



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΑΝΘΗ Κ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΟΥ

**ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ
ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ ΠΙΕΡΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020





ΑΝΘΗ Κ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5359

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΗΣ ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ ΠΙΕΡΙΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας

Επιβλέπουσα

Συλβέστρου Ιωάννα, ΕΔΙΠ Δρ.



© Ανθή Κ. Πασχαλίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Τεκτονικής Γεωλογίας και Στρωματογραφίας, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Πασχαλίδου, Κ. Α., 2020. Στρωματογραφική και Παλαιοπεριβαλλοντική Μελέτη των τομών κατά μήκος της ακτής Μακρύγιαλου Πιερίας. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 1- 85.

© Anthi K. Paschalidou, School of Geology, Dept. of Geology, 2020
All rights reserved.

Citation: Paschalidou, K. A., 2020. Stratigraphic and Paleo-environmental study of the outcrops along the coastal area of Makrigialos Pierias. Bachelor Thesis, Aristotle University of Thessaloniki, School of Geology, pp. 1-85

*Εικόνα Εξωφύλλου:
Τομές μελέτης, εικόνα από Google Earth, Landsat/Copernicus 2020*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.



ΑΦΙΕΡΩΜΕΝΟ

Στον πιο μάχιμο παππού,
Θοδωρή Τ.



Ευχαριστίες

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Ιωάννα Συλβέστρου για τη συνεχή βοήθεια που μου παρείχε, χωρίς την οποία θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Αφιέρωνε σημαντικό χρόνο, όχι μόνο από τις εργάσιμες ώρες, αλλά κυρίως από τον ελεύθερο χρόνο της για να λύνει άμεσα τις απορίες μου. Με συνόδευε κάθε φορά που χρειαζόταν να πάω στην περιοχή του Μακρύγιαλου μέχρι να ολοκληρώσω τη συλλογή στοιχείων. Είχε την υπομονή και τη θέληση να με καθοδηγεί, ακόμα και μετά από περιόδους διακοπής συγγραφής της εργασίας. Την εκτιμώ πολύ και την ευχαριστώ.

Καίρια ήταν η καθοδήγηση του καθηγητή Δημήτρη Κωστόπουλου, που γνώριζε και έδινε λύση σε κάθε κόλλημα που προέκυπτε. Αναγνωρίζω την υπομονή και την θέληση που έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω την ΕΔΙΠ Δρ. Καλλιόπη Κολιαδήμου, του τμήματος Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, για τις οδηγίες των κοκκομετρικών αναλύσεων και για την πρόσβαση στα εργαστήρια του τομέα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω και να χαιρετήσω τον Δρα Ευάγγελο Βλάχο, ερευνητή του CONICET και του Μουσείου Παλαιοντολογίας Egidio Feruglio του Τρελέου, της Αργεντινής, για την πρώτη επικοινωνία και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να αναλάβω τη μελέτη των αποθετικών περιβαλλόντων των σημαντικών απολιθωμάτων που βρίσκονται στην περιοχή. Ήταν ουσιαστική και η παραχώρηση πλήθους φωτογραφιών, κατάλληλης οπτικής για τη μελέτη απροσέγγιστων σημείων στις τομές.

Τέλος, ευχαριστώ και τον επίκουρο καθηγητή, Άγγελο Μαραβέλη που, αν και νέος στο τμήμα μας, αφιέρωσε χρόνο και ήρθε στο Μακρύγιαλο, με σκοπό τη διευκρίνηση και τον προσδιορισμό των δομών και φάσεων που ερμηνεύσαμε.

Ξεχωριστό κομμάτι ευχαριστιών κρατάω για τους γονείς μου, που μου συμπαράσταθηκαν σε όλα τα χρόνια της φοίτησης μου και με διευκόλυναν όσο περισσότερο μπορούσαν.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
Περίληψη	3
Abstract	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1. Σκοπός.....	5
2. Μεθοδολογία	6
3. Δυσκολίες και προτάσεις.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.1 Γεωλογική τοποθέτηση της περιοχής	8
1.2 Παρουσίαση Τομών και στηλών της παράκτιας περιοχής μελέτης Μακρύγιαλου Πιερίας.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1 Περιγραφή Λιθοφάσεων.....	22
2.2 Ερμηνείες.....	52
2.3 Προέλευση ηφαιστειακού υλικού	55
2.4 Απολιθώματα στην περιοχή Μακρύγιαλου Πιερίας.....	56
2.5 Συσχετισμός μεταξύ ανατολικού και δυτικού τμήματος της ευρύτερης λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού ...	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
Συμπεράσματα.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	63



Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Γεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, υπό την επίβλεψη της ΕΔΙΠ Δρ. Ιωάννας Συλβέστρου.

Σκοπός και κύριο αντικείμενο της εργασίας αποτέλεσε ο καθορισμός των αποθετικών περιβαλλόντων που λειτούργησαν κατά το τέλος Μειοκαίνου αρχές Πλειοκαίνου στις νότιες ακτές του Μακρύγιαλου Πιερίας. Η επιλογή της περιοχής έγινε μετά τον εντοπισμό απολιθωμάτων και κυρίως γιγάντιων χελωνών κατά μήκος των ακτών και θεωρήθηκε χρήσιμος ο προσδιορισμός του περιβάλλοντος στο οποίο ζούσαν.

Η εργασία χωρίστηκε σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο περιελάμβανε συλλογή δειγμάτων και εργασίες πεδίου, με τον καθορισμό λιθολογίας, αλληλουχίες στρωμάτων, επαφών και δομών που εντοπίστηκαν. Στο δεύτερο εργαστηριακό στάδιο έγινε αξιολόγηση των υπαίθριων παρατηρήσεων, χρησιμοποιήθηκε μικροσκόπιο για μορφομετρία κλαστών, πραγματοποιήθηκαν κοκκομετρικές αναλύσεις και χρησιμοποιήθηκε η Κλίμακα Munsell. Για την απεικόνιση των τομών κατασκευάστηκαν πανοραμικές φωτογραφίες, φωτομωσαϊκό και σκαριφήματα. Στο τελευταίο στάδιο κατασκευάστηκαν έξι αντιπροσωπευτικές στήλες της περιοχής και καθορίστηκαν οι φάσεις των ιζημάτων. Επιπρόσθετα, ερμηνεύτηκαν οι ακολουθίες φάσεων (FA) που προσδιορίστηκαν καθώς και τα αντίστοιχα αποθετικά περιβάλλοντα. Τέλος, η περιοχή συσχετίστηκε με την ανατολική πλευρά του Θερμαϊκού Κόλπου.



Abstract

The present bachelor thesis was carried out under the supervision of Ioanna Sylvestrou, in the Department of Geology of the Aristotle University of Thessaloniki.

The purpose and main object of the thesis was to determine the depositional environments that operated at the Late Miocene - Pliocene at the southern coast of Makrigialos Pieria. The selection of the area was made after the discovery of vertebrate fossils, mainly giant turtles; hence, it was considered useful to determine the environment in which these animals lived.

The research is divided in three stages. The first stage included sample collection and fieldwork, with the definition of lithology, sequences of layers, contacts and structures which were identified. In the second laboratory stage, the elements from outcrops were evaluated, a microscope was used for cluster morphometry, granulometric analyzes were performed, and the Munsell Scale was used. Panoramic photos, mosaics and sketches were made to illustrate the sections. In the last stage, six representative columns of the area were constructed and the facies of the sediments were determined. In addition, the identified facies associations (FA) and the corresponding depositional environments were interpreted. Finally, the area was associated with the eastern side of the Thermaic Gulf.

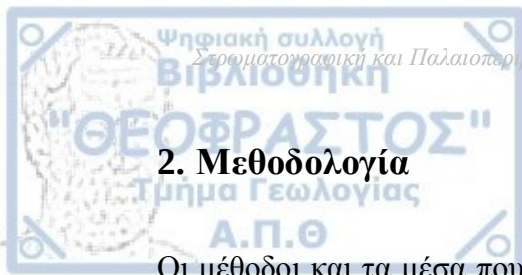
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Σκοπός

Κύριος σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η λεπτομερής στρωματογραφική μελέτη κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του Μακρύγιαλου, ο καθορισμός των διεργασιών μεταφοράς και απόθεσης των υπό μελέτη ιζημάτων και η προσπάθεια καθορισμού των αποθετικών περιβαλλόντων σύμφωνα με τις φάσεις που διαχωρίστηκαν τα ιζήματα.

Έναυσμα για τη λεπτομερή περιγραφή των ιζημάτων και τον καθορισμό των αποθετικών περιβαλλόντων ήταν η εύρεση μεγάλου αριθμού απολιθωμένων χελώνων κατά μήκος της παραλίας του Μακρύγιαλου κάποιες από τις οποίες έχουν ήδη μελετηθεί (Vlachos, E., 2015; Saltsidou, M., 2020), ενώ άλλες βρίσκονται ακόμα στα σημεία εύρεσής τους (in situ). Ένα τέτοιο δείγμα απολιθωμένης χελώνας εντοπίστηκε στη βάση των κατακόρυφων παράκτιων τομών του Μακρύγιαλου, στο νότιο τμήμα που μελετάται στην παρούσα εργασία. Έτσι απώτερος σκοπός της εργασίας είναι ο προσδιορισμός του περιβάλλοντος στο οποίο ζούσαν αυτές οι μορφές.

Τέλος, με βάση τα στρωματογραφικά στοιχεία που προκύψουν από τη μελέτη της περιοχής κρίνεται απαραίτητος ο συσχετισμός αυτών των ιζημάτων με τους αντίστοιχους σχηματισμούς που έχουν ήδη μελετηθεί στο ανατολικό τμήμα της ευρύτερης λεκάνης Αξιού, στην περιοχή της Χαλκιδικής (Συρίδης, 1990).



2. Μεθοδολογία

Οι μέθοδοι και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη αυτής της εργασίας αναλύονται παρακάτω:

Καταγραφή: έγιναν επιτόπιες λεπτομερείς παρατηρήσεις των κατακόρυφων τομών κατά μήκος της νότιας ακτής και σχεδιάστηκαν τα ιζήματα, δομές και επαφές τους σε αντιπροσωπευτικές στήλες.

Δειγματοληψία: ελήφθησαν συνολικά 22 δείγματα από όλους σχεδόν τους ορίζοντες που ήταν δυνατή η προσέγγισή τους.

Συλλογή φωτογραφιών: εκτός από τις προσωπικές φωτογραφίες, ένα μεγάλο τμήμα των φωτογραφιών προέρχεται από μακρινές λήψεις από τη θάλασσα προς την ακτή (συλλογή του κ. Βαγγέλη Βλάχου που παραχωρήθηκαν για την εργασία). Κατασκευάστηκαν συνθετικές φωτογραφίες από αυτή τη συλλογή για την ολοκληρωμένη απεικόνιση των τομών στο PhotoShop από την κ. Ιωάννα Σουλβέστρου.

Κοκκομετρικές αναλύσεις: πραγματοποιήθηκαν κοκκομετρικές αναλύσεις στο εργαστήριο του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας με τη μέθοδο των κόσκινων για τον υπολογισμό στατιστικών παραμέτρων κυρίως σε αμμώδη δείγματα. Τα αποτελέσματα της μηχανικής ανάλυσης των δειγμάτων, με την μέθοδο του κοσκινίσματος, εισήχθησαν ως δεδομένα στο λογισμικό πρόγραμμα **Gradistat V8.0** και υπολογίστηκαν οι γραφικές παράμετροι μεγέθους για κάθε δείγμα.

Μικροσκόπιο: μελέτη της σύστασης και μικροδομών των δειγμάτων με στερεοσκοπικό μικροσκόπιο.

Μορφομετρία: μέτρηση σφαιρικότητας και στρογγυλότητας 50 ψηφίδων και κροκαλών σε τρία δείγματα αδρόκοκκης άμμου σύμφωνα με το διάγραμμα οπτικού υπολογισμού (Krumbein & Sloss, 1963).

Κλίμακα Munsell: χρήση του βιβλίου Munsell Book of Soil Color Charts 2009 Rev, για την αξιολόγηση του χρώματος των ιζημάτων της περιοχής. Αξιολογήθηκαν όλα τα λεπτόκοκκα ιζήματα μετά από ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου.



Σχεδιασμός: Όλες οι τομές και οι στήλες με υπόμνημα. έγιναν στο πρόγραμμα Inkscape

3. Δυσκολίες και προτάσεις

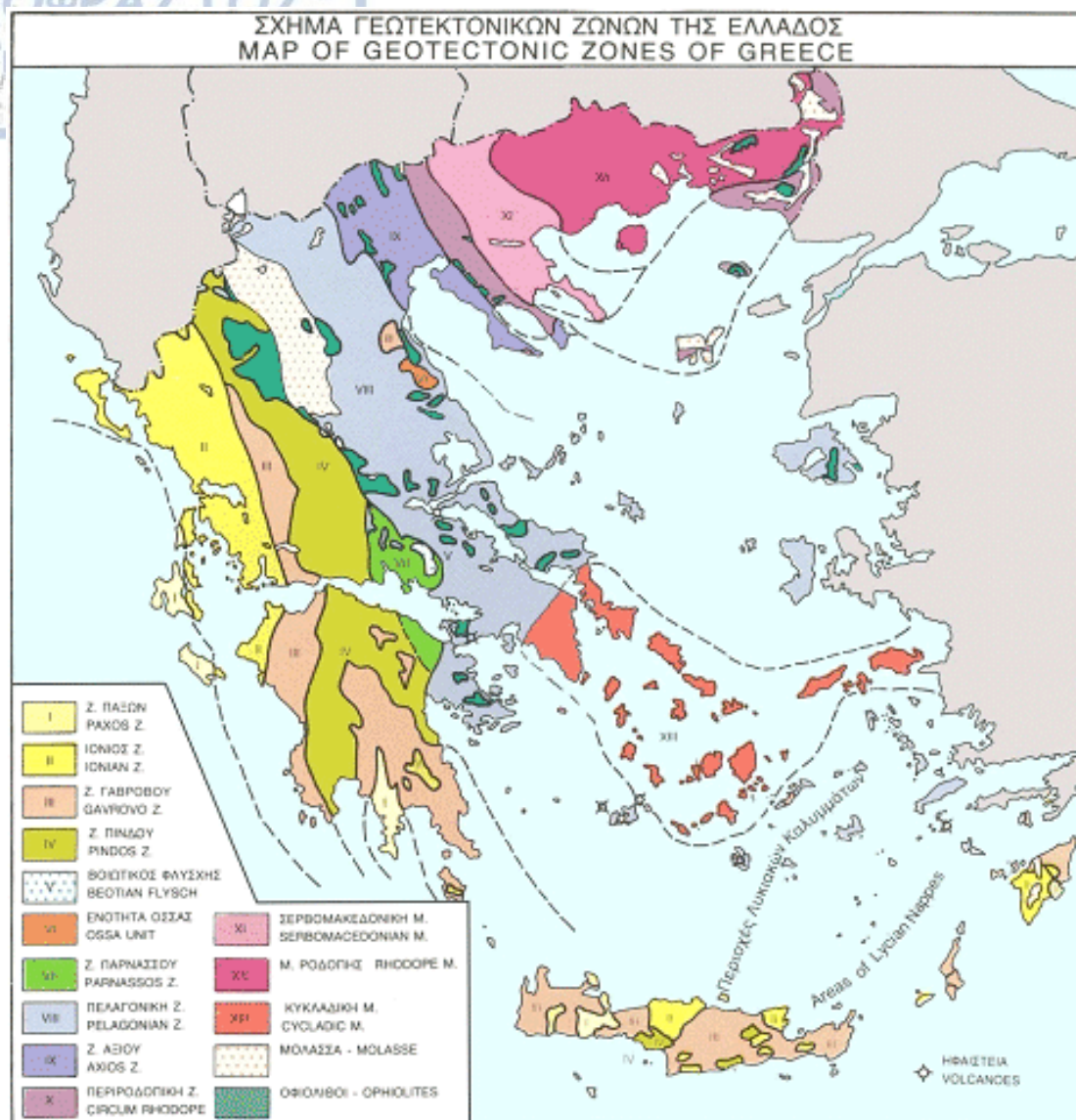
Δυσκολίες προέκυψαν σε διάφορα στάδια. Λόγω της κατακόρυφης ανάπτυξης των τομών και πτώσεων λόγω διάβρωσης υπερκείμενων υλικών πολλές φορές κατέστη δύσκολη η προσέγγιση σημείων στις φυσικές τομές, η λήψη δειγμάτων για τον ακριβή προσδιορισμό του υλικού και κατ' επέκταση ο ακριβής προσδιορισμός των απροσέγγιστων στρωμάτων και φάσεων. Ο J. R. Lee (2015) υπογραμμίζει πως με την πάροδο του χρόνου, γίνεται αντιληπτό ότι οι κατακόρυφες στήλες δεν επαρκούν για την ορθή περιγραφή της ποικιλομορφίας των φάσεων σε πολλά περιβάλλοντα. Οι νέες τεχνικές στρέφονται στην ανάπτυξη τρισδιάστατων μοντέλων για την αξιόπιστη περιγραφή και ταξινόμηση των φασικών μονάδων. Τεχνική που δεν ήταν βέβαια στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η περιοχή μελέτης αποτελεί τις νότιες παράκτιες ζώνες του Μακρύγιαλου Πιερίας. Ο νομός Πιερίας ορίζεται στα βόρεια από τον ποταμό Αλιάκμονα και στα νότια από τον ποταμό Πηνειό. Στα ανατολικά βρέχεται από το Θερμαϊκό Κόλπο και στα δυτικά συναντά τα αλλουβιακά ριπίδια του Ολύμπου και τα Πιέρια. Ο Μακρύγιαλος είναι μεγάλος οικισμός στις βόρειες ακτές του νομού Πιερίας, έδρα του ομώνυμου Δημοτικού διαμερίσματος και του Δήμου Μεθώνης. Στην απέναντι (ανατολική) πλευρά του Θερμαϊκού Κόλπου βρίσκεται η παραλία Επανομής.

1.1 Γεωλογική τοποθέτηση της περιοχής

Από γεωλογικής πλευράς, ο νομός Πιερίας ανήκει στην Ζώνη Αξιού και ειδικότερα στην Υποζώνη Αλμωπίας (Σχήμα 1). Η υποζώνη Αλμωπίας αποτελεί το δυτικό τμήμα της ζώνης Αξιού και σύμφωνα με τον Mercier (1966) ορίζεται ως αύλακα που περιβαλλόταν ανατολικά από το ύβωμα της υποζώνης του Πάικου και δυτικά από το ύβωμα της Πελαγονικής ζώνης. Η Αλμωπία απαρτίζεται κυρίως από οφειόλιθους και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας, από τα Άνωκρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα και από τα μεταμορφωμένα πετρώματα προ-οφειολιθικά που αποτελούσαν πετρώματα του Πελαγονικού ηπειρωτικού περιθωρίου (Μουντράκης, 2010).



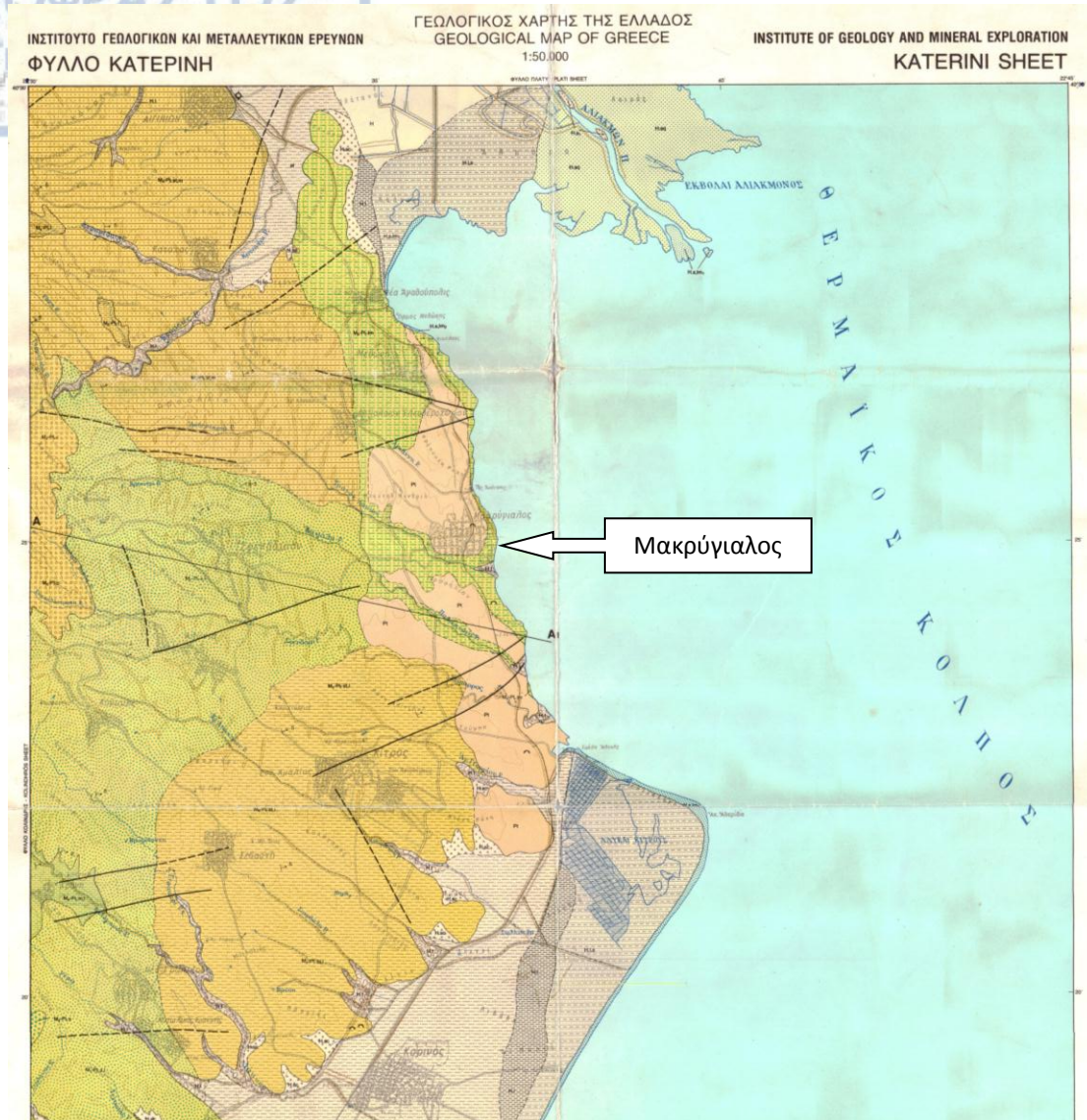
Σχήμα 1. Σχήμα των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. (Από ιστότοπος www.orykta.gr)

Αποθέσεις του Παλαιογενούς δεν μπορούν να παρατηρηθούν επιφανειακά στη περιοχή του Θερμαϊκού διότι το πάχος των Νεογενών - Τεταρτογενών ιζημάτων που τα καλύπτουν είναι πάνω από 3500m (Χριστοδούλου, 1965). Ειδικότερα, στη λεκάνη Κατερίνης, το πάχος των κλαστικών υλικών φτάνει σε πάχος τα 1000μ. Πρόκειται κύριως για ποταμολιμναία, ποταμοδελταϊκά και χερσοποτάμια ιζήματα με μια μόνο παρεμβολή υφάλμυρης φάσης (Benda & Steffens, 1981).

Η Σουλβέστρου (2002) χώρισε την λεκάνη Κατερίνης σε 8 Νεογενείς Σχηματισμούς: α) Σχηματισμό Ελατοχωρίου ηλικίας Κάτω Μειοκαίνου με κροκαλοπαγή και ανώτερους αργιλικούς ορίζοντες, β) Σχηματισμό Μοσχοποτάμου ηλικίας Κάτω-

Μέσο Μειοκαίνου, με αργίλους, μάργες, άμμους και λιγνιτικούς ορίζοντες, γ) Σχηματισμό Συκέας ηλικίας Μέσω Μειοκαίνου, που περιλαμβάνει ποτάμιες άμμους και αργίλους, δ) Σχηματισμό Ρυάκια ηλικίας Μέσο Μειοκαίνου, με κύρια ανάπτυξη ποτάμιων άμμων με ψαμμιτικούς φακούς και αργίλους, ε) Σχηματισμό Λαγοράχης ηλικίας Άνω Μειοκαίνου με κροκαλοπαγή στη βάση και κύρια ανάπτυξη υπόλευκων άμμων, στ) Σχηματισμό Σφενδάμης Άνω Μειοκαίνου (Πόντιο) με απολιθωματοφόρους ορίζοντες με τη χαρακτηριστική πανίδα της Παρατηθύος, ζ) Σχηματισμό Μακρύγιαλου ηλικίας Ανώτατο Μειόκαινο- Κάτω Πλειόκαινο με άμμους (κλάστες σε μεγάλο ποσοστό ηφαιστειακής προέλευσης), ψαμμίτες, αργίλους και μαργαϊκούς ασβεστολίθους και η) Σχηματισμό Λόφου ηλικίας Πλειοκαίνου-αρχές Τεταρτογενούς παρόμοιας λιθολογίας με τον Σχηματισμό Μακρύγιαλου αλλά χωρίς καθόλου ηφαιστειακούς κλάστες στη σύσταση των ιζημάτων του.

Ο Σχηματισμός Μακρύγιαλου έτσι όπως αναφέρεται και καθορίστηκε από Συλβέστρου (2002) εντοπίζεται σε τρεις γεωλογικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε αλλά με διαφορετικό όνομα. Έτσι στο φύλλο Κατερίνη, (Μέττος & Κουτσοβέλη, 1986) αναφέρεται ως ποταμοχερσαίες αποθέσεις Μεθώνης - Μακρύγιαλου (Σχήματα 2,3), στο φύλλο Πλατύ (Μέττος & Κουτσοβέλη, 1986) και στο φύλλο Αλεξάνδρεια (Κουρής, 1985) αναφέρεται ως αργιλομαργαϊκή και ψαμμιτοαμμώδης σειρά που όμως περιλαμβάνει πετρώματα σύμφωνα με Συλβέστρου (2002) και από τον υποκείμενο Σχηματισμό Σφενδάμης (Βλέπε αναλυτικά Συλβέστρου, 2002).



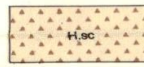
Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. Τροποποιημένο τμήμα που αφορά την περιοχή μελέτης, φύλλο Κατερίνης.

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Αδρομερή υλικά από κροκαλολάτρες και άμμους: στις κοίτες των χειμάρρων και υλικά χειμαρρωδών αναβαθμιδών με μικρό πάχος.



Πλευρικά κορήματα από κροκάλες και πηλούς: που προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των νεογενών σχηματισμών, γενικά ασύνδετα.



Ποτάμιες αναβαθμιδές (t₁, t₂): από αδρομερή υλικά του ποταμού Πέλεκα που το πάχος τους φθάνει τα 3 και 5 μέτρα αντίστοιχα.

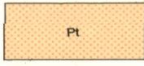


Προσχωματικά υλικά χειμάρρων: ασύνδετα υλικά από άμμους, κροκάλες, λεπτομερή αργιλοαμμώδη και πηλοαμμώδη υλικά. Το πάχος των αποθέσεων αυτών υπερβαίνει τα 60 μ. (περιοχή Κατερίνης).



ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Αιολικές αποθέσεις (loess) που εναλλάσσονται με καλά αναπτυγμένο παλαιοέδαφος (ραϊεσολ). Οι αιολικές αποθέσεις έχουν χρώμα καστανό και αποτελούνται από αργιλούχους πηλούς που είναι πλούσιοι σε ανθρακικό υλικό.



Το παλαιοέδαφος (ραϊεσολ) αποτελείται από αργίλους καστανού χρώματος είναι πρισματικής δομής και φέρουν ασβεστιτικά συγκρίσματα που το μέγεθός τους φθάνει μέχρι τα 3 εκ. Πάχος: 10-15 μέτρα.

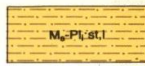
ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ ΝΕΟΓΕΝΕΣ

ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΚΑΤ. ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

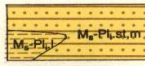
Ποταμοχερσαίες αποθέσεις Μεθώνης - Μακρύγιαλου: αποτελούνται από εναλλαγές συνεκτικών πηλών, αμμούχων - πηλούχων αργίλων με συγκρίσματα μαργαϊκών και αργιλούχων ψαμιτών και άμμων με διαστρωμαμένες στρώσεις υπό μορφή φακών. Οι ενστρώσεις των άμμων πλευρικά αποσφηνώνονται ή μεταβαίνουν σε συνεκτικούς ψαμιτίτες και χαλαρά κροκαλοπαγή με κροκάλες από τοφικό υλικό. Πάχος ορατό: 300 μ.



Ψαμιτίτες και άργιλοι περιοχής Σεβαστής - Κίτρου: ψαμιτίτες λεπτο-χονδρόκοκκοι υπόλευκοι χρώματος σε πάγκους των 3-4 μ. (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για δομικά υλικά) σε εναλλαγές με αργίλους. Μέσα στις αργίλους απαντούν ενστρώσεις μικρού πάχους από αμμούχα υλικά: έχουν χρώμα γκριζοκαστανό, που είναι χαρακτηριστικό για την περιοχή και φέρουν μαργαϊκά συγκρίσματα. Οι σχηματισμοί αυτοί πλευρικά μεταβαίνουν στους σχηματισμούς Αλωνιών-Σφενδάμης και προς τα πάνω στους καστανόχρωμους σχηματισμούς Μακρύγιαλου - Μεθώνης. Πάχος: 600 μ. περίπου.



Σχηματισμοί Αιγινίου - Καταχή (υφάλμυρη - λιμναία φάση) (M₅-Pl₁,m): εναλλαγές πηλούχων άμμων χρώματος ανοικτοκαστανού, μεσο-χονδρόκοκκων άμμων, αμμούχων πηλών και μαργών, μικρών ενστρώσεων ασβεστούχων απολιθωματοφόρων πηλών και αργίλων, ψαμιτών με πάχος 0,4 - 0,5 μ. και μικρών διαστρώσεων από αραιές κροκάλες.



Στο δυτικό άκρο του φύλλου (Κεραμίδι ρέμα) έχουμε ενστρώση αργίλων (M₅-Pl₁) που αποτελεί τα βαθύτερα μέρη των σχηματισμών. Οι αργίλοι αυτοί έχουν χρώμα που κυμαίνεται από γκρι-υποπράσινο έως υποκίτρινο. Οι παραπάνω σχηματισμοί προέρχονται από την πλευρική μετάβαση των σχηματισμών Σφενδάμης - Αλωνιών και μεταβαίνουν προς τα πάνω στους καστανόχρωμους σχηματισμούς Μακρύγιαλου - Μεθώνης.

Ορατό πάχος: 650 μ. περίπου.

Σχηματισμοί Σφενδάμης - Αλωνιών (M₅-Pl₁,s): οι σχηματισμοί αυτοί καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και επιφανειακά καλύπτονται από αμμούχα υλικά που το χρώμα τους κατά θέσεις είναι υπόλευκο ή ανοικτοκαστανό.



Αποτελούνται από εναλλαγές μέσο-χονδρόκοκκων άμμων, αμμούχων πηλών, πηλούχων άμμων, μαργαϊκών ασβεστολίθων (στη Σφενδάμη είναι απολιθωματοφόροι και είναι χαρακτηριστικοί για την περιοχή), καθώς και από αργιλούχα υλικά (M₅-Pl₁,m). Τα αργιλούχα υλικά αποτελούνται κυρίως από αργίλους (Σφενδάμη ρέμα, Κρυογέρι ρέμα και Χράνη) που εναλλάσσονται με διαστρώσεις μεσόκοκκων άμμων, πηλούχων άμμων, μαργούχων αργίλων απολιθωματοφόρων και μαργαϊκών ασβεστολίθων κατά πάγκους.

Το χρώμα των αποθέσεων αυτών είναι γκρι, πρασινωπό ή υποκίτρινο, το πάχος τους φθάνει μέχρι και 200 μ. και μεταβαίνουν ταχύτατα στους παραπάνω σχηματισμούς. Στο νοτιοδυτικό άκρο του φύλλου (περιοχή Γανόχωρα) έχουμε ενστρώσεις χονδρόκοκκων άμμων χαλαρών (M₅-Pl₁,s) μικρού πάχους.

Ορατό πάχος: 600 μ.

Γεωλογικό όριο

Γεωλογικό όριο πιθανό ή καλυμμένο

Ρήγμα

Ρήγμα πιθανό

Παράταξη στρωμάτων

5

Οριζόντια στρώματα

+

Θέση γεωτρήσεων για την αναζήτηση πετρελαίου

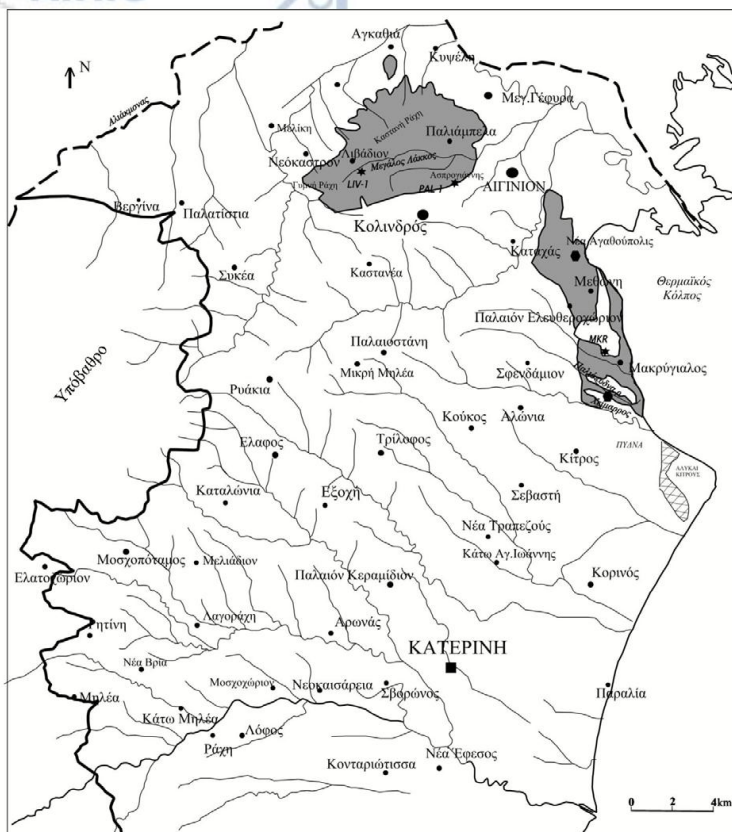
⊕

Θέση τούμπας

⊙

Σχήμα 3. Τμήμα του υπομνήματος Ι.Γ.Μ.Ε.

Σχηματισμός Μακρύγιαλου



Σχ. 2.36 Σχηματισμός Μακρύγιαλου
 * Θέσεις των τομών αναφοράς LIV-I, PAL-I MKR-I
 ● Θέσεις των αρδευτικών γεωτρήσεων.

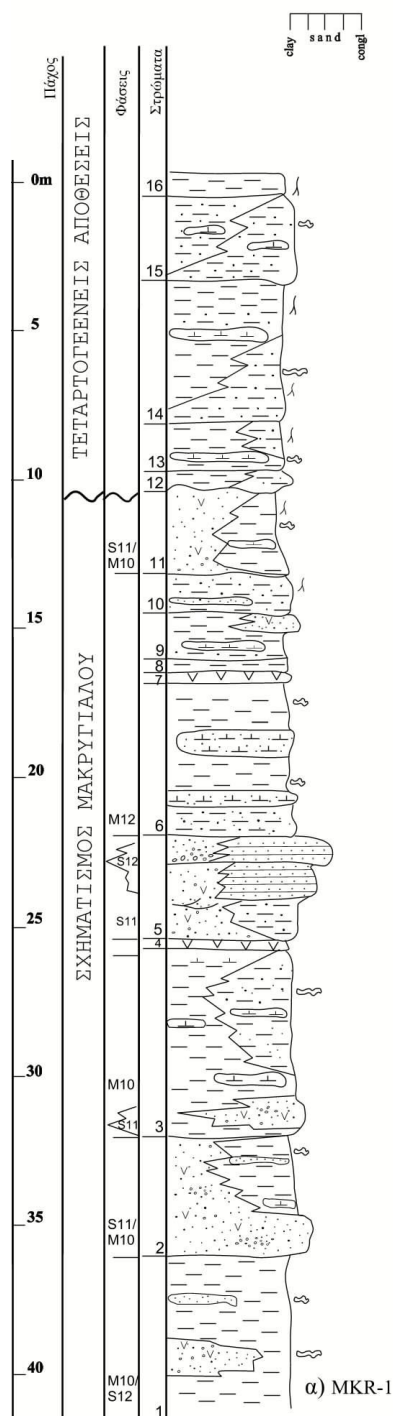
Σχήμα 4. Χάρτης Σχηματισμού Μακρύγιαλου, από Συλβέστρου Ι., 2002.

Ο Σχηματισμός Μακρύγιαλου, πιο αναλυτικά αποτελείται από άμμους - ψαμμίτες με συνεχείς πλευρικές εναλλαγές και μεταβάσεις σε φακούς κροκαλοπαγών, ορίζοντες αργίλων, μαργών και ψαμμιτικών ασβεστομαργαϊκών ενστρώσεων Συλβέστρου (2002). Κύριο χαρακτηριστικό του σχηματισμού είναι η μεγάλη συμμετοχή ηφαιστειακών υλικών μέσα στη σύσταση κυρίως των αδρόκοκκων υλικών, όπως επίσης και η εμφάνιση χαρακτηριστικού λευκού τοφφώδη ορίζοντα, πάχους 30cm που εντοπίστηκε κατά μήκος της εθνικής οδού Θεσσαλονίκης-Κατερίνης, και ο οποίος στις περισσότερες θέσεις λόγω έντονης φυτοκάλυψης δεν είναι πια ορατός (Βουγιουκαλάκης, 2002; Συλβέστρου, 2002).

Το ηφαιστειακό υλικό που εντοπίστηκε στην περιοχή της Μεθώνης αποδίδετε από τον Faugères (1975) στις εκρήξεις του Βόρα κατά την περίοδο του Ποντίου. Επιπλέον

οι Benda & Steffens (1981) αναφέρουν ότι χερσαία - ποτάμια ιζήματα (κροκαλών, ψαμμιτών και ασβεστιτικών αμμοδών οριζόντων) τοποθετούνται πάνω σε υφάλμυρα στρώματα χαρακτηριστικής πανίδας του Ποντίου.

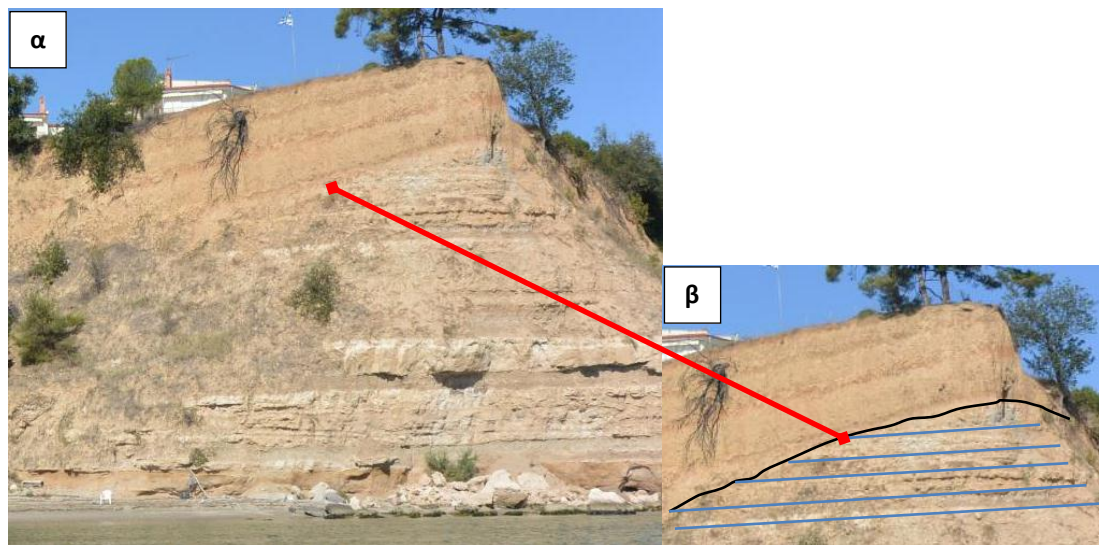
Μία αντιπροσωπευτική στρωματογραφική στήλη για τον Σχηματισμό Μακρύγιαλου δίνεται από την Συλβέστρου (2002) ως συνδυασμός δύο τομών συνολικού μήκους 1800m, έξω από το χωριό Μακρύγιαλος (Σχήμα 5).



“Μακρύγιαλος-1” MKR-1

Σχήμα 5. Τομή αναφορά του Σχηματισμού Μακρύγιαλου από Συλβέστρου, 2002. Βλέπε για υπόμνημα: Συλβέστρου, 2002, σελ. 26; Βλέπε για περιγραφή τομής: Συλβέστρου, 2002, σελ. 135-139

Το πάχος του σχηματισμού προσδιορίστηκε με βάση στοιχεία αρδευτικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος της εθνικής οδού Θεσσαλονίκης – Κατερίνης στα 200-220m (Συλβέστρου, 2002). Τα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού βρίσκονται σε γωνιώδη ασυμφωνία με τις υπερκείμενες τεταρτογενείς καστανέρυθρες αποθέσεις που αναφέρονται στο γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. φύλλο Κατερίνη ως Αιολικές αποθέσεις (Loess) και με ονομασία *Pt* (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Ασύμφωνη επαφή των ανώτερων τμημάτων του Σχηματισμού Μακρύγιαλου και των τεταρτογενών αποθέσεων (β). Εντοπίζονται σε απότομες τομές κατά μήκος των ακτών Μεθώνης, Μακρύγιαλου και Πύδνας (α).

1.2 Παρουσίαση Τομών και στηλών της παράκτιας περιοχής μελέτης Μακρύγιαλου Πιερίας

Το συνολικό μήκος της παράκτιας περιοχής μελέτης είναι περίπου 430 μέτρα (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Πανοραμική εικόνα περιοχής μελέτης από Google Earth. Points για κάθε θέση των στηλών MKR 1 - MKR 5β.

Για την διευκόλυνση τόσο της μελέτης όσο και της αναφοράς των τομών και των δειγμάτων δόθηκε κωδικό όνομα **MKR** (MAKRIGIALOS) για τις θέσεις και νούμερα από το 1 έως το 5 για τις στήλες. Για τα δείγματα που συλλέχθηκαν από αυτές, ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στη θέση και ο δεύτερος στον αριθμό του δείγματος (π.χ. MKR 4.2).

- ◆ Τομή 1: Αποτελεί η φυσική τομή που συμπεριλαμβάνει τις στήλες MKR 1 και MKR 2



- ◆ Τομή 2: Αποτελεί η φυσική τομή που συμπεριλαμβάνει τις στήλες MKR 3 και MKR 4



- ◆ Τομή 3: Αποτελεί η φυσική τομή που συμπεριλαμβάνει τις στήλες MKR 5α και MKR 5β



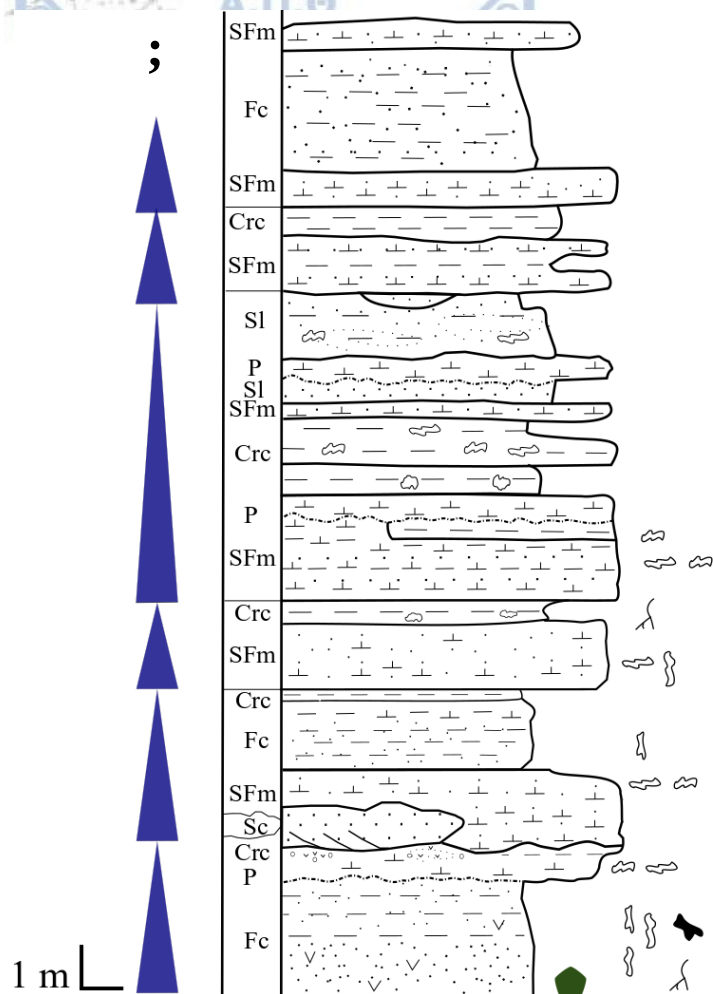
Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι στήλες όπως σχεδιάστηκαν από κατεύθυνση ΒΒΔ (MKR 1) προς τα ΝΝΑ (MKR 5β). Για όλες τις στήλες χρησιμοποιήθηκε το ίδιο υπόμνημα (Σχήμα 8). Σημειώνεται ότι τα μπλε τρίγωνα συμβολίζουν πιθανόν ξεχωριστούς κύκλους ιζηματογένεσης έτσι όπως αναγνωρίστηκαν με βάση τη μείωση του μεγέθους των κόκκων που παρατηρείται κάθε φορά από τους κατώτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες. Βλέπε Παράρτημα Συσχετισμός Φάσεων.

Υπόμνημα

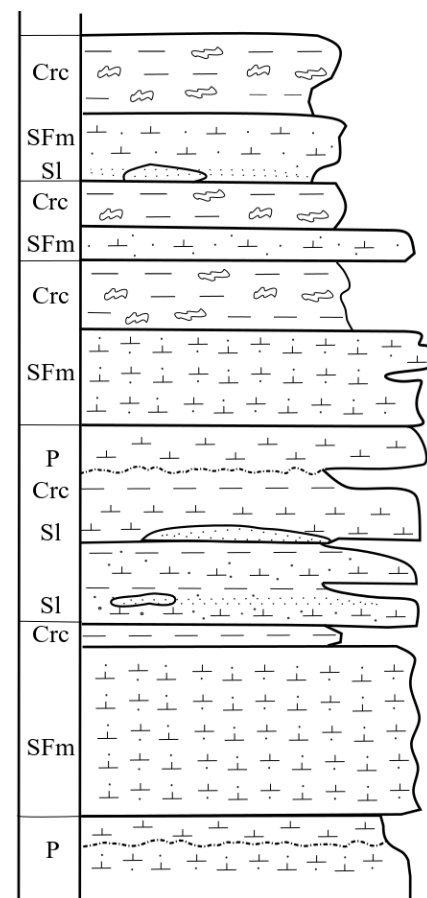
	Αργίλος		Σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση
	Ιλύς		Διασταυρούμενη στρώση
	Αμμόδης ιλύς		Calcrete nodules Κονδυλώδη ασβεστιτικά συγκρίματα
	Λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμος		Calcrete Κατακόρυφα και οριζόντια ασβεστιτικά συγκρίματα
	Κροκάλες - Κροκαλοπαγές		Laminar calcrete Λεπτά ασβεστιτικά συγκρίματα
	Ασβεστοψαμμιτικό υλικό		Οξείδια μαγγανίου
	Λεπτόκοκκος Ψαμμίτης		Ριζίδια
	Αδρόκοκκος Ψαμμίτης		Απολίθωμα χελώνας
	Ηφαιστειακό υλικό		Έγκουλα
			Μείωση του μεγέθους των κόκκων, πιθανός κύκλος ιζηματογένεσης

Σχήμα 8. Υπόμνημα στηλών για τις στήλες MKR 1 - MKR 5β. Σχεδιασμένο στο Inkscape.

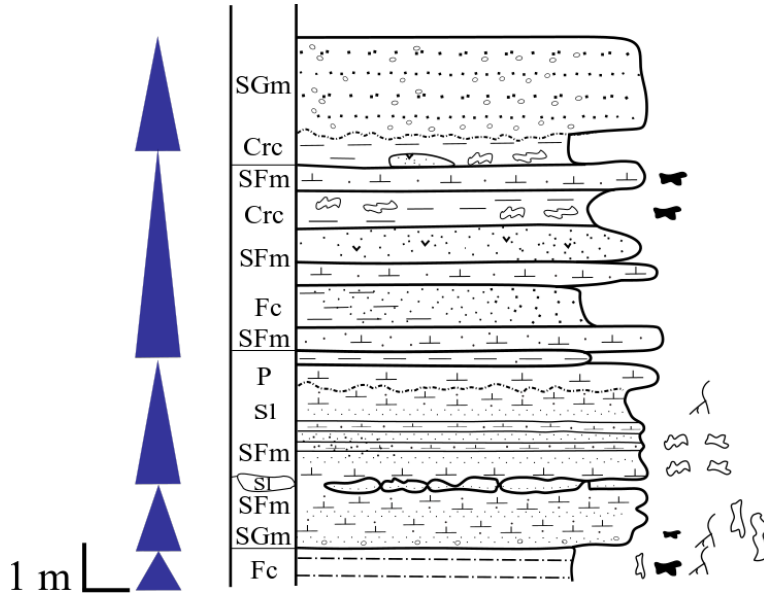
Στήλη MKR 2



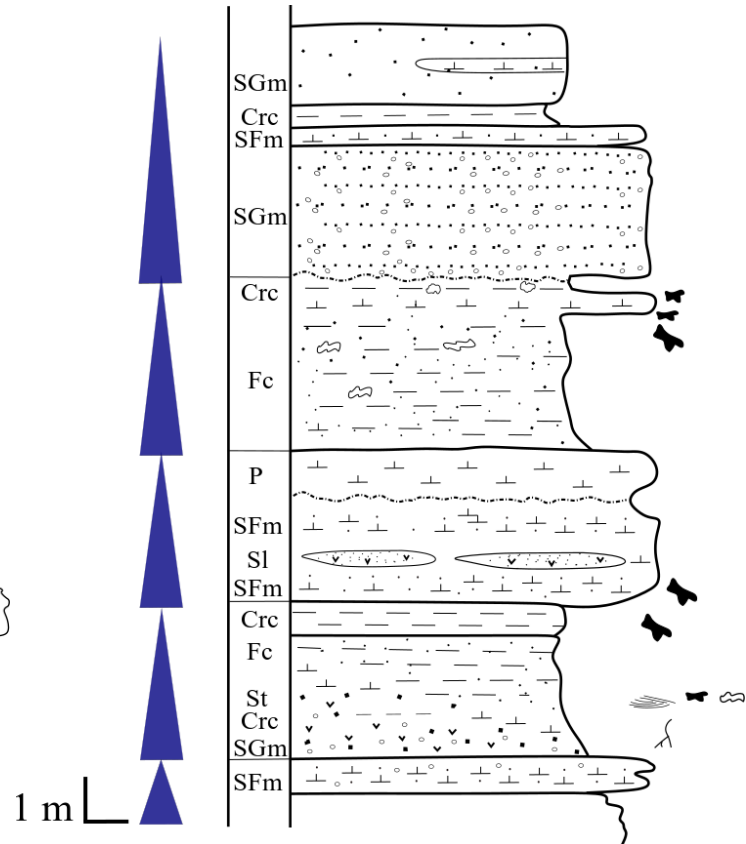
Στήλη MKR 1



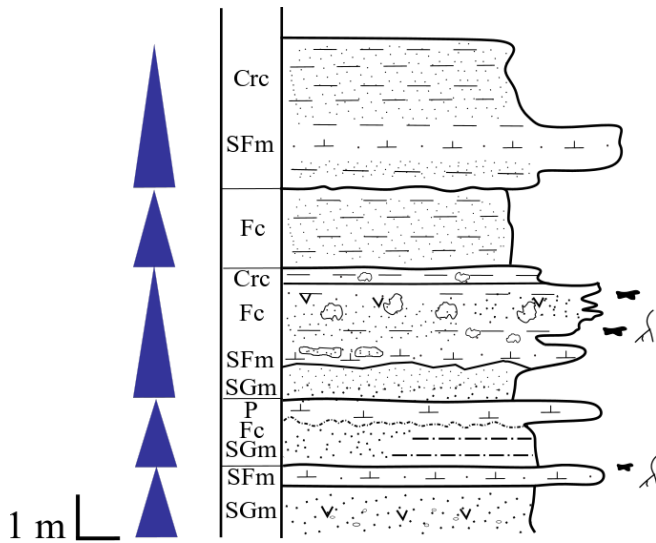
Στήλη MKR 4



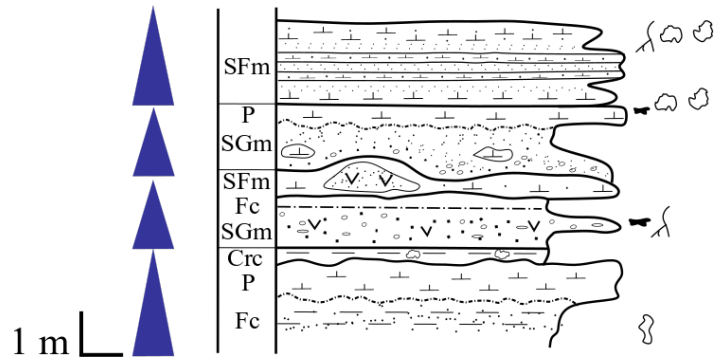
Στήλη MKR 3



Στήλη MKR 5β



Στήλη MKR 5α



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Περιγραφή Λιθοφάσεων

Ο όρος *φάση* έχει συζητηθεί και αναλυθεί ιδιαίτερα από πολλούς ερευνητές (ενδεικτικά αναφέρω τους Reading, 1996; Walker & James, 1992). Οι περιγραφικές φάσεις αποτελούνται από τις λιθοφάσεις και τις βιοφάσεις και αναφέρονται σε βεβαιωμένα σημαντικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ιζηματογενών πετρωμάτων, σχετιζόμενες με αποθετικές ή βιολογικές διαδικασίες. Κάθε φάση είναι μια μονάδα πετρώματος ορισμένη στη βάση της δικιάς της διακριτής λιθολογικής σύστασης, περιλαμβάνοντας την σύνθεση, το κοκκομετρικό μέγεθος, τα χαρακτηριστικά στρώσεως και τις ιζηματογενείς δομές που διακρίνονται από τα γειτονικά πετρώματα. Οι φάσεις ελέγχονται από τις ιζηματογενείς διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε συγκεκριμένες περιοχές ενός αποθετικού περιβάλλοντος (Walker & James, 1992). Οι φάσεις που συνδέονται γενετικά μπορούν να ομαδοποιούνται σε μία ακολουθία φάσεων (*Facies Association*) (Hodan, 2016), η οποία είναι χαρακτηριστική τμημάτων ενός αποθετικού συστήματος και έχει ιδιαίτερη σημασία για την ανασυγκρότηση των περιβαλλόντων απόθεσης (Walker & James, 1992). Το πάχος της κάθε φάσης μπορεί να είναι στρώμα μερικών χιλιοστών έως διαδοχές εκατοντάδων μέτρων.

Τα ιζήματα της περιοχής μελέτης διαχωρίστηκαν σε δύο μεγάλες ακολουθίες φάσεων (*Facies Association*) στις οποίες συνολικά διακρίθηκαν 8 κύριες φάσεις. Η πρώτη ακολουθία φάσεων, που περιλαμβάνει τις αδρόκοκκες κυρίως αποθέσεις της περιοχής, ονομάστηκε **FA 1: Fluvial Channels deposits** και συμπεριλαμβάνει 5 φάσεις: SGm, Sc, SFm, St, Sl. Η δεύτερη ακολουθία φάσεων, που αποτελείται κυρίως από τα λεπτόκοκκα υλικά της περιοχής ονομάστηκε **FA 2: Floodplain Deposits** αποτελείται από 3 φάσεις: Fc, Crc, P.

Παρακάτω παρουσιάζεται η περιγραφή κάθε φάσης με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και δομές που παρατηρήθηκαν.

FA 1: Fluvial Channel Deposits

SGm

Χαλαρή χαλικώδης άμμος έως αμμώδεις κροκάλες (έως 2 cm) κακής ταξινόμησης. Η σύσταση της άμμου αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από μαρμαρυγίες (μοσχοβίτη, βιοτίτη), χαλαζία, αστρίους και κλάστες ποικίλης σύστασης (πχ. κροκαλοπαγή, ασβεστιτικά συγκρίματα, οφειόλιθοι), ενώ σημαντικό ποσοστό κατέχουν οι εξαλλοιωμένοι κλάστες ηφαιστειακής προέλευσης (Σχήμα 9). Όλοι οι κλάστες έχουν καλή έως μέση σφαιρικότητα και στρογγυλότητα χαμηλή έως πολύ καλή (0,1-0,9) Βλέπε Παράρτημα.

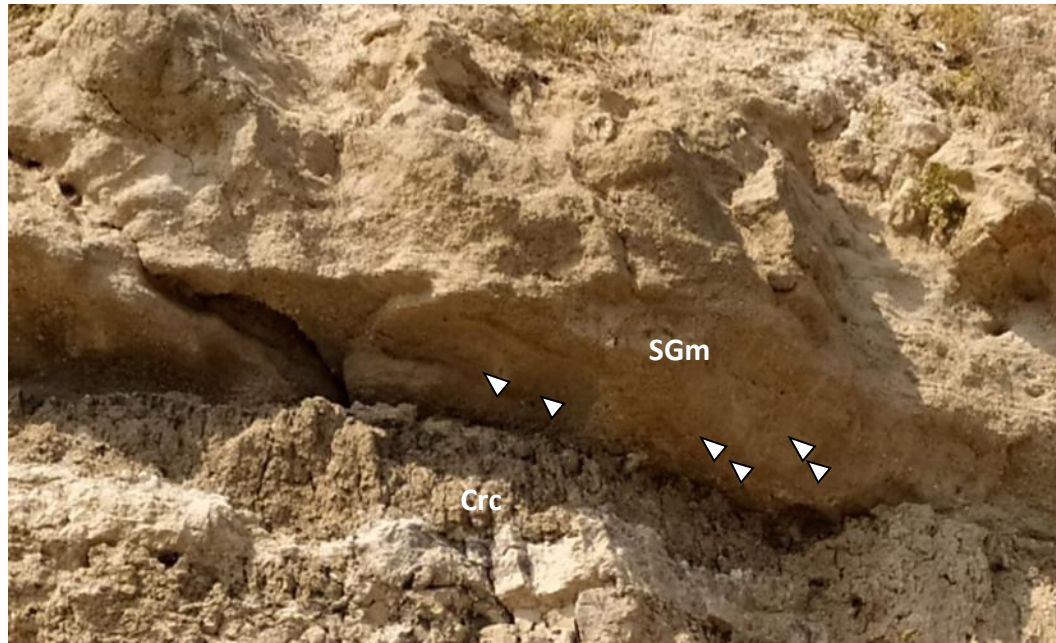


Σχήμα 9. Στήλη MKR 3. Θέσεις συλλογής δειγμάτων MKR 3.2 (α) και MKR 3.4, MKR 3.5 (β) σε ορίζοντες της φάσης SGm

Κατά θέσεις το υλικό είναι ιδιαίτερα συμπαγοποιημένο με ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό δημιουργώντας αδρόκοκκους ψαμμιτικούς ορίζοντες που τις περισσότερες φορές μεταβαίνουν προοδευτικά στη φάση SFm και εν συνεχεία στην φάση Fl. Η επαφή με τους υποκείμενους ορίζοντες Crc είναι απότομη και διαβρωσιγενής (Σχήμα 10).

Στην στήλη MKR 4 εντοπίστηκε, στη βάση των αδρόκοκκων υλικών της φάσης αυτής, πιθανή βιοαναμόχλευση του υλικού. Πρόκειται για απλό μη διακλαδισμένο

λαγούμι, οριζόντιο στη στρωμάτωση, που παραπέμπει στο ιχνοαπολίθωμα ?*Palaeophycus* ή ?*Planolites* (Alonso-Zarza and Tanner, 2010; Ricardo et al., 2012). Η επισήμανση αυτή γίνεται με επιφύλαξη καθώς δεν ήταν δυνατή η προσέγγιση του σημείου αναφοράς (Σχήμα 10).



Σχήμα 10. Στήλη MKR 4. Προεξέχον σώμα αδρόκοκκου ψαμμίτη φάσης SGm. Με βελόκια διακρίνονται τα απλά οριζόντια μη διακλαδιζόμενα λαγούμια στη βάση της. Διακρίνεται η υποκείμενη φάση Crc.

Στη στήλη MKR 5α, εντοπίστηκαν μικρής κλίμακας ρυτιδώσεις μέσα στους ορίζοντες χαλικώδους άμμου (Σχήμα 11). Η σύσταση της άμμου και των χαλικιών στη θέση αυτή είναι κυρίως ηφαιστειακής προέλευσης (εξαλλοιωμένοι κλάστες έως και 4 cm) με αργιλικό καστανό υλικό πλήρωσης (Σχήμα 12). Εντοπίζονται επίσης κατά θέσεις οξείδια μαγγανίου σε μορφή φλεβιδίων, καθώς και ριζικό σύστημα.



Σχήμα 11. Στήλη MKR 5a. Άμμος με ηφαιστειακούς κλάστες. Διακρίνονται οι μικρής κλίμακας ρυτιδώσεις.



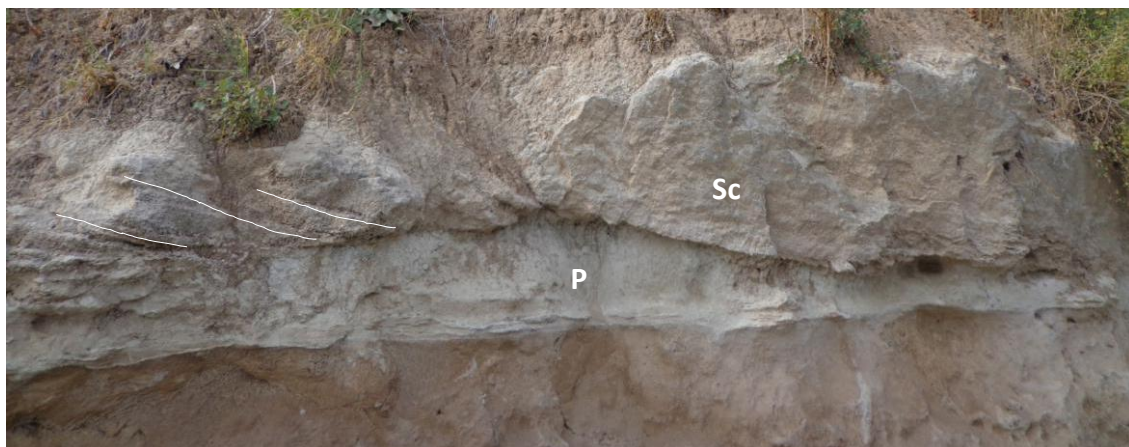
Σχήμα 12. Στήλη MKR 5a. Θέση συλλογής δείγματος MKR 5.1. Αδρόκοκκη χαλικώδης άμμος. Διακρίνονται κλάστες ηφαιστειακής κυρίως προέλευσης

Sc

Συμπαγής ασβεστοψαμμιτικός (φακοειδής) ορίζοντας, μέγιστου μήκους περίπου 15 m και μέγιστο πάχος 1 m. Αποτελείται από λεπτόκοκκη έως αδρόκοκκη χαλικώδη άμμο με ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό (Σχήμα 13). Σημαντική η συμμετοχή κλαστών ηφαιστειακής προέλευσης στη σύσταση του υλικού. Η επαφή με τους υποκείμενους ορίζοντες (φάση P, τοπικά φακοί αργίλου φάσης Crc) είναι διαβρωσιγενής, ενώ χαρακτηριστική είναι η διασταυρούμενη στρώση που παρατηρείται στη βάση του φακού δίνοντας εικόνα πλευρικής επαύξεσης (Σχήματα 14, 15, 16).



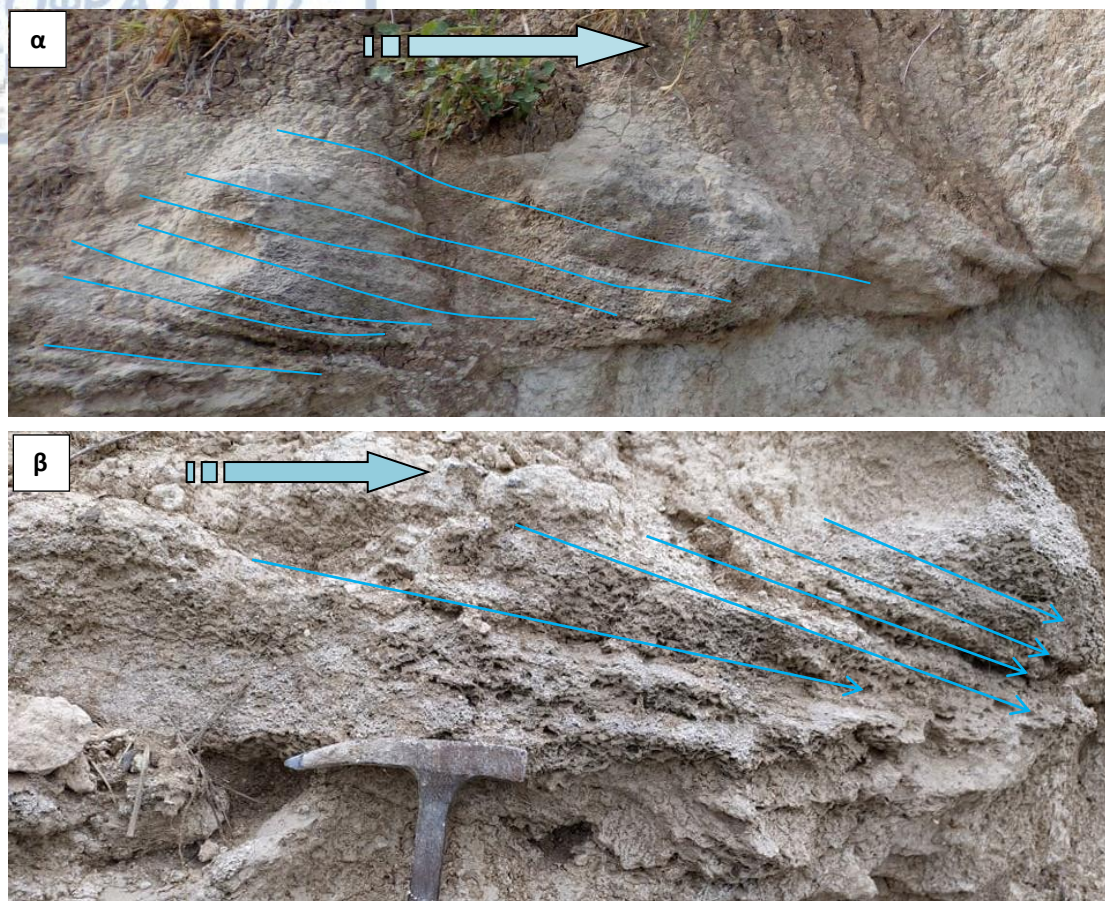
Σχήμα 13. Στήλη MKR 2. Τμήμα του φακοειδούς ψαμμιτομαργαϊκού ορίζοντα φάσης Sc και οι υποκείμενες φάσεις P και Fc



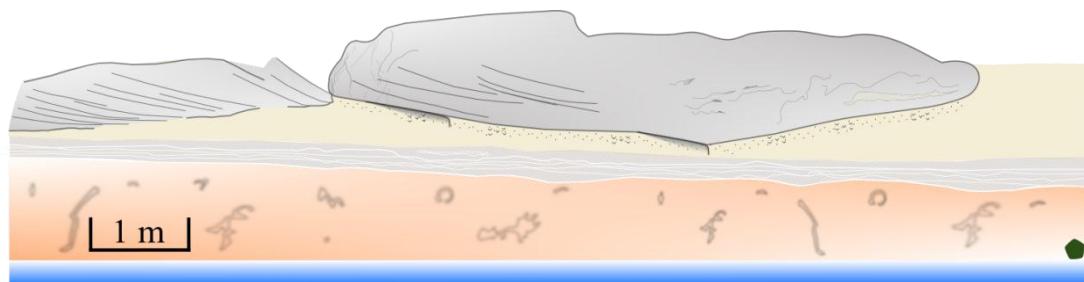
Σχήμα 14. Στήλης MKR 2. Τμήμα του φακοειδούς ψαμμιτομαργαϊκού ορίζοντα φάσης Sc.

Η χαρακτηριστική διασταυρούμενη στρώση στη βάση του φακού δίνει εικόνα πλευρικής επαύξεσης.

Διακρίνεται η διαβρωσιγενής βάση επαφής με την υποκείμενη φάση P.



Σχήμα 15(α, β). Στήλη MKR 2. Λεπτομέρεια φάσης Sc. Συμπαγείς ψαμμιτικοί ορίζοντες με διασταυρούμενη στρώση.



Σχήμα 16. Σχηματική αναπαράσταση φάσης Sc (γκρι χρώμα) και των δομών που εμφανίζονται σε αυτήν και των υποκείμενων φάσεων, P (μπεζ-hardpan και γκρι με άσπρες γραμμές-laminar calcrete) και Fc (καφετί). (Με μπλε συμβολίστηκε η επιφάνεια της θάλασσας) Σχεδιασμένο στο πρόγραμμα Inkscape.



Σχήμα 17. Στήλη MKR 2 Λεπτομέρεια φάσης Sc. Αδρόκοκκη άμμος με μεγάλο ποσοστό κλαστών ηφαιστειακής προέλευσης

Τοπικά διακρίνονται κυματοειδείς δομές και λεπτές ελασματοειδείς ρυτιδώσεις μικρής κλίμακας (Σχήματα 18, 19). Το υλικό μέσα στο οποίο εντοπίστηκαν ποικίλει από πολύ λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη συμπαγή άμμο. Στο κλείσιμο αυτής της φάσης από την στήλη MKR 2 προς 3, εντοπίστηκαν συμπαγή, επιμηκυσμένα, στενά φακοειδή κροκαλοπαγή σώματα (Σχήμα 20α, β).



Σχήμα 18. Στήλη MKR 2. Διακρίνονται κυματοειδείς δομές λεπτόκοκκου υλικού.



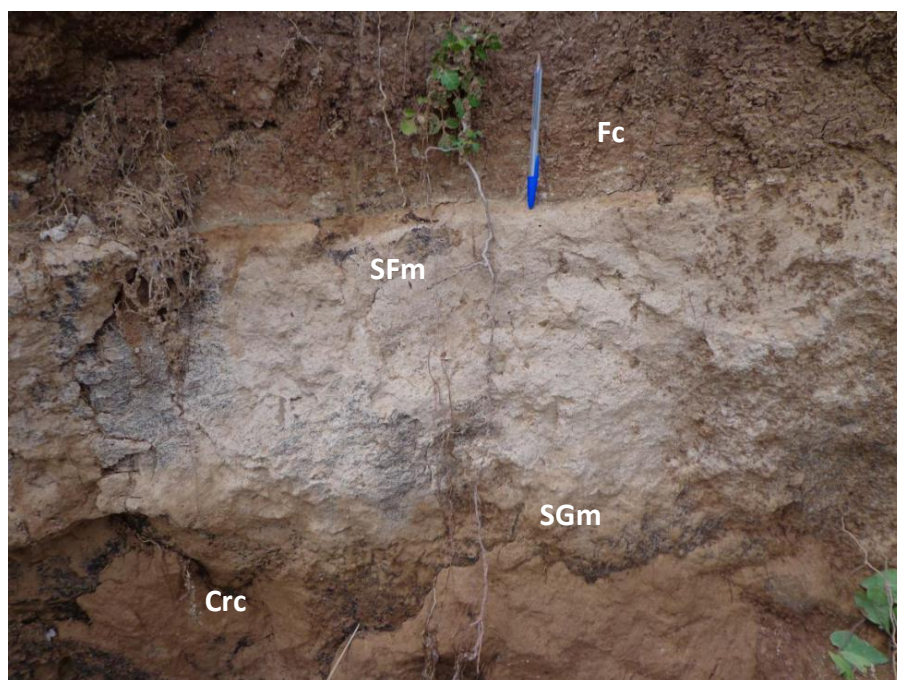
Σχήμα 19 (α, β). Στήλη MKR 2. Παρατηρούνται τοπικά ελασματοειδείς ρυτιδώσεις μικρής κλίμακας στη φάση Sc.



Σχήμα. 20 (α, β) Λεπτομέρειες φάσης Sc, Στήλης MKR 2. Γεωμετρικά επιμηκυσμένα, στενά σώματα με αδρόκοκκα υλικά, φτωχής ταξινόμησης.

SFm

Συμπαγοποιημένη αδρόκοκκη αμμώδης ιλύς έως λεπτόκοκκη ιλυώδης άμμος με ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό που δημιουργεί συμπαγείς επιμήκεις, φακοειδείς ή τραπεζοειδείς ασβεστοψαμμιτικούς ορίζοντες (Σχήματα 21, 22, 23, 24). Η επαφή με τα υπερκείμενα λεπτόκοκκα στρώματα είναι τις περισσότερες φορές απότομη ενώ με τα υποκείμενα μπορεί να είναι είτε απότομη όταν βρίσκεται σε επαφή με την φάση Crc ή να μεταβαίνει προοδευτικά σε πιο αδρόκοκκα υλικά της υποκείμενης φάσης SGm (Σχήμα 25).



Σχήμα 21. Στήλη MKR 5β. Συμπαγές ασβεστοψαμμιτικό στρώμα φάσης SFm. Διακρίνεται η απότομη επαφή με την υπερκείμενη φάση Fc και η προοδευτική μετάβαση με την υποκείμενη φάση SGm



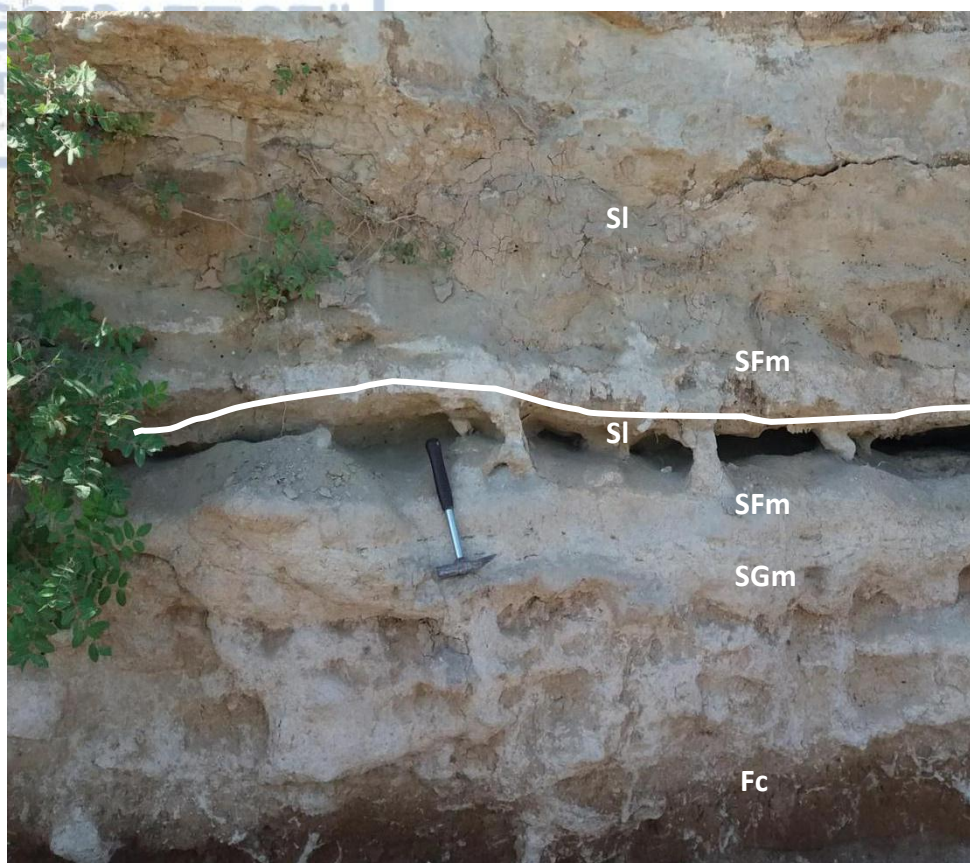
Σχήμα 22. Τομή 1. Φακοειδής ανάπτυξη ασβεστοψαμμιτικού ορίζοντα φάσης SFm.



Σχήμα 23. Τομή 1. Διακρίνονται διαδοχικά συμπαγή ασβεστοψαμμιτικά στρώματα φάσης SFm. Παρεμβάλλονται μικρές ενστρώσεις λεπτόκοκκων υλικών φάσης Sl και φάσης Crc. (αναφέρεται με επιφύλαξη λόγω αδυναμίας προσέγγισης σημείων της στήλης MKR 1).



Σχήμα 24. Στήλη MKR 5α. Συμπαγή ασβεστοψαμμιτικά στρώματα SFm (αναφέρεται με επιφύλαξη λόγω αδυναμίας προσέγγισης του σημείου αναφοράς)



Σχήμα 25. Στήλη MKR 4. Ασβεστοψαμμιτικοί ορίζοντες της φάσης SFm μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται χαλαρή λεπτόκοκκη άμμος της φάσης Sl. Διακρίνεται διαβρωσιγενής επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφορετικούς πιθανά κύκλους ιζηματογένεσης. Στον πρώτο κύκλο διακρίνεται και η πιο αδρόκοκκη φάση SGm. Στους κατώτερους ορίζοντες διακρίνεται η φάση Fc.

St

Λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη χαλικώδης άμμος, χαλαρή, κακής ταξινόμησης. Οι κόκκοι που μελετήθηκαν είχαν κυρίως μέση σφαιρικότητα (0,5) και χαμηλή έως καλή στρογγυλότητα (0,2-0,7) Βλέπε Παράρτημα Δείγμα MKR 3.1.

Εντοπίστηκε μόνο στην στήλη MKR 3 με χαρακτηριστική σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση και εσωτερική διαβάθμιση του υλικού. Διακρίνεται χρωματισμός της άμμου λόγω παρουσίας οξειδίων μαγγανίου. Η επαφή με τους υποκείμενους λεπτόκοκκους ορίζοντες ιλυώδους αργίλου της φάσης Crc είναι απότομη (Σχήμα 26).



Σχήμα 26. Στήλη MKR 3. Σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση με εσωτερική διαβάθμιση του υλικού της φάσης St. Θέση συλλογής δείγματος MKR 3.1. Απότομη επαφή με την υποκείμενη φάση Crc.

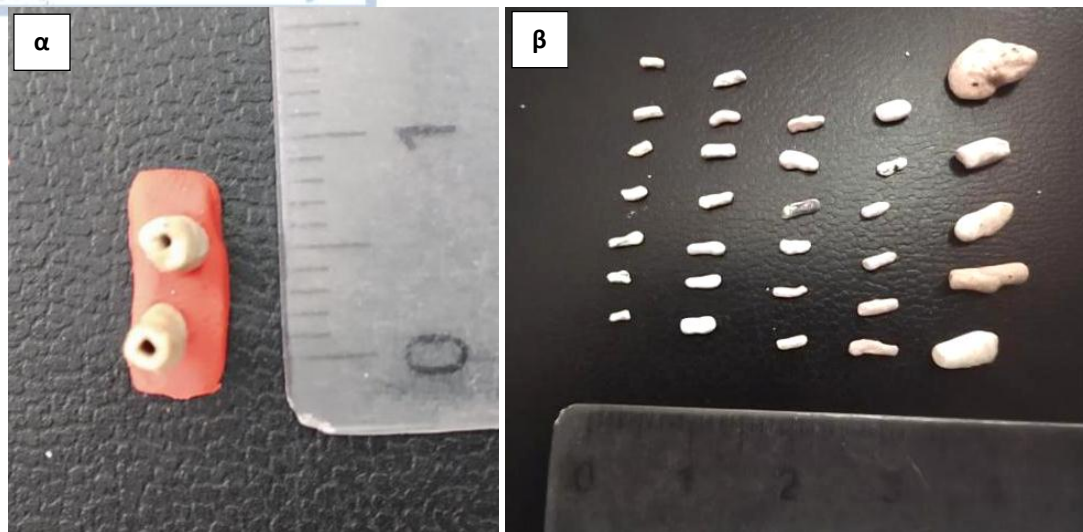
Μέτριας έως καλής ταξινόμησης λεπτόκοκκη άμμος. Είναι ιδιαίτερα χαλαρή με αποτέλεσμα, λόγω της εύκολης απομάκρυνσής της, να δημιουργούνται τοπικά έγκοιλα, χωρίς να είναι δυνατός ο εντοπισμός κάποιων ιδιαίτερων δομών (Σχήμα 27). Η σύσταση της αποτελείται από χαλαζία, μαρμαρυγίες, αστρίους, ασβεστίτη με αμελητέο ποσοστό ηφαιστειακού υλικού. Παρατηρήθηκαν τοπικά ίχνη ριζιδίων.



Σχήμα 27 (α, β). Φάση SI. Θέσεις συλλογής δειγμάτων MKR 3.6 από την στήλη MKR 3 (α) και MKR 4.2 από την στήλη MKR 4 (β). Πρακτικά και στις δύο θέσεις παρατηρούμε τον ίδιο ορίζοντα.

Στο μικροσκόπιο βρέθηκαν ανάμεσα στους κλάστες, ασβεστιτικές μικροδομές, μακρόστενου σχήματος, κυμαινόμενου μήκους από 4-7,5 mm, λείας και ομαλής

εξωτερικής επιφάνειας με εσωτερική οπή (Σχήματα 28) που παραπέμπουν σε ασβεστοποίηση ριζιδίων.



Σχήμα 28 (α, β). Ασβεστιτικά συγκρίματα, μορφής ριζιδίων που εντοπίστηκαν μέσα στο χαλαρό αμμώχο υλικό της φάσης SI.

Στην στήλη MKR 4 μέσα στις άμμους διακρίνονται ασβεστιτικά συγκρίματα μεγάλης έκτασης τόσο οριζόντιας όσο και κατακόρυφης ανάπτυξης. Φαίνεται να παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαφορετικών μη ολοκληρωμένων ιζηματογενών κύκλων, όπου ο υποκείμενος διακόπτεται στη φάση SI και ο υπερκείμενος ξεκινάει από τη φάση SFm με διαβρωσιγενή επιφάνεια επαφής (Σχήματα 24, 29).



Σχήμα 29. Στήλη MKR 4. Λεπτομέρεια Φάσης SI. Έγκοιλο όπου διακρίνονται τα ασβεστιτικά συγκρίματα κατακόρυφης ανάπτυξης μέσα στη χαλαρή άμμο της φάσης SI.

FA 2: Floodplain Deposits

Fc

Πολύ λεπτόκοκκη ιλυώδης άμμος (με χαλίκια κατά θέσεις που φτάνουν σε μέγεθος και τα 8mm), καστανού έως καστανέρυθρου χρώματος όταν βρίσκεται σε υγρή κατάσταση στην υπαίθρια παρατήρηση (Σχήμα 30) και Pal Brown 2.5Y χρώματος στην κλίμακα Munsell Color σε εργαστηριακό έλεγχο. Τοπικά το χρώμα της είναι διάστικτο (mottled). Στα ανώτερα τμήματα παρατηρείται διαβάθμιση υλικού και μετάβαση σε αδρόκοκκη αμμώδη ιλύ χρώματος Light Grey 10YR. Η επαφή πάντα με τα υπερκείμενους ορίζοντες είναι απότομη (Σχήμα 31).



Σχήμα 30. Στήλη MKR 4. Διάστικτη εικόνα της αμμώδους ιλύος της φάσης Fc.

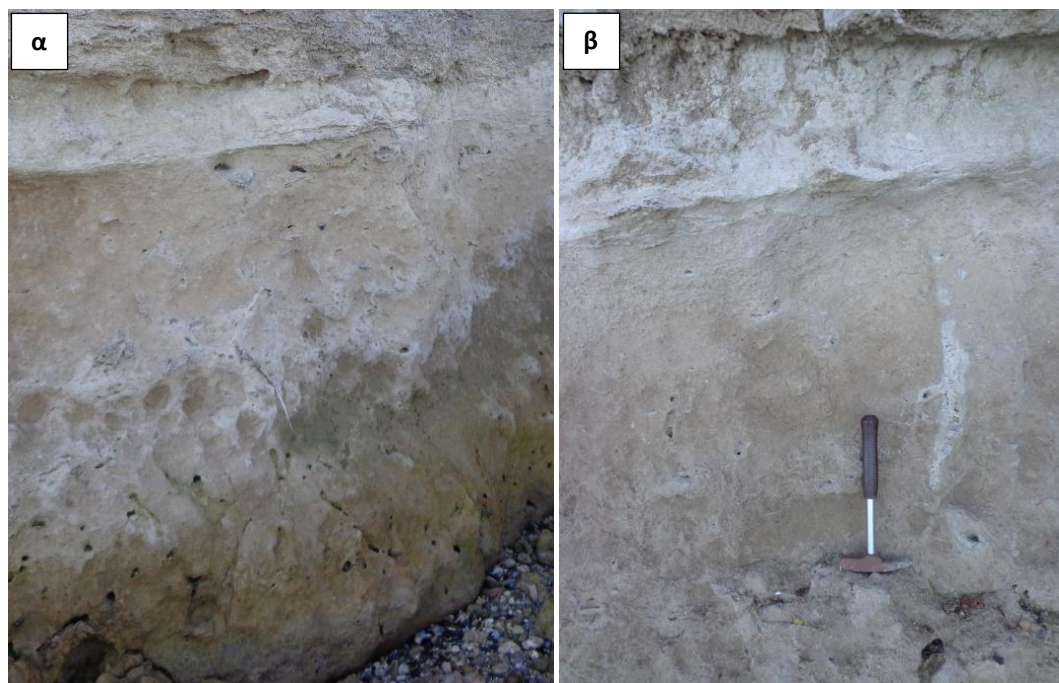
Θέση συλλογής δείγματος MKR 4.1

Η σύσταση της άμμου αποτελείται από χαλαζίες, μαρμαρυγίες (κυρίως μοσχοβίτη), ασβεστίτη, αστρίους και ηφαιστειακούς εξαλλοιωμένους κλάστες. Υπάρχουν ίχνη ριζικού συστήματος που μειώνεται σταδιακά στους ανώτερους ορίζοντες και μικρορωγμές δευτερογενώς πληρωμένες με ασβεστιτικούς μικροκρυστάλλους. Σε περιπτώσεις ασβεστοποίησης των ριζιδίων και μεταγενέστερης καταστροφής αυτών,

δημιουργούνται οι ριζόλιθοι (calcified root cell). Χαρακτηριστικό της φάσης είναι το μεγάλο ποσοστό ασβεστιτικών συγκριμάτων (caliche/calcrete) με τη μορφή κατακόρυφων και διακλαδιζόμενων ακανόνιστων κυρίως φλεβών (Σχήμα 32).



Σχήμα 31. Στήλη MKR 2. Κύρια εμφάνιση της φάσης Fc. Με λευκό βέλος σημειώνεται η απότομη επαφή με την υπερκείμενη φάση P



Σχήμα 32 Στήλη MKR 2. Φάση Fc. Διακρίνονται οι μορφές διακλαδιζόμενων (α) και κατακόρυφων (β) φλεβών.

Crc

Στιφρό αργιλικό στρώμα μέσου πάχους 30 cm, χρώματος Olive Grey 5Y 5/2 έως Pal Brown 10YR 6/3. Κατά θέσεις διακρίνεται μεγάλο ποσοστό σφαιρικών έως ακανόνιστων μορφών ασβεστιτικών συγκριμάτων, μικρού μεγέθους και διάσπαρτοι εξαλλοιωμένοι ηφαιστειακοί κλάστες. Υπάρχουν ίχνη ριζικού συστήματος με οξειδώσεις μαγγάνιου και εσοχές δευτερογενώς πληρωμένες με ασβεστιτικούς μικροκρυστάλλους σε μικρορωγμές (λευκές διαφανείς ίνες - πιθανόν γύψου/εξαγωνίτη/αλλοτριχίτη) ή εκεί όπου έχει καταστραφεί το ριζικό σύστημα (Σχήματα 33, 34).



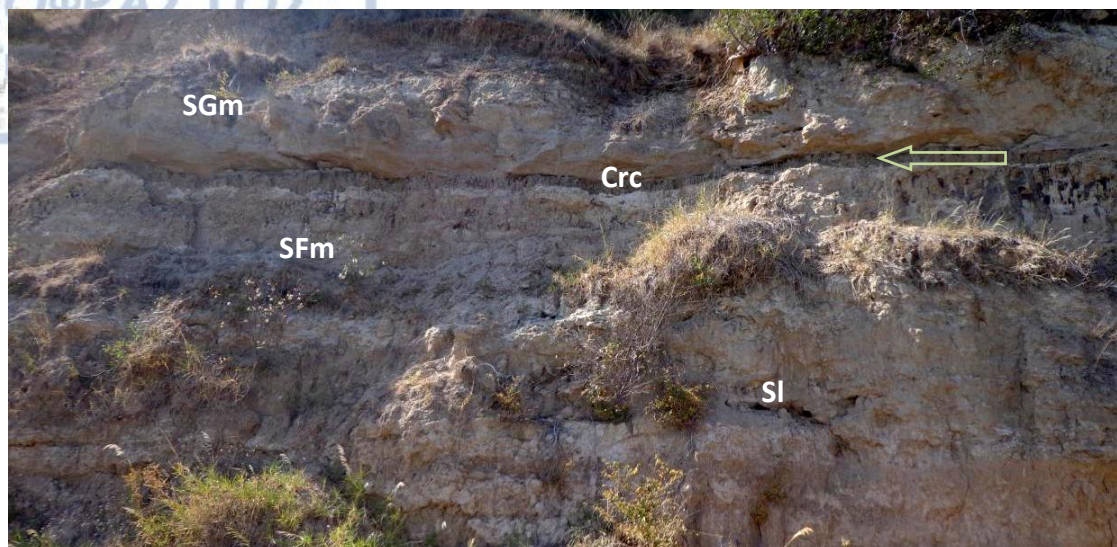
Σχήμα 33. Στήλη MKR 2. Φάση Crc, Συλλογή δείγματος MKR 2.4 από αργιλικό ορίζοντα. Απότομη επαφή με την υποκείμενη φάση P και την υπερκείμενη φάση SFm.



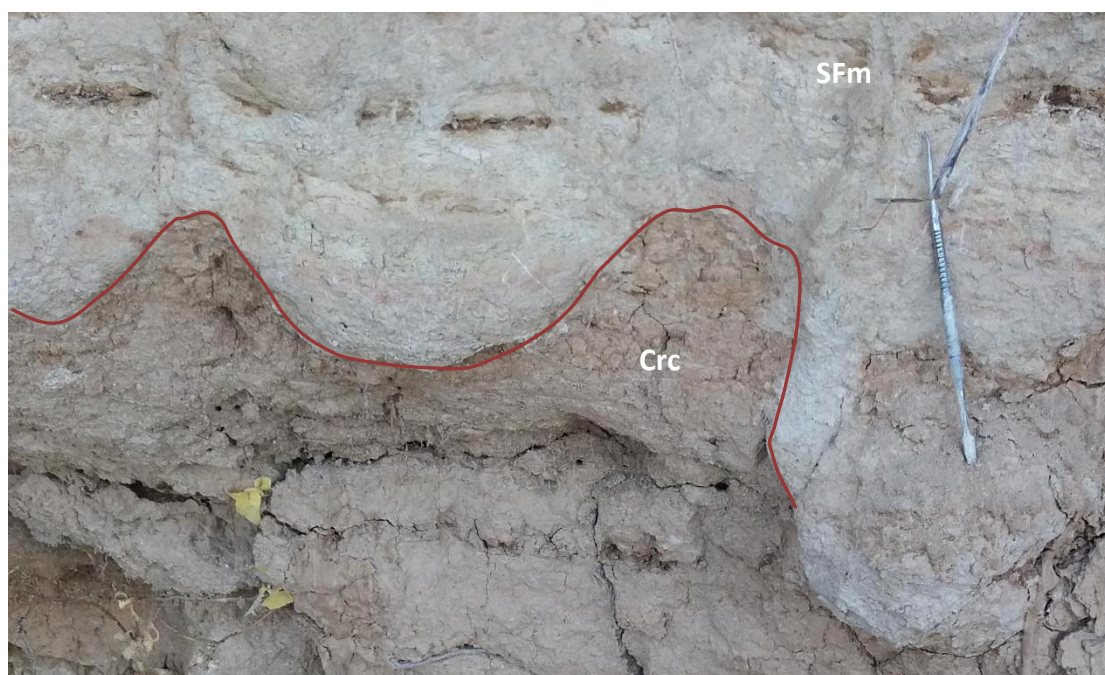
Σχήμα 34. Τομή 2. Φάση *Crc*. Αργίλος με μεγάλο ποσοστό ακανόνιστων μορφών ασβεστιτικών συγκριμάτων.

Η ανάπτυξη αυτής της φάσης μπορεί να θεωρηθεί σε κάποιες περιπτώσεις υπολειμματική, καθώς εμφανίζεται με τη μορφή φακών λόγω διάβρωσής της. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου το αργιλικό στρώμα έχει διαβρωθεί τελείως και δεν εντοπίζεται. Οι επαφές με τα υπερκείμενα και τα υποκείμενα, όπου διατηρείται αυτό το στρώμα, είναι απότομες (Σχήμα 35).

Επίσης, στην στήλη MKR 4, εντοπίστηκαν δομές Load casts και Flame structures. Αυτές οι δομές σχηματίζονται λόγω της διαφορετικής πυκνότητας μεταξύ της άμμου (μεγαλύτερη πυκνότητα) και της αργίλου (μικρότερης πυκνότητας), με αποτέλεσμα την βύθιση της πρώτης (*SFm*) μέσα στη δεύτερη (*Crc*). Το βάρος του υπερκείμενου ψαμμιτικού στρώματος της φάσης *SFm* δημιουργεί βολβοειδή κοιλώματα μέσα στην υποκείμενη άργιλο της φάσης *Crc* που συμπιέζεται με αποτέλεσμα να κινηθεί προς τα πάνω μέσα στην άμμο σχηματίζοντας δομή φλόγας (Σχήμα 36).



Σχήμα 35. Τομή 2. Ορίζοντας αργίλου φάσης Crc (πράσινο βελάκι) και οι απότομες επαφές με το υπερκείμενο και υποκείμενο στρώμα.



Σχήμα 36. Στήλη MKR 4. Μορφές Load casts και Flame structures: βολβοειδή κοιλώματα προς τα κάτω φάσης SGm , μέσα σε άργιλο, μορφή λοφίου-φλόγας της φάσης Crc.

P Μαζώδης ορίζοντας ασβεστιτικής κυρίως σύστασης, κυμαινόμενου πάχους μέχρι και 50 cm, πολύ συνεκτικός-σκληρός. Η επαφή του με τις υποκείμενες φάσεις είναι απότομη και κυματοειδής. Αποτελείται από δύο κύρια τμήματα:

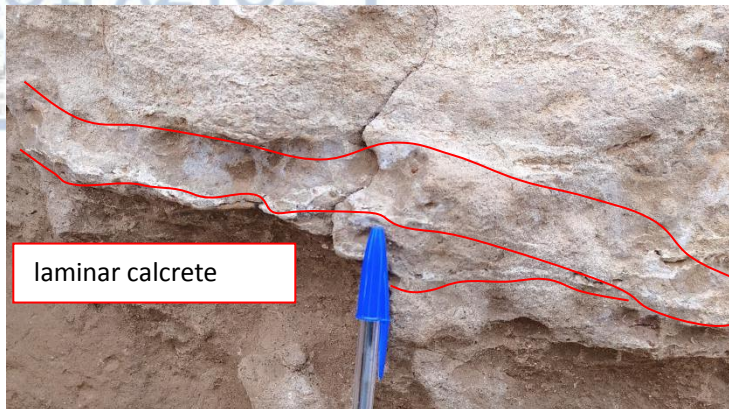
- Περίπου 1 cm πάνω από τη βάση του ορίζοντα, διακρίνονται λεπτοί ασβεστιτικοί κυματοειδείς ορίζοντες (laminar calcrete) με πάχος περίπου 10 cm μέσα σε λεπτόκοκκο κυρίως υλικό. Κατά θέσεις υπάρχουν κοιλότητες ποικίλου μεγέθους που είναι πληρωμένες με αργιλικό κλαστικό υλικό καστανού έως καστανοπράσινου χρώματος. Παρατηρούνται ελάχιστα ίχνη ριζικού συστήματος ενώ εντοπίζονται κατά θέσεις οξείδια μαγγανίου (Σχήματα 37, 38, 39).



Σχήμα 37. Λεπτομέρεια Φάσης P, Στήλης MKR 2. Κοιλότητες με αργιλικό υλικό



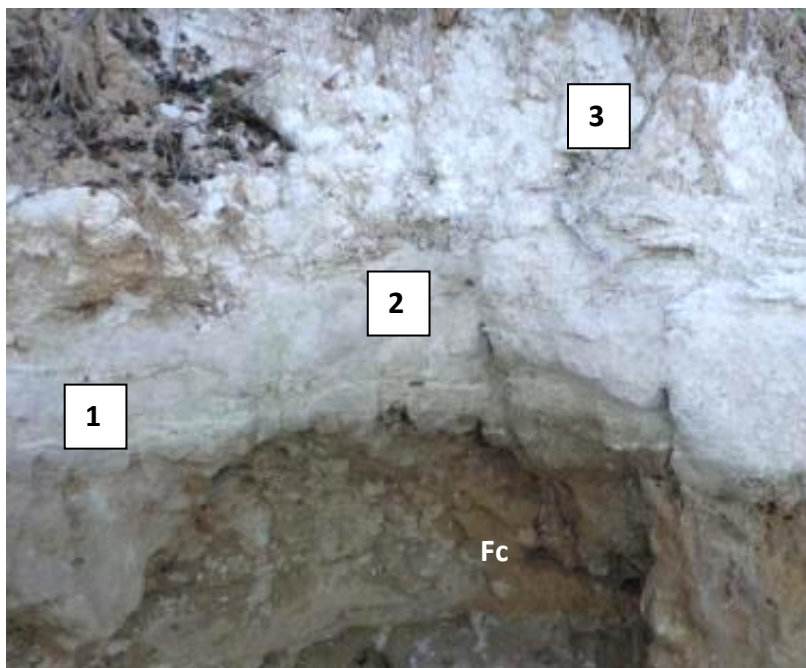
Σχήμα 38. Λεπτομέρεια Φάσης P, Στήλης MKR 2. Οριζόντια ασβεστιτικά συγκρίματα μέσα σε αργιλικό υλικό. Εντοπίζονται οξείδια μαγγανίου και ριζικό σύστημα.



Σχήμα 39. Στήλη MKR 5α.
Laminar calcrete: λεπτοί κυματοειδείς ασβεστιτικοί ορίζοντες μέσα σε λεπτόκοκκο υλικό (κόκκινες γραμμές).

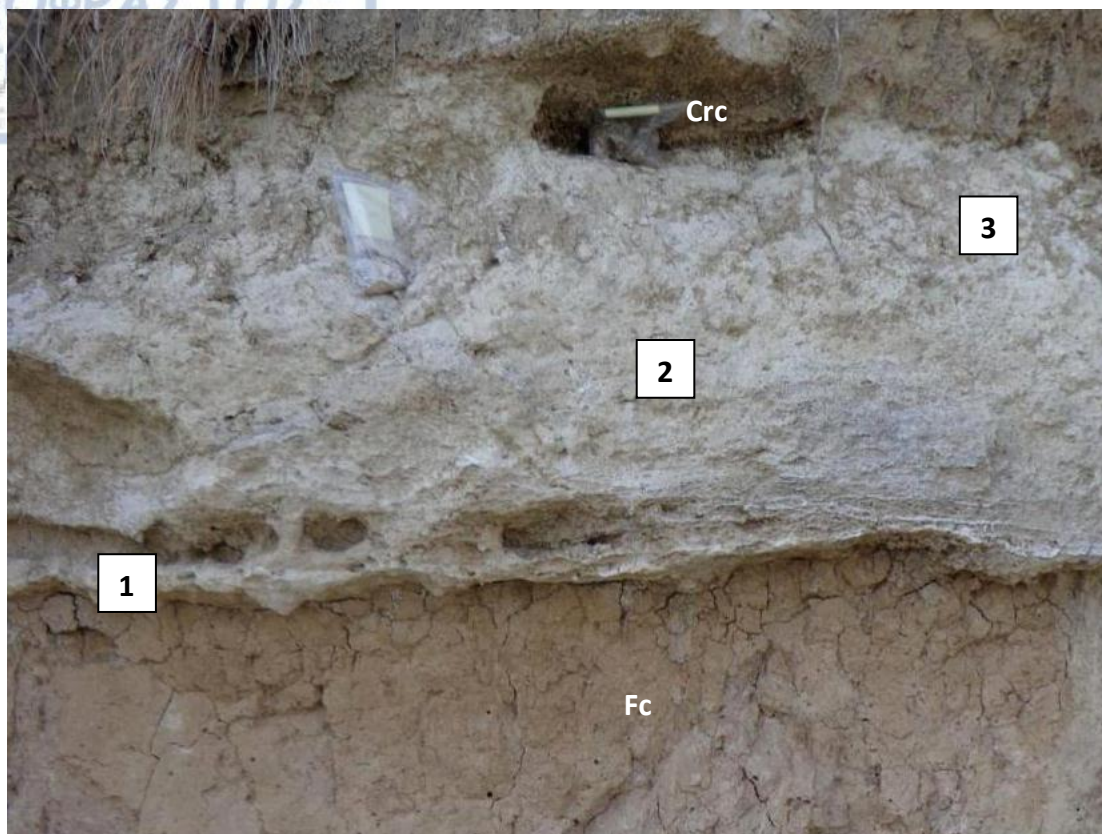
Διακρίνεται η υποκείμενη φάση Fc και το συμπαγές στρώμα με το λεπτόκοκκο υλικό της φάσης P

- Στο κύριο τμήμα της φάσης διακρίνεται συμπαγές ανοιχτόχρωμο-υπόλευκο ασβεστοψαμμιτικό στρώμα (hardpan) όπου μακροσκοπικά φαίνεται μαζώδες χωρίς δομές. Στα ανώτερα τμήματα του μπορεί να δημιουργηθούν σκληρά ασύνδετα ασβεστιτικά χαλίκια και ογκόλιθοι με στρογγυλεμένες άνω επιφάνειες, δίνοντας την εικόνα σφαιριδίων (Σχήματα 40, 41). Στην τομή 1, πλευρικά μεταβαίνει σε συμπαγές ασβεστοψαμμιτικό στρώμα φάσης SFm (Σχήμα 21).



Σχήμα 40. Στήλη MKR 4.
Διάκριση της φάσης P από τα κατώτερα προς τα ανώτερα:

1. λεπτοί κυματοειδείς ασβεστιτικοί ορίζοντες που κατά θέσεις διατρέχουν την υποκείμενη φάση Fc
 2. Hardpan - κάτω τμήμα: συμπαγές ασβεστοψαμμιτικό στρώμα,
 3. Hardpan - άνω τμήμα: ασβεστιτικά συγκρίματα σφαιρικής μορφής
- Υποκείμενη φάση Fc



Σχήμα 41. Στήλη MKR 2. Φάση P. Κυματοειδής απότομη επαφή με την υποκείμενη φάση Fc.

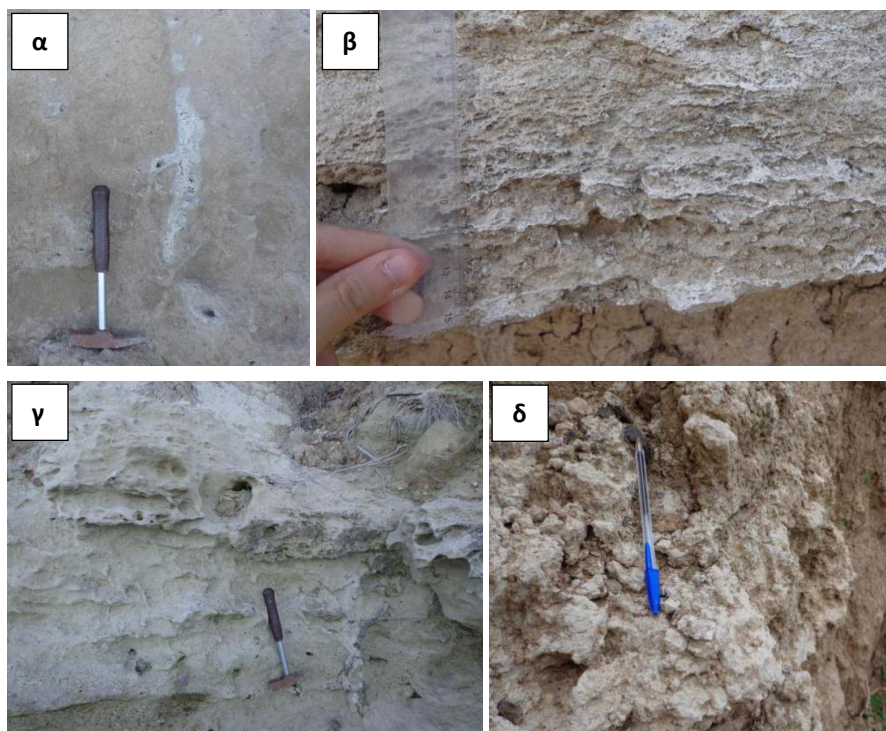
Αρίθμηση όπως σχήμα 40.

Σε κάποιες περιπτώσεις, λόγω διάβρωσης, δεν διακρίνονται τα ανώτερα τμήματα της φάσης P, όπως για παράδειγμα εντοπίστηκε στην στήλη MKR 2 όπου η μη ολοκληρωμένη φάση P βρίσκεται σε επαφή με διαβρωσιγενή κυματοειδή επιφάνεια με την υπερκείμενη φάση Sc (Σχήματα 13, 14).

Calcrete ή caliche

Calcrete ή caliche είναι ένας περιγραφικός όρος που χρησιμοποιείται για τις δευτερογενείς συσσωρεύσεις ανθρακικού ασβεστίου ποικίλων μορφών και συνοχής, σε ποικίλα εδάφη μέσω εδαφογενών διεργασιών κυρίως κάτω από άνδρες και ημιάνδρες κλιματικές συνθήκες. Μπορούν επίσης λόγω εκτεταμένων κατακρημνίσεων στη ρηχή ακόρεστη ζώνη να σχηματιστούν μεγάλες μάζες ασβεστιτικών σωμάτων με χαρακτηριστικά εδαφογενών calcrete (pedogenic calcretes) ή λιμναίων ασβεστολίθων (Atabey et al., 1998; Alonso-Zarza and Wright, 2010).

Η ταξινόμηση των calcrete είναι αρκετά πολύπλοκη και εκτός από τα εδαφογενή “pedogenic calcrete” υπάρχουν και αυτά που σχηματίζονται γύρω από το τριχοειδές περιθώριο του υδροφόρου ορίζοντα ή κάτω απ’ αυτόν από πλευρικά κινούμενα σε μεγαλύτερο βάθος νερά και ονομάζονται υπόγεια “groundwater calcrete” (Βλέπε Alonso-Zarza and Wright, 2010). Το πάχος γενικά των calcrete κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι κάποια μέτρα και διακρίνονται διάφορες μορφές: κατακόρυφες (μήκους περίπου 20 cm), λεπτές οριζόντιες (laminar calcrete), διακλαδιζόμενες (ακανόνιστου πλέγματος) και κονδύλων σφαιρικής μορφής (nodules) (Σχήμα 42, 43).



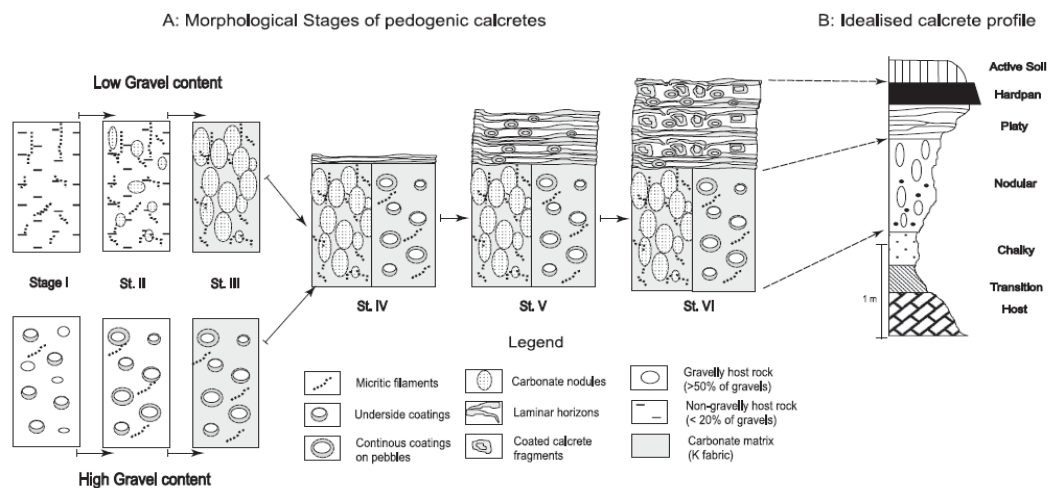
Σχήμα 42. Μορφές ασβεστιτικών συγκριμάτων όπως αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης:

α) κατακόρυφες, β) λεπτές οριζόντιες, γ) διακλαδιζόμενες (ακανόνιστου πλέγματος), δ) σφαιρικές (κονδύλων nodules)



Σχήμα 43. Στήλη 5β. Μεγάλη εμφάνιση κονδύλων σφαιρικής μορφής (calcrete nodules) μέσα σε άργιλο, φάσης Crc, πάχους περίπου 2 m.

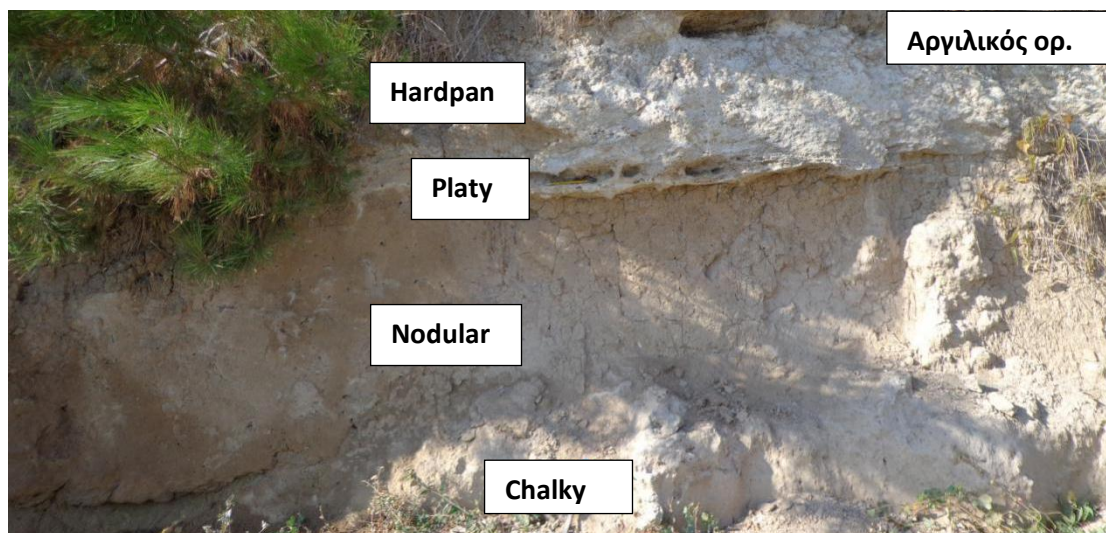
Ο εντοπισμός των συνθηκών σχηματισμού των calcrete, είναι ιδιαίτερα δύσκολος, χρειάζονται περαιτέρω παρατηρήσεις των εσωτερικών δομών στο μικροσκόπιο και είναι πέρα από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Στο στάδιο αυτό, οι παρατηρήσεις μας είναι μόνο μακροσκοπικές και με βάση των εντοπισμό διαφόρων οριζόντων με μικρότερη ή μεγαλύτερη συγκέντρωση calcrete έγινε ένας διαχωρισμός σε ορίζοντες χρησιμοποιώντας ορολογία από Alonso-Zarza and Wright (2010).



Σχήμα 44. Στάδια εξέλιξης των εδαφογενών ασβεστιτικών, ιδεατό προφίλ πεδογένεσης, Τροποποιημένο από Alonso-Zarza and Wright (2010).

Χρησιμοποιώντας επίσης το ιδεατό ασβεστιτικό προφίλ (Σχήμα 44) που δίνεται τροποποιημένο από τους Alonso-Zarza and Wright (2010) και συγκρίνοντας τα διάφορα στάδια ανάπτυξης των εδαφογενών ασβεστιτικών calcrete, έγινε ο αντίστοιχος διαχωρισμός στα ιζήματα της περιοχής μελέτης.

Έτσι με βάση το παραπάνω ιδεατό προφίλ πεδογένεσης, διακρίθηκαν οι εξής ασβεστιτικοί ορίζοντες (Σχήμα 45), που από τους κατώτερους προς τους ανώτερους είναι οι εξής:



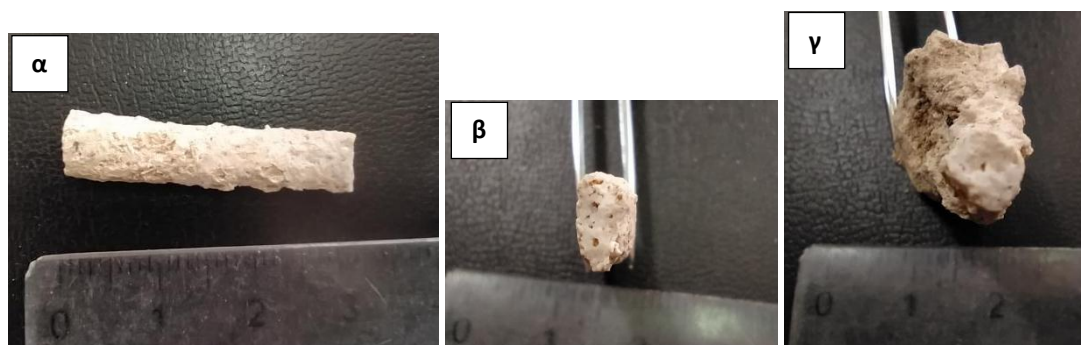
Σχήμα 45. Στήλη MKR 2. Διακρίνονται οι σχέσεις μεταξύ των οριζόντων σε ένα πεδογενετικό προφίλ.

Chalky horizon: Πρόκειται για μαλακό ομοιογενή ορίζοντα στην υφή και στη δομή, αν και ορισμένοι κόνδυλοι μπορεί να συνδέονται με το ριζικό σύστημα (Σχήμα 45). Βρίσκεται συνήθως ως υποκείμενος των «nodular horizon», αλλά μπορεί να καταλαμβάνει οποιαδήποτε άλλη θέση εντός του προφίλ ή να απουσιάζει. Σχηματίζεται όταν η καθίζηση του ανθρακικού υλικού γίνεται χωρίς σημαντική συμπαγοποίηση δημιουργώντας δομές που μοιάζουν με «πούδρα». Αναγνωρίζεται κυρίως στους κατώτερους ορίζοντες της φάσης *Fc* (Σχήμα 30).

Nodular horizon: Αποτελείται από κονιώδεις έως σκληρούς κονδύλους ανθρακικού ασβεστίου που βρίσκονται σε υλικό διαφορετικής λιθολογίας που στερείται ανθρακικό

υλικό. Στην περιοχή μελέτης αυτός ο ορίζοντας θεωρείται ότι είναι η αμμώδης ιλύς της φάσης *Fc*. Η μορφολογία των κονδύλων ποικίλει μεταξύ: κάθετων, οριζόντιων, ακανόνιστων ή ακόμη και διακλαδιζόμενων μορφών (Σχήμα 32).

Η κατείσδυση ανθρακικού άλατος γίνεται πιο εύκολα σε περιοχές ασυνεχειών που σχετίζονται με ρίζες και μικροοργανισμούς. Τα βιολογικά συστατικά του εδάφους ασβεστοποιούνται, σχηματίζοντας ριζόλιθους και μικρές ασβεστιτικές επιφλοιώσεις ριζιδίων (calcified root cell), “ανώμαλης” τραχιάς εξωτερικής επιφάνειας μακρόστενου σχήματος (Σχήμα 46). Οι κινήσεις του νερού και τα κατακόρυφα ριζικά συστήματα ευνοούν το σχηματισμό κάθετων προσανατολισμένων ανθρακικών κονδύλων. Αρχικά, μπορεί να είναι διασκορπισμένοι, αλλά με τον καιρό συνενώνονται σχηματίζοντας τον κονδυλώδη ορίζοντα. Αναγνωρίζεται στο κεντρικό τμήμα της φάσης *Fc* όπου οι ασβεστιτικοί κόνδυλοι βρίσκονται σε αφθονία (Σχήμα 32α, 45).



Σχήμα 46 (α, β, γ). Δείγματα calcified root cell - ριζόλιθοι.

Platy horizon: Συνήθως εντοπίζεται πάνω από τον κονδυλώδη ορίζοντα και κάτω από το hardpan, όπου αυτός διατηρείται. Άλλη ονομασία του είναι «laminar (γραμμικός/παράλληλος/ελασματοειδής) ορίζοντας». Εμφανίζεται συνήθως με κυματοειδείς αραιές στρώσεις, επίπεδα πορώδη σπασίματα και άφθονες κυψελοειδείς διαφραγματικές δομές, ριζόλιθους και βελονοειδείς ασβεστίτες (Σχήμα 45). Στην περιοχή μελέτης αυτός ο ορίζοντας θεωρείται ότι είναι τα κατώτερα 10 περίπου cm της φάσης *P*, όπου αναφέρονται ως λεπτοί ασβεστιτικοί ορίζοντες (laminar calcrete) μέσα σε λεπτόκοκκο υλικό (Σχήμα 37).

Καθώς οι κόνδυλοι συγκεντρώνονται και σχηματίζουν έναν συμπαγή ορίζοντα, τα ριζικά συστήματα δεν μπορούν εύκολα να διεισδύσουν σ' αυτόν. Επιπλέον, το νερό περιορίζεται κυρίως στο ανώτερο μέρος του εδαφικού προφίλ πάνω από τον κονδυλώδη ορίζοντα, στην ακόμα μη στερεοποιημένη ζώνη. Ως αποτέλεσμα η μορφολογία των ριζικών συστημάτων αλλάζει και οι ρίζες, στην προσπάθειά τους να μεγιστοποιήσουν την ποσότητα νερού που απορροφούν, τείνουν να επεκταθούν πλευρικά, προωθώντας την ανάπτυξη υπό-οριζόντιων δικτύων (Σχήματα 38, 39).

Hardpan: Σε πολύ καλά αναπτυγμένα προφίλ, αυτός είναι συνήθως ο κορυφαίος συμπαγής ορίζοντας (Σχήμα 45). Πρόκειται για πολύ σκληρό στρώμα με πολύ χαμηλό πορώδες σχεδόν αδιαπέρατο, ασβεστιτικής ή ψαμμιτικής σύστασης με πάχος που κυμαίνεται από λίγα εκατοστά ως μερικά μέτρα (Sim et al., 2016). Μακροσκοπικά είναι χωρίς δομές, μαζώδης, ή με κονδύλους. Συνήθως υπέρκειται μαλακών ή χαλαρών υλικών με απότομη άνω επιφάνεια και διαβαθμισμένη κάτω επιφάνεια.

Λόγω διάβρωσης ή διείδυσης υδάτων, στα τελευταία εκατοστά του πάνω τμήματος αυτού, μπορεί να προκύψουν ασύνδετα ασβεστιτικά χαλίκια και ογκόλιθοι που όμως εξακολουθούν να είναι σκληροί με στρογγυλεμένες άνω επιφάνειες δίνοντας την εικόνα σφαιριδίων. Αναγνωρίζεται στο κύριο και ανώτερο τμήμα της φάσης *P*, ως συμπαγές ασβεστοψαμμιτικό στρώμα που καταλήγουν σε σφαιρικούς κονδύλους (Σχήματα 40, 41).

Αργιλικός ορίζοντας: Πρόκειται για έναν ορίζοντα μικρού πάχους αργιλικής κυρίως σύστασης με ασβεστιτικά συγκρίματα, οξειδώσεις μαγγανίου και ριζίδια. Συνήθως εντοπίζεται πάνω από τα hardpans ή/και τα συμπαγή ασβεστοψαμμιτικά στρώματα και αποτελεί αποτέλεσμα πλημμυρικού επεισοδίου. Στην περιοχή μελέτης συνδέετε με τη φάση *Crc* και τις περισσότερες φορές εμφανίζεται ως υπολειπόμενος ορίζοντας με μορφή αργιλικών φακών (Σχήματα 33, 41).

Ολοκληρώνοντας την περιγραφή των λιθοφάσεων που αναγνωρίστηκαν στην περιοχή μελέτης δίνεται συγκεντρωτικός Πίνακας 1 με την ονοματολογία, την κύρια λιθολογία, τις εσωτερικές δομές και επαφές μεταξύ των φάσεων και τέλος μία ερμηνεία του αποθετικού καθεστώτος κάτω από το οποίο σχηματίστηκαν.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικός πίνακας των φάσεων που διακρίθηκαν στην περιοχή μελέτης. Περιγραφές φάσεων και FA που περιλαμβάνουν όνομα, λιθολογία, δομές - επαφές και ερμηνεία περιβάλλοντος.

Όνομα	Λιθολογία	Δομές και Επαφές	Ερμηνεία περιβάλλοντος
SGm	Άμμος – Χαλίκια, Αδρόκοκκοι ψαμμίτες	- Τραπεζοειδούς σχήματος, - Διακρίνεται κατά θέσεις εσωτερική διαβάθμιση στο υλικό από αδρόκοκκα στα πιο λεπτόκοκκα. - Πιθανή βιοαναμόχλευση - Απότομη ή διαβρωσιγενής βάση, διαβαθμισμένη οροφή με τη φάση <i>SFm</i> ή απότομη οροφή με τη φάση <i>Sl</i>.	Ενεργό κανάλι Υψηλής ενέργειας, δράση ποταμού
Sc	Ψαμμίτης	- Συμπαγής, φακοειδούς σχήματος, - Διασταυρούμενες στρώσεις, κατά θέσεις ρυτιδώσεις, κυματοειδείς δομές - Απότομη έως διαβρωσιγενής βάση, απότομη οροφή όπου διατηρείται	Αποθέσεις καναλιού
SFm	Ιλυόλιθος έως λεπτόκοκκος Ψαμμίτης με ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό	- Μαζώδεις ορίζοντες, φακοειδούς ή τραπεζοειδούς σχήματος, - Απότομη έως διαβρωσιγενής βάση, απότομη οροφή όπου διατηρείται	Πλήρωση ενεργού καναλιού με σταδιακή φθίνουσα μεταφορική ικανότητα της ροής του καναλιού.
St	Χαλικώδης Άμμος	- Φακοειδούς σχήματος - Σκαφοειδής στρώση με εσωτερική διαβάθμιση, - Απότομη βάση με φάση <i>Crc</i> και οροφή η φάση <i>SFm</i>	Μετανάστευση τρισδιάστατων δόμων στα κατώτερα τμήματα της ροής. Υψηλή ενέργεια

SI	Λεπτόκοκκη Άμμος	- Χωρίς εσωτερικές δομές, μηδαμινή συμπαγοποίηση υλικού, - Παρουσία ασβεστιτικών συγκριμάτων, μορφής ριζιδίων - Απότομη βάση και οροφή η φάση <i>SFm</i>	Πλήρωση καναλιού Χαμηλή μεταφορική ικανότητα
FA 1	<i>SGm, Sc, SFm, St, SI</i>	Λεπτόκοκκη-χαλικώδης άμμος έως αδρόκοκκος Ψαμμίτης με κροκάλες Απότομη βάση, απότομη οροφή	<u>Fluvial Channel Deposits</u>
Fc	Αμμώδης Ιλύς έως Ιλυώδη Άμμος	- Μεγάλο ποσοστό ασβεστιτικών συγκριμάτων (caliche/calcrete) κατακόρυφων και διακλαδιζόμενων ακανόνιστων κυρίως φλεβών - Απότομη οροφή με τη φάση <i>P</i>	Τεκτονική ηρεμία και σταθερό βασικό επίπεδο, ανώριμα παλαιοεδάφη
Crc	Άργιλος	- Μεγάλο ποσοστό ασβεστιτικών κονδύλων, ίχνη ριζιδίων - Δομές Load casts και Flame structures - Απότομη οροφή, απότομη ή διαβαθμισμένη βάση	Αιώρηση του φορτίου των ποταμών (πλημμυρικές περιοχές) ή σε εγκαταλελειμμένες περιοχές ενεργών καναλιών
P	Πεδογενή ασβεστιτικά	- Τραπεζοειδούς σχήματος, -laminar, hardpan κόνδυλοι ποικίλων σχημάτων - Απότομη οροφή, απότομη βάση	Περίοδοι εδαφογένεσης με συνθήκες ξηρασίας και έντονης εξάτμισης, πιθανές ρηχές εφήμερες λίμνες
FA 2	<i>Fc, Crc, P</i>	Μαζώδεις άργιλοι, Ασβεστιτικά κονδυλώδη συγκρίματα, Laminar calcrete και Hardpan, Απότομη βάση, απότομη οροφή	<u>Floodplain Deposits</u>

2.2 Ερμηνείες

Ερμηνεία FA 1: Fluvial Channel Deposits

Ο αδρόκοκκος συμπαγοποιημένος ψαμμίτη της φάσης *SGm* με χαρακτηριστική διαβάθμιση του υλικού και την διαβρωσιγενή επιφάνεια επαφής με τους υποκείμενους υπολειμματικούς αργιλικούς φακούς της φάσης *Crc* και της φάσης *P* (αποθέσεις πλημμυρικών πεδιάδων) δηλώνουν διαδικασίες πλήρωσης ποτάμιου καναλιού και φανερώνουν την εκ νέου δραστηριοποίηση του ενεργού καναλιού καθώς και την μετακίνησή του (Miall, 2006; Soares et al., 2018).

Ο αδρόκοκκος φακοειδής συμπαγοποιημένος ψαμμίτης της φάσης *Sc* με τη χαρακτηριστική διασταυρούμενη στρώση κυρίως στα κατώτερα τμήμα του, βρίσκεται με διαβρωσιγενή επιφάνεια επαφής με τους υποκείμενους πεδογενετικούς-εδαφογενείς ορίζοντες της φάσης *P* και των υπολειμματικών πλημμυρικής απόθεσης αργίλων της φάσης *Crc*. Η διαβρωσιγενής αυτή επιφάνεια στην βάση της φάσης *Sc* δηλώνει την αλλαγή από την σταθερότητα και την πεδογένεση της υποκείμενης φάσης (*P*, *Crc*) σε μια ενεργή διάβρωση, μεταφορά και απόθεση κλαστικών υλικών σε ενεργό κανάλι ενός ποταμού. Η μείωση του μεγέθους των κόκκων, όπως αυτή εντοπίζεται στην περιοχή από την μετάβαση της φάσης *SGm* με τους χαλικώδεις άμμους έως αμμώδεις χάλικες στη φάση *SFm* όπου επικρατούν κυρίως λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμος χωρίς εσωτερικές δομές ερμηνεύεται ως πλήρωση του ενεργού καναλιού με σταδιακή φθίνουσα μεταφορική ικανότητα της ροής του καναλιού από συνθήκες υψηλής ενέργειας σε συνθήκες χαμηλής ενέργειας έως και αιώρησης λεπτόκοκκης άμμου (Miall, 2006; Soares et al., 2018). Η σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση φάσης *St* που εντοπίστηκε τοπικά στην στήλη MKR 3, μπορεί να δημιουργηθεί είτε από μετανάστευση τρισδιάστατων δόμων στα κατώτερα τμήματα της ροής κοντά στον πυθμένα και δείχνει την υψηλή ενέργεια που επικρατούσε στο κανάλι.

Οι σημαντικού πάχους ψαμμίτες που ξεκινούν με πιο αδρόκοκκα υλικά και καταλήγουν σε λεπτές στρώσεις λεπτόκοκκης άμμου στην στήλη MKR 4, φάσεων *SGc*, *SFm* και *Sl* αντίστοιχα, μπορεί να ερμηνευτούν ως μη ολοκληρωμένοι ιζηματογενείς κύκλοι, με μείωση της μεταφορικής ικανότητας του καναλιού από συνθήκες υψηλής ενέργειας σε συνθήκες χαμηλής ενέργειας έως και αιώρησης λεπτόκοκκης άμμου. Η κυματοειδής επιφάνεια μεταξύ δύο διαδοχικών τέτοιων κύκλων χωρίς την παρεμβολή λεπτόκοκκων

αργιλικών ή ιλυούχων υλικών δηλώνουν συνθήκες διάβρωσης και εκ νέου δραστηριοποίηση του καναλιού.

Στα ανώτερα τμήματα της περιοχής (τομή 1) επικρατούν ψαμμιτικοί ορίζοντες *SFm* ενδοστρωμένοι με αργιλικούς και εδαφογενείς-πεδογενείς ορίζοντες (*Crc* και *P* αντίστοιχα) (Σχήμα 47). Πρόκειται για πολλαπλές κάθετες διαδοχικές ακολουθίες κυμαινόμενου πάχους με υπερίσχυση των ψαμμιτικών οριζόντων έναντι των λεπτόκοκκων με μορφή εκτεταμένων στρωμάτων ή φακών. Οι συμπαγοποιημένοι ψαμμίτες είναι μαζώδεις ενώ στους λεπτόκοκκους αργιλικούς ορίζοντες (φάση *Crc*) εντοπίζονται κόνδυλοι, ριζίδια και οξείδια μαγγανίου. Ως ερμηνεία μπορεί να θεωρηθούν ως απλοί λοβοί αμμούχων καλυμμάτων στα πρώτα στάδια των ριπιδίων υπερχείλισης του καναλιού μέσα στις πλημμυρικές περιοχές σε συνδυασμό με ανώριμα εδάφη που σχηματίζονται λόγω της αιώρησης των λεπτόκοκκων στις πλημμυρικές περιοχές (Lepre, 2017).



Σχήμα 47. Τομή 1. Πολλαπλές κάθετες διαδοχικές ακολουθίες με υπερίσχυση των ψαμμιτικών οριζόντων έναντι των λεπτόκοκκων με μορφή εκτεταμένων στρωμάτων ή φακών.

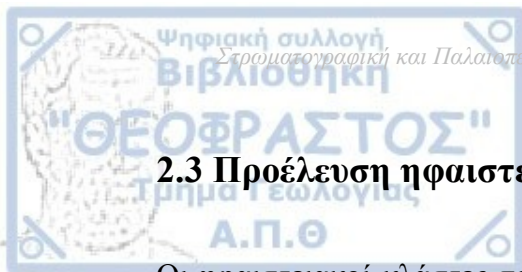
Ερμηνεία FA 2: Floodplain Deposites

Σύμφωνα με τον Walker et al. (1992), σε ξηρές-ημιάνυδρες περιοχές, η εναλλαγή της εξάτμισης και της διήθησης από κατακρημνίσματα συγκεντρώνει διαλυμένα ασβεστίτικα και πυριτικά κοντά στην επιφάνεια ιζημάτων, οδηγώντας στο σχηματισμό ασβεστίτικών κονδύλων (calcrete nodules). Συνήθως αυτά αναπτύσσονται σε συνδυασμό με το σχηματισμό εδάφους. Πολλοί ερευνητές καθόρισαν το χρόνο ωριμότητας αυτών των αποθέσεων, χρησιμοποιώντας τη δομή και το χρώμα τους. Μικροί, μεμονωμένοι κόνδυλοι, γκρι χρώματος όπως αυτοί με την μορφή των σφαιρικών κονδύλων που συναντώνται στις φάσεις *Fc* και *Crc*, υποδεικνύουν ανώριμα εδάφη (βλέπε Walker et al., (1992).

Καλά ανεπτυγμένα στρώματα calcrete σημαντικού πάχους, που συναντώνται στη φάση *P*, δείχνουν ότι στην πλημμυρική πεδιάδα (floodplain) δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποιο αποθετικό γεγονός για κάποιες χιλιάδες χρόνια (Miall, 1996). Τέτοιες επιφάνειες στρωμάτων μπορεί να εκτείνονται για πολλά χιλιόμετρα και υποδεικνύουν χρόνους τεκτονικής ηρεμίας και σταθερού βασικού επιπέδου. Τα στρώματα ασβεστιτικών συγκριμάτων και το μεγάλο ποσοστό διαθέσιμου ασβεστιτικού υλικού, δείχνουν ότι σ' αυτούς του χρόνους της τεκτονικής ηρεμίας μπορεί να λειτουργούν εφήμερες ρηχές λίμνες (Miall, 2006) που οδεύουν προς χέρσευση όπως αποδεικνύεται από την παρουσία ριζικού συστήματος. Οι κόνδυλοι (calcrete nodules) επίσης μέσα σε λεπτόκοκκο υλικό της φάσης *Crc* και στη φάση *Fc*, σύμφωνα με τους MuhsIn et al. (2008) και Wang (2018), σχηματίζονται σε παλαιοεδάφη, και πιο συγκεκριμένα σε ανώριμα εδάφη. Το μικρό πάχος των αργιλικών οριζόντων της φάσης *Crc* που βρίσκονται πολλές φορές ενδοστρωμένοι με τους ψαμμιτικούς ορίζοντες της φάσης *SFm* σε συνδυασμό με το μικρό ποσοστό ριζιδίων και οξειδώσεων συνηγορούν στο να χαρακτηριστεί το έδαφος ως μη ώριμο. Η παρουσία ριζικού συστήματος, που εντοπίζεται στις φάσεις *Fc* και *Crc*, είναι δείκτες για την έκθεση στην ατμόσφαιρα και τη σταθερότητα της επιφάνειας (Βλέπε Wang, 2018).

Η διάστικτη εικόνα της ιλυώδους άμμου της φάσης *Fc* στην στήλη MKR 4 ως αποτέλεσμα των οξειδίων μαγγανίου, είναι συχνή σε παλαιοεδάφη (Retallack, 1988; Leckie et al., 1989; Wright, 1992) και είναι αποτέλεσμα τοπικών αλλαγών οξειδοαναγωγής λόγω κυμαινόμενων συνθηκών αποστράγγισης (Wright, 1992).

Τα λεπτόκοκκα ιζήματα των φάσεων *Crc* και *Fc* που έχουν εντοπισθεί στην περιοχή μελέτης μπορεί να έχουν αποτεθεί από αιώρηση του φορτίου των ποταμών, όχι μέσα σε ενεργό κανάλι αλλά σε πλημμυρικές περιοχές ή σε εγκαταλελειμμένα κανάλια ή σε εγκαταλελειμμένες περιοχές ενεργών καναλιών σε περιόδους χαμηλής στάθμης νερού. Το πάχος τους ποικίλει από λίγα χιλιοστά όταν σχηματίζονται σε μικρά εγκαταλελειμμένα κανάλια, όπως φαίνεται να εντοπίζεται στην περιοχή μελέτης, μέχρι δεκάδες και εκατοντάδες μέτρα σε πλημμυρικές περιοχές με αιωρούμενο λεπτόκοκκο υλικό (Miall, 1996).



2.3 Προέλευση ηφαιστειακού υλικού

Οι ηφαιστειακοί κλάστες που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης και συμμετέχουν με σημαντικά μεγάλο ποσοστό κυρίως στις αδρόκοκκες αποθέσεις είναι χαρακτηριστικοί για όλο τον Σχηματισμό Μακρύγιαλου. Ο χαρακτηριστικός λευκός ηφαιστειακός ψαμμίτης σταθερού πάχους 32cm που εντοπίστηκε κατά τη νέα διάνοιξη της εθνικής οδού Αθηνών-Θεσσαλονίκης στο ύψος του Μακρύγιαλου δεν εντοπίστηκε στις παράκτιες τομές μελέτης (Βουγιουκαλάκης, 2002; Σουλβέστρου, 2002). Παρ' όλα αυτά η μακροσκοπική παρατήρηση των ηφαιστειακών κλαστών που είναι ιδιαίτερα στρογγυλεμένοι έως εξαλλοιωμένοι, και το γεγονός ότι τα μόνα ηφαιστειακά κέντρα που λειτουργούν την περίοδο του τέλος Άνω Μειοκαίνου - Πλειοκαίνου είναι αυτά της Αλμωπίας, θεωρούμε ότι ποτάμια συστήματα τροφοδότησαν την περιοχή μελέτης με φερτό υλικό από τα κέντρα της ορεινής περιοχής του Βόρα. Σύμφωνα με Βουγιουκαλάκη (2002) πιθανόν ο χαρακτηριστικός λευκός ηφαιστειακός ορίζοντας να ανήκει στο πρώτο εκρηκτικό γεγονός μεταξύ 5,6 και 5Ma των ηφαιστειακών κέντρων του Βόρα και ονομάστηκε «Στάχτη Αλμωπίας», χωρίς όμως περαιτέρω έρευνα.

2.4 Απολιθώματα στην περιοχή Μακρύγιαλου Πιερίας

Μέσα στην ιλυώδη άμμο της φάση *Fc* εντοπίστηκε απολίθωμα γιγάντιας χελώνας που τοποθετείται με σύμβολο  στην στήλη MKR 2 της περιοχής μελέτης. Σύμφωνα με τη Σαλτσίδου (2020), συνολικά, στον Μακρύγιαλο Πιερίας έχουν βρεθεί τουλάχιστον τέσσερα διαφορετικά είδη απολιθωμένων χελωνών. Το εύρημα που σχετίζεται με την περιοχή μελέτης ανήκει στην γιγαντιαία χερσαία χελώνα *Titanochelon* sp. όπως αναφέρεται στην εργασία της Σαλτσίδου (2020) με την επισήμανση ως δείγμα “MAP-5”. Δεν έχει ανακτηθήκε ακόμη διότι δεν βρίσκεται σε άμεσα κίνδυνο από τη διάβρωση της θάλασσας, παρόλα αυτά η περιοχή παρουσιάζει διαφοροποιήσεις με το πέρασμα του χρόνου (Σχήματα 48, 49).



Σχήμα 48. Στήλη MKR 2. Θέση απολιθωμένης χελώνας, με τον Ευάγγελο Βλάχο, 2017



Σχήμα 49. Στήλη MKR 2. Θέση απολιθωμένης χελώνας, 2019. Λόγω της θαλάσσιας διάβρωσης και της πτώσης υπερκείμενων χαλαρών υλικών το εκτεθειμένο τμήμα της χελώνας έχει διαφορετική αποκάλυψη.

2.5 Συσχετισμός μεταξύ ανατολικού και δυτικού τμήματος της ευρύτερης λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού

Αντίστοιχη εικόνα ιζημάτων με αυτή του Σχηματισμού Μακρύγιαλου εντοπίζεται στην περιοχή της Δυτικής Χαλκιδικής στα ιζήματα που περιγράφονται ως Σχηματισμός Γωνιάς (Συρίδης, 1990). Σημαντική είναι και εδώ η παρουσία ηφαιστειακών κλαστών μέσα σε αμμούχους και ψαμμιτικούς ορίζοντες. Η τροφοδοσία στην περιοχή έγινε με μεγάλα παλαιορεύματα προερχόμενα από τα ηφαιστειακά κέντρα της Αλμωπίας. Η ηλικία του Σχηματισμού Γωνιάς με βάση πανίδα μικροθηλαστικών που εντοπίστηκε στα κατώτερα τμήματα του σχηματισμού στη θέση Νέα Σύλατα χρονολογείται στο όριο Μειοκαίνου-Πλειοκαίνου (Συρίδης, 1990; Vasileiadou et al., 2003). Ο Συρίδης (1990) αναφέρει επίσης ότι παρόμοια ηφαιστειακά υλικά έχουν βρεθεί σε αποθέσεις στην περιοχή Αλατίνι, Νέα Ελβετία και στο Μεγάλο Έμβολο - Αγγελοχώρι.

Από τα απολιθώματα επίσης των γιγάντιων χελωνών που βρέθηκαν τόσο στο δυτικό (Μακρύγιαλος, Αγιάννης) όσο και στο ανατολικό τμήμα (Αγγελοχώρι/Μεγάλο Έμβολο, Νέας Μηχανιώνα, Επανομή και Νέα Καλλικράτεια (Vlachos et al., 2014; Vlachos, 2015; Σαλτσίδου, 2020) του Θερμαϊκού Κόλπου, πιθανολογείται ότι κατά το Πλειόκαινο η περιοχή αποτελούσε μία ενιαία πεδιάδα στην οποία ζούσαν χερσαίες χελώνες ποικίλων διαστάσεων.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία συνηγορούν στο γεγονός ότι ο Σχηματισμός Γωνιάς στο ανατολικό τμήμα της ευρύτερης λεκάνης Αξιού-Θερμαϊκού και ο Σχηματισμός Μακρύγιαλου στο δυτικό τμήμα της ίδια λεκάνης δείχνουν παρόμοιες αποθετικές συνθήκες στο τέλος του Μειοκαίνου αρχές Πλειοκαίνου. Η κύρια διαφορά εντοπίζεται μόνο στην ανάπτυξη τριών τουλάχιστον ασβεστολιθικών οριζόντων με μεγάλη εξάπλωση στην ευρύτερη περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής που δημιουργούν χαρακτηριστικές αναβαθμίδες στην μορφολογία της περιοχής (Συρίδης, 1990) και οι οποίοι δεν εντοπίζονται στην περιοχή του Μακρύγιαλου παρά μόνο ως ασβεστιτικοί πεδογενετικοί ορίζοντες μικρού πάχους αλλά σημαντικής έκτασης. Φαίνεται δηλαδή ότι εκτός από τα κύρια ποτάμια συστήματα λειτουργούν περιοδικές αβαθείς λίμνες με έντονη εξάτμιση στη δυτική Χαλκιδική που όμως στην περιοχή του Μακρύγιαλου είναι μικρότερης διάρκειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Συμπεράσματα

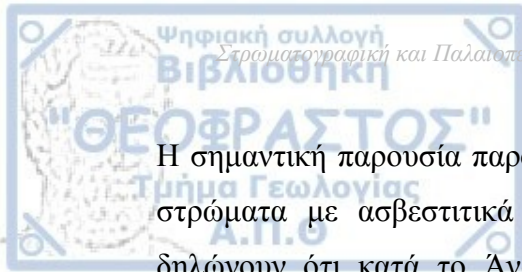
Η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε δύο μεγάλες ακολουθίες φάσεων (Facies Association) στις οποίες συνολικά διακρίθηκαν 8 κύριες φάσεις. Η πρώτη ακολουθία φάσεων περιλαμβάνει χαλικώδους άμμου-αμμούχων κροκάλων, λεπτόκοκκης-αδρόκοκκης άμμου έως συμπαγοποιημένους ψαμμίτες, ονομάστηκε **FA 1: Fluvial Channels deposits** και συμπεριλαμβάνει 5 φάσεις: SGm, Sc, SFm, St, Sl. Η δεύτερη ακολουθία φάσεων αποτελείται από αμμώδη ιλύ, μαζώδη άργιλο, και ασβεστιτικά κονδυλώδη συγκρίματα, με χαρακτηρισικά laminar calcrete και hardpan, ονομάστηκε **FA 2: Floodplain Deposits** και αποτελείται από 3 φάσεις: Fc, Crc, P.

Με βάση το ποτάμιο αλλουβιακό μοντέλο ιζηματογένεσης (Reading, 1996) οι φάσεις SGm, Sc και St (χαλικώδεις άμμοι έως αμμώδεις χάλικες και αδρόκοκκοι ψαμμίτες) αντιπροσωπεύουν αποθέσεις κλαστικών υλικών σε ενεργό κανάλι, υψηλής ενέργειας και μεγάλης μεταφορικής ικανότητας.

Καθώς η μεταφορική ικανότητα της ροής του καναλιού φθίνει στρώματα λεπτόκοκκων ψαμμιτών και λεπτόκοκκης άμμου των φάσεων SFm και Sl σχηματίζονται δείχνοντας πλήρωση του ενεργού καναλιού.

Η απόθεση των λεπτόκοκκων ιζημάτων των φάσεων Fc και Crc πιθανό να σχηματίζονται από αιώρηση του φορτίου των ποταμών σε πλημμυρικές περιοχές και τις περισσότερες φορές είναι το τελευταίο ίζημα σε έναν θεωρητικό κύκλο ιζηματογένεσης (μπλε τρίγωνο).

Τα ασβεστιτικά συγκρίματα, ο σχηματισμός των hardpan οριζόντων (φάση P) και η παρουσία ριζικού συστήματος δείχνουν ότι στις πλημμυρικές πεδιάδες υπήρξαν περίοδοι τεκτονικής ηρεμίας με έντονη ξηρασία και εξάτμιση όπου είχαμε συνθήκες εδαφογένεσης - πεδογένεσης και εφήμερες ρηχές λίμνες.



Η σημαντική παρουσία παρόμοιας σύστασης ηφαιστειακού υλικού, τα μεγάλης έκτασης στρώματα με ασβεστιτικά συγκρίματα και η παρουσία παρόμοιων ειδών χελωνών δηλώνουν ότι κατά το Άνω Μειόκαινο - Κάτω Πλειόκαινο οι περιβαλλοντικές και αποθετικές συνθήκες που λειτουργούν τόσο στο δυτικό (περιοχή Μακρύγιαλου) όσο και στο ανατολικό τμήμα (περιοχή Δυτικής Χαλκιδικής - σχηματισμός Γωνιάς) της ευρύτερης λεκάνης Αξιού - Θερμαϊκού κόλπου είναι παρόμοιες δείχνοντας ότι πιθανόν να πρόκειται για μία ενιαία λεκάνη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alonso-Zarza, A.M. and Tanner, L.H., 2010. *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes*, Elsevier.
- Atabey, E., Atabey, N. and Kara, H., 1998. Sedimentology of caliche (calcrete) occurrences of the Kirsehir region. *Mineral Research and Exploration Institute (MTA) of Turkey Bulletin* 120, 69–80.
- Benda, L. and Steffens, P., 1981. Aufbau und Alter des Neogens von Katerini (Griechenland) *Geol. Jb.*, B 42, 93-103.
- Βιουγιουκαλάκης, Ε. Γ., 2002. Πετρολογική, γεωχημική και ηφαιστειολογική μελέτη των Πλειοκαινικών ηφαιστειακών σχηματισμών της Αλμωπίας. Συσχετισμός τους με τις γεωθερμικές εκδηλώσεις της περιοχής. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής Επετηρίδας 382 σελ.*
- Ι.Γ.Μ.Ε, 1986. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος 1:50.000, φύλλο Κατερίνη υπό Μέττο, Α. & Κουτσουβέλη, Α., Μικροπαλαιοντολογία: Τσαπραλής, Β., Παλυνολογία: Ιωακείμ, Χ., Αθήνα.
- Hodan, M., 2016. Complex Fluvial-Lacustrine Interactions as Revealed by Outcrop to Subsurface Analysis of the Renegade Tongue, Green River Formation, Uinta Basin, Utah. *Conference: AAPG ACE 2016 Annual Convention & Exhibition*.
- Krug, A. M., 1995. Geochemical Exploration in Calcrete Terrains. Dissertation, Department of Geology (Mineral Exploration), *Rhodes University*, Grahamstown, South Africa.
- Leckie, D.A., Fox, C. and Tarnocai, C. 1989. Multiple paleosols of the late Albian Boulder Creek Formation, British Columbia, Canada; *Sedimentology*, v.36, no.2, p.307-323.
- Lepre, C., J., 2017. Crevasse-splay and associated depositional environments of the hominin-bearing lower Okote Member, Koobi Fora Formation (Plio-Pleistocene), Kenya. *The Depositional Record*; 3(2), 161–186.
- Miall, A., D., 2006. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. 4th printing. Springer-Verlag Inc., Berlin, 582p.
- Μουντράκης, Δ., 2010. Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. *University Studio Press*, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.



- Muhsín, E., Selahattín, K., Zübeyde, H. and Murat, G., 2008. Quaternary Calcrete Development in the Mersin Area, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(4), 763-784.
- Munsell Color (Firm). 2010 Munsell soil color charts: with genuine Munsell color chips. Grand Rapids, MI :Munsell Color.
- Reading, H. G., 1996. *Sedimentary Environments: Processes, facies and stratigraphy*. BLACKWELL. University of Oxford, 704p.
- Retallack, G.J., 1988. Field recognition of paleosols; *Geological Society of America Special Papers*, v.216, p.1-20.
- Ricardo, N. M., Jorge, F.G., Luis, A.B. and Aldo, M. U., 2012. 12. Fluvial Environments. In: Van Loon, A.J. (ed), *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments*, Elsevier, 329-371.
- Σαλτσίδου, Μ., 2020. Συμβολή στη μελέτη των χελωνών Testudinidae και Geoemydidae από το Πλειόκαινο του Μακρύγιαλου Πιερίας. *Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, 59 σελ.
- Sim, A.C.Y., Ong, D.E.L Tai, L.Y., Ting, W.H., Chai, E.P.S. and Bachat, J., 2016. Characteristics of Hardpan Calcrete of the Nyalau Formation and Impact on Design of Shallow Foundations. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*.
- Soares, M. V. Th., Basilici, G., Dal' Bo, P. F., da Silva Marinho Th., Mountney N. P., Colombero, L., de Oliveira, E., F. and da Silva, K., E., B, 2018. Climatic and geomorphologic cycles in a semiarid distributive fluvial system, Upper Cretaceous, Bauru Group, SE Brazil. *Sedimentary Geology*, 372, 75-95. ISSN 0037-0738.
- Συλβέστρου, Α., Ι., 2002. Στρωματογραφική παλαιοντολογική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών - Τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Κατερίνης. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής Επετηρίδας No 67, 370 σελ.*
- Συρίδης, Γ., 1990. Λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και παλαιογεωγραφική μελέτη των Νεογενών - Τεταρτογενών ιζηματογενών σχηματισμών της Χερσονήσου Χαλκιδικής. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Αριθμός Παραρτήματος Επιστημονικής Επετηρίδας No 11 243 σελ.*
- Vlachos, E., 2015. The fossil chelonians of Greece. Systematics - Evolution - Stratigraphy – Palaeoecology. *PhD, Scientific Annals of the School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece no 173, 479 p.*

Vlachos, E., Tsoukala, E., & Corsini, J. (2014). *Cheirogaster bacharidisi*, sp. nov., a new species of a giant tortoise from the Pliocene of Thessaloniki (Macedonia, Greece). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 34(3), 560-575.

Vasileiadou KV, Koufos GD, Syrides GE (2003) Silata, a new locality with micromammals from the Miocene/Pliocene boundary of the Chalkidiki peninsula, Macedonia, Greece. *Deinsea* 10(1), 549–562

Walker, R.G. and James, N.P., 1992. *Facies models. Response to sea level change*. Geological Association of Canada.

Wang, J., 2018. Fluvial Fan Architecture, Facies and Interaction with Lake: Lessons Learned from the Sunnyside Delta Interval of the Green River Formation, Uinta Basin, Utah. *Thesis, Geology and Geological Engineering, Colorado School of Mines*.

Wright, V.P., 1992. Paleosol recognition: a guide to early diagenesis in terrestrial settings; Chapter 12 in Diagenesis, III, Wolf, K.H. and Chilingarian, G.V. (eds.), volume 47 in 'Developments in Sedimentology' series, *Elsevier*, Amsterdam, New York, p.591-619.

Χριστοδούλου, Γ., 1965. Η γεωλογική κατασκευή της πεδιάδος Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών, ως συνάγεται αυτή εκ της μικροπαλαιοντολογικής ερεύνης του υλικού τριών βαθειών γεωτρήσεων. *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας* VI (2), 249-296.

Διαδικτυακές Πηγές

Ενημερωτικός ιστότοπος orykta.gr, Σχήμα των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. <http://www.orykta.gr/> (ανακτήθηκε στις 12-10-2020)

Ιστότοπος *Google Earth*, Πανοραμική εικόνα περιοχής μελέτης Μακρόγιαλος Περίας- Σχήμα 7. <https://www.google.com/earth/> (ανακτήθηκε στις 12-10-2020)

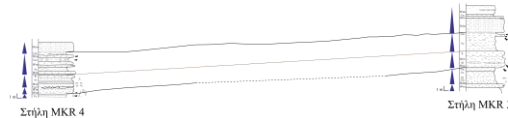
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τομές MKR 1, 2, 3 με τις αντίστοιχες στήλες. Συσχετίστηκαν τα στρώματα και οι φάσεις μεταξύ των στηλών. Η διακεκομμένη γραμμή υπάρχει στα σημεία που υπήρχε έντονη φυτοκάλυψη και δεν ήταν σίγουρος ο ακριβής προσδιορισμός των αντίστοιχων φάσεων.

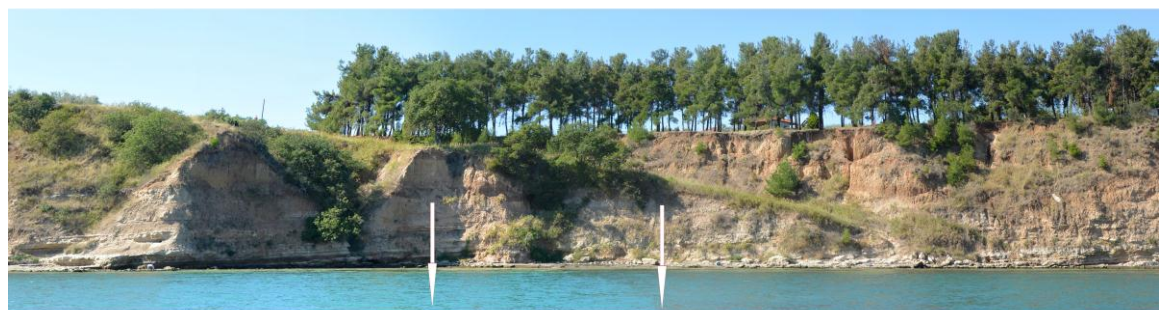
Τομή MKR 1



Τομή MKR 2



Τομή MKR 3





GRADISTAT VERSION 8.0

<http://www.kpal.co.uk/gradistat.html>

Developed by Dr Simon J Blott, November 2010

Από το λογισμικό, παρουσιάζονται οι εξής πίνακες και διαγράμματα:

- Single Sample Data Input
- Single Sample Statistics
- Gravel Sand Mud Diagram

Ακολουθούν οι αναλύσεις 5 δείγματα: MKR 3.1, MKR 3.2, MKR 3.4, MKR 3.6 και MKR 4.2.

ΔΕΙΓΜΑ MKR 3.1 (Τομή 2)

Single Sample Data Input

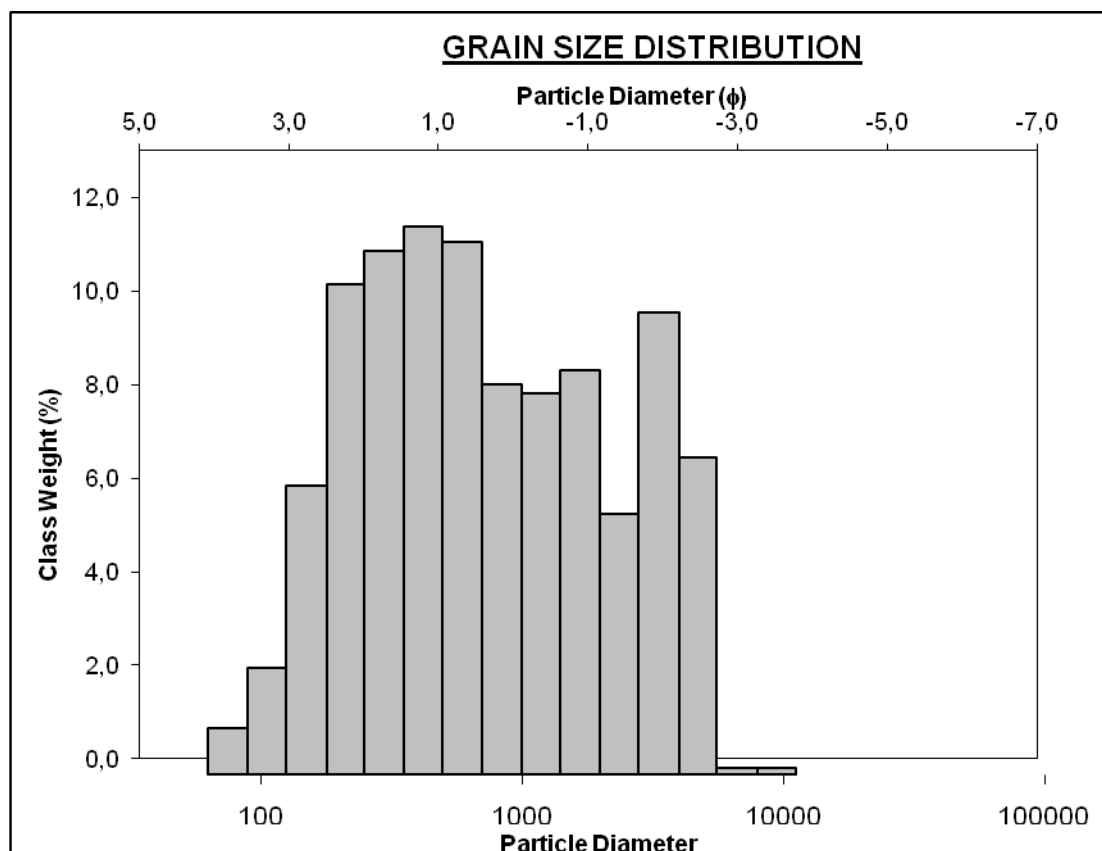
Sample Identity:	MKR 3.1
Analyst:	
Date:	25/10/2019
Initial Sample Weight:	187.45

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	
63000	
45000	
31500	
22400	
16000	
11200	
8000	0.2
5600	0.25
4000	11.86
2800	18.3
2000	9.75
1400	16.02
1000	14.24
710	14.84
500	20.73
355	20.85
250	20.42
180	17.88
125	11.71
90	3.88
63	1.83
	3.71

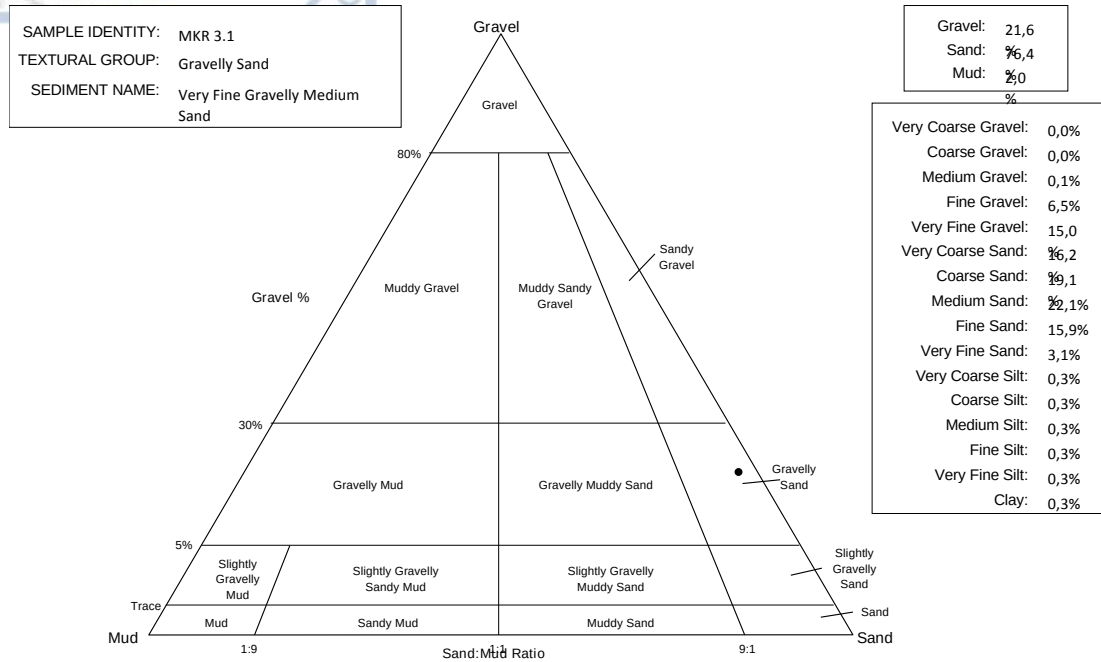


Single Sample Statistics

SIEVING ERROR: 0,5%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: MKR 3.1			ANALYST & DATE: , 25/10/2019			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	427,5	1,247	GRAVEL: 21,6%	COARSE SAND: 19,1%		
MODE 2:	3400,0	-1,743	SAND: 76,4%	MEDIUM SAND: 22,1%		
MODE 3:	1700,0	-0,743	MUD: 2,0%	FINE SAND: 15,9%		
D ₁₀ :	166,6	-1,822		V FINE SAND: 3,1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	622,5	0,684	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
D ₉₀ :	3535,2	2,585	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,3%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	21,22	-1,419	MEDIUM GRAVEL: 0,1%	MEDIUM SILT: 0,3%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3368,6	4,407	FINE GRAVEL: 6,5%	FINE SILT: 0,3%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	6,107	-2,267	V FINE GRAVEL: 15,0%	V FINE SILT: 0,3%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1455,0	2,611	V COARSE SAND: 16,2%	CLAY: 0,3%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1271,6	662,1	0,595	720,3	0,473	Coarse Sand
SORTING (σ):	1392,4	3,503	1,809	3,284	1,715	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,546	-0,633	0,633	0,131	-0,131	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	5,021	4,291	4,291	0,806	0,806	Platykurtic



Gravel Sand Mud Diagram



Περιγραφή δείγματος: Χαλικώδης άμμος

Πολύ λεπτόκοκκη χαλικώδης μεσόκοκκη άμμος

Κακής ταξινόμησης, τριπλή κατανομή

ΔΕΙΓΜΑ MKR 3.2 (Τομή 2)

Single Sample Data Input

Sample Identity: MKR 3.2

Analyst:

Date: 16/8/2018

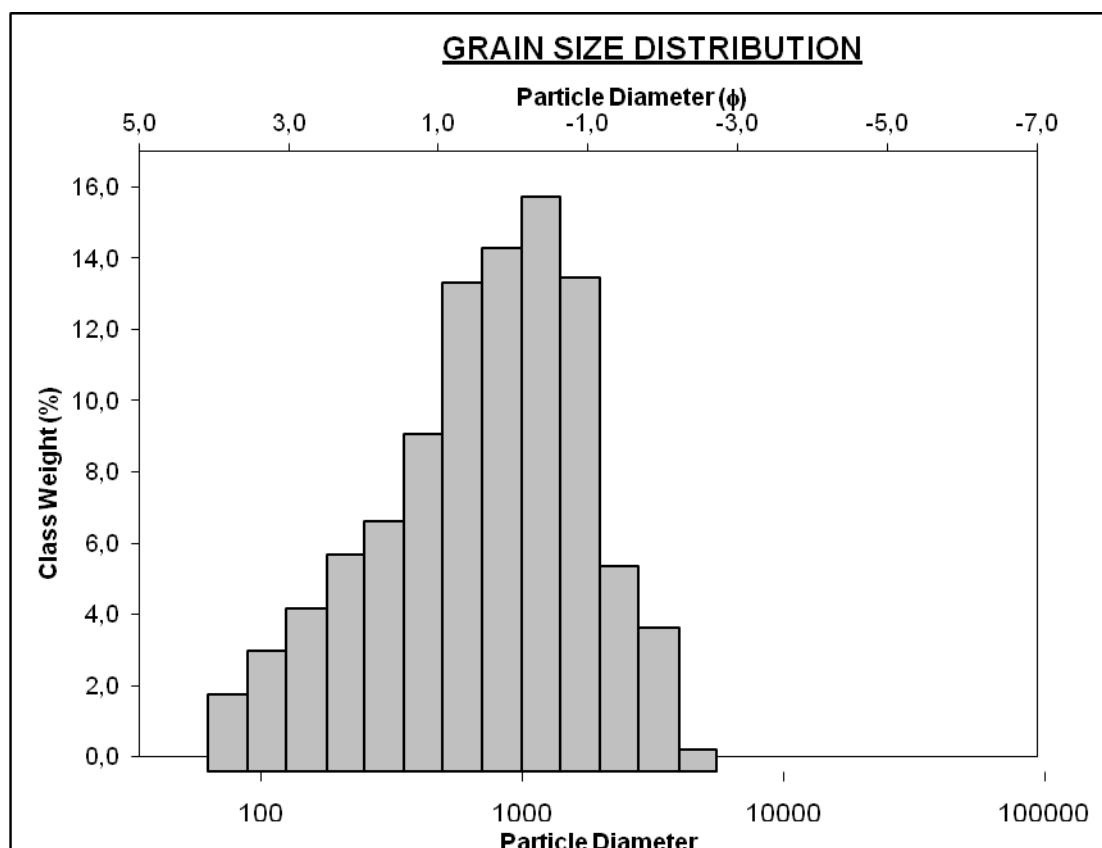
Initial Sample Weight: 212,77

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	
63000	
45000	
31500	
22400	
16000	
11200	
8000	
5600	
4000	1,27
2800	8,59
2000	11,51
1400	29,34
1000	32,22
710	29,85
500	28,6
355	19,29
250	14,66
180	11,9
125	9,88
90	6,61
63	4,63
	3,58

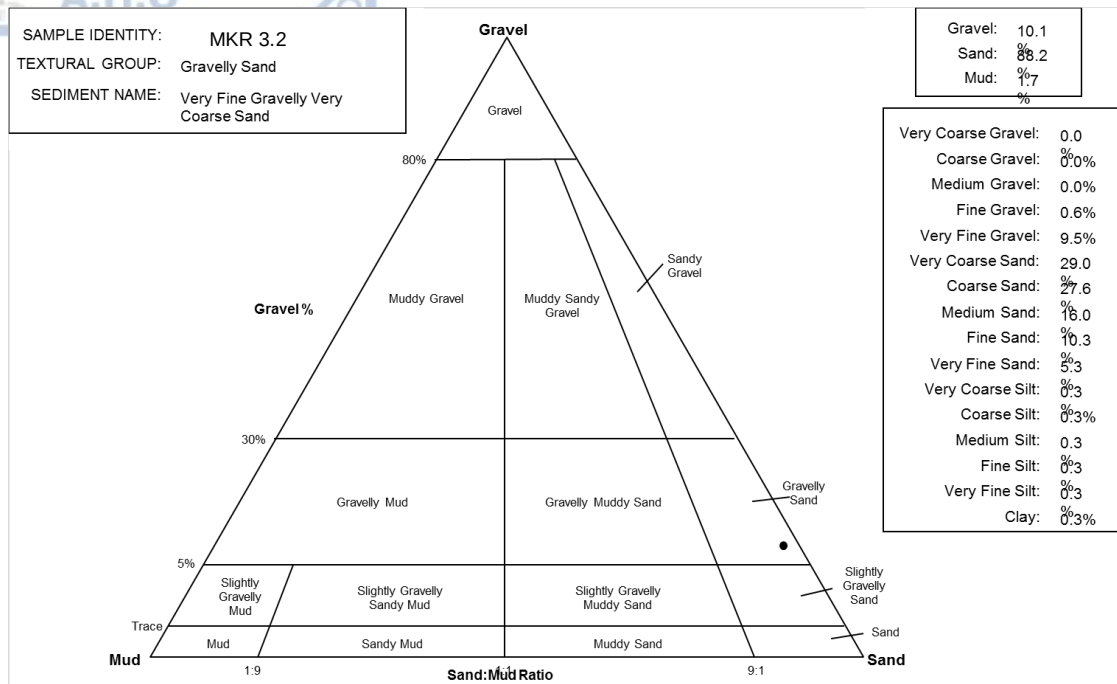


Single Sample Statistics

SIEVING ERROR: 0,4%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: MKR 3.2			ANALYST & DATE: 16/8/2018			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1200,0	-0,243	GRAVEL: 10,1%		COARSE SAND: 27,6%	
MODE 2:			SAND: 88,2%		MEDIUM SAND: 16,0%	
MODE 3:			MUD: 1,7%		FINE SAND: 10,3%	
D ₁₀ :	158,1	-1,007			V FINE SAND: 5,3%	
MEDIAN or D ₅₀ :	767,7	0,381	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,3%	
D ₉₀ :	2010,4	2,661	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,3%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	12,71	-2,641	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,3%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	1852,2	3,668	FINE GRAVEL: 0,6%		FINE SILT: 0,3%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	3,735	-3,214	V FINE GRAVEL: 9,5%		V FINE SILT: 0,3%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	1001,1	1,901	V COARSE SAND: 29,0%		CLAY: 0,3%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1001,4	645,1	0,633	673,9	0,569	Coarse Sand
SORTING (σ):	845,7	2,957	1,564	2,718	1,443	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,528	-1,260	1,260	-0,212	0,212	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	5,780	5,928	5,928	1,026	1,026	Mesokurtic



Gravel Sand Mud Diagram



Περιγραφή δείγματος: Χαλικώδης άμμος

Πολύ λεπτόκοκκη χαλικώδης (πολύ) αδρόκοκκη άμμος

Κακής ταξινόμησης, μονής κατανομής

ΔΕΙΓΜΑ MKR 3.4 (Τομή 2)

Single Sample Data Input

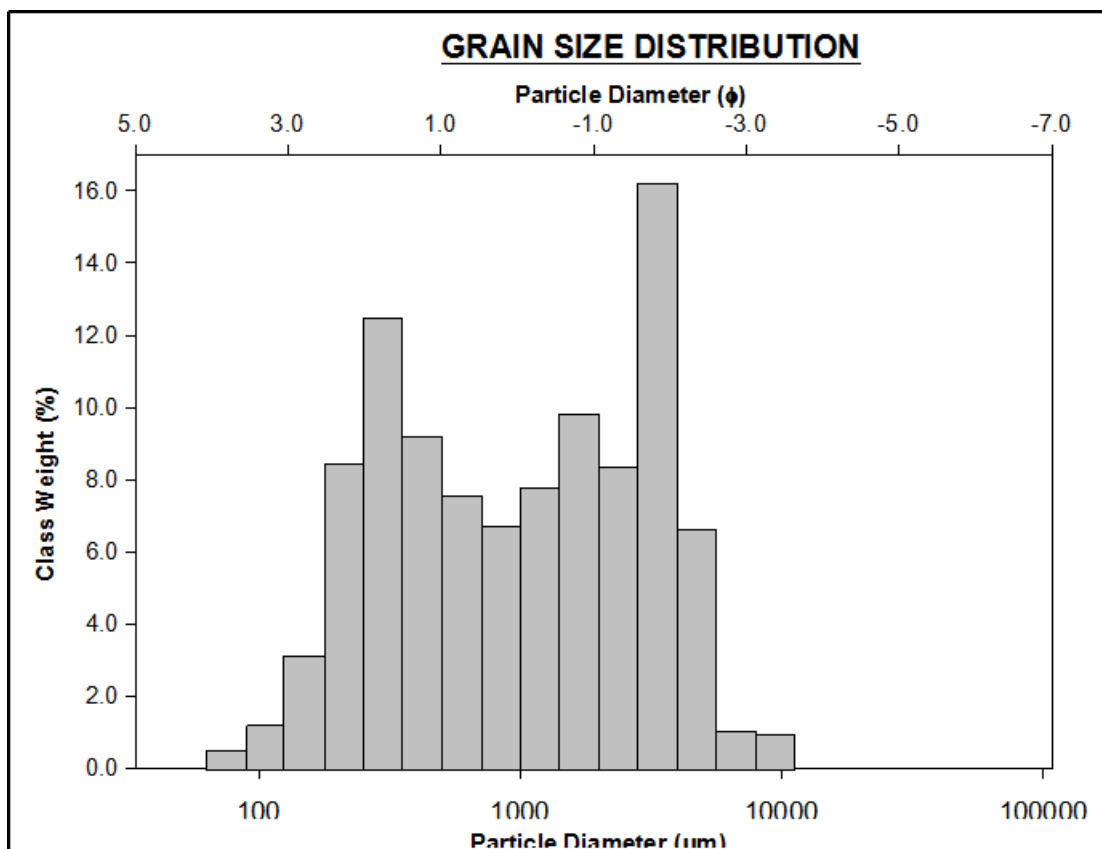
Sample Identity:	MKR 3.4
Analyst:	
Date:	9/10/2019
Initial Sample Weight:	214.78

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	
63000	
45000	
31500	
22400	
16000	
11200	
8000	2
5600	2.28
4000	13.65
2800	35.4
2000	17.2
1400	21.43
1000	16.03
710	14.08
500	16.23
355	19.34
250	26.81
180	17.03
125	7.03
90	2.43
63	1.15
	2.09



Single Sample Statistics

SIEVING ERROR: 0,3%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: MKR 3.4			ANALYST & DATE: , 9/10/2019			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel			
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	3400,0	-1,743	GRAVEL: 32,9%	COARSE SAND: 14,2%		
MODE 2:	302,5	1,747	SAND: 66,1%	MEDIUM SAND: 21,5%		
MODE 3:	1700,0	-0,743	MUD: 1,0%	FINE SAND: 11,2%		
D ₁₀ :	213,0	-1,949		V FINE SAND: 1,7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1019,1	-0,027	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,2%		
D ₉₀ :	3861,9	2,231	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,2%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	18,13	-1,145	MEDIUM GRAVEL: 0,9%	MEDIUM SILT: 0,2%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3648,9	4,181	FINE GRAVEL: 7,4%	FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	8,168	-1,048	V FINE GRAVEL: 24,6%	V FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	2446,9	3,030	V COARSE SAND: 17,5%	CLAY: 0,2%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1685,1	923,9	0,114	971,6	0,042	Coarse Sand
SORTING (σ):	1691,2	3,359	1,748	3,157	1,659	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,594	-0,574	0,574	-0,071	0,071	Symmetrical
KURTOSIS (K):	6,471	3,668	3,668	0,660	0,660	Very Platykurtic



ΔΕΙΓΜΑ MKR 3.6 (Τομή 2)

Single Sample Data Input

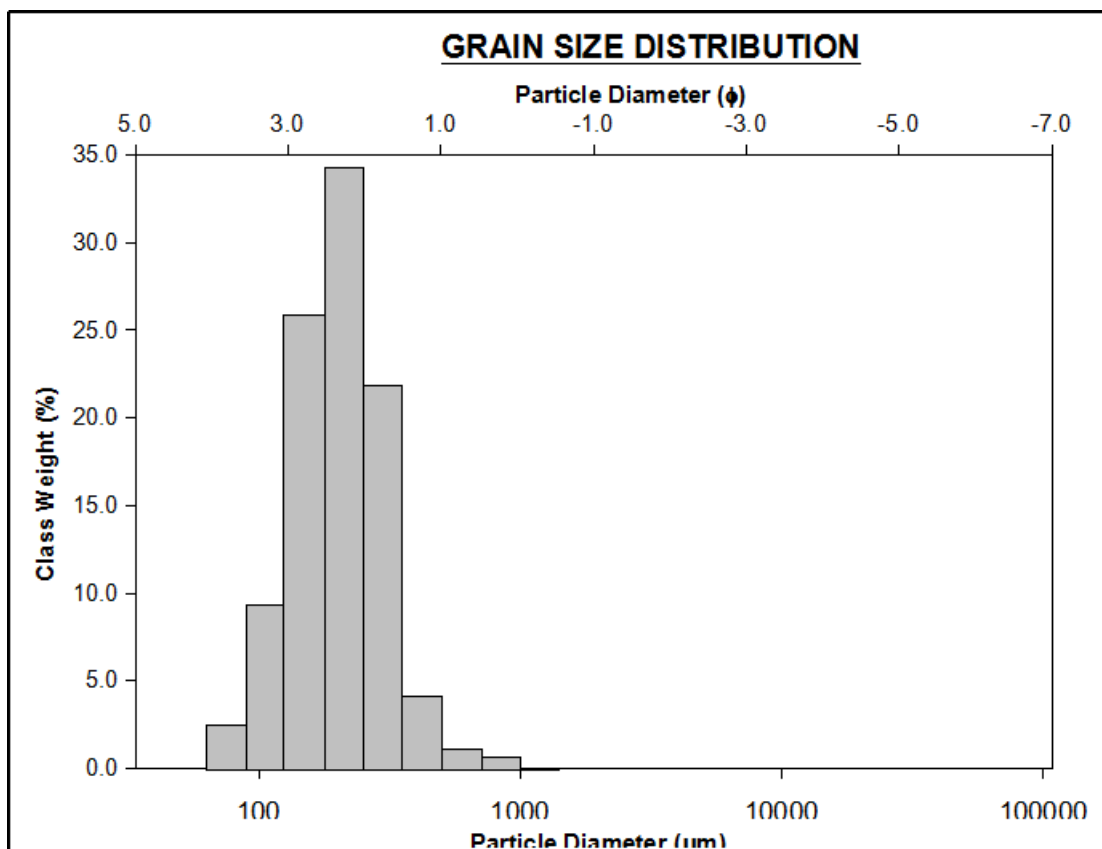
Sample Identity: **MKR 3.6**
 Analyst:
 Date: 16/7/2018
 Initial Sample
 Weight: 83.13

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	
63000	
45000	
31500	
22400	
16000	
11200	
8000	
5600	
4000	
2800	
2000	
1400	
1000	0.03
710	0.57
500	0.96
355	3.29
250	17.57
180	25.74
125	21.59
90	7.03
63	2.05
	3.98

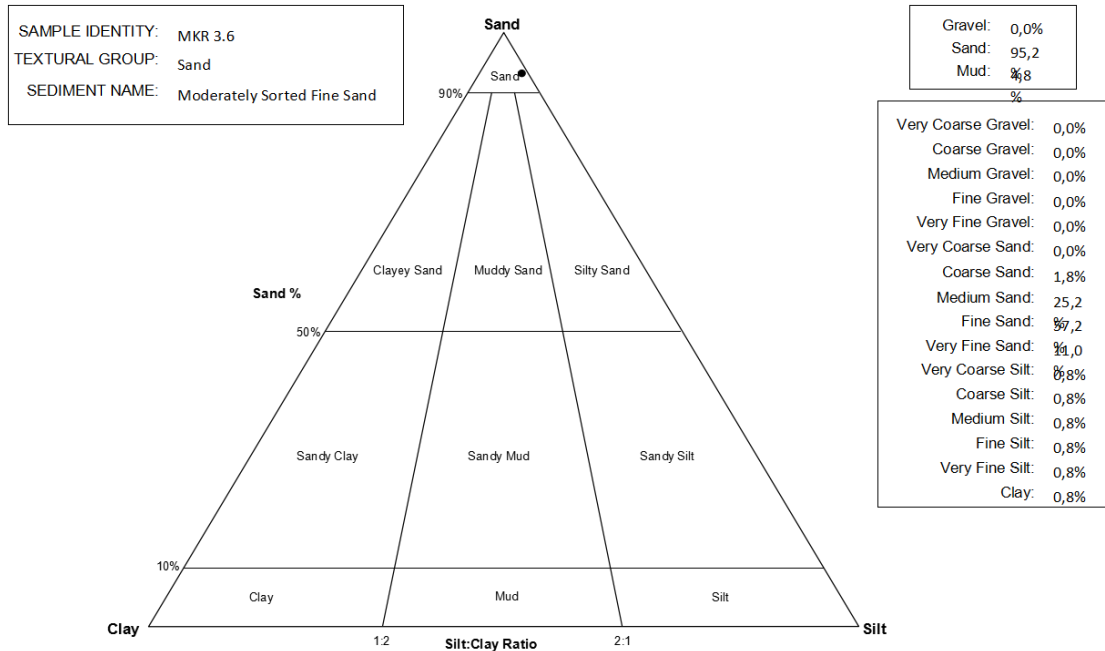


Single Sample Statistics

SIEVING ERROR: 0,4%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: MKR 3.6			ANALYST & DATE: , 16/7/2018			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 1,8%		
MODE 2:			SAND: 95,2%	MEDIUM SAND: 25,2%		
MODE 3:			MUD: 4,8%	FINE SAND: 57,2%		
D ₁₀ :	99,98	1,593		V FINE SAND: 11,0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	196,2	2,350	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,8%		
D ₉₀ :	331,5	3,322	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,8%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,316	2,086	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,8%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	231,5	1,729	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,8%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,819	1,443	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,8%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	116,5	0,863	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 0,8%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	213,6	171,6	2,543	194,8	2,360	Fine Sand
SORTING (σ):	111,5	2,234	1,160	1,628	0,703	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,079	-2,534	2,534	-0,137	0,137	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	12,62	10,77	10,77	1,216	1,216	Leptokurtic



Sand Silt Clay Diagram



Περιγραφή δείγματος: Άμμος

Μέτρια ταξινομημένη λεπτόκοκκη άμμος

Μονής κατανομής

ΔΕΙΓΜΑ MKR 4.2 (Τομή 2)

Single Sample Data Input

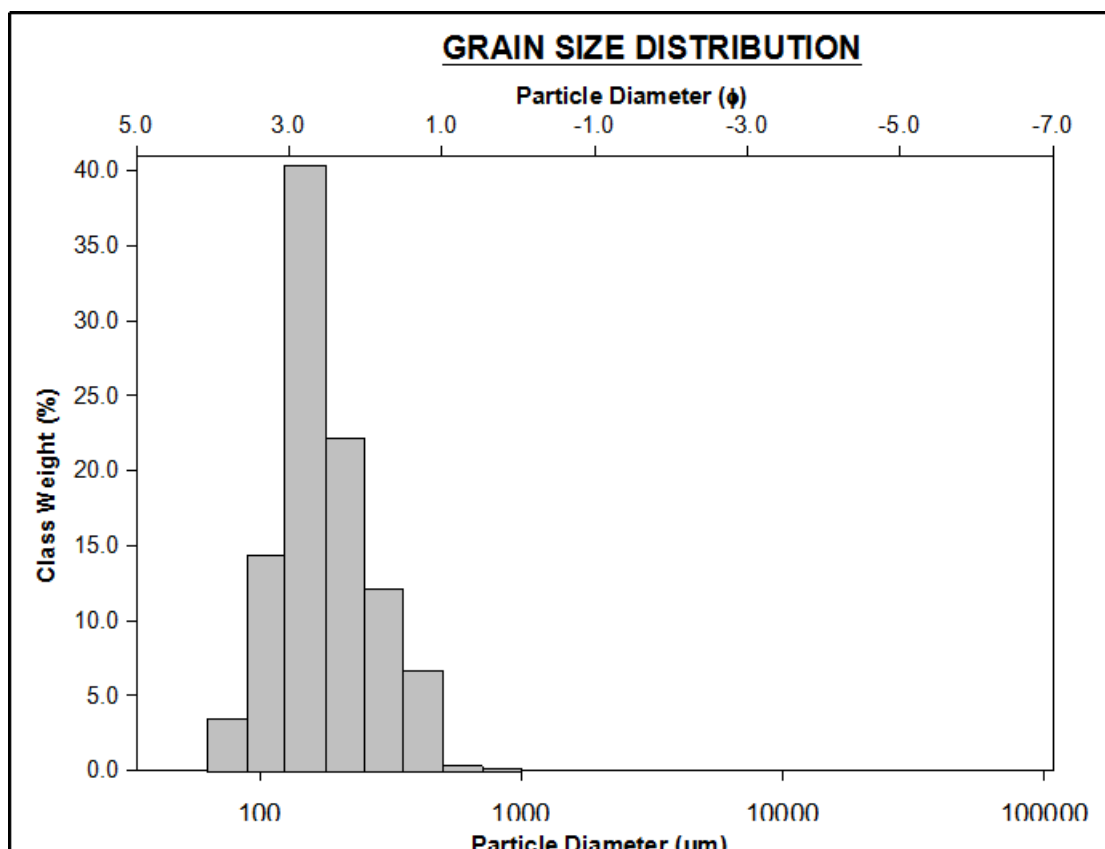
Sample Identity: **MKR 4.2**
 Analyst:
 Date: 27/10/19
 Initial Sample
 Weight: 84.25

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	
63000	
45000	
31500	
22400	
16000	
11200	
8000	
5600	
4000	
2800	
2000	
1400	
1000	
710	0.115
500	0.283
355	5.362
250	9.925
180	16.951
125	34.21
90	11.011
63	2.937
	1.66

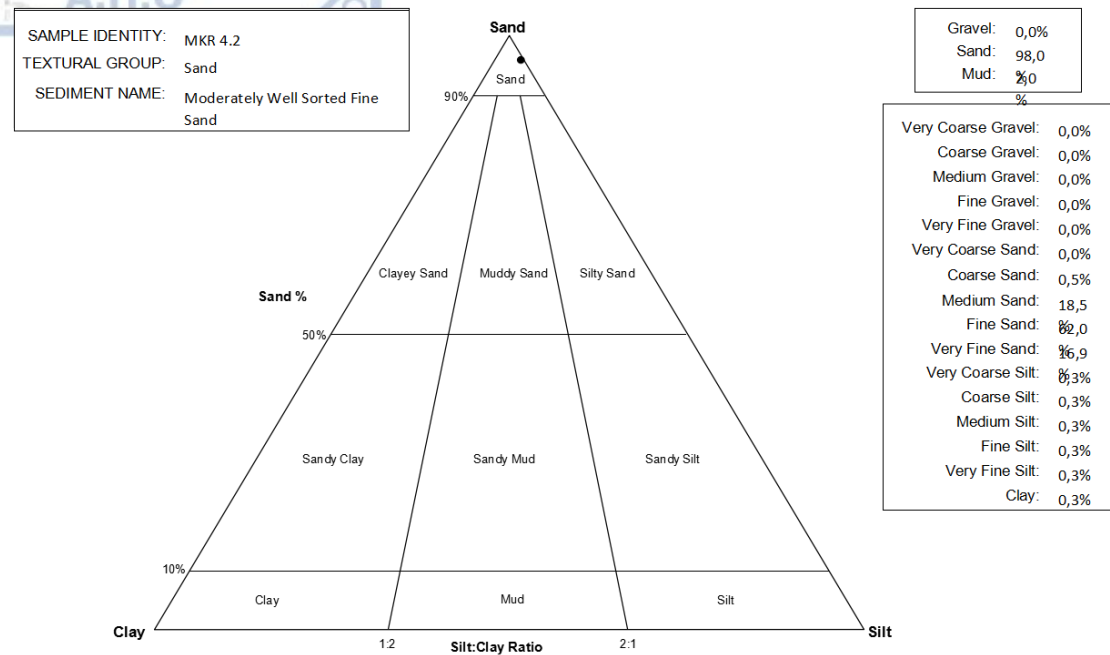


Single Sample Statistics

SIEVING ERROR: 2,2%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: MKR 4.2			ANALYST & DATE: , 27/10/19			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,5%		
MODE 2:			SAND: 98,0%	MEDIUM SAND: 18,5%		
MODE 3:			MUD: 2,0%	FINE SAND: 62,0%		
D ₁₀ :	100,3	1,621		V FINE SAND: 16,9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	164,2	2,606	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,3%		
D ₉₀ :	325,2	3,317	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,3%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,240	2,046	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,3%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	224,8	1,696	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,3%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,723	1,367	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,3%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	95,38	0,785	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 0,3%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	192,7	165,4	2,596	173,4	2,528	Fine Sand
SORTING (σ):	94,73	1,822	0,866	1,562	0,643	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,648	-2,342	2,342	0,166	-0,166	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7,585	14,21	14,21	1,155	1,155	Leptokurtic



Sand Silt Clay Diagram



Περιγραφή δείγματος: Άμμος

Μέτρια έως Καλά ταξινομημένη λεπτόκοκκη άμμος

Μονής κατανομής

Αναμνηστικές Φωτογραφίες

