

ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΜΣ «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

Τελική Εργασία

Μεταβολές στη στάθμη της θάλασσας (sea level changes)

Φοιτητής : Γ. Αγγελόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής :

Ι. Λυριτζής, καθηγητής αρχαιομετρίας στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Εξεταστική επιτροπή: Γ. Φακορέλλης (καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας), Γ. Τσόκας (καθηγητής ΑΠΘ).

2017+8

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	σ.7
Εισαγωγή.....	σ.9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
Η ιστορία των ερευνών.....	σ.10
Γεωλογικά στοιχεία.....	σ.10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
Παράγοντες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας.....	σ.18
Τεκτονικές διεργασίες/ρήγματα.....	σ.18
Κλιματικές μεταβολές.....	σ.23
Ευστασία	σ.26
Ισοστασία.....	σ.26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
Στη Μεσόγειο θάλασσα.....	σ.35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
Δείκτες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας	σ.38
Κοράλια.....	σ.39
Δεδομένα παλιρροιογράφων.....	σ.40
Σπηλαιοθέματα.....	σ.41
Βιολογικοί δείκτες.....	σ.42
Αμμόλιθοι(beachrock).....	σ.44
Εγκοπές/γλυφες (notches)	σ.46
Ιζηματολογικοί δείκτες.....	σ.48
Θαλάσσιασπήλαια.....	σ.65
Αρχαιολογικά δεδομένα.....	σ.65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
Συνοπτική παρουσίαση των δεικτών για τη μελέτη εξέλιξης της ακτογραμμής.....	σ.89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μια σύντομη αναφορά στις παγετώδεις / μεσοπαγετώδεις περιόδους.....σ .90

Συμπεράσματα.....σ.93

Παράρτημα (Βυθισμένες αρχαιολογικές θέσεις, ως δείκτες ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας και συνοπτική αναφορά σε θέσεις από την εποχή του Χαλκού έως τη Ρωμαϊκή περίοδο).....σ.98

Βιβλιογραφία..... σ.109

...στην οικογένειά μου

copyright

Η εργασία αυτή είναι αποτέλεσμα βιβλιογραφικής έρευνας και γίνονται αναφορές στη βιβλιογραφία με (αναφορά συγγραφέων ή) παραπομπές.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες στους καθηγητές του ΠΜΣ «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στους:

Ι. Λυριτζή, καθηγητή αρχαιομετρίας στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Δ. Σακελλαρίου, καθηγητή αρχαιομετρίας στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού των παραγόντων που επηρεάζουν τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας διαχρονικά (στην πορεία του γεωλογικού χρόνου και στην ιστορική περίοδο, αναφερόμενοι σε γεωλογικά δεδομένα) και προσδιορισμού των αλλαγών αυτών μέσω συγκεκριμένων δεικτών.

Οι κύριοι παράγοντες της σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας και της μεταβολής της παράκτιας γεωμορφολογίας είναι υδροϊσοστατικές, ευστατικές, ισοστατικές, τεκτονικές κινήσεις και άλλα γεωλογικά συμβάντα, όπως η σεισμική δραστηριότητα. Άλλοι παράγοντες είναι τα θαλάσσια κύματα, η διάβρωση του εδάφους, η παλίρροια, τα ρεύματα, η θαλάσσια πίεση, η αλατότητα και η θερμοκρασία των νερών, η ιζηματογένεση (δημιουργία προσχώσεων στην παράκτια ζώνη ως συνέπεια της ροής των ποτάμιων υδάτων), η ανθρώπινη παρέμβαση κ.ά..

Οι δείκτες προσδιορισμού της θαλάσσιας μεταβολής είναι τα κοράλια, οι ακτόλιθοι (beachrock), οι γλύφες / εγκοπές (notches), τα δεδομένα παλιρροιογράφων, τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα, τα παράκτια ιζήματα και τα αρχαιολογικά δεδομένα.

ABSTRACT

In this paper we'll attempt to determine the factors which influence the sea –level changes (reporting to scientific geological conclusions) and the scientific indicators which define these changes.

At first the most important factors are eustasy, isostasy, climate changes, tectonism, and other geological causes like earthquakes. Other factors which influence the sea level changes are the sea waves, the soil corrosion, the tide, the sea pressure, the streams, the saltness, the sea temperature, the river embankments, the human intervention etc.

At second the indicators which determine the sea level changes are the corals, the beachrocks, the notches, the cave sediments, the sea- shore sediments and the archaeological evidences.

— (Οι φωτογραφίες που περιλαμβάνονται στην εργασία, προέρχονται από τα bbb, του προγράμματος «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» ,Παπαθεοδώρου «μεθοδολογία και τεχνικές εντοπισμού υποθαλάσσιων αρχαιολογικών ευρημάτων» και Κ. Μπάϊκας «Υποβρύχια ανασκαφή», «ενάλια αρχαιολογία. Μέθοδοι και τεχνικές στην ενάλια έρευνα και υποβρύχια ανασκαφή», 2017-8).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού των παραγόντων που επηρεάζουν τη σχετική ¹ μεταβολή της στάθμης της θάλασσας διαχρονικά (αναφερόμενοι σε γεωλογικά δεδομένα) και (προσδιορισμού) των αλλαγών μέσω συγκεκριμένων δεικτών.

Καταρχήν γίνεται μια αναφορά στην ιστορία των ερευνών και σε γεωλογικά στοιχεία που άπτονται του θέματος (μεταβατικά, ηπειρωτικά, θαλάσσια περιβάλλοντα/παράκτιες, μεσοπαράκτιες, υποπαράκτιες ζώνες, ωκεάνιες λεκάνες, θάλασσες, ηπειρωτικές μάζες, το γεωλογικό ανάγλυφο της ενδοορεινής Μεσογείου, το ηφαιστειακό τόξο κ.ά. Αναφέρονται επίσης η τροχιακή εκκεντρότητα, η μετατόπιση των πόλων και ο ρόλος τους στην αλλαγή του κλίματος της Γης).

Οι κύριοι παράγοντες της σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας είναι υδροϊσοστατικές, ευστατικές, ισοστατικές, τεκτονικές κινήσεις (θεωρία της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών, η δημιουργία ρηγμάτων) και άλλα γεωλογικά συμβάντα, όπως η σεισμική δραστηριότητα και η ιζηματογένεση ή ο συνδυασμός αυτών των διεργασιών. Αναφέρονται οι περιοδικές /τυχαίες κινήσεις όπως η παλίρροια, τα κύματα, και άλλοι παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, τα ρεύματα, η αλμυρότητα, η θερμοκρασία των θαλασσιών υδάτων, η δημιουργία προσχώσεων, η διάβρωση, η ανθρώπινη παρέμβαση κ.ά.

Οι δείκτες προσδιορισμού της θαλάσσιας μεταβολής είναι τα κοράλια, οι ακτόλιθοι (beachrock), οι γλύφες / εγκοπές (notches), τα δεδομένα παλιρροιογράφων, τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα, τα παράκτια ιζήματα (τα ραδιενεργά ισότοπα), τα θαλάσσια παράκτια σπήλαια και τα αρχαιολογικά δεδομένα. (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb 2017-8). Έπεται μια σύντομη αναφορά στη θαλάσσια στάθμη σε παγετώδεις /μεσοπαγετώδεις περιόδους, η παρουσίαση των συμπερασμάτων και η βιβλιογραφία.

¹ Επηρεαζόμενη από διάφορες παραμέτρους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Ιστορία των ερευνών.

Σύμφωνα με τον Ι.Λυριτζή(2005), οι πρώτες επιστημονικές παρατηρήσεις των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας διεξήχθησαν στο τέλος του 17^{ου} αιώ. και στον 18^ο αιώ., καταρχήν επί των παλιρροιών στο Άμστερνταμ, από τον φυσικό Hyarne και τον Zandrini.

«Παλιές θεωρίες για τις μεταβολές της στάθμης δημοσίευσε ο Suess το 1885. Ο ίδιος, το 1885 εισήγαγε την έννοια των «ευστατικών μεταβολών» (κάθετων μετατοπίσεων της επιφάνειας των ωκεανών) και ο Daly (1934), ο οποίος προσέδωσε ιδιαίτερη σπουδαιότητα στις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης και των παγετωδο - ισοστατικών φαινομένων». (Ι. Λυριτζής, 2005)²

1.2. «Οι δυνάμεις οι οποίες επενεργούν πάνω στη Γη είναι η βαρύτητα και οι φυγόκεντρες δυνάμεις. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της βαρύτητας της εσωτερικής δράσας δύναμης με την οποία η Γη, τείνει να έλκει όλα τα αντικείμενα προς το κέντρο (καλούμενη και γήινη επιτάχυνση της βαρύτητας g) και ενεργεί προς την κατεύθυνση του κέντρου της γης και της φυγόκεντρου³ δυνάμεως, που είναι αποτέλεσμα της περιστροφής που ενεργεί προς τον άξονα περιστροφής της γης, σχηματίζει την επιφάνεια της θάλασσας σε μια σφαιρική μορφή. Μέσω της δορυφορικής τηλεπισκόπησης αποδεικνύεται ότι η τοπογραφία της θαλάσσιας επιφάνειας δεν αντιστοιχεί ακριβώς σε ένα ιδανικό ελλειψοειδές, αλλά υπάρχουν κυρτές και κοίλες ανωμαλίες, με ανάγλυφο μεταβαλλόμενου ύψους μέχρι τα 200μ. Αυτές οι διακυμάνσεις έχουν αποδοθεί σε μεταβολές της πυκνότητας μέσα στη γη και σε ισοστατικές προσαρμογές στη γήινη επιφάνεια». (Δερμιτζάκης, 1995)⁴

«Η μορφή της διαταράσσεται από παράγοντες όπως οι παλίρροιες και οι άνεμοι ή η επίδραση της δύναμης *coriolis*, κατά τη φορά των δεικτών στο Βόρειο

² Ι. Λυριτζής, Αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.230 κ.ε.

³ Η φυγόκεντρος δύναμη γίνεται προοδευτικά μικρότερη σε σημεία μεταξύ του Ισημερινού και των πόλων, όπου ισούται με μηδέν.

⁴ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

ημισφαίριο και προς την αντίθετη κατεύθυνση (προς τα αριστερά) στο νότιο ημισφαίριο». (ό.π.)⁵

Η μεταβολή του γήϊνου βαρυτικού πεδίου επηρεάζει το θαλασσινό νερό (το οποίο άλλοτε ανυψώνεται κι άλλοτε καταβυθίζεται).

Επίσης «η αύξηση της γωνιακής ταχύτητας (ω) στην περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της οδηγεί σε ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης στη ζώνη του Ισημερινού και σε ελάττωσή της στους πόλους, με ίσες μεταβολές στα σημεία της γήϊνης επιφάνειας με ίδιο γεωγραφικό πλάτος» (Fairbridge, 1961).

«Η μεταβολή στον άξονα (πολική μετατόπιση) οδηγεί σε παραμόρφωση στο γεωειδές με εμφανή σταθερότητα της θαλάσσιας στάθμης στον Ισημερινό, αλλά με αντίθετες κινήσεις ανύψωσης / ελάττωσης στα δύο ημισφαίρια» (Λυριτζής, 2005)⁶.

Χαρακτηριστική είναι η εκτίμηση του Pirazzoli (Pirazzoli, 2000), σύμφωνα με την οποία:

«η ποσότητα του νερού των ωκεανών εξαρτάται από την ισορροπία του παγκόσμιου υδρολογικού συστήματος και εξαρτάται από παράγοντες, οι οποίοι αναλύονται ακολούθως: Οι υδάτινες μάζες, αποτελούμενες από το νερό των ωκεανών / θαλασσών, των λιμνών / ποταμών / υπογείων υδάτων / παγετώνων και της ατμόσφαιρας, βρίσκονται σε ισορροπία σε όλη τη γη» (Pirazzoli, 2000).

«Μέσω της δορυφορικής τηλεπισκόπησης αποδεικνύεται ότι η τοπογραφία της θαλάσσιας επιφάνειας δεν αντιστοιχεί ακριβώς σε ένα ιδανικό ελλειψοειδές, αλλά υπάρχουν κυρτές και κοίλες ανωμαλίες, με ανάγλυφο μεταβαλλόμενου ύψους μέχρι τα 200μ. Αυτές οι διακυμάνσεις έχουν αποδοθεί σε μεταβολές της πυκνότητας μέσα στη γη και σε ισοστατικές προσαρμογές⁷ στη γήϊνη επιφάνεια». (Λυριτζής, 2005)⁸

⁵ I. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

⁶ I. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

⁷ Ισοστατικές προσαρμογές είναι οι ανυψώσεις ή καταβυθίσεις, ανάλογα με το είδος της μεταβολής.

⁸ I. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

2.1. Πολύ σημαντικοί παράγοντες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας και της μεταβολής των ακτογραμμών είναι η τήξη των πάγων (ως συνέπεια της «ηλιακής ενέργειας» και της «θερμότητας»⁹) που συντελεί στην αύξηση του όγκου του νερού που κατακλύζει τις παράκτιες περιοχές, και οι τρεις βασικές διεργασίες: «α) ο τεκτονισμός - ρήγματα (*tectonism*), β) η ευστασία, γ) η ισοστασία (*isostasy*) (ή πιά σύνθετες διεργασίες με συνδυασμό των ανωτέρω)». (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8)

2.2. Γεωλογικά στοιχεία.

Ο όρος «*έδαφος*» στη γεωλογία είναι το ανώτερο στρώμα μέσου πάχους ενός μέτρου, της αποσαθρωμένης επιφάνειας της γης, και αποτελεί τη συσσώρευση ανόργανης και οργανικής ύλης.

Ένας άλλος ορισμός δίνεται από τον Bushnell : «*Έδαφος* είναι το φυσικό τμήμα της επιφάνειας της γης, χαρακτηριζόμενο από στρώματα παράλληλα προς την επιφάνεια της γης. Τα στρώματα αυτά προέρχονται από την εξαλλοίωση και διαφοροποίηση του μητρικού πετρώματος, λόγω της επίδρασης φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών. Οι διεργασίες αυτές δρουν υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διαφορετικές χρονικές περιόδους» (Bushnell, 1944).

Κύριοι παράγοντες σχηματισμού εδαφών.

«Είναι το μητρικό πέτρωμα και το κλίμα, ενώ στους παράγοντες περιλαμβάνονται οι τεκτονικές κινήσεις (π.χ. σεισμοί), υδρολογικός κύκλος και ανθρωπογενείς ενέργειες.

⁹ Η θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια, η οποία είναι 5.000 φορές μεγαλύτερη αυτής.

Το έδαφος υφίσταται αλλαγές, οι οποίες εξαρτώνται από τους παράγοντες: α) κλίμα, β) τοπικό πέτρωμα, γ) γεωλογικό ανάγλυφο, 4) βλάστηση (χλωρίδα), 5) υδρολογικό κύκλο, 6) πανίδα και 7) τον άνθρωπο». (Δριβαλιάρη, Στρωματογραφίες, ιζήματα, γεωαρχειολογία bbb, 2017 pdf).

«Λίγα λόγια για τις ωκεάνιες λεκάνες και τις θάλασσες (γεωλογικά στοιχεία): Το θαλάσσιο νερό καλύπτει περίπου το 71% της Γης και η συνολική έκταση των ωκεάνιων λεκανών αποτελεί μόνο το 60% της γήινης επιφάνειας. Οι ηπειρωτικές μάζες αποτελούν το 40% της γήινης επιφάνειας. Το 29,2% της γήινης επιφάνειας είναι ήπειροι (εκτάσεις ξηράς πάνω από την στάθμη της θάλασσας, τα όρη, οι οροσειρές).» (Δερμιτζάκης, 1991)¹⁰

«Η ωκεάνια λεκάνη στον γεωλογικό χρόνο δεν ήταν σταθερή. Εδώ υπήρχαν μεσοωκεάνιες ράχες, οι ήπειροι απομακρύνονται, *διανοίγεται ο φλοιός*, ενώ <βγαίνει νέος> στην επιφάνεια, λόγω της επέκτασης της λεκάνης του ωκεανού, με παράλληλη αλλαγή της γεωμετρίας της». (Λυριτζής, 2005)¹¹

«Τα μέγιστα βάθη συναντώνται όχι στα κέντρα των λεκανών αλλά στα άκρα τους. Έτσι στον Ειρηνικό ωκεανό που καταλαμβάνει το 1/3 της γήινης έκτασης, το μέσο βάθος είναι 4 km, ενώ σε πολλά μέρη υπάρχουν βαθιές, στενές τάφροι, στις οποίες τα βάθη κυμαίνονται από 7,6 km μέχρι 11km. Χαρακτηριστικό της λεκάνης του Ειρηνικού είναι μια χαμηλή μεσοωκεάνια ράχη που εκτείνεται διά του ΝΑ τμήματος από την Κεντρική Αμερική προς τον Ανταρκτικό Ωκεανό. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία ηφαιστειακών τόξων...

Η λεκάνη του Ατλαντικού Ωκεανού (η οποία διαφέρει από αυτή του Ειρηνικού σε ορισμένα σημεία). Σε αυτόν σχηματίζεται η εκτεταμένη Μέσο – Ατλαντική ράχη στην κορυφή της οποίας υπάρχει μια στενή κοιλάδα που εκτείνεται παράλληλα προς τη διεύθυνση της ράχως. Κατά μήκος των ορίων της Ατλαντικής λεκάνης υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις ιζημάτων ενώ στον Ειρηνικό απαντούν τάφροι...

¹⁰ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

¹¹ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

Στον Ατλαντικό υπάρχουν μόνο δύο μικρές τάφροι, η μια μεταξύ της Καραϊβικής και των λεκανών του Β. Ατλαντικού, και η άλλη κατά μήκος του ΝΔ. τμήματος της λεκάνης του Ν. Ατλαντικού...

Στον Ινδικό Ωκεανό, η μικρότερη λεκάνη μοιάζει με εκείνη του Ατλαντικού. Στο ΒΑ. τμήμα της καλύπτεται από κυρίως τάφρο, ενώ τα περιθώρια της καλύπτονται από ιζήματα. Υπάρχουν επίσης βραχώδεις ράχες με ενδιάμεσες κοιλάδες...» (Δερμιτζάκης, 1991)

«... Οι θάλασσες (όπως και τα ρήγματα¹²) διακρίνονται σε δύο κατηγορίες στις επηπειρωτικές του τύπου της Βόρειας θάλασσας και της Μάγχης και ενδοορεινές του τύπου της Μεσογείου.

Οι επηπειρωτικές θάλασσες είναι εξαρτήσεις του ηπειρωτικού περιθωρίου των γειτονικών ωκεανών. Το υπόβαθρό τους είναι σχηματισμένο από τον ηπειρωτικό φλοιό και θεωρούνται προέκταση της χέρσου.

Η Μεσόγειος είναι ενδοορεινή θάλασσα και περιβάλλεται από σύγχρονες οροσειρές. «Διακρίνεται σε δύο υποθαλάσσιες λεκάνες, την ανατολική και την δυτική. Το δυτικό τμήμα αποτελείται από τρεις υποθαλάσσιες λεκάνες: τη λεκάνη Αλμποράν ανατολικά του Γιβραλτάρ, τη βαlearική ανατολικά της Αλμποράν, δυτικά της Σαρδηνίας και της Κορσικής (μεταξύ Αλγερίας – Γαλλίας) και τη λεκάνη του Τυρρηνίου (στο Τυρρηνικό Πέλαγος)». (Δ. κ Μ. Παπανικολάου, Αθήνα 2011)¹³

Η ανατολική αποτελείται από τις λεκάνες: την Ιόνια λεκάνη στην περιοχή της θάλασσας του Ιονίου, τη λεκάνη νοτίως της Κρήτης, και τη λεκάνη βορείως που οριοθετείται από τις ακτές της Ελλάδος και της Τουρκίας.

Η Ανατολική Μεσόγειος ¹⁴ περιλαμβάνει το τόξο του Αιγαίου ¹⁵ που ενώνει τις οροσειρές της Ελληνικής χερσονήσου με αυτές του νότιου μέρους της Μ. Ασίας,

¹² «ρήγμα ονομάζουμε κάθε διάρρηξη των πετρωμάτων, η οποία συνοδεύεται από μια σχετική κίνηση των δύο τεμαχίων που βρίσκονται από το ένα κι από το άλλο μέρος της διαρρήξεως.» (Δερμιτζάκης, 1991).

¹³ Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011.

¹⁴ Με κυριότερες οροσειρές στον Ελλαδικό χώρο της Πίνδου, της Ροδόπης, της Οίτης - Παρνασσού, του Ταΰγετου

¹⁵ Ο ηπειρωτικός φλοιός στο Αιγαίο είναι 25 χλμ. περίπου. Από την έρευνα του φλοιού της Μεσογείου έχει προκύψει ότι υπάρχουν ως περιοχές με πάχος φλοιού 15 – 20 χλμ., ενώ στα ορογενετικά τόξα κυμαίνεται μεταξύ 40 – 50 χλμ.

ενώ το αρχιπέλαγος των Κυκλάδων χωρίζει η τάφρος της Κρήτης με 5.000 μ. βάθος...» (ό.π.)¹⁶

Στο αρχιπέλαγος των Κυκλάδων υποθαλάσσια ηφαίστεια είναι κατανεμημένα στο βάθος των μεγάλων τάφρων (όπως η τάφρος του Ιονίου). Η θάλασσα του Αιγαίου περιλαμβάνει το εξωτερικό τόξο (Πελοποννήσου, Μ. Ασίας, Ρόδου) και το εσωτερικό με τα ηφαίστεια (από το Σαρωνικό κόλπο μέχρι τα παράλια της Μ. Ασίας, Σουσάκι, Μέθανα, Πόρο, Μήλο, Σαντορίνη, Νίσυρο κ.λπ.)¹⁷.

«Το ελληνικό τόξο είναι γνωστό στον υποθαλάσσιο χώρο του ελληνικού χώρου (Νότια Κρήτη, Ν.Δ. Πελοποννήσου, Ν.Α. Δωδεκανήσων) λαμβάνει χώρα υποβύθιση της Αφρικανικής τεκτονικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη συμπιεστικών / εφελκυστικών τάσεων (δυνάμεων) στα πετρώματα του Ελληνικού χώρου. Οι τάσεις αυτές έχουν προκαλέσει την παραμόρφωση - διάρρηξη των πετρωμάτων της Ελληνικής λιθόσφαιρας σε μεγάλα τεμάχια, με επίδραση των ασκουμένων τάσεων.

Κατά μήκος των τεκτονικών διευθύνσεων γίνονται *διαρρήξεις και ρήγματα*, στα οποία οφείλεται και η έντονη σεισμική δραστηριότητα του Ελληνικού χώρου, με τις ανάλογες επιδράσεις στο γεωλογικό ανάγλυφο, στον άνθρωπο» (Liritzis et al., 1995, Tsapanos & Liritzis, 1992) και στην παράκτια γεωμορφολογία.

Οι οροσειρές, οι τάφροι, τα ρήγματα και οι πτυχώσεις, τα νησιά και γενικώς το γεωλογικό ανάγλυφο για ολόκληρη την Ελλάδα ή μικρότερες περιοχές μπορούν να αναζητηθούν στους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ και στους ναυτικούς χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Στρατού .

¹⁶ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

¹⁷ «Κατατάσσονται στα: α) Καλιούχα, β) Αλκαλικά και γ) Ασβεστοαλκαλικά. Τα σπουδαιότερα ηφαίστεια της Ελλάδας είναι τα: 1) Καλαμάκι, 2) Σουσάκι, 3) Αίγινα, 4) Μέθανα, 5) Πόρος, 6) Μήλος, 7) Ανάνες, 8) Αντίπαρος, 9) Σαντορίνη, 10) Χριστιανό, 11) Επισκοπή (Τήλος), 12) Νίσυρος, 13) Γυαλί, 14) Κως, 15) Κάλυμνος, 16) Πάτμος, 17) Ν. Χίος, 18) Β. Χίος, 19) Αντίγαρα, 20) Λέσβος, 21) Όρδαμος, 22) Αγ. Ευστράτιος, 23) Λήμνος, 24) Έβρος, 25) Σαμοθράκη, 26) Σγουράφα, 27) Φέρρες, 28) Αλμωπία, 29) Μικροθήβες (Περσουφλί), 30) Αχιλλείο, 31) Πορφυρίων, 32) Λιχάδες νήσοι, 33) Βρωμολίμνη, 34) Ψαθούρα, 35) Σκύρος, 36) Καλόγειρος, 37) Οξύλιθος, 38) Θόριο, 39) Μετόχι, 40) Οριό». (Δερμιτζάκης, 1991)

«Στη Μεσόγειο τα άλματα στο δίκτυο των ρηγματών έχουν διευθύνσεις ΒΔ. – ΝΑ., ΒΑ. – ΝΔ. Στο Ιόνιο πέλαγος έχουμε τα ομώνυμα ρήγματα¹⁸, ενώ το τόξο του Αιγαίου χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη του επιπέδου *Benioff* που βυθίζεται προς την κυρτή πλευρά του Αιγαίου στη Βόρεια Κρήτη¹⁹. Νοτίως της Κρήτης η Αφρικανική τεκτονική πλάκα υποβυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική...

Γενικά η Μεσόγειος από τεκτονικής πλευράς οφείλει τη γένεσή της σε κανονικά ρήγματα πρόσφατης ηλικίας (πλειοτεταρτογενούς) τόσο στην ηπειρωτική περιοχή όσο και στη θάλασσα²⁰...

Η γη είναι ένα κλειστό σύστημα. Ως σύστημα μπορεί να θεωρηθεί – κάθε τμήμα του σύμπαντος που είναι απομονωμένο και βοηθάει στη μελέτη ή παρατήρηση των αλλαγών που συμβαίνουν κάτω από διάφορες συνθήκες. Ως σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ο πλανήτης γη ή μια ωκεάνια λεκάνη. Τα περισσότερα συστήματα περιέχουν διάφορες συνιστώσες που κάθε μια εξασκεί μερικό έλεγχο στις υπόλοιπες. Η αλληλεπίδραση αυτών των συνιστωσών²¹ είναι υπεύθυνη για την ποικιλία των μορφών που εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης. Η αλλαγή στο μέγεθος ή στη συχνότητα των διεργασιών που αναπτύσσονται σε κάθε συνιστώσα θα επηρεάσει και τις υπόλοιπες». (Δερμιτζάκης, 1991)²²

«Τα συστήματα διέπονται από δύο αρχές, την αρχή της περιβαλλοντικής ενότητας που σημαίνει ότι καθετί επηρεάζει ο,τιδήποτε άλλο και την αρχή της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μεταβλητών των συστημάτων.

Η αλληλεπίδραση αυτή είναι εμφανής στα παράκτια περιβάλλοντα και στην διαμόρφωση της ακτογραμμής...

¹⁸Στα οποία οφείλεται η σεισμικότητα της περιοχής και επιβεβαιώνεται με μελέτες ότι ο πυθμένας των τάφρων της Μεσογείου ανταποκρίνεται στον ωκεάνιο φλοιό.

¹⁹ Παράδειγμα τεκτονικών μετακινήσεων αποτελεί ο αρχαιολογικός χώρος των Φαλασσάρων (όπου σημειώθηκε τεκτονική ανύψωση της Δυτ. Κρήτης το 365 μ.Χ.) που επιβεβαιώνει την επίδραση των γεωλογικών φαινομένων ρηγματώσεων – σεισμών στην παράκτια γεωμορφολογία.

Επιβεβαιώνεται με αυτό τον τρόπο πώς επηρεάζει η ρηγματώση / σεισμικότητα στη διαμόρφωση της παράκτιας γεωμορφολογίας (και στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με παράκτιες περιοχές).

²⁰ Και αποτελεί ένα κλειστό σύστημα.

²¹ Οι 4 συνιστώσες του συστήματος της γης είναι η λιθόσφαιρα, η υδρόσφαιρα, η βιόσφαιρα, η ατμόσφαιρα.

²² Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

Ο γεωλογικός κύκλος αποτελείται από ένα σύνολο υποκύκλων,²³ ο τεκτονικός, ο υδρολογικός και ο πετρολογικός, από τους οποίους διαμορφώνεται η λιθόσφαιρα...

Οι γεωλογικοί κύκλοι, για να δραστηριοποιηθούν, τροφοδοτούνται από την ηλιακή ενέργεια και την εσωτερική γήινη θερμότητα...».(ό.π.)²⁴

2.3 . Οι παράγοντες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας είναι :

2.3.1. «Οι τεκτονικές διεργασίες/ κινήσεις είναι υπεύθυνες για την παραμόρφωση του φλοιού και το σχηματισμό εξωτερικών δομών όπως είναι οι ωκεάνιες λεκάνες, οι ήπειροι και οι οροσειρές. Οι τεκτονικές αυτές διεργασίες προκαλούνται από ενδογενείς δυνάμεις.

Η λιθόσφαιρα, το εξωτερικό στρώμα της γης²⁵ που καλύπτεται από ηπείρους και ωκεανούς (με πάχος που φθάνει τα 40-100 Km), αποτελείται από τεμάχη, τις λιθοσφαιρικές πλάκες²⁶. Οι πλάκες αυτές κινούνται, ολισθαίνουν παρασύροντας μαζί τους τις ηπείρους (ηπειρωτική ολίσθηση²⁷), δημιουργώντας αποκλίσεις (απομάκρυνση) διανοίγοντας τους ωκεανούς και τις θάλασσες δημιουργώντας ρήγματα²⁸ μετασχηματισμών (όταν οι κινήσεις των πλακών γίνονται εκατέρωθεν των ορίων)²⁹, ή συγκλίσεις (συγκρούσεις των πλακών) δημιουργώντας συστήματα οροσειρών (μεσοωκεάνιες /θαλάσσιες ράχες). Η λιθόσφαιρα στο σύνολό της, προέρχονται από τις τρεις κατηγορίες πετρωμάτων (εκρηξιγενή, μεταμορφωμένα, ιζηματογενή), και «περικλείεται» από τις ηπειρωτικές μάζες και τις ωκεάνιες λεκάνες...

²³ από τους οποίους μπορούν να θεωρηθούν οι δύο πιο σημαντικοί, ο τεκτονικός και υδρολογικός.

²⁴ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

²⁵ το ανώτερο στρώμα 40-100 χλμ. της γήινης επιφάνειας.

²⁶ Ονομάζουμε λιθοσφαιρική πλάκα ένα τμήμα της λιθόσφαιρας μη παραμορφώσιμο, αποτελούμενο είτε αποκλειστικά από ωκεάνιο φλοιό είτε από ωκεάνιο και ηπειρωτικό. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες που σχηματίζουν το εξωτερικό τμήμα του φλοιού της γης είναι του Ειρηνικού, η Αυστραλιανή, της Ανταρκτικής, την Ν. Αμερικής, η Αφρικανική, η ευρασιατική, των Φιλιππίνων, του Σολομώντα, η Νάζκα, η Φίτζι, της Β. Αμερικής, της Καραϊβικής, η Αραβική, της Τουρκίας, του Ιράν, της Αδριατικής. (Ι. Δερμιτζάκης, 1991)

²⁷ κατά το Μεσοζωικό Αιώνα θεωρείται ότι ξεκίνησε το επεισόδιο ολίσθησης - πριν από περίπου 200 εκατομμύρια χρόνια -, όταν τεμαχίστηκε η Παγγαία και οι ήπειροι άρχισαν να μετακινούνται.

²⁸ Τα ρήγματα σχετίζονται άμεσα με τους σεισμούς και τα ηφαίστεια. Στα ρήγματα οφείλεται η εικόνα του γήινου φλοιού και τα σύγχρονα ανάγλυφα.

²⁹ Όπως π.χ. το ρήγμα του αγ. Ανδρέα στην Καλιφόρνια.

Η λιθόσφαιρα διαιρείται σε δύο ομάδες χαρακτηριστικών αναγλύφων :

- α) τις ηπειρωτικές μάζες, τα μεγαλύτερα τμήματα της λιθόσφαιρας που βρίσκονται ψηλά,
- β) τις ωκεάνιες λεκάνες, τα χαμηλότερα τμήματα της λιθόσφαιρας που βρίσκονται μεταξύ των ηπειρωτικών μαζών και καλύπτονται από θαλασσινό νερό.» (ό.π.)³⁰

«Η λιθόσφαιρα βρίσκεται σε καθεστώς κίνησης, το οποίο περιγράφεται από την τεκτονική των λιθοσφαιρικών πλακών.

Η θεωρία των τεκτονικών λιθοσφαιρικών πλακών ερμηνεύει :

- α) Την σχετική κίνηση των ηπείρων, και
- β) Την επέκταση του ωκεάνιου πυθμένα.

Η λεπτομερής διαμόρφωση του ανάγλυφου της γήινης επιφάνειας σχηματίζεται από την αλληλεπίδραση της λιθόσφαιρας με τα <υγρά καλύμματα>, την ατμόσφαιρα και υδρόσφαιρα». (Λυριτζής, 2005)³¹

Στο στερεό φλοιό της γης μεγάλα συστήματα ρηγμάτων αποτελούν τις ζώνες διαρρήξεως.

«Στις μεγάλες ωκεάνιες λεκάνες τα ρήγματα έχουν προσανατολισμό Α – Δ (Ατλαντικός, Ειρηνικός, τροπικός Ατλαντικός και κεντρικός Ινδικός ωκεανός), και οι ζώνες διαρρήξεως προσανατολισμένες με διάφορες κατευθύνσεις συναντώνται με τμήματα ρηγμάτων σε ξηρές, ωκεάνιες λεκάνες και σε μικρές θάλασσες.

Τα ρήγματα είναι τεκτονικές μορφές³². Πιο συγκεκριμένα ρήγμα ονομάζουμε κάθε διάρρηξη των πετρωμάτων, η οποία συνοδεύεται από μια σχετική κίνηση των δύο τεμαχίων που βρίσκονται από το ένα κι από το άλλο μέρος της διαρρήξεως³³, και άλμα ρήματος είναι η σχετική κίνηση των δύο τεμαχίων που

³⁰ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

³¹ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

³² όπως οι πτυχές και τα καλύμματα.

³³ Διακρίνονται από τις διακλάσεις = διαρρήξεις με καθόλου ή με πολύ λίγη μετακίνηση./ μετακλίσεις = κάμψεις των πετρωμάτων και δημιουργούνται από την απότομη αλλαγή της κλίσεως των στρωμάτων κατά μια ορισμένη επιφάνεια χωρίς διάρρηξη./Ολίσθηση ενός

κατά ένα γενικό τρόπο αντιστοιχεί σε μια κίνηση με τρεις συνιστώσες (κατακόρυφο, οριζόντιο άλμα, και εγκάρσιο/οριζόντιο άλμα).

Τα ρήγματα ταξινομούνται σε οριζόντια, κανονικά, ανάστροφα, κανονικά (σύμφωνα – αντίθετα), κατακόρυφα (εγκάρσια - επιμήκη)». (Δερμιτζάκης,1991)³⁴

«Είναι σπασίματα της γης, μεγάλης σημασίας για τη γεωλογία και σε αυτά ο γήινος φλοιός οφείλει κατά μεγάλο ποσοστό την όψη του. Τα σύγχρονα ανάγλυφα οφείλονται σε ρήγματα, έχουν σχέση με τους σεισμούς και τα ηφαιστεια, καθώς και τη διάνοιξη των ωκεάνιων λεκανών και κατ'επέκταση με τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Οι μετατοπίσεις που συμβαίνουν τη στιγμή του σεισμού³⁵ ή της ηφαιστειακής δραστηριότητας, ως αποτέλεσμα νεοτεκτονικών κινήσεων και κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών, καλούνται *συνσεισμικές*. Οι συνσεισμικές ανυψώσεις ή καθιζήσεις δημιουργούν σειρά βαθμιδωτών παραλιών. Παρόμοιες βαθμιδωτές παραλίες μπορούν να παραχθούν και από διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης...» (Δερμιτζάκης,1991)³⁶

Εδώ να αναφέρουμε ότι η Ελλάδα ως μια από τις περισσότερο σεισμογενείς περιοχές της Ευρώπης, επηρεάστηκε από τις έντονες τεκτονικές κινήσεις στην περίοδο του γεωλογικού χρόνου και της ιστορίας...

«Περιοχές εντός των ορογενετικών ζωνών με πεδία ρηγμάτων, είναι πιο σεισμικές όπως συμβαίνει στο πεδίο ρηγμάτων της Μεσογείου. Χαρακτηριστικό είναι ότι η σεισμική δραστηριότητα μέσα στις ηπειρωτικές και ωκεάνιες περιοχές, που βρίσκονται μακριά από πεδία ρηγμάτων, είναι πολύ μικρή». (ό.π.)³⁷

ρήγματος είναι η σχετική μετατόπιση δύο σημείων εκατέρωθεν της επιφάνειας διαρρήξεως τα οποία πριν την διάρρηξη βρίσκονταν σε σύμπτωση. (Δερμιτζάκης, 1991).

³⁴Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

³⁵Ως γνωστόν η Ελλάδα είναι μια από τις περισσότερο σεισμογενείς περιοχές της Ευρώπης και οι έντονες τεκτονικές κινήσεις την επηρέασαν στην περίοδο της ιστορίας.

³⁶Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

³⁷Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

«*Η ηφαιστειότητα συνδέεται με τα πεδία των ρηγμάτων, όποια κι αν είναι η θέση τους μέσα ή έξω από την ορογενετική ζώνη.*

Η Μεσόγειος (εκτός από την περιειρηνική περιοχή τις Μεσοωκεάνιες ράχες και την Ανατολική Αφρική), είναι από τις μεγαλύτερες ηφαιστειακές ζώνες της γης...

Τα πεδία ρηγμάτων στις ορογενετικές ζώνες στην Ευρώπη είναι: ένα πεδίο ρηγμάτων περιαιλικό της Κ. Ευρώπης και ένα πεδίο ρηγμάτων ενδοαιλικό/μεσογειακό. Τα πεδία ρηγμάτων στις ηπείρους και στους ωκεανούς αντιπροσωπεύουν τη διάνοιξη των ορογενετικών ζωνών, και συμπίπτουν με τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών. Υπάρχει σύμπτωση των κινήσεων των ορογενετικών ζωνών και αυτών των ηπειρωτικών και ωκεάνιων περιοχών...

Παρατηρούνται επίσης η δράση διαφόρων τύπων τεκτονικών συμβάντων (τεκτονικών μορφών) όπως η διαδοχή ρηγμάτων, οι πτυχώσεις και οι επωθήσεις.

Πτυχές είναι οι σχηματισμοί που παρατηρούνται σε ιζηματογενή και μεταμορφωμένα πετρώματα, και οφείλονται κυρίως στην πλαστική μεταμόρφωση των πετρωμάτων από την επίδραση δυνάμεων.

Οι επιπυεύσεις αντιστοιχούν σε τεκτονικές ενότητες μετρίων διαστάσεων και περιορισμένης αποστάσεως μετακινήσεις (της ίδιας ισοτοπικής ζώνης).

Οι επωθήσεις αντιστοιχούν σε τεκτονικές ενότητες πολύ μεγαλύτερων διαστάσεων από αυτές των επιπυεύσεων.» (ό.π.)³⁸

Λόγω των τεκτονικών ρηγμάτων (τεκτονικού κύκλου), η ξηρά ανέρχεται και η στάθμη της θάλασσας πέφτει και αντίστροφα. Μας ενδιαφέρει επίσης ο συνδυασμός παραγόντων και εστιάζουμε στη σχετική μετατόπισή της στάθμης, ανεξάρτητα από το τί προκάλεσε τη μεταβολή (δηλ. η ευστασία, η ισοστασία ή ο συνδυασμός παραγόντων). Έτσι, η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας θεωρείται ως σχετική, επειδή επηρεάζεται από διαφορετικές παραμέτρους.

Το όριο της ακτογραμμής μεταξύ θάλασσας και ξηράς μεταβάλλεται στον χρόνο και ελέγχεται / επηρεάζεται από τις παραπάνω τεκτονικές διεργασίες και τους άλλους παράγοντες (οι οποίοι προαναφέρθηκαν) οι οποίοι ελέγχουν το παράκτιο περιβάλλον.

Παράδειγμα τεκτονικών μετακινήσεων αποτελεί ο αρχαιολογικός χώρος Φαλασσάρων³⁹ (τεκτονική ανύψωση της Δυτ. Κρήτης το 365 μ.Χ.) που

³⁸ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

³⁹ E. Hadjidaki, Preliminary report of excavation at the harbor of Phalaserna in West Crete, AJA 92, 1988, 463-479; F. Frost – E. Hadjidaki, Excavations at the Harbor of Phalaserna in Crete: The 1988

επιβεβαιώνει την επίδραση των γεωλογικών φαινομένων ρηγματώσεων – σεισμών στην παράκτια γεωμορφολογία. Τεκμηριώνεται έτσι (με το συγκεκριμένο καθώς και άλλα παραδείγματα) πώς επηρεάζει η σεισμικότητα στη διαμόρφωση της παράκτιας γεωμορφολογίας και στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με τις παράκτιες περιοχές.

«Παρά τη βεβαιωμένη άποψη από ορισμένους μελετητές ότι στην εποχή μας, το κλίμα μας θερμαίνεται, η γενική τάση είναι ότι ο πλανήτης γη βρίσκεται σήμερα σε μια ψυχρή περίοδο του κλίματος (όπως π.χ. στο Ιουρασικό, Σιλούριο, Πέρμιο, Κρητιδικό), ενώ περίπου στα 75 εκατ. χρόνια Π.Σ. το κλίμα ήταν θερμό και η στάθμη της θάλασσας ήταν + 200 μ. απ' ό,τι σήμερα (τη σημερινή στάθμη θεωρούμενη στο 0)»... (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb«εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8)

«Η σημερινή στάθμη ήταν στο επίπεδο που βρισκόταν πριν 120.000 χρόνια Π.Σ.⁴⁰ Έκτοτε, η στάθμη έπεφτε συνεχώς, λόγω του εγκλωβισμού του νερού σε παγετώνες, με μέγιστο βάθος (πριν 20.000 χρόνια) τα -120, -130 μ. Μετά το κλίμα θερμαινόταν,⁴¹ έλιωναν οι πάγοι και η στάθμη της θάλασσας ανέβαινε. Η θαλάσσια στάθμη έκτοτε ανεβαίνει συνεχώς».⁴² (ό.π.)⁴³

2.3.2. *Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας είναι :*

«Οι **κλιματικές αλλαγές** που αποτελούν την κύρια αιτία των μεταβολών στην ποσότητα του ωκεάνιου νερού. Η δημιουργία ή η τήξη των ηπειρωτικών πάγων

season, Hesperia 59.3, 1990, 513-527; Hadjidaki 1996; Hadjidaki 2001; E. Hatzidaki – M. Stefanakis, Secrets of Phalassarna, Κρητικό Πανόραμα 2, 2004, 101-135; Stefanakis 2010.

ΚΑΙ P. A. Pirazzoli – J. Ausseil-Badie – P. Giresse – E. Hadjidaki – M. Arnold, Historical environmental changes at Phalassarna harbour, West Crete. Geoarchaeology, 7, 1992, 371-392; D. Dominey-Howes – A. Dawson – D. Smith, Late Holocene coastal tectonics at Falasarna, western Crete: Asedimentary study, in: I.S. Stewart - C. Vita-Finzi (eds.), Coastal tectonics Geological Society, Special Publications 146 (London 1998) 143-352; Stefanakis 2010.

⁴⁰ Πριν από σήμερα.

⁴¹ Πρέπει να λαμβάνεται υπ όψιν και η θερμική διόγκωση του νερού, δηλαδή το νερό όταν θερμαίνεται αυξάνει ο όγκος του και καταλαμβάνει περισσότερο χώρο.

⁴² Ανησυχητικό θεωρείται το σενάριο ανόδου της στάθμης της θάλασσας στο μέλλον κατά 90 cm, καταστροφικό για τον πλανήτη και την παράκτια ζώνη, που κατοικείται από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού.

⁴³ Γ. Παπαθεοδώρου, bbb«εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8.

⁴⁴ αποτελεί τον πλέον σημαντικό παράγοντα της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας στην πορεία του χρόνου και στα τελευταία 20.000 χρόνια. Πριν από 15.000 - 18.000 Π.Σ. η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 100 - 130 μ. περίπου χαμηλότερα από την σημερινή. Με την τήξη των μεγάλων ηπειρωτικών στρωμάτων πάγων, άρχισε να ανεβαίνει η στάθμη της θάλασσας με διάφορους ρυθμούς, φθάνοντας στο σημερινό επίπεδο. Η ανύψωση αυτή είχε ως αποτέλεσμα, η θάλασσα να εισχωρήσει προς την χέρσο, να καλύψει την παράκτια ζώνη και οι παράκτιες αρχαίες θέσεις να καταβυθιστούν». (ό.π.)⁴⁵

«Καθοριστικοί παράγοντες σε αυτή τη γεωλογική διεργασία, αποτελούν «η ηλιακή ενέργεια» και η «εσωτερική θερμότητα», οι οποίοι επηρεάζουν το λιώσιμο των πάγων. Όσον αφορά στη θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης, είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια η οποία είναι 5.000 φορές μεγαλύτερη. Οι ημερήσιες και εποχιακές μεταβολές της ηλιακής ενέργειας είναι πρακτικά οι μόνες που καθορίζουν τις θερμοκρασίες στην επιφάνεια των ηπείρων και των ωκεανών. Όσον αφορά στη μετάδοση της θερμότητας από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια, αυτή ονομάζεται θερμική ροή. Η μέση θερμική ροή στους ωκεανούς είναι της τάξεως $1,46 \text{ m cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$. Στις μεσοωκεάνιες ράχες η θερμική ροή είναι 3 φορές μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της, ενώ στις πλευρές παρουσιάζεται αρκετά χαμηλότερη». (ό.π.)⁴⁶

«Η μετακίνηση των μαγνητικών πόλων (και του άξονα περιστροφής) επιβεβαιώνεται (βιβλιογραφικά) από παλαιομαγνητικά στοιχεία, όπως π.χ. σε μια

⁴⁴ «Το κλίμα της Γης στην αρχή του Ηώκαινου (περίπου 55 εκατομμύρια χρόνια πριν), υπήρξε θερμό $6 - 7^\circ \text{C}$ ψηλότερα και έκτοτε μειώνεται η θερμοκρασία» (Zachos et al., 2001). Στα 34 εκατομμύρια χρόνια πριν, δημιουργήθηκαν οι παγετώνες της Ανταρκτικής (Barret, 1996), ενώ «2,6 εκατομμύρια χρόνια πριν αναπτύχθηκαν οι παγετώνες του βόρειου ημισφαιρίου» (Maslin et al., 1998). «Από τότε, αρχίζει η τελευταία γεωλογική περίοδος του Τεταρτογενούς, το Ice Age με τις εναλλαγές παγετώνων μεσοπαγετωδών περιόδων (10 - 30 χιλιάδων χρόνων), οι οποίες κατά το τελευταίο ένα εκατομμύριο χρόνια απέκτησαν μεγαλύτερη ένταση και μικρότερη συχνότητα». (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011)

⁴⁵ Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8.

⁴⁶ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

λάβα όπου οι κρύσταλλοι του μαγνητίτη Fe_3O_4 που έχουν οποιοδήποτε προσανατολισμό, αποκτούν στη συνέχεια τον προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου της γης την εποχή της έκρηξης ενός ηφαιστείου.

Κατά τη διάρκεια της ψύξεως της αφού η λάβα είναι ακόμη ρευστή, τα στοιχεία αυτά προσανατολίζονται σύμφωνα με το γήινο μαγνητικό πεδίο⁴⁷ (οι κρύσταλλοι προσανατολίζονται σε θερμοκρασία στο σημείο Curie) προσδιορίζοντας τη διεύθυνση και τη μαγνητική φορά της εποχής και τον προσδιορισμό των πόλων, οι οποίοι υπήρχαν την εποχή που (οι κρύσταλλοι) σχηματίστηκαν ή σταθεροποιήθηκαν.

Η πολικότητα προσδιορίζεται επίσης από τα ιζηματογενή πετρώματα (που περιέχουν κρυστάλλους μαγνητίτη ή αιματίτη οι οποίοι διατήρησαν τη μαγνητική φορά της εποχής), και μέσω των απολιθωμάτων (προσδιορισμός των προϊόντων της διασπάσεως που περιέχουν)» (ό.π.)⁴⁸

«Έτσι είναι παραδεκτή (μέσω βιβλιογραφίας) η διαδοχή περιόδων, όπου το γήινο μαγνητικό πεδίο είχε την ίδια φορά με σήμερα (κανονικές περίοδοι), είτε περιόδους όπου το γήινο μαγνητικό πεδίο είχε την ίδια διεύθυνση αλλά διαφορετική φορά (ανάστροφες περίοδοι). Παρατηρούμε εποχές όπου ο παλαιομαγνητισμός ήταν σταθερός για μεγάλη χρονική διάρκεια και διακοπτόταν από παροδικές αλλαγές.» (ό.π.)⁴⁹

«Αυτές οι προαναφερθείσες μετατοπίσεις (των πόλων και του άξονα περιστροφής) επηρέασαν την απόσταση των ημισφαιρίων του πλανήτη από τον ήλιο (με την επακόλουθη «περιοδικότητα» θερμών - ψυχρών περιόδων). Οι παροδικές αλλαγές αφορούν σε διαφοροποίηση του κλίματος σε παγετώδεις/ μεσοπαγετώδεις περιόδους».(Λυριτζής, 2005)⁵⁰.

Η περιοδική μεταβολή του κλίματος εξαρτάται απ τις μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας⁵¹ (με κύκλους 11,22,75,200 χιλιάδων ετών)⁵², δημιουργεί την

⁴⁷έχουν τον προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου της γης την εποχή της έκρηξής του.

⁴⁸ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

⁴⁹ Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8.

⁵⁰ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

⁵¹Και ηλιακές κηλίδες

⁵²«Η οποία παρατηρείται και στη μεταβολή της ραδιενέργειας σε θαλάσσια ή λιμναία ιζήματα» (Liritzis et al., 1995 / ; Attolini et al., 1985 / Castagnoli et al., 1984). «Βάσει ενόργανων μετρήσεων /

περιοδικότητα των παγετωδών (ψυχρών) περιόδων οι οποίες διαδέχονται από μεσοπαγετώδεις περιόδους. «*Η μεταβολή/περιοδικότητα*⁵³ σχετίζεται με την τροχιακή⁵⁴ εκκεντρότητα της γης γύρω από τον ήλιο (περίπου ανά 100.000 χρόνων), τη μεταβολή της «*λόξωσης*», τη μετατόπιση των πόλων και του άξονα περιστροφής της γης (ανά 41.000 χρόνια), και τη μετάπτωση των ισημεριών (ανά 23.000-26.000 και 19.000 χρόνια)⁵⁵.»(ό.π.)⁵⁶

Τα παγόβουνα/παγετώδεις αποθέσεις είναι συνδεδεμένες με ψυχρά κλίματα –και πτώση της θερμοκρασίας-, αναπτύχθηκαν δε περίπου 2,4 εκατομμύρια χρόνια πριν, αφού προηγήθηκαν ένα ψυχρό κλίμα που ξεκίνησε 3,3 εκατομμύρια χρόνια νωρίτερα.

Κατά τη διάρκεια των παγετώνων η στάθμη της θάλασσας παρουσίαζε μείωση ενώ κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετωδών περιόδων, λόγω της περιοδικής αύξησης της θερμοκρασίας οι πάγοι έλιωναν αυξάνοντας τη στάθμη των ωκεάνιων θαλάσσιων λεκανών -με το νερό που δέχονταν από την τήξη τους - .

Σύμφωνα με τον Matthews «*Μια εκτίμηση του παγκόσμιου όγκου πάγων και της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας λαμβάνεται από την περίμετρο των ηπειρωτικών παγόβουνων. Εκτιμάται ότι το ύψος της θαλάσσιας στάθμης είναι ισοδύναμο του όγκου πάγων*». (Matthews, 1990).

«Ο χάρτης της προϊστορικής Ευρώπης ήταν διαφορετικός από ό,τι σήμερα. Ένα μεγάλο μέρος της θάλασσας, που ορίζει την σημερινή Ευρώπη, ήταν ξηρά (π.χ. η

παρατηρήσεων των ηλιακών κηλίδων και της ηλιακής δραστηριότητας από τον 17^ο αιώνα έως σήμερα εμφανίζεται περιοδικότητα με κύκλους 11, 22, 77 και 200 ετών, η οποία προκύπτει με έμμεσο τρόπο από τις μεταβολές των συγκεντρώσεων των κοσμογενών ισοτόπων (Be σε πολικό πάγο και σε δακτυλίους δέντρων)» (6.000 ετών Wanner et al., 2008) ή «10.000 ετών» (Vanmoos et al., 2006).

⁵³ η οποία καταγράφεται και στο ισοτοπικό οξυγόνο των απολιθωμένων μικροοργανισμών σε πυρήνες ιζημάτων βαθιάς θάλασσας (Shackleton, 1990).

⁵⁴ Τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο.

⁵⁵ «Τα τελευταία 450.000 χρόνια, η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο, που επαναλαμβάνεται κάθε 100.000 χρόνια, είναι η περίοδος της *τροχιακής εκκεντρότητας*. Η ανάπτυξη των πάγων γίνεται ανά περιόδους των 41.000 χρόνων (περίοδος εκτροπής του άξονα περιστροφής της γης), ανά 23 - 26.000 χρόνια (κύκλος μετάπτωσης των ισημεριών)». Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

⁵⁶ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.223 κ.ε.

θάλασσα μεταξύ Μ. Βρετανίας και της υπόλοιπης Ευρώπης), και η Μεσόγειος κυριαρχείται από έντονες τεκτονικές κινήσεις, ενώ η Βόρεια Αδριατική και ο Πατραϊκός - Κορινθιακός κόλπος ήταν χερσαία περιβάλλοντα». (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8).

«Στην εποχή μας, οι σύγχρονες κλιματικές ζώνες είναι περιορισμένες σε ορισμένα γεωγραφικά πλάτη και παρά τη βεβαιωμένη άποψη από ορισμένους μελετητές ότι το κλίμα μας θερμαίνεται, η γενική τάση όπως προαναφέρθηκε, είναι ότι ο πλανήτης γη βρίσκεται σήμερα σε μια ψυχρή περίοδο του κλίματος (όπως π.χ. στο Ιουρασικό, Σιλούριο, Πέρμιο, Κρητιδικό)...

Η σημερινή στάθμη είναι στο επίπεδο που βρισκόταν πριν 120.000 χρόνια Π.Σ.

Έκτοτε, η στάθμη έπεφτε συνεχώς, λόγω του εγκλωβισμού του νερού σε παγετώνες, με μέγιστο βάθος (πριν 20.000 χρόνια) -120, -130 μ. Μετά το κλίμα θερμαινόταν,⁵⁷ έλιωναν οι πάγοι και η στάθμη της θάλασσας ανέβαινε. Η στάθμη έκτοτε ανεβαίνει συνεχώς.⁵⁸» (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8). Σύμφωνα δε με τους Peltier , Lambeck - Purcell , Spada - Stocchi , Λυκούσης , το όριο και η εξέλιξη της ακτογραμμής μετακινείται πολύ σε ιστορικά επίπεδα⁵⁹ (Peltier 2004, Lambeck - Purcell 2005, Spada - Stocchi 2006, Λυκούσης 2009 (παλαιογεωγραφική αναπαράσταση του Αιγαίου).

⁵⁷Πρέπει να λαμβάνεται υπ όψιν και η θερμική διόγκωση του νερού, δηλαδή το νερό όταν θερμαίνεται αυξάνει ο όγκος του και καταλαμβάνει περισσότερο χώρο.

⁵⁸Ανησυχητικό θεωρείται το σενάριο ανόδου της στάθμης της θάλασσας στο μέλλον , κατά 90 cm, καταστροφικό για τον πλανήτη και την παράκτια ζώνη, που κατοικείται από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού.

⁵⁹Σύμφωνα με τους ίδιους ενδεικτικά « 300.000 - 250.000 Π.Σ. , το Αιγαίο ήταν ξηρά και υπήρχε μόνο η αύλακα του Β. Αιγαίου και η αύλακα πάνω και κάτω από την Κρήτη. / 480.000 - 450.000 Π.Σ. , το σύνολο του Αιγαίου ήταν ξηρά και καλυπτόταν με θάλασσα μόνο η αύλακα πάνω και κάτω από την Κρήτη και λίγες λιμναίες / θαλάσσιες λεκάνες». (Peltier 2004, Lambeck - Purcell 2005, Spada - Stocchi 2006, Λυκούσης 2009 (παλαιογεωγραφική αναπαράσταση του Αιγαίου)».

2.3.3. Ευστασία ⁶⁰.

Η *ευστασία* είναι παγκόσμια διαδικασία, χωρίς χωρικούς περιορισμούς. Με το λιώσιμο - τήξη των πάγων, η είσοδος γλυκού νερού στον παγκόσμιο ωκεανό, αυξάνει τη στάθμη της θάλασσας. Οι *ευστατικές μεταβολές* αφορούν σε μεταβολές της στάθμης της θάλασσας από τις κάθετες μετατοπίσεις της ωκεάνιας επιφάνειας ομοιόμορφα σε όλο τον κόσμο. Είναι ένα παγκόσμιο φαινόμενο.⁶¹

2.3.4. Ισοστασία⁶².

Η *ισοστασία* είναι μια διεργασία που, σε αντίθεση με την ευστασία, είναι πάντα σε τοπικό επίπεδο. Πάντα υπάρχει ισορροπία μεταξύ στεριάς και θάλασσας. Οι *ισοστατικές μεταβολές* αναφέρονται στις κινήσεις για διατήρηση *ισορροπίας* στο γήινο φλοιό⁶³, όπου το λιγότερο πυκνό υλικό επιπλέει σε πυκνότερο υποκείμενο στρώμα. «Ανάλογα με το ισοστατικό φαινόμενο, έχουμε παγετώδο - ισοστασία, θερμο - ισοστασία, υδρο - ισοστασία, ιζηματο - ισοστασία, ηφαιστειο - ισοστασία.⁶⁴ Έτσι ο φλοιός, ο οποίος θερμαίνεται και γίνεται λιγότερο πυκνός και λεπτότερος, ανυψώνεται ισοστατικά.

⁶⁰ Σύμφωνα με το bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

«εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»

⁶¹ Όμως «η σύγκριση καμπυλών μεταβολής της στάθμης της θάλασσας από διαφορετικές περιοχές δείχνει ότι η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, αν και αναμενόταν να είναι παγκόσμια και ταυτόχρονη, δεδομένου ότι οι ωκεανοί συνδέονταν μεταξύ τους (και αυτοί με τις θάλασσες) δεν ίσχυε, αποδεικνύοντας ότι οι ευστατικές μεταβολές δεν ήταν ομοιόμορφες παγκόσμια «λόγω της προσαρμοστικής ικανότητας της Γης» (Chappell, 1974, Clark et al., 1976).

⁶² Σύμφωνα με το bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

⁶³ *Ισοστατικές προσαρμογές* είναι οι ανυψώσεις ή καταβυθίσεις, ανάλογα με το είδος της μεταβολής.

⁶⁴ Επίσης, η ανάπτυξη των πάγων έχει αποτέλεσμα την κατάρρευση του πυθμένα κάτω από τη μάζα τους (παγετωδοϊσοστασία). Με το λιώσιμο των πάγων, ο πυθμένας καταρρέει - υδροϊσοστασία - όπως και στις περιοχές που συσσωρεύονται ιζήματα (δέλτα ποταμών κ.λπ., όπου η κατάρρευση ονομάζεται ιζηματοϊσοστατική).

Επίσης, η ανάπτυξη των πάγων έχει αποτέλεσμα την κατάρρευση του πυθμένα κάτω από τη μάζα τους (παγετωδοϊσοστασία). Με το λιώσιμο των πάγων, ο πυθμένας καταρρέει - υδροϊσοστασία - όπως και στις περιοχές που συσσωρεύονται ιζήματα (δέλτα ποταμών κ.λπ., όπου η κατάρρευση ονομάζεται ιζηματοϊσοστατική).

Γενικά, το λιώσιμο των πάγων παράγει ένα σημαντικό φορτίο στον ωκεάνιο πυθμένα, με αποτέλεσμα αυτός να καταρρέει (*ισοστατικό βύθισμα*). Αντίθετα, με την *ισοστατική αναπήδηση* του ωκεάνιου πυθμένα μεταφέρεται ένα τμήμα του προς τα άνω.⁶⁵ Σε περιοχές που είχαν πάγους με την τήξη τους δημιουργήθηκε μια άνοδο πολλών μέτρων της θαλάσσιας στάθμης⁶⁶, ...ενώ οι παράκτιες περιοχές αντέδρασαν ανάλογα με την τοπική τοπογραφία, το βάθος του νερού και την απόστασή τους από τις επιφάνειες των πάγων». (Λυριτζής, 2005)⁶⁷

Η μετατόπιση υλικών με διαφορετικές πυκνότητες από τις ισοστατικές προσαρμογές του υδάτινου και του χερσαίου χώρου δημιουργεί σχετικές μεταβολές της μέσης θαλάσσιας στάθμης.

«Οι *ισοστατικές κινήσεις* περιλαμβάνουν μετατόπιση υλικών με διαφορετικές πυκνότητες. Σύμφωνα με τη *θεωρία της ισοστασίας*, τα μεγάλα τμήματα του γήινου φλοιού βρίσκονται σε ισορροπία, σαν να επιπλέουν σε πυκνότερο υποκείμενο στρώμα. Έτσι, οι περιοχές με λιγότερο πυκνό υλικό φλοιού τείνουν να ανυψώνονται τοπογραφικά πάνω από περιοχές με πυκνότερο υλικό. Πιο συγκεκριμένα:

Οι υποθέσεις που ερμηνεύουν τη θεωρία της *ισοστασίας* της αντισταθμίσεως σε βάθος των επιφανειακών αναγλύφων, είναι : η υπόθεση Pratt και του Airy. Ο Pratt (1885) πρότεινε ότι τα όρη δεν είναι ομοιογενείς μάζες και προέρχονται από μια διαστολή τους στερεού φλοιού. Κατά τον ίδιο θα υπήρχε στο βάθος μια επιφάνεια (αντισταθμίσεως), όπου η βαρύτητα θα είναι ομοιογενής και η ομοιογένεια των μαζών θα είναι πραγματική κάτω από αυτή την επιφάνεια της αντισταθμίσεως. Σύμφωνα με τη 2^η θεωρία του Airy (1885), διατυπώθηκε ότι ο γήινος φλοιός επιπλέει πάνω σε μια ουσία μεγάλης πυκνότητας και οι ανυψώσεις των επιφανειών

⁶⁵ Ο ρυθμός, η κατεύθυνση και το μέγεθος των μετακινήσεων του φλοιού μεταβάλλονται από μέρος σε μέρος και δεν είναι σταθερές.

⁶⁶ Οι μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης είχαν μεγάλες διακυμάνσεις ανά περιοχή (με τη μεγαλύτερη διακύμανση ειδικά πριν 18.000 Π.Σ.).

⁶⁷ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.139 κ.ε.

αντισταθμίζονται στο βάθος βυθιζόμενες μέσα σ' ένα πυκνό μέσο. Όσο οι επιφάνειες αναδύονται ψηλότερα τόσο περισσότερο είναι βυθισμένες «μέσα στην ουσία μεγάλης πυκνότητας». Όπως και στην υπόθεση Pratt σε ένα ορισμένο βάθος η επίδραση των αναγλύφων αντισταθμίζονται. Πρόκειται για μια επιφάνεια αντισταθμίσεως κάτω από την οποία υπάρχει ομοιογένεια της κατανομής των μαζών». (Δεμιρτζάκης, 1991)

2.3.5. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θαλάσσια στάθμη.

«Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θαλάσσια στάθμη είναι οι περιοδικές και τυχαίες κινήσεις όπως η παλίρροια ή τα κύματα και αιτίες που αφορούν στη θερμοκρασία, πίεση, οι δυναμικές μεταβολές που επηρεάζουν τις μάζες νερού, όπως τα ρεύματα ή η δύναμη Coriolis που προκαλούν αυξομείωση της ποσότητας θαλάσσιου νερού και μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης. Πέραν τούτων (επηρεάζουν τη θαλάσσια στάθμη, παράγοντες όπως) η αλμυρότητα, η πίεση και η θερμοκρασία των θαλάσσιων υδάτων, η δημιουργία προσχώσεων» (Ι. Λυριτζής, 2005)⁶⁸ (μέσω φερτών υλικών μέσω των ρεόντων υδάτων στην επιφάνεια της χέρσου), και η διάβρωση που επηρεάζει την παράκτια ζώνη. (Λυριτζής, 2005)⁶⁹ «Συγκεκριμένα, η θαλάσσια στάθμη μεταβάλλεται με την αλμυρότητα που παρατηρείται κατ' εξαίρεση στο μέσον των ωκεανών ή στην Ερυθρά Θάλασσα και την πίεση (που αυξάνει με το βάθος). Το πυκνότερο νερό καταλαμβάνει μικρότερο όγκο και η στάθμη πέφτει, ενώ η ελάττωσή της πυκνότητας, αυξάνει τον όγκο του θαλάσσιου ύδατος και τη θαλάσσια στάθμη.⁷⁰ Η θαλάσσια στάθμη αυξάνεται επίσης, με την αύξηση της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων. Η μείωση της μέσης θερμοκρασίας μεγαλώνει την πυκνότητα

⁶⁸ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.131 κ.ε.

⁶⁹ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.131 κ.ε.

⁷⁰ Π.χ. μια μεταβολή 4/1000 στην αλμυρότητα αυξάνει τη θαλάσσια στάθμη κατά 6 cm.

του θαλάσσιου ύδατος (και κατά συνέπεια μειώνει τον όγκο του θαλάσσιου ύδατος και τη στάθμη της θάλασσας). (ό. π.)⁷¹

Το πυκνότερο νερό καταλαμβάνει μικρότερο όγκο και η στάθμη της θάλασσας πέφτει. Η ελάττωση της πυκνότητας του με την αύξηση της θερμοκρασίας και η αύξηση του όγκου του θαλάσσιου ύδατος, την αυξάνει (άνοδος της θαλάσσιας στάθμης)».

«Η επιφάνεια της ξηράς, υπόκειται σε αποσάθρωση/διάβρωση. Διάβρωση υπόκεινται η χέρσος και η παράκτια ζώνη από το θαλάσσιο νερό με το οποίο είναι συνυφασμένη.

Τα πετρώματα στη χέρσο θρυμματίζονται από φυσικές και χημικές διεργασίες από τη δράση του αέρα, του νερού, της θερμότητας και του ήλιου. Τα προϊόντα της αποσάθρωσης μεταφέρονται στον ωκεανό, με τα ποτάμια αλλά και με την δράση του αέρα. Το νερό της βροχής και των ποταμών διαλύει ένα πολύ μικρό μέρος των αποσαθρωμένων πετρωμάτων και από το διαλυτό μέρος, οι μικροί κόκκοι και τα θραύσματα που προέρχονται από αυτά, καταλήγουν μέσα στα ποτάμια είτε αιωρούμενοι, είτε κατακυλώντας κατά μήκος της κοίτης του ποταμού και φθάνουν στον ωκεανό, όπου καταβυθίζονται. Αποτίθενται στην εκβολή των ποταμών σχηματίζοντας δέλτα (προσχώσεις), αλλά οι μικρότεροι κόκκοι παρασύρονται με τη δύναμη του ρεύματος μακρύτερα πριν καταπέσουν στον ωκεάνιο πυθμένα.»⁷²

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αλλαγής της παράκτιας γεωμορφολογίας –από προσχώσεις-στην πορεία των χρόνου αποτελεί το αρχαίο λιμάνι των Οινιάδων, που βρισκόταν στην παράκτια ζώνη ή ήταν νησί.⁷³ Τώρα βρίσκεται στο κέντρο του κάμπου, σε απόσταση 15 km από την ακτογραμμή, με φερτά υλικά, με προσχώσεις του ποταμού Αχελώου. Ανάλογο είναι το παράδειγμα των προσχώσεων στο αρχαίο λιμάνι της Μιλήτου. Όσον αφορά στη χερσαία διάβρωση, και την ανθρώπινη επέμβαση έχει γραφτεί : «Συμπερασματικά, οι γεωαρχαιολογικές έρευνες έδειξαν ότι τα πρώτα μεταπαγετώδη γεγονότα (μετά το 10.000, πριν από σήμερα) διάβρωσης εδαφών προωθήθηκαν βαθμιαία στο χρόνο, σε διαφορετικά μέρη της Ελλάδας... Η

⁷¹ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

⁷² Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

⁷³ Σύμφωνα με τις γεωτρήσεις, λήψη πυρήνων (θαλάσσια ιζήματα) και τα αρχαιολογικά δεδομένα, οι νεώσοικοι και οι λιμενικές εγκαταστάσεις.

πρωϊότερη φάση σταθερών εδαφών της Ολοκαίνου εποχής αποτελεί ένα μεγάλο ενδιαφέρον σε ό,τι αφορά την ποσότητα του μετακινούμενου υλικού. Επιπλέον, η εκκαθάριση της φυσικής βλάστησης από τον άνθρωπο σε πρηνή, για την ανάπτυξη ευρείας γεωργικής δραστηριότητας ή μεταλλευτικής καμινίας, εμφανίζεται σαν την πιθανότερη αιτία αστάθειας του τοπίου. Μεταγενέστερη διάβρωση εδαφών συνέβη με αυξανόμενη συχνότητα, αλλά μειωμένο μέγεθος, αφού τα πιο εύθραυστα εδάφη είχαν ήδη ξεπλυθεί» (Roberts, 1989).

Τέλος στη σύγχρονη εποχή, η *ανθρώπινη επέμβαση*⁷⁴ «μπορεί να οδηγήσει σε καταβύθιση (όπως σε εκροές ποταμών ή σε παραλιακές περιοχές όπως π.χ. 4,6 μ. στο Τόκυο, 2,7 μ. στη Σαγκάη και στο Χιούστον), ή σε επέκταση της ακτογραμμής με τεχνικά μέσα». (Ι. Λυριτζής, 2005).

Οι *σημερινοί ρυθμοί ανόδου*⁷⁵ είναι μικρότεροι συγκρινόμενοι με δείκτες του παρελθόντος, με πιθανότητα αύξησης⁷⁶, σύμφωνα με προβλέψεις από 0,2 έως και 0,59

⁷⁴«οι ανθρωπογενείς επιδράσεις. «Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή Κλιματικών Αλλαγών (IPCC synthesis report, 2014 in.), οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί από την εποχή της προβιομηχανικής περιόδου ως αποτέλεσμα της οικονομικής και πληθυσμιακής μεγέθυνσης, οι οποίες θεωρούνται και υψηλότερες από κάθε άλλη φορά. Αυτό είχε οδηγήσει σε πρωτοφανή συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) του μεθανίου (CH₄) και του υπεροξειδίου του αζώτου (N₂O).» (IPCC WG₁₁ Summary for policymakers, 2014).

Η βασικότερη αιτία θεωρείται η επιδείνωση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου (και προκαλούνται τα φαινόμενα el Ninio και το La Nina). El Ninio φαινόμενο που αφορά στην κυκλικότητα της έντασης της ηλιακής δραστηριότητας». (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011)

⁷⁵«Η μελλοντική εξέλιξη μπορεί να προσεγγιστεί μέσω συγκριτικής μελέτης της θαλάσσιας στάθμης και παράγοντες όπως αστρονομικές παραμέτρους, λόξωση, μετάπτωση του άξονα περιστροφής, τωνησημεριών, του φαινομένου του θερμοκηπίου, την τρύπα του όζοντος στην ατμόσφαιρα και ανθρωπογενείς επιδράσεις (εκπομπή αερίων στην ατμόσφαιρα)». (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011)

μ. μέχρι το 2.100 (με ακραίες προβλέψεις 1 μ. ή 1,5 μ.), συνεκτιμώντας παράλληλα την έναρξη της επόμενης ψυχρής περιόδου». (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011)

Η γεωλογική διεργασία ή η ανθρώπινη παρέμβαση *αποτυπώνεται επίσης στα ιζήματα*, η οποία τροποποιεί την απόθεσή τους στον πυθμένα των ιζηματογενών δομών.

⁷⁶ σύμφωνα με προβλέψεις από 0,2 έως και 0,59 μ. μέχρι το 2.100 (με ακραίες προβλέψεις 1 μ. ή 1,5 μ.). Στην αύξηση αυτή πρέπει να εκτιμηθούν γεωλογικές παρατηρήσεις και δεδομένων τεκτονικών κινήσεων των επιμέρους περιοχών, συνεκτιμώντας παράλληλα την έναρξη της επόμενης ψυχρής περιόδου. Σύμφωνα με τους Loutre, Berger 2000, 2003, Ruddiman 2007, Τζεδάκης 2010), αν ευθυγραμμιστεί η καμπύλη μετάπτωσης των ισημερινών μεσοπαγετώδους περιόδου την οποία διανύουμε (με χαρακτηριστική μεγάλη διάρκεια 28.000 ετών) με αυτή της τελευταίας μεσοπαγετώδους περιόδου, τότε προκύπτει ότι η σημερινή θερμή περίοδος πρέπει να βρίσκεται στο τέλος της ». (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011.)

Αν συγκριθούν οι καμπύλες λόξωσης των δύο περιόδων, τότε σύμφωνα με τους Masson – Delmotte et al., 2006, Broecker και Stocker 2006), τότε διανύουσα μεσοπαγετώδους περιόδου θα συνεχιστεί για περίπου 12.000 έτη ακόμη (ή 9.000 έτη υπολογίζοντας τις τροχιακές παραμέτρους).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

«Όσον αφορά στη Μεσόγειο θάλασσα η ανταλλαγή υδάτων μεταξύ Ανατολικής - Δυτικής Μεσογείου και της Δυτικής με τον Ατλαντικό ωκεανό⁷⁷ καθώς και της Ανατολικής Μεσογείου με τη Μαύρη θάλασσα⁷⁸ ήταν άμεσες. Η υδάτινη επικοινωνία μεταξύ τους αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης»⁷⁹.

« Η Δυτική Μεσόγειος⁸⁰ ορίζεται από τον ισθμό του Γιβραλτάρ στα δυτικά και την Καλαβρία, Σικελία, Τυνησία, στα ανατολικά.

Η Ανατολική Μεσόγειος⁸¹ πολύ πιο σύνθετη από τη Δυτική, χωρίζεται σε τρία μέρη που ορίζονται από το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου⁸², που ενώνει τις Δειναρίδες και τις οροσειρές του νοτίου μέρους της Μ. Ασίας.

⁷⁷ Ο Ατλαντικός Ωκεανός πιθανώς άρχισε να δημιουργείται από το Μέσο Ιουρασικό πριν 170 με 175 εκατομμύρια χρόνια. (Δ.κ Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα2011).

⁷⁸ Η επικοινωνία της Μεσογείου με το υδάτινο σύνολο της Μαύρης θάλασσας (με χαμηλή αλμυρότητα), συντελείται μέσω του στενού του Βοσπόρου (με βάθος 80 μ.) και τη θάλασσα των Δαρδανελίων, είναι περιορισμένη. Ο υδάτινος όγκος της είναι το 1/7 της Μεσογείου και η αλμυρότητά της χαμηλή 17 – 18%. (Δερμιτζάκης- Ντρίνια, οικογεωγραφία της Μεσογείου , εκδ. Σχολιαστής.)

⁷⁹ Δερμιτζάκης- Ντρίνια, οικογεωγραφία της Μεσογείου , εκδ. Σχολιαστής.

⁸⁰ Η Δυτική Μεσόγειος παρουσιάζει μεγαλύτερο εποχικό θερμοκρασιακό εύρος των επιφανειακών θαλασσίων υδάτων και επηρεάζεται από τους Ινδικούς μουσώνες (Berman et al., 2003), σε αντίθεση με τη Δυτική Μεσόγειο, η οποία επηρεάζεται από τις συνθήκες του Ατλαντικού.

⁸¹ Το ανατολικό τμήμα της Μεσογείου αποτελεί υπόλειμμα του ωκεανού της Τηθύος.

Τα δύο τμήματα⁸³ της Μεσογείου επικοινωνούν μέσω του στενού της Σικελίας, Τυνησίας (βάθους 400 μ.).

Όσον αφορά στην ιζηματογένεση οφείλεται σε κλιματικές μεταβολές (εξαρτώμενες από τους τροχιακούς κύκλους της Γης)». (ό.π.)⁸⁴

3.1. Η Μεσόγειος στο κατώτερο Μειόκαινο.

Στο κατώτερο Μειόκαινο «μία βαθιά θάλασσα, διεύθυνσης Α-Δ., χώριζε την Αφρική από την Ευρώπη, η οποία συνδεόταν με τον Ατλαντικό μέσω του Γιβραλτάρ, και με τον Ινδοειρηνικό που τροφοδοτούσε την ενδοηπειρωτική θάλασσα.

Πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια οι περιστροφικές, κατακόρυφες και πλευρικές μετακινήσεις της αραβικής λιθοσφαιρικής πλάκας και η σύγκρουσή της με την τουρκική, διέκοψε τη θαλάσσια επικοινωνία της Μεσογείου με τον Ινδικό ωκεανό.

3.2. Η Μεσόγειος στο μέσο Μειόκαινο.

Η επίκληση της θάλασσας κατά το Λάγγιο, κάλυψε ολόκληρη τη Μεσόγειο και την Παρατηθύ ενώ οι θαλάσσιοι δρόμοι του Ινδικού με τη Μεσόγειο άνοιξαν και πάλι με συνέπεια τη διακοπή της ευρασιατικής - αφρικανικής επικοινωνίας (και την άνοδο της θερμοκρασίας).

Κατά το Μέσο Μειόκαινο η ανύψωση ορεινών όγκων⁸⁵ στα στενά του Γιβραλτάρ περιόρισε την επικοινωνία μεταξύ Ατλαντικού – Μεσογείου. Πριν από 6 περίπου εκατομμύρια χρόνια η επικοινωνία διακόπηκε.

⁸³ Σε κάθε υπολεκάνη της Μεσογείου παρατηρούνται διαφορετικά υδρολογικά χαρακτηριστικά και κλιματικοί παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται.

⁸⁴ Δερμιτζάκης- Ντρίνια, οικογεωγραφία της Μεσογείου , εκδ. Σχολιαστής.

⁸⁵ Λόγω τεκτονικών διαδικασιών που οδήγησαν στην απομόνωση της λεκάνης της Μεσογείου (Δερμιτζάκης –Ντρίνια, οικογεωγραφία της Μεσογείου, εκδόσεις Σχολιαστής).

Η διακοπή αυτή συσχετίζεται με την παγκόσμια απόσυρση της θάλασσας και την «κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου»⁸⁶ στη Μεσόγειο.

3.3. Η Μεσόγειος στο ανώτερο Μειόκαινο.

Η ανάδυση της αραβικής «πλατφόρμας» και οι τεκτονικές κινήσεις στα άκρα της τουρκικής μικροπλάκας, έκλεισαν τη θαλάσσια δίοδο της Μεσογείου με τον Εύξεινο και τον Ινδικό⁸⁷ (οριστικό κλείσιμο μεταξύ Αφρικής – Αραβίας), και η Μεσόγειος μετατράπηκε σε κόλπο του Ατλαντικού. Κατά την περίοδο Μέσου – Ανώτερου Τορτωνίου, η θάλασσα εισχωρεί μέσω του Εύξεινου από το Αιγαίο στη Μαύρη Θάλασσα.

3.4. Κατά τη διάρκεια του Πλειόκαινου.

Η νεογενής ιστορία της Μεσογείου τελειώνει με τη διάνοιξη του στενού του Γιβραλτάρ κατά το Πλειόκαινο. Οι λεκάνες της Μεσογείου πλημμυρίζουν και η επίκλιση της θάλασσας επηρεάζει την επικοινωνία Αιγαίου, Πόντου, Κασπίας. Οι κλιματικές συνθήκες μετατρέπονται σε θερμές και υγρές σε ολόκληρη την ενδομεσογειακή περιοχή (Ανατολική, Κεντρική, Δυτική).

Οι κλιματικές αλλαγές του Πλειόκαινου συνεχίζονται και στο Πλειστόκαινο. Το κατώτερο ξεκινά με ψυχρές ξηρές συνθήκες με θερμοκρασίες λίγο χαμηλότερες από τις σημερινές.

⁸⁶ «Με την υποχώρηση των πάγων περίπου 5,33 εκατομμύρια χρόνια, η στάθμη του ωκεανού ανέβηκε και τα θαλάσσια ύδατα εισέδυσαν στη Δ. Μεσόγειο». Δερμιτζάκης- Ντρίνια, οικογεωγραφία της Μεσογείου, εκδ. Σχολιαστής).

⁸⁷ Η επικοινωνία μεταξύ της Μεσογείου και του Ινδικού είχε διακοπεί πριν από 14 εκατομμύρια χρόνια.

Στο Μέσο Πλειστόκαινο παρατηρείται μία επιταχυνόμενη εναλλαγή ψυχρών και θερμών περιόδων, η οποία έγινε πιο έντονη στο ανώτερο Πλειστόκαινο». (Δερμιτζάκης –Ντρίνια)⁸⁸

Η κυκλοφορία μεταξύ του ωκεανού και της Δυτικής Μεσογείου⁸⁹, πραγματοποιείται μέσω του στενού του Γιβραλτάρ και έχει συντελέσει στη δημιουργία μιας υδάτινης μάζας με θερμοκρασία υδάτων πυθμένα περί τους 13° C (ενώ στην Ωκεάνια περιορίζεται σε 3° C).

Τα ψυχρότερα (και μικρότερης αλμυρότητας) ωκεάνια ύδατα μέσω του στενού του Γιβραλτάρ κινούνται προς τα ανατολικά που γίνονται θερμότερα και αλμυρότερα⁹⁰.

Στη ΒΑ Μεσόγειο «Το φυσικογεωγραφικό σύστημα αποτελείται από τη Μαύρη Θάλασσα, τον Εύξεινο Πόντο, τον πορθμό του Βοσπόρου, τη θάλασσα του Μαρμαρά, τον Ελλήσποντο ή τα στενά των Δαρδανελίων και το Αιγαίο.

Τα στενά των Δαρδανελίων έχουν μήκος που φθάνει στα 62 km, πλάτος έως 7 km, μεγαλύτερο βάθος 105 (μέσο βάθος 55 μ.). Ο πυθμένας των στενών του Βοσπόρου και των Δαρδανελίων αποτελούν δύο φυσικά φράγματα και εμποδίζουν την θαλάσσια επικοινωνία μεταξύ της Μ. Θάλασσας του Μαρμαρά και του Αιγαίου». (Η. Μαριολάκος)⁹¹.

⁸⁸ Δερμιτζάκης –Ντρίνια, οικολογική γεωγραφία της Μεσογείου, εκδόσεις Σχολιαστής.

⁸⁹ Η σημερινή Μεσόγειος από τεκτονικής πλευράς οφείλει τη γένεσή της σε κανονικά ρήγματα πρόσφατης ηλικίας (Πλειοτεταρτογενούς) με διευθύνσεις ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ. Τα ρήγματα αυτά συναντώνται και σε ηπειρωτικές περιοχές.

⁹⁰ Αλμυρότητα στον ωκεανό είναι 36%, στην Δυτική Μεσόγειο 38% και στην Ανατολική 39%. Η Ανατολική Μεσόγειος λόγω της διαφορετικής πορείας και εξέλιξης των υδάτινων μαζών φαίνεται να είναι πιο θερμή από τη Δυτική.

⁹¹ Η. Μαριολάκος, Ο κατακλυσμός του Δαρδάνου και η απόπειρα χρονολόγησής του.

Στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου, η θάλασσα του Πόντου (Μαύρη Θάλασσα) είχε συσσωρεύσει μεγάλους όγκους υδάτων που τα νερά των ποταμών, εξέβαλλαν σ' αυτή, Δούναβης, Δνείπερος, Δνεΐστερος, Don και μικρότεροι...

«Παλαιογεωγραφικές μελέτες έχουν δείξει ότι μετά το ανώτερο πλειστόκαινο πρέπει να επικοινωνούσε με την Κασπία, δηλαδή δεχόταν (τη συγκεκριμένη περίοδο και τα νερά του Βόλγα)... Σύμφωνα δε με τον ίδιο η στάθμη της Μ. Θάλασσας συνεχώς ανέβαινε μέχρι που υπερχείλισε. Ο Διόδωρος Σικελιώτης αναφέρει ότι δεν υπήρχε επικοινωνία μεταξύ Αιγαίου και Μαύρης Θάλασσας ή πρέπει να είχε αποκοπεί για κάποιο διάστημα, που προσδιορίζεται στην τελευταία παγετώδη περίοδο». (ό.π.)⁹²

Επίσης τα γεωλογικά δεδομένα (μελέτη τρηματοφόρων κοκκολιθοφόρων κλπ.), δείχνουν ότι η Μεσόγειος χωρίζεται και κλιματικά σε υποπεριοχές της Ανατολικής, της Δυτικής και της Κεντρικής Μεσογείου.

Από τα απολιθωμένα κοράλλια της *Ερυθράς Θάλασσας* και προσομοιώσεις με μοντέλα ατμόσφαιρας ωκεανού (Echo – G) ; παρατηρείται επίδραση του Βόρειου Ατλαντικού ωκεανού κατά το ανώτερο Ολόκαινο (2,9 kyr BP) και στην προηγούμενη μεσοπαγετώδη περίοδο, στην Ανατολική Μεσόγειο και στη Μ. Ανατολή, ενώ κατά τα τελευταία 500 έτη επηρεάζεται η ατμοσφαιρική κυκλοφορία της Μεσογείου, δημιουργούνται υγρές (χαμηλής πίεσης μεταβολές) και ψυχρές συνθήκες στη Μεσόγειο από έντονα δυτικούς ανέμους στα υψηλά – μέσα γεωγραφικά πλάτη και ξηρές με συνήθως θερμές συνθήκες.

«Επίσης, επηρεάζουν οι Αφρικανικοί – Ασιατικοί μουσώνες που συμβάλλουν μέσω έντονων βροχοπτώσεων στην εισροή γλυκού νερού μέσω του Νείλου και άλλων ποταμών» (Alpert et al., 2005).

Στη *Μεσόγειο* «η ανασύσταση του παλαιοκλίματος και η ερμηνεία των μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης σχετίζονται με τη διακύμανση των μουσώνων, την κυκλικότητα των τροχιακών παραμέτρων της γης, την ηλιακή δραστηριότητα και τη θερμοκρασία των επιφανειακών υδάτων της θάλασσας. Το κλίμα επηρεαζόταν επίσης από ανέμους, φυσικογεωγραφικούς παράγοντες (όπως η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, το γεωγραφικό πλάτος, το υψόμετρο / ανάγλυφο, τις θερμοκρασίες

⁹² Η. Μαριολάκος, Ο κατακλυσμός του Δαρδάνου και η απόπειρα χρονολόγησής του.

επιφανειακών υδάτων, τις αλληλεπιδράσεις θάλασσας / ξηράς. Οι ωκεανοί ασκούσαν άμεση επίδραση στην ατμόσφαιρα και στη Μεσόγειο εξ αιτίας συνεχούς ανταλλαγής θερμότητας και υδρατμών και στην θερμοκρασία⁹³ των επιφανειακών υδάτων της θάλασσας.» (Δ. κ Μ. Παπανικολάου, 2011)⁹⁴.

Οι κλιματικές αλλαγές σε συνδυασμό με άλλους τοπικούς και γεωλογικούς παράγοντες (τεκτονικές ρηγματώσεις κ.ά.) μετέβαλαν την στάθμη της θάλασσας.

3.5. Συνθετικό αποτέλεσμα.

Ως **συνθετικό αποτέλεσμα** των τριών κυρίων βασικών διεργασιών που προαναφέρθηκαν είναι: Η μεταβολή του σχετικού θαλάσσιου επιπέδου της στάθμης της θάλασσας οφείλεται σε 3 ταυτόχρονες διεργασίες, με διαφορετικό βαθμό συμμετοχής η καθεμιά:

α) *Παγκόσμια άνοδος/ πτώση του θαλάσσιου επιπέδου, που σχετίζεται με κλιματικές αλλαγές (ευστατικές κινήσεις).*

β) *Σεισμοί και τεκτονικές κινήσεις.*

γ) *Ισοστασία.*

Σε τοπικό επίπεδο η μεταβολή της στάθμης μπορεί να εξαρτηθεί από τοπικούς παράγοντες όπως π.χ. πρόσχωση ή διάβρωση των παράκτιων αποθέσεων, τοπικές τεκτονικές κινήσεις, σεισμούς (ισοστατικές κινήσεις), ηφαιστειακή δράση, προσχώσεις τοπικών ρεόντων υδάτων και διάβρωση ή τη θερμοκρασία των θαλασσιών υδάτων, τις βροχοπτώσεις, τα θαλάσσια ρεύματα κ.ά .

Οι μεταβολές οφείλονται κυρίως στις τμηματικές μεταβολές λόγω των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων και η μέση στάθμη τροποποιείται από

⁹³ Θερμοκρασία που σύμφωνα με τις σημερινές κλιματικές συνθήκες 12 – 14° C στο Β. Αιγαίο και 16° στο Νότιο, και 16,6° C – 20,2° C την άνοιξη, 13,9° C – 17,3° C το χειμώνα (Brasseur et al., 1996)

⁹⁴ (Δ. και Μ. Παπανικολάου, παλαιοκλιματικές αλλαγές, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα 2011).

παράγοντες που επηρεάζουν το βαρυτικό πεδίο της γης (αστρονομικοί, γήινης επιφάνειας και από το εσωτερικό της γης), τις πολικές μετατοπίσεις και την γωνιακή ταχύτητα του άξονα περιστροφής της γης .

Συνοπτικά η διαμόρφωση της παράκτιας γεωμορφολογίας εξαρτάται από Τεκτονικά φαινόμενα (plate tectonics, isostasy), σεισμούς (τοπικά τεκτονικά φαινόμενα), δράση ηφαιστειών, και άλλες πηγές τοπικών κινήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 . Οι μέθοδοι ανάπλασης παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος-Δείκτες- είναι:

«1) Τα κοράλια, που αποτελούν σημαντικούς δείκτες και δίνουν πολλές πληροφορίες, 2) Τα δεδομένα παλιρροιογράφων, 3) τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα, 4) οι βιολογικοί δείκτες που αποτελούν «βιολογικές μνήμες» / δείκτες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας, 5)οι ιζηματολογικοί δείκτες, 6) οι γλυφές/ εγχοπές (Notches), 7)οι Ακτόλιθοι (beachrocks), 8)τα θαλάσσια σπήλαια, 9)τα αρχαιολογικά δεδομένα.» (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8).

Οι θαλάσσιοι μικροοργανισμοί, που αναπτύσσονται ως οριζόντιες διαστρωματώσεις είναι συνηθισμένοι δείκτες της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης . Στις ακτές έχουν αναγνωρισθεί βιολογικές ζώνες βιοδιαβρωτικές και δυνάμεις βιογενών αποθέσεων.

4.2. « Η παράκτια περιοχή διακρίνεται σε τρεις ζώνες

α) παράκτια, β) μεσοπαράκτια, γ) υποπαράκτια.

Η παράκτια παρυφή χαρακτηρίζεται από λειχήνες και είναι ημιθαλάσσιου χαρακτήρα, με βλάστηση αποτελούμενη από ανθεκτικά είδη (συγγενικά με τη χερσαία).

Μεσοπαράκτια ζώνη είναι αυτή που βρίσκεται κάτω από τα κύματα και τις παλίρροιες και τα όριά της καθορίζονται από τη δράση των κυμάτων.

Η υποπαράκτια ζώνη επεκτείνεται από τη μεσοπαράκτια ζώνη μέχρι το βάθος των 25 - 50 μέτρων.» (Λυριτζής, 2005)⁹⁵

Σύμφωνα με τον Ι.Λυριτζή(2005) πολύ χρήσιμα ως δείκτες μέσης θαλάσσιας στάθμης είναι επίσης : Οι παράκτιες έδρες / πλατφόρμες (beaches) και οι κυψελίδες. Σημεία βιοδιάβρωσης παρατηρούμε σε ενδεικτικές θέσεις προηγούμενης θαλάσσιας στάθμης, όπως τα σημάδια από φυτά (plant borer) στην παράκτια παρυφή, που υποδηλώνουν τη θαλάσσια στάθμη, τα κελύφη (borer shells), και τα ίχνη διάβρωσης από σπόγγους ή αχινούς.

4.3.1. Κοράλια⁹⁶.

(Δείκτες σύμφωνα με το bbb Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8)

Με βάση την κατανομή των κοραλιών, παρατηρούμε ότι έχουν ανάπτυξη σε συγκεκριμένο βάθος, κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Σε ρηχά νερά, λόγω της επίδρασης των κυμάτων, δεν αναπτύσσονται πολύ. Η ανάπτυξή τους παρατηρείται χαμηλότερα και εξαφανίζονται σε μεγαλύτερο βάθος.

⁹⁵ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον ,Αθήνα 2005,σελ.147 κ.ε.

⁹⁶ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

Υπάρχει δηλαδή ανάπτυξη μιας τυπολογίας και μιας κατακόρυφης κατανομής τους, που αν την μελετήσουμε σε παγκόσμια κλίμακα, μπορούμε να κατανοήσουμε/προσδιορίσουμε τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας.

Συγκεκριμένοι τύποι κοραλιών έχουν ανάπτυξη σε συγκεκριμένο βάθος νερού. Το είδος των κοραλιών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε έρευνες είναι η *acropora palmata*, *monastrea annularis* (Εικ. 1). Με βάση τη θέση των κοραλιών κάτω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας, μπορούμε να προσδιορίσουμε πού ήταν η στάθμη, προσδιορίζοντας παράλληλα τον χρόνο που συνέβη αυτό.

A)Κοράλια (α)montastrea annularis,acropora palmata



Εικ.1. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

Με την καμπύλη της στάθμης της θάλασσας / παγκόσμιας εφαρμογής του Fairbanks και Lambeck 2002,-η οποία δεν ισχύει σε τοπικό επίπεδο (όπου η στάθμη μπορεί να εξαρτηθεί από παράγοντες, όπως ο τοπικός τεκτονισμός ή η ευστασία)-, μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα χρονικής ακολουθίας.

Μεθοδολογία.

Γίνεται χρήση ραδιομετρικών μεθόδων προσδιορισμού ηλικιών σε κοράλλια, κελύφη, σε ανθρακικό ασβέστιο, με ουράνιο / θόριο, ή σε χαλαζιακή άμμο με θερμοφωταύγεια ή οπτική φωταύγεια.

4.3 .2. Παλίρροιες⁹⁷.

Η παραλιακή ζώνη εξαρτάται από το ύψος και την έκταση της παλιρροιακής πλημμύρας, η οποία στη συνέχεια εξαρτάται από την κλίση της ακτής ή της παλιρροιακής πεδιάδας και το περιβάλλον ιζηματογένεσης σε μια παραλία. Η μεταβολή της στάθμης κατά τον τελευταίο αιώνα προσδιορίζεται με *παλιρροιογράφους*, με βάση τους οποίους μπορούμε να προσδιορίσουμε την παλιρροιακή πλημμύρα και πώς η στάθμη εξελίσσεται με *μετρητικά δεδομένα (μετρητική κορυφή)*. Τα τελευταία 20 - 30 χρόνια έχουμε ακριβή δεδομένα. Έτσι, σύμφωνα με μετρήσεις παρατηρείται ότι π.χ. στην νότια λεκάνη, στις Ιταλικές ακτές η στάθμη ανεβαίνει κατά 9 mm/year.

4. 3.3. Καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα⁹⁸.

Αναφερόμαστε σε κρυσταλλικούς σχηματισμούς, που βρίσκονται μέσα σε σπήλαια, από την απόθεση CaCO₃ σε σταλαγμίτες, σταλακτίτες και σε άλλες γεωμορφές. Τα σπηλαιοθέματα έχουν *διαφορετικό ρυθμό ανάπτυξης* σε αέριο

⁹⁷ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

⁹⁸ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

περιβάλλον ή σε γλυκό νερό, παρά όταν διεισδύει στο σπήλαιο το θαλάσσιο (αλμυρό) νερό. Η μετάβαση από το γλυκό στο αλμυρό είναι σημαντικός παράγοντας προσδιορισμού της χρονολογίας (παράγοντας χρονολόγησης). Τα σπηλαιοθέματα αποτελούν σημαντικούς δείκτες άντλησης πληροφοριών για τα σπήλαια. Τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα (όπως σταλαγμίτες, σταλακτίτες, τραβερτίνες) (Λυριτζής, 1994) σε καρστικές μορφές που πλημμύρισαν από θαλάσσιο νερό αποτελούν χρήσιμους δείκτες θαλάσσιας στάθμης στο παρελθόν. Για την ανάπτυξη π.χ. σταλαγματικών στρώσεων σημαίνει ότι η θαλάσσια στάθμη ήταν πιο χαμηλά στο παρελθόν και ότι όταν η θάλασσα ανυψώθηκε και εισήλθε στο σπήλαιο αναπτύχθηκε εκ των υστέρων βιογενές υλικό θαλάσσιας προέλευσης. Το βιογενές υλικό θαλάσσιας προέλευσης μπορεί να είναι κοχύλια, σκόληκες, στρείδια σε κρούστα, η οποία μπορεί να καλύπτεται από νεότερες βιοσυνθέσεις ή ιζήματα που αποτελούν άριστους δείκτες παλαιότερης θαλάσσιας στάθμης.

Παράδειγμα είναι τα θαλάσσια σπήλαια της ελληνικής επικράτειας (σπήλαιο Διρού Βλυχάδας κ.ά.) (Λυριτζής, 1989,1994 / Alessio 1992, 4).

4. 3.4. Βιολογικοί δείκτες⁹⁹.

Η βιολογική στάθμη της θάλασσας χαρακτηρίζεται από λίγα θαλάσσια είδη, που αναπτύσσονται σε ένα πολύ στενό εύρος βαθών. Ακριβώς στο επίπεδο της στάθμης του θαλάσσιου νερού αναπτύσσονται συγκεκριμένοι οργανισμοί. Έτσι, όταν αποχωρήσει ή ανέβει το νερό, αυτοί αποτελούν δείκτες της παλιάς στάθμης. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται σε συγκεκριμένους οργανισμούς. Όπου υπάρχουν ίχνη της βιοποικιλότητας (που αναπτύσσονται λίγο πάνω ή λίγο κάτω από το νερό), σημαίνει ότι εκεί υπήρχε θαλασσινό νερό και μπορούμε να προσδιορίσουμε τη στάθμη του νερού τόσο σε παράκτιους μορφολογικούς σχηματισμούς όσο και στις γεωμορφές των σπηλαίων. Όταν σταματήσει η βιοποικιλότητα, αυτό σημαίνει ότι το θαλασσινό νερό ήταν χαμηλότερα.

⁹⁹ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

Οι βιολογικοί δείκτες της επιφάνειας της θάλασσας (της βιολογικής στάθμης) χαρακτηρίζονται από λίγα θαλάσσια είδη, που αναπτύσσονται σ' ένα πολύ στενό εύρος βαθών, ακριβώς πάνω από τη στάθμη (*λιθόφυλλα/ Lithophyllum byssoides rim*) ή ακριβώς κάτω από αυτήν (*Dendropoma rim*) (Εικ. 2).

- Dendropoma rim



Εικ. 2. *Dendropoma rim*. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

Αν τα παραπάνω λείπουν (δεν αντιπροσωπεύονται), αρκούν τα *λιόνα* και *λιθοφάγα/lithophaga*, που αποτελούν επίσης έξοχους δείκτες. Τα *λιθοφάγα* διατηρούνται σε οριζόντια γραμμή που είναι εμφανής σε θαλάσσιες περιοχές της Μεσογείου. Τα απολιθωμένα *λιθοφάγα*, βρίσκονται σε ύψος που αντιστοιχεί σε παλαιότερη θαλάσσια στάθμη, σε σχέση με τη σημερινή. Τα *Dendropoma* τέλος αναπτύσσονται σε θερμά νερά και μόλις λίγα εκατοστά κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, σχηματίζοντας πλατφόρμες.

Αυτοί οι βιολογικοί δείκτες χρησιμοποιήθηκαν στη Δυτ. Κρήτη, όπου με τον σεισμό του 365 μ.Χ. (κλίμακας 8 Richter περίπου) ανυψώθηκε η πλευρά αυτή της νήσου (και το αρχαίο λιμάνι των Φαλασσάρνων) κατά 6.5 μ., ενώ καταβυθίστηκε η ανατολική πλευρά.

Με βάση αυτούς τους δείκτες μπορούμε να προσδιορίσουμε για παράδειγμα ότι :

«-12.500 - 11.400 περίπου χρόνια Π.Σ. την παγετώδη/ ψυχρή περίοδο -Younger Dryas-, παρατηρείται πτώση της στάθμης της θάλασσας και η επίδρασή της στις μεταναστεύσεις ανθρώπων και ζώων.

-11.400 - 8.000 / 8.200 περίπου χρόνια Π.Σ. κατά τη διάρκεια της θερμής μεσοπαγετώδους -Pre Boreal- περιόδου, παρατηρείται άνοδος της στάθμης της θάλασσας και υπερκάλυψη των Μεσολιθικών θέσεων (σε ηπειρωτικά εδάφη ή σε νησιά) με θαλασσινό νερό.» (Λυριτζής, 2005)

4.3.5. Beachrocks (=Αμμόλιθοι, Ακτόλιθοι)¹⁰⁰.

Αμμόλιθοι (beachrock) (Εικ.3) είναι ιζηματογενή πετρώματα που παράγονται από ασύνδετα ιζήματα, που αποτέθηκαν μέσα στην εσωπαλιρροιακή ζώνη (παραλία), τα οποία έχουν σταθεροποιηθεί με ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), και έχουν λιθοποιηθεί (λιθοποιημένες ακτογραμμές) κάτω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας. Περιορίζονται στα θερμά νερά ή σε περιοχές εύκρατου κλίματος, π.χ. στη Μεσόγειο θάλασσα. Αποτελούνται από κοκκομετρική ποικιλία (λεπτόκοκκη άμμο μέχρι χονδρόκοκκους λίθους παρόμοιας σύστασης με τα γειτονικά πετρώματα).

Η απόθεση των συστατικών τους στοιχείων έχει προηγηθεί της λιθοποίησης του αμμόλιθου.



¹⁰⁰ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

Εικ. 3. Ακτόλιθος (beachrock). Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb, «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

«Λιθοποίηση είναι η διεργασία μετατροπής ενός ασύνδετου ιζημάτος σ' ένα συμπαγές πέτρωμα. Η διαγένεση περιλαμβάνει οποιαδήποτε μεταβολή συμβαίνει κατά την απόθεση των ιζημάτων (εκτός από τη μεταμόρφωση και αποσάθρωση), όπως χημική αναδιοργάνωση ή ότι μερικά αρχικά ορυκτά συστατικά του πετρώματος μπορούν να διαλυθούν ή να αποθεθούν πάλι σε γειτονικούς κόκκους ως μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ή να αναπτυχθούν νέα ορυκτά (όπως ο χαλαζίας και οι νεοσχηματισθέντες άργιλοι) μέσα σε διάκενα του πετρώματος» (Δερμιτζάκης, Λέκκας, 2000).

Η στερεοποίησή τους γίνεται με διάφορους τρόπους μικροβακτηριακή δράση, ανόργανη καθίζηση από το θαλασσινό νερό. Οι παράκτιοι αμμόλιθοι σχηματίζονται μέσα στο αιγιαλό και βρίσκονται στην τωρινή τους θέση από διάβρωση. Το πάχος τους μεταβάλλεται με το παλιρροιακό ύψος, δηλαδή σε περιοχές χωρίς παλίρροια είναι λεπτό, ενώ σε περιοχές παλίρροιας μπορούν να φθάσουν στα 3 μ. Η ανώτερη επιφάνειά τους καλύπτεται από υπέρθεση αμμολιθικών πλακών και έχουν κλίση προς τη θάλασσα.

Η στερεοποίηση των ιζηματογενών αποθέσεων αποτελεί μέρος του λιθολογικού/ πετρολογικού κύκλου / της κυκλικής φάσης, ως αποτέλεσμα των φαινομένων διάβρωσης και μεταμόρφωσης (που διαδέχονται κυκλικά το ένα το άλλο). Σχηματίζονται στην ξηρά ή στους πυθμένες των θαλασσιών / λιμναίων λεκανών, από την απόθεση των προαναφερθέντων ιζημάτων (που είναι αποτέλεσμα διάβρωσης φυσικών / χημικών φαινομένων και μεταφοράς των προϊόντων τους σε αυτές).

Μεθοδολογία έρευνας.

Ραδιομετρική ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων χρονολόγησης. Στη χαλαζιακή άμμο χρησιμοποιείται θερμοφωταύγεια ή οπτική φωταύγεια.

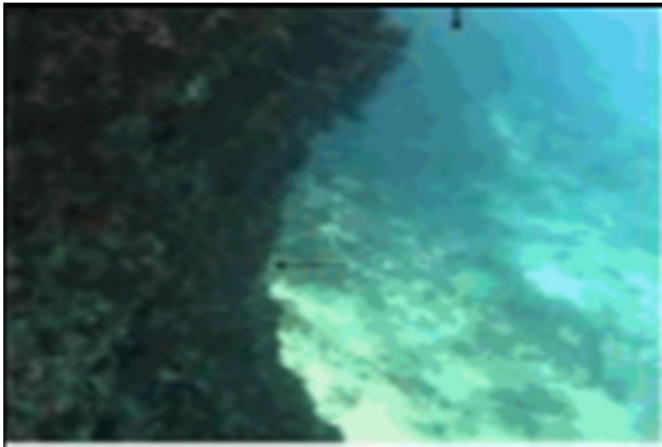
Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα στην Αττική, όπου έχουν βρεθεί 3 επίπεδα (όλα κάτω από το νερό): Το πρώτο στα 3,5 μ., το δεύτερο στα 2,5 μ. και στο τρίτο 1 μ. Οι ακτόλιθοι των 2,5 μ. αντιστοιχούν στο 500 π.Χ. περίπου. Από τότε, η άνοδος του θαλασσινού νερού είναι 2,5 μ. περίπου. Στο Παυλοπέτρι διαπιστώνονται επίσης 3 επίπεδα καταβύθισης, εκ των οποίων το 1^ο το 1.000 π.Χ., το 3^ο το 1060 μ.Χ. *Μέθοδος μελέτης:* Η μελέτη των ακτολίθων αποτελεί ακριβή μέθοδο καθορισμού των ακτογραμμών του παρελθόντος. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων χρονολόγησης χρησιμοποιείται η ραδιομετρική ανάλυση. Όσον αφορά στη χαλαζιακή άμμο χρησιμοποιείται η θερμοφωταύγεια ή η οπτική φωταύγεια. Με τη ραδιοχρονολόγηση βυθισμένων στρωμάτων τύρφης είτε από την ενσωματωμένη / υποκείμενη κεραμική ή από τη σχέση τους με βυθισμένα αρχαία ερείπια, μπορούμε να πάρουμε ακριβείς /σημαντικές πληροφορίες για την ανάπλαση της ακτογραμμής.

4. 3.6. Notches (=γλυφές, εγκοπές)¹⁰¹. (Εικ. 4)

Συνδέονται με παλαιότερα ψυχρά γεγονότα. Τα τελευταία 20.000 χρόνια δεν ανέβηκε η στάθμη μια φορά, αλλά σταδιακά. Σε κάθε ψυχρό γεγονός σταματούσε και διαμόρφωνε πάνω στον βράχο εγκοπές¹⁰². Η διάβρωση του βράχου δημιουργείται από τα κύματα του θαλάσσιου νερού. Μετρώντας τα βάθη, μπορούμε να προσδιορίσουμε την ηλικία τους. Από την γεωμετρία τους συμπεραίνουμε τον τρόπο που έγινε η διάβρωση. Ο *μεθοδολογικός* εντοπισμός των γεωμορφών μπορεί να γίνει με απλό τρόπο, όπως με τη χρήση μιας φωτογραφικής μηχανής. Για την έρευνα/ εντοπισμό των εγκοπών (τον εντοπισμό των παλαιοακτών) γίνεται *χρήση τομογράφου*, ακολουθεί η *μέτρηση του βάθους τους και με την καμπύλη μεταβολής της στάθμης της θάλασσας, «ανάγουμε τις εγκοπές σε εκτίμηση της ηλικίας τους» (προσδιορισμός της χρονικής ακολουθίας τους)* .

¹⁰¹ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

¹⁰² Η ύπαρξη αναβαθμίδων σε διάφορα βάθη αποδίδεται σε ξαφνικές ανόδους της θάλασσας.



Εικ. 4. Γλυφές –Εγκοπές (notches). (Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8).

Παράδειγμα (σύμφωνα με τα δεδομένα από το bbb του Παπαθεοδώρου): Στην έρευνα στον κόλπο Σκιντού (όπου βρίσκεται το ναυάγιο του Δοκού Π.Ε.Π περιόδου), έχει γίνει χρήση τομογράφου / σάρωσης, ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης για τη μορφολογία του πυθμένα και την ανάπλαση του παράκτιου περιβάλλοντος, για τη μελέτη της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας. Έγινε χαρτογράφηση των εγκοπών στα 24 μ., 37 μ., 45 μ., 62 μ., 98 μ. και 112 μ. (Παπαθεοδώρου, bbb 2017-8), που αντιστοιχούν σύμφωνα με την «καμπύλη» της θαλάσσιας στάθμης (βλ.σχεδ.στο παράρτημα1) σε:

- 11 μ. - 6.000 χρόνια (end of Sapropel S1, θερμής περιόδου).
- 24 μ. - 8.000 χρόνια (Sapropel S1).
- 37 μ. - 9.000 χρόνια.
- 45 μ. - 9.600 χρόνια (1^ο Holocene Stadial).
- 62 μ. - 10.400 χρόνια (Younger Dryas).
- 98 μ. - 12.700 χρόνια.

112 μ. - 15.100 χρόνια (Heinrich 1¹⁰³).

4.3.7. Ιζήματα¹⁰⁴.

Τα χαλαρά ιζήματα (αποτελούμενα από άμμο, λάσπη), είναι υδατογενείς αποθέσεις:

- α) τύποι, προϊόντα διάβρωσης (*Corrosion, biocorrosion forms*), και
- β) Οργανικές μορφές.

(i). Στοιχεία Ιζηματογένεσης.

Η μεταβολή του κλίματος (η βροχόπτωση, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, ο υδρολογικός κύκλος, η θερμοκρασία), εξαρτώμενη από τις μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας, επηρεάζει την επιφάνεια της ξηράς, η οποία υπόκειται σε : αποσάθρωση, δηλ. τα πετρώματα θρυμματίζονται από φυσικές και χημικές διεργασίες από τη δράση του αέρα, του νερού, της θερμότητας και του ήλιου.

«Τα προϊόντα της αποσάθρωσης μεταφέρονται στον ωκεανό, με τα ποτάμια αλλά και με την δράση του αέρα. Οι άνεμοι μπορούν να μεταφέρουν λεπτόκοκκα τεμάχια σκόνης για εκατοντάδες χιλιόμετρα πάνω από τους ωκεανούς.

Όπως προαναφέρθηκε το νερό της βροχής και των ποταμών διαλύει ένα μέρος των αποσαθρωμένων πετρωμάτων και από το διαλυτό μέρος, οι μικροί κόκκοι και τα θραύσματα, που προέρχονται μέσα από τα ποτάμια είτε αιωρούμενοι, είτε κατακυλώνοντας κατά μήκος της κοίτης του ποταμού φθάνουν στον ωκεανό, όπου καταβυθίζονται, επειδή το ρεύμα του νερού δεν είναι πλέον ικανό να τα διατηρήσει σε κίνηση. Αποτίθενται στην εκβολή των ποταμών σχηματίζοντας δέλτα, αλλά οι μικρότεροι κόκκοι παρασύρονται με τη δύναμη του ρεύματος μακρύτερα πριν

¹⁰³ Heinrich παγκόσμια γεγονότα ψύχρανσης των υδάτων (ή Dansgaard – Oescheger ή Sub Milankovitch μεταβλητότητα).

¹⁰⁴ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

καταπέσουν στον ωκεάνιο πυθμένα. Διαδοχικά στρώματα ιζήματος συσσωρεύονται στον ωκεάνιο πυθμένα, σχηματίζοντας μια σειρά ιζηματογενών αποθέσεων από τις οποίες παίρνουμε δείγματα για τη μελέτη της παράκτιας γεωμορφολογίας. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τους φορείς ραδιοϊσοτόπων - ορυκτών και ιλύος - κατά την απόθεσή τους στον πυθμένα θαλασσών ή λιμνών, με βάση τους οποίους προσδιορίζονται οι κλιματικές αλλαγές / μεταβολές ηλιακής προέλευσης...¹⁰⁵

Οι ιζηματογενείς αποθέσεις *συμπαγοποιούνται σε ιζηματογενή πετρώματα*». ¹⁰⁶ (Ι. Δερμιτζάκης, Αθήνα 1991).

(ii) . Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης .

Η γεωλογική διεργασία ή η ανθρώπινη παρέμβαση αποτυπώνεται στα ιζήματα, η οποία τροποποιεί την απόθεσή τους στον πυθμένα των ιζηματογενών δομών.

«Τα περιβάλλοντα ιζηματογένεσης διακρίνονται σε: α) μεταβατικά, β) θαλάσσια, γ) ηπειρωτικά.

α) *Μεταβατικά περιβάλλοντα:*

Περιλαμβάνουν: 1) Τενάγη (παράκτιες, αβαθείς λίμνες ή λιμνοθάλασσες), 2) παλιρροιακές πεδιάδες, 3) παραλίες, 4) εκβολές ποταμών, 5) έλη, 6) παράκτια τέλματα.

β) *Τα ηπειρωτικά περιβάλλοντα:*

¹⁰⁵ «Οι κλιματικές αλλαγές / μεταβολές ηλιακής προέλευσης (π.χ. ο κύκλος των ηλιακών κηλίδων κ.ά.) επηρεάζουν το μεταβλητό πάχος των ετήσιων αποθέσεων στρωμάτων ιλύος και (με την εφαρμογή φασματικών μεθόδων ανάλυσης χρονοσειρών Φουριέ ή Blackman - Tukey Powerspectrum) προσδιορίζεται η περιοδικότητα / ημιπεριοδικότητα των ηλιακών κύκλων (που προσδιορίζουν τον μαγνητικό κύκλο 22.000 ετών ή τον διπλό ηλιακό κύκλο των 45.000 ετών της Γροιλανδίας, τον κύκλο των 55 – 65.000 ετών στις ηλιακές κηλίδες, τον κύκλο Gleisberg και τον κύκλο των 200.000 ετών)». (Λυριτζής, 2005)

¹⁰⁶ Το οποία σύρονται προς τα κάτω προς το εσωτερικό μαζί με τη βυθιζόμενη λιθόσφαιρα και συμπιέζονται , πτυχώνονται και μπορούν να μετατραπούν σε *μεταμορφωμένα πετρώματα*. Η συμπίεση και πτύχωση των ιζηματογενών, μεταμορφωμένων, και ηφαιστειακών πετρωμάτων προκαλούν ασταθείς συνθήκες και ανύψωση (τεκτονικός κύκλος). Το όριο συγκλίσεως των πλακών δίνει τη θέση μιας νέας οροσειράς. (Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991).

Είναι τα χερσαία εδάφη. Ορίζονται από τους παγετώνες, τα τέλματα, τους βάλτους, τα έλη, τους ποταμούς και τις λίμνες.

γ) *Θαλάσσια περιβάλλοντα:*

Βρίσκονται πιο χαμηλά από τη μέση στάθμη της θάλασσας, ενώ τα ηπειρωτικά περιβάλλοντα βρίσκονται υψηλότερα από τη μέση θαλάσσια στάθμη.

Επειδή η θαλάσσια στάθμη παρουσιάζει σημαντικές μεταλλαγές σε σύντομα χρονικά διαστήματα, κυρίως εξαιτίας των παλιρροιών, υπάρχει μια σύνθετη μεταβατική ζώνη ανάμεσα στη θάλασσα και στα ηπειρωτικά περιβάλλοντα.

Τα θαλάσσια περιβάλλοντα αναγνωρίζονται από *αναλύσεις πυρήνων γεωτρήσεων του πυθμένα των ωκεανών, ως και επιφανειακή δειγματοληψία* σε επιφάνειες εδαφών που πριν ήταν κάτω από τη θάλασσα. Η αναγνώριση θαλασσιών αποθέσεων βασίζεται σε θαλάσσια απολιθώματα και την απουσία γλυκών / υφάλμυρων νερών, από οργανισμούς υφάλων [φύκη, κοράλια, μαλάκια, σκόληκες, στρωματόλιθους με φύκη, ωολίθους (ασβεστοποιημένους κόκκους επί ασβεστολίθων -CaCO₃ - σε ρηχά ύδατα)].

Θαλάσσιο περιβάλλον αποτελούν *η υποπαραλιακή ζώνη, η ακτογραμμή, η βαθύαλος (180 - 4.100 μ.) και η αβυσσική (4.100 - 6.300 μ.)*.»(Λυριτζής,2005)¹⁰⁷

(iii). Ηπειρωτική ιζηματογένεση και θαλάσσια ιζηματογένεση.

α) «*Η ηπειρωτική ιζηματογένεση περιλαμβάνει αλλούβια, κροκάλες, άμμους παλαιών ποταμών, αργιλικές ή ασβεστολιθικές ιλύες σε στρώματα παλαιών λιμνών, τύρφη, λιγνίτες, γαιάνθρακες από συγκέντρωση υπολειμμάτων σε τέλματα και έλη κοντά σε δάση, άμμους αστριούχους, ψαμμίτες που προέρχονται από την αποσύνθεση γρανιτικών πετρωμάτων, την terra rosa [υπόλοιπο διάλυσης ασβεστολίθων, άμμους αργίλους που συγκεντρώθηκαν από το νερό που ρέει σε λεκάνες εδάφους για να*

¹⁰⁷ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.147 κ.ε.

καταλήξουν σε λατεριτικές και βωξιτικές αργίλους, τους ασβεστολιθικούς πικρόλιθους, τον τραβερτίνη, τις αιολικές αποθέσεις των ερήμων των αμμωδών ακτών (θίνες) και των περιπαγετωδών περιοχών (loess)]».(Δερμιτζάκης, 2000)

β) Η *θαλάσσια ιζηματογένεση* περιλαμβάνει κλαστικές, οργανογενείς ή βιογενείς, πελαγικές αποθέσεις και απολιθώματα σε ιζήματα.

«Μέσα σε κάθε ένα από αυτά τα περιβάλλοντα, ο χαρακτήρας των ευρισκόμενων ιζημάτων εξαρτάται από παράγοντες, όπως είναι: Η ενέργεια των θαλάσσιων και υπόγειων ρευμάτων, τα μέσα μεταφοράς, ο χημισμός των νερών (αλμυρότητα, οξύτητα, βασικότητα, περιεκτικότητα σε O₂, διαλυμένα στερεά), η πηγή των ιζημάτων, τα είδη των παρόντων οργανισμών» (Ι. Λυριτζής, Αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005).

(iv) .«**Ανάλογα με τις διεργασίες σχηματισμού, η ιζηματογένεση διακρίνεται σε τρία είδη:**

- α) *Κλαστική ιζηματογένεση* (ίλυος, άργιλοι, διαβρωτικά προϊόντα μεταφερόμενα με νερό, χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα.
- β) *Οργανογενής ιζηματογένεση* [δηλαδή η καθίζηση θραυσμάτων ή υπολειμμάτων ζώων (οστράκων, οστών κ.λπ.) ή φυτών].
- γ) *Χημική ιζηματογένεση* (καθίζηση αλάτων που ήταν σε διάλυση σε νερό)» (Δερμιτζάκης, 1991)¹⁰⁸.

(v).

Στη συγκεκριμένη εργασία εστιάζουμε στα **χαλαρά ιζήματα** και στις **γεωτρήσεις (πυρηνοληψία)** αυτών.

¹⁰⁸ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

«Όπως προαναφέρθηκε τα χαλαρά ιζήματα (αποτελούμενα από άμμο, λάσπη), είναι υδατογενείς αποθέσεις. Είναι :

α) τύποι, προϊόντα διάβρωσης (*Corrosion, biocorrosion forms*). Το περιβάλλον ιζηματογένεσης σε μια παραλία είναι υψηλής ενέργειας, με κατανομή ιζημάτων από μεσόκοκκη άμμο μέχρι κροκάλες. Οι ψαμμίτες (συγκολλημένη χαλαζιακή άμμος) διατηρούν μια ποικιλία χαρακτηριστικών των ιζηματογενών δομών.

,και

β) *Οργανικές μορφές*. Παραδείγματα οργανισμών είναι: α)το πλαγκτόν, β) τα οστρακόδερμα , γ)τα όστρακα ελασματοβράγχια, γαστερόποδα κ.ά. Λόγω της δράσης των κυμάτων η οποία επηρεάζει την παρουσία τους, λίγες ποικιλίες οργανισμών βρίσκονται στην παραλιακή ζώνη.

Επίσης μετά τη λιθοποίησή τους «τα απολιθωμένα υπολείμματα πολλών οργανισμών καταστρέφονται ή σπάζουν και τρίβονται από τη δράση των κυμάτων».(Λυριτζής,2005)

Απολιθώματα (fossils) σε πυρήνες ιζημάτων.

Με το θάνατο ενός μικροοργανισμού, το κέλυφος του μπορεί να ασβεστοποιηθεί, δηλαδή μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 εξαιτίας της δράσης των διαλυμάτων του θαλάσσιου νερού.

«Η Απολίθωση ¹⁰⁹ (*fossilization*) στο θαλασσινό νερό, πλαγκτονικών, τρηματοφόρων, νανοαπολιθωμάτων, μπορεί να γίνει και με αντικατάσταση των

¹⁰⁹ «Η απολίθωση (*fossilization*) στη χέρσο και στη θάλασσα γίνεται σε:

- α) κόκκους γύρης φυτών που διατηρείται στο εξωτερικό περίβλημα του κόκκου της γύρης, εξαιρετικά ανθεκτικού σε φυσικοχημικές καταπονήσεις, που δημιουργεί ενανθράκωση (δηλ. αποβολή των πτητικών συστατικών των αρχικών οργανικών υλών με φυσική βραδεία απόσταξη και προοδευτικό εμπλουτισμό με άνθρακα του ήδη υπάρχοντος άνθρακα).
- β) φύλλα και κόνους πεύκου, όπου γίνεται ενανθράκωση (εμπλουτισμός με άνθρακα) και λόγω έλλειψης οξυγόνου, τα τμήματα των φυτικών οργανισμών υφίστανται εναερόβιο σήψη από ειδικούς μικροοργανισμούς με την ενέργεια φυσικοχημικών συνθηκών του εσωτερικού υπεδάφους και δημιουργούνται οργανικές ενώσεις (λιγνίτης, φουσίνη κ.λπ.).
- γ) ζώα,οστά π.χ. μαμούθ σε συνθήκες κατάψυξης ή εντόμων σε ήλεκτρο.
- δ) δέντρα, π.χ. το απολιθωμένο δάσος στη Λέσβο.

οργανικών ουσιών από φωσφορικό ασβέστιο, από χαλαζία, από πυρίτη (FeS), και από κρυσταλλικό θειούχο μόλυβδο κ.ά...

Τα διαλύματα του θαλασσινού ύδατος περιέχουν το λόγο των ισοτόπων του οξυγόνου εκείνη την χρονική περίοδο κατά την οποία έγινε η απολίθωση. Ο λόγος (των ισοτόπων) στα θαλάσσια κελύφη μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες ή να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία που επικρατούσε την εποχή που αυτοί οι μικροοργανισμοί ζούσαν, ή για τις εναλλαγές των θερμών / ψυχρών περιόδων.

Τα τρηματοφόρα, ως ομάδα μονοκυτταρικών θαλάσσιων οργανισμών που παράγουν ένα ασβεστιτικό όστρακο, έχουν συνήθως μήκος μικρότερο από 1 χιλιοστό (ενώ σε κάποια είδη το μήκος τους φθάνει τα 5 - 10 cm)...

Στο περιβάλλον ιζηματογένεσης ή στα χαλαρά ιζήματα, τα όστρακα που εναποτίθενται και στερεοποιούνται, δημιουργούν εν συνεχεία ιζηματογενή πετρώματα...

Άλλοι μικροοργανισμοί (μικροαπολιθώματα) είναι τα *βρυόζωα*, απειροελάχιστοι κοκκόλιθοι (όστρακα με μονοκυτταρική δομή επιπλεόντων φυκών (των οποίων η διάμετρος, με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, προσδιορίζεται σε 5 χιλιοστά του χιλιοστού) / *grobigerina* (των οποίων το μήκος φθάνει περίπου τα 5 mm) / τα νανοαπολιθώματα (ασβεστιτικά σκελετικά τμήματα από πλαγκτονικά φυτά), των οποίων η εξέλιξη είναι ταχεία και αποτελούν καθοριστικούς χρονολογικούς δείκτες των στρωμάτων που τα περιέχουν.» (Δερμιτζάκης, 1991)

Ο εντοπισμός, η αναγνώριση και οι μετρήσεις στα απολιθώματα βοηθούν στη γεωμορφολογική χαρτογράφηση και την αναπαράσταση του παλαιοκλίματος, της παλαιογεωγραφίας και του (παράκτιου) παλαιοπεριβάλλοντος.

Στο περιβάλλον ιζηματογένεσης ή στα χαλαρά ιζήματα, τα όστρακα που εναποτίθενται και στερεοποιούνται, δημιουργούν εν συνεχεία ιζηματογενή πετρώματα.

ε) πλαγκτονικά, τρηματοφόρα, νανοαπολιθώματα κ.ά.» (Δερμιτζάκης, 1991)

(vi). Χαλαρά ιζήματα.

Σύμφωνα με τον Μ. Δερμιτζάκη(1991), «τα χαλαρά ιζήματα είναι άμμοι χερσογενούς προελεύσεως, αρενίτες με κόκκους χαλαζία, με καλή κοκκομετρική ταξινόμηση και ασβεστοαργιλικά ανάμεικτα με αποθέσεις (μάργες, άργιλο και Ca). Ποικιλία : ασβεστολιθική μάργα, αργιλική μάργα (όταν το Al υπερέρχει του Ca).

Επίσης *οργανικές αποθέσεις* αργιλο -πυρίτιο -ασβεστολιθικά (Λες), ασβεστοαργιλικά, ψαμμιτικά κ.ά.

Οι πυρήνες γεωτρήσεων από τον πυθμένα των ωκεανών και η επιφανειακή δειγματολογία δίνουν σύγχρονα ανάλογα στοιχεία για την ερμηνεία των παλαιών θαλάσσιων συνθηκών. Έχουμε παρουσία αποθέσεων αλατιού, γύψου, ή εβαπορίτου.

Τα πιο ρηχά τμήματα του νηριτικού περιβάλλοντος (περιβάλλον με κελύφη) μέχρι του βάθους των 45 – 50 μ., συντηρούν μια αφθονία ζωής: τα κελύφη των βενθονικών οργανισμών, κοράλλια, φύκια, μικρούς κόκκους με στρώσεις ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃). Σε μεγαλύτερα βάθη (βαθύαλος ζώνη) περιέχονται αποθέσεις γραουβάκες, τουρβιδίτες, ιλύς με πηλίτες, ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες κ.λπ.

Τα χαλαρά ιζήματα (αποτελούμενα από άμμο, λάσπη), αποτελούν ιζηματογενείς δομές, που μέσω κοκκομετρικών αναλύσεων τους, γίνεται καθορισμός μικροαπολιθωμάτων, που βοηθούν στην χρονολόγηση». (ό.π.)

(vii). Αρχή της επαλληλίας (υπέρθωση).

Σύμφωνα με την αρχή αυτή:

«Ένα νέο ιζηματογενές στρώμα αποτίθεται πάνω στο υποκείμενο δημιουργώντας επάλληλα στρώματα τα οποία μαζί με τα απολιθώματα¹¹⁰ που περιέχονται στα στρώματα, είναι θεμελιώδη για την κατασκευή της γεωλογικής στήλης. Έτσι μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα: 1) για το βάθος της θάλασσας (ή λίμνης

¹¹⁰ «Απολιθώματα : ζώα και φυτά (ή τμήματα αυτών) που σκεπάστηκαν από ιζήματα προστατεύθηκαν από την οξείδωση και διάβρωση και διατηρήθηκαν μέσω της μακράς διεργασίας, μετατροπής σε πέτρωμα. Αποτελούν την κύρια βάση συσχετίσεων και κατασκευής της γεωλογικής στήλης» (Λυριτζής, 2005).

ή ιζηματογενούς λεκάνης) που συσσωρεύονται αρχικά και αποτίθεται τελικά ένα ίζημα, 2) για τη φυσική και τη χημεία του τόπου αποθέσεως, 3) για τη σχέση (απόσταση) μεταξύ των περιοχών αποθέσεως και των αναλυμένων (περιοχών) (της ξηράς), ή 4) για τη δυναμική του νερού, του αέρα και του πάγου». (Δερμιτζάκης, 1991)

Στη συγκεκριμένη εργασία μας ενδιαφέρει «το περιβάλλον» που αφορά στην μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης σε σχέση με την ακτογραμμή και το βάθος της θάλασσας.¹¹¹ Η ιζηματογένεση παρατηρείται και στις λίμνες.

Τα ιζηματογενή στρώματα (varves) είναι στρώματα τα οποία έχουν εναποτεθεί μετά το λιώσιμο πάγων, στο τέλος της εποχής των παγετώνων και κατά την εναπόθεση των ιζημάτων που υπήρχαν μέσα στα λιωμένα νερά στη θάλασσα ή σε λίμνες, δημιουργώντας έτσι ακολουθίες για τις περιοχές από τις οποίες προέρχονται (αφού έχει προηγηθεί ο συσχετισμός τους).

Τέτοιες ακολουθίες έχουν καθιερωθεί στη Σκανδιναβία και τη Β. Αμερική.

(viii). Παλαιοκλιματική ανασύσταση μέσω των κόκκων γύρης των χαλαρών ιζημάτων:

Οι κόκκοι / σπόροι της γύρης αποτελούν τη βάση της παλαιοκλιματικής ανασύστασης. (η παλυνολογία είναι η επιστήμη μελέτης των κόκκων/σπόρων). Οι μεταβολές στη βλάστηση - διαχρονική και γεωγραφική - οφείλονται στο κλίμα και σε πυρκαγιές, στην ανθρώπινη δραστηριότητα και σε άλλους παράγοντες, που οδηγούν στη συσσώρευση και διατήρηση του απολιθωμένου υλικού.

«Σε μεγάλες χρονικές περιόδους και μεγάλες εκτάσεις κυριαρχούν οι κλιματικές αλλαγές και η φυσική ανάπτυξη εδαφών. Αντίθετα, σε μικρότερες χρονικές κλίμακες (τελευταία 1.000 - 2.000 χρόνια) και επιφάνειες (10.000 - 20.000 τ.μ.) κυριαρχούν μη κλιματικά φαινόμενα, τα οποία κάνουν πολύπλοκη την ερμηνεία των διαγραμμάτων γύρης». (Λυριτζής, 1991)

¹¹¹ «Κριτήρια ταξινομήσεως των **ιζηματογενών πετρωμάτων**. Ταξινομούνται με βάση τη φάση/τον τρόπο γενέσεως/τη χημική σύσταση/κλασική – με προϊόντα διάβρωσης του νερού/οργανογενή – με θραύσματα ή υπολείμματα ζώων οστράκων, οστών, φυτών κλπ./ χημική – με άλατα που βρίσκονται σε διάλυση μέσα στο νερό). Διακρίνονται επίσης σε ασβεστόλιθους, πυριτικά, αργιλικά, δολομίτες, ορυκτά άλατα, οργανικές αποθέσεις, αποθέσεις φωσφόρων, σιδήρου – μαγγανίου» (Δερμιτζάκης, 1991).

Η παλαιοκλιματική ανασύσταση βασισμένη στην ανάλυση γύρης, είναι δυνατή από τις «τέσσερις συνιστώσες» που περιέχουν οι κόκκοι γύρεως.

- α) Έχουν μορφολογικά χαρακτηριστικά συγκεκριμένα στο ιδιαίτερο γένος ή είδος του φυτού.
- β) Παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και η διασπορά τους προσδιορίζεται από τον άνεμο που τα μεταφέρει.
- γ) Είναι ανθεκτικά στην αποσύνθεση, ειδικά σε κατάλληλα ιζηματογενή περιβάλλοντα.
- δ) *Αντανακλούν την φυσική βλάστηση στο χρόνο της αποσύνθεσης της γύρης, η οποία μας δίνει πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες του παρελθόντος (και τη χρονολόγησή του).* (Λυριτζής, 1991)

Είναι δυνατή επίσης (από έρευνες στο εξωτερικό) μέσω καταγραφής των ισotόπων Ο και του ραδιενεργού άνθρακα σε τρηματοφόρα από το βυθό του ωκεανού.

(ix). Μεθοδολογία μελέτης των χαλαρών ιζημάτων.

Στις ιζηματογενείς αυτές δομές, γίνεται καθορισμός των τύπων ,μορφών (μικροαπολιθωμάτων¹¹² κλπ.) μέσω κοκκομετρικών αναλύσεων, οι οποίες βοηθούν στην χρονολόγηση, στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τη γεωλογικές διεργασίες (ή την ανθρώπινη παρέμβαση) , οι οποίες τροποποιούν την απόθεσή τους στον πυθμένα των ιζηματογενών δομών – και αποτυπώνονται σε αυτές-.

Η διαφορετική σύσταση τους και η διαφοροποίηση τους, οδηγεί σε συμπεράσματα για την εξέλιξη της θαλάσσιας λεκάνης και την ανάπτυξη της παράκτιας γεωμορφολογίας. Στη μελέτη χαλαζιακής άμμου μπορεί να γίνει χρήση θερμοφωταύγειας ή οπτικής φωταύγειας.

¹¹² «Μικροαπολιθώματα όπως Benthic foraminifera / ostracods / Gasteropods and bivalves / palynology σε λιμνοθάλασσες, η αλατότητα των οποίων εξαρτάται από το τοπικό κλίμα, τις ποτάμιες απορροές.

Στην Ανατολική Μεσόγειο έχουμε συγκεντρώσεις *Ammonia beccarii / Parkinsoniana / Haynesia Germanica / Quinquelo culina seminulum / Nonion depressulus / elphidium excavatum*»(Λυριτζής, 2005).

(x). Δειγματοληπτική μελέτη των χαλαρών ιζημάτων.

Η δειγματοληπτική μελέτη των χαλαρών ιζημάτων, γίνεται μέσω πυρήνων (Εικ.5), στους οποίους γίνονται ραδιοχρονολογήσεις και κοκκομετρικές αναλύσεις, από τις οποίες βγάζουμε συμπεράσματα¹¹³ για τα παλαιοπεριβάλλοντα απόθεσης των υποκείμενων στρωμάτων και ανάπλασης της παράκτιας ζώνης. Η γεώτρηση¹¹⁴ (πυρηνοληψία) μερικών μέτρων χαλαρού ιζήματος, περιέχει διάφορα στρώματα ιζήματος μεταβλητού χρώματος, που σχηματίστηκαν κάτω από διάφορες/συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι η παρουσία πολλών οργανικών υλών (φυτικών και μικροοργανισμών), η ψιλή άμμος ή οι κροκαλοπαγείς διαστρωματώσεις με οστρακοειδή (μύδια, μαλάκια) υποδηλώνουν ποτάμιες / θαλάσσιες αποθέσεις. Στρώμα με κεραμική με στάχτη ή κάρβουνο υποδηλώνει στρώμα κατοίκησης. Η παρουσία τύρφης υποδηλώνει ηφαιστειακή έκρηξη.

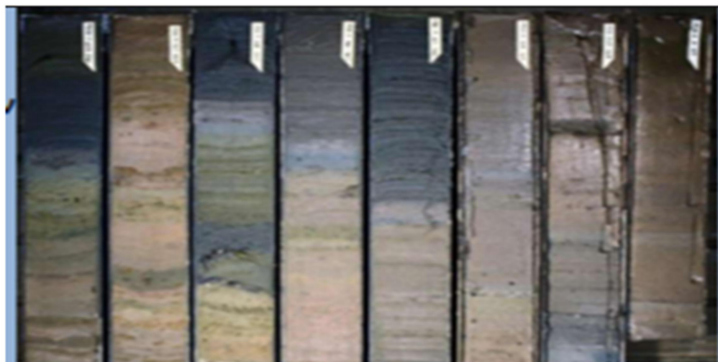
¹¹³ Σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά δεδομένα (από παράκτιες ή υποθαλάσσιες θέσεις), τα beachrocks, και άλλους δείκτες, μέσω αναλύσεων, ραδιοχρονολογήσεων, προσδιορίζουμε τις σχετικές μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης.

¹¹⁴ « Γεωτρήσεις .Σκοπός της γεωτρητικής έρευνας είναι να προσδιορισθεί η κατακόρυφη ακολουθία των ολοκαινικών ιζηματογενών περιβαλλόντων, των περιοχών που ερευνώνται και η μεταξύ τους αλληλεξάρτηση...

Με βάση ορισμένα κριτήρια, όπως το χρώμα, το μέγεθος των κόκκων, το οργανικό περιεχόμενο, τη μορφολογία των ιζημάτων, τα απολιθώματα, τη φύση των επαφών και την στρωματογραφική θέση, προσδιορίζονται τα περιβάλλοντα απόθεσης των ιζημάτων από τους πυρήνες των γεωτρήσεων...

Ο προσδιορισμός του χρόνου μπορεί να γίνει με ραδιοχρονολόγηση του περιεχομένου στον πυρήνα δειγμάτων. Έτσι προσδιορίζονται οι διάφορες αποθεματικές επιφάνειες και οι διεργασίες συσσώρευσης ιζημάτων, με αποτέλεσμα να ερμηνευθούν οι παράκτιες ιζηματογενείς περιοχές». (Λυριτζής, 2005).

Ιζήματα(στήλη πυρηνοληψίας)



Εικ. 5. Πυρηνοληψία. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

«Σε μια γεώτρηση (χαρτογράφηση των στρωμάτων ή παλαιοεδαφών) αναγνωρίζουμε τη μεταβολή του χρώματος, το βάθος, το είδος του χρώματος (ιζήματος), την ανομοιογένεια από την παρουσία διαφορετικών υλικών, την παρουσία αρχαιολογικών υλικών.

Για την αναγνώριση του χρώματος ακολουθείται η *χρωματική κλίμακα Munsell*.

Το χρώμα μπορεί να σημαίνει την παρουσία συγκεκριμένων ορυκτών, όπως στο κυανό χρώμα παρουσία αζουρίτη (του χαλκού), στο πράσινο χρώμα παρουσία μαλαχίτη (ορυκτό του χαλκού), στο φαιό / λευκό την παρουσία τέφρας, στο ερυθρό την παρουσία αιματίτη και σιδήρου / μαγνησίου...¹¹⁵

Η διαφύλαξη των άφθαρτων κόκκων της γύρης (των ανθοφόρων φυτών) σε έλη, ιζήματα λιμνών (αποξηραμένων ή μη) και σε ιζήματα σπηλαίων, έχει επιτρέψει στους ειδικούς της γύρης (παλυνολόγους) να καταρτίσουν λεπτομερείς ακολουθίες της βλάστησης και του κλίματος κατά τη διάρκεια του παρελθόντος. Οι ακολουθίες της

¹¹⁵Όσον αφορά στα ορυκτά, τα φυσικά γνωρίσματά τους είναι το χρώμα, η στυλπνότητα, το χάραγμα, η σκληρότητα, ο κρυσταλλικός τύπος, ο σχισμός.

γύρης είναι σημαντικές για τη χρονολόγηση και συμβάλλουν στην κατανόηση του αρχαίου περιβάλλοντος και του παλαιοκλίματος.» (Λυριτζής, 2005)

Η γεώτρηση / πυρηνοληψία¹¹⁶ των χαλαρών ιζημάτων, αποτελεί πολύ σημαντικό δείκτη χρονολόγησης μαζί με τις εγκοπές και τους βιολογικούς δείκτες (*dendropoma rim*). «Τα μικροαπολιθώματα είναι σκελετικά μέλη θαλασσίων οργανισμών και θραύσματα πετρωμάτων, που αποτίθενται στον πυθμένα, όπως τα *Benthonic foraminifera / ostraka / gasteropods and bivalves / palynology*, μέσω των οποίων μπορούμε να βγάζουμε συμπεράσματα (ανάλυσης με βάση το μικροσκόπιο). Με βάση το γεγονός ότι συγκεκριμένοι οργανισμοί είναι ενδεικτικοί συγκεκριμένων περιβαλλόντων, μπορούμε να αναπλάσουμε το παράκτιο περιβάλλον και να προσδιορίσουμε τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Έτσι, μπορούμε να προσδιορίσουμε, μέσω των δειγμάτων, πέραν των παλαιοακτών, τις παλαιοκλιματικές συνθήκες/παλαιοπεριβάλλοντα, αν έχουμε θερμά, ζεστά, ψυχρά νερά, λιμνοθάλασσα, έλη, χαμηλή ή υψηλή αλατότητα. Π.χ., αν βρούμε στο δείγμα *Ammonia beccarii*, *A. Parkinsonianna*, *Haynesina germanica*, *Quinqueloculina*, *Nonion depressulus*, *elphidium excavatum* : τα είδη αυτά αντιστοιχούν σε λιμνοθάλασσα». (Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8)

Η ανάλυση των ιζηματογενών δομών περιλαμβάνει:

- Καθορισμό μικροαπολιθωμάτων.
- Χρονολόγηση.
- Κοκκομετρικές αναλύσεις.

¹¹⁶«Εκτός από τις γεωτρήσεις, πολύ σημαντική είναι η χρήση του τομογράφου υποδομής πυθμένα (sub bottom profiler): ηχοβολιστικό σύστημα, το οποίο επιτρέπει τη διείσδυση στον πυθμένα της θάλασσας, παρέχονται πληροφορίες για τη σύσταση του πυθμένα, για τα διαδοχικά στρώματα ιζημάτων του πυθμένα της θάλασσας, όπου γίνεται εντοπισμός, εκτός από τις θαμμένες αρχαιότητες και του υλικού των παλαιοακτών». (Γ. Παπαθεοδώρου, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.)

Ένα παράδειγμα μελέτης / έρευνας αποτελεί αυτό του Ε.Μ. Πολυτεχνείου και της Γαλλικής Αρχαιολογικής Σχολής στην περιοχή του Πειραιά. Από τη συλλογή πυρήνων βρέθηκε ότι το κατώτερο στρώμα αποτελούσε λιμνοθάλασσα με μεσο/ολιγοαλατικές αποθέσεις. Ακολουθούσε ένα στρώμα που αντιπροσωπεύει ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον με εισροές γλυκού νερού και ακριβώς πάνω από αυτό ένα στρώμα που αντιπροσώπευε λιμνοθάλασσα με ολιγοαλατικές αποθέσεις. Στα δύο υπερκείμενα στρώματα (από κάτω προς τα πάνω του δείγματος του πυρήνα) αντιπροσωπεύονται έλη με παρουσία γλυκού νερού και ένα στρώμα που ανήκε σε παράκτιο περιβάλλον.

Τα διαδοχικά στρώματα ιζήματος που συσσωρεύονται στον ωκεάνιο πυθμένα, σχηματίζοντας μια σειρά ιζηματογενών αποθέσεων (από τις οποίες παίρνουμε δείγματα για τη μελέτη της παράκτιας γεωμορφολογίας), συμπαγοποιούνται σε ιζηματογενή πετρώματα.¹¹⁷

(xi) . «Ταξινόμηση των χαλαρών ιζημάτων με βάση την χημική τους σύσταση, που δίνουν εν συνεχεία πετρώματα: (Δερμιτζάκης, 1991)

- Από τα ανθρακικά δημιουργούνται ασβεστόλιθοι οργανογενούς, χημικής προέλευσης (τραβερίτης, τόφοι, σταλαγμίτες).
- Από τα πυριτικά δημιουργούνται διατομίτης, σπογγόλιθος, πυριτόλιθος, κερατόλιθος, μελινίτες, άμμοι, ψαμμίτες, χάλικες, ψηφίδες, κροκάλες, λατινοπαγή με πεπλατυμένα και γωνιώδη στοιχεία.
- Από τα αργιλικά (αργιλοπυριτικά) δημιουργούνται καολίνης, μπετονίτης (που απαντά στη Μήλο).
- Από τα ορυκτά άλατα δημιουργούνται ανυδρίτης, γύψος, ορυκτό αλάτι, συλβίνης, κορναλίνης κ.ά.

¹¹⁷ «Το οποία σύρονται προς τα κάτω προς το εσωτερικό μαζί με τη βυθιζόμενη λιθόσφαιρα και συμπιέζονται , πτυχώνονται και μπορούν να μετατραπούν σε μεταμορφωμένα πετρώματα. Η συμπίεση και πτύχωση των ιζηματογενών, μεταμορφωμένων, και ηφαιστειακών πετρωμάτων προκαλούν ασταθείς συνθήκες και ανύψωση (τεκτονικός κύκλος). Το όριο συγκλίσεως των πλακών δίνει τη θέση μιας νέας οροσειράς». (Δερμιτζάκης, 1991)

- Από τα ανθρακούχα δημιουργούνται άνθρακες, λιθάνθρακες, λιγνίτες, τύρφες, υδρογονάνθρακες, δηλ. πετρέλαια, ασφαλτούχα, σαπροπηλοί ¹¹⁸ = άνθρακες από φύκη κ.ά.
- Μαγγανιούχα (π.χ. μεταλλεύματα).
- Από τα σιδηρούχα δημιουργούνται π.χ. μεταλλεύματα.
- Από τα φωσφορούχα δημιουργείται φωσφορίτης.
- Από τα μικτά (π.χ. ασβεστο-αργιλικά, αργιλο-πυριτικά, ασβεστο-πυριτικά, αργιλο-πυριτο-ασβεστολιθικά =loess), δημιουργούνται Φλύσχης (ψαμμιτικά, κροταλοπαγή, μαργαϊκά, αργιλικά) μολάσσα, ηφαιστειο – ιζηματογενή». (ό.π.)¹¹⁹

«Τα ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν μέρος του λιθολογικού/ πετρολογικού κύκλου / της κυκλικής φάσης, ως αποτέλεσμα των φαινομένων διάβρωσης, μεταμόρφωσης και τήξης που διαδέχονται κυκλικά το ένα το άλλο. Σχηματίζονται στην ξηρά ή στους πυθμένες των θαλασσιών / λιμναίων λεκανών, από την απόθεση των προαναφερθέντων ιζημάτων (που είναι αποτέλεσμα διάβρωσης φυσικών / χημικών φαινομένων και μεταφοράς των προϊόντων τους σε αυτές)». (ό.π.)¹²⁰

Ένας άλλος σημαντικός δείκτης -όπως ήδη προαναφέρθηκε - προσδιορισμού της μεταβολής του κλίματος, της μεταβολής της ηλιακής δραστηριότητας και της στάθμης της θάλασσας ,είναι τα ραδιενεργά ισότοπα Ο, σε ιζήματα ωκεανού. Όπως προαναφέρθηκε η μεταβολή του κλίματος, εξαρτάται από τις μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας . Η περιοδική μεταβολή στην ηλιακή δραστηριότητα (κύκλοι 11, 22, 75, 200 έτη), παρατηρείται και στη μεταβολή της ραδιενέργειας σε θαλάσσια ή λιμναία ιζήματα (Liritzis et al., 1995 / ; Attolini et al., 1985 / Castagnoli et al., 1984). « Οι κλιματικές αλλαγές / μεταβολές ηλιακής προέλευσης (π.χ. ο κύκλος των ηλιακών

¹¹⁸ *Ιζήματα:* Οι σαπροπηλοί του Νεογενούς και τα αντίστοιχα στρώματα παρουσιάζουν έναν κυκλικό τρόπο εναπόθεσης, ο οποίος συνδέεται με τις μεταβολές των τροχιακών παραμέτρων της Γης. Είναι ιζήματα πλούσια σε οργανικά υλικά, που σχηματίζονται κάτω από αναερόβιες συνθήκες και απαντώνται σε νεογενείς θαλάσσιες ακολουθίες της Μεσογείου.

¹¹⁹ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

¹²⁰ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

κηλίδων κ.ά.) επηρεάζουν το μεταβλητό πάχος των ετήσιων αποθέσεων στρωμάτων ιλύος και (με την εφαρμογή φασματικών μεθόδων ανάλυσης χρονοσειρών Φουριέ ή Blackman - Tukey Powerspectrum) προσδιορίζεται η περιοδικότητα / ημιπεριοδικότητα των ηλιακών κύκλων (που προσδιορίζουν τον μαγνητικό κύκλο 22.000 ετών ή τον διπλό ηλιακό κύκλο των 45.000 ετών της Γροιλανδίας, τον κύκλο των 55 – 65.000 ετών στις ηλιακές κηλίδες, τον κύκλο Gleisberg και τον κύκλο των 200.000 ετών).

Η ραδιενέργεια αποτελεί σημαντική παλαιοκλιματική παράμετρο και δείκτη της θαλάσσιας στάθμης.

Η σύγκριση με παλαιοκλίματα (μέσω της ανάλυσης των ιζημάτων) μπορεί να δείξει επίσης «παλαιά γεωγραφικά πλάτη». (Λυριτζής, 2005)

(xii).

(Σύμφωνα με τον Ι.Λυριτζή, 2005) Αποτελέσματα ερευνών μέσω γεωτρήσεων που προσφέρουν πληροφορίες για το παλαιοπεριβάλλον και τις μεταβολές του:

- 1) στο Άργος όπου έγινε η αναγνώριση στρωμάτων (παλαιοεδαφών) (Zangger, 1993) και η γεωμορφολογία του Κάμπου του Άργους (Λυριτζής και Ραυτοπούλου, 1999 / Zangger, 1993).
- 2) Στην περιοχή της Μαγούλας, συνάγεται η διαστρωμάτωση των ιζημάτων (προσδιορισμός λιμναίων αποθέσεων σε ΠΕ στρώμα και σε στρώμα της Πλειστοκαινικής περιόδου).
- 3) στα εδάφη της Αττικής (Μαραθώνα), όπου προσδιορίζονται αρχαιολογικές και κλιματικές περίοδοι (Hadriotis, Paere, Oveloop, 1995). Μέσω γεωτρήσεων εντοπίζονται γεωμορφολογικές μεταβολές σε περιοχές όπως στον Μαραθώνα ή στις Θερμοπύλες (Kraft 1987, Baeteman 1985).
- 4) στην Τίρυνθα, με βάση την συλλογή των αποτελεσμάτων των γεωτρήσεων συνάγεται η επίκληση της θάλασσας με αλλουβιακό στρώμα στη νεότερη νεολιθική περίοδο και στην πρώιμη εποχή του χαλκού και ο προσδιορισμός μεγάλης πλημμύρας γύρω στο 3000 π.Χ. (3200 - 3000 π.Χ.)

5) στην καταποντισμένη πόλη της αρχαίας Ελίκης το 373 π.Χ., από ισχυρό σεισμό (Λυριτζής, 1981 / 1998, σελ. 3, Katsonopoulou et al., 1998).

Στην ιζηματολογική ανάλυση από δύο πυρήνες γεωτρήσεων, διακρίνονται κεραμική με στρώματα κατοίκησης, θαλάσσιες και ποτάμιες αποθέσεις και η μέση θαλάσσια στάθμη. Από τις 50 γεωτρήσεις έγινε η ανάλυση των ιζημάτων, η χρονολόγηση των στρωμάτων και αρχαιογεωφυσικές διασκοπήσεις, έγινε δυνατή η ανάπλαση του αρχαίου περιβάλλοντος. Στα ιζήματα βρέθηκαν στρώματα κατοίκησης με κεραμική, θαλάσσιες και ποτάμιες αποθέσεις, οστρακοειδή και μαλάκια.¹²¹ Η αρχαία πόλη βρίσκεται σε βάθος 4 - 5 μ. στις ποτάμιες αποθέσεις μεταξύ της σημερινής Ελίκης και των Νικολαϊκών.

Άλλα παραδείγματα ανάπλασης παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος

Έχουν γίνει γεωτρήσεις στην περιοχή *Μπερμπάτι - Λίμνες (Αργολίδα)* καθώς και στην υπόλοιπη *Μεσόγειο*, όπως στην Τυνησία, Λιβύη και Σικελία, και προσπάθεια ανάπλασης του παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος όπως ήταν πριν 18.000 Π.Σ. (Schackleton et al., 1984).

Στην *Τίρυνθα*, με γεωτρήσεις διακρίνονται στρώματα κατοίκησης στη Ρωμαϊκή, Π.Ε., Νεολιθική και ιζήματα από χείμαρρο και τέλμα (Zangger, 1999).

Έχουν πραγματοποιηθεί επίσης γεωαρχαιολογικά ερευνητικά προγράμματα στις περιοχές Βόλου, Αργολίδας, Μπερμπάτι, Ασίνης, πεδιάδας Σκούρτας, θεσσαλικής πεδιάδας, Μαραθώνα, Ν. Αργολίδας, Νεμέας, Καμμένων Βούρλων, Πύλου, Ευβοίας, Δυτ. Κρήτης (Zangger 1992).

Στο *Φράγγθι Αργολίδος*, με βάση γεωαρχαιολογικό ερευνητικό πρόγραμμα (Σουηδικού πανεπιστημίου σε συνεργασία με ερευνητική ομάδα Ελληνικού πανεπιστημίου) παρατηρείται μετατόπιση της παλαιοακτής και εισχώρηση της θάλασσας ως αποτέλεσμα ανόδου της στάθμης της, στην περιοχή μπροστά από το σπήλαιο όπου πριν 18.000 χρόνια υπήρχε μια εκτεταμένη πεδιάδα.

¹²¹ Η χρωματιστή κλίμακα Munsell (Κατσοποπούλου & Sofer, 1998) αναφέρεται στους χρωματικούς δείκτες.

Στοιχεία, όπως πυρήνες των γεωτρήσεων, δίνουν πληροφορίες για τα παλαιοπεριβάλλοντα απόθεσης των υποκείμενων στρωμάτων. Οι υποθαλάσσιες αρχαιότητες, οι ραδιοχρονολογήσεις, τα beachrocks βοηθούν στον προσδιορισμό των σχετικών μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης.

Στον κάμπο του Ναυαρίνου (Kraft et al., 1980), στον Μεσσηνιακό Κάμπο (Kraft et al., 1975), στη Ν.Α. και Ν.Δ. Αττική (Καμπούρογλου, 1990), στην Ερέτρια (Καμπούρογλου, 1989), η στάθμη επιβεβαιώνεται από στοιχεία, όπως πυρήνες των γεωτρήσεων (που δίνουν πληροφορίες για τα παλαιοπεριβάλλοντα απόθεσης των υποκείμενων στρωμάτων) κι από τις καμπύλες (της διεθνούς βιβλιογραφίας).

Ανασύσταση του τοπίου στη Ν.Δ. Πελοπόννησο έγινε από το 1970, όπου προσδιορίστηκαν τα πλειοκαινικά θαλάσσια πλατώματα (2,5 εκατομ. χρόνων - 5,0 εκατομ. ετών Π.Σ.) και ο προσδιορισμός των μορφολογικών επιφανειών των οροπεδίων¹²² (Λυριτζής, 1994).

Στην Ελλάδα, όπως προαναφέρθηκε έχουν γίνει επίσης μετρήσεις σε «καρότα» γεωτρήσεων από τη Δυτική Ελλάδα, την Κωπαΐδα, τους Φιλίππους κ.ά.

Σε έρευνες (στο εξωτερικό), «οι πυρήνες ιζήματος μεγάλου θαλάσσιου βάρους, που αντλώνται από τον βυθό του ωκεανού, περιέχουν όστρακα μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών, γνωστά ως τρηματοφόρα, δίνουν πληροφορίες για ψυχρά διαστήματα (παγετώδεις περιόδους) και τα θερμά διαστήματα (μεσοπαγετώδεις περιόδους υποχώρησης των πάγων). Η καταγραφή ισοτόπων οξυγόνου και ραδιενεργού άνθρακα (χρονολόγηση με τις σειρές ουρανίου) σε αυτούς τους πυρήνες παρέχουν χρονολογήσεις και καταγραφή (στους πυρήνες και στα στρώματα ιζημάτων) των μαγνητικών αναστροφών (π.χ. από την ηφαιστειακή τέφρα). Οι πυρήνες πάγου από τον πολικό πάγο της Αρκτικής και της Ανταρκτικής αποδίδουν εντυπωσιακές ακολουθίες (διαστρωματώσεις επάλληλων ιζημάτων), που αποκαλύπτουν τις κλιματολογικές ταλαντεύσεις στο παρελθόν. Τα στρώματα συμπαγούς πάγου εγκλείουν ετήσιες εναποθέσεις, χαρακτηρίζονται (τα τελευταία τουλάχιστον 5.000 χρόνια), βοηθούν στη χρονολόγηση και συμβάλλουν στην ανασύσταση παλαιοπεριβαλλόντων και παλαιοακτών (χλωρίδας, γεωμορφολογίας,

¹²² Τα πρόσφατα αλλουβιακά εδάφη συνήθως απαντώνται 20 μ. πάνω από τη θαλάσσια στάθμη.

ηφαιστειακής δραστηριότητας, ρυθολογικής δραστηριότητας κ.λπ.)» (ό. π.)_καθώς και της θαλάσσιας στάθμης.

«Η χρονολόγηση πυρήνων, ιζήματα από ωκεανούς γίνεται με τις γεωμαγνητικές αναστροφές, τη βιοστρωματογραφία (λόγω της παρουσίας μικροοργανισμών γνωστής ηλικίας σε διάφορα στρώματα) και τη σύγκριση με αστρονομικές περιοδικότητες (20 με 100 χιλιάδες έτη)» (Λυριτζής, 2005). Για την ανάπλαση των παλαιοπεριβαλλόντων/ παλαιοακτών απόθεσης των υποκείμενων στρωμάτων και τον προσδιορισμό των σχετικών μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός δεικτών όπως η μελέτη ιζημάτων, οι υποθαλάσσιες αρχαιότητες, τα beachrock (είτε με ενσωματωμένη κεραμική) κ.ά.

4.3 .8. Τα θαλάσσια σπήλαια¹²³.

«Είναι κοιλώματα που δημιουργούνται από τη διάβρωση των κυμάτων στην ακτογραμμή . Παρουσιάζονται στα χαλαρά ή μαλακά μέρη του πετρώματος, δηλαδή στα χαλαρά στρώματα, στις ρωγμές, στα βοτσαλοειδή, στον σχιστόλιθο, στα αδιαμόρφωτα στρώματα, σε ιζηματογενέσεις ή σε εσωτερικές δομές εκροών λάβας» (Λυριτζής, 2005). Παράδειγμα είναι τα θαλάσσια σπήλαια στην Τρυπητή, Ν. Κρήτης.

4.3.9. Αρχαιολογικά κατάλοιπα¹²⁴ (σύμφωνα με το bbb, «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», Κ. Μπάϊκας 2017-8)

¹²³ σύμφωνα με το bbb «Εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» Γ. Παπαθεοδώρου, 2017-8.

¹²⁴ Τα αρχαιολογικά κατάλοιπα στη χέρσο μπορεί να είναι

« - Υπολείμματα καύσης (στάχτες, κάρβουνα, φυτόλιθοι).

- Οργανικά κατάλοιπα (κοπριά, κοπρόλιθοι, μακροφυτικά κατάλοιπα).

- Κατασκευαστικά υλικά (πλίνθοι, επιχρίσματα, δάπεδα, ασβεστοκονιάματα).

«Υλικά που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες... περιλαμβάνουν οργανικά και ανόργανα υλικά, τα προϊόντα, παράγωγα και υπολείμματά τους και μπορεί να περιλαμβάνουν υλικά, με σκοπό την κατασκευή καταλύματος, οικοδομημάτων και εργαλείων, υλικά από την επεξεργασία και κατανάλωση τροφής, υλικά για καύσιμη ύλη, ρουχισμό και διακόσμηση» (Δριβαλιάρη, Στρωματογραφίες, ιζήματα, γεωαρχαιολογία bbb pdf).

«Ο στρωματογραφικός συγχρονισμός αποτελεί ασφαλή και χρήσιμο δείκτη αξιόπιστης μελέτης της στρωματογραφίας ενός τόπου.

Η εικόνα της στρωματογραφίας είναι μια οριζόντια χωρική διασπορά και μια κατά βάθος χρονική εξέλιξη.

Τα αρχαιολογικά εδάφη (στρώματα ¹²⁵ πολιτιστικών ή φυσικών καταλοίπων) συσσωρεύονται σε μικρότερες χρονικές περιόδους απ' ό,τι τα γεωλογικά στρώματα και υπάγονται όπως αυτά, στο νόμο της επαλληλίας (υπέρθεσης).¹²⁶ (σύμφωνα με τον οποίο τα ανώτερα στρώματα είναι νεότερα από τα στρώματα που υπόκεινται αυτών)». (ό.π.)

(i) .

Τέτοια είναι τα εδάφη με **αρχαιολογικά κατάλοιπα** (Κ.Μπάϊκα, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8) όπως:

- Κατασκευές (τύμβοι, χωμάτινα οχυρώματα, τάφροι)» (Δριβαλιάρη, Στρωματογραφίες, ιζήματα, γεωαρχαιολογία bbb, 2017 pdf).

¹²⁵ Αρχαιολογική έρευνα «Ένας τρόπος εντοπισμού διαταραγμένων στρωμάτων είναι η επανασυναρμολόγηση τέχνηρων στην αρχική μορφή τους, π.χ. συγκόλληση οστών, κεραμικών, αγγείων, τμημάτων λεπίδων κ.λπ., όπου γίνεται ομαδοποίηση των ευρημάτων που ανήκουν στο ίδιο στρώμα. Μέσω της χρονολόγησης των τέχνηρων, αρχιτεκτονικών λειψάνων, οργανικών υλικών αποκαλύπτονται οι ανθρώπινες δραστηριότητες στο παρελθόν». (ό.π.)

¹²⁶ Αφορά στην ακολουθία της απόθεσης και όχι στην ηλικία του υλικού (διότι τα βαθύτερα στρώματα είναι συχνά παλαιότερα, αλλά μπορεί να είναι διαταραγμένα είτε από κάποιο γεωλογικό φαινόμενο (κατολισθήσεις, πλημμύρες, τεκτονικές κινήσεις), είτε από την ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. αυλάκια, τάφροι, διάνοιξη βόθρων ή θεμελίων νέων οικιών κ.λπ.).

«-Οι αρχαίες λιμενικές εγκαταστάσεις (προβλήτες, μόλοι, κυματοθραύστες, προκυμαίες, νεώσοικοι, *bollards*, *break waters*, ράμπες ανέλκυσης, *quays*).

-Τα καταβυθισμένα τμήματα μιας αρχαίας πόλης.

-Οι αρχαίοι τάφοι.

-Τα αρχαία λατομεία.

-Οι ιχθυοδεξαμενές/ δεξαμενές ψαρέματος κ.λπ.,

τα οποία αποτελούν σημαντικούς δείκτες ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας». (ό.π.)¹²⁷

Σύμφωνα με την Κ.Μπάϊκα τα βυθισμένα αρχαιολογικά λείψανα διακρίνονται σε αυτά που έχουν άμεση σχέση με τη θάλασσα (λιμένες, δεξαμενές ψαρέματος, κ.ά.) και σε αυτά που δε σχετίζονται με τη θάλασσα, όπως αρχαιολογικοί ναοί, εκκλησίες, καταστήματα, εργαστήρια, λατομεία, τάφοι, δάπεδα (κατάλοιπα οικιών), τα καταβυθισμένα τμήματα μιας αρχαίας πόλης.

Στη δεύτερη περίπτωση δεν είναι γνωστό το αρχικό ύψος τους πάνω από τη θάλασσα. Τα περισσότερα αρχαιολογικά κατάλοιπα σε παραλίες δεν προσφέρουν στοιχεία για το πόσο ήταν πάνω από τη θαλάσσια στάθμη, όταν σχηματίστηκαν...

Μπορούμε όμως να προσδιορίσουμε πότε ανυψώθηκε ή χαμήλωσε η θαλάσσια στάθμη πλησίον αρχαιολογικών θέσεων από την εποχή που κατοικούσαν. Τα βυθισμένα λείψανα υποδηλώνουν ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης ή καθίζηση του εδάφους.» (Κ.Μπάϊκα, bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8) .

Για το πρόσφατο ιστορικό παρελθόν (3.000 χρόνων) αντλούμε πληροφορίες που αφορούν στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας από:

Τις δεξαμενές ψαρέματος, οι οποίες αποτελούν ακριβείς δείκτες. Έτσι, μαθαίνουμε π.χ. για αυτές από τους ευγενείς Ρωμαίους (και την τάση, η οποία επεκράτησε τον 1^ο αιώ. π.Χ.), την άνθισή τους στη Μεσόγειο (Πλίνιος, 23 - 79 μ.Χ.) καθώς και τον τρόπο κατασκευής τους (Columella, 1^ο μ.Χ. αιώ.). Έτσι, συμπεραίνουμε το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο και τον ρυθμό ανόδου του θαλάσσιου νερού. *Άλλες ιχθυοδεξαμενές, ρωμαϊκής περιόδου βρίσκονται στις αρχαιολογικές θέσεις Λαμπούσα Κύπρου, Punta della Vipera κ.α.*(Κ.Μπάϊκα,bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8)

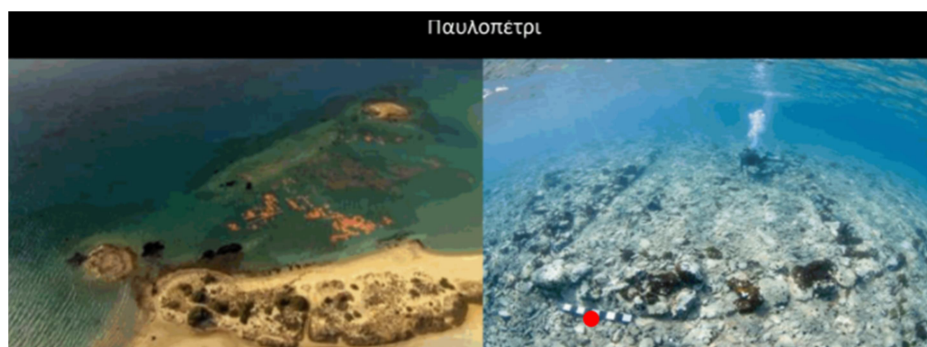
¹²⁷ Κ. Μπάϊκα, bbb«εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8.

Τα καταβυθισμένα λατομεία_ (όπως αυτό στην Αλική Θάσου).

Τα λείψανα της Παλαιοχριστιανικών Βασιλικών όπως :Α) αυτής που βρίσκεται 20 εκ. κάτω από τη θάλασσα (Θεοχάρης 1966, Κουρκατίδου 1967, Ντίνη 1986) του 4^{ου} αιώ. - 5^{ου} αιώ. μ.Χ., ή Β) της Βασιλικής της Αγίας Σοφίας (τρίκλιτης βασιλικής) του 10^{ου} - 12^{ου} αιώ. μ.Χ., της οποίας το Άγιο Βήμα βρίσκεται εν μέρει κάτω από τη θάλασσα (Μαστροκόστας, Αρβανιτόπουλος) με μια άνοδο της θάλασσας από τη Βυζαντινή περίοδο 80 εκ.

Τις καταβυθισμένες αρχαιολογικές θέσεις (παράκτιοι οικισμούς/ αρχαίες πόλεις) που αποτελούν ακριβείς δείκτες αλλαγής της στάθμης της θάλασσας.

- Το Παυλοπέτρι¹²⁸ (Εικ. 6): Ο αρχαιότερος καταβυθισμένος οικισμός και βρίσκεται σε βάθος 2,5 - 3 μ.



Εικ. 6. αεροφωτογραφία της θέσης και υποθαλάσσια φωτογραφία. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

¹²⁸ A. Harding – G.Cadogan - R. Howell, Pavlopetri: An Underwater Bronze Age Town in Laconia, BSA 64,1969, 113-142; A. Harding, Pavlopetri: a Mycenaean Town Underwater Archaeology, 23.3, 1970, 242-250.

-Η αρχαία Ελίκη, που καταστράφηκε σε παλαιογεωγραφικές έρευνες από σεισμό και παράκτια κατολίσθηση το 373 π.Χ.

- Οι μισοβυθισμένοι τοίχοι υστερορωμαϊκών και παλαιοχριστιανικών χρόνων στο Αχίλλειο Βόλου. Το ψηφιδωτό δάπεδο εξέδρας ρωμαϊκών χρόνων (που βρίσκεται περίπου 10 cm πάνω από το επίπεδο της θάλασσας), η ύπαρξη ρωμαϊκών τοίχων με επεμβάσεις του 5^{ου} - 6^{ου} μ.Χ. αιώ. που φθάνουν μέχρι τη θάλασσα και καλύπτονται από την παράκτια άμμο, που δείχνουν μεταβολή της θάλασσας από τον 4^ο έως τον 6^ο αιώ. μ.Χ. περί το 1 - 1,20 μ.

-Οι κτιριακές κατασκευές στον όρμο Αγ. Γεωργίου Βόλου, με λείψανα τοιχοποιϊας που χρονολογούνται στα κλασικά - Ελληνιστικά χρόνια, που συνεχίζονται και μέσα στη θάλασσα (σε βάθος 86 cm) και ορισμένα καλύπτονται με beachrocks.

-Το καταβυθισμένο τμήμα της αρχαιολογικής θέσης Μάνικας στην Εύβοια (ΠΕΙΙ)

-Επίσης οι αρχαιολογικές θέσεις στον κόλπο Μπάγια (Gulf of Baya) στην Ιταλία και οι Αλιείς (4^{ος} π.Χ. αιώ.), η νεολιθική θέση αγ.Πέτρος στις Σποράδες¹²⁹, η Φεία στην Πελοπόννησο, η Παλαιόπολη Άνδρου κ.ά.

- Στη Β.Ιταλία η βυθισμένη αρχαιολογική θέση στον κόλπο Μπάγια στη Νάπολη¹³⁰
κ.ά.

Τα καταβυθισμένα ταφικά μνημεία.

α) Byzantine Simena, Kalekoy στην Τουρκία.

β) Στις Αλυκές Βόλου, μεγάλος αριθμός παλαιοχριστιανικών τάφων που βρίσκονται λίγο πιο ψηλά από τη στάθμη της θάλασσας (Αρβανιτόπουλος, 1928).

γ) Στα Πευκάκια Βόλου, οι τάφοι από την εποχή του Χαλκού έως και την Παλαιοχριστιανική περίοδο, οι οποίοι έχουν αποκαλυφθεί από τη θαλάσσια διάβρωση και τμήμα του παράκτιου τείχους που έχει επίσης διαβρωθεί από τη θάλασσα (Αρβανιτόπουλος, 1928). κ.ά.

¹²⁹ N. Efstratiou, Agios Petros. A Neolithic Site in the Northern Sporades: Aegean Relationships during the Neolithic of the 5th Millennium. BAR International Series 241. (Oxford 1985).

¹³⁰ Paoletti – M. Secomandi – M. Piromallo – F. Giordano – M. Fedi – A. Rapolla, Magnetic Survey at the Submerged Archaeological Site of Baia, Naples, Southern Italy, Archaeological Prospection 12, 2005, 51-59.

Καταβυθισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις στην αρχαία Μεσόγειο¹³¹: (Βλ. και παράρτημα στο τέλος)

Τα προϊστορικά λιμάνια της νήσου Κρήτης (Κομμός, Νίρου Χάνι, Γουρνιά, Κατσαμπάς-Πόρος, Πλάκας Χανίων κ.ά.)¹³² και Κόρφου¹³³ στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Στην ιστορική περίοδο¹³⁴, στην Ερέτρια σε βάθος 86 cm περίπου έχει εντοπισθεί ο ελληνιστικός βραχίονας (Καμπούρογλου, 1989), ενώ στη Σκάλα Ωρωπού, ο βυθισμένος λιμενοβραχίονας του ιερού λιμένα του Δελφινίου (Ζαμάνη, 1990), το πολεμικό λιμάνι της Δημητριάδος (Βόλου, Αρβανιτόπουλος, 1928) που δείχνουν ότι

¹³¹ On a synthesis on Ancient harbours in the Mediterranean, see Blackman 1982, and latest Blackman 2008. On a general synthesis of Greek harbours of the Aegean, see Baika 2010; See also Lehmann-Hartleben 1923, still valid for a certain number of sites, especially for ancient harbour-cities today overbuilt.

ΚΑΙ

BLACKMAN, D.J. 1982, Ancient Harbours in the Mediterranean, Part 1, *JNA* 11.2, 79-104; Part 2, *JNA* 11. 3, 185-211.

¹³² J. W. Shaw, Kommos: A Minoan harbor town and Greek snactuary in Southern Crete (Princeton 2006); N. Dimopoulou-Rethemiotaki, *Συμπληρωματικά στοιχεία για την Πόξιν-Καηζακιά*, in: G. Cadogan – E. Hatzaki – A. Vasilakis (eds.), *Knossos: Palace, City, State*, BSA Studies 12 (London 2004) 363-380; L.V. Watrous, The Harbor Complex at Gournia, *AJA* 116, 2012, 521-542. ΚΑΙ

S. Chryssoulaki, The Imaginary Navy of Minoan Crete: Rocky Coasts and Probable Harbours, in: R. Laffineur - E. Greco (eds.), *Emporia. Aegeans in the Central and Eastern Mediterranean*. Aegaeum 25 (Liège 2005) 77-89; V. Sturmer, Zur Organisation minoischer hafenanlagen, in: P. Darque – R. Treuil (eds.), *L'Habitat égéen préhistorique*, BCH Suppl. 19 (Paris 1990), 413-420; P.P. Betancourt, Pseira and Knossos: The Transformation of an East Cretan Seaport, in: L.P. Day, M.S. Mook – J.D. Muhly (eds.), *Crete Beyond the Palaces: Proceedings of the Crete 2000 Conference* (Philadelphia 2004) 21-28; L.V. Watrous, Harbors as Agents of Social Change in Ancient Crete, in: P.P. Betancourdt, M.C. Nelson – H. Williams (eds.), *Krinoi kai Limenes: Studies in Honor of Joseph and Maria Shaw* (Philadelphia 2007) 101

ΚΑΙ

At Ag. Ioannou Kapetanianon: E. Hadjidaki, *Νομοί Χανίων*, Ηρακλείου, *ADelt* 54, 1999, B2, 1017-1019; E. Hadjidaki, A possible Minoan harbour on South Crete, in: L.P. Day – M.S. Mook – J.D. Muhly (eds.), *Crete Beyond the Palaces: Proceedings of the Crete 2000 Conference* (Philadelphia 2004) 53-60.

¹³³ Andreadaki-Vlazaki 2012, 388, fig. 6; Tartaron et al. 2011; P. Dao, *Marine Geophysical and Geomorphic Survey of Submerged Bronze Age Shorelines and Anchorage Sites at Kalamianos* (Korphos, Greece) (MA Thesis, McMaster University 2011).

¹³⁴ Για την αρχαϊκή περίοδο On Archaic navies: P. de Souza, *Towards Thalassocracy? Archaic Naval Developments*, in: N. Fisher - H. van Wees (eds.), *Archaic Greece, New Interpretations and New Evidence*. London, 271-93; de Souza, P. 1998; L. Scott, *Were there polis navies in Archaic Greece?* In: G. J. Oliver – R. Brock – T.J. Cornell - S. Hodkinson, *The Sea in Antiquity*. *BAR IS* 899, 2000, 93-110. On potential Archaic naval facilities, especially naval arsenals: Baika 2006; On fortification of Archaic harbours: Frederiksen 2011.

η μεταβολή του σχετικού θαλάσσιου επιπέδου για τα 2.400 χρόνια κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 2 μ.¹³⁵ (Καμπούρογλου, 1990)

Άλλες θέσεις (σύμφωνα με στοιχεία που προέρχονται από το «Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα», Κωνσταντινούπολη “Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece” (Μπάϊκα, Istanbul, 2011), και από το Κ. Βαϊκα, Greek harbours of the Aegean, in the D.J.Blackmann “Ancient harbours in the Mediterranean Part ½, IJNA and underwater exploration, Barcelona 1982.Βλ. και παράρτημα στο τέλος),

όπου έχουν βρεθεί λιμενικές ναυτικές υποδομές είναι οι : Caesaria Maritima¹³⁶(1^ο π.Χ. αι.στο Ισραήλ), Portus Julii¹³⁷ στη Ρώμη¹³⁸, Αμαθούντας (στην Κύπρο)¹³⁹, Leptis Magna (1^{ος} αιώ. μ.Χ. Απολλωνία Λιβύης-Εικ.13-), Κύζικος και Βυζάντιο στο Βόσπορο , Κέρκυρα ¹⁴⁰ (το πολεμικό λιμάνι), Περαχώρα (Σπάρτη)¹⁴¹, Πλίτρα Λακωνίας¹⁴², Μεθώνη¹⁴³, Κορώνη, Ανακτόριον, Κόρινθος (Κεγχρεαί

¹³⁵Ε. Καμπούρογλου, «Η γεωμορφολογική εξέλιξη του κόλπου του Βόλου από τη Νεολιθική εποχή μέχρι σήμερα», 1990 σελ. 41, Θεσσαλία, δεκαπέντε χρόνια αρχαιολογικής έρευνας, 1975 - 1990, Αποτελέσματα και προοπτικές Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου, Λυών 1990, τ. Α΄.

¹³⁶J. I. Boyce - E. G. Reinhardt - B. N. Goodman, Magnetic detection of ship ballast deposits and anchorage sites in King Herod's Roman harbour, Caesarea Maritima, Israel, JASc 36.7, 2009, 1516-1526.ΚΑΙ

RABAN, A., HOLUM, K.G. (eds.) 1996, CaesareaMaritima: Retrospective after Two Millennia, Leiden, NY, Köln, 53-64.

¹³⁷ BRANDON, Ch. J., HOHLFELDER, R.L., OLESON, J.P. 2008, The Concrete Construction of the Roman Harbours of Baiae and Portus Iulius, Italy: The ROMACONS 2006 field season, IJNA 32.2, 374-379.

¹³⁸ KEAY, S. MILLETT, M. PAROLI, L. PATTERSON, H., STRUTT, K. 2006, Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome 1998-2001, Rome.

¹³⁹RABAN, A. 1995, The Heritage of Ancient Harbour Engineering in Cyprus and the Levant, in Karageorghis, V., Michaelides, E. (eds.), Cyprus and the Sea, Proceedings of the International Symposium, Nicosia, 139-88.

¹⁴⁰ Baika 2013d K. Baika, Corcyra, in: Blackman - Rankov et al. 2013.

¹⁴¹ D. Blackman, The harbour at Perachora, BSA 61, 1966, 191-194.

¹⁴²E. Hadjidaki – N. Lianos – M. Edwards, A preliminary report on an underwater survey at Plitra, south Laconia, Greece 1980, IntJNautA 14.3, 1985, 227-236.

¹⁴³ J. C. Kraft - S. E. Aschenbrenner S. E.,

Paleogeographic Reconstructions in the Methoni Embayment in Greece, JFieldA 4.1, 1977, 19-44; Λιανός Ν., Μελέτη στα Αρχαία Λιμενικά Έργα της Μεθώνης (Study of the ancient harbour works of Methoni), Αναστήλωση-Συντήρηση-Προστασία Μνημείων και Συνόλων 2 (Athens 1987) 129-135; Η. Σπονδύλης, Συμβολή στη μελέτη διαμόρφωσης των ακτών με βάση τον εντοπισμό νέων αρχαιολογικών θέσεων

¹⁴⁴, Λέχαιον¹⁴⁵), Αλιείς (Πόρτο Χέλι)¹⁴⁶, Ραμνούς¹⁴⁷, Αιγείρα¹⁴⁸, Ανθηδόνα¹⁴⁹, Αίγινα¹⁵⁰, Πειραιάς¹⁵¹ (Ζέα¹⁵² -Εικ.7-, Κάνθαρος, Μουνιχία), Γύθειο¹⁵³, Κέα¹⁵⁴,

(Contribution to the study of coastal formation in relation to the location of new archaeological sites), *Ενάλια* IV, 1996: 30-37.

73 By the Ephorate of Underwater Antiquities. Andreadaki-Vlazaki 2012, 389.

¹⁴⁴ University of Chicago and Indiana: R. Scranton – J.W. Shaw, Kenchrai: Eastern port of Corinth: Topography and architecture (Leiden 1978); Rothaus et al. 2008.

KAI

SCRANTON R.L., SHAW J.W., IBRAHIM L. 1978, Kenchrai: Eastern port of Corinth, I.

Topography and Architecture, Leiden.

¹⁴⁵ C. Morhange – P. A. Pirazzoli – N. Evelpidou – N. Marriner, Late Holocene Tectonic Uplift and the Silting up of Lechaion, the Western Harbor of Ancient Corinth, Greece, *Geoarchaeology* 27, 2012, 278-283.

¹⁴⁶ M. H. Jameson, Excavations in Porto Cheli and Vicinity, Preliminary. Report I: Halieis 1962-1968, *Hesperia* 38, 1969, 311-342; M.H. Jameson, Halieis at Porto Cheli, in: D. Blackman (ed.), *Marine Archaeology*, Colston Papers, v. 23, 1971, 219-229; Interpretation contested by J.F. Frost, The harbour at Halieis, in: A. Raban (ed.), *Harbour Archaeology. Proceedings of the International Workshop on ancient Mediterranean harbours*, Caesarea Maritima 24-28.6.83, University of Haifa, Bar International Series 257 (Oxford 1985).

¹⁴⁷ Directed by V. Petrakos and D.J. Blackman in collaboration with the Ephorate of Underwater Antiquities, the University of Athens, the Charokopeion University, the Hellenic Center of Marine Research, among others; Blackman et al. 2005; B. Πετράκος, Ραμνούς *Ergon*, 24-25.

B. Πετράκος, Ραμνούς, *Ergon* 2010, 13.

¹⁴⁸ S.C. Stiros, Archaeological Evidence for Unusually Rapid Holocene Uplift Rates in an Active Normal Faulting Terrain: Roman Harbor of Aigeira, Gulf of Corinth, Greece, *Geoarchaeology* 13.7, 1998, 731-741; S. Papageorgiou – M. Arnold – J. Laborel – S. Stiros, Seismic uplift of the harbour of ancient Aigeira, Central Greece, *IntJNautA* 22.3, 1993, 275-281; cf. S. Kershawa – L. Guob – J. Bragac J., A Holocene coral-algal reef at Mavra Litharia, Gulf of Corinth, Greece: structure, history, and applications in relative sea-level change, *Marine Geology* 215, 2005, 171.

¹⁴⁹ D.J. Blackman - J. Schäfer - H. Schläger, Un port de la basse époque romaine en Grèce centrale', *Archéologie* 17, 13-17; H. Schläger – D.J. Blackman – J. Schäfer, Der Hafen von Anhedon mit Beiträgen zur Topographie und Geschichte der Stadt, *AA* 1, 1968.

¹⁵⁰ On the harbours and shipsheds: P. Knoblauch, Neuere Untersuchungen an den Häfen von Ägina, *BJ* 169, 1969, 104–16; Knoblauch 1972

¹⁵¹ STEINHAEUER, G.A. 2000, Ancient Piraeus: The city of Themistocle and Ippodamus, in Steinhauser, G.A., Malikouti, M.G., Tsokopoulos, B., Piraeus, Centre of Shipping and Culture, Athens, 9-123 (in greek)

¹⁵² Lovén 2012

B. Lovén, The Ancient Harbours of the Piraeus. Volume I.1, The Zea Shipsheds and Slipways: Architecture and Topography, Monographs of the Danish Institute at Athens 15 (Athens 2012).

¹⁵³ N. Scoufopoulos – H. Edgerton, Sonar research at Gytheion harbor, *AAA* V, 1972, 202-

¹⁵⁴ Η. Σπονδύλης, Ένα βυθισμένο λιμενικό έργο Κέας' (A submerged harbourwork in Otzia Bay, Kea), in: Α. Γ. Μελδώνη - Α. Η. Μαζαράκης *Αιτιά* (επιμ.), Κέα - Κύθνο: Ιστορία και αρχαιολογία, Πρακτικά Διεθνούς Συμποσίου 22-25 Ιουνίου 1994 (Αθήνα 1998) 699-712. L. G. Mendoni – N. D. Mourtzas, Παλαιομορφολογική αναπαράσταση του όρμου Πόλεως : Μία πρώτη προσέγγιση του λιμανιού της αρχαίας Καρθαίας (Palaeogeomorphological reconstruction of the bay of Poles: A first approach to the harbour of ancient Karthaia), *Archaiongnosia* 1985-6 [1989], 127-39; L. G. Mendoni – N. D. Mourtzas, An archaeological approach to coastal sites: The example of the ancient harbor of Karthaia, *Parnassos* 22, 1990, 387.

Πάρος¹⁵⁵, Κύθνος¹⁵⁶, Παλαιόπολη (Άνδρος), Κυλλήνη (Εικ.9,10), Κως¹⁵⁷, Ρόδος¹⁵⁸,
 Θάσος¹⁵⁹, Λέσβος¹⁶⁰, Μηκυβέρνα (Όλυνθος)¹⁶¹, Λήμνος¹⁶², Σάμος¹⁶³(Πυθαγόρειο)
 , Χίος, Σμύρνη,



¹⁵⁵ Η. Κραουνάκη – Γ. Κουρκουμέλη, Παρικοιά, ADelt 55, 2000, B2: 1213-1215.

¹⁵⁶ Directed by A. Mazarakis-Ainian and D. Kourkoumelis. A. Mazarakis-Ainian – D. Kourkoumelis- E. Charalabidou, E, (*forthcoming*), ‘Maritime Archaeological Research in the Ancient Harbour of Kythnos (Cyclades), H. Tzalas (ed), *Tropis X, Hydra 2008*;

¹⁵⁷ M. Segre (1993) *Iscrizioni di Cos*. 1. Testa, 2. Tavole (Rome 1993), 121, ED 178 b(A) 2-5; R. Parker, The cult of Aphrodite Pandamos and Pontia on Kos’, in: H. F. J. Horstmanshoff et al. (eds), *Kykeon: Studies in honor of H. S. Versnel* (Leiden 2002) 143-60; R. Parker – D. Obbink, Sales of priesthoods on Kos, I, *Chiron* 30, 2000, 415-49; See also C. Bouras, 2008. *L’espace maritime égéen à l’époque impériale*. (Ph.D.diss. University of Strasbourg/University of Ioannina 2008) 83-95. KAI K. Baika, Kos, in Blackman - Rankov et al. 2013, with bibliography; Brouskari 2004.

KAI

Fortification sections enclosing the harbour area: Brouskari 2004, plan 1, 1 and 8 (points of connection); Morricone 1950, 60-2.

¹⁵⁸ On harbours’ fortification with previous bibliography, see Filimonos-Tsopotou 2004; On new discoveries, see latest, K. Manousou-Della, *The Coastal Fortification and Harbours of Rhodos town*, DeltChrA 2009, 67-80 (in Greek).

¹⁵⁹ Ecole Francaise d’Athènes and Ephorate of Underwater Antiquities. A. Archontidou-Argyri – A. Simossi – J.-Y. Empereur, The underwater excavation at the ancient port of Thasos, Greece, *IntJNautA* 18.1, 1989, 51-9; Grandjean - Salviat 2000, 52-7

¹⁶⁰ Theodoulou 2008, *forthcoming*

Th. Theodoulou, The harbour network of ancient Lesvos. First step of an underwater approach, in: H. Tzalas (ed.), *Tropis X*. 10th International symposium on ship construction in antiquity, Hellenic Institute for the Preservation of Nautical Tradition, Hydra, 28 Aug.-2 Sept. 2008.

¹⁶¹ Φ. Κ. Χανιώτης, Νέα στοιχεία για τη Μηκυβέρνα, το επίνειο της αρχαίας Ολύνθου, *AAA YYH*, 1998, 102-110.

¹⁶² Α. Σίμωση, Νοτιοδυτική Λήμνος, όρμος Θάνος, *A Delt*, 1995, 850.

¹⁶³ Α. Σίμωση, Ο ‘Κλειστός’ πολεμικός λιμένας της Σάμου. Ομοιότητες και συγκρίσεις με άλλα παραδείγματα κλειστών πολεμικών λιμένων της Μεσογείου (Samos/ Athens 2009).

Εικ. 7. Ζέα. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» ,2017-8.



Εικ. 8. Σούνιο. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb, «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.

Έφεσος¹⁶⁴, Μίλητος, Μύνδος, Κνίδος, Αλικαρνασσός, Καύνος , Δημητριάδα¹⁶⁵(το πολεμικό λιμάνι της Δημητριάδα /Αρβανιτόπουλος, 1928 της κλασικής και ελληνιστικής περιόδου), Marseille, Ampurias, Καρχηδών (Carthage)¹⁶⁶ , Αλεξάνδρεια, Rome, Ostia, Puteoli, Σιδώνα, Καισάρεια, Τύρος, Μίλητος, Μπάγια Νάπολη (3rd - 2nd αιώ. π.Χ.), κ.ά.

¹⁶⁴ KRAFT, J.C., BÜCKNER, H., KAYAN, I., ENGELMANNH. 2006, The geographies of ancient Ephesus and theArtemision in Anatolia, Geoarchaeology 22.1, 121-149.

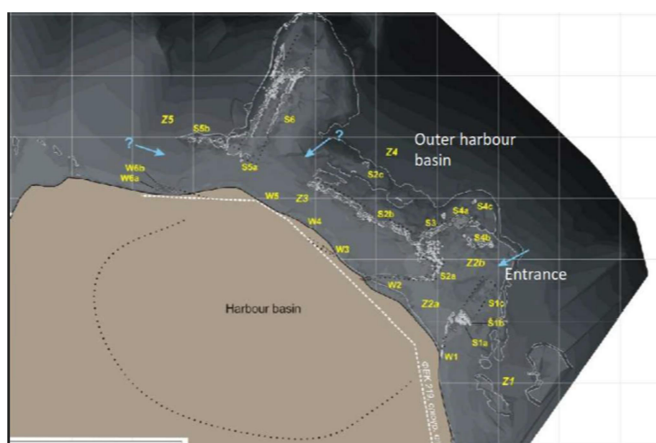
¹⁶⁵ P. Marzolff, Der Palast von Demetrias, in: Basileia: Die Paläste der Hellenistischen Könige (Mainz 1999) 148-63, 149 Abb. 1: *basileia* quarters in the urban plan; 150 Abb. 2: Plan of the *anaktoron*.

¹⁶⁶HURST, H. 1994, Excavations at Carthage: the BritishMission, Vol. II, 1: The Circular Harbour, North Side.The Site and Finds other that Pottery, British AcademyMonographs in Archaeology 4, Oxford.

Το εσωτερικό κυκλικό λιμάνι της ελληνιστικής Καρχηδόνας του 2^{ου} αιώ. π.Χ. (Appian, Lyb. 96).



Εικ. 9. Κυλλήνη, η θέση του αρχαίου λιμανιού . Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» ,2017-8.



Εικ. 10. Κυλλήνη . Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» ,2017-8.

Οι Νεώσοικοι της Αρχαίας Μεσογείου¹⁶⁷ (όπως επιβεβαιώνονται μέσα από τα αρχαιολογικά και τα φιλολογικά δεδομένα), οι οποίοι έχουν εντοπιστεί στις θέσεις : Παντικάπειον (στη Μαύρη Θάλασσα), Βυζάντιο, Κύζικος, Άβδηρα, Θάσος, Μασσαλία, Καρχηδών, Πτολεμαΐς, Apollonia Cyrenaica (όπου και ράμπες ανέλκυσης), Αλεξάνδρεια¹⁶⁸ (στη Β. Αφρική), Syracusae (στη Σικελία),

¹⁶⁷ ΒΑΙΚΑ, Κ. 2003, NEWSOΙΚΟΙ. Installations navalemilitaires en Méditerranée de l'époque archaïque à l'époque hellénistique. Les neoria de Corcyre, Thèse Paris I.

Βύβλος¹⁶⁹, Τύρος, Σιδών (στα παράλια της Ασιατικής ακτής)
Πάφος, Κίτιον, Σαλαμίς, Καρπασσία, Λάπιθος (στην Κύπρο)
Ρέθυμνο, Μάλλια, Τρυπητή, Μάταλλα (στην Κρήτη),
Αντικύθηρα, Κέρκυρα¹⁷⁰, Κέα, Αίγινα, Ζέα-Πειραιάς, Σούνιο (Εικ.8), Πάρος, Κως
κ.ά. (Κ. Μπάϊκα, bbb 2017-8)

Δύο χερσαία παραδείγματα

Το αρχαίο λιμάνι των Οινιάδων¹⁷¹ (Εικ.11,12): Βρίσκονταν στην παράκτια ζώνη ή ήταν νησί.¹⁷² Τώρα βρίσκεται στο κέντρο του κάμπου, σε απόσταση 15 km από την ακτογραμμή, με φερτά υλικά, με προσχώσεις του ποταμού Αχελώου (γύρω από τις Οινιάδες). Μεταξύ των Οινιάδων και της ακτογραμμής παρεμβάλλονται καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

¹⁶⁸ Το αρχαίο λιμάνι της *Αλεξάνδρειας* (ελληνιστικό λιμάνι) βρίσκεται 8 μ. χαμηλότερα από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας. Η νησίδα μπροστά από αυτό λειτουργούσε ως κυματοθραύστης. Στη συγκεκριμένη νησίδα, τα μεταγενέστερα χρόνια ναυάγησαν αρκετά πλοία.

¹⁶⁹ **Βύβλος:** Βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Λιβάνου, με συνεχή κατοίκηση στα 6.000 χρόνια. Υπήρχε στενή εμπορική σχέση με την Αίγυπτο. Γινόταν μεταφορά κέδρων από τα βουνά της Βύβλου στο λιμάνι και από εκεί φορτώνονταν σε πλοία που παρέμεναν στο αγκυροβόλιο (ρηχής θάλασσας, ανοικτά της Βύβλου έως τη φόρτωση των κέδρων). Για την έρευνα εντοπισμού του αρχαίου (Φοινικικού) λιμανιού της Βύβλου έγινε ανάπλαση του παράκτιου περιβάλλοντος και χρησιμοποιήθηκαν GPS, ηχοβολιστής και τομογράφος. Το αρχαίο λιμάνι βρισκόταν δίπλα στο *Mei Jamin*, που το προστάτευε από τους ανέμους. Μέρος του έχει καλυφθεί από τις προσχώσεις. Τα τρία λιμάνια ανοικτά της πόλης βρίσκονταν σε βάθος 25, 28, 31 μ. και αποτελούσαν τα πιθανά αγκυροβόλια.

¹⁷⁰ ΒΑΙΚΑ, Κ. 2003, NEWSOIKOI. Installations navalemilitaires en Méditerranée de l'époque archaïque à l'époque hellénistique. Les neoria de Corcyre, Thèse Paris I.

¹⁷¹ J.M. Sears, Oiniadai VI. The ship-sheds, *AJA* 8, 1904, 227–37; L. Kolonas, Ανασκαφή Οινιάδων : τα νεώρια (Excavation at Oiniades: the shipsheds), *Archaiognosia* 6, 1989-90, 153–9; L. Kolonas, Οινιάδες (Oiniades), *ADelt* 46, 1991 [1996] B1: 164–6; L. Kolonas, Οινιάδες. Νεώρια Οινιάδων (Oiniades. Shipsheds at Oiniades), *ADelt* 47, 1992 [1997], B1, 148; L. Kolonas, Οινιάδες (Oiniades), *ADelt* 50, 1995 [2000], B1, 239–40.

¹⁷² Σύμφωνα με τις γεωτρήσεις, λήψη πυρήνων (όπου προσδιορίστηκαν θαλάσσια ιζήματα) και τα αρχαιολογικά δεδομένα (οι νεώσοικοι και οι λιμενικές εγκαταστάσεις).



Εικ.11. Στη δορυφορική φωτογραφία η αρχαιολογική θέση των Οινιάδων εντοπίζεται στο σημείο με κόκκινο χρώμα. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.



Εικ.12. Η αρχαιολογική θέση των Οινιάδων. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

Στη Φαλάσσαρνα, το αρχαίο λιμάνι το οποίο λόγω τού σεισμικού συμβάντος το 365 μ.Χ., ανέβηκε 6,5 μ. πάνω από την σημερινή στάθμη της θάλασσας, οι πρόσφατες ανασκαφές αποκάλυψαν αποβάθρες, λιμενικές εγκαταστάσεις γενικότερα, αποθήκες, εργαστήρια.

Έχουν γίνει γεωαρχαιολογικές μελέτες επίσης στις Μεσογειακές θέσεις: Marseille, Ampurias, Rome, Apollonia, , Δήλος¹⁷³, Σούνιο (ναυτικός σταθμός/Εικ.6)¹⁷⁴, Κυλλήνη¹⁷⁵(Εικ.8,9), Αβδηρα¹⁷⁶ κ.α.



Εικ. 13. Leptis Magna και Apollonia (Λιβύη). Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

¹⁷³ DUCHENE, H., FRAISSE, Ph. 2001, Le paysageportuaire de la Délos antique, Paris.

ΚΑΙ

DESRUJELLES, S., FOUACHE, É., DALONGEVILLE, R., PAVLOPOULOS, K., PEULVAST, J., COQUINOT, Y., POTDEVIN, J. HASENOHR, C. BRUNET, M., MATHIEU, R., NICOT, É. 2007, Sea-level changes and shoreline reconstruction in the ancient city of Delos (Cyclades, Greece), *Geodinamica Acta* 20.4, 231-239.

¹⁷⁴ K. Baika, Cape Sounion and naval stations of the Athenian empire against sea-raiding, in: M. Reinfeld (ed.), *Archäologie im Mittelmeer. Auf der Suche nach verlorenen Schiffswracks und vergessenen Häfen*, forthcoming

Σούνιο: Ερείπια του 5^{ου} αι. με καταβύθιση 2,5 μ.

¹⁷⁵ The Kyllene Harbour Project is a joint project of the Finnish Archaeological Institute at Athens and the Ephorate of Underwater Antiquities (Hellenic Ministry of Culture); it is conducted in collaboration with the University of the Peloponnese and the Laboratory of Marine Geology and Physical Oceanography, Department of Geology, University of Patras, and the Institute of Geography, University of Mainz.

¹⁷⁶ Χ.Σαμίου , Αβδηρα 1993, *ADelt.* 48, 1993, 585-586; Χ. Σαμίου , Αβδηρα 1994, *ADelt.* 49, 1994, 855. W. Hoepfner – E. L. Schwandner (eds.), *Haus und Stadt im Klassischen Griechenland²* (Munich 2004) 180-3; C. Samiou, Ancient ports in Aegean Thrace, in: H. Tzalas (ed.), *Tropis V. 5th International Symposium on Ship Construction in Antiquity, Nauplia 1993 (Athens 1999)* 363.

«Η ύπαρξη βυθισμένων αρχαιολογικών λειψάνων σε διάφορες θέσεις αποδεικνύει την άνοδο του σχετικού θαλάσσιου επιπέδου μέσα στα ιστορικά χρόνια. Συγκεκριμένα, από τον 8^ο αιώ. π.Χ. μέχρι σήμερα, η στάθμη της θάλασσας έχει ανέλθει στα 2 μ.» (Καμπούρογλου, 1990).

«Η παλαιογεωγραφία λιμένων και παράκτιων θέσεων, βοηθά στην ανάπλαση της γεωλογικής ιστορίας ενός λιμανιού και του παράκτιου χώρου (χωρίς να προβούμε σε εκτεταμένη ενάλια / χερσαία ανασκαφή).» (Μπάϊκα 2008, 2009 / Blackman 2008)

Ως δείκτες σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας (σχετικής στάθμης με ακριβή χρονολόγηση) μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα για τη χρονολόγηση γεωλογικών φαινομένων.

«Οι αρχαίοι λιμένες μπορούν να θεωρηθούν ως πηγή πληροφοριών, όπου αποτυπώνονται γεωλογικά συμβάντα του φυσικού περιβάλλοντος αλλά και των ανθρώπινων παρεμβάσεων» (ό.π.)¹⁷⁷.

Επίσης «...στα επιχωμένα λιμάνια, ο σημαντικότερος ερευνητικός στόχος είναι, κατά προτεραιότητα, η παλαιογεωγραφική ανάπλαση και μελέτη της σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας». (ό.π.)¹⁷⁸

«Η μεθοδολογία της αρχαιομετρικής προσέγγισης περιλαμβάνει αρχαιολογική και ιστορική έρευνα, θαλάσσια και παράκτια γεωφυσική διασκόπηση, μελέτες γεωμορφολογίας (μελέτη σχετικής αλλαγής στάθμης της θάλασσας, βιολογικοί δείκτες κ.λπ., αρχαιοσεισμολογία κ.ά.) (Μπάϊκα, 2010).¹⁷⁹

(ii) .

Πιο συγκεκριμένα η ενάλια αρχαιολογική ανασκαφή (από το bbb «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», Κ.Μπάϊκα 2017-8) περιλαμβάνει:

¹⁷⁷ Μπάϊκα 2008, 2009 / Blackman 2008.

¹⁷⁸ Μπάϊκα 2008, 2009 / Blackman 2008.

¹⁷⁹ Μπάϊκα, Αρχαιομετρικές προσεγγίσεις στην ενάλια αρχαιολογία, 2010, σσ. 38 - 55.

- υποθαλάσσια ή επιφανειακή έρευνα.
- Γεωφυσική διασκόπηση.

Η ανασκαφή μπορεί να είναι:

- εντατική ή εκτενής έρευνα.
- Σωστική ή συστηματική έρευνα.

Ο εντοπισμός γίνεται με:

- Έρευνα από τον αέρα και το διάστημα.
 - 1 αεροφωτογράφιση. (Εικ.14)
 - 2 τηλεπισκόπηση ραντάρ και δορυφόρους¹⁸⁰.
- Έρευνα επιφανείας (Surface Survey / Survey).
- Έρευνα υπεδάφους, υπεδάφους πυθμένα.
- Μπορεί να γίνει, επίσης, από κινητά ευρήματα ή οργανικά κατάλοιπα.



Εικ. 14. Αεροφωτογραφία. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8.

¹⁸⁰ Γί αυτό γίνεται χρήση ναυτικών χαρτών της υδρογραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Ναυτικού).

Επιτόπια έρευνα.

A. Προσδιορισμός θέσης (position fixing). B. Τεχνικές επιφανειακής έρευνας με οπτικά μέσα. Γ. GPS¹⁸¹.

Σύμφωνα με την Κ.Μπάϊκα (bβb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»), η μέθοδος θαλάσσιας επιφανειακής έρευνας με οπτικά μέσα συνίσταται σε:

«A. Στη ρυμουλκούμενη έρευνα, κατά την οποία ο δύτες σε έλκηθρο (σε σκάφος 2 - 3 κόμβων), κινείται με μικρή ταχύτητα ενός κόμβου, καλύπτει 30 μ. το λεπτό, για αποτελεσματικότερη έρευνα.¹⁸²

Όταν καλύπτονται μεγαλύτερες περιοχές γίνεται λιγότερο λεπτομερής έρευνα.

Η ομάδα στο σκάφος σχεδιάζει και καταγράφει τις παρατηρήσεις του δύτε.

B. Στην έρευνα σε ευθεία γραμμή, όπου οι δύτες παρατάσσονται σε ευθεία γραμμή και γίνεται καταγραφή αντικειμένων

Στη συνέχεια γίνεται διάγραμμα και δημιουργείται αρχείο για την περιοχή που ερευνάται.

Γ. Στην έρευνα σε διάδρομο (Jackstay), όπου χρησιμοποιούνται σηματήρες επιφανείας, βαρίδια, σχοινιά ή νήματα. Για τη συνολική κάλυψη μιάς περιοχής, απαιτείται περισσότερη οργάνωση.

Συνήθως γίνεται χρήση δύο παράλληλων οριζοντίων νημάτων (με απόσταση 10 - 15 μ. μεταξύ τους) και το νήμα κάθετα σε διάφορες βαθμίδες (2 - 8 μ.), ενώ οι δύτες βρίσκονται σε οπτική επαφή.

Δ. Στην κυκλική έρευνα, η οποία περιλαμβάνει περιστροφική έρευνα, γύρω από κάθετο νήμα για πυθμένες χαμηλής ορατότητας, ενώ χρησιμοποιείται η

¹⁸¹ Στην υποβρύχια έρευνα και ανασκαφή, βοηθούν οι ναυτικοί χάρτες (της υδρογραφικής υπηρεσίας στρατού), δορυφορικές φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες, αρχαιολογικό υλικό, η τοπογράφηση με ηλεκτρονικό θεοδόλιχο, ο προσδιορισμός της θέσεως με GPS (Geographical Positioning System, GIS (Geographical Information System), συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (όπου γίνεται διαχείριση γραφικών - χωρικών δεδομένων και πινάκων - περιγραφικών δεδομένων).

¹⁸² Κάλυψη μεγαλύτερων περιοχών είναι λιγότερο λεπτομερής έρευνα.

δειγματοληπτική ανέλκυση αντικειμένων.»(Κ. Μπάϊκα/ bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»)

Υποθαλάσσια γεωμορφολογική έρευνα.

Σύμφωνα με την Κ. Μπάϊκα (bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»),

«τα ηχοβολιστικά συστήματα /και οι τεχνικές μέθοδοι έρευνας γεωφυσικής διασκόπησης (θαλάσσιας γεωαρχαιολογίας-Εικ.18 -), για την παλαιογεωγραφική αναπαράσταση ακτών (και ναυαγίων),_είναι:

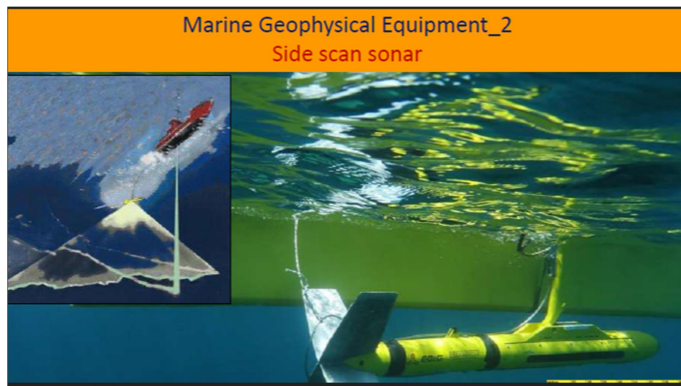
- *Side scan sonar* (ηχοβολιστικό πλευρικής σάρωσης-Εικ.15-) για την χαρτογράφηση του πυθμένα της θάλασσας και ανίχνευση υποβρυχίων αρχαιολογικών θέσεων.
- *Multi - beam* (πολυδεδσμικός ηχοβολιστής-Εικ.16-).
- *Sub - bottom profiler survey* (τομογράφος υποδομής πυθμένα-Εικ.17-), ηχοβολιστικό σύστημα που επιτρέπει διείσδυση στον πυθμένα της θάλασσας, που δίνει πληροφορίες για τη σύσταση του πυθμένα της θάλασσας και γίνεται εντοπισμός του θαμμένου αρχαιολογικού υλικού και των παλαιοακτών.

Ηλεκτρονικές τεχνικές.

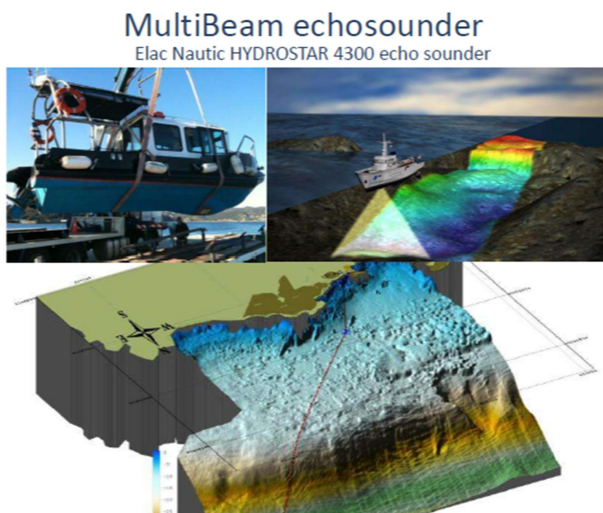
- *Μαγνητόμετρο (magnetometer)*, μέσω του οποίου γίνεται ανίχνευση στοιχείων με μαγνητικές ιδιότητες και ανίχνευση / χαρτογράφηση αρχαιολογικών θέσεων¹⁸³. Μέσω των μεθόδων αυτών, έχουν εντοπισθεί παράκτιες αρχαιολογικές θέσεις και ναυάγια (Cattewater, Plymouth U.K. - 16^{ος} μ.Χ. αιώ. / Catharina τοποθεσία Plymouth U.K.).

¹⁸³ γίνεται, εκτός από εντοπισμός αρχαιολογικών καταλοίπων της παράκτιας ζώνης (καταβυθισμένων οικισμών, καταβυθισμένων λιμανιών), εντοπισμός ναυαγίων κ.ά.

- Inhomar SBP Innomar SES - 2000 Sub - bottom profiler topside unit 2006». (ό.π.)¹⁸⁴



Εικ. 15. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.

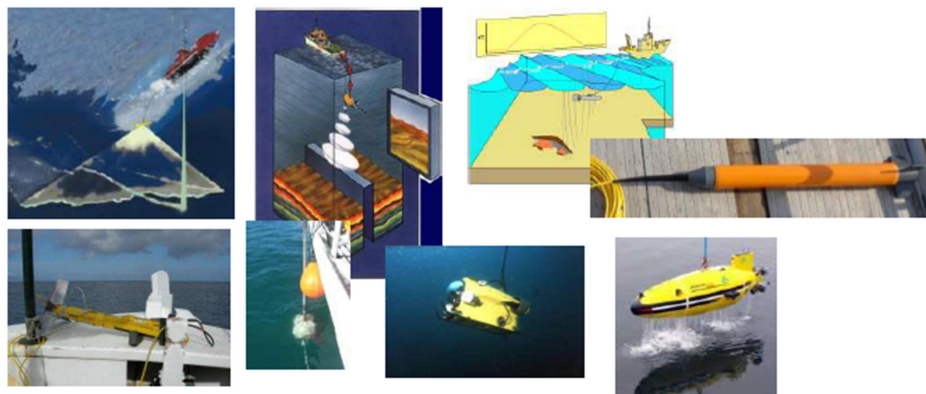


Εικ. 16. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.



¹⁸⁴ Κ. Μπάϊκα (bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες).

Εικ. 17. Τομογράφος υποδομής πυθμένα (sub bottom profiler). Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.



Εικ. 18 . Θαλάσσια γεωαρχαιολογία. Η χρήση της τεχνολογίας των επιστημών της θάλασσας. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8.

« Ακολουθεί σχεδίαση και τοπογράφηση της αρχαιολογικής θέσης.

- Κατασκευή γενικού τοπογραφικού σχεδίου.
 1. Όρια θέσης. 2. Φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά.
 3. Υψομετρικές καμπύλες και υψόμετρα.
- Σχεδίαση γενικού καννάβου
Σήμανση θέσης με χρήση σημείων από την ακτή.

Χρήση πυξίδας και τοπογράφηση θέσης με ηλεκτρονικό θεοδόλιχο από την ακτή (total - station).

Για τον προσδιορισμό θέσεων -όπως προαναφέρθηκε- χρησιμοποιείται GPS¹⁸⁵». (ό.π.)

« Συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών.

Μια οργανωμένη συλλογή από μηχανολογικό εξοπλισμό και προγράμματα, τα οποία, χρησιμοποιούμενα από εξειδικευμένο προσωπικό, έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

Συλλογή / Αποθήκευση / Επικαιροποίηση / Διαχείριση / Ανάλυση γεωγραφικής πληροφορίας.

Τεχνολογικός εξοπλισμός.

Σε μια ενάλια παράκτια αρχαιολογική έρευνα¹⁸⁶ χρησιμοποιούνται σκάφη υποστήριξης, πλατφόρμες κατάδυσης¹⁸⁷, στολές υγρού τύπου ημιστεγανές, στεγανές, συστήματα επικοινωνίας (μάσκες ενδοεπικοινωνίας για απευθείας σύνδεση), σταθμοί αποσυμπίεσης, αερογέφυρα, βαθυκόροι ύδατος (-Εικ.18- υποβρύχιες συσκευές αναρρόφησης για την αφαίρεση ιζήματος), ηλεκτρονικός θεοδόλιχος για την τοπογράφιση θέσεων από την ακτή (Εικ.19) κ.ά.

¹⁸⁵ Geographical Positioning System και GIS (Geographical Information Systems) συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Γίνεται διαχείριση γραφικών (χωρικών δεδομένων) και διαχείριση πινάκων (περιγραφικών δεδομένων). Γεωαναφευμένες αεροφωτογραφίες και άλλα δεδομένα από διαφορετικές χρονολογικές περιόδους πάνω σε δορυφορική φωτογραφία ή τοπογραφικό υπόβαθρο.

¹⁸⁶ σε βαθιές καταδύσεις και σε ναυάγια χρησιμοποιούνται σκάφη υποστήριξης, πλατφόρμες κατάδυσης, στολές υγρού τύπου ημιστεγανές, στεγανές, συστήματα επικοινωνίας [μάσκες ενδοεπικοινωνίας, απευθείας σύνδεση, (telephone booth), σταθμοί αποσυμπίεσης, αερογέφυρα, βαθυκόροι ύδατος (υποβρύχιες συσκευές αναρρόφησης για την αφαίρεση ιζήματος), βαθυσκάφη.

¹⁸⁷ Παλαιότερα οι βαθυσκοπικοί κώδωνες και σκάφανδρα κατά τον 17^ο - 18^ο αιώ. και αργότερα, στην εποχή μας, σύγχρονος εξοπλισμός, με τον αυτόνομο ρυθμιστή πίεσης (Cousteau - Gagnan το 1943)



Εικ. 19. Υποβρύχια συσκευή αναρρόφησης για την αφαίρεση ιζήματος. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» ,2017-8.



Εικ. 20. Η χρήση ηλεκτρονικού θεοδόλιχου από την ακτή. Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» , 2017-8.

Μεθοδολογία αρχαιολογικής ανασκαφής.

Γίνονται δοκιμαστικές τομές, τοπογραφική αποτύπωση (σύστημα κάθετου ορθογώνιου καννάβου).

Επίσης γίνεται μελέτη της στρωματογραφίας (της επάλληλης διάταξης των αποθέσεων ή στρωμάτων της διαστρωμάτωσης), που αποτελείται από στρώματα φυσικά (γεωλογικά) και πολιτισμικά (κλειστά ή διαταραγμένα).

Για την τεκμηρίωση της ανασκαφής γίνεται λεπτομερής καθημερινή καταγραφή της προόδου της ανασκαφής στο ημερολόγιο. Φωτογραφική κάλυψη της ανασκαφής (με φωτογραφίες και διαφάνειες), και πλήρης σχεδιαστική αποτύπωση του ανασκαπτόμενου χώρου : σχέδια ανασκαφής και κατάλογός τους.

Στο ημερολόγιο της ανασκαφής διατηρούνται πληροφορίες για τις συνθήκες (καιρικές, ανθρώπινο δυναμικό) / ονόματα και διαστάσεις ανασκαφικών τομών / περιγραφή αρχαιολογικών στρωμάτων / συσχέτιση ευρημάτων / περιγραφές κινητών ευρημάτων και προέλευση / σχέδια υπό κλίμακα / φωτογραφίες στρωμάτων in situ¹⁸⁸ (μπορεί να δίνει χρήση φωτογραφικού πύργου και αποτύπωση του φωτομωσαϊκού του αρχαιολογικού χώρου και φωτογραμμετρική αποτύπωση) / σχόλια, ερμηνείες, συμπεράσματα.» (Κ. Μπάϊκα , bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες).

«Ανέλκυση κινητών ευρημάτων και αντικειμένων.

Χρονολόγηση κινητών ευρημάτων.

Χρονολόγηση και σχεδίαση κεραμεικής, μελέτη τυπολογίας, μεταλλικά ευρήματα κ.ά.

Συντήρηση άνυδρων αντικειμένων.

Αρχαιομετρική προσέγγιση.

Γενικό αρχείο ανασκαφών και μετανασκαφική έρευνα.

«Ανάλυση τεχνικών έργων / επιστημονική ανάλυση / ιστορικό υλικό / συγκριτικές μελέτες.

Ερμηνευτική προσέγγιση αποτελεσμάτων και δημοσιεύσεις.

Τρόποι αρχαιομετρικών μετρήσεων. Ανάλυση - δειγματοληψία και δειγματοληπτικές ανελκύνσεις, π.χ. κεραμεικής (όπου γίνονται πετρογραφικές

¹⁸⁸ μπορεί να δίνει χρήση φωτογραφικού πύργου και αποτύπωση του φωτομωσαϊκού του αρχαιολογικού χώρου και φωτογραμμετρική αποτύπωση.

αναλύσεις, αναλύσεις περιεχομένου, χρονολόγηση με θερμοφωταύγεια κ.ά.)». (Κ. Μπάϊκα ,bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»).

Μπορεί επίσης να γίνει φασματοσκοπία υπερύθρου, αέρια χρωματογραφία, φασματομετρία μάζας, υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης, χημικές δοκιμασίες υγρής κηλίδας.

Άλλες αρχαιομετρικές μέθοδοι σε κεραμική, προκειμένου να προσδιορισθεί το περιεχόμενό τους, όπως είναι οι αναλύσεις DNA, δειγματοληψία ιζημάτων και ίλυοσκόπηση.» (Σύμφωνα με την Κ.Μπάϊκα /bbb 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συνοπτική παρουσίαση των δεικτών για τη μελέτη εξέλιξης της ακτογραμμής.

- «Χρονολογικές και γεωχρονολογικές μελέτες. Αναπαραστάσεις βάσει υδροστατικών μοντέλων.
- Μοντέλα βάσει ιζηματογενών αποθέσεων (*sedimentology evidence*).
 - α. *Corrosion - biocorrosion formes.*
 - β. *Οργανικές μορφές (vermetidia).*
- Γεωμορφολογία.
Κάθετες κινήσεις της ξηράς στην ακτογραμμή.
- Τεκτονικά φαινόμενα (*plate tectonics, isostasy*).
- Τοπικά τεκτονικά φαινόμενα (σεισμοί, ενεργά ρήγματα).
- Ηφαιστειακή δράση.
- Άλλες πηγές τοπικών κινήσεων.
- Αρχαιολογικά κατάλοιπα.»(Δερμιτζάκης, 1991)¹⁸⁹

Ως δείκτες σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας (σχετικής στάθμης με ακριβή χρονολόγηση) μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τη χρονολόγηση γεωλογικών φαινομένων.

¹⁸⁹ Ι. Δερμιτζάκης, διερευνώντας τη γη, Αθήνα 1991.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μια σύντομη αναφορά στις παγετώδεις / μεσοπαγετώδεις περιόδους.

(σύμφωνα με το bbb, Γ.Παπαθεοδώρου , 2017-8 «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες»).

Πριν από 15.000 - 18.000 έτη (ή 15-18 kyr) Π.Σ. η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 100 - 130 μ. χαμηλότερα από την σημερινή. Με την τήξη των μεγάλων ηπειρωτικών στρωμάτων πάγων, άρχισε να ανεβαίνει η στάθμη της θάλασσας με *διάφορους ρυθμούς*, φθάνοντας στο σημερινό επίπεδο. Η ανύψωση αυτή είχε ως αποτέλεσμα, η θάλασσα να εισχωρήσει προς την χέρσο, να καλύψει την παράκτια ζώνη και οι παράκτιες αρχαίες θέσεις να καταβυθιστούν.

Τελευταία υποστηρίζεται από έρευνες , σύμφωνα με το Γ.Λυριτζή (2005)¹⁹⁰, ότι το λιώσιμο των πάγων έγινε σε δύο θερμικά στάδια: α) Το πρώτο στάδιο (*Allerod - Bolling*) που κορυφώθηκε στα 13.000 - 12.000 Π.Σ. και β)το δεύτερο θερμικό στάδιο μετά τα 10.300 Π.Σ. ή 11.600 Π.Σ. Τα δύο στάδια διαχωρίστηκαν από μια προσωρινή ψυχρή περίοδο *Older Dryas* και το πολικό μέτωπο μετανάστευσε προς τα νότια (περίπου μέχρι το 13.100 Π.Σ.).

Μετά την ψυχρή περίοδο *Younger Dryas* (12.500 - 11.400 Π.Σ.) ακολουθεί η θερμή περίοδος *Pre Boreal* (11.400 - 8.200 Π.Σ.) και η *θερμή Boreal* (8.200 - 6.500 περ. Π.Σ.).

Έπεται η ψυχρή *Atlantic* (6.000 / 6.500 - 4.000 / 4.200 Π.Σ.), η *θερμή Subboreal* μεσοπαγετώδης περίπου 4.000 / 4.200 / 3.000 Π.Σ. και η ψυχρή περίοδος από το 3.000 Π.Σ. κ.ε. διάρκειας περίπου 3.000 ετών.

Η εναλλαγή παγετωδών / μεσοπαγετωδών περιόδων δημιουργούσε:

¹⁹⁰ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον ,Αθήνα 2005.

α) την ανάπτυξη των παγετώνων και τη μείωση της στάθμης της θάλασσας και
β) το λιώσιμο των πάγων στις μεσοπαγετώδεις περιόδους και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Η μείωση της στάθμης της θάλασσας στις παγετώδεις περιόδους επέδρασε τόσο στη μετακίνηση ανθρώπων και ζώων, μέσω των δημιουργηθέντων γεφυρών ξηράς στη Younger Dryas περίοδο.

Περί τα 18.000 έτη Π.Σ., η στάθμη της θάλασσας ήταν περίπου στα -130 μ., σύμφωνα με την καμπύλη του Fairbanks 1989.

Κατά τη διάρκεια της Μεσολιθικής περιόδου, η πτώση της θαλάσσιας στάθμης, είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν γέφυρες ξηράς. Κατά την Younger Dryas παγετώδη περίοδο (12.500 - 11.400 χρόνια Π.Σ.) οι δημιουργηθείσες γέφυρες ξηράς ήταν στο Βερίγγειο, στη Ν. Γουϊνέα -Αυστραλία, στη Βόρεια Ευρώπη (σύνδεση Αγγλίας - Ιρλανδίας - Ν. Σκωτίας) στη Μεσόγειο (σύνδεση των νήσων του Αιγαίου και στην Αδριατική (σύνδεση των νήσων της Αδριατικής με την Ιταλία¹⁹¹). Επίσης η Σαρδηνία, η Σικελία και η Κορσική ήταν ενωμένες με την Ιταλία. (Ι.Λυριτζής, 2005)

Ο θαλάσσιος πυθμένας είναι πιά ρηχός σε σχέση με την επόμενη Pre boreal περίοδο από το 11.400 - το 10.000 Π.Σ. (και αργότερα 8.000 / 8.200 Π.Σ.). Η θαλάσσια στάθμη επανέρχεται στο επίπεδο που βρισκόταν κατά την Allerod θερμή μεσοπαγετώδη περίοδο, και υπερκαλύπτει τις παράκτιες Μεσολιθικές θέσεις σε ηπειρωτικά εδάφη και νησιά. (Ι. Λυριτζής, 2005)¹⁹²

Οι έρευνες που αφορούν στις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης στη νεότερη Τεταρτογενή περίοδο έχουν βελτιωθεί τα τελευταία έτη, λόγω: Της χρησιμοποίησης βελτιωμένων εκδόσεων ηλεκτρονικών υπολογιστών, της εξέλιξης της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, της ανάπτυξης των ραδιομετρικών μεθόδων χρονολόγησης, της δραστηριοποίησης της διεθνούς επιστημονικής με προγράμματα όπως το IGBP,¹⁹³ το

¹⁹¹ σύνδεση περίπου 1.000 νήσων σε ευρύτερη περιοχή.

¹⁹² Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

¹⁹³ Διεθνές πρόγραμμα Γεώσφαιρας - Βιόσφαιρας.

PEP, ¹⁹⁴ το IGCP, ¹⁹⁵ το INGUA, ¹⁹⁶ το PAGES ¹⁹⁷ και το GLOBAL CHANGE.¹⁹⁸(Λυριτζής, 2005)¹⁹⁹

¹⁹⁴ Πρόγραμμα για κλιματικές αλλαγές.

¹⁹⁵ Διεθνές γεωλογικό πρόγραμμα συσχετίσεων.

¹⁹⁶ Διεθνής Εταιρεία Τεταρτογενούς.

¹⁹⁷ Πρόγραμμα γεωτρήσεων που επικεντρώνεται στην ολόκαινο εποχή και στα τελευταία 2.000 χρόνια.

¹⁹⁸ Που οφείλονται σε παράγοντες που σχετίζονται με τη γη ή εκτός της γης (μετρονομικοί παράγοντες, όπως γωνιακή ταχύτητα και σε πολιτικές μετατοπίσεις).

¹⁹⁹ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005, σελ.130 κ.ε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η ωκεάνια λεκάνη στον γεωλογικό χρόνο δεν ήταν σταθερή λόγω της επέκτασης της. Εδώ υπήρχαν μεσοωκεάνιες ράχες, οι ήπειροι απομακρύνονται και ο φλοιός διανοίγεται.

-Το όριο και η εξέλιξη της ακτογραμμής μετακινείται λόγω παραγόντων που διαμορφώνουν τη γεωμορφολογία της και η θαλάσσια στάθμη μεταβάλλεται (σχετική μεταβολή): *Κύριοι παράγοντες της σχετικής αλλαγής της στάθμης της θάλασσας είναι η διαφοροποίηση του κλίματος, οι υδροϊσοστατικές, ευστατικές, τεκτονικές κινήσεις (plate tectonics, isostasy), άλλες πηγές τοπικών κινήσεων, άλλα γεωλογικά συμβάντα, η σεισμική δραστηριότητα (τοπικά τεκτονικά φαινόμενα), ηφαιστειακή δράση, η ιζηματογένεση, άλλες πηγές τοπικών κινήσεων, ή ο συνδυασμός των προηγούμενων παραγόντων.*

Πέραν τούτων (των τεκτονικών κινήσεων , της σεισμικής δραστηριότητας , των κλιματικών μεταβολών που μεταβάλλουν την ποσότητα του νερού της θάλασσας /ωκεανών), οι μεταβολές της σταθερής τιμής (Μέσης Θαλάσσιας Στάθμης) οφείλονται σε περιοδικές και τυχαίες κινήσεις όπως η *παλίρροια ή τα κύματα* και αιτίες που *αφορούν στη θερμοκρασία, την πίεση και την αλμυρότητα / πυκνότητα του νερού* (ή δυναμικές μεταβολές που επηρεάζουν τις μάζες νερού, όπως τα *ρεύματα* ή η δύναμη Coriolis) και προκαλούν *αυξομείωση της ποσότητας θαλάσσιου νερού.*

Οι μέθοδοι έρευνας /ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας είναι οι:

1. Παράκτια και υποθαλάσσια αρχαιογεωμορφολογική χαρτογράφηση.
2. Γεωτρητική έρευνα.
3. Φωτογεωλογική ερμηνεία αεροφωτογραφιών/δορυφορικών εικόνων.
4. Εργαστηριακή έρευνα αεροφωτογραφιών.
5. Η χρήση βυθομετρικού χάρτη.
6. Η αρχαιολογική έρευνα, θαλάσσια και παράκτια γεωφυσική διασκόπηση.

- Επίσης είναι ραδιομετρικές μέθοδοι γεωμορφολογικών μεταβολών με τη χρήση μεθόδων χρονολόγησης, ραδιοάνθρακα C14, οπτικής φωταύγειας , θερμοφωταύγειας, ουρανίου /θωρίου, ηλεκτρονικού παραμαγνητικού συντονισμού, παγετωδών αργίλων (varves) και παλυνολογίας (Λυριτζής,1994,2005).

- Από τη μορφολογία του πυθμένα και τις υποθαλάσσιες γεωμορφές αντλούμε πληροφορίες για τη θαλάσσια διάβρωση, την ιζηματογένεση, τη σεισμικότητα της περιοχής, τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, την ανάπτυξη των παλαιοακτών.

-Σύμφωνα με το bbb,Γ.Παπαθεοδώρου («εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8), οι δείκτες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας και ανάπτυξης του παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος είναι τα κοράλια, τα δεδομένα παλιρροιογράφων, τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα, οι «βιολογικές μνήμες» της στάθμης της θάλασσας, οι ακτόλιθοι (Beachrock), οι γλυφές/ εγκοπές (Notches), οι ιζηματολογικοί δείκτες και τα αρχαιολογικά δεδομένα. Η έρευνα αφορά στη μελέτη των δεικτών αυτών.

Κοράλια.

Με βάση την κατανομή των κοραλιών, παρατηρείται ότι έχουν ανάπτυξη σε συγκεκριμένο βάθος, κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Υπάρχει μια τυπολογία και μια κατακόρυφη κατανομή τους, που αν την μελετήσουμε σε παγκόσμια κλίμακα, μπορούμε να κατανοήσουμε/προσδιορίσουμε τις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας.

Παλίρροιες .

Η παραλιακή ζώνη εξαρτάται από το ύψος και την έκταση της παλιρροιακής πλημμύρας, η οποία στη συνέχεια εξαρτάται από την κλίση της ακτής ή της παλιρροιακής πεδιάδας και το περιβάλλον ιζηματογένεσης σε μια παραλία. Παλιρροιογράφοι, με βάση τους οποίους μπορούμε να προσδιορίσουμε πώς εξελίσσεται με μετρητικά δεδομένα, η μεταβολή της στάθμης κατά τον τελευταίο αιώνα.

Καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα.

Αναφερόμαστε σε κρυσταλλικούς σχηματισμούς, που βρίσκονται μέσα σε σπήλαια, από την απόθεση CaCO_3 σε σταλαγμίτες, σταλακτίτες και σε άλλες γεωμορφές. Τα σπηλαιοθέματα αποτελούν σημαντικούς δείκτες άντλησης πληροφοριών για τα σπήλαια. Τα καταβυθισμένα σπηλαιοθέματα (όπως σταλαγμίτες, σταλακτίτες,) σε καρστικές μορφές που πλημμύρισαν από θαλάσσιο νερό αποτελούν χρήσιμους δείκτες θαλάσσιας στάθμης στο παρελθόν.

Βιολογικοί δείκτες.

Η βιολογική στάθμη της θάλασσας χαρακτηρίζεται από λίγα θαλάσσια είδη, που αναπτύσσονται σε ένα πολύ στενό εύρος βαθών. Ακριβώς στο επίπεδο της στάθμης του θαλάσσιου νερού αναπτύσσονται συγκεκριμένοι οργανισμοί. Όπου υπάρχουν ίχνη της βιοποικιλότητας (που αναπτύσσονται λίγο πάνω ή λίγο κάτω από το νερό), σημαίνει ότι εκεί υπήρχε θαλασσινό νερό και μπορούμε να προσδιορίσουμε τη στάθμη του νερού τόσο σε παράκτιους μορφολογικούς σχηματισμούς όσο και στις γεωμορφές των σπηλαίων.

Beachrocks (= Αμμόλιθοι, Ακτόλιθοι).

Αμμόλιθοι (beachrock) είναι ιζηματογενή πετρώματα που παράγονται από ασύνδετα ιζήματα, που αποτέθηκαν μέσα στην εσωπαλιρροιακή ζώνη (παραλία), τα οποία έχουν σταθεροποιηθεί με ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), και έχουν λιθοποιηθεί (λιθοποιημένες ακτογραμμές) κάτω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας. Ο χρονολογικός προσδιορισμός τους γίνεται με ραδιοχρονολόγηση, είτε από την ενσωματωμένη ή υποκείμενη κεραμική είτε με βυθισμένα αρχαία ερείπια.

Notches (=γλυφές, εγκοπές).

Συνδέονται με παλαιότερα ψυχρά γεγονότα. Τα τελευταία 20.000 χρόνια δεν ανέβηκε η στάθμη μια φορά, αλλά σταδιακά. Σε κάθε ψυχρό γεγονός σταματούσε και διαμόρφωνε πάνω στον βράχο εγκοπές. Η διάβρωση επηρεάζει την παράκτια ζώνη και είναι άμεσα συνυφασμένη με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Με την *καμπύλη μεταβολής* της στάθμης της θάλασσας <ανάγουμε τις εγκοπές σε εκτίμηση της ηλικίας τους> (προσδιορισμός της χρονικής ακολουθίας τους).

Ιζήματα.

Η *μεταβολή του κλίματος* (η βροχόπτωση, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, ο υδρολογικός κύκλος, η θερμοκρασία), εξαρτόμενη από τις *μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας*, επηρεάζει την επιφάνεια της ξηράς, η οποία υπόκειται σε :

αποσάθρωση ,δηλ. τα πετρώματα θρυμματίζονται από φυσικές και χημικές διεργασίες από τη δράση του αέρα, του νερού, της θερμότητας και του ήλιου.

Τα προϊόντα της αποσάθρωσης μεταφέρονται στον ωκεανό, με τα ποτάμια αλλά και με την δράση του αέρα και καθιζάνουν στον πυθμένα των θαλασσών.

Η δειγματοληψία γίνεται με γεωτρήσεις. Σκοπός της γεωτρητικής έρευνας είναι να προσδιορισθεί η κατακόρυφη ακολουθία των ιζημάτων, προσδιορίζοντας συγχρόνως τις διεργασίες συσσώρευσης τους και την παράκτια ακτογραμμή. Με κριτήρια, όπως το χρώμα, το μέγεθος των κόκκων, το οργανικό περιεχόμενο, τη μορφολογία τους, τα περιεχόμενα απολιθώματα και τη στρωματογραφία, προσδιορίζονται τα περιβάλλοντα απόθεσης των ιζημάτων.

Τα θαλάσσια σπήλαια.

είναι κοιλώματα που δημιουργούνται από τη διάβρωση των κυμάτων στην ακτογραμμή.

(Σύμφωνα με το bbb, Κ.Μπάϊκας «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες» 2017-8).

Τα αρχαιολογικά κατάλοιπα όπως:

-Οι αρχαίες λιμενικές εγκαταστάσεις (προβλήτες, μόλοι, κυματοθραύστες, προκυμαίες, νεώσοικοι, bollards, break waters, ράμπες ανέλκυσης).

-Τα καταβυθισμένα τμήματα μιας αρχαίας πόλης.

-Οι αρχαίοι τάφοι.

-Τα αρχαία λατομεία.

-Οι ιχθυοδεξαμενές/ δεξαμενές ψαρέματος κ.λπ.

αποτελούν σημαντικούς δείκτες ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας.

Αρχαιολογικά κατάλοιπα σε παραλίες.

-Τα περισσότερα αρχαιολογικά κατάλοιπα δεν προσφέρουν στοιχεία για το πόσο ήταν πάνω από τη θαλάσσια στάθμη, όταν σχηματίστηκαν.

-Μπορούμε όμως να προσδιορίσουμε πότε ανυψώθηκε ή χαμήλωσε η θαλάσσια στάθμη πλησίον αρχαιολογικών θέσεων από την εποχή που κατοικούσαν. Τα

βυθισμένα λείψανα υποδηλώνουν ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης ή καθίζηση του εδάφους.

- Η ύπαρξη βυθισμένων αρχαιολογικών λειψάνων σε διάφορες θέσεις αποδεικνύει την άνοδο του σχετικού θαλάσσιου επιπέδου μέσα στα ιστορικά χρόνια.

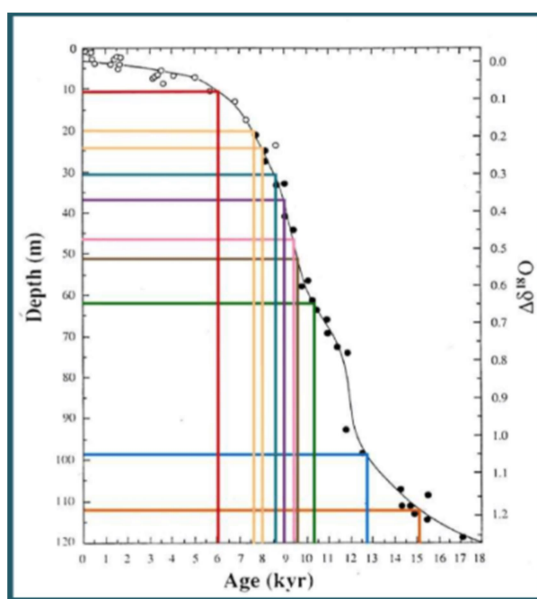
- Οι δείκτες αλλαγής της σχετικής στάθμης της θάλασσας μπορούν να εξάγουν συμπεράσματα για τη χρονολόγηση γεωλογικών φαινομένων και αποτελούν πηγή πληροφοριών.

Η καμπύλη που προκύπτει από τα διάφορα στοιχεία της έρευνας, μας δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε ποιές περιοχές ήταν κάτω από το νερό ή πάνω από αυτό στην πορεία του χρόνου και να προσδιορίσουμε χρονολογικά πότε συνέβη αυτό.

- « Κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων και της Μεσολιθικής , η πτώση της θαλάσσιας στάθμης, είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν γέφυρες ξηράς. Έτσι σε περιόδους όπως 15.000 - 18.000 έτη Π.Σ. (όταν η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 100 - 130 μ. χαμηλότερα), ή κατά την Younger Dryas παγετώδη περίοδο (12.500 - 11.400 χρόνια Π.Σ.), οι δημιουργηθείσες γέφυρες ξηράς (όπως στη Μεσόγειο όπου συνδέθηκαν οι νήσοι του Αιγαίου ή της Αδριατικής με την Ιταλία, ή της Σαρδηνίας, της Σικελίας και της Κορσικής με την Ιταλία ή σε άλλες περιοχές της Γης) , συνετέλεσαν στη μετακίνηση ανθρώπων και ζώων»(Ι.Λυριτζής , 2005)²⁰⁰
Κατά την Allerod θερμή μεσοπαγετώδη περίοδο, η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης υπερκάλυψε τις παράκτιες Μεσολιθικές θέσεις σε ηπειρωτικά εδάφη και νησιά.

²⁰⁰ Ι. Λυριτζής, αρχαιολογία και περιβάλλον, Αθήνα 2005.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1



Καμπύλη μεταβολών του Fairbanks (1989) (Η φωτογραφία προέρχεται από το bbb , «εφαρμοσμένες αρχαιολογικές επιστήμες», 2017-8).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

(Βυθισμένες αρχαιολογικές θέσεις, ως δείκτες ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας και συνοπτική αναφορά από την εποχή του Χαλκού έως τη Ρωμαϊκή περίοδο)

Βυθισμένες αρχαιολογικές θέσεις, ως δείκτες ανάπλασης της παράκτιας γεωμορφολογίας: (Τα στοιχεία του παραρτήματος που ακολουθούν, προέρχονται από το «Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα», Κωνσταντινούπολη “Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece” (Μπάϊκα, Istanbul, 2011), και από το Κ. Baika, Greek harbours of the Aegean, in the D.J.Blackmann “Ancient harbours in the Mediterranean Part 1/2, IJNA and underwater exploration, Barcelona 1982.)

«Βυθισμένες αρχαιολογικές θέσεις²⁰¹ έχουν εντοπιστεί:

Στις *Κυκλάδες* έχουν εντοπισθεί και ερευνώνται τα αρχαία λιμάνια των νησιώτικων πόλεων *Κέας, Ανδρου, Κύθνου, Νάξου, Πάρου* (της κλασσικής και ελληνιστικής περιόδου). Τα λιμάνια βρίσκονται περίπου - 2,50 και -2,80 μ. κάτω από το επίπεδο της θάλασσας...

Στο *Μανδράκι της Κύθνου*, έχει εντοπισθεί τμήμα τείχους στο βόρειο τμήμα του αρχαίου λιμανιού της Κύθνου, σε βάθος 2,2 μ., όπου ανακαλύφθηκαν (το 2008 – 9) σημαντικά μαρμάρινα γλυπτά της Ρωμαϊκής περιόδου, κατά τη διάρκεια υποθαλάσσιων ερευνών. Η υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων και του Πανεπιστημίου της Θεσσαλίας, διαξάγεται από το 2005 και ανακαλύφθηκαν (το 2008 – 9) σημαντικά μαρμάρινα γλυπτά της Ρωμαϊκής περιόδου, κατά τη διάρκεια υποθαλάσσιων ερευνών...

Στην *Παροικιά (Πάρου)*, έχουν βρεθεί υπολείμματα βυθισμένης αρχιτεκτονικής και τμήματα βυζαντινής οχύρωσης...

Στην *Κέα*, έχει βρεθεί το βυθισμένο λιμάνι, στη θέση *Οτζιάς* (πιθανώς κλασσικής περιόδου)...

Στο *Μανδράκι της Ρόδου*, που αποτέλεσε ναυτική υπερδύναμη την ελληνιστική περίοδο (η έρευνα του οποίου ξεκίνησε το 1990) εντοπίστηκαν αποθήκες, πλατφόρμες, αποβάθρες και η οχύρωση...

Στο *Ιόνιο Πέλαγος* έχουν βρεθεί σε σημαντικές ναυτικές πόλεις, όπως στη *Ζάκυνθο*, στην *Κεφαλλονιά* στη *Λευκάδα* και στην *Κέρκυρα*, με (καταβυθισμένα) λιμάνια, εκ των οποίων λίγα έχουν διερευνηθεί συστηματικά, τα οποία είχαν ναυτική επικοινωνία με τα λιμάνια των απέναντι ακτών *Ακακτορίου, Οινιάδων, Πατρών* και *Κυλλήνης*...

Στο *Πλατυγάλι*, κοντά στον *Αστακό Ακαρνανίας*, έχει εντοπιστεί βυθισμένη αρχαιολογική εγκατάσταση...

²⁰¹ Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα, Κωνσταντινούπολη "Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece" (Μπάϊκα, Istanbul, 2011).

Στην *Πάτρα* το αρχαίο λιμάνι, το οποίο βρίσκεται κάτω από το σύγχρονο λιμάνι και έχει επηρεαστεί από ισχυρές τεκτονικές κινήσεις...

Στην *Αρχαία Κυλλήνη*, το αρχαίο βυθισμένο λιμάνι το οποίο καλύφθηκε με την αστική ανάπτυξη της μεσαιωνικής Γλαρέντζας και είχε επηρεαστεί από τεκτονικές κινήσεις κατά την αρχαιότητα, ερευνάται από το 2007 (2007 - 2011, 2013). Είχε σημαντική γεωστρατηγική θέση και έπαιξε σημαντικό ρόλο στο εμπόριο και στον πόλεμο στη Δυτική Ελλάδα. Έχουν ανακαλυφθεί επίσης οι βυθισμένες κατασκευές του λιμανιού της κλασικής περιόδου...

Κατά την περίοδο της Φραγκοκρατίας, αναπτύχθηκε ως σημαντικό κέντρο στη Δυτική Ελλάδα (γνωστό και ως Glarentza). Λόγω της ιδανικής του θέσης, απετέλεσε σημαντικό εμπορικό σταθμό σε μια από τις πιο εμπορικές περιοχές του Μεσαίωνα.²⁰² Αποτελείτο από ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό λιμάνι...

Στην κλασική *Λευκάδα*, σημαντικές λιμενικές εγκαταστάσεις είναι γνωστές και έχουν ερευνηθεί, όπως και στην *Κεφαλλονιά*...

Στην *αρχαία Κέρκυρα* έχουν ανακαλυφθεί αρχαιολογικά ευρήματα σε έρευνες από το 1980 κ.ε., που αποτέλεσε σημαντική ναυτική βάση στις αρχές του 5^{ου} αιώ. π.Χ. Είχαν αναπτυχθεί 2 λιμάνια, σύμφωνα με τον Θουκυδίδη. Στα Βόρεια το λιμάνι του Αλκίνοου, ενώ στα Νοτιοδυτικά το λιμάνι του Χιλλαϊκού, το οποίο αναπτύχθηκε ως εμπορικό λιμάνι...

Το λιμάνι του Αλκίνοου, ήταν κλειστό λιμάνι, ανακαλύφθηκε δε ο κυματοθραύστης και ο προεξέχων πύργος, ενώ ένα ναυπηγείο (neotium) μαρτυρείται από μαρτυρία του Θουκυδίδη (τον 5^ο αιώ. π.Χ.).

Ο λιμένας του Κόκοτου αντιστοιχεί περίπου στη Νοτιοανατολική πλευρά του βυθισμένου λιμανιού. Βρέθηκαν μνημειώδη λείψανα του ναυπηγείου. Ήταν μεσαίας / μεγάλης κλίμακας ναυπηγείο. Σύμφωνα με την Μπάϊκα (2011), πρόσφατη σωστική ανασκαφή στο Βορειοανατολικό τμήμα, στην περιοχή Αρίων, απεκάλυψε εκτεταμένες λιμενικές εγκαταστάσεις. Η μελέτη του συμβάλλει στην κατανόηση της ακτογραμμής στη βόρεια περιοχή της νήσου.

²⁰² Τα πλοία από την Βενετία και τη Γένοβα διέσχιζαν τη Δυτική Ευρώπη και τον τότε γνωστό κόσμο και το λιμάνι γινόταν ο αποδέκτης των προϊόντων τους.

Τα ναυτικά ναυπηγεία της αρχαίας Κέρκυρας ήταν ιδιοκτησία του κράτους και κατασκευάζονταν με κρατική δαπάνη. Το λιμάνι του Αλκίνοου, που ήταν το κύριο ναυπηγείο, αναπτύχθηκε ως ένα κλειστό λιμάνι, στην περιοχή του οποίου έχουν βρεθεί υπολείμματα της κλασικής περιόδου²⁰³, και της ρωμαϊκής αγοράς (σύμφωνα και με επιγραφή του 2^{ου} π.Χ. αιώ., όπως αναφέρει και ο Θουκυδίδης (3.74.2). Η σημασία του αυξήθηκε από τις αρχές του 5^{ου} αιώ. π.Χ., με την άνοδο της πόλης - κράτους. Η μελέτη των ναυτικών ναυπηγείων είναι συνυφασμένη με την αστικοποίηση των ναυτικών λιμανιών που αναπτύσσονται από το τέλος των αρχαϊκών χρόνων και την πρώιμη κλασική περίοδο». (ό.π.)²⁰⁴

Παράδειγμα αρχαίας λιμενικής εγκατάστασης στο Ιόνιο, η οποία δεν είναι καταβυθισμένη αλλά βρίσκεται στη χέρσο αποτελούν οι Οινιάδες. Οι προσχώσεις του Αχελώου ποταμού, υποχρέωσαν τη μετεγκατάσταση της κλασικής πόλης προς τα Νότια, όπου κτίστηκε η νέα πόλη και αναπτύχθηκαν 2 λιμάνια στην Ανατολική και Δυτική ακτή. Σήμερα η αρχαία λιμενική εγκατάσταση βρίσκεται στη χέρσο και παρεμβάλλεται μεταξύ αυτής και της θάλασσας ο κάμπος (που δημιουργήθηκε από τις ποτάμιες προσχώσεις).

«Στην Πελοπόννησο, στην περιοχή Πλύτρα (του Ν. Λακωνίας), έχει βρεθεί η βυθισμένη αρχαία πόλη.

Στο Παυλοπέτρι στη Νότια Πελοπόννησο, ανακαλύφθηκε το 1967 ο οικισμός της πρώιμης εποχής του Χαλκού, κι από το 2009 έχουν αναλάβει την έρευνα η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων και το Πανεπιστήμιο του Nottingham. Ο οικισμός άκμασε το 1700 - 1500 π.Χ. καθώς και γύρω στο 1200 π.Χ.

Στη Μεθώνη, ο μεσαιωνικός βυθισμένος λιμένας, που βρίσκεται σε βάθος 3,5 - 5,5 μ., που πιθανώς βυθίστηκε λόγω σεισμού, και έχει ερευνηθεί υποβρυχίως, αν όχι συστηματικά, όπως και ο καταβυθισμένος μεσαιωνικός λιμένας της Κορώνης.

²⁰³ με ανάπτυξη δημοσίων κτιρίων (δημόσιου χαρακτήρα).

²⁰⁴ Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα, Κωνσταντινούπολη "Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece" (Μπαϊκά, Istanbul, 2011).

Στο *Γύθειο και στην Αιγείρα*, τα καταβυθισμένα αρχαία λιμάνια (όπως και αυτό του *Λεχαιού*), έχουν επηρεαστεί από ισχυρές τεκτονικές κινήσεις.

Στην *Κόρινθο* έχουν τα βυθισμένα υπολείμματα του Δίολκου, το πλακόστρωτο πέραςμα που διευκόλυνε τη μετακίνηση / μεταφορά των εμπορευμάτων, των εμπορών και περιστασιακά πολεμικών πλοίων από τον Σαρωνικό μέχρι τον Κορινθιακό και αντίστροφα (μετά από έρευνες της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων).

Στην *Κόρινθο* επίσης το αρχαίο λιμάνι του *Λεχαιού*, λιθόστρωτο ίσως από τα πρώτα που κατασκευάστηκαν στη Μεσόγειο, το οποίο σύμφωνα με γεωλογική μελέτη - ιζηματολογική έρευνα - ανέβηκε 1,2 μ. το 340 π.Χ., λόγω τεκτονικών κινήσεων. Ανάλογο παράδειγμα αποτελεί το αρχαίο λιμάνι των *Κεγχρεών*, το οποίο έπαθε καθίζηση, λόγω τεκτονικών κινήσεων...

Στο ακρωτήριο *Σούνιο* διεξήχθη η έρευνα μεταξύ του 2004 - 6 και βρέθηκαν αρχαιολογικά υπολείμματα του βυθισμένου οικισμού και του λιμανιού κάτω από το ναό. Έχουν μελετηθεί επίσης οι οχυρώσεις του Σουνίου και του Θορικού, που ήταν λιμενικός σταθμός και οχυρό άμυνας των Αθηναίων, καθώς και το βυθισμένο φρούριο του Ραμνούντος (2005 - 2011) από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης και την Αρχαιολογική Εταιρεία, με τη συνεργασία Ελληνικών Πανεπιστημίων και Ιδρυμάτων...

Στο *Αιγαίο στη Λέσβο*, στη θέση Πηγαδάκια που βρίσκεται στα - 2,5 μ.κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (του 3^{ου} αιώ. π.Χ.). Στην Ανατολική ακτή, εντοπίστηκε το Βόρειο εμπορικό λιμάνι και το κλειστό²⁰⁵ λιμάνι στα Νότια. Στο πρώτο αποκαλύφθηκαν αποβάθρες, προβλήτες και δεξαμενές ψαριών, δείχνοντας τη δραστηριότητά του στην πορεία των αιώνων...

²⁰⁵«Τα κλειστά λιμάνια είναι μια Ελληνική εφεύρεση, που εμφανίζεται στο Αιγαίο, στις αρχές του 5^{ου} αιώ. π.Χ., με κατασκευή νεωσοίκων και οχυρωμένη λιμενική εγκατάσταση» (Κ. Βαϊκα, 2011).

Στην Κω βρέθηκαν ερείπια της αποβάθρας της Ρωμαϊκής περιόδου κατά τις υποβρύχιες έρευνες κατά την ανακαίνιση των σύγχρονων λιμενικών εγκαταστάσεων. Στο Βορειοδυτικό τμήμα εντοπίστηκε αρχαίο ναυπηγείο...

Στο ακρωτήριο Σούνιο διεξήχθη η έρευνα μεταξύ του 2004 - 6 και βρέθηκαν αρχαιολογικά υπολείμματα του βυθισμένου οικισμού και του λιμανιού κάτω από το ναό. Έχουν μελετηθεί επίσης οι οχυρώσεις του Σουνίου και του Θορικού, που ήταν λιμενικός σταθμός και οχυρό άμυνας των Αθηναίων, καθώς και το βυθισμένο φρούριο του Ραμνούτσου (2005 - 2011) από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης και την Αρχαιολογική Εταιρεία, με τη συνεργασία Ελληνικών Πανεπιστημίων και Ιδρυμάτων...

Στην αρχαϊκή και κλασική Σάμο, είναι γνωστή η τοπογραφία της αρχαίας πόλης και η οχύρωσή της. Έχει μελετηθεί το λιμάνι του Πολυκράτη και οι νεώσοικοι, οι αρχαιότεροι νεώσοικοι στη Μεσόγειο...

Στη Δημητριάδα της Θεσσαλίας, έχει βρεθεί ο ελληνιστικός βασιλικός ναύσταθμος της, που είχε αναπτυχθεί ως βασικό στρατηγικό κέντρο της Μακεδονίας στο Αιγαίο, και είχε ιδρυθεί από τον Δημήτριο Πολιορκητή (το 290 π.Χ. περίπου). Βρίσκεται στα Βόρεια της πόλης και έχει εντοπισθεί το ναυπηγείο με την οχύρωση και το ναυτικό οπλοστάσιο.

Στη Ρόδο, η οποία αποτέλεσε κυρίαρχη ναυτική δύναμη στην ελληνιστική εποχή, έχει βρεθεί το αρχαίο λιμάνι. Όπως και στον Πειραιά, ο λιμένας και το ναυτικό ναυπηγείο ήταν ενσωματωμένοι στον Ιπποδάμειο ορθογώνιο σχεδιασμό. Υπάρχουν σημαντικά υπολείμματα του αρχαίου ναυπηγείου στο Μανδράκι, όπου οι ανασκαφές ξεκίνησαν από τη δεκαετία του 1990 και απεκάλυψαν προβλήτες, πλατφόρμες, αποβάθρες και οχύρωση. Σύμφωνα με την έρευνα, υπήρξε δίοδος - διάυλος για την επικοινωνία στο Μανδράκι με το Δυτικό λιμάνι (Μπάϊκα, 2011).

Στη Βοιωτία (στη θέση Αλαί), η καταβυθισμένη παράκτια πόλη, όπου πραγματοποιήθηκαν υποβρύχιες έρευνες από την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων, σε συνεργασία με την Αμερικανική Σχολή Κλασικών Σπουδών...

Στη *Σκιάθο* στο αρχαίο λιμάνι, έχει ανακαλυφθεί ο αρχαίος κυματοθραύστης...»(ό.π.)²⁰⁶

Στην *Αίγινα*, τη μεγάλη αρχαϊκή ναυτική βάση, έχουν εντοπισθεί 2 λιμάνια βυθισμένα περίπου 1,75 μ. κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας: Στα Βόρεια το ναυτικό λιμάνι (κρυπτός λιμένας) και στα Νότια το εμπορικό λιμάνι (P. Knoblauch, 1970).

«Στην Ανατολική Αττική επίσης, οι λιμενικές εγκαταστάσεις στην *Πουνταζέζα* και το αρχαίο λιμάνι της Μεσογαίας...

Στον *Κόρφο* (στον Σαρωνικό Κόλπο) βρίσκεται ο Μυκηναϊκός οικισμός της ΥΕ περιόδου (1300 - 1190 π.Χ.), ο οποίος πιθανώς είχε υποστεί καθίζηση (λόγω καθίζησης της ευρύτερης ακτογραμμής)...

Στα *Αβδηρα* στη Βόρεια Ελλάδα έχει αποκαλυφθεί και μελετηθεί το αρχαϊκό λιμάνι. Βρέθηκαν λιμενικές εγκαταστάσεις, λιμενοβραχίονας, ναυπηγείο, ναυτικός πύργος του τέλους της αρχαϊκής εποχής και θεωρείται σύγχρονο με τις λιμενικές εγκαταστάσεις της Κέρκυρας, Αίγινας, Θάσου και Συρακουσών.

Στον *άγ. Πέτρο*, στις Βόρειες Σποράδες (έχει βρεθεί) η καταβυθισμένη εν μέρει νεολιθική θέση.

Στην *Κρήτη*, έχουν εντοπισθεί αγκυροβόλια της μινωϊκής εποχής στον Κομμό, στα Γουρνιά, στην Κνωσσό, στον Πόρο και στον Κατσαμπά...

Στη *Φαλάσσαρνα*, το αρχαίο λιμάνι δεν είναι καταβυθισμένο. Λόγω του σεισμικού συμβάντος το 365 μ.Χ., είχε ανέβει 6,5 μ. πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

Στις πρόσφατες ανασκαφές αποκαλύφθηκαν αποβάθρες, λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς επίσης αποθήκες και εργαστήρια».(ό.π.)²⁰⁷

²⁰⁶ Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα, Κωνσταντινούπολη "Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece" (Μπάϊκα, Istanbul, 2011).

Επίσης έχουν εντοπιστεί οι καταβυθισμένες θέσεις εκτός Ελλάδος στον κόλπο Μπάγια στην Νάπολη (Ιταλία), στο λιμάνι Καισάρεια Maritime (στο Ισραήλ), στο Liman Tere (στην Τουρκία), το εσωτερικό κυκλικό λιμάνι της ελληνιστικής Καρχηδόνας του 2^{ου} αιώ. π.Χ. (Appian, Lyb. 96).

κ.ά.

«Τα αρχαία λιμάνια ήταν το κέντρο και η καρδιά του εμπορίου, πολιτιστικά κέντρα για την ανταλλαγή αγαθών και ιδεών, ναυτικές πύλες προς όλους τους πολιτισμούς και άγνωστους μυθικούς κόσμους, ισχυρά ναυτικά φρούρια, σημεία αλληλεπίδρασης στο δίκτυο της Μεσογείου». (Μπάϊκα, 2011)²⁰⁸.

Σύμφωνα με την K. Baika, Greek harbours of the Aegean, in the D.J.Blackmann “Ancient harbours in the Mediterranean Part ½, JNA and underwater exploration, Barcelona 1982.

«Από την εποχή του Χαλκού υπήρξαν υποδομές για την αποβίβαση των πλοίων στις ακτές με χαμηλές κλίσεις (από την αρχή της ναυσιπλοΐας). Ο Όμηρος αναφέρεται χαρακτηριστικά σε τεχνητά έργα των Φαιάκων (Οδ. VI 263 - 265)...

Την ίδια χρονική περίοδο λιμενικά έργα γίνονταν στις ακτές της Κρήτης (Μοχλό, Νίρου Χάνι, Μάλλια, Παλαιόκαστρο, Αμνισό) (Laffineur / Busch 1991; Shaw 1990; Raban 1991) και στην Πύλο (γεωμορφολογικές έρευνες στην Πύλο, (Shaw 2005, 850 - 853, Πλ. 1.12)...

²⁰⁷ Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα, Κωνσταντινούπολη “Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece” (Μπάϊκα, Istanbul, 2011).

²⁰⁸ Κ.Μπάϊκα «Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα», Κωνσταντινούπολη “Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece”, Istanbul, 2011.

Αργότερα και κατά την αρχαϊκή περίοδο, οι μεγάλες τεχνικές λιμενικές εγκαταστάσεις εμφανίζονται μέχρι τον 7^ο αιώ. και το δεύτερο κύμα αποικισμού με την ίδρυση αποικιών στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα...

Χαρακτηριστική είναι η κατασκευή του κυματοθραύστη της Σάμου από τον Πολυκράτη, γύρω στο 530 π.Χ., η κατασκευή του Λεχαιού και του Δίολκου από τον Περίανδρο της Κορίνθου τον 6^ο αιώ. π.Χ., η κατασκευή του κυματοθραύστη και της αποβάθρας της Δήλου του 8^{ου} π.Χ., καθώς και οι λιμενικές εγκαταστάσεις της Ερέτριας, (του τέλους του 8^{ου} αιώ. π.Χ.), η βυθισμένη προβλήτα και το αρχαϊκό λιμάνι της Αίγινας.

Η κλασική περίοδος χαρακτηρίζεται από τη χρηματοδότηση από την πόλη - κράτος των λιμενικών εγκαταστάσεων και η δημιουργία μεγάλης κλίμακας έργων και η κατασκευή τριήρων τον 6^ο αιώ π.Χ..

Στην Αθήνα, Αίγινα, Θάσο, Συρακούσες κατασκευάστηκαν λιμενικά έργα. Στον Πειραιά: η Ζέα, η Μουνιχία (με τις ομάδες των νεωσοίκων) και ο Κάνθαρος, το εμπορικό λιμάνι, που εξελίχθηκε σε κορυφαίο εμπορικό κέντρο²⁰⁹ του κλασσικού κόσμου (τόσο των εμπορικών, όσο και των στρατιωτικών), ενώ παρέμενε σε χρήση το Φάληρο.

Οι λιμενικές εγκαταστάσεις προσαρμόζονταν στις γεωμορφολογικές συνθήκες και στη διαμόρφωση των ακτών.

Παράδειγμα αποτελούν και άλλες λιμενικές εγκαταστάσεις της κλασσικής περιόδου εκτός από τον Πειραιά, της Ρόδου, της Μυτιλήνης, της Κέρκυρας, της Κρήτης κ.ά.

Οι αρχαίες λιμενικές εγκαταστάσεις στο εμπορικό λιμάνι (του Κανθάρου), το μεγάλο αριθμό των 96 ναυπηγείων (τον 4^ο αιώ. π.Χ.) με αποβάθρα, πύργους - κατά μήκος της ακτογραμμής - ήταν ακόμη ορατές μέχρι το 1840, όταν καταστράφηκαν κατά τη διάρκεια εκσυγχρονισμού του λιμανιού.

²⁰⁹Στο λιμάνι του Πειραιά, σε ένα από τα μεγαλύτερα εμπορικά κέντρα λιμενικών και ναυτικών σταθμών στην Ανατολική Μεσόγειο, την κλασική και όχι μόνο περίοδο εντοπίστηκαν η μακρά στοά ως κύρια αποθήκη σιτηρών, κατασκευασμένη από τον Περικλή (στον Κάνθαρο) και το κτίριο για την αποθήκευση του μηχανισμού του ναυτικού στη Βορειοανατολική πλευρά του λιμανιού (όπως αποδεικνύεται από επιγραφές) (IG II / III 1668) (στη Ζέα).

Οι βυθισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις στη Ζέα και Μουνιχία έχουν ερευνηθεί από Ελληνο - Δανέζικη ερευνητική αποστολή. Πολλά αρχαιολογικά ευρήματα έχουν εντοπισθεί σε ελληνικά λιμάνια της κλασσικής περιόδου, εκτός του *Πειραιά*, στους *Αλιείς (Πόρτο Χέλι)*, στην *Αίγινα*, στην *Κω*, στην *Κέρκυρα*, στο *Μανδράκι (Κύθνου)*, στη *Θάσο*, στη *Ρόδο*, στο *Σούνιο*, στα *Αβδηρα*, στη *Μασσαλία*, στις *Συρακούσες*, στην *Καρχηδόνα*, στο *Κίτιο (Κύπρος)*, στην *Απολλωνία (Κυρηναϊκής)* κ.α.

Στον Πειραιά τα τείχη της πόλης και του λιμανιού καθώς και η κατασκευή των λιμανιών (των στρατιωτικών βόρεια και του εμπορικού νότια) (Knoblauch 1972) θεωρούνται ως έργο ενιαίο πριν το 457 π.Χ. Σήμερα βρίσκονται περίπου 1,75 μ. κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Κατά την *ελληνιστική περίοδο* η Ρόδος ήταν η μεγαλύτερη ελληνιστική ναυτική δύναμη και έχουμε το δίκτυο των εκτεταμένων εμπορικών και στρατιωτικών λιμενικών κατασκευών. Στο βυθισμένο λιμάνι της *Ελαίας*, το λιμάνι της ελληνιστικής Περγάμου που αποτελούσε θρησκευτικό εμπορικό κέντρο στην καρδιά των Κυκλάδων κατά τον 1^ο αιώ. π.Χ.

Η Κύμη στις Ιταλικές ακτές (αποικία της Κύμης των Ευβοέων) επίσης αποτελούσε ναυτική δύναμη, μετά την καταστροφή της Κορίνθου και της Καρχηδόνας, το 146 και την παρακμή της Ρόδου, με αποβάθρα 1,7 km μήκους. Η πόλη καταστράφηκε από πειρατές το 88 και το 69 π.Χ...

Για το εσωτερικό κυκλικό λιμάνι της ελληνιστικής *Καρχηδόνας* του 2^{ου} αιώ. π.Χ. πολύ σημαντικές είναι οι μαρτυρίες των αρχαίων συγγραφέων Appian, Lyb. 96).

Στη *Ρωμαϊκή περίοδο*, αρκετά λιμάνια αναδείχθηκαν και ξανακτίστηκαν, για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της Αυτοκρατορίας: Πειραιάς, Έφεσος, Θάσος, Ανθηδών ή Κεγχρεαί (Seranton 1978; Schlager / Blackman / Schafer 1968; Bouras 2008) και γίνονταν χρήση υδραυλικού κονιάματος (Χερσόνησος Κρήτη, Ανθηδών, Λάρυμνα, Κεγχρεαί, Λέχαιο, Αιγείρα)...

Στην Ιταλία είναι γνωστοί οι αρχαίοι λιμένες στην Όστια και Portus».(ό.π.)²¹⁰

Επίσης έχουν εντοπιστεί οι καταβυθισμένες θέσεις εκτός Ελλάδος στον κόλπο Μπάγια_στην Νάπολη (Ιταλία), στο λιμάνι Καισάρεια Maritime (στο Ισραήλ), στο Liman Tere (στην Τουρκία), το εσωτερικό κυκλικό λιμάνι της ελληνιστικής Καρχηδόνας του 2^{ου} αιώ. π.Χ. (Appian, Lyb. 96).

κ.ά.

Οι λιμενικές αυτές εγκαταστάσεις, εκτός ελαχίστων, είναι καταβυθισμένες και αποτελούν δείκτες ανάπτυξης της παράκτιας γεωμορφολογίας.

Οι αρχαίοι λιμένες είχαν διαφορετική μέθοδο κατασκευής, ενώ λίγα είναι γνωστά για τις Ετρουσκικές λιμενικές εργασίες. Από την εποχή του Χαλκού, οι Φοίνικες είχαν χρησιμοποιήσει λιμενικά έργα σε θέσεις Tabbat el Hammam, Athlit, Akko ή Sidon (Laban 1991, 5 Frost 1995), ενώ στο Αιγαίο είχαν χρησιμοποιηθεί υπερκατασκευές με τεράστιους ογκόλιθους και μεγάλους βράχους -ως θεμέλια σε κυματοθραύστες-, (το ανώτερο μέρος των οποίων καλυπτόταν με τεράστιους ογκόλιθους), σχηματίζοντας προβλήτες, αποβάθρες, για φόρτωση / εκφόρτωση των αγαθών ενώ εσωτερικά είχαν επένδυση με πέτρινη τοιχοποιία.»(Μπάϊκα,1982)

Από τα τέλη του 6^{ου} και τις αρχές του 5^{ου} αιώ. π.Χ., η ανάπτυξη λιμενικών εγκαταστάσεων, απαιτούσε συστηματικό σχεδιασμό τους, μαζί με ισχυρές οχυρώσεις²¹¹ και κατασκευές που χρηματοδοτούνταν με έξοδα της πόλης.

Λιμενικές εγκαταστάσεις όπως στη Ρόδο, Κω, Μασσαλία, Καρχηδόνα, Θάσο, Αίγινα, Πειραιά, Νάξο (Σικελίας), Συρακούσες κ.α., «είχαν σχεδιαστεί με το Ιπποδάμειο σύστημα, για τις πολεμικές αναμετρήσεις με άλλες ναυτικές δυνάμεις και υπήρχε τοπογραφική σχέση της αγοράς με το λιμάνι.» (Μπάϊκα, 2011).

²¹⁰ Αρχαία λιμάνια - πόλεις. Νέες μεθοδολογικές προοπτικές και πρόσφατες έρευνες στην Ελλάδα, Κωνσταντινούπολη "Ancient harbour - cities. New methodological perspectives and recent research in Greece" (Μπάϊκα, Istanbul, 2011) σ.430 κ.ε.

²¹¹ Η περιτείχιση στην παράκτια ζώνη ήταν σημαντική για την άμυνα της πόλης, σε περίπτωση εχθρικής επιδρομής (Μπάϊκα, 2011) και αποτελεί σημαντικό δείκτη ανάπτυξης της παράκτιας γεωμορφολογίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξόπουλος Α. (2000), *Η γέννηση των νησιών*, Καθημερινή, 4 Ιουνίου
- Andreadaki-Vlazaki 2012
- Μ. Ανδρεαδάκη -Βλαζάκη (επιμ.), Υπ. Πολιτισμού και Τουρισμού. 2000-2010. Από το έργο των εφορειών Αρχαιοτήτων (Athens 2012).
- Αρβανιτόπουλος Α.Σ., *Αρχαίο παράκτιο νεκροταφείο των Παγασών*, ΠΑΕ 1909, 141 - 2.
- Αρβανιτόπουλος Α.Σ., Κικύννηθος, ΠΑΕ 1910, 227 - 9.
- Αρβανιτόπουλος Α.Σ., *Ιερόν Ποσειδώνος, έτεροι βυζαντινά εκκλησία και κτίσματα. Τάφοι ποικίλων χρόνων. Μυκηναίος συνοικισμός. Τείχη της παραλίας. Ανασκαφαί και έρευνα εν Θεσσαλία*, ΠΑΕ 1912, 167, 172 κ.ε.
- Δερμιτζάκης Μ. και Λέκκας Ε., (2000). *Διερευνώντας τη Γη*, Β' έκδοση, Αθήνα.
- Δριβαλιάρη Ν. (2002α). *Εισαγωγή στην περιβαλλοντική αρχαιολογία* (Πανεπιστημιακές σημειώσεις), Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών, σ. 70.
- Θεοτόκης Θεοδούλου, *Ναύαγια, λιμάνια και βυθισμένα κτίρια - Η αρχαιολογία υποβρυχίως*, Αριάδνη, 2010.
- Θεοτόκης Θεοδούλου, *Συνοπτική αναδρομή στην υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα στην Ελλάδα*, Αριάδνη 2011.

Καμπούρογλου Ε., 1989, *Οι απολιθωμένες ακτογραμμές (beachrocks) Αγ. Νικολάου Αναβύσσου και Λαγονησίου και η σημασία τους στη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής κατά το Ολόκαινο*, Δ επιστημονική συνάντηση Νοτιοανατολικής Αττικής, 26 - 29 Οκτωβρίου 1989, Καλύβια Αττικής (υπό έκδοση).

Καμπούρογλου Ε., 1991, *Beachrocks του Ελλαδικού χώρου και η σημασία τους στην πρόσφατη ολοκαινική θαλάσσια επίκλιση*, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας. XXVI / 4, 39 - 57, Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου Θεσσαλονίκης, 1990.

Ι. Κοντής, *Λέσβος και η μικρασιατική της περιοχή*. Αθηναϊκό κέντρο οικιστικής(Αθήνα 1978).

C. Koukouli-Chrysanthaki, *The Archaic city of Abdera*, in: A. Moustaka, E. Skarlatidou, M.-C. Tzannes - Y. Ersoy (eds.), *Klazomenai, Teos and Abdera: Metropoleis and Colony*, Proceedings of the International Symposium held at the Archaeological Museum of Abdera, Abdera, 20-21 October 2001 (Thessaloniki 2004) 235-48.

Κ. Πρέκα-Αλεξανδρή, *Κέρκυρα, Παλαιόπολη (Kerkyra, Palaiopoli)*, ADelt 41, 1986, Chronica B, 125-9.

Λυριτζής Ι. (1981). *Δύο χρονολογικές προσεγγίσεις με τη μέθοδο της θερμοφωταύγειας για τον εντοπισμό της Αρχαίας Ελίκης*.

ΠΡΑΚΤΙΚΑ 1^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου για την Αρχαία Ελίκη, Ελληνική Περηγητική Λέσχη, Αίγιο, σ. 203.

Λυριτζής Ι. (1994), *Αρχαιομετρία. Μέθοδοι χρονολόγησης στην αρχαιολογία*, Εκδόσεις Καρδαμίτσα, 2^η έκδοση, Αθήνα.

Μπάϊκα Κ., *Ενάλια Αρχαιολογία, Μέθοδοι και Τεχνικές στην ενάλια έρευνα και υποβρύχια ανασκαφή*. Και Μπάϊκα Κ. (2011), *Αρχαιομετρικές προσεγγίσεις στην ενάλια αρχαιολογία*. Proceedings of the 2nd International Symposium Archaeological Research and new Technologies, University of the Peloponnese, Kalamata 21 - 23 October 2010, σσ. 50 - 53.

Παπαθεοδώρου Γ., *Μεθοδολογία και τεχνικές εντοπισμού υποθαλάσσιων αρχαιολογικών ευρημάτων (Σόναρ, Μαγνητόμετρα, Αεροφωτογραφία)*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, bbb.

Παπαπέτρου - Ζαμάνη Α., Καμπούρογλου Ε., 1989, *Γεωμορφολογικές μεταβολές του Αττικού τοπίου τα τελευταία 18.000 χρόνια. Αττικό τοπίο και περιβάλλον*, 12/6 - 17 /9/1989 ΥΠΠΟ, Εκθεσιακό Κέντρο Οργανισμού Λιμένα Πειραιώς.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alessio M., στο *International Meeting on Underwater Geology - guide to the excursion*, Abstracts, Universita Napoli and ENEA, Naples 1994, 74-5.

Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro W. and Michel H.V. (1980), *Extraterrestrial cause for the Crataceous - Tertiary extinction*, *Science*, 208, 1095 - 1108.

Baika K., *ΝΕΩΣΟΙΚΟΙ, Installations navales en Méditerranée. Les neoria de Corcyre* (Ph. D. diss, Universite de Paris (Panthém - Sorbonne, Paris 2003).

Badyokov D.D., Kaptin P.A., 1979. *The sea level changes on the coasts of the USSR far East and Arctic Seas during the past 15.000 years* (Okeanologia 19(4).

Baeteman C., *Late Holocene Geology of the Marathon Plain (Greece)*, *J. Coastal Res.* 1985, 1, 1734 - 6.

Baika K., *ΝΕΩΣΟΙΚΟΙ, Installations navales militaires en Méditerranée de l'époque archaïque à l'époque hellénistique. Les neoria de Corcyre*, Thèse Paris I.

Baika, K. 2006, *Early naval arsenals and military harbour infrastructure in the Mediterranean*, in Hafner, A., Niffeler, U., Ruoff, U. (eds.), *The New View – Underwater Archaeology and the Historical Picture*. Antiqua 40, Basel, 176-192.

Baika, K. 2007/8, *Pirate activity and surveillance of trade routes: New archaeological evidence from naval bases in the Aegean Sea*, Skyllis 8, 1-2, 57-73 (in press).

Baika K., *Early naval arsenals and military harbour infrastructure in the Mediterranean*, in: A. Hafner, U. Niffeler and V. Ruoff (ed.), *the New View - Underwater Archaeology and the Historical Picture*. Akten des 2. Internationalen Kongresses für Unterwasserarchäologie, Rorschlikon bei Zürich, Antiqua 40 (Basel 2006), p.176 - 192.

Baika K., *Archaeological indicators of relative sea - level changes in the Attica - Cycladic massif since classical antiquity. Preliminary results*, Bulletin of the Geological Society of Greece, Vol. XLII/II, 2008, 33 - 48.

Baika K., *Greek harbours of the Aegean*, in : X. Nieto, M.A. Cau (eds.) *Arqueologia nautica mediterrànea*, Monographies de CASC Centre d' Arqueologic subaquatica de Catalunya, B (Ginova 2009) 429 - 441.

Baika K., *Submerged archaeological remains at Cape Sounion, Attica and implications for the study of the relative sea - level changes since the Classical period in Central Aegean*, in: J.C. Henderson (ed.) *Beyond Boundaries*, IKUWA 3rd, 3rd International Congress on Underwater Archaeology, London 2008 (Bonn 2012) 277 - 286.

Baika K., *The fortification of ship sheds and naval arsenals*, in: Blackman - Rankov et al., 2013.

Blackman D.J., *Ancient Harbours in the Mediterranean*, Part 1, IJNA 11, 2, 1982, 79 - 104; Part 2 Int. Naut. A 11.3, 1982, 185 - 211.

Blackman D.J., *Progress in the Study of Ancient Ship sheds: a Review*, in: C. Beltrame (ed.) *Boats, ships and shipyards*. Ninth International Symposium on Boat and Ship Archaeology, reviced 2000, Proceedings (Oxford 2003) 81 - 90.

Bard E., Hamelin B., Fairbanks R.G. (1990a). *U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados, sea level during the past 130.000 years*. Nature, 346, 456 - 8.

Barham, A.J. / Harris D.R. (1983), *Prehistory and Palaeontology of Torres Strait*. In P.M. Masters and N.C. Flemming (eds.) *Quaternary Coastlines and Marine Archaeology*, Academic Press, London p. 529 - 558.

Berger A.Z. and Loutre F. (1991). *Insolation values for the climate of the last 10 million years*. Quatern Sci., Rev., 10, 297 - 317.

Blackman D.J., *Ancient Harbours in the Mediterranean*, Part 1, IJNA 11, 2, 1982, 79 - 104; Part 2 Int. Naut. A 11.3, 1982, 185 - 211.

Blackman D.J., *Progress in the Study of Ancient Ship sheds: a Review*, in: C. Beltrame (ed.) *Boats, ships and shipyards*. Ninth International Symposium on Boat and Ship Archaeology, reviced 2000, Proceedings (Oxford 2003) 81 - 90.

Blackman, D., Knoblauch, P., Yiammikouri, A. 1996, *Die Schiffhäuser am Mandrakihafen in Rhodos, AA*, 371-426.

Blackman, D., Rankov, B., Baika, K., Gerding, H., McKenzie, J., Pakannen, Y. (in press), *Ships in ancient Mediterranean*, Cambridge. Blackman, D., Knoblauch, P., Yiammikouri, A. 1996, *Die Schiffhäuser am Mandrakihafen in Rhodos, AA*, 371-426.

Blackman, D., Rankov, B., Baika, K., Gerding, H., McKenzie, J., Pakannen, Y. (in press), *Ships in ancient Mediterranean*, Cambridge.

Bloom A.L. (1764), *Pleistocene shore lines, a new test of isostasy*. Geological Society of America Bulletin, 78, 1477 - 1494.

Bouras, C. 2008, *L'Espace maritime égéen à l'époque impériale les espaces et les activités portuaires de Pompée à la fondation de Constantinople*, Diss.Strasbourg/Ioannina.

Brandon, Ch. J., Holfelder, R.L., Oleson, J.P. 2008, *The Concrete Construction of the Roman Harbours of Baiae and Portus Iulius, Italy: The Romacons 2006 field season*, *IJNA* 32.2, 374-379.

Bruneau, P., Ducat, J. 2005, *Guide de Délos* (4th ed.), Paris.

Castagnoli G.C., Bonino G. and Rrovenzade A. (1988), *The thermo luminescence profile of a recent sea sediment core and the solar variability*. Solar Physics, 917, 1, 187 - 197.

Charalabidou, E, Kourkoumelis, D, Mazarakis-Ainian, A. (in press), *Archaeological Research in the Ancient Harbour of Kythnos (Cyclades)*, Tropis X.

Clark J.A., Farrell W.F., Peltier W.R. (1978), *Global changes in postglacial sea level: a numerical calculation*. *Quaternary Research*, p. 265 - 278.

Cluble S.V.M. (1989), *Catastrophes and evolution. Astronomical foundation*. The 1988 BAAS Mason Meeting on the Royal Astronomical Society at Oxford, Sept. 6, 1988, University Press, Cambridge.

Comninakis R.E. / Papazachos B.C. (1982). *A catalogue of historical earthquakes in Greece and surrounding area*, University of Thessaloniki, Geophysical Lab., Publ. No 5, Thessaloniki, Greece.

Connolly, P. 1998, *Greece and Rome at War*, London.

Curray J.R. (1965). *Late Quaternary history*, Continental shelves of the United States. In: Whuglit and Frey (eds.), *The Quaternary of the United States*.

VII INQUA Congress, Princeton, p. 723 - 735.

Dean M. (1992). *Archaeology Underwater - The NAS Guide to Principles and Practices*,

NAS Archetype Publications, 336 p.

Dean M. (1992). *Archaeology Underwater*. The NAS Guide to Principles and Practices. NAS Archetype Publications, p. 336.

Deglado J. (1998), *Encyclopedia of underwater and maritime archaeology*, Yale University Press, p. 494.

University Press, Princeton, N.J., 723 - 735.

Desruelles, S., Fouache, É., Dalongeville, R., Pavlopoulos, K., Peulvast, J., Coquinot, Y., Potdevin, J. Hasenohr, C. Brunet, M., Mathieu, R., Nicot, É. 2007, *Sea-level changes and shoreline reconstruction in the ancient city of Delos (Cyclades, Greece)*, *Geodinamica Acta* 20.4, 231-239.

Dickinson O. (1998), *The Late Bronze Age palace societies*, in Brian Sparkes (ed.) 1998, *Greek civilization: An introduction*, 38 - 53, Blackwell, Oxford.

Duchene, H., Fraisse, Ph. 2001, *Le paysage portuaire de la Délos antique*, Paris.

Eickstedt, K.-V. 1991, *Beiträge zur Topographie des antiken Piräus, Athens*.

Fairbanks R.G. (1989). *A 17.000 years glacio - eustatic sea level record - influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep - ocean circulation*.

Nature, 342, 637 - 642.

Faure H., Faure - Denard L. and Lieu T. (1993), *Introduction to Quaternary earth system changes. Global and Planetary change*, 7, VII - IX.

Fleming N.C. (1978), *Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the northeast Mediterranean: implications for models of crustal consumption*. Philos. Trans. Royal Soc., London A., 289, p. 405.

Forman S.L. (1987), *Late weichselian and Holocene relative sea level history of Broggerhalvoya, Spitsbergen*, Quaternary Research, 27, p. 41.

Frost, H. 1995, Harbours and proto-harbours, early Levantine engineering.

Gardiner V., R. Dackombe, 1983. *Geomorphological Field Manual*, London, G. Allen and Unwin.

E. Hadjidaki, *The Roman destruction of Phalassarna*, in: N. Higham, ed. Archaeology of the Roman Empire, BAR International Series 940 (Oxford 2001) 155 - 166.

Hadjidaki, E., Stefanakis, M. 2004, *Secrets of Phalassarna*, Kritiko Panorama 2, Athens, 101-135.

Hesnard, A., Maurel, Ch., Bernardi, Ph. 2001, *La topographie du port de Marseille, de la fondation de la cité à la fin du Moyen Âge, Marseille: trames et passages urbains de Gyptis au Roi René*, Études Massaliètes 7, Marseille, 159-202.

Hoepfner, W. 2003, *Der Koloss von Rhodos und die Bauten des Helios*, Mainz, Zabern.

Horden, P., Purcell, N. 2000, *The Corrupting Sea: a Study of Mediterranean History*, Oxford.

Hurst, H. 1994, *Excavations at Carthage: the British Mission, Vol. II, 1: The Circular Harbour, North Side. The Site and Finds other than Pottery*, British Academy Monographs in Archaeology 4, Oxford.

International Conference, Athens. Archodidou-Agryri, A., Simossi, A., Empereur, J.-Y. 1989, *The underwater excavation at the ancient port of Thasos, Greece*, *IJNA* 18.1, 51-9.

- Int. J. Naut. Arch & underwater exploration, 12, 4, 503.
- Imbrie J. and Palmer K. (1979), *Ice ages: Solving the mystery*. Enslow Publ. New Jersey.
- Jelgersma S., 1966, *Sea level changes during the last 10.000 years*, στο Sawyer, J.S. (εκδ.), World Climate 8000 to OBC. Proc. Int. Symp. on World Climates, 18 - 19 April, 1966, Royal Meteorological Society, London.
- Kanta-Kitsou, *A shipshed, section of the neorion of the Hyllaikos Harbour of ancient Kerkyra*, in: H.Tzalas (ed.), Tropis VI. 6th International Symposium on Ship Construction in Antiquity, Lamia 1996 (Athens 2001) 273-99.
- V. Kallipolitis, *Excavations in the Palaiopoli of Kerkyra*, Prakt 1955, 187-92.
- C. Kantzia, *Akti Kontouriotou, between M. Alexandrou and P. Tsaldari Streets (property of Limenikon Tameion)*, ADelt 42, B2 1987 [1992], 632-5, 633 fig. 12, pls 355b-357.
- Karageorghis, V., Michaelidis, D. (eds.) 1995, *Cyprus and the Sea*, Proceedings of the International Symposium, Nicosia.
- Keay, S. Millett, M. Paroli, L. Patterson, H., Strutt, K. 2006, *Portus. An Archaeological Survey of the Port of Imperial Rome 1998-2001*, Rome.
- Knoblauch, P. 1972, *Die Hafenanlagen der Stadt Ägina*, Archaeologikon Deltion (Arcaialogikovn Deltivon) 27A, 50-85.
- Kraft J., G. Rapp, S. Aschenbrenner, 1975, *Late Holocene Paleogeography on the coastal plain of the Gulf of Messenia, Greece and its relationships to Archaeological Setting and Coastal Change*, Geological Society of America Bulletin 1975, pp. 1191 κ.ε.
- Kraft J., G. Rapp, S. Aschenbrenner, 1980, *Late Holocene, Palaeogeomorphic Reconstructions in the Area of the Bay of Navarino; Sandy Pylos*, Journal of Archaeological Science 1980, 7, 187 κ.ε.

Kyparissi - Apostolika N. (2000), *The Mesolithic / Neolithic in Greece as evidence by the data at Theopetra in Thessaly*. *Documeta Prehistorica*. Vol. XVII, p. 133.

Labeyrie J. (1976). *Chronologie des niveaux eustatiques sur la cote du Roussillon de - 33000 ans B.P. a nos jours Comptes Rendus de l' Academie des Sciences*, Paris, 282, (D), p. 349.

Lamb H.H. (1977) *CLIMATE. Present, Past and future*, Vol. 2, *Climatic history and future*. Methuen, Barnes & Noble. Vol. I.

M. C. Lentini – D.J. Blackman -J. Pakkanen, *The Shipsheds of Sicilian Naxos: A Second Preliminary Report (2003–6)*, BSA 103, 2009, 299–366.

Mattheus R.K. (1990). *Quaternary sea level change*, In: *Sea - Level change*.

Studies in Geophysics, National Academy Press, Washington, D.C., p. 88.

Milliman, J.D. and Emery K.O. (1968). *Sea levels during the past 35.000 years*. *Science*, 162, 1121 - 1123.

Morner N.A. (1980), *The Fennoscandian uplift - geological data and their geodynamical implication*, In: N.A. Morner (ed.). *Earth Rhyology, Isostasy and Eustasy*. Wiley, Chichester, 251 - 284.

W. M. Murray, *The Coastal sites of Western Akarnania. A Topographical-Historical Survey* (Ph.D.diss. University of Pennsylvania, UMI 1982).

Newman W.S. (1971), *Marginal subsidence of glaciated areas: U. States, Baltic and North Seas*. In: M. Ters (ed.), *Etudes sur le Quaternaire dans le Monde*, VIII Congress INQUA Paris, 1969, p. 795.

Newman W.S. (1980). *Holocene delevelling of the United States east coast*. In N.A. Morner (ed.), *Earth Rheology, Isostasy and Eustacy* Wiley, Chichester, p. 449.

Nur A. (1998). *The collapse of ancient societies by great earthquakes*. In proceedings 2nd SIS Cambridge Conference, C. Peiser K.J., Palmer T., Bailey M.E. (eds.). *Natural catastrophes during Bronze age civilizations. Archaeological geological, astronomical & cultural perspectives* Hardia Books, Archaeopress, BAR International Series, 728, Oxford.

Paepe R., Van Overloop, E. Hatziotis, M.E. and Tropez J. (1984), Desertification cycles in historical Greece. *Progress in Biometeorology*, Vol. 3, 55 - 64.

Pirazzoli P.A., Ausseil - Badie J., Giresse P., Hadjidaki E. and Arnold M. (1992). *Historical environmental changes at Phalasarna harbor*, w. *Crete Geoarchaeology*, 7, 371 κ.έ.

Pirazzoli P.A. (1996 b). *Coastal indicators of rapid uplift and subsidence: examples from Crete and other Eastern Mediterranean sites*. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Supplement, 102, 21 κ.έ.

Pirazzoli P.A. (2000), *Sea level changes. The last 20.000 years*, John Wiley & sons, New York.

Pope K.O. and Van Andel T.H. (1984), *Late quaternary alluviation and soil formation in the Southern Argolid: its history causes and archaeological implications*. *Journal of Archaeological Science* 11, 281 κ.έ.

S. E. Poulos - G. Ghionos - H. Maroukian, *Sea-level rise trends in the Attico-Cycladic region (Aegean Sea) during the last 5000 years*, *Geomorphology* 107, 2009, 10–17.

Rampino M.R., Sanders J.E., Newman W.S. and Konigsson L.K. (eds.), *Climate, History, Periodicity and Predictability*. Van Nostrand Reinhold Co., N. York 1987, p. 588.

Romp D. M. and Sekopski J.J. (1984), *Periodicity of extinctions in the geological past*. Proc. National Academy of Sciences, U.S.A., 81.

Shackleton N. and Opdyke N.D. (1973), *Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core v28 - 238: Oxygen isotope temperature and ice volumes on a 105 year and 106 year scale*. Quaternary Research, 3, 39 - 55.

Shackleton N., Ivan Andel, T.H. and Runnels C.N. (1984), *Coastal palaeogeography of the central and Western Mediterranean during the last 125.000 and its archaeological implications*, Journal of Field Archaeology, 11, p. 307.

Shackleton N., Berger A. and Peltier W.R. (1990), *An alternative astronomical calibration on the Lower Pleistocene to Holocene time scale based on ODP Site 67*.

Transactions of the Royal Society, London, B 318, p. 679 κ.έ.

Shepard, Submarine Geology (3^η έκδοση), F.P., 1963, New York, Harper & Row.

A. Spetsieri-Choremi, Kerkyra. *Contribution to the Topography of the Town and the Island from the Palaeolithic to the Byzantine Period* (Ph.D.Diss. University of Athens 1987).

G. A. Steinhauer, *Ancient Piraeus: The city of Themistocles and of Hippodamus*, in: G. A. Steinhauer – M. G. Malikouti – B. Tsokopoulos, Piraeus, Centre of Shipping and Culture (Athens 2000) 9-123.

Tzedakis P.C. (1993), *Long term tree populations in northeast Greece through multiple Quaternary climatic cycles*, Nature 364, p. 437.

K. Tsakos, *Die Stadt Samos in der geometrischen und archaischen Epoche*, in: J. Cobet – V. Von Graeve – W.-D. Niemeier – K. Zimmermann (eds.), *Frühes Ionien: eine Bestandsaufnahme* (Mainz am Rhein 2007) 189-99.

Tsapanos T. and Liritzis I. (1992), Timely of the seismic energy release between Childe.

Mexico and Kmtchatka. *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 139, No 2, p. 293.

Vail P.R. (1977), *Seismic stratigraphy and global changes of sea level*, American assoc. petroleum Geologists, 26 p. 83.

Van Andel T.H. and Lianor N. (1983), *Prehistoric and historic shorelines of the Southern Argolid, peninsula: A sub bottom profiler study*.

Int. J. Naut. Arch & underwater exploration, 12, 4, 503.

Yang H. and Xic Z. (1984), *Sea level changes in case China over the past 20.000 years*.

Zangger (1992). *Past and present soil: erosion archaeological and geographical perspectives*. In M. Bell and J. Boardman (eds.), *Oxbow Monograph 22*, Chapter 12, p. 133 κ.έ.

Zangger (1993), Argolis II. *The geoarchaeology of Argolid*,

Gebr. Mann Verlag Berlin, Γερμανικό Ινστιτούτο Αθηνών.

Zangger E. (1994), *The island of Asine: a palaeogeographical reconstruction*, *Opuscula Atheniensia* XX 15, p. 221.

