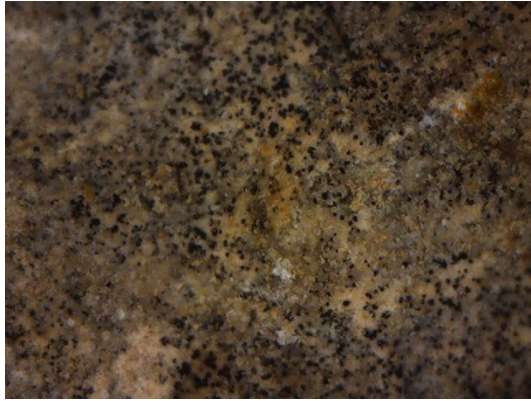


Εικ.42 Ρηγμάτωση και γεωλογικό υλικό
εσωτερικά των ρωγμών, δείγμα K4-S378
(Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED
μεγέθυνσης x10)



Εικ.43 Αποφλοιώση, ρηγμάτωση με
γεωλογικό υλικό εσωτερικά των
ρωγμών, μαύρες κηλίδες. Στερεωμένη
επιφάνεια, δείγμα K4-S355
(Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED
μεγέθυνσης x10)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.44 Μαύρες κηλίδες στην επιφάνεια του οστού, δείγμα K4-S370 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x50)



Εικ.45 Μαύρες κηλίδες σε οστό, γεωλογικό υλικό και ενδιάμεσα, δείγμα K4-S356 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)

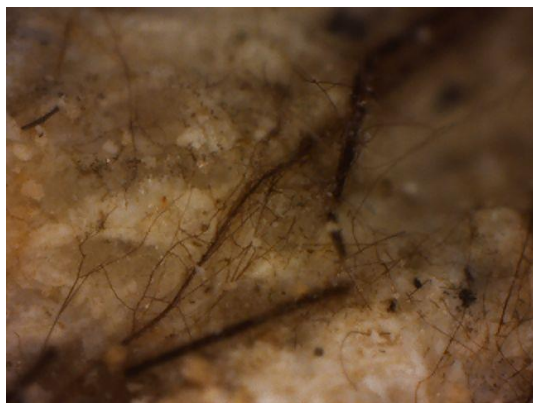


Εικ.46 Μαύρες κηλίδες σε οστό, γεωλογικό υλικό και ενδιάμεσα, δείγμα K4-S305 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)



Εικ.47 Ίνες στο γεωλογικό υλικό, δείγμα K4-S305 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.48 Ίνες στην επιφάνεια του οστού,
δείγμα K4-S140 (Φωτογραφία από
μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x200)



Εικ.49 Στερέωση επιφάνειας, δείγμα K4-
S305 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο
LED μεγέθυνσης x200)

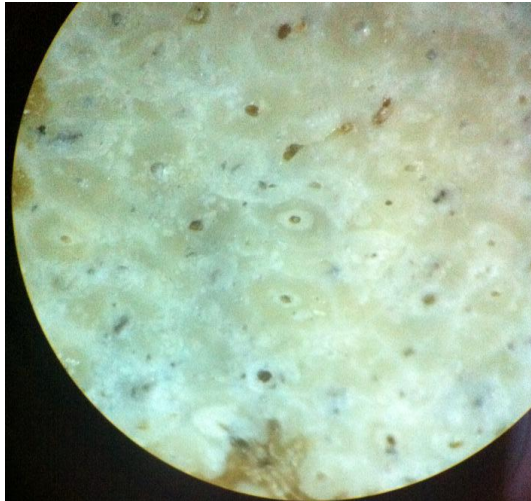


Εικ.50 Στερέωση επιφάνειας, δείγμα
K4-S356 (Φωτογραφία από μικροσκόπιο
LED μεγέθυνσης x200)

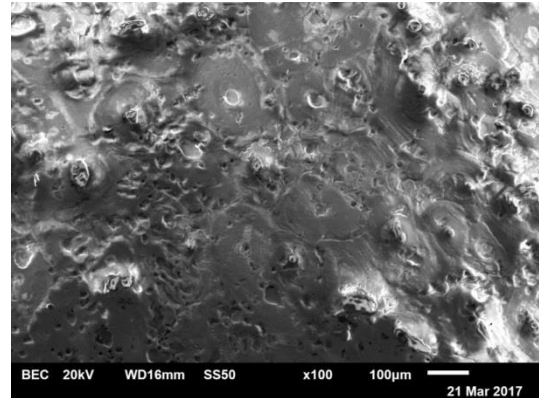


Εικ.51 Μυελική κοιλότητα που έχει
πληρωθεί με υλικό του περιβάλλοντος,
δείγμα K4-S356 (Φωτογραφία από
μικροσκόπιο LED μεγέθυνσης x10)

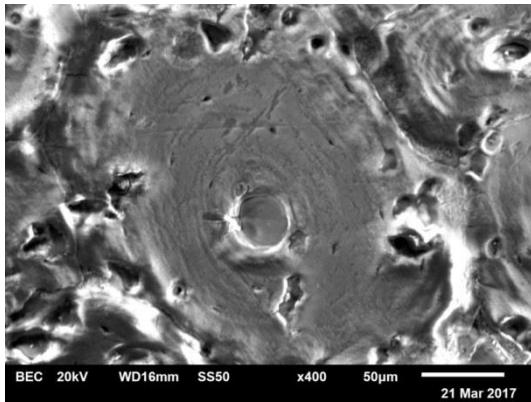
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



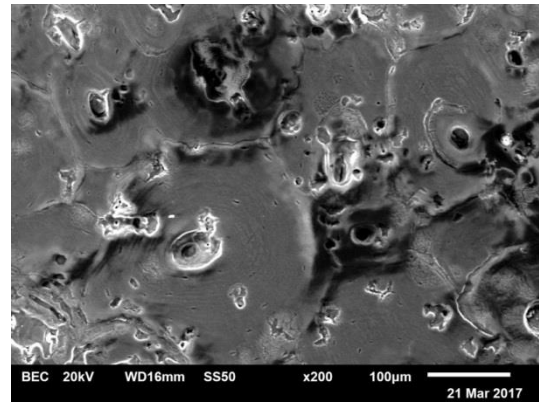
Εικ.52 Μικρομορφολογία οστών
(οστεώνες)



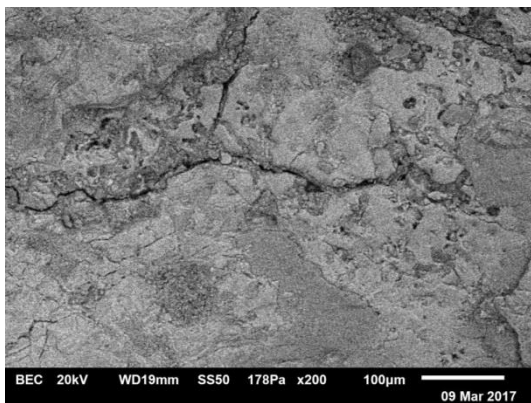
Εικ.53 Μικρομορφολογία οστών
(οστεώνες)



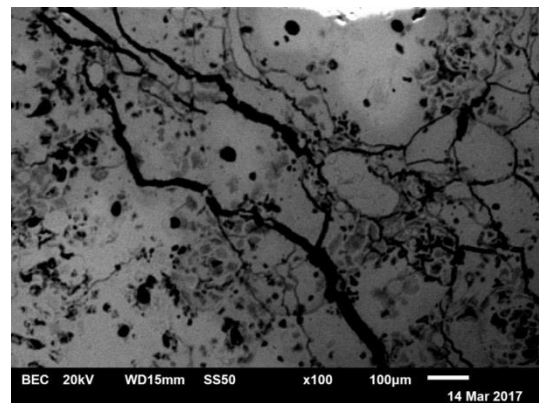
Εικ.54 Πληρωμένο κανάλι



Εικ.55 Μη πληρωμένα κανάλια

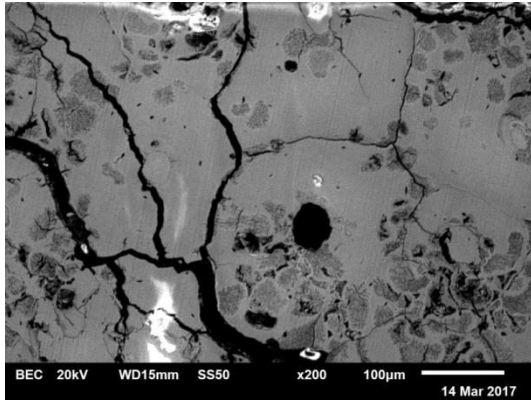


Εικ.56 Μικρορωγμές επιφάνειας ιστού

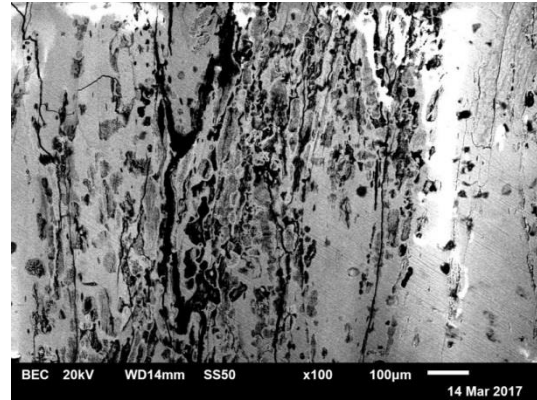


Εικ.57 Μικρορωγμές στο κέντρο του
οστού

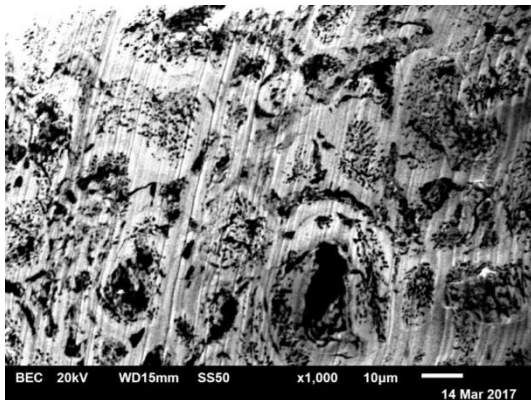
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



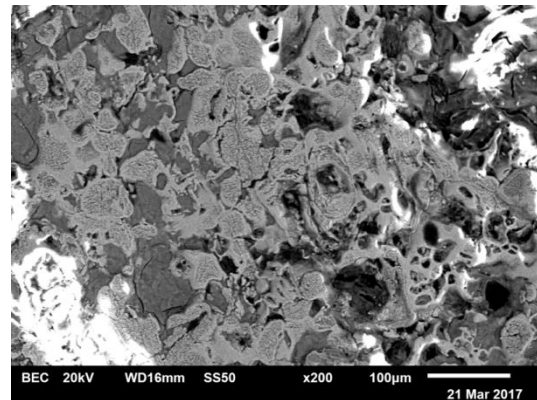
Εικ.58 Μικρορωγμές στο κέντρο του
οστού



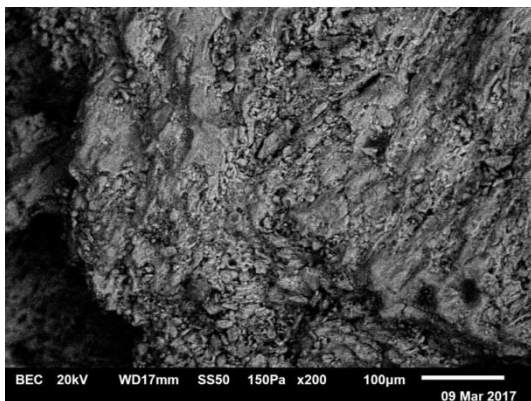
Εικ.59 Μικρορωγμές στο κέντρο του
οστού



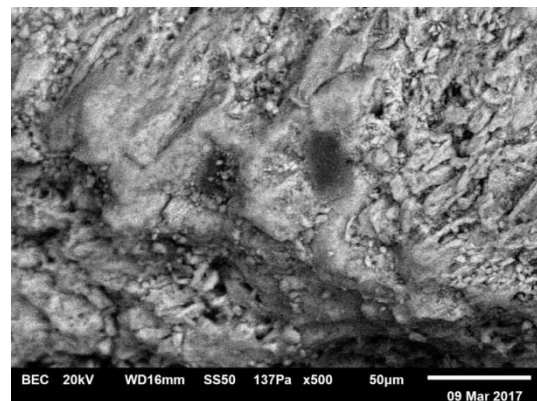
Εικ.60 Μικρορωγμές-Μικροτούνελ που
πιθανόν να οφείλονται σε
μικροοργανισμούς



Εικ.61 Μικρορωγμές-Μικροτούνελ που
πιθανόν να οφείλονται σε
μικροοργανισμούς

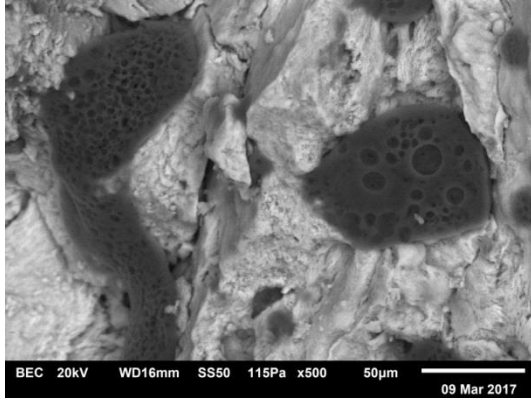


Εικ.62 Σαθρή επιφάνεια οστών με
απόσπαση μικροθραυσμάτων

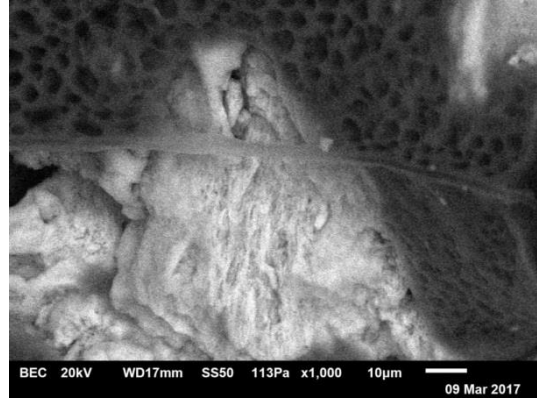


Εικ.63 Σαθρή επιφάνεια οστών με
απόσπαση μικροθραυσμάτων

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»



Εικ.64 Πιθανόν μικροοργανισμοί στην
επιφάνεια οστού



Εικ.65 Πιθανόν μικροοργανισμοί στην
επιφάνεια οστού