

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΗΣ
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ
ΤΟΥ ΜΑΡΑΘΩΝΑ



Πτυχιακή Εργασία του Λεβέντη Σωτήρη

Αθήνα, Ιούνιος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΗΣ
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΠΕΔΙΑΔΑΣ
ΤΟΥ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Πτυχιακή Εργασία του Λεβέντη Σωτήρη

Επιβλέπων καθηγητής: Καρύμπαλης Ευθύμιος

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής : Καρύμπαλης Ευθύμιος

Χαλκιάς Χρίστος

Παρχαρίδης Ισαάκ

Αθήνα, Ιούνιος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΕΝΟΤΗΤΑ 1.....	10
1.1 Ορισμοί και χαρακτηριστικά παράκτιας ζώνης.....	10
1.2 Ορισμός διάβρωσης.....	11
ΕΝΟΤΗΤΑ 2.....	12
2.1 Γεωγραφικά και διοικητικά χαρακτηριστικά του δήμου Μαραθώνα.....	12
2.2 Πολιτιστικά και ιστορικά χαρακτηριστικά περιοχής.....	16
2.3 Η τεχνητή λίμνη και το φράγμα του Μαραθώνα.....	18
2.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος Μαραθώνα.....	20
2.3.2 Χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Μαραθώνα.....	20
2.4 Εθνικό Πάρκο Σχοινιά-Μαραθώνα.....	21
2.4.1 Το οικοσύστημα του πάρκου.....	22
2.4.2 Το δάσος Σχοινιά-Μαραθώνα.....	24
ΕΝΟΤΗΤΑ 3.....	26
3.1 Γεωλογία περιοχής.....	26
3.2 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης.....	32
3.3 Τεκτονική και Νεοτεκτονική.....	34
3.4 Οινόης (ή Χάραδρος) ποταμός.....	35

3.5 Γεωλογικά-Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης	39
ΕΝΟΤΗΤΑ 4.....	43
4.1 Κλίμα Αττικής.....	43
ΕΝΟΤΗΤΑ 5.....	44
5.1 Μεθοδολογία.....	44
ΕΝΟΤΗΤΑ 6.....	48
6.1 Πηγές παράκτιων ιζημάτων	48
6.2 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες ιζηματογενών κόκκων	48
6.3 Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων.....	50
6.3.1 Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων	50
6.3.2 Κοκκομετρική ανάλυση άμμου	51
6.4 Απεικόνιση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης.....	52
6.4.1 Γραφικές μέθοδοι απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης.....	53
6.4.2 Γραφική μέθοδος επεξεργασίας των αποτελεσμάτων	54
6.4.2.1 Μέσο γραφικό μέγεθος Mz (Graphic Mean)	55
6.4.2.2 Γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση σI (Inclusive Graphic Standard Deviation)	55
6.4.2.3 Παράμετροι λοξότητας ή ασυμμετρίας.....	57
6.4.2.4 Παράμετροι κύρτωσης.....	58
ΕΝΟΤΗΤΑ 7.....	59
7.1 Διάβρωση ακτών.....	59
7.2 Μεταβολές θαλάσσιας στάθμης.....	61

7.2.1 Συμπεριφορά αμμώδους παραλίας σε πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης- κανόνας P.Brunn	61
7.2.2 Παράκτιες αμμοθίνες	63
ΕΝΟΤΗΤΑ 8.....	64
8.1 Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κοκκομετρίας (καμπύλη αθροιστικής συχνότητας).....	64
8.2 Συμπεράσματα αποτελεσμάτων κοκκομετρίας	72
8.3 Ανάλυση τοπογραφικών τομών αιγιαλού εγκάρσια στην ακτογραμμή	77
8.4 Σύγκριση των ακτογραμμών της χρονολογίας 1996 και 2014	81
ΕΝΟΤΗΤΑ 9.....	84
Επίλογος-Συμπεράσματα	84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	87
Έντυπη	87
Ελληνόγλωσση.....	87
Ξενόγλωσση.....	88
Διαδίκτυο	89

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «*Διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα*» μου ανετέθη από τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη τον Φεβρουάριο του 2014.

Με την εργασία αυτή ολοκληρώνεται η φοίτηση μου στο τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου και στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος Γεωγραφίας που με δίδαξαν, μου μετέδωσαν τις γνώσεις τους και διεύρυναν τους πνευματικούς μου ορίζοντες.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πάνω απ' όλους τον κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη για την συμπαράσταση, την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της μελέτης αυτής. Εξαιρετικά σημαντικές υπήρξαν οι υποδείξεις του στην τελική διαμόρφωση του κειμένου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και την υποψήφια διδάκτωρ κ. Κανέλλα Βαλκάνου για την χρήσιμη βοήθεια της στα Γ.Σ.Π.

Ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου για την υπομονή και την συμπαράσταση που έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς και την ψυχολογική και οικονομική υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος ευχαριστώ όλους τους συναδέλφους και φίλους που με τις συμβουλές τους μου συμπαραστάθηκαν και με καθοδήγησαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετήθηκε η διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα, που βρίσκεται στο βόρειο άκρο της ανατολικής Αττικής. Για τους σκοπούς της εργασίας δημιουργήθηκε μία βάση δεδομένων με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών που προήλθαν από τη συλλογή, επεξεργασία και την ανάλυση πινάκων και χαρτών. Η δημιουργία των χαρτών επετεύχθη με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 10.2.1.

Επίσης πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στη περιοχή μελέτης, όπου με τη βοήθεια του GPS αποτυπώθηκε η σημερινή ακτογραμμή, εντοπίστηκαν περιοχές όπου η ακτογραμμή υποχωρεί και έγιναν οι σχετικές παρατηρήσεις και επισημάνσεις. Από τα δεδομένα, τις μετρήσεις και την επιτόπια έρευνα διαπιστώθηκε η μετατόπιση της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης σε μερικά σημεία για τη χρονική περίοδο 1996 έως 2014. Τμήματα της ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα από το 1996 έως το 2014 παρουσίασαν υποχώρηση που κυμαίνεται περίπου στα 4 m, δηλαδή 0.2 m/έτος.

Η υποχώρηση αυτή οφείλεται κυρίως στην παρέμβαση του ανθρώπου, όπου με την ανέγερση του φράγματος του Μαραθώνα μειώθηκε η στερεοπαροχή και κατά συνέπεια οι φερτές ύλες που τροφοδοτούσαν με ίζημα την ακτογραμμή. Οι παράκτιες διεργασίες παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο καθώς η παράκτια διάβρωση αλλάζει σημαντικά το προφίλ του αιγιαλού.

Οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα της περιοχής μελέτης με χαμηλό υψόμετρο περίπου μικρότερο από 1m ίσως αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις από μία ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θάλασσας στάθμης. Σύμφωνα με τον κανόνα του Bruun, μια πιθανή μελλοντική άνοδος της θάλασσας στάθμης κατά 50 cm θα προκαλέσει την υποχώρηση της ξηράς κατά 25 έως 50 m. Αυτό θα προκαλούσε ανεπιθύμητες συνέπειες στους παράκτιους χώρους.

ABSTRACT

This report summaries the study behind the movement of the shoreline of the coastal plain of Marathon, located on the North side of West Attica. For the purpose of this study a digital database was created using data that derived mainly from analog maps and statistic tables. The final maps of this study were constructed using software ArcGIS 10.2.1.

Through regular observations and data collection at the studying area, the existing shoreline position was located. In this process the use of GPS was greatly significant. Parts of the shoreline between the periods of 1996 to 2014 where shifted with a rate of 4m (0.2m/ year).

Furthermore, humans' behavior had a significant impact in these changes too. Humans by building the dam located on Marathon caused a massive decrease of the sediment and consequently the river's deposits were decreased as well. Another significant factor was the coastal processes since the coastal corrosion changes the appearance of the foreshore.

The lowest coastal areas of Greece that had been mostly affected were about 1m tall, may face the consequences of a possible future rise of the sea level. Based on Brunn's study, the possible rise of the sea level by 50cm will cover 25 to 50m of the coast height. These would cause tremendous problems to the coastal areas.

δεν μπορεί επακριβώς να ορισθεί γενικά παρά μόνο ανά περίπτωση. Γενικός κανόνας για το ανώτερο όριο της παράκτιας ζώνης είναι ότι αντιστοιχεί στο σημείο όπου σταματά να επικρατεί η δράση των θαλάσσιων διεργασιών (Καρύμπαλης, 2010).

Στη παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης της σημερινής ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα και της σύγκρισης της με παλαιότερη ακτογραμμή, της χρονολογίας του 1996. Η λήψη ιζήματος και η κοκκομετρική του ανάλυση καθώς και οι τομές που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο μελέτης δίνουν μια πιο εμπεριστατωμένη εικόνα για το προφίλ του περιβάλλοντος και τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

1.1 Ορισμοί και χαρακτηριστικά παράκτιας ζώνης

Ακτογραμμή μπορεί να θεωρηθεί η μεταβλητή γραμμή που ορίζεται από την τομή της θάλασσας με την ξηρά. Η ακτογραμμή μετακινείται για βραχεία χρονικά διαστήματα όπως ένα εικοσιτετράωρο αλλά και για κλίμακες χρόνου που φτάνουν τα χιλιάδες χρόνια. Οι ημερήσιες μεταβολές οφείλονται σε αίτια όπως είναι η παλίρροια, οι μετεωρολογικές συνθήκες, ο κυματισμός κ.α. Οι μεγάλης χρονικής κλίμακας μεταβολές οφείλονται σε διακυμάνσεις τις θαλάσσιας στάθμης λόγω ευστατικών, ισοστατικών και τεκτονικών αιτιών ή σε συνδυασμό όλων αυτών (Καρύμπαλης, 2010).

Ως *ακτή* προσδιορίζεται μια ζώνη ξηράς που αποτελείται από ασύνδετα ιζήματα όπως άμμος, χαλίκια και κροκάλες επεξεργασμένα από τις θαλάσσιες διεργασίες. Η ακτή ποικίλει σε πλάτος και μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο, ως το ακραίο όριο της θαλάσσιας επίδρασης στην ξηρά.

Παραλία ονομάζεται μια λωρίδα ξηράς που περικλείεται από μια μάζα νερού και περιλαμβάνει:

- Το *μέτωπο της παραλίας*, δηλαδή το θαλάσσιο τμήμα που καλύπτεται περιοδικά από την θάλασσα, είτε λόγω κυματισμού είτε λόγω παλίρροιας.
- Την *επί-παραλία ζώνη*, δηλαδή το τμήμα της παραλίας που είναι εκτεθειμένο στις ατμοσφαιρικές διεργασίες και εκτείνεται από το ανώτερο σημείο της στάθμης της θάλασσας μέχρι το σημείο που αλλάζει σημαντικά η μορφολογία της ξηράς.
- Την *περί-παραλία ζώνη*, δηλαδή το τμήμα της παραλίας που είναι συνέχεια καλυμμένο από τη θάλασσα.

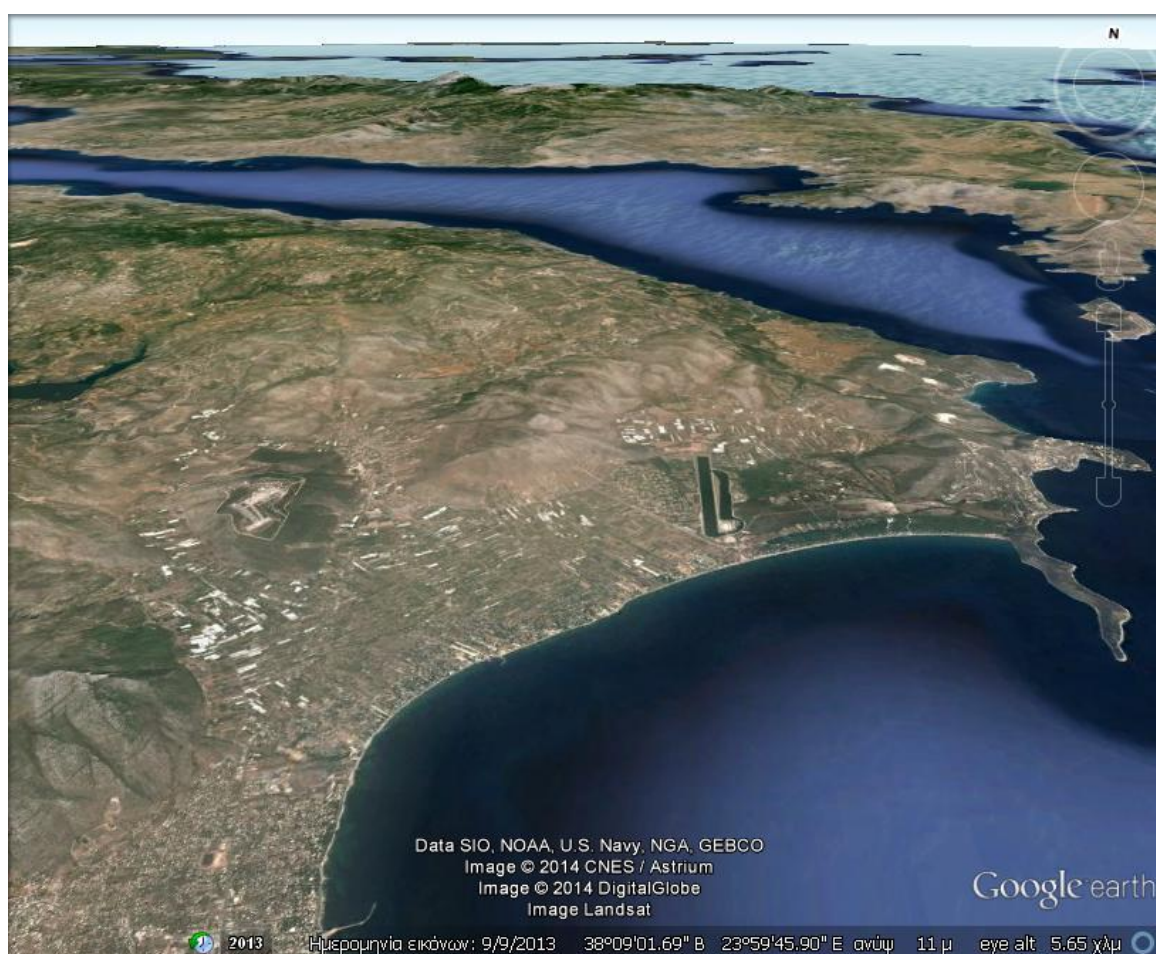
1.2 Ορισμός διάβρωσης

Διάβρωση είναι ένα σύνολο διεργασιών (αιολικών, υδροδυναμικών, παράκτιων, θαλάσσιων, ποτάμιων, παγετωνικών) που με τη συμβολή της βαρύτητας και των βιολογικών παραγόντων, αποικοδομούν και καταστρέφουν τα πετρώματα καθώς και τα ιζήματα που προκύπτουν από τη μηχανική και χημική αποσάθρωση, με διεργασίες μεταφοράς (Παυλόπουλος, 2011).

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

2.1 Γεωγραφικά και διοικητικά χαρακτηριστικά του δήμου Μαραθώνα

Η πεδιάδα του Μαραθώνα κατέχει μια χαμηλού ανάγλυφου παράκτια ζώνη του βόρειου άκρου της Ανατολικής Αττικής. Στο τέλος της πεδιάδας συναντάται ο όρμος του Μαραθώνα, ο οποίος αποτελεί το θαλάσσιο τμήμα της πεδιάδας, που κατακλύστηκε κατά τη διάρκεια ανόδου της στάθμης της θάλασσας στο Ολόκαινο.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπο από την πεδιάδα του Μαραθώνα (Πηγή: Google Earth)

Η ακτογραμμή, η οποία αρχίζει από τη λοφώδη ζώνη της Κυνοσούρας και καταλήγει στη Νέα Μάκρη, με μήκος περίπου 10km, αποτελεί σταθερό και σαφές όριο της πεδιάδας προς τα Νοτιοανατολικά. Προς τα Δ/Β/ΒΑ, η πεδιάδα περιβάλλεται από λοφώδη εξάρματα με απότομα πρανή. Η επιφάνεια της πεδιάδας του Μαραθώνα

κατέχει την υψομετρική ζώνη μεταξύ της θάλασσας (0m) και της ισοϋψούς των +40m πάνω από τη θαλάσσια στάθμη και έχει έκταση περίπου 44 km². Οι καρτεσιανές συντεταγμένες, μεταξύ των οποίων περικλείεται η πεδιάδα του Μαραθώνα στο Εθνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α.) του 1987, είναι:

4.225.000 m B

496.000 m Δ

505.000 m A

4.215.000 m N

Η θαλάσσια περιοχή του Όρμου του Μαραθώνα αποτελεί δυτικό τμήμα του Κόλπου των Πεταλιών και του ευρύτερου Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, ο οποίος χωρίζει την Ανατολική Αττική από τη ΝΔ Εύβοια. Τα λοφώδη εξάρματα, τα οποία περιβάλλουν την πεδιάδα του Μαραθώνα, αποτελούν ανατολικές απολήξεις των ορεινών όγκων του Πεντελικού (ΝΔ) και της Πάρνηθας (ΒΔ) προς τη θαλάσσια περιοχή του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου. Επομένως, από γεωγραφικά άποψη η πεδιάδα του Μαραθώνα συνδέεται άμεσα με τις φυσικές διεργασίες, που συμβαίνουν τόσο στο θαλάσσιο χώρο του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, όσο και στο χερσαίο χώρο της λοφώδους ζώνης της Β/ΒΑ Αττικής. Προσαρμοσμένες προς τις φυσικές διεργασίες των δύο αυτών φυσικών συστημάτων πρέπει να ήταν και οι ανθρωπογενείς διεργασίες που συνδέονται με την εξέλιξη της περιοχής κατά το Ολόκαινο.

Ο **Μαραθώνας** είναι κωμόπολη της βορειοανατολικής Αττικής και έδρα του ομώνυμου δήμου. Είναι από τους πιο ιστορικούς δήμους της Ελλάδας παγκοσμίως. Έγινε γνωστός από την ομώνυμη μάχη το 490 π.Χ μεταξύ Αθηναίων (Πλαταιών) και Περσών. Η περιοχή πήρε την ονομασία της από τον τοπικό ήρωα Μάραθο. Από το Μαραθώνα προέρχονται οι όροι Μαραθωνοδρόμος και Μαραθώνιος.

Σύμφωνα με το νέο αυτοδιοικητικό Νόμο (Πρόγραμμα Καλλικράτης - Ν. 3852/2010), από την 1η Ιανουαρίου 2011 οι Δήμοι Νέας Μάκρης και Μαραθώνα καθώς και οι

Κοινότητες Γραμματικού και Βαρνάβα ενοποιήθηκαν σε ένα νέο Δήμο με το ιστορικό όνομα του Μαραθώνα. Έδρα του νέου Δήμου είναι ο Μαραθώνας (*Wikipedia,ellinikifoni.gr*).

Ο νέος Δήμος Μαραθώνα, πέμπτος σε έκταση Δήμος της Αττικής και από τους μεγαλύτερους σε έκταση Δήμους στη χώρα, έχει συνολική έκταση 222.170 στρέμματα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ., ο μόνιμος πληθυσμός του ήταν 23.974 κάτοικοι κατά την απογραφή του 2001 και έχει ανέλθει στους 33.423 κατοίκους κατά την τελευταία απογραφή του 2011.



***Εικόνα 2.** Δήμος Μαραθώνα σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης (Πηγή: Wikipedia)*

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα πληθυσμιακά δεδομένα του Δήμου Μαραθώνος με τη νέα διοικητική διαίρεση του Δήμου:

Δημοτική Ενότητα	Οικισμοί	Μόνιμος πληθυσμός	
		2001	2011
Μαραθώνος	Μαραθώνας, Κάτω Σούλι, Άγιος Παντελεήμων, Βρανάς, Άνω Σούλι, Σχινιάς, Αύρα, Βόθωνας	7.911	12.849
Νέας Μάκρης	Νέα Μάκρη, Νέος Βουτζάς	12.870	16.670
Γραμματικού	Γραμματικό, Αγία Μαρίνα, Σέσι	1.443	1.823
Βαρνάβα	Βαρνάβας, Αγία Παρασκευή, Άγιοι Δημήτριος και Παντελεήμων, Άγιος Ιωάννης, Λιμνιώνας, Μονή Μεταμορφώσεως Σωτήρος, Μονή Παναγίας, Πουρίθι	1.750	2.081
ΣΥΝΟΛΟ		23.974	33.423

Πίνακας 1. Πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου Μαραθώνα απογραφή 2001, 2011. (Πηγή: ΕΛ.ΣΤΑΤ)

2.2 Πολιτιστικά και ιστορικά χαρακτηριστικά περιοχής

Ο Μαραθώνας παρουσιάζει ένα εξαιρετικό φυσικό τοπίο. Έχει τη μοναδική τεχνητή λίμνη της Αττικής (φράγμα Μαραθώνος), πλούσιο πράσινο, εύφορο κάμπο και 12 χιλιόμετρα αμμώδους παραλίας στον ιστορικό όρμο του Μαραθώνα. Η φύση προίκισε πλούσια τον Μαραθώνα και είναι αξιοσημείωτη η ποικιλία των φυσικών καλλονών, όπως το φαράγγι της Οινόης και το μοναδικό πευκόδασος με κουκουναριές (ένα από τα ελάχιστα της Μεσογείου) καθώς και ο υδροβιότοπος του Σχοινιά (Εθνικό πάρκο).

Η τεχνητή Λίμνη του Μαραθώνα είναι μία λίμνη που δημιουργήθηκε με σκοπό τη συγκέντρωση νερού για την ύδρευση της Αθήνας. Σχηματίστηκε από την ανέγερση του Φράγματος του Μαραθώνα στη συμβολή των χειμάρρων Χαράδρου και Βαρνάβα και σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από την κωμόπολη Μαραθώνας Αττικής. Η Λίμνη του Μαραθώνα ήταν το κυριότερο απόθεμα νερού για την ύδρευση της Αθήνας από το 1931, οπότε άρχισε να δίνει νερό, μέχρι το 1959. Το 1959 άρχισε να λειτουργεί σύνδεση παροχής από τη λίμνη Υλίκη, ενώ από το 1981 το περισσότερο νερό για την ύδρευση της ελληνικής πρωτεύουσας προέρχεται από την τεχνητή Λίμνη του Μόρνου. Σήμερα πλέον όλο το νερό της Λίμνης Μαραθώνα δεν θα επαρκούσε παρά μόνο για λίγες ημέρες υδροδοτήσεως της Αθήνας.

Συγκοινωνιακά ο Μαραθώνας εξυπηρετείται από το ΚΤΕΛ Αττικής που έχει αφετηρία στο Πεδίον του Άρεως (Αθήνα). Προσβάσεις από Λεωφόρο Μαραθώνος και Αττική οδό, από Λεωφ. Διονύσου και Λεωφ. Πεντέλης.

Ο Μαραθώνας εκτός από τις φυσικές ομορφιές, διαθέτει πλούσιο ιστορικό και πολιτιστικό παρελθόν. Το όνομα του Μαραθώνα (μοναδικό τοπωνύμιο που φέρει Ολυμπιακό αγώνισμα) είναι γνωστό στα πέρατα της οικουμένης. Η γεωγραφική του θέση και το εύφορο έδαφός, έκαναν τον Μαραθώνα ιδανικό τόπο για την ανάπτυξη της ειρηνικής ανθρώπινης δραστηριότητας και τον ανέδειξαν σε σκαλοπάτι της Αττικής, για την υποδοχή του πολιτισμού από τους προϊστορικούς χρόνους (www.ellinikifoni.gr).

Η παραθαλάσσια πεδιάδα του Μαραθώνος απλώνεται στη βορειοανατολική πλευρά της Αττικής, από το υπόλοιπο της οποίας χωρίζεται μέσω του Πεντελικού Όρους. Από πολύ νωρίς αποτέλεσε χώρο οικιστικής εγκατάστασης και συνέχισε να χρησιμοποιείται καθ' όλη την διάρκεια της αρχαιότητας. Τα πρωιμότερα σωζόμενα κατάλοιπα ανάγονται στη Μέση Νεολιθική περίοδο (περ. 5.000-4.000 π.Χ.), ωστόσο η περιοχή απέκτησε ιδιαίτερη φήμη έπειτα από την περίτρανη νίκη των Αθηναίων επί των Περσών στην ομώνυμη μάχη του Μαραθώνος το 490 π.Χ.

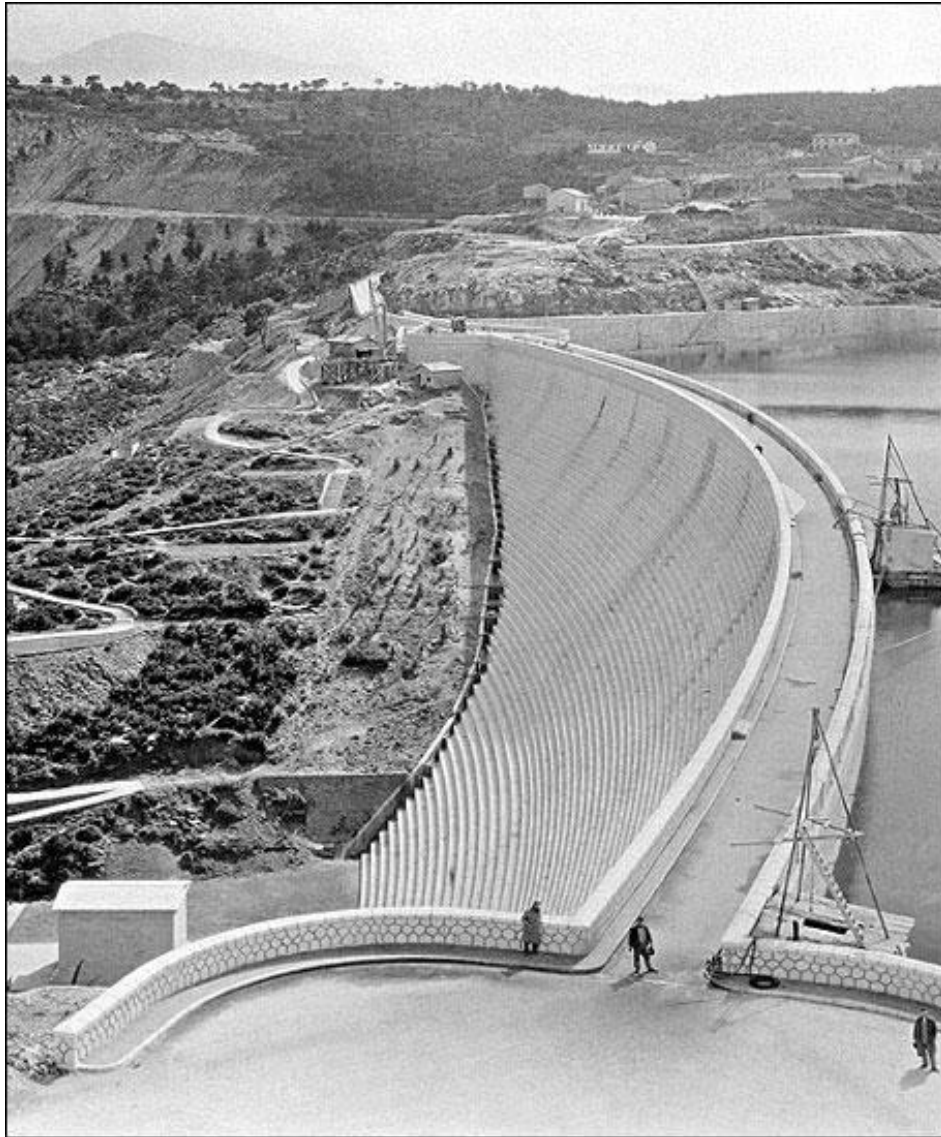
Όταν οι Αθηναίοι έφθασαν στον Μαραθώνα για να αντιμετωπίσουν τους Πέρσες, στρατοπέδευσαν – σύμφωνα με τα λεγόμενα του Ηροδότου – σε ένα ιερό του Ηρακλέους, που βρισκόταν στο νότιο τμήμα της πεδιάδος, όπως μας επιβεβαιώνουν και δύο επιγραφές του 5ου αι. π.Χ. που βρέθηκαν εκεί η μία κοντά στην άλλη. Η δέ θυγατέρα του Ηρακλέους Μακαρία έδωσε το όνομά της στην πηγή της περιοχής. Σε απόσταση περίπου 1,5 χιλιομέτρου προς βορράν βρισκόταν το πιο εξέχον από τα μνημεία της περιοχής, ο Τύμβος των Μαραθωνομάχων, ένας ογκώδης σωρός που σκέπαζε τα αποτεφρωμένα λείψανα των 192 Αθηναίων που παραδίδεται ότι έχασαν την ζωή τους στην μάχη και θάφτηκαν στο σημείο όπου έπεσαν. Λίγο περισσότερο από 5,5 χιλιόμετρα μακρύτερα, βορειοανατολικά του τύμβου, εντοπίζεται το νότιο όριο του μεγάλου έλους (βάλτου) όπου θανατώθηκε η πλειοψηφία των 6.400 Περσών. Αμέσως στα νότια του έλους ήρθαν στο φως τα ερείπια ενός μεσαιωνικού πύργου, εντός του οποίου αποκαλύφθηκαν τύμπανα κίωνων και ένα ιωνικό κιονόκρανο με τομές για την υποδοχή γλυπτού/ών στην κορυφή του, που χρονολογούνται στο α' ήμισυ του 5ου αι. π.Χ. και σχεδόν με σιγουριά αποδίδονται στο τρόπαιο νίκης που έστησαν οι Αθηναίοι στο καθοριστικό σημείο (τροπή) της μάχης. Ένας δεύτερος νεκρικός σωρός (τύμβος) στην γειτονική τοποθεσία Βρανά, ανεσκαμμένος μόνο κατά το ήμισυ, περιλάμβανε 11 τάφους ανδρών, που όλοι χρονολογούνται στον πρώιμο 5ο αι. π.Χ. δεδομένης της θέσης και του περιεχομένου του μνημείου, μερικοί το ταυτίζουν με τον Τύμβο των Πλαταιέων, συμμάχων των Αθηναίων που σκοτώθηκαν και θάφτηκαν στο πεδίο της μάχης, όμως η υπόθεση αυτή παραμένει αμφιλεγόμενη. Τέλος, ο νικητής του Μαραθώνα, αθηναίος στρατηγός Μιλτιάδης, ο οποίος κατά πάσα πιθανότητα ενταφιάσθηκε επίσης στο πεδίο της μάχης, αφιέρωσε στο ιερό του Διός στην Ολυμπία το χάλκινο κράνος που έφερε κατά

την διάρκεια της πολεμικής αναμέτρησης για να ευχαριστήσει τον θεό για την ένδοξη νίκη (ΕΠΙΤΑ ΑΕ, 2013).

2.3 Η τεχνητή λίμνη και το φράγμα του Μαραθώνα

Η τεχνητή **Λίμνη του Μαραθώνα** είναι μία λίμνη που δημιουργήθηκε με σκοπό τη συγκέντρωση νερού για την ύδρευση της Αθήνας. Σχηματίστηκε από την ανέγερση του Φράγματος του Μαραθώνα στη συμβολή των χειμάρρων Χαράδρα και Βαρνάβα και σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων από την κωμόπολη Μαραθώνα Αττικής (e-marathon.gr).

Το 1925 ξεκίνησε η κατασκευή των πρώτων σύγχρονων έργων ύδρευσης στην περιοχή της Αθήνας. Την ίδια χρονιά υπογράφηκε σύμβαση μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου, της Αμερικανικής Εταιρείας ULEN και της Τράπεζας Αθηνών για τη χρηματοδότηση και κατασκευή έργων ύδρευσης της Πρωτεύουσας από τη λεκάνη απορροής της Πάρνηθας. Η εποπτεία της κατασκευής των έργων πραγματοποιήθηκε από την Ανώνυμη Ελληνική Εταιρεία Υδάτων (ΕΕΥ), η οποία συστάθηκε για το σκοπό αυτό. Το πρώτο μεγάλο έργο ήταν η κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα. Για την κατασκευή του φράγματος που ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1926 και ολοκληρώθηκε το 1929 εργάστηκαν περίπου 900 άνθρωποι.



Εικόνα 3. Το φράγμα του Μαραθώνα μετά την ολοκλήρωση των εργασιών του. Φωτογραφία του 1930.
(Πηγή: Λάμπρου Ι. 1998)

Το φράγμα είναι τοξωτό με επένδυση από Πεντελικό μάρμαρο, ιδιαιτερότητα που του προσδίδει μοναδικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Για τη μεταφορά του νερού από το Μαραθώνα στην Αθήνα κατασκευάστηκε η σήραγγα του Μπογιατίου, μήκους 13,4 χλμ. Τα δύο παραπάνω έργα μαζί με το Υδραγωγείο Γαλατσίου και το δίκτυο διανομής Αθήνας και Πειραιά, που επίσης κατασκευάστηκαν αυτήν την περίοδο, αποτελούν την πρώτη οργανωμένη προσπάθεια για την ορθολογική ύδρευση της Αθήνας (www.eydap.gr).

Η Λίμνη του Μαραθώνα ήταν το κυριότερο απόθεμα νερού για την ύδρευση της Αθήνας από το 1931, οπότε άρχισε να δίνει νερό, μέχρι το 1959. Το 1959 άρχισε να λειτουργεί σύνδεση παροχής από τη λίμνη Υλίκη, ενώ από το 1981 το περισσότερο νερό για την ύδρευση της ελληνικής πρωτεύουσας προέρχεται από την τεχνητή Λίμνη του Μόρνου. Σήμερα πλέον όλο το νερό της Λίμνης Μαραθώνα δεν θα επαρκούσε παρά μόνο για λίγες ημέρες υδροδοτήσεως της Αθήνας (*e-marathon.gr*).

2.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος Μαραθώνα

- Τύπος Φράγματος: Βαρύτητας από σκυρόδεμα
- Μέγιστο ύψος Φράγματος: 54 μ.
- Μέγιστο ύψος Φράγματος (από στάθμη θεμελίωσης): 62,5 μ.
- Μέγιστο πλάτος στη βάση: 48 μ.
- Πλάτος στέψης: 4,5μ.
- Μήκος στέψης: 285 μ.
- Υψόμετρο στέψης: + 227 μ.υ.θ.
- Υψόμετρο πόδα (κατώτερο σημείο): + 173 μ.υ.θ.
- Στάθμη υπερχειλιστή: + 223 μ.υ.θ.
- Παροχή υπερχειλιστή: 520 κ.μ. νερού/δευτ.
- Όγκος υλικού Φράγματος: 180.000 κ.μ. νερού (σκυροδέματος και λιθοδομής)

2.3.2 Χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Μαραθώνα

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχείλισης: 2,45 τετραγ. Χιλιόμετρα
- Λεκάνη απορροής: 118 τετραγ. Χιλιόμετρα
- Μέση εισροή: 21 εκατ. κ.μ. νερού/έτος
- Μέση βροχόπτωση: 680 χιλ./έτος (τυπ. απόκλιση 208 χιλ./έτος)
- Μέση εκροή: 19 εκατ. κ.μ. νερού/έτος
- Μέγιστη χωρητικότητα: 41 εκατ. κ.μ. νερού
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος: 34 εκατ. κ.μ. νερού
- Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 186 μ.υ.θ.

- Όπου μ.υ.θ. (μέτρα από τη στάθμη της θάλασσας) (el.wikipedia.org/wiki).

2.4 Εθνικό Πάρκο Σχινιά-Μαραθώνα

Ο όρος «Εθνικό Πάρκο» είναι μετάφραση του διεθνούς όρου «National Park». Ο όρος αυτός καθιερώθηκε στις ΗΠΑ ,όπου ιδρύθηκε το πρώτο Εθνικό Πάρκο στον κόσμο, το 1864, στην περιοχή Yosemite της Καλιφόρνιας.

Σύμφωνα με τις αποφάσεις της Διεθνούς Ένωσης για την Προστασία της Φύσης (IUCN), ο ορισμός του Εθνικού Πάρκου είναι ο εξής: *"Ένα Εθνικό Πάρκο πρέπει να είναι μια περιοχή όπου ένα ή περισσότερα οικοσυστήματα δεν έχουν καταστραφεί από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπου είδη φυτών και ζώων , γεωμορφικοί σχηματισμοί και βιότοποι παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον , από επιστημονική και μορφωτική άποψη ,και επιπλέον υπάρχουν φυσικά τοπία ιδιαίτερης ομορφιάς."*

Σε ένα Εθνικό Πάρκο οι υπεύθυνες υπηρεσίες της χώρας είναι υποχρεωμένες να πάρουν μέτρα για να εξαλείψουν, όσο το δυνατόν γρηγορότερα ,την εκμετάλλευση ή την παράνομη κατοχή γης σε όλη την περιοχή και να επιβάλλουν το σεβασμό για τα οικολογικά, γεωμορφολογικά και αισθητικά χαρακτηριστικά της (3sek-anttik.att.sch.gr).

Το πάρκο ιδρύθηκε το 2000. Ο σκοπός του είναι να προστατεύει μία μοναδική χερσαία και θαλάσσια περιοχή, με μεγάλη ποικιλία ενδιαιτημάτων και πολυάριθμα σημαντικά είδη φυτών και ζώων. Χάρη σε αυτά, το Εθνικό Πάρκο έχει ενταχθεί στο Οικολογικό Δίκτυο Περιοχών Natura 2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (GR 3000003). Τις εποχές της αποδημίας, ένα μεγάλο πλήθος μεταναστευτικών πουλιών καταφτάνει στο έλος του Σχινιά -έναν από τους πιο μεγάλους εναπομείναντες υγρότοπους στη Νότια Ελλάδα. Ανάμεσά τους, πολλά απειλούμενα είδη, όπως ο *Αργυροτσικνιάς*, η *Βαλτόπαπια* και η *Χαλκόκοτα* (argo.in.gr, 2010).

2.4.1 Το οικοσύστημα του πάρκου

Ένας υγροβιότοπος, ένα παράλιο πευκοδάσος, μία πηγή, μία χερσόνησος, ένας λόφος και ένας μαγευτικός όρμος. Αυτό είναι το ανάγλυφο τοπίο που συνθέτει το σημαντικότερο παράκτιο οικοσύστημα της Αττικής. Μια έκταση 13,84 τετραγωνικών χιλιομέτρων στην οποία ο ρόλος του νερού είναι κυρίαρχος καθώς ξεκινά από πηγές και ρέει προς τη θάλασσα συντηρώντας έλη, λίμνες και ρυάκια. Στο Εθνικό Πάρκο Σχινιά μπορεί κανείς να συναντήσει αλεπούδες, ασβούς, σκαντζόχοιρους, λαγούς, ερπετά, χελώνες, βάτραχους.

Κάθε χρόνο προσελκύει χιλιάδες επισκέπτες για αναψυχή (απόλαυση ακτών, κολύμπι, θαλάσσια σπορ), την παρατήρηση πτηνών και την απόλαυση του τοπίου.

Η περιοχή ανήκει στο δίκτυο Natura 2000 με κωδικό αριθμό GR 3000003 με συνολικά 19 τύπους ενδιαιτημάτων, 115 είδη πτηνών με δυνητική ποικιλότητα 215 ειδών ενώ υπάρχουν απειλούμενα είδη ψαριών γλυκού νερού, αμφιβίων και ερπετών. Το Εθνικό Πάρκο Σχινιά αποτελείται από τα ακόλουθα οικοσυστήματα:

1. Πευκοδάσος Σχινιά: Το παράλιο πευκοδάσος (ένα από τα ελάχιστα εναπομείναντα στην Ευρώπη) βρίσκεται μεταξύ του υγροτόπου και της θάλασσας, σε αμμώδη έκταση με αμμοθίνες και είναι ένα από τα τρία δάση κουκουναριάς στην Ελλάδα. Η κουκουναριά (*Pinus pinea*) με τη χαρακτηριστική κόμη που θυμίζει ομπρέλα, εξαπλώνεται κυρίως στα δυτικά του δάσους, ενώ προς τα ανατολικά συνυπάρχει με τη χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis*), η οποία σταδιακά την αντικαθιστά.

2. Χερσόνησος Κυνοσούρα: Η χερσόνησος Κυνοσούρα και ο λόφος της Δρακονέρας είναι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, που διαθέτουν θαμνώδη, μεσογειακή βλάστηση με κυρίαρχο είδος τον θάμνο *Juniperus phoenicea*. Η χερσόνησος της Κυνοσούρας έχει υποστεί ελάχιστες αλλοιώσεις και παρουσιάζει υψηλή βιοποικιλότητα. Στη χλωρίδα περιλαμβάνεται και το ενδημικό γεώφυτο *Fritillaria obliqua subsp. obliqua*, υποείδος που κινδυνεύει να εξαφανιστεί.

3. Μακαρία Πηγή: Η Μακαρία Πηγή αναβλύζει στο βορειοδυτικό άκρο του Εθνικού Πάρκου, συντηρώντας δύο λίμνες γλυκού έως υφάλμυρου νερού. Οι λίμνες διαθέτουν υδρόβια και παρόχθια βλάστηση με καλάμια. Εκεί ζει ένα μικρό ενδημικό ψάρι, η ντάσκα, με την επιστημονική ονομασία *Pseudophoxinus stymphalicus subsp.*

marathonicus. Η φυσική ροή της πηγής έχει πλέον αποκατασταθεί και σήμερα ο κύριος όγκος των νερών της ρέει προς τον υγρότοπο μέσω του κωπηλατοδρομίου. Στο τεχνητό κανάλι που παροχέτευε παλιότερα το σύνολο των νερών της πηγής στη θάλασσα, διοχετεύεται σήμερα οικολογική παροχή, για να διατηρηθεί η βλάστηση που αναπτύχθηκε, όπως τα υδροχαρή φυτά στην επιφάνεια των νερών και τα φύκη του γένους *Chara* στο βυθό του καναλιού.

4. Υγρότοπος Σχινιά: Με γλυκό, υφάλμυρο και αλμυρό νερό, καλαμιώνες, αλμυρίκια, αλοφυτική βλάστηση και υγρά λιβάδια, ο οποίος κατακλύζεται περιοδικά. Απαντάται μεγάλη ποικιλία απειλούμενης ορνιθοπανίδας, όπως τα είδη *Ardea purpurea*, *Ardeola ralloides*, *Circus aeruginosus*, *Circus pygargus*, *Cisticola juncidis*, *Egretta garzetta*, *Ixobrychus minutus*, *Plegadis falcinellus*.

5. Λίμνη Στόμι: Το χαμηλότερο τμήμα του υγροτόπου, στην ανατολική του άκρη, πλημμυρίζει εποχικά με αλμυρό νερό. Στην περιοχή συναντώνται το σπάνιο ορχεοειδές *Orchis palustris* και απειλούμενα υδρόβια πουλιά, όπως τα είδη *Phoenicopterus ruber*, *Falco naumanni* και *Himantopus himantopus*.

6. Κόλπος Σχινιά: Στον αμμώδη βυθό του είναι παρούσα η ποσειδωνία (*Posidonia oceanica*), φυτό που αναπτύσσεται μόνο σε καθαρά νερά. Στα υποθαλάσσια λιβάδια της ποσειδωνίας ζει και αναπαράγεται μεγάλη ποικιλία θαλάσσιας πανίδας. Προς την βραχώδη πλευρά της Κυνοσούρας, αναπτύσσεται διαφορετική υποθαλάσσια βλάστηση με ανώτερα φύκη (visitmarathon.gr).

2.4.2 Το δάσος Σχινιά-Μαραθώνα

Το δάσος του Σχινιά -Μαραθώνα βρίσκεται στο Β.Α.τμήμα της Αττικής ,σε απόσταση 45χλμ. από την Αθήνα και καταλαμβάνει την παραλιακή ζώνη της περιοχής μήκους 3χλμ και πλάτους 450μ.περίπου. Βόρεια και ανατολικά του δάσους εκτείνεται το έλος του Μαραθώνα και πέρα από το έλος υπάρχουν καλλιέργειες και λοφοειδείς ασβεστολιθικοί σχηματισμοί καλυπτόμενοι από θάμνους και φρύγανα. Δυτικά εκτείνεται η πεδιάδα του Μαραθώνα.

Η περιοχή περιλαμβάνει μία ποικιλία βιότοπων και υγροβιότοπων οι οποίοι είναι μοναδικοί για την Αττική και σπάνιοι για τον Ελλαδικό χώρο. Σε μικρή σχετικά έκταση συνυπάρχουν η βλάστηση των αμμωδών παραλίων, το δάσος της *Pinus pinea* – *P.halepensis* (κουκουναριές), η βλάστηση των υγροβιότοπων (με γλυκά και υφάλμυρα νερά) και η θαμνώδεις βλάστηση των γύρω λόφων .Χωρίς να αποτελεί αντικείμενο της εργασίας αυτής αξίζει να σημειωθεί η ύπαρξη στην περιοχή μιας πλούσιας πανίδας (κυρίως ορνιθοπανίδα).

Η περιοχή του Σχινιά ακόμη και σήμερα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από οικολογική άποψη, αφενός λόγω της ποικιλίας και σπανιότητας των βιότοπων και υγροβιότοπων της και αφετέρου γιατί έχει έντονα υποβαθμιστεί και κινδυνεύει να καταστραφεί εντελώς από τις συνεχιζόμενες με αυξανόμενο ρυθμό ανθρώπινες επεμβάσεις (3sek-an-attik.att.sch.gr).



***Εικόνα 4.** Άποψη του δάσους Σχινιά από την παραλία.*

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

3.1 Γεωλογία περιοχής

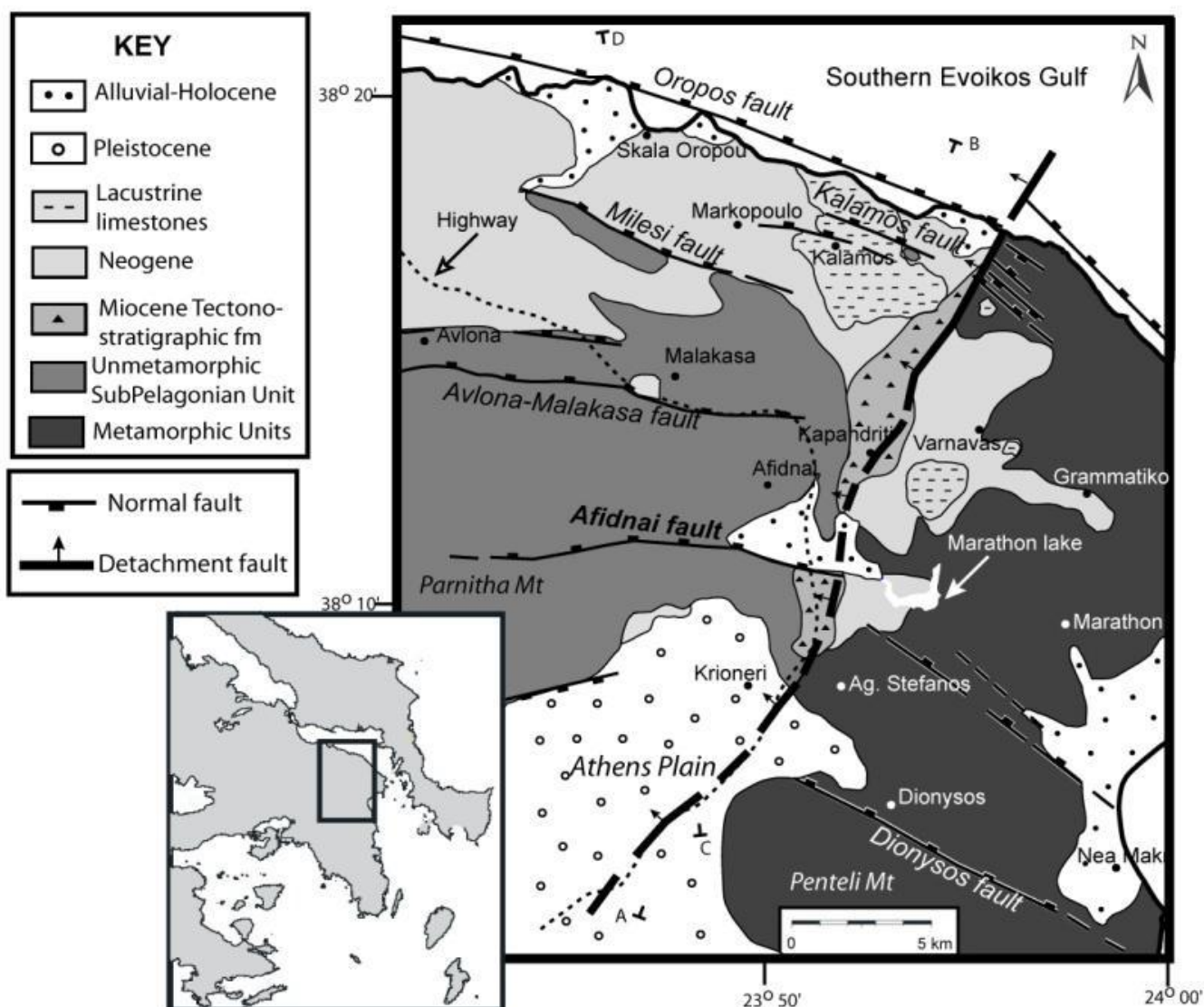
Η περιοχή μελέτης δομείται από αλπικούς και μεταλπικούς σχηματισμούς και αποθέσεις. Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής αναγνωρίστηκε τόσο από επιτόπιες παρατηρήσεις, όσο και από την υπάρχουσα βιβλιογραφία για την ευρύτερη περιοχή.

Το κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η θέση της, η οποία βρίσκεται κατά μήκος μίας πολύ σημαντικής εγκάρσιας τεκτονικής ζώνης του Ελληνικού τόξου, που διαχωρίζει μεταμορφωμένα πετρώματα προς τα νοτιοδυτικά (περιοχές Μαραθώνα – Πεντέλης) από αμεταμόρφωτα πετρώματα προς τα βορειοδυτικά (περιοχές Πάρνηθας).

Ο Μαραθώνας βρίσκεται στο ρηξιτέμαχος της ΒΑ Αττικής το οποίο οριοθετείται στα βόρεια από το ρήγμα του Ωρωπού και στα νότια από των Αφιδνών, με κατεύθυνση προς τα ΝΔ. Οι λεκάνες απορροής των υδρογραφικών δικτύων που απαντώνται στην περιοχή είναι έντονα ασύμμετρες λόγω των ενεργών ρηγμάτων με διευθύνσεις ροής των ρεμάτων παράλληλες ή εγκάρσιες προς τα ρήγματα αυτά. Στην περιοχή μελέτης μάλιστα εντοπίζεται ένα ρήγμα αποκόλλησης δυτικά της λίμνης του Μαραθώνα, το οποίο χωρίζει το ρηξιτέμαχος σε ανατολικό και δυτικό και αποτελεί στην ουσία το όριο των μεταμορφωμένων ενοτήτων (ανατολικά) και των αμεταμόρφωτων (δυτικά). Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρήγμα της περιοχής διότι επηρεάζει όχι μόνο τη γεωμετρία, το είδος και την ένταση της παραμόρφωσης αλλά και τη σεισμικότητα της περιοχής με βάση τον ΕΑΚ 2003 (*Papanikolaou and Papanikolaou, 2007*).

Τα ενεργά ρήγματα δυτικά της λεκάνης έχουν διεύθυνση Α-Δ, ενώ στα νοτιοανατολικά έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Τα ρήγματα αυτά καταβυθίζουν ολόκληρη την περιοχή κατά 2km. Οι αλπικοί σχηματισμοί που βρίσκονται στην κορυφή της Πάρνηθας στα 1400m υψόμετρο, εντοπίζονται κατά μήκος της ακτής του Ωρωπού κάτω από την στάθμη της θάλασσας καλυμμένα από Τεταρτογενή και Νεογενή ιζήματα.

Το ρήγμα των Αφιδνών ανήκει στην πρώτη κατηγορία και είναι ένα κανονικό ρήγμα χαμηλού ρυθμού ολίσθησης με μήκος 14km. Αυτήν η κατηγορία ρηγμάτων δίνει μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους σεισμούς (1938 Ωρωπός $M=6.0$, 1999 Αθήνα $M=5.9$ κτλ), ενώ τα ρήγματα που έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ είναι μικρότερα με μικρότερους ρυθμούς ολίσθησης και παράγουν μικρού έως μεσαίου μεγέθους σεισμικές δονήσεις (*Paranikolaou and Lozios, 1990*). Το ρήγμα των Αφιδνών συνδέει τη νότια περιοχή της πεδιάδας των Αφιδνών με το βόρειο τμήμα του Αθηναϊκού λεκανοπεδίου. Δεδομένου ότι μεταξύ αυτών των δύο λεκανών υπάρχει υψομετρική διαφορά 120m, υπολογίζεται ρυθμός ολίσθησης 0.08-0.12mm/yr στην άκρη του ρήγματος, επομένως φαίνεται να υποεκτιμάται. Η λεκάνη κατάκλυσης του ταμειυτήρα του Μαραθώνα βρίσκεται στο κατερχόμενο τέμαχος του ρήγματος. Από το Μ.Πλειστόκαινο το λεκανοπέδιο δεν έχει διαφοροποιηθεί ιδιαίτερα. Μία μόνο σημαντική μεταβολή συνέβη κατά την περίοδο αυτή, η οποία οφείλεται είτε στην ενεργοποίηση του ρήγματος των Αφιδνών, είτε στην αύξηση της δραστηριότητάς του. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται στη διαμόρφωση του βόρειου τμήματος της λεκάνης απορροής του Κηφισού ποταμού, όπου τα περισσότερα ρέματα λόγω της κίνησης του ρήγματος και της αλλαγής της γενικής κλίσης ρέουν από την Πάρνηθα προς ΝΑ (*Paranikolaou and Paranikolaou, 2007*). Οι επιφάνειες επιπέδωσης που παρατηρούνται νότια του Κρυονερίου σχηματίστηκαν λόγω της κίνησης του ρήγματος κατά το Μ.Πλειστόκαινο, όταν σταμάτησε να δρα το ρήγμα του Καματερού, το ρήγμα των Αφιδνών ενεργοποιήθηκε, ή η παραμόρφωση μετατέθηκε στο ρήγμα αυτό και αύξησε τον ρυθμό ολίσθησης του.



Χάρτης 1. Πρόσφατος γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Μαραθώνα (Πηγή: Papanikolaou and Papanikolaou, 2007).

Η ευρύτερη περιοχή της πεδιάδας του Μαραθώνα στο χώρο της Ανατολικής Αττικής από γεωτεκτονική άποψη ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και ιδιαίτερα στα σύνορα αυτής με την Αττικοκυκλαδική ζώνη προς τα ανατολικά (Μουντράκης, 1985).

Η γεωλογική συγκρότηση της περιοχής είναι πολύπλοκη, όπως προκύπτει από στοιχεία γεωερευνητών. Από τα κατώτερα προς τα ανώτερα μέλη διακρίνονται:

- Οι **σχηματισμοί της Αυτόχθονης Ενότητας Αλμυροποτάμου Αττικής**, οι οποίοι ανήκουν παλαιογεωγραφικά στη ζώνη Γαβρόβου - Τριπόλεως και προβάλλουν μέσα από τεκτονικά παράθυρα. Περιλαμβάνουν ποικιλίες σχιστολίθων, αμφιβολιτών και μαρμάρων Κάτω - Μέσου Τριαδικού, μαρμάρων με παρεμβολές πυριτιολίθων, δολομιτών και ασβεστόλιθων Μεσοζωικού - Μέσου-Ηωκαίνου, καθώς και μεταφλύσχη με ενστρώσεις μαρμάρων ηλικίας Μέσου-Ηωκαίνου.
- Οι **Ενδιάμεσοι σχηματισμοί**, οι οποίοι ανήκουν στις Εξωτερικές Ελληνίδες και αποτελούνται από δύο επιμέρους ενότητες:
 1. Την **ενότητα του νεοτεκτονικού καλύμματος**, η οποία αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα κυρίως σχιστόλιθους με παρεμβολές μαρμάρων, σιπολινών, σερπεντινών και κρυσταλλικών ασβεστόλιθων.
 2. Την **ενότητα των Αφιδνών**, η οποία αποτελείται από μη μεταμορφωμένα φλυσχοειδή ηλικίας Κρητιδικού - Παλαιοκαίνου, τα οποία επωθούνται επί των σχηματισμών της ενότητας του νεοτεκτονικού καλύμματος.
- Οι **σχηματισμοί της Πελαγονικής Ζώνης**, οι οποίοι αποτελούνται από αργιλοσαμμιτικά ιζήματα με ενστρώσεις ασβεστόλιθων, ηλικίας Αιθανθρακοφόρου - Αν. Κρητιδικού, καθώς επίσης και φλύσχη του Αν. Μαιστριχτίου - ΓΤαλαιοκαίνου. Έχουν επωθηθεί επί των ενδιάμεσων σχηματισμών.

- **Οι σχηματισμοί του Νεογενούς**, οι οποίοι περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία τόσο κλαστικών ιζημάτων (κροκαλοπαγών, λατυποπαγών, άμμων, αργίλων), όσο και μη κλαστικών ιζημάτων (μαργαϊκών και τραβερτινοειδών ασβεστόλιθων), τα οποία αποτέθηκαν σε χερσοποτάμιο, ποταμολιμναίο και λιμναίο περιβάλλον.
- **Οι σχηματισμοί του Τεταρτογενούς**, κυρίως χονδροκλαστικά ιζήματα στις ψηλότερες και περιθωριακές ζώνες και λεπτοκλαστικά ιζήματα στις χαμηλότερες περιοχές.

Εξίσου πολύπλοκη είναι και η τεκτονική δομή της περιοχής αυτής η οποία περιλαμβάνει:

- Πτυχωσιγενείς δομές με εναλλασσόμενα σύγκλινα και αντίκλινα
- Ρηξιγενείς δομές

Στον οριακό χώρο της πεδιάδας του Μαραθώνα με τη λοφώδη ζώνη της Ανατολικής Αττικής επικρατούν σχηματισμοί μαρμάρων με εναλλαγές σχιστολίθων. Τα μάρμαρα είναι αποκαρστωμένα και έχουν επιφανειακούς και υπόγειους καρστικούς σχηματισμούς. Οι επιφανειακοί είναι κοιλάματα πληρωμένα με ερυθρόχροα κλαστικά ιζήματα, προϊόντα διάλυσης των μαρμάρων. Οι υπόγειοι διαπιστώνονται από την εκφόρτιση καρστικών πηγών στο χαμηλό οριακό χώρο της πεδιάδας, όπως η Δρακονέρα και η Μακάρια στο έλος του Σχινιά και το Μάτι στο έλος της Μπρεξίζας. Η πεδιάδα έχει πληρωθεί με μεγάλης ποικιλίας κλαστικά ιζήματα χερσοποτάμια, ποταμολιμναία, λιμνοθαλάσσια και θαλάσσια, ολοκαινικής ηλικίας, τα οποία βρίσκονται πάνω από ψαμμιτομαργαϊκά ιζήματα προ-ολοκαινικής ηλικίας.

3.2 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

Ο κόλπος του Μαραθώνα έχει μήκος ακτογραμμής περίπου 11km. Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από ήπιο τεκτονισμό, μεσογειακό τύπο κλίματος και σχετικά χαμηλή κυματική ενέργεια. Ο ποταμός Χάραδρος ή Οινόης εκβάλει στην περιοχή της παραλίας του Σχοινιά και παίζει καθοριστικό ρόλο στη γεωμορφολογία της περιοχής. Κατά το παρελθόν μετέφερε σημαντικές ποσότητες ιζημάτων, οι οποίες ελαττώθηκαν σημαντικά από το 1929, δηλαδή από την κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα. Η κορυφή του δέλτα βρίσκεται περίπου 2km από την ακτογραμμή. Σήμερα, ο ποταμός διακλαδώνεται πριν τις εκβολές του δημιουργώντας το ρέμα Σεχρί, με βάθος περίπου 2m, το οποίο δεν λειτουργεί εδώ και μερικές δεκαετίες και το ρέμα Καινούργιο.

Η περιοχή της παραλιακής ζώνης του Όρμου του Σχοινιά, περιλαμβάνει στο βόρειο τμήμα της πεδία αμμοθινών καθώς και το πευκόδασος του Σχινιά, με μήκος περίπου 3 km και πλάτος 450 m. Στο νότιο τμήμα της τοποθετείται μια αλλουβιακή σχεδόν επίπεδη πεδιάδα η οποία φτάνει μέχρι τις εκβολές του Χάραδρου ποταμού.

Ο ευρύτερος χερσαίος παράκτιος χώρος του Κόλπου Μαραθώνα αποτελείται από Τεταρτογενείς αποθέσεις (περιοχή έλους Μαραθώνα, δελταϊκούς σχηματισμούς, πεδία θινών), οι οποίες προς βορρά περικλείονται από τα Μάρμαρα του Μαραθώνα (Κατ. Κρητιδικό) και ανατολικά από τα μάρμαρα Αγίας Μαρίνας (Αν. Κρητιδικό), που ανήκουν στην σχετικά αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου Αττικής (Καρκάνας κ.ά., 2002).

Η περιοχή μελέτης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι αποτελεί παράδειγμα έντονων γεωμορφολογικών αλλαγών και ανθρωπογενών επεμβάσεων. Η ελάττωση της στερεοπαροχής του ποταμού λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων, όπως η κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα, οι εκτεταμένες αμμοληψίες από την κοίτη του ποταμού Οινόη, καθώς και η επέκταση του αρδευτικού δικτύου της πεδιάδας έχουν αλλοιώσει τα φυσιογραφικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της πεδιάδας. Για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος των βιο-υδροτόπων του Μαραθώνα από την παράνομη επιχωμάτωση, την καταπάτηση και την άναρχη δόμηση, η Ελληνική Κυβέρνηση ανακήρυξε την περιοχή ως Natura 2000.

Η ανθρώπινη παρέμβαση πέραν της κατασκευής του φράγματος μέχρι και τα μέσα του προηγούμενου αιώνα ήταν περιορισμένη. Τις τελευταίες όμως δεκαετίες υπήρξε σχετικά αυξημένη εκμετάλλευση της παράκτιας χερσαίας περιοχής με τη λειτουργία στρατιωτικών εγκαταστάσεων και αεροδρομίου, ενώ πολύ κοντά στον αιγιαλό κτίστηκαν παραθεριστικές κατοικίες, ταβέρνες και ξενοδοχεία. Τέλος, η πλέον πρόσφατη και πιο δραστική επέμβαση στην παράκτια ζώνη είναι το κωπηλατοδρόμιο, που φτιάχτηκε για τους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2004, το οποίο άλλαξε δραστικά την εικόνα της περιοχής με νέους δρόμους, χώρους στάθμευσης και εγκαταστάσεις. Οι ορεινοί όγκοι που οριοθετούν την περιοχή μελέτης συνίσταται από ασβεστόλιθους και αργιλικούς σχιστόλιθους Μεσοζωικής ηλικίας που ανήκουν στην γεωτεκτονική ενότητα της Βορειοανατολικής Αττικής και αποτελούν ακολουθία μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Οι σχηματισμοί του Τεταρτογενούς περιλαμβάνουν τις αλλουβιακές αποθέσεις του Οινόη ποταμού. Οι σχηματισμοί αυτοί διακρίνονται σε Πλειστοκαινικής ηλικίας συνεκτικά πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, λεπτομερείς προσχωματικές αποθέσεις Πλειστοκαινικής ηλικίας με διάσπαρτες κροκάλες που συχνά αποτελούν υλικά ποτάμιων αναβαθμίδων, ασύνδετα Ολοκαινικά κορήματα που αποτελούνται από γωνιώδη και αδρομερή υλικά, και Ολοκαινικής ηλικίας χαλαρές ποτάμιες και χειμάριες αποθέσεις από άμμους, κροκάλες και λατύπες που εμφανίζονται κατά μήκος των ποτάμιων κοιτών. Τα Πλειστοκαινικής και Ολοκαινικής ηλικίας κορήματα και κώνοι κορημάτων καλύπτουν τις κλιτείες μεγάλης κλίσης και τις ρηξιγενείς ζώνες (Παυλόπουλος, Καψιμάλης, 2010, Baeteman, 1985).

3.3 Τεκτονική και Νεοτεκτονική

Η νεοτεκτονική δομή της μεγάλης κλίμακας της ευρύτερης περιοχής περιλαμβάνει τη διάκριση των μεταλλικών αποθέσεων από το αλπικό υπόβαθρο καθώς και τα μεγάλα ενεργά ρήγματα, των οποίων το μήκος ξεπερνά τα επτά με οχτώ χιλιόμετρα, και επομένως το σεισμικό τους δυναμικό ξεπερνά το μέγεθος 5. Η γενική διάταξη των ρηγμάτων στην περιοχή της Δυτικής Αττικής, στην περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου όπου εντάσσονται και τα ρήγματα που ενεργοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς του 1981, μεγέθους 6.5 έως 7, έχουν διεύθυνση ΑΒΑ – ΔΝΔ, τα οποία στο χώρο της Πάρνηθας περνάνε σε διεύθυνση Α-Δ και προς τα ανατολικά προς το Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο η διεύθυνσή τους γίνεται ΒΔ – ΝΑ (Λόζιος, 1993).

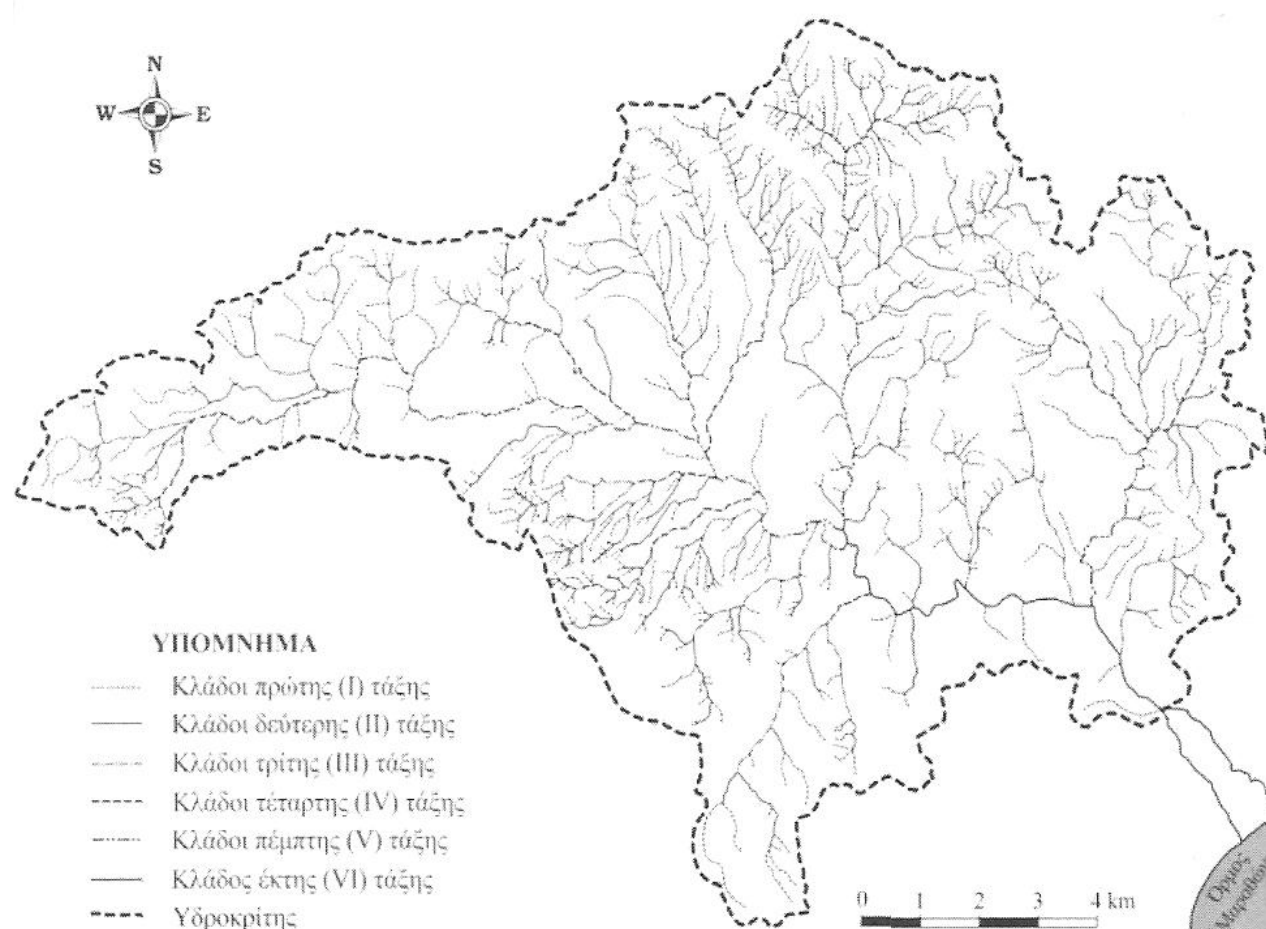
Η αλλαγή αυτή της διεύθυνσης σε τρεις περίπου ζώνες συνοδεύεται από μικρότερα σχετικά μεγέθη σεισμικού δυναμικού στην πλευρά του Νότιου Ευβοϊκού, όπου το μέγεθος φθάνει έως το μέγεθος 6, όπως ο σεισμός του Ωρωπού το 1938. Η τεκτονική δομή της Αττικής, εκτός από την παραπάνω διάταξη των νεοτεκτονικών ρηγμάτων, χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μιας μεγάλης τεκτονικής ζώνης, που χωρίζει τους ορεινούς όγκους της Πάρνηθας και Αιγάλεω προς τα βορειοδυτικά από τους αντίστοιχους ορεινούς όγκους Πεντέλης – Υμηττού προς τα νοτιοανατολικά, οι οποίοι και δομούνται από τελείως διαφορετικά πετρώματα και ανήκουν σε διαφορετικές γεωτεκτονικές ενότητες. Συγκεκριμένα, η ΝΑ Αττική περιλαμβάνει μεταμορφωμένα πετρώματα από μάρμαρα, σχιστόλιθους κ.λπ., που αποτελούν μια συμπαγή μάζα, η οποία βυθίζεται προς τα βορειοδυτικά κάτω από τα μη μεταμορφωμένα ιζηματογενή πετρώματα της ΒΔ Αττικής, που αποτελούνται κυρίως από ασβεστόλιθους.

3.4 Οινός (ή Χάραδρος) ποταμός

Ο Οινός ή Χάραδρος ποταμός βρίσκεται στη ΒΑ Αττική. Το συνολικό μήκος της κεντρικής κοίτης του είναι 31 km και η λεκάνη απορροής του 177,2 km². Οριοθετείται στα δυτικά από τον ορεινό όγκο της Πάρνηθας και στα νότια από το Πεντελικό όρος.

Στην περιοχή των εκβολών του, έχει σχηματιστεί ένα αλλουβιακό ριπίδιο που ουσιαστικά αποτελεί την παράκτια πεδιάδα του Μαραθώνα. Η πεδιάδα έχει ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση με επιμήκη μορφή και διαιρείται από τον Οινόη ποταμό σε δύο τμήματα. Νοτιοδυτικά του αλλουβιακού ριπιδίου εκτεινόταν μια ελώδης περιοχή που αποξηράνθηκε εδώ και λίγες δεκαετίες. Στα ανατολικά, βρίσκεται το έλος του Μαραθώνα, που χωρίζεται από τη θάλασσα με μια λωρίδα άμμου, στο οποίο αναπτύσσονται χαμηλές παράκτιες αμμώδεις θίνες, σταθεροποιημένες με βλάστηση (Baeteman, 1985).

Το υδρογραφικό δίκτυο του Οινόη μπορεί να καταταχθεί στη δενδριτική μορφή (Howred 1967). Η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου σύμφωνα με τη μέθοδο του Strahler (1975) δείχνει ότι η κεντρική κοίτη του ποταμού εντάσσεται στην VI τάξη.

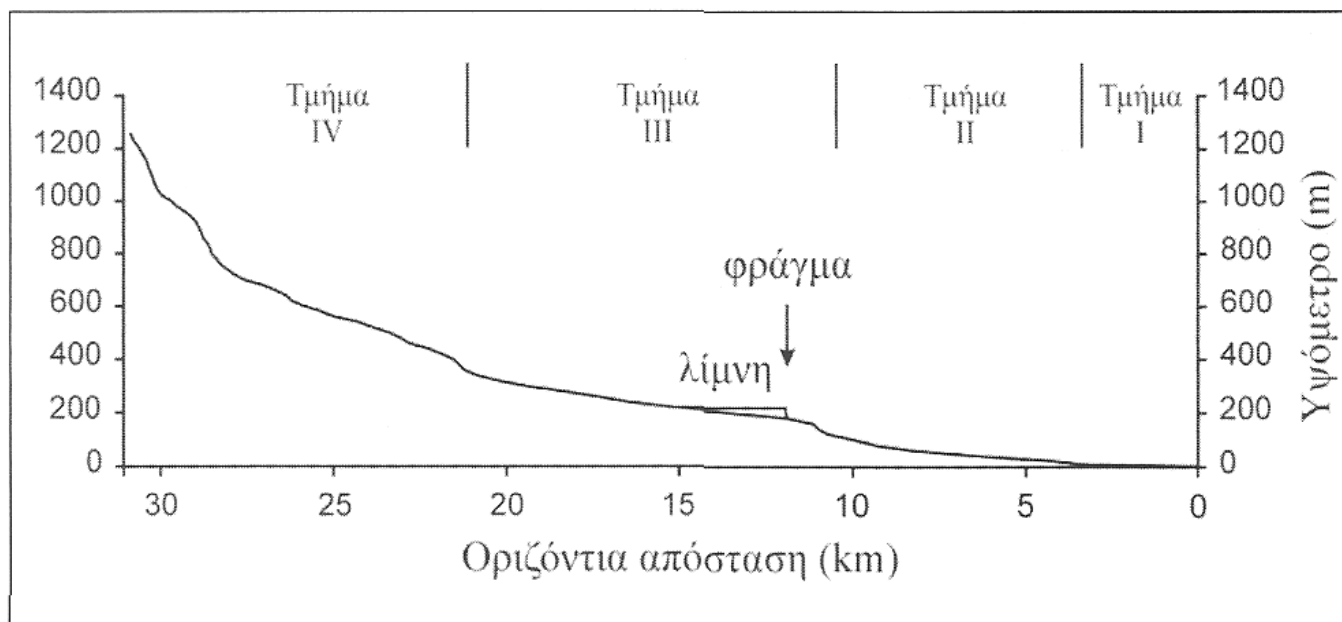


Χάρτης 3. Αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου του Οινόη ποταμού σύμφωνα με τη μέθοδο του Strahler (1957). (Πηγή: Παυλόπουλος, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ, 2005)

Από την κατά μήκος τομή της κεντρικής κοίτης του ποταμού, μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα τμήματα:

- Το πρώτο τμήμα (Τμήμα I) του ποταμού αντιστοιχεί στη διαδρομή του ποταμού στο δελταϊκό του ριπίδιο, όπου οι διαδικασίες απόθεσης ήταν έντονες μέχρι την κατασκευή του φράγματος. Μετά την λειτουργία του φράγματος οι αποθέσεις έχουν ελαχιστοποιηθεί και έχει αρχίσει η διαδικασία διάβρωσης της ακτογραμμής του ριπιδίου από τις θαλάσσιες διεργασίες (Maroukian et al. 1993).
- Το δεύτερο τμήμα (Τμήμα II) μπορεί να χαρακτηριστεί ως πεδινό ήπιων κλίσεων. Στο τμήμα αυτό της διαδρομής του ποταμού μέχρι το φράγμα, το ποτάμι ρέει σ' ένα φαράγγι βάθους 100μ. Στην επιμήκη τομή του ποταμού το όριο των δυο παραπάνω τμημάτων είναι ένα σημείο κάμψης που οφείλεται στην παρουσία εγκάρσιου στην κοίτη ρήγματος BA-NΔ διεύθυνσης. Ο σχηματισμός του φαραγγιού είναι αποτέλεσμα οπισθοδρομούσας διάβρωσης.
- Το τρίτο τμήμα (Τμήμα III) αντιστοιχεί στην τεχνητή λίμνη. Το ποτάμι σε ένα μεγάλο μήκος του διαρρέει τις αποθέσεις ενός εκτεταμένου αλλουβιακού ριπιδίου στην περιοχή των Αφιδνών. Ο σχηματισμός του ριπιδίου σχετίζεται με την αργή τεκτονική ανύψωση της ανάντη περιοχής.
- Το τέταρτο τμήμα (Τμήμα IV) χαρακτηρίζεται από μια έντονη κατά βάθος διάβρωση που έχει δημιουργήσει φαράγγι βάθους 80-120μ. Παρατηρείται τεκτονική ανύψωση της περιοχής και κατά βάθος διάβρωση των ασβεστόλιθων. Στο τμήμα της κοίτης παρατηρούνται πολλαπλά μικρά σημεία καμψής (knick-points), λόγω ρηγμάτων εγκάρσιων στη κοίτη. Κύριο χαρακτηριστικό της κοίτης στο τμήμα αυτό είναι η παρουσία αδρομερούς υλικού που φθάνει το μέγεθος των ογκόλιθων.

Επιμήκης τομή της κεντρικής κοίτης του Οινόη

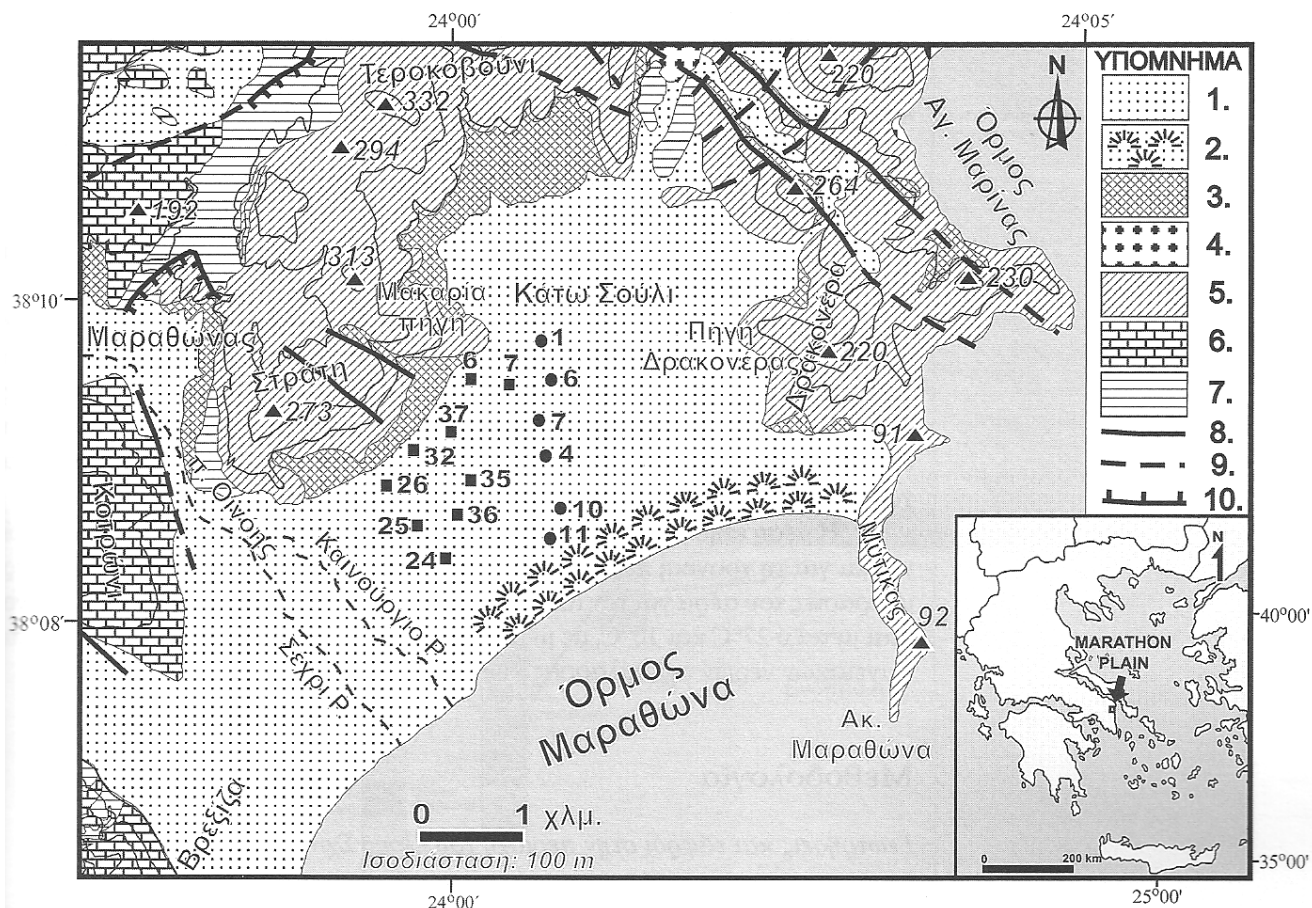


Διάγραμμα 1. Τομή κεντρικής κοίτης Οινόη ποταμού. (Πηγή: Παυλόπουλος, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ, 2005)

3.5 Γεωλογικά-Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης

Η πεδιάδα του Μαραθώνα έχει επιμήκη μορφή, με άξονα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. Οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους της Πεντέλης (στα δυτικά), τους λόφους Κοτρώνι, Στρατή και Τεροκορυφή (στα βόρεια), Δρακονέρα, Μύτικα (στα ανατολικά), ενώ η χερσόνησος Κυνοσούρα αποτελεί την νοτιοανατολική της πλευρά. Οι ορεινοί όγκοι αποτελούνται από ασβεστόλιθους και αργιλικούς σχιστόλιθους μεσοζωικής ηλικίας που ανήκουν στην γεωτεκτονική ενότητα της ΒΑ Αττικής, η οποία αποτελεί μια σχετικά αυτόχθονη ακολουθία μεταμορφωμένων πετρωμάτων (Λόζιος, 1993).

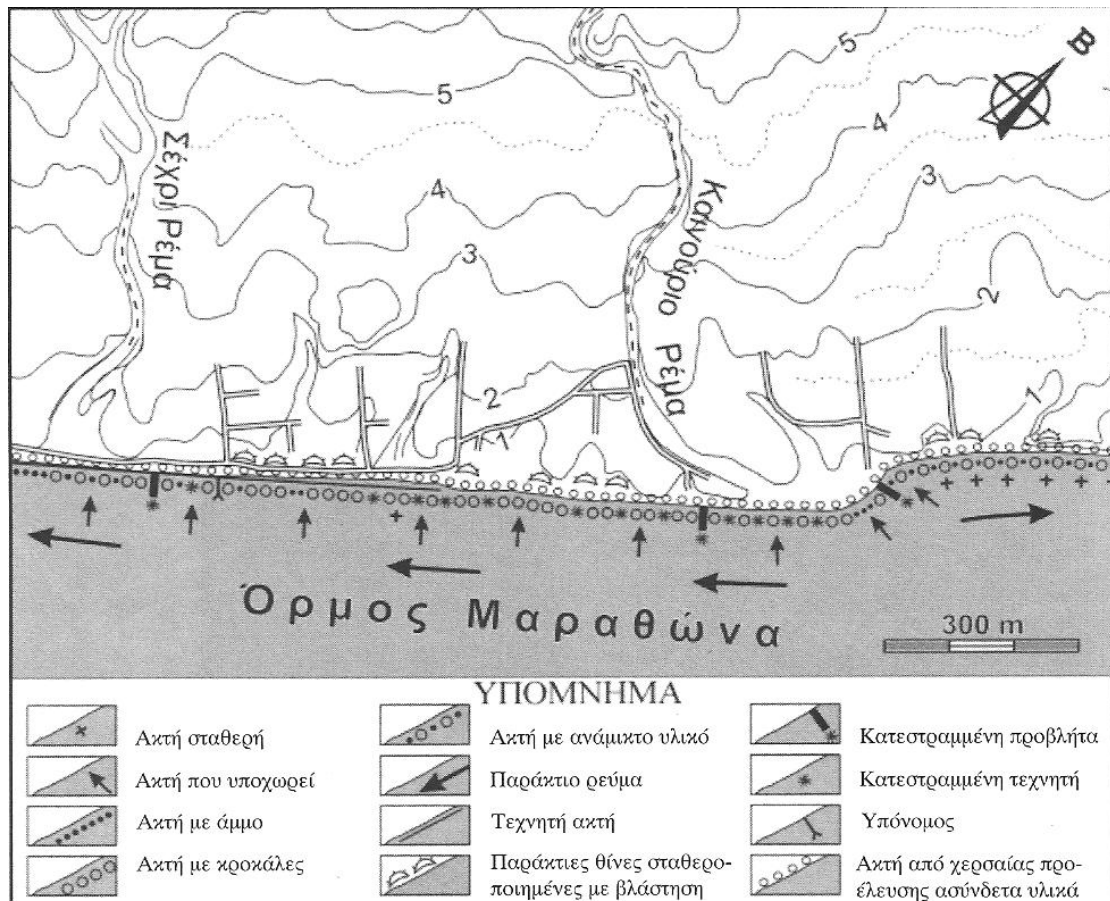
Οι αλλουβιακές αποθέσεις του Οινός και άλλων μικρότερων χειμάρρων αποτελούν τους Τεταρτογενούς σχηματισμούς. Κορήματα και κώνοι κορημάτων πλειστοκαινικής και ολοκαινικής ηλικίας καλύπτουν τις μεγάλης κλίσης κλιτείες και τις ριζιγενείς ζώνες. Στην περιοχή της πεδιάδας του Μαραθώνα χαρακτηριστική είναι η παρουσία πολλών πηγών, με σημαντικότερες την Δρακονέρα (ανατολικά) και την αρχαία πηγή Μακάρια στην κορυφή του ριπιδίου. Η πεδιάδα χωρίζεται από τον ποταμό Οινόη σε δύο τμήματα, στο ανατολικό και στο δυτικό τμήμα. Ο ποταμός έχει διαμορφώσει ένα τριγωνικής μορφής αλλουβιακό ριπίδιο (Καρκάνας, Π., Παυλόπουλος, Κ., Τριανταφύλλου, Μ., Καρύμπαλης Ε., Τσούρου Θ., Παλυβός Ν., 2004).



ΥΠΟΜΝΗΜΑ: 1. Αλλουβιακές αποθέσεις (Ολόκαινο), 2. Παράκτιες αμμώδεις θίνες (Ολόκαινο), 3. Κορήματα και κώνοι κορημάτων (Τεταρτογενές), 4. Λιμναίες αποθέσεις που αποτελούνται από μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή (Α. Μειόκαινο - Κ. Πλειόκαινο), 5. Μάρμαρα (Α. Τριαδικό - Α. Κρητιδικό), 6. Λευκά κρυσταλλικά μάρμαρα (Α. Τριαδικό), 7. Σχιστόλιθοι (κυρίως μαρμαρυγικοί και χλωριτικοί) με χαλαζιοαστριούχα πετρώματα και μεταβασίτες, 8. Ρήγμα ορατό, 9. Ρήγμα πιθανό, 10. Επώθηση.

Χάρτης 4. Γεωλογικός χάρτης πεδιάδας Μαραθώνα. (Πηγή: Λόζιος, 1993)

Όπως παρατηρήθηκε στην επιτόπια έρευνα αλλά και στον χάρτη, η ακτογραμμή του αλλουβιακού ριπιδίου του Οινόη είναι σχεδόν ευθεία. Στην ανατολική περιοχή των εκβολών του Καινούργιου ρέματος, παρατηρείται μια κάμψη της ακτογραμμής προς το εσωτερικό του χέρσου τμήματος, όπου οφείλεται στην κοκκομετρική διαφορά των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης.



Χάρτης 5. Παράκτιος γεωμορφολογικός χάρτης της ακτογραμμής μεταξύ των εκβολών του Σέχρι παλαιο-ρέματος και του Καινούργιου ρέματος του Οινόη (Πηγή: Maroukian et al. 1993)

Η κλίση σε όλο το μήκος της παράκτιας ζώνης του αλλουβιακού ριπιδίου είναι μικρή (<20%). Τα παράκτια ιζήματα αποτελούνται από αδρομερή υλικά, κυρίως κροκάλες χάλικες με διάμετρο περίπου 20 εκ. , οι οποίες συναντώνται στις εκβολές του Καινούριου ρέματος. Ανατολικά τα παράκτια ιζήματα αποτελούνται κυρίως από άμμο αναμεμιγμένη με κροκάλες και χάλικες. Στα δυτικά η αναλογία της άμμου αυξάνεται προς την εκβολή του Σέχρι ρέματος. Οι άνεμοι ΝΑ διεύθυνσης και εντάσεως 7 Beaufort προκαλούν παράκτια κυκλοφορία προς τα ανατολικά μεταφέροντας έτσι όλα τα λεπτόκοκκα υλικά από την περιοχή των εκβολών του Καινούριου ρέματος προς την αμμολωρίδα που βρίσκεται στα ανατολικά. Επίσης επικρατεί και ένα λιγότερο ισχυρό ρεύμα που μεταφέρει ιζήματα προς τα δυτικά.

Σε όλο το μήκος της ακτής, εκτός από την περιοχή εκβολής του Καινούριου ρέματος, παρατηρούνται σταθεροποιημένες καλλυμένες με θάμνους παράκτιες θίνες, με ύψος 1,5 μ. Μέρος των παράκτιων θινών διαβρώνεται εξαιτίας της υποχώρησης της ακτογραμμής από την δράση των θαλάσσιων διεργασιών (Παυλόπουλος, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ., 2005).

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

4.1 Κλίμα Αττικής

Το κλίμα της Αττικής είναι εύκρατο και εντάσσεται κλιματολογικά στον μεσογειακό τύπο κλίματος. Γενικά οι ηλιόλουστες ημέρες αποτελούν πολύ συνηθισμένο φαινόμενο ακόμα και τον χειμώνα κατά τις αλκυονίδες ημέρες. Βροχές σημειώνονται κυρίως από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο αλλά συνολικά ολόκληρο τον χρόνο τα ύψη βροχής είναι πολύ χαμηλά και δεν ξεπερνούν τα 400-450mm. Περισσότερες βροχές σημειώνονται στα ανατολικά και στα βόρεια διαμερίσματα του νομού.

Χιονοπτώσεις σημειώνονται κάθε σχεδόν χρόνο στα γύρω ορεινά της Αττικής πιο σπάνια στα βόρεια προάστια των Αθηνών και ακόμα πιο σπάνια στο κέντρο της πόλης.

Η θερμοκρασία ακόμα και τους χειμερινούς μήνες κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα με την μέση του Ιανουαρίου να κυμαίνεται στους 9,2 βαθμούς Κελσίου.

Τους καλοκαιρινούς μήνες οι θερμοκρασίες φτάνουν σε πολύ υψηλά επίπεδα και για λίγες ημέρες εμφανίζεται καύσωνας με θερμοκρασίες που ξεπερνούν ακόμα και τους 40 βαθμούς Κελσίου. Στο λεκανοπέδιο και στις πυκνοδομημένες περιοχές επικρατούν συνθήκες που επιβαρύνουν σημαντικά το ήδη θερμό φυσικό κλίμα της Αττικής. Ιδιαίτερα μετά τις τελευταίες καταστροφές από τις πυρκαγιές οι ειδικοί αναμένουν περεταίρω αύξηση της θερμοκρασίας στην Αττική κατά 2 βαθμούς Κελσίου αύξηση της ταχύτητας των ανέμων εξαιτίας της έλλειψης ψηλών δέντρων καθώς επίσης και αλλαγή στην κατανομή των βροχοπτώσεων (*Meteonews.gr*).

ΕΝΟΤΗΤΑ 5

5.1 Μεθοδολογία

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας, η οποία έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση των διάφορων γεωγραφικών προβλημάτων. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων καθώς είναι σχεδιασμένα να υποστηρίξουν τη συλλογή, τη διαχείριση, την επεξεργασία, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση και την απεικόνιση των γεωγραφικών αλλά και μη γεωγραφικών δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο και μεταβάλλονται στο χρόνο (Χαλκιάς Χ., 2003).

Για την παρούσα εργασία κρίθηκε απαραίτητη η χρήση των ΣΓΠ για την επεξεργασία, την μοντελοποίηση και την απεικόνιση των πληροφοριών που θεωρήθηκαν χρήσιμες για την γεωμορφολογική μελέτη της ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.2.1.

Για να μπορέσει να εφαρμοστεί το λογισμικό αυτό απαραίτητη ήταν η χρήση υποβάθρων που αποτέλεσαν αεροφωτογραφίες καθώς και πρωτογενή δεδομένα με χρήση GPS από την έρευνα πεδίου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στους σκοπούς της εργασίας ήταν και η διαχρονική σύγκριση της ακτογραμμής. Για την απεικόνιση της σημερινής κατάστασης χρησιμοποιήθηκε GPS και ακολουθήθηκε η ακτογραμμή σε ένα μήκος 5 km. Η ακτογραμμή αυτή συγκρίθηκε με την ακτογραμμή που ψηφιοποιήθηκε από το αεροφωτομωσαικό που δημιουργήθηκε για την περιοχή με την γεωαναφορά αεροφωτογραφιών του Υπουργείου Γεωργίας έτους λήψης 1996.

Για την έρευνα πεδίου χρησιμοποιήθηκε GPS χειρός (Garmin etrex 10) και συντεταγμένων WGS '84. Για την αποτύπωση της σημερινής ακτογραμμής μέσω του GPS, ακολουθήθηκε η ακτογραμμή της παραλίας του Σχοινιά. Η γραμμή δηλαδή επαφής της θάλασσας με τη στεριά και συγκεκριμένα στη ζώνη θραύσης του κύματος

την ώρα της παρατήρησης. Η αποτύπωση αφορά την ακτογραμμή από την χερσόνησο της Κυνοσούρας ανατολικά έως την περιοχή της Νέας Μάκρης δυτικά. Συνολικά περπατήθηκε ακτογραμμή μήκους 5 km.

Ύστερα για την συλλογή των πληροφοριών που κατέγραψε το GPS κατά την έρευνα πεδίου, τα δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό ArcGIS 10.2.1. Δεδομένου ότι το GPS χρησιμοποιεί διαφορετικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (WGS) από το σύστημα Γεωαναφοράς των υπόλοιπων δεδομένων της ψηφιακής βάσης που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία, απαραίτητη ήταν η μετατροπή των συντεταγμένων στο σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Δηλαδή στο προβολικό σύστημα που χρησιμοποιεί η χώρα μας, το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ'87).

Για την σύγκριση των ακτογραμμών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα παλαιότερης χρονολογίας. Πιο συγκεκριμένα, για την λεπτομερή απεικόνιση της ακτογραμμής χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:33.000 της χρονολογίας 1996 από τη περιοχή της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα. Γενικά, κατά τη γεωαναφορά ενός χάρτη εμφανίζεται ένα σφάλμα. Αυτό οφείλεται στην τοποθέτηση του σταυρονήμου πάνω στο σωστό σημείο του χάρτη, δηλαδή στο κατά πόσο το σταυρόνημο και συνεπώς το σημείο που δημιουργείται πάνω στο χάρτη έχει ακριβώς τις ίδιες συντεταγμένες με αυτές του σημείου που βρίσκεται στον πραγματικό χάρτη. Γίνεται λοιπόν σαφές πως το τετραγωνικό σφάλμα (Total RMS Error) που δημιουργείται είναι λογικό να διαφέρει από χρήστη σε χρήστη. Επιπλέον η μέση τιμή του τετραγωνικού σφάλματος πρέπει να αντιστοιχεί στο $\frac{1}{4}$ της κλίμακας του χάρτη. Αυτό σημαίνει πως για τους χάρτες με κλίμακα 1:5000 το σφάλμα πρέπει να είναι μικρότερο από 1 (Χαλκιάς Χ., 2003).

Αφού πρώτα έγινε γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών ύστερα ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή του 1996. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης πραγματοποιήθηκε με τη σημειακή μέθοδο αξιοποιώντας τις αντίστοιχες λειτουργίες και εντολές με σκοπό τον περιορισμό των σφαλμάτων.

Εκτός από την σύγκριση των ακτογραμμών για την ιζηματολογική μελέτη του αιγιαλού, ελήφθησαν και ορισμένα δείγματα ιζήματος από τον αιγιαλό της περιοχής μελέτης, για τον προσδιορισμό των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών και

παραμέτρων του παράκτιου υλικού της περιοχής. Συνολικά ελήφθησαν 7 δείγματα ιζήματος από το χερσαίο τμήμα του αιγιαλού σε μικρή απόσταση από τη ζώνη θραύσης του κύματος, από διαφορετικά σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής. Σε κάθε σημείο λήψης του δείγματος σημειώθηκαν οι συντεταγμένες με τη βοήθεια του GPS. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έγινε μετατροπή των συντεταγμένων των 7 σημείων των δειγμάτων από WGS'84 σε ΕΓΣΑ '87. Τέλος, τα σημεία αποτυπώθηκαν στον χάρτη.

Τα 7 δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου για κοκκομετρική ανάλυση. Η κοκκομετρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε ήταν η ξηρή κοσκίνιση καθώς όλα τα δείγματα ήταν κυρίως αμμώδη-χαλικώδη. Σε πρώτη φάση τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε γυάλινα πυρίμαχα ποτήρια. Τα ποτήρια αυτά γέμισαν με απιονισμένο νερό και διάλυμα 10% υδροξείδιο του υδρογόνου H_2O_2 . Τα δείγματα παρέμειναν μέσα στο διάλυμα αυτό για μία ημέρα. Έστερα απομακρύνθηκε το διάλυμα και τα δείγματα στραγγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε φούρνο προκειμένου να ξηρανθούν, να φύγει δηλαδή εντελώς η υγρασία. Ο φούρνος ρυθμίστηκε στους 100 °C και τα δείγματα παρέμειναν μέσα για 2 εικοσιτετράωρα. Για τη διαδικασία του κοσκίνισματος απαιτήθηκαν 100gr από κάθε δείγμα, τα οποία ζυγίστηκαν με τη βοήθεια ηλεκτρονικής ζυγαριάς. Στη συνέχεια τα 100gr από κάθε δείγμα ξεχωριστά, τοποθετήθηκαν στα κόσκινα. Η διάμετρος των κόσκινων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 4mm, 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.250mm, 0.125mm και 0,063mm. Τα κόσκινα τοποθετήθηκαν κάθετα, με κορυφή το κόσκινο με την μεγαλύτερη διάμετρο (4mm) και βάση το κόσκινο με την μικρότερη (0,063mm). Το κοσκίνισμα έγινε με μηχανήμα δόνησης. Το μηχανήμα ρυθμίστηκε να δονεί τα κόσκινα για 30 λεπτά. Η ποσότητα ιζήματος που κατακρατήθηκε σε κάθε κόσκινο ζυγιζόταν και καταγραφόταν το βάρος της σε gr. Αυτή η διαδικασία έγινε και για τα 7 δείγματα ιζήματος. Συνολικά κράτησε περίπου 3.5 ώρες.

Από τα αποτελέσματα του κοσκίνισματος υπολογίστηκαν μερικοί συντελεστές, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω αναλυτικότερα και βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της ιζηματολογίας της περιοχής μελέτης. Μερικοί από τους συντελεστές αυτούς είναι: το μέσο γραφικό μέγεθος, η γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση, η αποκλειστική γραφική λοξότητα και η παράμετρος κύρτωσης. Επίσης,

δημιουργήθηκαν και τα αντίστοιχα διαγράμματα αθροιστικής συχνότητας για κάθε δείγμα, τα οποία κάνουν ευκολότερη την ερμηνεία των κοκκομετρικών αναλύσεων.

Επιπλέον στην περιοχή κατά την εργασία πεδίου αντλήθηκαν δεδομένα για την κατασκευή 3 τομών αιγιαλού οι οποίες έδωσαν δεδομένα για τη μορφολογία του αιγιαλού και βοήθησαν την εκτίμηση των επιπτώσεων στην περιοχή μελέτης από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης λόγω της κλιματικής αλλαγής.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6

6.1 Πηγές παράκτιων ιζημάτων

Το χαλαρό υλικό της παράκτιας ζώνης από το οποίο σχηματίζονται οι παράκτιες γεωμορφές απόθεσης αποτελεί προϊόν της αποσάθρωσης και της διάβρωσης των πετρωμάτων χερσαίων περιοχών. Το ίζημα αυτό μεταφέρεται στην παράκτια ζώνη είτε με τη βοήθεια του νερού (ποτάμια, χείμαρροι) και του πάγου (παγετώνες) είτε με τη δράση του ανέμου. Η διαμόρφωση των παράκτιων γεωμορφών απόθεσης (όπως οι αιγιαλοί, οι θίνες κ.α) οφείλεται στις διάφορες μορφές ενέργειας που δρουν στην ακτή. Η ενέργεια που δρα στην παράκτια ζώνη περιλαμβάνει κυρίως τον κυματισμό, τα παράκτια ρεύματα, την παλίρροια και τον άνεμο. Η διάβρωση που πραγματοποιείται στην παράκτια ζώνη είναι υπεύθυνη για ένα πολύ μικρό ποσοστό των ιζημάτων που εισέρχονται στη θάλασσα. Αντίθετα, τα ποτάμια και οι χείμαρροι προσφέρουν πάνω από το 90% του συνόλου των ιζημάτων που καταλήγουν στις θάλασσες και στους ωκεανούς.

6.2 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες ιζηματογενών κόκκων

Το ίζημα της παράκτιας ζώνης, από το οποίο αποτελούνται οι παράκτιες γεωμορφές, διαφέρει στο μέγεθος, στη μορφή και στο σχήμα των κόκκων του. Μπορεί να κυμαίνεται από αποστρογγυλωμένους ογκόλιθους, που είναι ίση με ένα αυτοκίνητο, μέχρι κόκκους που δύσκολα είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Οι ιζηματογενείς κόκκοι ανάλογα με την προέλευσή τους μπορούν να διακριθούν σε:

- **Κόκκους που έχουν προκύψει από τον θρυμματισμό πετρωμάτων (lithogenic).** Κόκκοι που έχουν μέγεθος κροκάλας ή και μεγαλύτερης διάστασης συνήθως αποτελούν τεμάχια διαβρωμένου πετρώματος.
- **Κόκκους που αποτελούνται από ένα μόνο ορυκτό (minerogenic).** Κόκκοι ορυκτών όπως ο χαλαζίας, οι μαρμαρυγίες που έχουν προέλθει από την αποσάθρωση και τον θρυμματισμό των πετρωμάτων.

- **Κόκκους βιογενούς προέλευσης (biogenic).** Αφορά κόκκους που αποτελούν κελύφη ή υπολείμματα οστράκων και κοραλλιών.

Το μέγεθος των κόκκων αποτελεί τη σημαντικότερη ιδιότητα των ιζημάτων, καθώς η δυναμική και κινητική τους κατάσταση είναι καθοριστική για πολλές παράκτιες γεωμορφολογικές διεργασίες. Η απλούστερη μέτρηση που μπορεί να γίνει για τον προσδιορισμό του μεγέθους ενός κόκκου είναι τα μήκη των τριών αξόνων του (μέγιστου L), ενδιάμεσου (I), και μικρού (S). Οι ενδιάμεσος (I) και μικρός (S) άξονες μετρώνται κάθετα στον μέγιστο άξονα (L). Οι διαστάσεις αυτές για τους μεγάλους κόκκους μπορούν να μετρηθούν άμεσα με το παχύμετρο, ενώ για τους μικρότερους κόκκους η μέτρηση γίνεται έμμεσα με τη διαδικασία του κοσκινίσματος, με την παρακολούθηση στο μικροσκόπιο καθώς και με μεθόδους που σχετίζονται με το ρυθμό καθίζησής τους σε υγρό μέσο γνωστού ιξώδους.

Το μέγεθος των κόκκων των ιζημάτων μετράται χρησιμοποιώντας γεωμετρική ή αριθμητική κλίμακα. Στην γεωμετρική κλίμακα (κλασματική σε mm) οι βαθμίδες των μεγεθών ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο ενώ η αριθμητική κλίμακα (λογαριθμική σε μονάδες Φ) περιλαμβάνει ακέραιους αριθμούς θετικούς και αρνητικούς. Η κλίμακα μεγεθών σε μονάδες Φ δημιουργήθηκε από τον Krumbein το 1934 και ως Φ ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος με βάση το 2 της διαμέτρου του κόκκου σε mm:

$$\Phi = -\log_2 d$$

όπου d η διάμετρος του κόκκου σε mm.

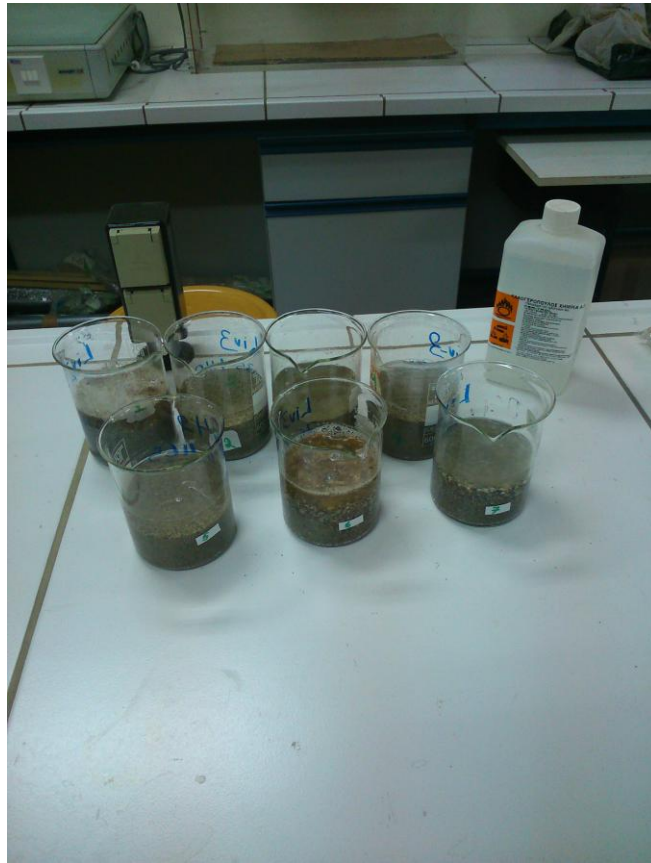
6.3 Κοκκομετρική ανάλυση ιζημάτων

Τις περισσότερες φορές για την καλύτερη κατανόηση των παράκτιων διεργασιών που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό συγκεκριμένων γεωμορφών απαιτείται η λήψη δειγμάτων ιζήματος από τα περιβάλλοντα απόθεσης και η κοκκομετρική τους ανάλυση. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με το μέσο που μετέφερε το συγκεκριμένο ίζημα, όπου στη περίπτωση αυτή η απόθεσή τους οφείλεται τόσο στον άνεμο όσο και στον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα. Παρακάτω γίνεται περιγραφεί του τρόπου δειγματοληψίας του ιζήματος, της προετοιμασίας των δειγμάτων και των μεθόδων κοκκομετρικής ανάλυσης που εφαρμόζονται. Επίσης περιγράφονται οι τρόποι απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης, ο υπολογισμός των ποσοτικών παραμέτρων και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

6.3.1 Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων

Όπως αναφέρθηκε και στην μεθοδολογία (*ENOTHTA 5*) για την κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος τίθεται το ζήτημα της ποσότητας του δείγματος που πρέπει να ληφθεί. Από τη μία το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό της περιοχής που λήφθηκε και από την άλλη να απλοποιεί την τεχνική της κοκκομετρικής ανάλυσης. Για την διαδικασία του κοσκινίσματος, όσο μικρότερη είναι η ποσότητα του δείγματος, τόσο περισσότερη είναι η τεχνική αλλά λιγότερο αντιπροσωπευτικό το δείγμα. Για ίζημα μεγέθους κόκκων άμμου είναι επαρκές δείγμα 100gr, ενώ για περισσότερο χονδρόκοκκο υλικό απαιτείται η λήψη μεγαλύτερης ποσότητας ιζήματος.

Πριν τη διαδικασία του κοσκινίσματος απαραίτητη είναι η ξήρανση και ο προσεχτικός διαχωρισμός (διασκορπιση) των κόκκων του ιζήματος. Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά είναι ο διαχωρισμός των κόκκων με απιονισμένο νερό και διάλυμα 10% υδροξείδιο του υδρογόνου H_2O_2 . Το δείγμα τοποθετείται μέσα στο διάλυμα, αναδεύεται και παραμένει εντός αυτού για μια μέρα. Στη συνέχεια ξηραίνεται σε φούρνο για να απομακρυνθεί η υγρασία.



Εικόνα 5. Δείγματα ιζήματος

6.3.2 Κοκκομετρική ανάλυση άμμου

Η κοκκομετρική ανάλυση του ιζήματος με διάμετρο μεγαλύτερης των 0,063 mm, δηλαδή για το μέρος του δείγματος που ονομάζεται άμμος, πραγματοποιείται με κόσκινα. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι μια σειρά από κόσκινα διαφορετικής διαμέτρου, μια ηλεκτρονική ζυγαριά και μια συσκευή δόνησης. Το βάρος του δείγματος το οποίο θα κοσκινιστεί κυμαίνεται από 100-1000gr ανάλογα αν πρόκειται για λεπτόκοκκη ή χονδρόκοκκη άμμο ή για μείγμα άμμου και χαλίκων αντίστοιχα.

Τα κόσκινα που θα χρησιμοποιηθούν τοποθετούνται κατακόρυφα, έτσι ώστε στη κορυφή να είναι τα κόσκινα με τη μεγαλύτερη διάμετρο ανοίγματος (που κατακρατά το περισσότερο χονδρόκοκκο υλικό) και στη βάση με την μικρότερη.

Το ξηρό δείγμα του ιζήματος ζυγίζεται και τοποθετείται στο κόσκινο της κορυφής. Κάτω από το κόσκινο της βάσης τοποθετείται ένα πιάτο (τάσι) για να συλλέγει το λεπτόκοκκο δείγμα που διέρχεται από το κόσκινο της βάσης, που συνήθως έχει

διάμετρο 0,063mm και αποτελεί το όριο ιλύος-άμμου. Στη συνέχεια η σειρά των κοσκίνων τοποθετείται στη συσκευή δόνησης για 30min. Ύστερα από τη παύση λειτουργίας της συσκευής, ζυγίζεται το δείγμα από κάθε τάση με τη βοήθεια ηλεκτρονικής ζυγαριάς και το βάρος του ιζήματος από κάθε κόσκινο ανάγεται σε % του βάρους του αρχικού δείγματος.

Ο τρόπος αυτός της κοκκομετρικής ανάλυσης δεν είναι απόλυτα ακριβής γιατί, οι κόκκοι της άμμου δεν είναι σφαιρικοί και συνεπώς δεν έχουν μια διάμετρο αλλά τρεις άξονες. Έτσι, οι κόκκοι ορισμένης μάζας περνούν από ένα κόσκινο, ενώ το ίδιο κόσκινο συγκρατεί σφαιρικούς κόκκους της ίδιας μάζας και μικρότερης διαμέτρου στις κυψέλες του. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι μικρή όταν τα κόσκινα είναι κατεστραμμένα ή φραγμένα σε σημαντικό βαθμό. Η παρουσία ιλύος και αργίλου στο δείγμα φράσει τα ανοίγματα των κοσκίνων. Γι' αυτό απαραίτητη προϋπόθεση για την ακρίβεια της μεθόδου είναι ο καλός και προσεχτικός καθαρισμός των κοσκίνων πριν τη χρήση τους.

6.4 Απεικόνιση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης

Κάθε δείγμα ιζήματος χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο φάσμα μεγέθους κόκκων. Τα διάφορα δείγματα μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους και να ερμηνευτούν οι διαφορές στην κοκκομετρία τους. Με την ολοκλήρωση του κοσκινίσματος, λαμβάνονται τα αθροιστικά επί τοις εκατό (%) ποσοστά κατά βάρος των κόκκων κάθε δείγματος. Με τα ποσοστά αυτά σχεδιάζονται διαγράμματα που απεικονίζουν την κοκκομετρία των δειγμάτων και υπολογίζονται διάφορες παράμετροι που αφορούν το μέσο μέγεθος των κόκκων, την ταξινόμηση κ.α. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται με δύο μεθόδους, τη γραφική μέθοδο και τη στατιστική μέθοδο.

6.4.1 Γραφικές μέθοδοι απεικόνισης των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης

Για να γίνει ευκολότερη η ερμηνεία των κοκκομετρικών αναλύσεων τα αποτελέσματα τους απεικονίζονται γραφικά. Πιο συγκεκριμένα, τα αθροιστικά επί τοις εκατό (%) ποσοστά κατά βάρος τοποθετούνται σε ένα διάγραμμα δυο αξόνων. Στον οριζόντιο άξονα απεικονίζονται τα μεγέθη των κόκκων και χαρακτηρίζεται ως αριθμητικός αν χρησιμοποιούνται οι μονάδες Φ ή λογαριθμικός αν για το μέγεθος των κόκκων χρησιμοποιείται η διάμετρος τους σε mm. Στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται τα αθροιστικά % ποσοστά. Τα σημεία που προκύπτουν στο διάγραμμα ενώνονται με μικρές ευθείες γραμμές. Οι τύποι των διαγραμμάτων που μπορούν να σχεδιαστούν είναι οι εξής:

- **Ιστόγραμμα συχνότητας:** είναι η πιο απλή μορφή διαγράμματος για την απεικόνιση της κοκκομετρίας ενός δείγματος ιζήματος. Στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται τα διάφορα κοκκομετρικά μεγέθη (σε mm ή σε μονάδες Φ) και στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούνται τα ποσοστά κλασματος (%). Για κάθε δεδομένο διάστημα διαμέτρου κόκκου τοποθετείται το αντίστοιχο ποσοστό (%) των κόκκων στο δείγμα, με τη μορφή ραβδογράμματος. Το απλό ιστόγραμμα έχει το πλεονέκτημα ότι καθιστά εύκολα αντιληπτή την κατανομή των κόκκων στο ίζημα με μια ματιά. Όμως δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός στατιστικών παραμέτρων όπως της μέσης τιμής του μεγέθους των κόκκων.
- **Καμπύλη κατανομής ή καμπύλη συχνότητας:** πρόκειται για ένα ομαλοποιημένο ιστόγραμμα συχνότητας και δίνει μια καλύτερη εικόνα της κατανομής απ' ό,τι το ιστόγραμμα. Αποτελεί την καλύτερη απεικόνιση για την αναγνώριση και τη διάκριση αναμεμειγμένων πληθυσμών κόκκων σε ένα δείγμα. Όμως και σε αυτό το τύπο διαγράμματος δεν είναι δυνατή η ανάγνωση στατιστικών παραμέτρων.
- **Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας:** αν το μέγεθος των κόκκων μετράται σε mm, για την καλύτερη κατασκευή της αθροιστικής καμπύλης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ημιλογαριθμικό χαρτί (λογαριθμική η οριζόντια κλίμακα και αριθμητική η κατακόρυφη) ενώ, αν η διάμετρος των κόκκων μετράται σε

μονάδες Φ πρέπει να χρησιμοποιηθεί τετραγωνισμένο χαρτί (μιλμετρέ). Από την αθροιστική καμπύλη μπορούν να υπολογιστούν διάφορες στατιστικές παράμετροι όπως η σταθερή απόκλιση, το μέσο μέγεθος, οι παράμετροι λοξότητας ή ασυμμετρίας και κύρτωσης. Ο υπολογισμός των παραμέτρων αυτών είναι χρήσιμος για την ερμηνεία των διεργασιών που συνέβησαν κατά το παρελθόν ή δρουν σήμερα στην περιοχή λήψης των δειγμάτων. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη μέθοδος.

- **Αθροιστική καμπύλη (πιθανοτήτων):** οι περισσότεροι κόκκοι είναι διατεταγμένοι γύρω από μια δεδομένη τιμή με μικρότερα ποσοστά εκατέρωθεν. Αν η αθροιστική καμπύλη που παρουσιάζει μια συμμετρική κατανομή αποτυπωθεί σε χαρτί πιθανοτήτων, το αποτέλεσμα θα είναι μια σχεδόν ευθεία γραμμή της οποίας η θέση εξαρτάται από το μέσο μέγεθος των κόκκων και η κλίση από τη διαβάθμιση. Ο τρόπος αυτός απεικόνισης δίνει τη δυνατότητα να μελετηθεί η απόκλιση της κοκκομετρίας των ιζημάτων από το νόμο των πιθανοτήτων.

6.4.2 Γραφική μέθοδος επεξεργασίας των αποτελεσμάτων

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της κοκκομετρικής ανάλυσης διαφορετικών δειγμάτων ιζήματος με την απλή οπτική παρατήρηση των αθροιστικών κοκκομετρικών καμπυλών δε διευκολύνει και δε βοηθάει την εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων. Οι Folk & Ward (1957) καθώς και άλλοι ερευνητές χρησιμοποίησαν στατιστικές παραμέτρους που περιγράφουν ποσοτικά ορισμένα χαρακτηριστικά των καμπυλών. Οι παράμετροι αυτές μπορούν να συγκριθούν άμεσα, ενώ ορισμένοι συνδυασμοί των τιμών τους είναι ενδεικτικοί των περιβαλλόντων απόθεσης της περιοχής λήψης των δειγμάτων. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την εκτίμηση των στατιστικών παραμέτρων είναι η κατασκευή της κοκκομετρικής καμπύλης αθροιστικών συχνοτήτων και η ανάγνωση διάφορων αθροιστικών ποσοστών. Οι

σημαντικότερες από τις γραφικές στατιστικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται πιο συχνά αφορούν το μέσο μέγεθος, την ταξινόμηση, τη λοξότητα ή ασυμμετρία και την κύρτωση.

6.4.2.1 Μέσο γραφικό μέγεθος M_z (Graphic Mean)

Η παράμετρος αυτή δίνεται από το τύπο:

$$M_z = (\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84) / 3$$

Όπου $\Phi 16$, $\Phi 50$ και $\Phi 84$ είναι τα μεγέθη των κόκκων σε μονάδες Φ που αντιστοιχούν σε ποσοστό 16, 50, 84 % του δείγματος. Οι τιμές αυτές διαβάζονται από την αθροιστική κοκκομετρική καμπύλη. Η παράμετρος αυτή δίνει τη γενική και αντιπροσωπευτική εικόνα του ιζήματος αναφορικά με το μέγεθος των κόκκων από τους οποίους αποτελείται. Εκφράζει δηλαδή αν το δείγμα είναι χονδρόκοκκο ή λεπτόκοκκο.

6.4.2.2 Γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση σ_I (Inclusive Graphic Standard Deviation)

Η παράμετρος αυτή δίνεται από τον τύπο:

$$\sigma_I = (\Phi 84 - \Phi 16) / 4 + (\Phi 95 - \Phi 5) / 6,6$$

Η γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση μετράει τη συγκέντρωση των κόκκων του δείγματος γύρω από το μέσο όρο του. Παρέχει την καλύτερη συνολική εικόνα της διαβάθμισης ή ταξινόμησης ενός ιζήματος ως προς το μέγεθος των κόκκων από τους οποίους αποτελείται. Η ταξινόμηση έχει να κάνει με το πόσο ομοιογενές ή ανομοιογενές κοκκομετρικά είναι το ίζημα. Αν οι κόκκοι ενός ιζήματος έχουν όλοι την ίδια ή παρόμοια διάμετρο, το ίζημα είναι καλά ταξινομημένο, σε ότι αφορά το

μέγεθος των κόκκων, ενώ αν αποτελείται από κόκκους διαφορετικής διαμέτρου, όπως για παράδειγμα ένα μίγμα ιλύος, άμμου και χαλίκων, τότε έχει φτωχή ταξινόμηση ως προς το μέγεθος των κόκκων. Μεγάλες τιμές του σI σημαίνει ότι η ταξινόμηση ως προς το μέγεθος των κόκκων είναι φτωχή, δηλαδή κατά τη μεταφορά και την απόθεση του ιζήματος έλαβε χώρα περιορισμένη διαλογή των κόκκων του. Μικρές τιμές του σI σημαίνει καλή διαλογή των κόκκων του ιζήματος από το μέσο μεταφοράς και απόθεσης του.

<i>Αποκλειστική σταθερή απόκλιση σI</i>	<i>Ταξινόμηση</i>
< 0.35 Φ	Πολύ καλή
0.35-0.50 Φ	Καλή
0.50-0.71 Φ	Μετρίως καλή
0.71-1.0 Φ	Μέτρια
1.0-2.0 Φ	Κακή-Φτωχή
2.0-4.0 Φ	Πολύ κακή-φτωχή
> 4.0 Φ	Εξαιρετικά κακή-φτωχή

Πίνακας 2. Βαθμός ταξινόμησης ιζημάτων σύμφωνα με την αποκλειστική σταθερή απόκλιση. (Πηγή: Καρύμπαλης, 2010)

6.4.2.3 Παράμετροι λοξότητας ή ασυμμετρίας

Η παράμετρος της λοξότητας μετρά το βαθμό της ασυμμετρίας ενώ επιπλέον εκφράζει το κατά πόσο μια καμπύλη έχει ασύμμετρη ουρά προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Μια καλύτερη προσέγγιση αποτελεί η αποκλειστική γραφική λοξότητα SKI (Inclusive Graphic Skewness) η οποία δίνεται από τους τύπους:

$$SKI = (\Phi 16 + \Phi 84 - 2\Phi 50) / 2(\Phi 84 - \Phi 16) + (\Phi 5 + \Phi 95 - 2(\Phi 50)) / 2(\Phi 95 - \Phi 5)$$

Ο υπολογισμός της αποτελεί τον πλέον κατάλληλο τρόπο προσδιορισμού της λοξότητας διότι καθορίζει τη λοξότητα της ‘ουράς’ της καμπύλης και όχι μόνο του κεντρικού της τμήματος. Σημειώνεται ότι οι ‘ουρές’ της καμπύλης είναι τα πιο κρίσιμα σημεία όπου παρατηρούνται οι διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Επίσης, είναι γεωμετρικά ανεξάρτητα της ταξινόμησης του δείγματος. Ένα δείγμα μπορεί να είναι αρνητικής ή θετικής λοξότητας. Οι τιμές της λοξότητας είναι καθαροί αριθμοί και κυμαίνονται από -1 έως +1. Μια κατανομή συμμετρικής καμπύλης έχει $SKI = 0.00$, οι καμπύλες με πλεονάζον λεπτόκοκκο υλικό (ουρά προς τα δεξιά) έχουν θετική λοξότητα ενώ εκείνες με πλεονάζον χονδρόκοκκο υλικό (ουρά προς τα αριστερά) παρουσιάζουν αρνητικές τιμές. Όσο περισσότερο η λοξότητα αποκλίνει από το 0.00, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός ασυμμετρίας. Η λοξότητα για τα αιολικά ιζήματα είναι συνήθως θετική ενώ για τα παράκτια ιζήματα παίρνει αρνητικές τιμές.

<i>Όρια τιμών λοξότητας SKI</i>	<i>Χαρακτηρισμός ιζήματος</i>
1.00 έως 0.30	Πολύ θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
0.30 έως 0.10	Θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
0.10 έως -0.10	Συμμετρικό
0.10 έως 0.30	Αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα
0.30 έως 1.30	Πολύ αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα

Πίνακας 3. Όρια τιμών λοξότητας (Πηγή: Καρύμπαλης, 2010)

6.4.2.4 Παράμετροι κύρτωσης

Η παράμετρος κύρτωσης αποτελεί μια ποσοτική έκφραση που χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η απόκλιση από την κανονικότητα. Μετρά δηλαδή το λόγο μεταξύ της διαβάθμισης στην ουρά της καμπύλης και της διαβάθμισης στο κεντρικό τμήμα αυτής. Αν το κεντρικό τμήμα είναι καλύτερα διαβαθμισμένο σε σχέση με τα άκρα, η καμπύλη είναι λεπτόκυρτη ενώ αν η ουρά είναι καλύτερα διαβαθμισμένη από το κεντρικό τμήμα, η καμπύλη είναι πλατύκυρτη. Συνεπώς λεπτόκυρτη καμπύλη σημαίνει μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο, μεσόκυρτη καμπύλη σημαίνει κανονική κατανομή κόκκων γύρω από το μέσο όρο και πλατύκυρτη καμπύλη σημαίνει μεγάλη διασπορά κατανομής των κόκκων σε σχέση με το μέσο όρο.

Η παράμετρος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι η γραφική κύρτωση (Graphic Kurtosis) K_G που δίνεται από τον τύπο:

$$K_G = (\Phi 95 - \Phi 5) / 2,4(\Phi 75 - \Phi 25)$$

Για τα περισσότερα δείγματα οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0.60 και 5.00 (Καρύμπαλης, 2010)

<i>Όρια τιμών κύρτωσης K_G</i>	<i>Χαρακτηρισμός ιζήματος</i>
$K_G < 0.67$	Πολύ πλατύκυρτο
$0.67 < K_G < 0.90$	Πλατύκυρτο
$0.90 < K_G < 1.11$	Μεσόκυρτο
$1.11 < K_G < 1.50$	Λεπτόκυρτο
$1.50 < K_G < 3.00$	Πολύ λεπτόκυρτο
$K_G > 3.00$	Πάρα πολύ λεπτόκυρτο

Πίνακας 4. Κατάταξη και χαρακτηρισμός των ιζημάτων ανάλογα με τις τιμές κύρτωσης. (Πηγή: Καρύμπαλης, 2010)

ΕΝΟΤΗΤΑ 7

7.1 Διάβρωση ακτών

Η μη αναστρέψιμη οπισθοχώρηση των ακτών ή αλλιώς παράκτια διάβρωση, είναι μια φυσική διεργασία που αποτελεί απειλή με πολλές αρνητικές επιπτώσεις (κοινωνικές, οικονομικές, περιβαλλοντικές) για τις παράκτιες περιοχές.

Η παράκτια διάβρωση προκαλείται από διεργασίες που δρουν στον άμεσο παράκτιο χώρο καθώς και από διεργασίες που συμβαίνουν στις ηπειρωτικές περιοχές. Οι διεργασίες του άμεσου παράκτιου χώρου αποτελούν φυσικές διεργασίες όπως ο κυματισμός, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα παράκτια ρεύματα καθώς και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (οικιστική - τουριστική παρέμβαση). Οι διεργασίες του ηπειρωτικού χώρου αφορούν τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις όπως η κατασκευή έργων, οι εντατικές καλλιέργειες, οι αναδασώσεις καθώς και η κατασκευή φραγμάτων σε περιοχές ποταμών.

Σαν αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η μείωση της στερεοπαροχής που καταλήγει στις ακτές μέσω των κοιτών των υδρογραφικών δικτύων και η συστηματική υποχώρηση των ακτογραμμών (Καρύμπαλης, 2010).

Η διάβρωση των ακτών είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα που μεγαλώνει όλο και περισσότερο. Μελέτες έδειξαν ότι στην Ευρώπη το 1/5 των ακτών της υποχωρούν με ρυθμούς που ανέρχονται μεταξύ 0,5 και 2 m/έτος ενώ σε ακραίες περιπτώσεις ο ρυθμός τους αγγίζει τα 15 m/έτος (European Commission, 2004).

Ο βαθμός διάβρωσης είναι μεγαλύτερος σε χαμηλές ακτές που αποτελούνται από χαλαρά ιζήματα και εξαρτάται από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των ακτών, τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων λεκανών καθώς και το βαθμό της ανθρωπογενούς παρέμβασης στον παράκτιο χώρο.

Για την Ελλάδα, η παράκτια διάβρωση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές απειλές αφού το 32% της ακτογραμμής υπόκειται σε υποχώρηση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η διάβρωση των ακτών έχει κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες, ιδίως για την Ελλάδα που ο θερινός παράκτιος τουρισμός αποτελεί μεγάλη οικονομική δραστηριότητα. Οι αρνητικές επιπτώσεις από τη διάβρωση των ακτών είναι:

- **Απώλεια γης οικολογικής αξίας.** Πολλές περιοχές όπου η διάβρωση είναι ενεργή καταλαμβάνονται από οικολογικά σημαντικές περιοχές και υδροτόπους. Η διάβρωση προκαλεί την καταστροφή φυσικών γεωμορφών (παράκτιες θίνες, αμμώδη φράγματα) που σε πολλές περιπτώσεις προστατεύουν τις οικολογικά σημαντικές περιοχές.
- **Συνέπειες στην οικονομία.** Οι δαπάνες του δημοσίου για την προστασία των ακινήτων και των δημόσιων έργων από τη διάβρωση συνεχώς αυξάνονται. Τα παράκτια ευρωπαϊκά κράτη επενδύουν σημαντικά ποσά σε έργα παράκτιας προστασίας.
- **Κίνδυνος απώλειας των ανθρώπινων ζώων και περιουσιών.** Ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού των παράκτιων περιοχών καθώς οι κατοικίες τους, είναι εκτεθειμένοι στον κίνδυνο της διάβρωσης και της κατάκλισης από τη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Καρύμπαλης, 2010).



Εικόνα 6. Διάβρωση στην περιοχή της παραλίας του Μαραθώνα.

7.2 Μεταβολές θαλάσσιας στάθμης

Η πτώση της θαλάσσιας στάθμης και η υποχώρηση της θάλασσας από τη ξηρά ονομάζεται απόσυρση και οδηγεί στην ανάδυση των ακτών με αποτέλεσμα την εγκατάλειψη και την απολίθωση μια ακτογραμμής. Αντίθετα η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης και η κατάκλυση παράκτιων χερσαίων περιοχών ονομάζεται επίκλυση και οδηγεί στην βύθιση των ακτών με αποτέλεσμα την καταπόντιση μιας βραχώδους ακτογραμμής. Η ανταπόκριση των ακτογραμμών σε τέτοιες μεταβολές εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της ακτής και κυρίως αν συμβαίνουν διεργασίες όπως η αποσάθρωση και η διάβρωση.

Όταν κυρίαρχη διεργασία είναι η απόθεση, δηλαδή σε έναν αιγιαλό υπάρχει μεγάλη προσφορά ιζήματος από κάποιο ποτάμι, η συγκέντρωση και η απόθεση των ιζημάτων μπορεί να οδηγήσει στην πρόσχωση. Οπότε η ξηρά προελαύνει προς τη θάλασσα. Η διεργασία αυτή ονομάζεται προέλαση. Αντίθετα, αν η προσφορά ιζήματος είναι περιορισμένη και μικρότερη από την ποσότητα ιζήματος που απομακρύνεται ή χάνεται από τις διεργασίες της διάβρωσης και της δράσης του κυματισμού και των ρευμάτων, τότε ο αιγιαλός μπορεί να υποχωρήσει προς την ξηρά. Η διεργασία αυτή ονομάζεται υποχώρηση.

7.2.1 Συμπεριφορά αμμώδους παραλίας σε πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης- κανόνας P.Bruun

Η συμπεριφορά των διάφορων παράκτιων συστημάτων σε πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης καθώς και η πρόβλεψη των μελλοντικών αλλαγών τους, έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων. Έτσι αναπτύχθηκαν διάφορα μοντέλα που συνδέουν την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης με τις αλλαγές στη μορφολογία των ακτών αυτών.

Ο *P. Bruun* (1962) πρότεινε ένα μοντέλο που περιγράφει τη συμπεριφορά μιας αμμώδους ακτής στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης αναγκάζει τον αιγιαλό να υποχωρήσει προς τη ξηρά λόγω της διάβρωσης που υπόκειται το πάνω τμήμα του μετώπου του. Τα υλικά που

προκύπτουν από τη διάβρωση αυτή, αποτίθενται στη βάση του μετώπου ώστε ο αιγιαλός να διατηρήσει το προφίλ ισοροπίας του. Μια άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα προκαλούσε τη μετατόπιση του αιγιαλού και της περιπαράλιας ζώνης προς την πλευρά της ξηράς αλλά και ανοδικά προς τα πάνω. Το ίζημα που θα προέκυπτε από τη διάβρωση του ανώτερου τμήματος του μετώπου, θα μεταφερόταν στην πλευρά της θάλασσας για να αποτεθεί στο θαλάσσιο πυθμένα, αυξάνοντας έτσι το ύψος του κατά ένα ποσό ίσο με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Σύμφωνα με το μοντέλο του *P.Bruun* η διάβρωση του αιγιαλού που οδηγεί στην υποχώρηση του, δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$R=XS/Y$$

Όπου:

- **R** η διαφορά στην απόσταση μεταξύ του προφίλ του αιγιαλού στις αρχικές συνθήκες και του προφίλ που απέκτησε μετά την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.
- **X** το μήκος της οριζόντιας απόστασης από την ακτή έως το οριακό βάθος του προφίλ
- **S** η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης
- **Y** η κατακόρυφη διάσταση (ύψος) του προφίλ. Δηλαδή, το άθροισμα του βάθους του οριακού σημείου του προφίλ και του ύψους της κορυφής του μετώπου της επιμήκους θίνας του αιγιαλού.

Ο κανόνας του *P.Bruun* δεν λαμβάνει υπόψη την απώλεια του υλικού από τον αιγιαλό λόγω αιολικής δράσης. Η δράση του ανέμου αποτελεί μια διεργασία που μπορεί να μεταβάλει σημαντικά τον αιγιαλό με την απόθεση ιζήματος στην επιμήκη θίνα, η οποία βρίσκεται στο οριακό σημείο της ξηράς.

Παρά τις αμφισβητήσεις, ο κανόνας του *Bruun* μας δίνει τη δυνατότητα ποσοτικής εκτίμησης της υποχώρησης της ακτής από μια ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Η εφαρμογή του δείχνει ότι η υποχώρηση της ακτής είναι 50-100 φορές μεγαλύτερη από το ποσό της ανόδου της θάλασσας. Αν η άνοδος της μέσης θαλάσσιας στάθμης είναι 0,5m τότε η υποχώρηση του αιγιαλού θα γινόταν κατά 25-50 m (*Καρύμπαλης, 2010*).

7.2.2 Παράκτιες αμμοθίνες

Στην περιοχή μελέτης παρατηρήθηκαν καλά ανεπτυγμένες αμμοθίνες, πίσω από τον αιγιαλό, οι οποίες είναι σταθεροποιημένες με βλάστηση. Οι αμμοθίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του προφίλ ενός αιγιαλού. Καθώς το επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης ανεβαίνει σε μια περιοχή που υπάρχουν παράκτιες αμμοθίνες, οι θαλάσσιες διεργασίες τις διαβρώνουν με αποτέλεσμα να αποκτήσουν μεγάλη κλίση. Η διάβρωση του μετώπου των θινών από τη θάλασσα μπορεί να τροφοδοτήσει με ίζημα τον αιγιαλό. Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης έχει σαν αποτέλεσμα τη μετανάστευση των παράκτιων αμμοθινών προς τη ξηρά είτε με την αύξηση της κλίσης τους, είτε με την παραβίαση τους.



Εικόνα 7. Αμμοθίνα στον αιγιαλό του Μαραθώνα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 8

8.1 Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της κοκκομετρίας (καμπύλη αθροιστικής συχνότητας)

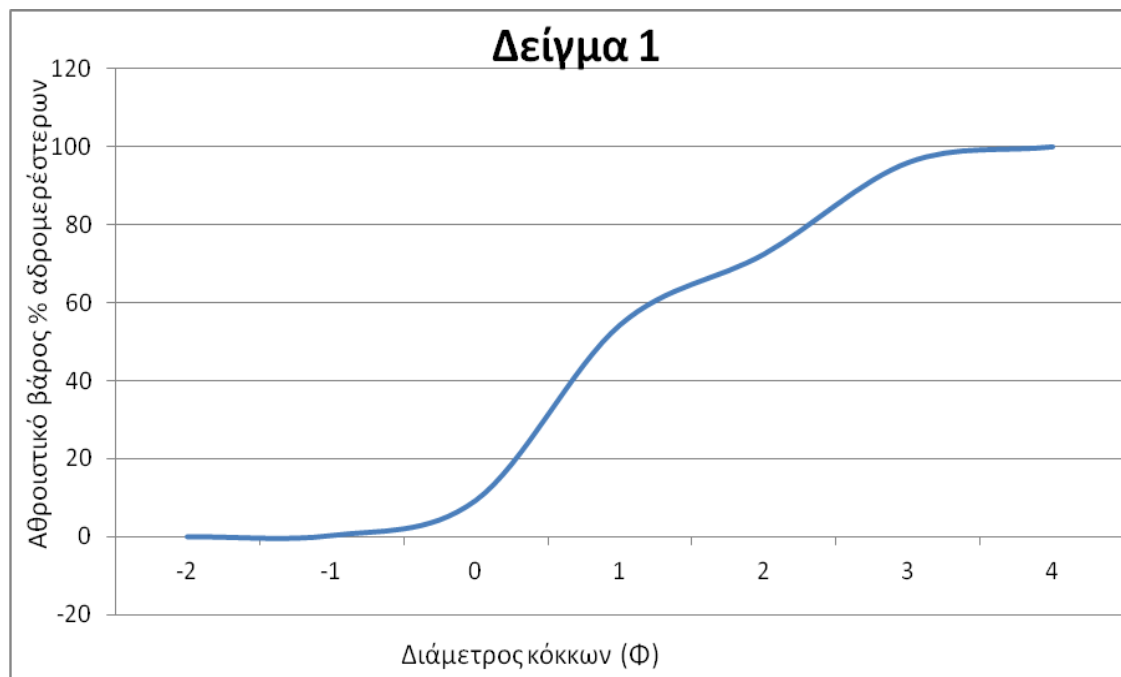
Όπως αναφέρθηκε και στην μεθοδολογία (ΕΝΟΤΗΤΑ 5), τα αποτελέσματα από την κοκκομέτρηση επεξεργάστηκαν και αποτυπώθηκαν με τη μορφή διαγράμματος για την καλύτερη ερμηνεία τους. Τα διαγράμματα έχουν στον κάθετο άξονα το αθροιστικό βάρος επί τις εκατό (%) των ιζημάτων που κοσκινίστηκε για κάθε ένα από τα 7 δείγματα και στον οριζόντιο άξονα την διάμετρο των κόκκων σε μονάδες Φ. Η καμπύλη που προκύπτει ονομάζεται *καμπύλη αθροιστικής συχνότητας*. Η καμπύλη αυτή μας δείχνει την διάμετρο (μονάδες Φ) που υπάρχει σε κάθε ποσότητα ιζήματος (βάρος %).

Δείγμα 1:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 1, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι το ίζημα αποτελείται από άμμο διαφόρων μεγεθών, όπως ελάχιστες ψηφίδες ενώ το περισσότερο δείγμα από πολύ χονδρόκοκκη, χονδρόκοκκη, μεσόκοκκη, λεπτόκοκκη και πολύ λεπτόκοκκη άμμο.

Βάρος (gr)	$\Sigma(\beta)$ %	Φ
0	0	-2
0.3	0.3	-1
9	9.3	0
45	54.3	1
18.2	72.5	2
23.5	96	3
3	100	4

Πίνακας 5. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 1.



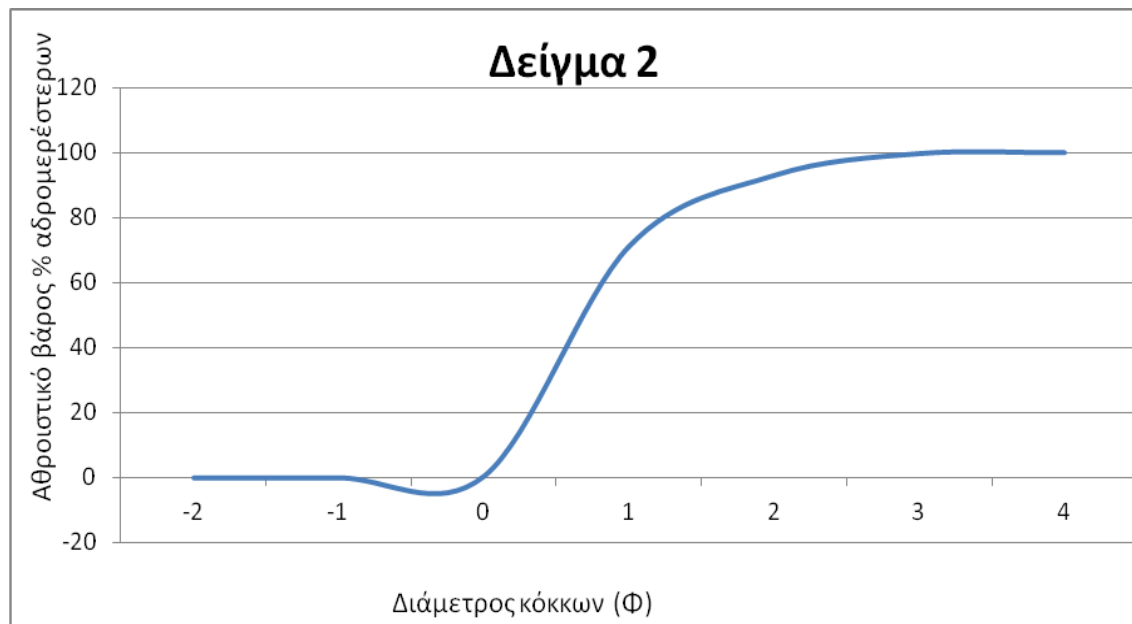
Διάγραμμα 2. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 1.

Δείγμα 2:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 2, φαίνεται ότι το ίζημα αποτελείται από κόκκους διαφόρων μεγεθών άμμου, όπως πολύ χονδρόκοκκη, χονδρόκοκκη, μεσόκοκκη, λεπτόκοκκη και πολύ λεπτόκοκκη άμμος.

Βάρος (gr)	$\Sigma(\beta) \%$	Φ
0	0	-2
0	0	-1
0.5	0.5	0
70.7	71.2	1
21.8	93	2
6.72	99.72	3
0.2	100	4

Πίνακας 6. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 2.



Διάγραμμα 3. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 2.

Δείγμα 3:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 3, διαπιστώνεται ότι το ίζημα της περιοχής που ελήφθη το δείγμα αποτελείται από άμμο και η περισσότερη ποσότητα του εμπεριέχει λεπτόκοκκη άμμο.

Βάρος (gr)	Σ(β) %	Φ
0	0	-2
0	0	-1
0	0	0
1.14	1.14	1
14.2	15.34	2
83.2	98.54	3
1.4	100	4

Πίνακας 7. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 3.



Διάγραμμα 4. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 3. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

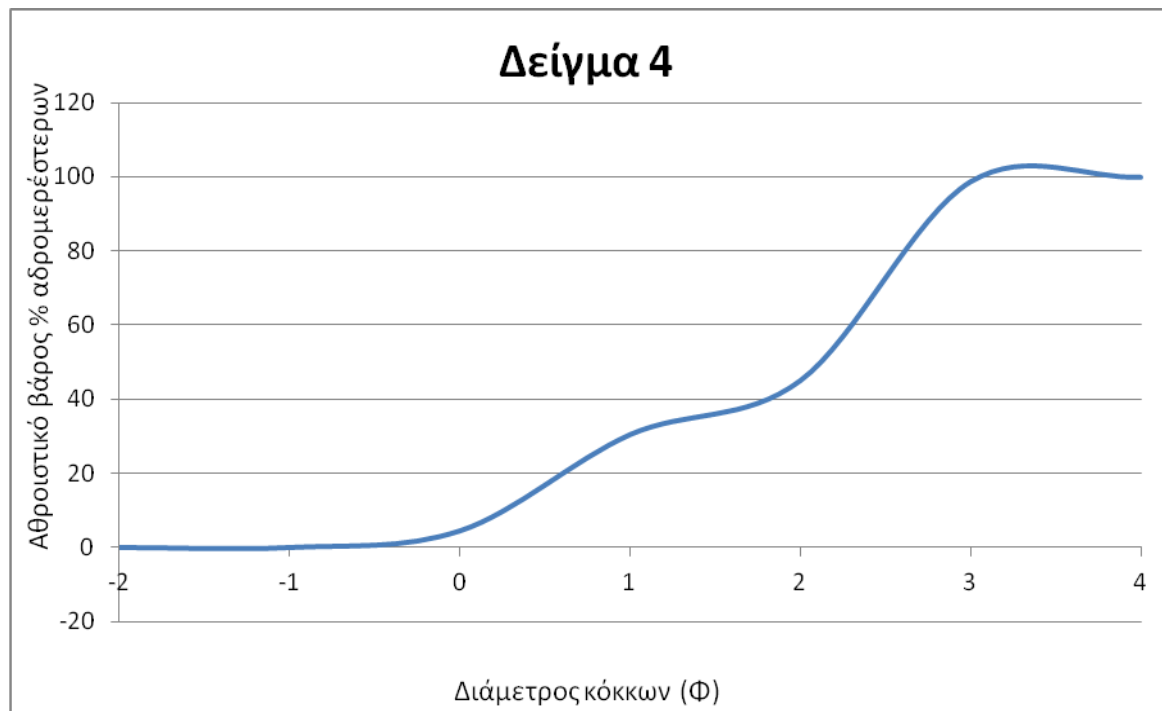
Δείγμα 4:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 4, φαίνεται ότι το ίζημα αποτελείται από διάφορα μεγέθη άμμου, όπως πολύ χονδρόκοκκη, χονδρόκοκκη, μεσόκοκκη, λεπτόκοκκη και πολύ λεπτόκοκκη άμμος.

Δείγμα 4

Βάρος (gr)	Σ(β) %	Φ
0	0	-2
0	0	-1
4.5	4.5	0
26	30.5	1
14.6	45.1	2
53.7	98.8	3
1.1	100	4

Πίνακας 8. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 4.



Διάγραμμα 5. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 4.

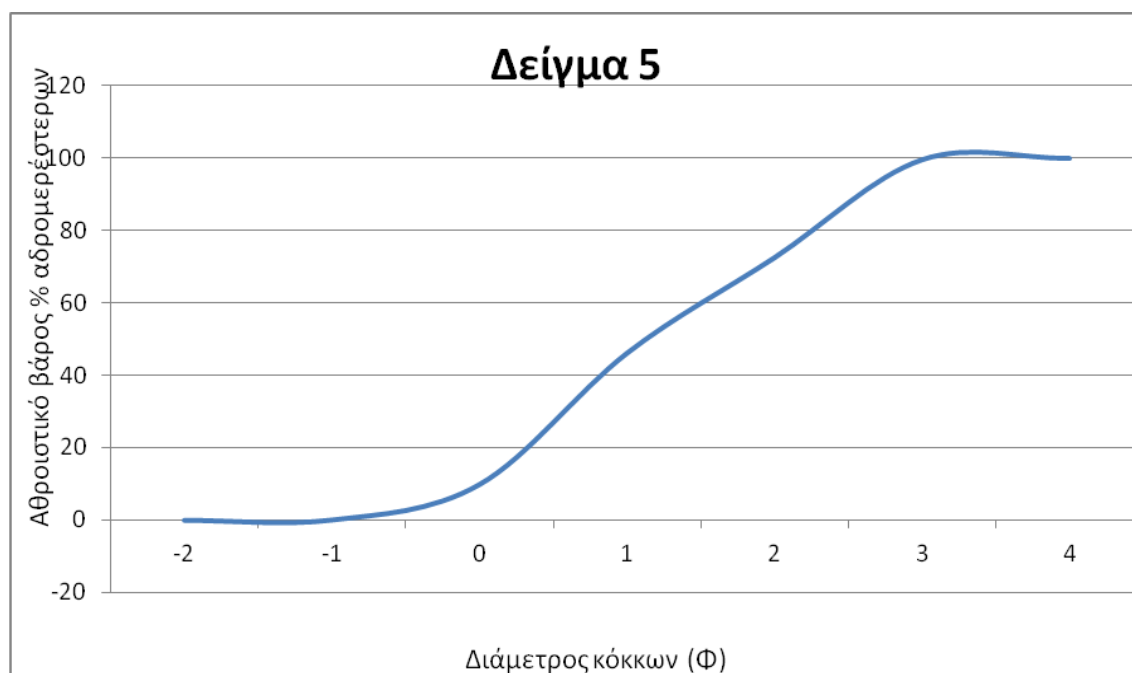
Δείγμα 5:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 5, παρατηρείται ότι το ίζημα αποτελείται από ελάχιστες ψηφίδες ενώ το περισσότερο δείγμα από πολύ χονδρόκοκκη, χονδρόκοκκη, μεσόκοκκη, λεπτόκοκκη και πολύ λεπτόκοκκη άμμο.

Δείγμα 5

Βάρος (gr)	$\Sigma(\beta)$ %	Φ
0	0	-2
0.08	0.08	-1
9.8	9.88	0
36.3	46.18	1
26.4	72.58	2
27.06	99.64	3
0.23	100	4

Πίνακας 9. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 5.



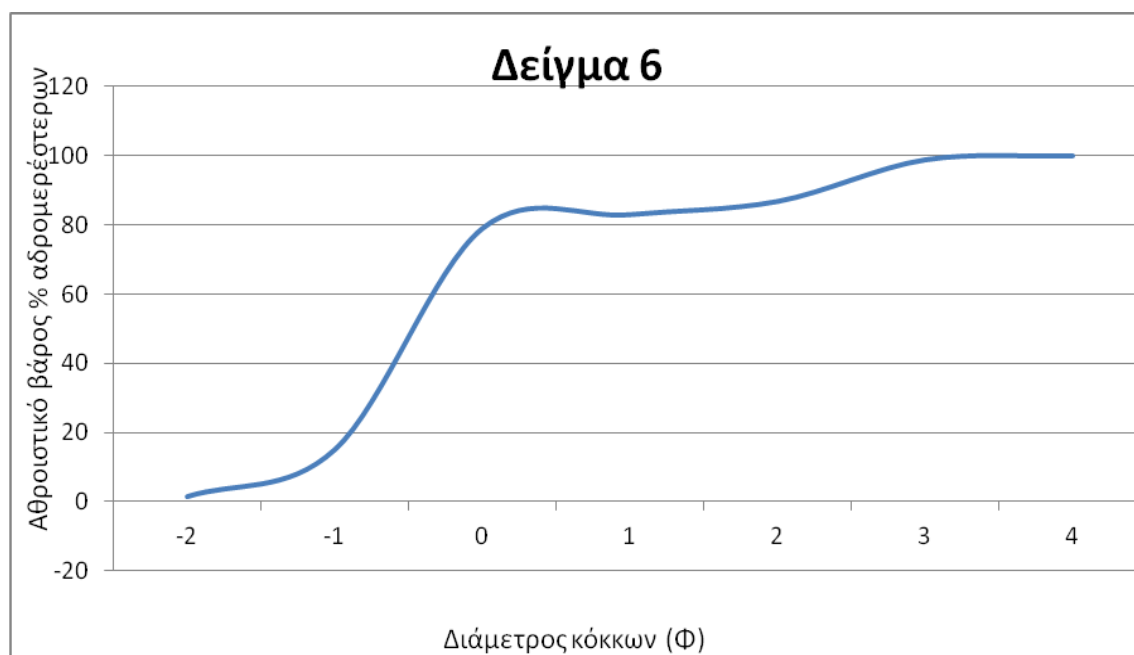
Διάγραμμα 6. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 5.

Δείγμα 6:

Από τη καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 6, προκύπτει ότι το ίζημα αποτελείται από άμμο, με μικρή ποσότητα ψηφίδων ενώ το περισσότερο δείγμα από χονδρόκοκκη άμμο.

Βάρος (gr)	Σ(β) %	Φ
1.48	1.48	-2
13.6	15.08	-1
63.9	78.98	0
4.03	83.01	1
3.8	86.81	2
12.02	98.83	3
1.16	100	4

Πίνακας 10. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 6.



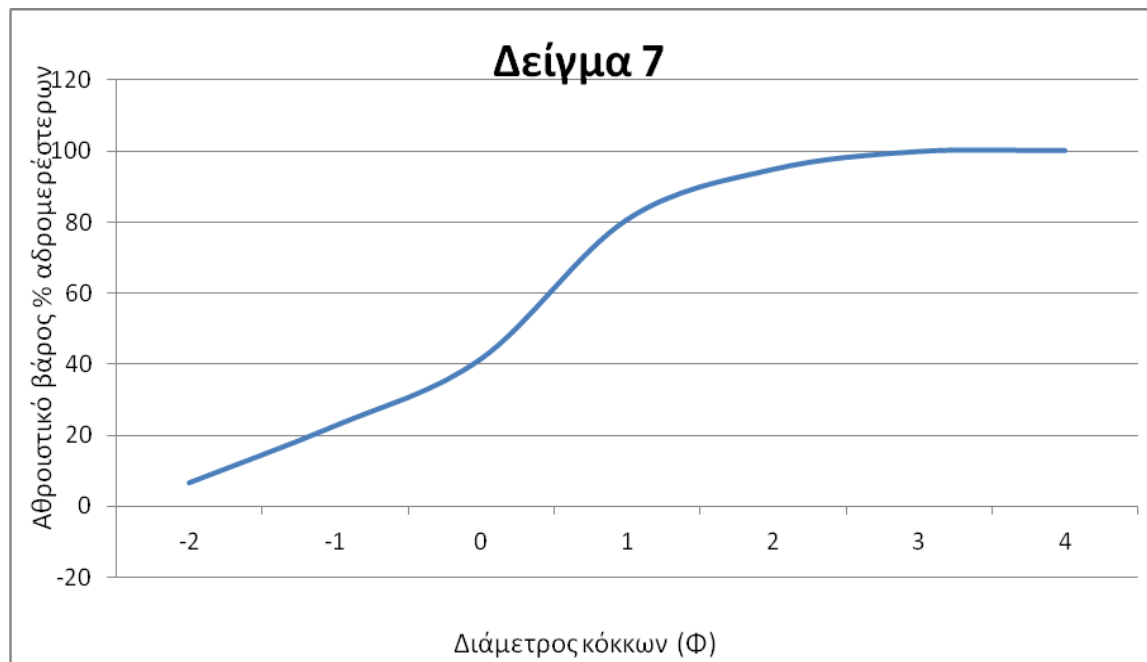
Διάγραμμα 7. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 6.

Δείγμα 7:

Η καμπύλη αθροιστικής συχνότητας του δείγματος 7, δείχνει ότι το ίζημα αποτελείται από άμμο. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από ψηφίδες, πολύ χονδρόκοκκη, χονδρόκοκκη, μεσόκοκκη, και λεπτόκοκκη άμμο.

Βάρος (gr)	Σ(β) %	Φ
6.74	6.74	-2
16	22.74	-1
18.8	41.54	0
39.1	80.64	1
14.09	94.73	2
5.01	99.74	3
0.2	100	4

Πίνακας 11. Αναλογία βάρους και αντιστοίχιση σε μονάδες Φ δείγματος 7



Διάγραμμα 8. Καμπύλη αθροιστικής συχνότητας δείγματος 7.

8.2 Συμπεράσματα αποτελεσμάτων κοκκομετρίας

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (κεφάλαιο 6.4.2), για την ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων του δείγματος χρησιμοποιήθηκαν ορισμένοι δείκτες. Τα αποτελέσματα αυτών των δεικτών είναι:

<i>Μέσο γραφικό μέγεθος (κατά Folk)</i>		
Δείγματα	Αποτέλεσμα	Περιγραφή
Δείγμα 1	1.1	Χονδρόκοκκη άμμος
Δείγμα 2	1	Χονδρόκοκκη άμμος
Δείγμα 3	2.3	Μεσόκοκκη άμμος
Δείγμα 4	2	Μεσόκοκκη άμμος
Δείγμα 5	1.16	Μεσόκοκκη άμμος
Δείγμα 6	-0.5	Πολύ χονδρόκοκκη άμμος
Δείγμα 7	-0.1	Πολύ χονδρόκοκκη άμμος

Πίνακας 12. Περιγραφή δειγμάτων με βάση το μέσο γραφικό μέγεθος.

Από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 12) γίνεται αντιληπτό ότι τα δείγματα 1 και 2 που βρίσκονται στα ανατολικά της περιοχής μελέτης αποτελούνται από χονδρόκοκκη άμμο. Τα δείγματα 3, 4, 5 τα οποία τοποθετούνται ανατολικά και στο μεσαίο τμήμα της περιοχής μελέτης αποτελούνται από μεσόκοκκη άμμο. Τέλος, τα δείγματα 6 και 7 που βρίσκονται νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζονται από πολύ χονδρόκοκκη άμμο.

Γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση σ_i (κατά Folk)		
Δείγματα	Αποτέλεσμα	Ταξινόμηση
Δείγμα 1	0.9	Μέτρια
Δείγμα 2	0.7	Μετρίως καλή
Δείγμα 3	0.5	Μετρίως καλή
Δείγμα 4	1	Κακή-Φτωχή
Δείγμα 5	1.04	Κακή-Φτωχή
Δείγμα 6	1	Κακή-Φτωχή
Δείγμα 7	1.5	Κακή-Φτωχή

Πίνακας 13. Περιγραφή δειγμάτων με βάση τη γραφική αποκλειστική σταθερή απόκλιση.

Από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 13) παρατηρούμαι ότι στο δείγμα 1 (ανατολικά της περιοχής μελέτης) η ταξινόμηση είναι μέτρια, ενώ στα δείγματα 2 και 3 (ανατολικά της περιοχής μελέτης) η ταξινόμηση είναι μετρίως καλή. Στα δείγματα 4, 5, 6 και 7 (δυτικά και νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης) η ταξινόμηση είναι κακή έως φτωχή.

Αποκλειστική	γραφική	λοξότητα S_{ki} (κατά Folk)
Δείγματα	Αποτέλεσμα	Χαρακτηρισμός ιζήματος
Δείγμα 1	0.6	Πολύ θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 2	0.5	Πολύ θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 3	-0.2	Αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 4	-0.6	Πολύ αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 5	-0.2	Αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 6	0.2	Θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα
Δείγμα 7	-0.2	Πολύ αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα

Πίνακας 14. Περιγραφή δειγμάτων με βάση την αποκλειστική γραφική λοξότητα.

Από τον πιο πάνω πίνακα (Πίνακας 14) βλέπουμε ότι τα δείγματα 1 και 2 (ανατολικά της περιοχής μελέτης) έχουν πολύ θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα, ενώ τα δείγματα 3 και 5 (ανατολικά και μεσαίο τμήμα της περιοχής μελέτης) έχουν αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα. Το δείγμα 4 (ανατολικά της περιοχής μελέτης) χαρακτηρίζεται με πολύ αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα. Τα δείγματα 6 και 7

(νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης) έχουν θετική (λεπτόκοκκη) λοξότητα και πολύ αρνητική (χονδρόκοκκη) λοξότητα αντίστοιχα.

<i>Παράμετρος κύρτωσης Kg (κατά Folk)</i>		
Δείγματα	Αποτέλεσμα	Χαρακτηρισμός ιζήματος
Δείγμα 1	0.8	Πλατύκυρτο
Δείγμα 2	1	Μεσόκυρτο
Δείγμα 3	1.6	Λεπτόκυρτο
Δείγμα 4	0.76	Πλατύκυρτο
Δείγμα 5	0.83	Πλατύκυρτο
Δείγμα 6	2.8	Πολύ πλατύκυρτο
Δείγμα 7	1.1	Μεσόκυρτο

Πίνακας 15. Περιγραφή δειγμάτων με βάση την παράμετρο κύρτωσης.

Σύμφωνα με τον πιο πάνω πίνακα (Πίνακας 15) γίνεται αντιληπτό ότι τα δείγματα 1, 2 και 3 (ανατολικά της περιοχής μελέτης) λόγω της κύρτωσης αντιστοιχούν σε πλατύκυρτο, μεσόκυρτο και λεπτόκυρτο αντίστοιχα. Τα δείγματα 4 και 5 (ανατολικά και μεσαίο τμήμα της περιοχής μελέτης) χαρακτηρίζονται ως πλατύκυρτα. Τέλος τα δείγματα 6 και 7 (νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης) αντιστοιχούν σε πολύ πλατύκυρτο και μεσόκυρτο αντίστοιχα.

Από την κοκκομετρική ανάλυση και από τους δείκτες που υπολογίστηκαν εξάγεται το συμπέρασμα ότι το ίζημα που υπάρχει στην περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από άμμο, δηλαδή ο αιγιαλός είναι αμμώδης. Γενικά η ταξινόμηση του ιζήματος είναι φτωχή, δηλαδή κατά την μεταφορά και απόθεσή του έγινε περιορισμένη διαλογή των κόκκων του, καθώς ο κύριος παράγοντας είναι ο κυματισμός. Ο συντελεστής λοξότητας του δείγματος μας δείχνουν ότι τα ιζήματα της παραλίας είναι αιολικά αλλά και παράκτια, δηλαδή η απόθεσή τους οφείλεται τόσο στον άνεμο όσο και στον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα. Τέλος, η παράμετρος κύρτωσης οδηγεί στη διαπίστωση ότι το ίζημα έχει μεγάλη διασπορά της κατανομής των κόκκων σε σχέση με το μέσο όρο.



Εικόνα 8. Διαβάθμιση των ιζημάτων της παραλίας του Μαραθώνα.

Παρακάτω φαίνεται ο χάρτης με τα σημεία δειγματοληψίας καθώς και οι συντεταγμένες για κάθε δείγμα:

	Συντεταγμένες GPS(WGS'87)	Συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87
Δείγμα 1	N 38 08 33.54	504397.491
	E 24 03 6.9	4221354.642
Δείγμα 2	N 38 08 36.06	504247.247
	E 24 03 6.12	4221386.61
Δείγμα 3	N 38 08 35.1	504030.998
	E 24 02 51.72	4221404.216
Δείγμα 4	N 38 08 32.4	503363.609
	E 24 02 24.3	4221320.684
Δείγμα 5	N 38 08 28.5	502783.848
	E 24 02 0.48	4221200.253
Δείγμα 6	N 38 08 21.18	502066.812
	E 24 01 31.02	4220974.417
Δείγμα 7	N 38 07 54.6	500860.519
	E 24 00 41.16	4220154.958

Πίνακας 16. Συντεταγμένες σημείων δειγματοληψίας.

Σημεία δειγματοληψίας στη περιοχή μελέτης



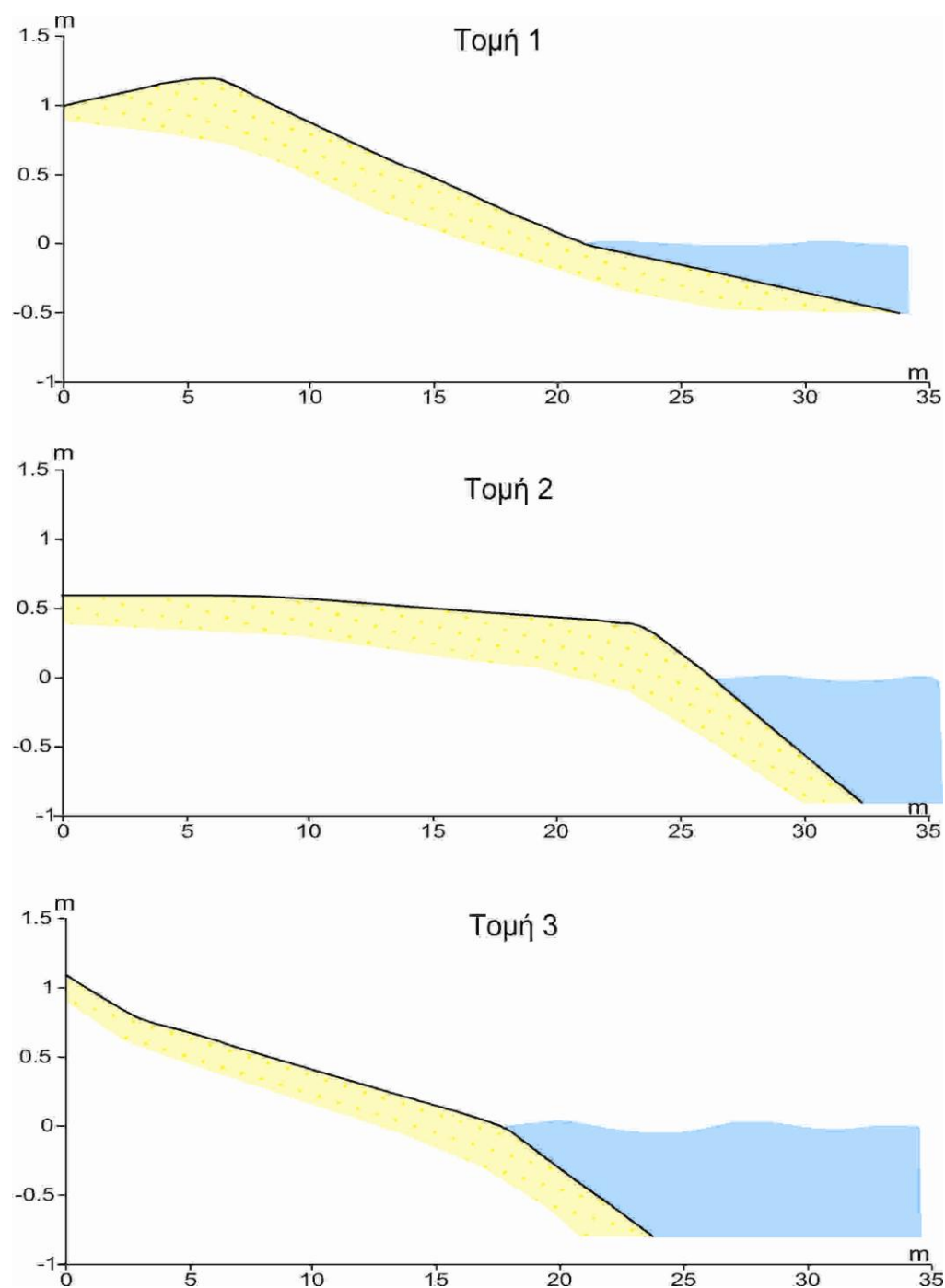
Χάρτης 6. Σημεία δειγματοληψίας στη περιοχή μελέτης.

8.3 Ανάλυση τοπογραφικών τομών αιγιαλού εγκάρσια στην ακτογραμμή

Όπως αναφέρθηκε και στην μεθοδολογία (Ενότητα 3), στην περιοχή μελέτης έγιναν 3 εγκάρσιες στην ακτογραμμή τοπογραφικές τομές αιγιαλού σε 3 διαφορετικά σημεία κατά μήκος της παράκτιας ζώνης. Οι μετρήσεις πεδίου για την κατασκευή των τομών ξεκίνησαν από την ξηρά με φορά προς την ακτογραμμή και τέλειωσαν λίγα μέτρα μέσα στη θάλασσα. Αφού σχεδιάστηκαν οι τομές, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:



Εικόνα 9. Άποψη της κλίση της παραλίας του Μαραθώνα.



Διάγραμμα 9. Επιμήκης τομές της παραλίας στη περιοχή μελέτης.

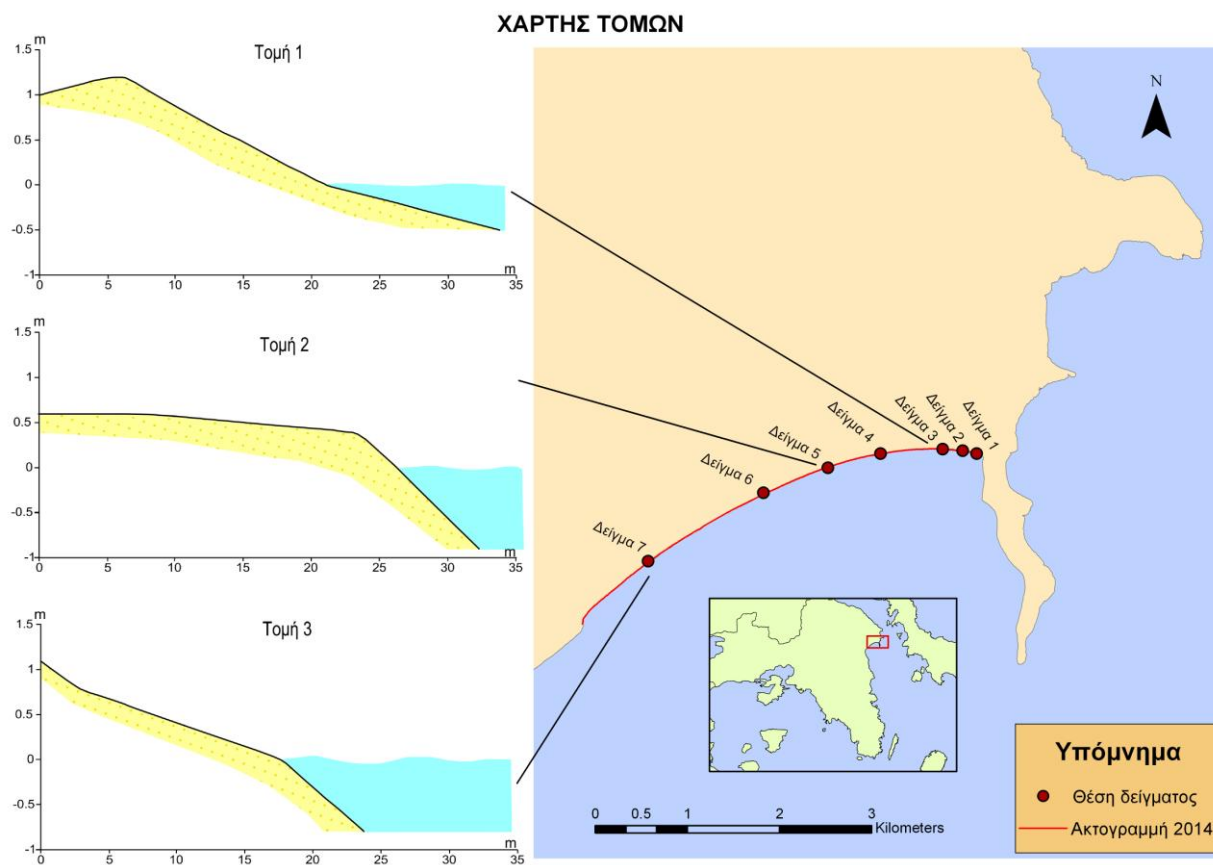
Από την τομή 1, που έγινε περίπου 300m δυτικά της χερσονήσου Κυνοσούρας, παρατηρούμε ότι η κλίση του αιγιαλού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, για το υποθαλάσσιο δηλαδή τμήμα του, είναι ομαλή. Ένα μικρό σημείο καμπής παρατηρείται στην ακτογραμμή αφού το χερσαίο τμήμα του αμμώδους αιγιαλού έχει μεγαλύτερη κλίση. Δεν παρατηρείται μεγάλη διάβρωση της ακτής αφού το

βυθιζόμενο τμήμα της ξηράς συνεχίζεται και κάτω από τη θάλασσα για μερικά μέτρα, δηλαδή δεν διακόπτεται. Το άνω τμήμα του αιγιαλού πιθανά αντιστοιχεί σε μια επιμήκη αμμώδη θίνα καθώς η τομή δείχνει λοφώδη μικρή έξαρση.

Από την τομή 2, φαίνεται ότι το χερσαίο τμήμα του αιγιαλού είναι μικρής κλίσης ενώ 3m περίπου πριν την ακτογραμμή η μορφολογική κλίση αυξάνεται και συνεχίζει έως το τέλος της τομής περίπου 1m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Το σημείο αλλαγής της κλίσης σηματοδοτεί τη διάβρωση του άνω μετώπου του αιγιαλού από τον κυματισμό κατά την περίοδο παρατήρησης. Επιπλέον, η διάβρωση της ακτής είναι περιορισμένη, καθώς τμήμα το τμήμα της ξηράς συνεχίζεται άκαμπτο μέχρι την ακτογραμμή και το βυθιζόμενο τμήμα της ξηράς συνεχίζεται και κάτω από τη θάλασσα για μερικά μέτρα, δηλαδή δεν διακόπτεται.

Τέλος, στην τομή 3 παρατηρείται ένα υποθαλάσσιο τμήμα σχετικά μεγάλης μορφολογικής κλίσης και ένα χερσαίο τμήμα του αμμώδους αιγιαλού μικρότερης κλίσης έως 15m ανάντη της ακτογραμμής οπότε αρχίζει να αυξάνεται η κλίση. Επίσης παρατηρούμαι στο διάστημα ακτογραμμή-θάλασσα ότι το βυθιζόμενο τμήμα στεριάς είναι μικρότερο σε σχέση με τις προηγούμενες 2 τομές. Άρα η διάβρωση γίνεται και υποθαλάσσια.

Από τις 3 τομές που έγιναν εγκάρσια στην ακτογραμμή διαπιστώνεται ότι η υποθαλάσσια κλίση του αιγιαλού είναι σταδιακά μεγαλύτερη προς τα νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης γεγονός που πιθανά να οφείλεται στην εντονότερη διάβρωση εξαιτίας της δράσης του κυματισμού.



Χάρτης 7. Θέσεις τομών στη περιοχή μελέτης.

8.4 Σύγκριση των ακτογραμμών της χρονολογίας 1996 και 2014

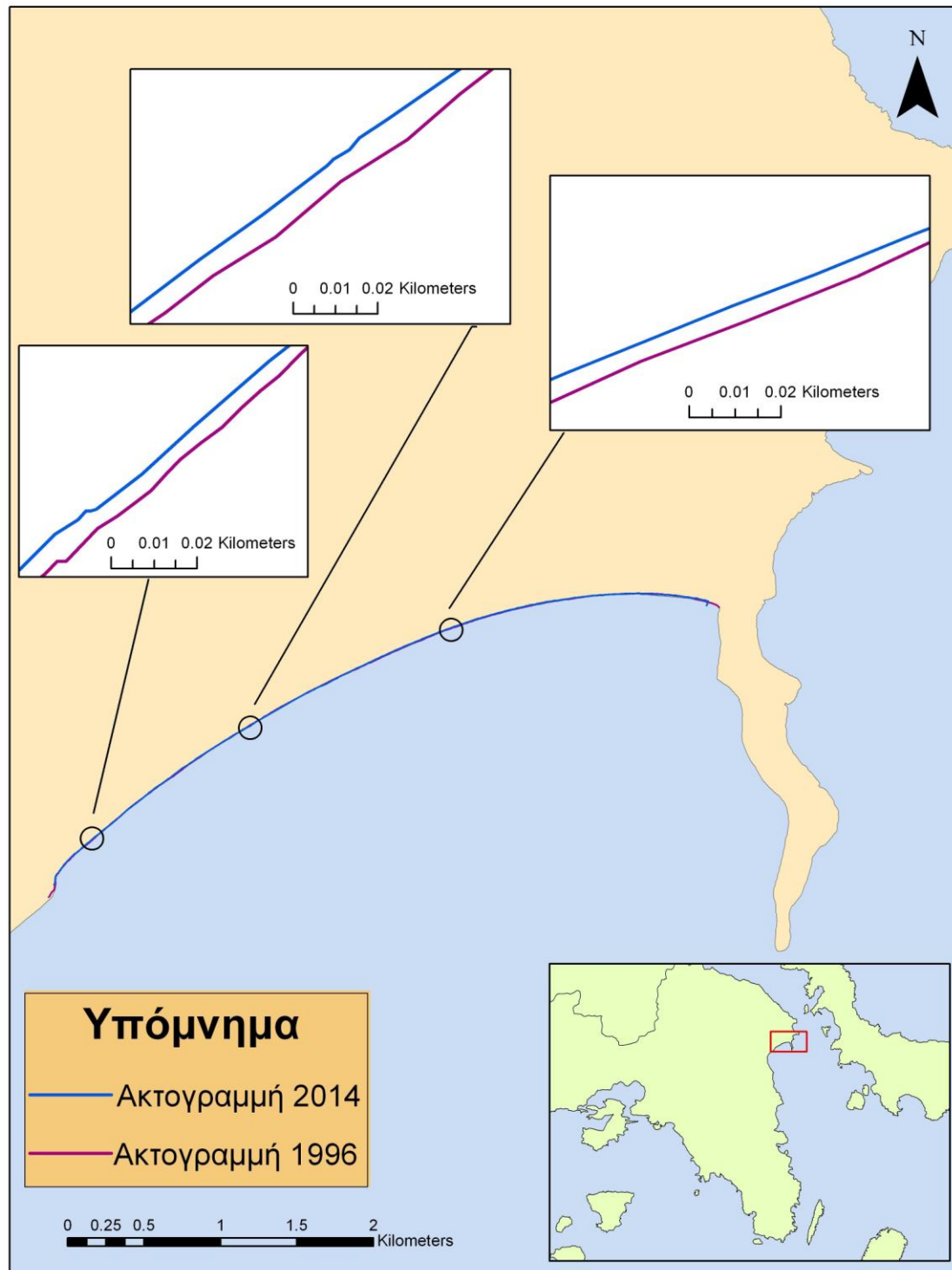
Από τον παρακάτω χάρτη διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει ουσιαστική μετατόπιση της ακτογραμμής για το χρονικό διάστημα μεταξύ των ετών 1996 και 2014. Υποχώρηση παρατηρείται σε μερικά τμήματα. Τρία από τα τμήματα αυτά της ακτογραμμής όπου φαίνεται η μεγαλύτερη υποχώρηση σημειώθηκαν στον ακόλουθο χάρτη. Ο μέσος όρος υποχώρησης μεταξύ των ακτογραμμών για τα έτη 1996 και 2014 είναι περίπου 4 m. Νοτιοδυτικά της παραλίας παρατηρείται η μεγαλύτερη διάβρωση και η υποχώρηση της ακτογραμμής είναι της τάξης των 5 m για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Συνεπώς, για μια εικοσαετία η υποχώρηση είναι από 4-5 m, άρα η υποχώρηση της ακτής κυμαίνεται στα 0,22 m/έτος.

Η υποχώρηση της ακτής οφείλεται στη δημιουργία του φράγματος του Μαραθώνα (1929). Πριν το φράγμα, στην περιοχή επικρατούσε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ της απόθεσης και της διάβρωσης. Η λειτουργία του φράγματος για την υδροδότηση της Αθήνας διατάραξε την ισορροπία αυτή, προκάλεσε τη ραγδαία ελάττωση της στερεοπαροχής του Οινός και μερικά χρόνια αργότερα άρχισε η υποχώρηση της ακτογραμμής λόγω της διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών.

Η μείωση της τροφοδοσίας του αιγιαλού με ίζημα λόγω της ραγδαίας ελάττωσης της στερεοπαροχής από τον Οινός σε συνδυασμό με την πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και τον κανόνα του Bruun, διαμορφώνουν το προφίλ του αιγιαλού και αναγκάζουν την ακτογραμμή να υποχωρήσει προς την πλευρά της ξηράς.

Παρακάτω φαίνεται ο χάρτης σύγκρισης των ακτογραμμών:

Σύγκριση ακτογραμμών 1996-2014



Χάρτης 8. Σύγκριση των ακτογραμμών των χρονολογιών 1996 και 2014 της περιοχής μελέτης.



***Εικόνα 10.** Αποτύπωση της σημερινής ακτογραμμής (2014) της παραλίας του Μαραθώνα με τη βοήθεια του GPS.*

ΕΝΟΤΗΤΑ 9

Επίλογος-Συμπεράσματα

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της διαχρονικής μεταβολής της ακτογραμμής της παράκτιας πεδιάδας του Μαραθώνα, η μελέτη της κοκκομετρίας των ιζημάτων του αιγιαλού και η εκτίμησης της υποχώρησης εφαρμόζοντας τον κανόνα του Bruun. Στη συνέχεια παρατίθενται τα σημαντικότερα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η παρούσα μελέτη:

Η διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής επιχειρήθηκε συγκρίνοντας την ακτογραμμή του 1996 όπως αυτή αποτυπώνεται σε φωτομωσαϊκό αεροφωτογραφιών της χρονολογίας αυτής, με τη σημερινή ακτογραμμή όπως αυτή σκιαγραφήθηκε κατά την εργασία πεδίου όπου ακολουθήθηκε και αποτυπώθηκε με τη χρήση GPS. Σύμφωνα με τον χάρτη σύγκρισης των δύο ακτογραμμών (*Χάρτης 8*) της περιοχής μελέτης, παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή της ακτογραμμής για τη συγκεκριμένη περίοδο παρατήρησης με εξαίρεση επιμέρους τμήματα όπου η υποχώρηση της ακτογραμμής έφτασε τα 4-5 m. Αυτό σημαίνει ρυθμό υποχώρησης της τάξης των 0,22 m/έτος.

Από τις τοπογραφικές τομές που έγιναν στην κατά την εργασία πεδίου στην περιοχή μελέτης εγκάρσια στην ακτογραμμή, παρατηρήθηκε ότι προς τα νοτιοδυτικά στην περιοχή μελέτης το προφίλ του αιγιαλού γίνεται σταδιακά περισσότερο απότομο. Οι τομές αιγιαλού κατασκευάστηκαν με σκοπό τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του αιγιαλού στην ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης εφαρμόζοντας τον κανόνα του Bruun.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ποσό της υποχώρησης του αμμώδους αιγιαλού σε μια μελλοντική άνοδο της μέσης στάθμης θάλασσας κατά 0,5 m είναι ίσο με 50-100 φορές την άνοδο αυτή εκτιμάται ότι η υποχώρηση στην περίπτωση του αιγιαλού της περιοχής μελέτης θα φθάσει τα 22 m. Σημειώνεται ότι η εκτίμηση αυτή μπορεί να μην είναι ακριβής διότι το φαινόμενο της αιολικής μεταφοράς άμμου από το προφίλ του αιγιαλού είναι έντονο όπως μαρτυρά η παρουσία των παράκτιων αμμοδών θινών στο πίσω μέρος του αιγιαλού. Η παραδοχή της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,5 m έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις εκτιμήσεις των αναφορών της IPCC σχετικά με

την παγκόσμια αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Κατά την επίσκεψη στην περιοχή μελέτης ελήφθησαν 7 δείγματα ιζήματος από τον αιγιαλό τα οποία αναλύθηκαν στο εργαστήριο. Η κοκκομετρική ανάλυση και οι δείκτες που υπολογίστηκαν για τα δείγματα αυτά οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το ίζημα που υπάρχει στην περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από άμμο (με τιμές μέσου μεγέθους μεταξύ -0.1 και 1.1), δηλαδή η παραλία είναι αμμώδης. Τα δείγματα 6 και 7, που ελήφθησαν από το δυτικό τμήμα του αιγιαλού έδειξαν ότι πρόκειται για ίζημα που χαρακτηρίζεται ως πολύ χονδρόκοκκη άμμος. Η παρουσία αδρομερέστερου υλικού στο τμήμα αυτό του αιγιαλού πιθανά σχετίζεται με τη μεγαλύτερη και εντονότερη δράση του κυματισμού που χαρακτηρίζει την περιοχή αυτή σε σχέση με το περισσότερο προστατευμένο ανατολικό τμήμα της παραλίας. Εκτός από τις αρνητικές συνέπειες που έχει το προφίλ του αιγιαλού λόγω της διάβρωσης, σοβαρές επιπτώσεις παρατηρούνται και στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Τα τοπικά μαγαζιά και σπίτια που βρίσκονται στην παράκτια περιοχή καταστρέφονται λόγω της έντονης διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών.



Εικόνα 11. Διάβρωση παράκτιων κτιρίων στο δυτικό άκρο της περιοχής μελέτης.

Μερικές προτάσεις για τον περιορισμό της διάβρωσης μπορεί να είναι η τεχνητή τροφοδοσία της παραλίας με ίζημα, η προσπάθεια σταθεροποίησης της ακτογραμμής με τεχνητές κατασκευές (βραχίονες), καθώς και ευέλικτοι περιβαλλοντικοί σχεδιασμοί με την κατάλληλη εφαρμογή των χρήσεων γης.

Παρόλα αυτά, η διάβρωση των ακτών είναι μια φυσική διεργασία και ο άνθρωπος πρέπει να την βλέπει σαν ένα φυσικό φαινόμενο και όχι απαραίτητα σαν μια φυσική καταστροφή. Πολύ πιστεύουν πως ο άνθρωπος δεν μπορεί να τα βάλει με τη φύση και γι' αυτό το λόγο πρέπει να μάθει να ζει με αυτή και τις συνέπειες της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Έντυπη

Ελληνόγλωσση

- ΕΠΤΑ ΑΕ, Μάρτιος 2013. *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου «Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων του Δήμου Μαραθώνα»*, Αθήνα.
- Καρκάνας, Π., Παυλόπουλος, Κ., Τριανταφύλλου, Μ., Καρύμπαλης Ε., Τσούρου Θ., Παλυβός Ν., 2002. *Γεωμορφολογική εξέλιξη της λεκάνης απορροής και του παράκτιου αλλουβιακού ριπιδίου του Οινόη (Χάραδρου) ποταμού (Β.Αττική) κατά το Τεταρτογενές*, Γεωγραφίες, Τεύχος 7, Εξάντας.
- Καρκάνας, Π., Παυλόπουλος, Κ., Τριανταφύλλου, Μ., Καρύμπαλης Ε., Τσούρου Θ., Παλυβός Ν., 2004. *Παράκτιο Έλος Σχινιά-Μαραθώνα: Ιζηματογένεση-Μεταβολές Στάθμης Θάλασσας-Κλιματικές Μεταβολές κατά το Μέσο-Ανώτερο Ολόκαινο*, Γεωγραφίες, Τεύχος 7, Εξάντας.
- Καρκάνας, Π., Παυλόπουλος, Κ., Τριανταφύλλου, Μ., Καρύμπαλης Ε., Τσούρου, Θ., Παλυβός Ν., 2002. *Παράκτια Πεδιάδα Μαραθώνα: Ιζηματογένεση-Μεταβολές Στάθμης Θάλασσα- Κλιματικές Μεταβολές κατά το Μέσο-Ανώτερο Ολόκαινο*, Πρακτικά Συνάντησης Ν.Ανατολικής Αττικής, Αθήνα.
- Καρύμπαλης, Ε., 2010. *Παράκτια Γεωμορφολογία*, ΙΩΝ, Αθήνα.
- Λάμπρου, Ι. 1998. *Ο υδάτινος πλούτος της Αττικής γης*, Αθήνα: Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος.
- Λόζιος Σ., 1993. *Τεκτονική ανάλυση των μεταμορφωμένων σχηματισμών της Νοτιοανατολικής Αττικής*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μαργώνη Γρ. Σοφία, 2006. *Έρευνα των περιβαλλοντικών διεργασιών εξέλιξης των υδροτόπων και της πεδιάδας του Μαραθώνα κατά το Ολόκαινο με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.)*, Διδακτορική Διατριβή,

Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

- Μαργώνη, Σ. 2006. *Έρευνα των περιβαλλοντικών διεργασιών εξέλιξης των υγροτόπων και της πεδιάδας του Μαραθώνα κατά το Ολοκαινο με τη χρήση GIS*, διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης, Δ., 1985. *Γεωλογία Ελλάδος*. Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., University Press, Θεσσαλονίκη.
- Παυλόπουλος, Κ., 2011. *Γεωμορφολογία: Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες*, ΙΩΝ, Αθήνα.
- Παυλόπουλος, Κ., Καρύμπαλης, Ε., Μαρουκιάν, Χ., 2005. Γεωμορφολογική εξέλιξη της λεκάνης απορροής και του παράκτιου αλλουβιακού ριπιδίου του ποταμού Οινόη (Χάραδρου) κατά το τεταρτογενές, Γεωγραφίες, Τεύχος 10, Εξάντας.
- Σενή, Α., Καψιμάλης, Β., Παυλόπουλος, Κ., 2010. *Προσδιορισμός των πρόσφατων μεταβολών στην παράκτια πεδιάδα του Μαραθώνα Αττικής, με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών*, Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Μυτιλήνη.
- Χαλκιάς, Χ., 2003. *Σημειώσεις Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών II*, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Ξενόγλωσση

- Baeteman, C., 1985. *Late Holocene geology of Marathon plain, Greece*. Journal of Coastal Research.
- European Commission, 2004. *Living with coastal erosion in Europe, sediment and space for sustainability. Results from the EUROSION study*. Ed. P. Doody, M. Ferreira, S. Lombardo, I. Lucius, R. Misdorp, H. Niesing, A. Salman, M. Smallegance.

- Howard, A. D. 1967. *Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation*, American Association of Petroleum Geologists.
- Maroukian, H., Zamani, A., Pavlopoulos, K., 1993. Coastal Retreat in the Plain of Marathon (East Attica), Greece: Causes and Effects, *Geologica Balcanica*.
- Papanikolaou D., Lozios S., 1990. *Comparative neotectonic structure of high (Korinthia-Beotia) and low rate (Attica-Cyclades) activity*, Bull.Geol. Soc. Greece.
- Papanikolaou D., Papanikolaou I., 2007. *Geological, geomorphological and tectonic structure of the NE Attica and seismic hazard implications for the Northern edge of the Athens plain*. Bul. Of the Geol. Society of Greece vol XXXX, Proc. Of the 11th Int. Congress, Athens.
- Strahler, A. 1957. *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*, Am. Geophys. Union Trans.

Διαδίκτυο

- Πληροφορίες για το πάρκο του Σχινιά, στην ιστοσελίδα: <http://agro.in.gr/breaks/article/?aid=1231047303>
- Πληροφορίες δήμου Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: <http://www.el.wikipedia.org/wiki>
- Πληροφορίες για την περιοχή του Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: <http://www.ellinikifoni.gr>
- Πληροφορίες για τη λίμνη του Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: <http://www.e-marathon.gr>
- Πληροφορίες για τη λίμνη του Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: <http://www.eydap.gr>

- Πληροφορίες για την περιοχή του Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: <http://www.visitmarathon.gr>
- Πληροφορίες για το Εθνικό Πάρκο Σχοινιά - Μαραθώνα, στην ιστοσελίδα: http://3sek-an-attik.att.sch.gr/sxinias_site/index.html
- Πληθυσμιακά στοιχεία του δήμου Μαραθώνα από την ΕΛ.ΣΤΑΤ, στην ιστοσελίδα: <http://www.statistics.gr>
- Το κλίμα της Αττικής, στην ιστοσελίδα: <http://www.Meteonews.gr>
- Google Earth, στην ιστοσελίδα: <http://www.google.com/earth/index.html>