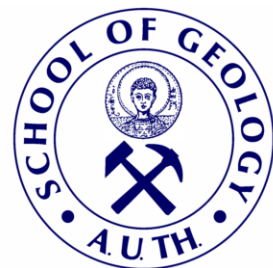




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΥΡΗΝΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ
ΘΕΣΗ ΤΟΥΜΠΑΣ ΠΑΡΑΔΗΜΗΣ, ΡΟΔΟΠΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων Καθηγητής
Βουβαλίδης Κωνσταντίνος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022



© Αλεξάνδρα Ζαχαροπούλου, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, 2022
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΥΡΗΝΑ ΓΕΩΡΤΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥΜΠΑΣ ΠΑΡΑΔΗΜΗΣ,
ΡΟΔΟΠΗ.

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.



Ευχαριστίες

Αρχικά, θερμές ευχαριστίες, θα ήθελα να δώσω στον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Βουβαλίδη Κωνσταντίνο, επιβλέπων καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Τμήμα Γεωλογίας του Α.Π.Θ., για την άψογη καθοδήγηση, τη πρόσφορα των γνώσεων του και τη γενικότερη βοήθεια του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη διδακτορική φοιτήτρια Δοάνη Σοφία για τη καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία σε όλη τη διάρκεια της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω, τους γονείς μου, την οικογένεια μου και τους φίλους μου για τη στήριξη τους σε κάθε βήμα της φοιτητικής μου ζωής.



Στη περιοχή της Κομοτηνής συναντάται η τούμπα της Παραδημής μια εδαφική έξαρση, η οποία αποτελεί μια από τις σημαντικότερες Νεολιθικές θέσεις κατοίκησης της Θράκης. Από το πρόγραμμα «MAPFARM: Χαρτογραφώντας τους πρώιμους γεωργούς της Θράκης» πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις στα κοντινά χωράφια της τούμπας, σε φυσικά ιζήματα χωρίς ανθρωπογενή επίδραση. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ιζηματολογική μελέτη μιας από αυτές τις γεωτρήσεις για το καθορισμό των περιβαλλοντολογικών συνθηκών που επικράτησαν μέχρι σήμερα. Οι ιζηματολογικές αναλύσεις λεπτόκοκκων και αδρόκοκκων, που πραγματοποιήθηκαν με την αυτοματοποιημένη συσκευή PARIO και τα κόσκινα αντίστοιχα, έδειξαν ότι στο μεγαλύτερο μέρος της γεώτρησης τα ιζήματα αποτελούνται από μεγάλα ποσοστά ιλύος, ακολουθώντας άμμου και τέλος αργίλου εκτός από ορισμένα στρώματα όπου το υψηλότερο ποσοστό ήταν αυτό της άμμου με αρκετά μικρά ποσοστά ιλύς και αργίλου. Από τα ποσοστά αυτά, τις ιζηματολογικές παραμέτρους και την ιστολογική ωριμότητα που υπολογίστηκαν, προσδιορίστηκαν τα περιβάλλοντα απόθεσης και οι φυσικές διεργασίες που διαμόρφωσαν την περιοχή από την κατοίκησή της έως σήμερα.

Abstract

The Paradimi tumba, that can be found in the area of Komotini is a tell consisting one of the most important Neolithic settlements of Thrace. The project "MAPFARM: Mapping the early farmers in Thrace" conducted drillings in the nearby tumba fields, in natural sediments without anthropogenic influence. The aim of this research is the sedimentological study of the core sample of one of these boreholes, in order to determine the environmental conditions that prevailed in the area until today. The sedimentological analysis of fine and coarse grains, carried out with the automated system PARIO and sieves respectively, showed that in the greater part of the borehole the sediments consist of large percentages of silt, followed by sand and finally clay; except from some layers that are sandy with fairly small percentages of silt and clay. The sedimentological parameters and the textural maturity were calculated in order to determine the depositional environments and processes, that affected the area since its initial habitation until today.



Ιζηματολογική μελέτη πυρήνα γεώτρησης στην αρχαιολογική θέση
Τούμπας Παραδημής, Ροδόπης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Abstract	4
1. Εισαγωγή – Σκοπός	6
2. Γενικά – Περιοχή Μελέτης	8
2.1. Τούμπα Παραδημής	8
2.2. Κλιματολογία	9
2.3. Γεωλογία	9
2.4. Τεκτονική	10
2.5. Υδρογραφικό δίκτυο	11
3. Μεθοδολογία	13
3.1. Γεωτρήσεις- Άνοιγμα πυρήνων και σχεδιασμός της στρωματογραφικής στήλης.....	13
3.2. Ιζηματολογικές αναλύσεις	17
3.2.1. Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων	17
3.2.2. Pario – Ιζηματολογική ανάλυση αργίλου-ιλύς	20
3.2.3. Κόσκινα – Ιζηματολογική ανάλυση άμμου	23
3.2.4. Υπολογισμός παραμέτρων.....	24
4. Αποτελέσματα	26
4.1. Ιζηματολογικές αναλύσεις	26
5. Συμπεράσματα	44
6. Βιβλιογραφία	46
7. Παράρτημα	47

1. Εισαγωγή – Σκοπός

Η τούμπα της Παραδημής είναι μια πλατιά και χαμηλή εδαφική έξαρση, η οποία αποτελεί Νεολιθικό οικισμό στην περιοχή της Κομοτηνής. Η τούμπα αυτή θεωρείται μια από τις σημαντικότερες νεολιθικές εγκαταστάσεις στην Θράκη, με σημαντική ποικιλία ευρημάτων που ανακαλύφθηκαν σε παλαιότερα ανασκαφές.

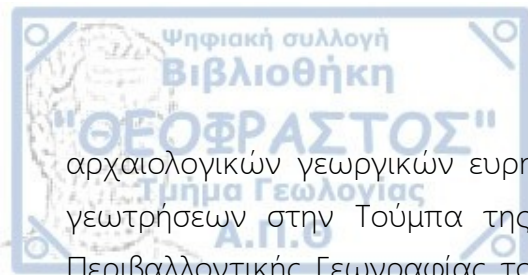
Οι τούμπες αποτελούν τεχνητές εδαφικές εξάρσεις, οι οποίες σχηματίστηκαν με το πέρασμα των χρόνων από διαδοχικές κατοικήσεις στο ίδιο σημείο. Συχνά οι οικισμοί οριοθετούνται από τείχη ή τάφρους, καθώς χαρακτηριστικό μιας τούμπας είναι ο διαχωρισμός του εξωτερικού με το εσωτερικό, όπου δεν παρατηρούνται καλλιεργήσιμες εκτάσεις και βοσκοτόπια αλλά και άλλοι χώροι όπως εργαστήρια, κοινοί χώροι και ιερά. Αυτό τους προσδίδει το χαρακτηριστικό απότομα λοφώδες σχήμα που παρατηρούνται στις μέρες μας.



Εικόνα 1: Τούμπα της Παραδημής

Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά ευρήματα που βρίσκονται σε τούμπες, να μελετηθεί και το περιβάλλον στο οποίο ζούσαν οι τότε κάτοικοι. Από τα χερσαία ιζήματα που έχουν αποτεθεί ανά τα χρόνια, μπορούν να προσδιοριστούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη τη περίοδο, καθώς και πόσο έχουν αλλάξει ή διατηρηθεί μέχρι σήμερα. Αυτό φυσικά προσφέρει μια ευρύτερη κατανόηση των συνθηκών ζωής των νεολιθικών ανθρώπων καθώς και για την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους.

Το ερευνητικό πρόγραμμα «MAPFARM: Χαρτογραφώντας τους πρώιμους γεωργούς της Θράκης» του Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, το οποίο έχει σκοπό την μελέτη

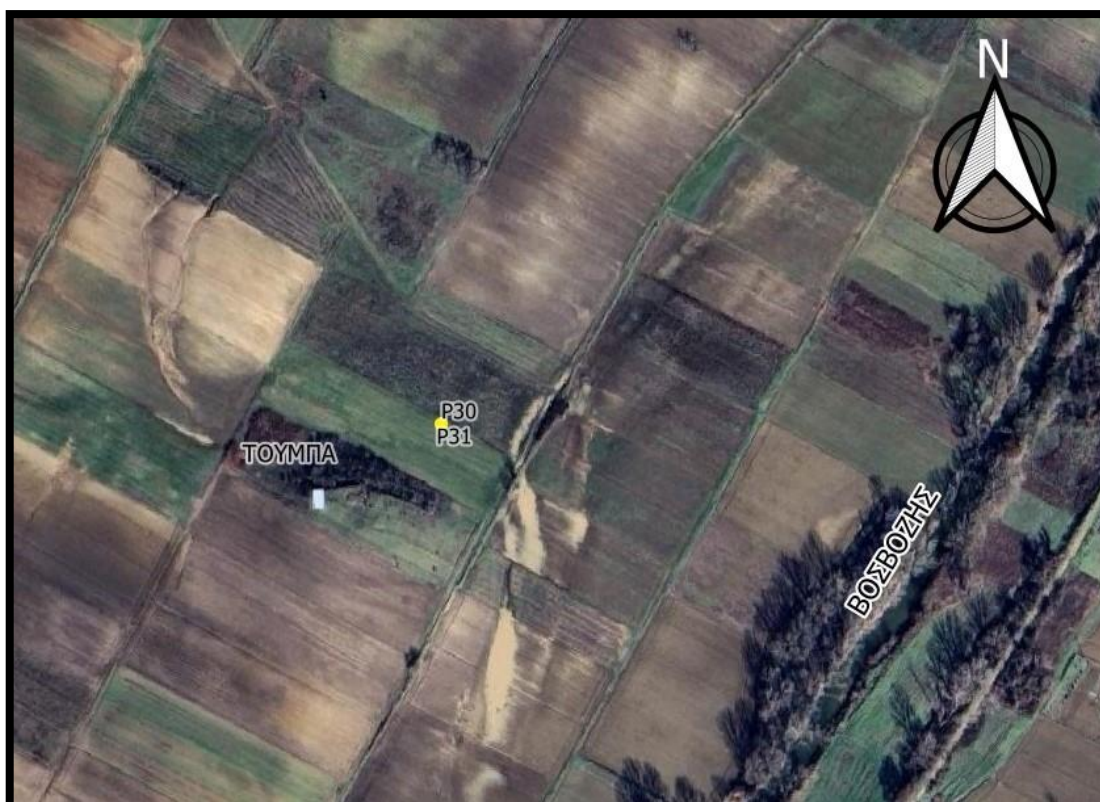


αρχαιολογικών γεωργικών ευρημάτων Νεολιθικής εποχής, πραγματοποίησε ένα αριθμός γεωτρήσεων στην Τούμπα της Παραδημής, σε συνεργασία με το Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε μια από τις γεωτρήσεις αυτές, η ΠΑΡ-3 που βρίσκεται στα βορειοανατολικά της τούμπας. Η γεώτρηση αυτή αποτελείται από πυρήνες φυσικών ιζημάτων χωρίς ανθρωπογενή επίδραση στα γειτονικά χωράφια της τούμπας και υποδεικνύουν τις περιβαλλοντικές συνθήκες στον οικισμό της Παραδημής. Στους πυρήνες πραγματοποιήθηκαν ιζηματολογικές αναλύσεις με σκοπό το προσδιορισμό των φυσικών διεργασιών και των περιβαλλόντων απόθεσης που έλαβαν χώρα σε αυτή τη περιοχή μέχρι σήμερα.

2. Γενικά – Περιοχή Μελέτης

2.1 Τούμπα Παραδημής

Ο οικισμός της Παραδημής ανήκει στο Νομό Ροδόπης και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Κομοτηνής. Η περιοχή έχει υψόμετρο στα 200m και βρίσκεται στα νοτιοδυτικά της πόλης της Κομοτηνής, 8km οδικώς. Η τούμπα της Παραδημής εντοπίζεται ανατολικά του ομώνυμου χωριού, σε απόσταση ενός χιλιομέτρου, ενώ είναι πιο εύκολα προσβάσιμη από το χωριό Μεσοχώρι, μέσω χωματόδρομου. Η έκταση από τα βόρεια προς νότια είναι 124m και ανατολικά προς δυτικά 179m, με το υψηλότερο σημείο να βρίσκεται στα 6m από το ύψος των χωραφιών. Η βόρεια πλαγιά της τούμπας είναι και η πιο απότομη, στα ανατολικά και δυτικά έχει σχετικά μικρή κλίση ενώ εκτείνεται προς τα χωράφια στα νότια. Στα ανατολικά της τούμπας ρέει ο ποταμός Βοσβόζης.



Εικόνα 2: Τούμπα Παραδημής, στα βορειοανατολικά φαίνονται οι θέσεις της γεώτρησης ΠΑΡ-3 (P30 και P31) και στα ανατολικά ρέει ο ποταμός Βοσβόζης (εικόνα Google Satellite επεξεργασμένη στο Qgis).

Πιστεύεται ότι η τούμπα περιβάλλονταν από τοίχος στο μεγαλύτερο μέρος της ενώ ήταν ανοιχτή από τη πλευρά του ποταμού, ο οποίος πιθανότατα να έρεε κοντύτερα της τούμπας στα ανατολικά. Οι άνθρωποι εκείνης της εποχής αξιοποιούσαν το πηλώδες έδαφος της περιοχής για τη κατασκευή των σπιτιών τους, σε τοίχους και πατώματα αλλά και για κεραμικά αγγεία για καθημερινή τους χρήση.

Το κλίμα της περιοχής της Κομοτηνής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με τις πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές να θεωρείται ύφυγρο και προχωρώντας προς τα βόρεια μετατρέπεται σε ηπειρωτικό. Η ξηρή περίοδος τους καλοκαιρινούς μήνες είναι διακριτή σε σχέση με τους χειμερινούς, όπου μπορούν να παρατηρηθούν μέχρι και τριπλάσια μεγέθη βροχοπτώσεων στον βροχερότερο μήνα σε σχέση με τον ξηρότερο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει περίπου το ύψος των 665mm ενώ ο μέσος αριθμός χιονοσκεπών ημερών είναι 1,5 ημέρα και οι μέρες ολικού παγετού 1,39. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15 °C, ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 1,4°C ενώ ο θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση μέγιστη θερμοκρασία 30,5°C. Στην περιοχή επικρατούν κυρίως Βορειοανατολικοί άνεμοι με συχνότητα περίπου 25% ακολουθούν οι Νοτιοδυτικοί 19% και Βόρειοι και Νότιοι με συχνότητα 8%.

2.3 Γεωλογία

Η περιοχή της Παραδημής ανήκει στην γεωτεκτονική ζώνη Μάζα της Ροδόπης. Η μάζα της Ροδόπης εκτείνεται, ανατολικά προς δυτικά, από τη Θράκη και τον ορεινό όγκο της Ροδόπης ως την ανατολική Μακεδονία και το ποταμό Στρυμόνα, και βόρεια προς νότια, από τη νότια Βουλγαρία (ομώνυμη οροσειρά Ρίλας) ως τις ακτές της ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, περιλαμβανομένης και της νήσου της Θάσου. Η ζώνη συνίσταται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα, καθώς και ορισμένα νεότερα ιζηματογενή πετρώματα.

Στα ελληνικά όρια της μάζας της Ροδόπης, η ζώνη έχει διαχωριστεί σε δύο τεκτονικές ενότητες, τη βόρεια «Ενότητα του Σιδηρόνερου» και τη νοτιοδυτική «Ενότητα του Παγγαίου», με παλαιότερη την «ενότητα του Σιδηρόνερου» παρόλο που είναι τεκτονικά ανώτερη. Η «Ενότητα του Σιδηρόνερου» συγκροτείται από ορθογνεύσιους, αμφιβολίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, μάρμαρα και μιγματίτες. Η «Ενότητα του Παγγαίου» αποτελείται από ένα κατώτερο ορίζονται με ορθογνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, έναν μεσαίο με μάρμαρα μεγάλου πάχους και έναν ανώτερο με εναλλαγές σχιστόλιθων – μαρμάρων. Η περιοχή μελέτης τοποθετείται επιφανειακά στα μεταλπικά ιζήματα της ενότητας του Παγγαίου.

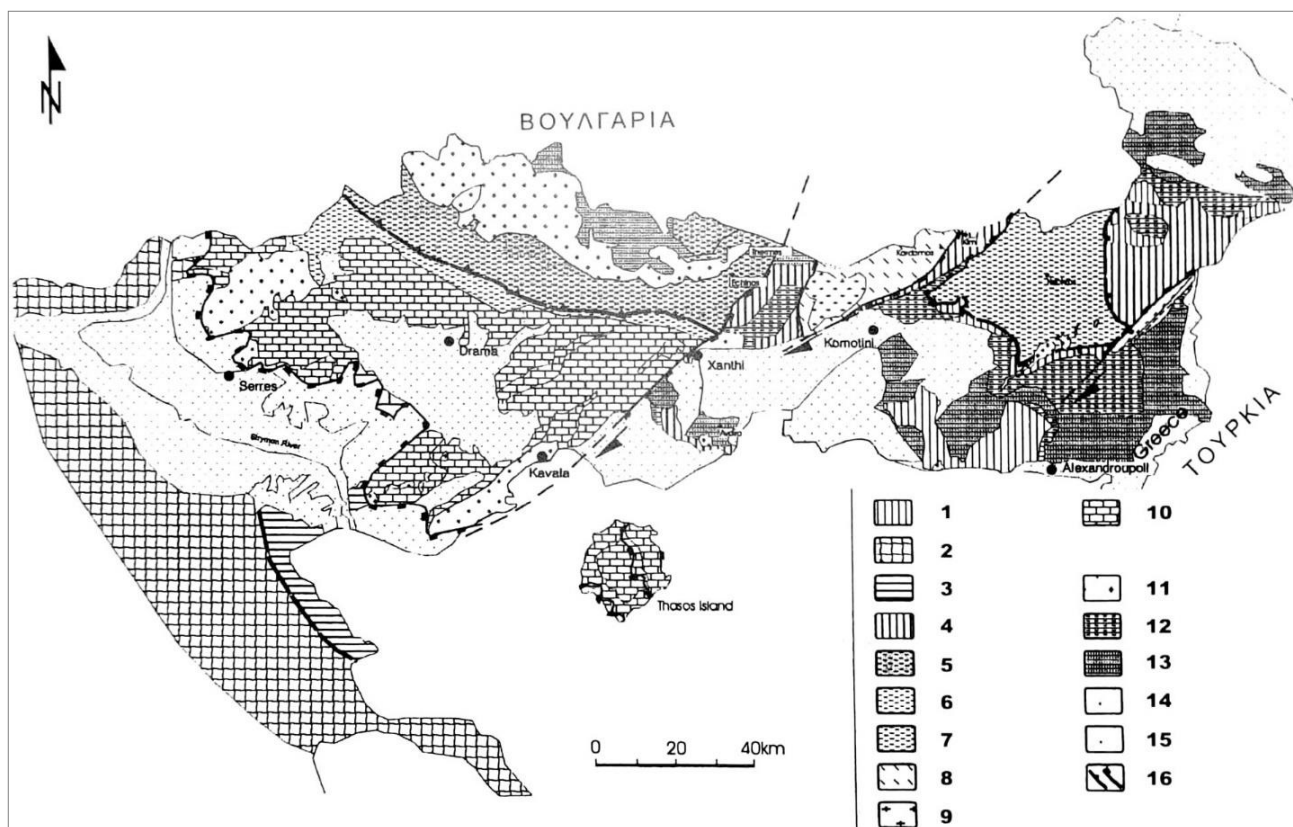
Συγκεκριμένα σύμφωνα με το χάρτη του Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού) όπως φαίνεται στο Σχήμα 3., η ιζηματολογία στη τούμπα της Παραδημής είναι Ολοκαινικής περιόδου χερσαίες αποθέσεις, αλλουβιακές και ποτάμιες στις πεδινές περιοχές και πλευρικά

κορήματα στις παρυφές ορεινών όγκων. Το πάχος αυτού του στρώματος δεν υπερβαίνει τα 100m και συγκροτείται από υλικά όπως χάλικες, άμμοι, ιλύς και χαλαρά κροκαλοπαγή.

2.4 Τεκτονική εξέλιξη

Η μάζα της Ροδόπης, γεωτεκτονικά, έχει καθαρά ηπειρωτικής προέλευσης. Σύμφωνα με τις δύο επικρατέστερες θεωρίες για το σχηματισμό της, προέρχεται είτε από μέρος της πλάκας της Ευρασίας, είτε από Κιμμερικά ηπειρωτικά τεμάχια που αποχωρίστηκαν από τη πλάκα της Γκοντβάνας με κίνηση προς τα βορειοανατολικά και ενσωμάτωση τους στην Ευρασία.

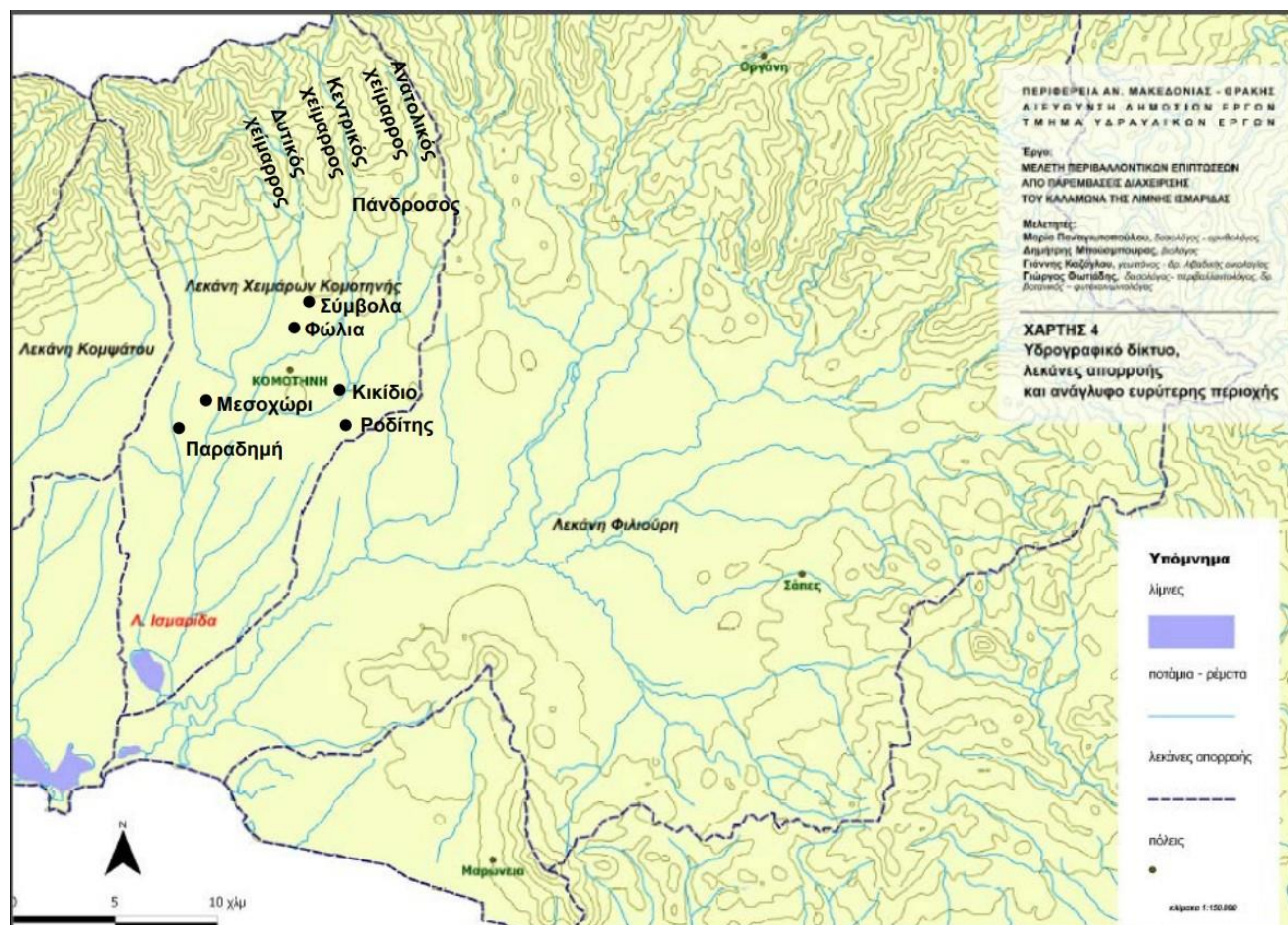
Όπως προαναφέρθηκε η ενότητα του Σιδηρόνερου εφίππευε αυτή του Παγγαίου και πραγματοποιείται σε τρεις φάσεις πτυχώσεων λόγω της συμπίεστικής τεκτονικής που έλαβε χώρα κατά τη ηπειρωτική σύγκρουσης της Απουλίας μικροπλάκας με την Ευρασιατική. Τη συμπίεση ακολούθησε εφελκυσμός που είχε ως αποτέλεσμα να σχηματιστούν μικρής γωνίας κλίσης κανονικά ρήγματα και να καταρρεύσουν τα τεκτονικά καλύμματα λόγω διατμητικών κινήσεων, αποκαλύπτοντας έτσι την ενότητα του Παγγαίου (τεκτονικό παράθυρο).



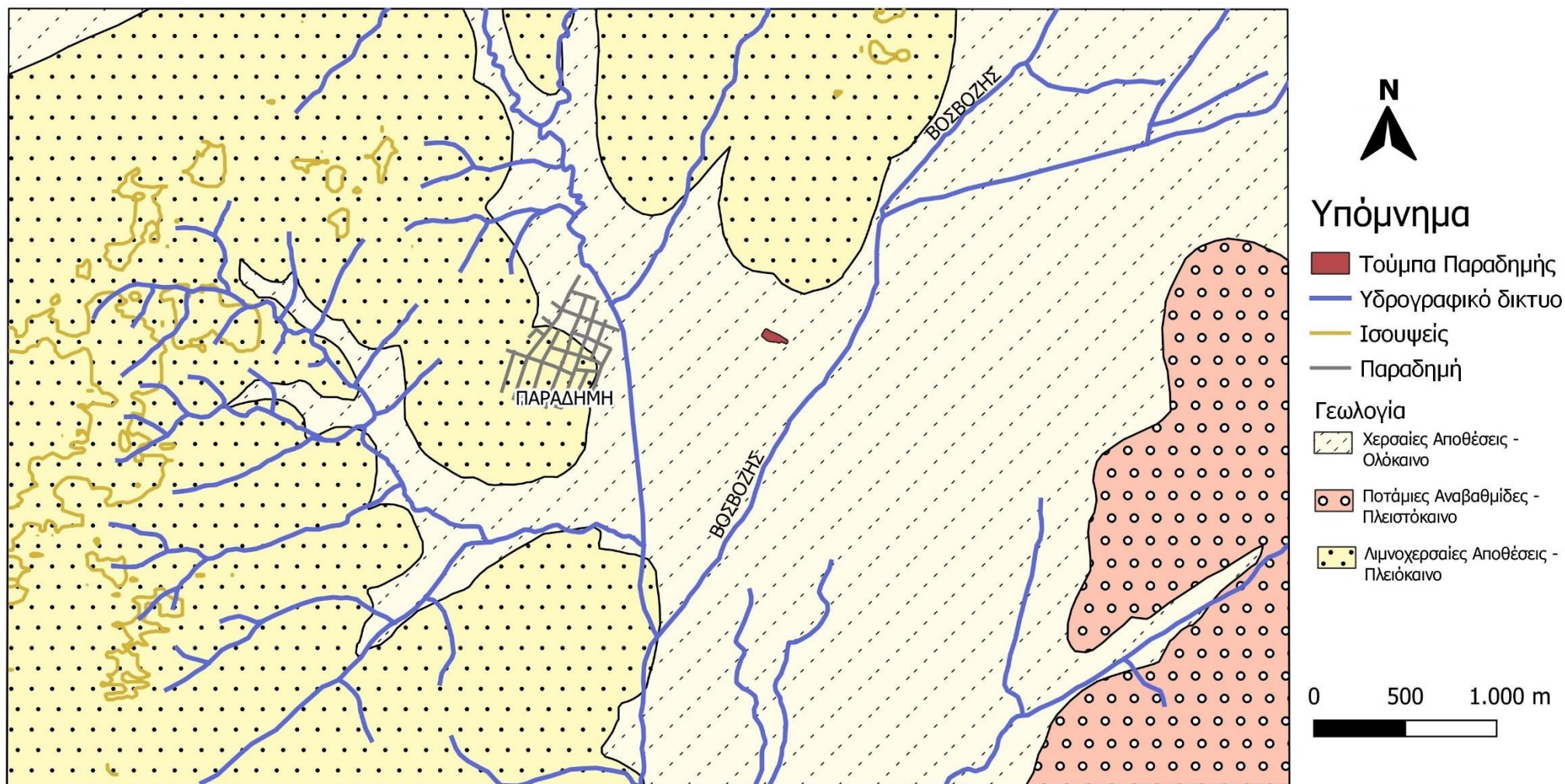
Σχήμα 1: Χάρτης με τις επιμέρους μικρότερες ενότητες πετρωμάτων της Ροδόπης (Κατά Μποςκος & Krohe 2000). 1: Σχηματισμοί της Περιροδοπικής ζώνης στην περιοχή Αλεξανδρούπολης – Έβρου, 2 και 3: Ενότητες Βερτίσκου και Κερδυλλίων της Σερβομακεδονικής Μάζας, 4: Ενότητα Κίμης, 5 και 6: κυρίως Ενότητα Σιδηρόνερου, 7: Ενότητα Κέχρου, 8: Ενότητα Καρδάμου, 9: Συμπτυχωμένα πυριγενή πετρώματα στην Ενότητα Καρδάμου, 10: Ενότητα Παγγαίου, 11: Γρανίτες 38-23Μα, 12 και 13: Μολασσικά ιζήματα Ανώτερου – Ηώκαινου – Ολιγόκαινου, 14: Μειοκαινικά ιζήματα, 15: Ιζήματα Πλειο-Πλειστοκαινου, 16: Μεγάλες ρηξιγενείς γραμμές (συμπίεστικές - εφελκύστικες) (από Μουντράκη, 2010)

2.5 Υδρογραφικό δίκτυο

Όπως προαναφέρθηκε, ανατολικά της τούμπας της Παραδημής ρέει ο ποταμός Βοσβόζης, ή αλλιώς γνωστός και ως Μπόσμπος ή Μπουκλουζάς ή Πος-Πος. Ο προσανατολισμός της κοίτης του ποταμού είναι νοτιοδυτικός και εκβάλει στη λίμνη Ισμαρίδα μετά από πορεία περίπου 13km. Ο ποταμός έχει ευθυγραμμιστεί και εγκλιωτιστεί στο πεδινό τμήμα της κοίτης του. Ανήκει στη λεκάνη απορροής σύστημα χειμάρρων της Κομοτηνής, με τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του να είναι 366km². Εκτός από τα ύδατα της δικής του υδρολογικής λεκάνης (δυτικός χείμαρρος Χιονόρεμα) έχουν εκτραπεί και χύνονται σε αυτόν και τα ύδατα των ορεινών χειμάρρων, της Καρυδιάς (κεντρικός) και του Κάλχα (ανατολικός). Οι τρεις αυτοί χείμαρροι αποτελούν έτσι το χειμαρρώδες σύστημα της Κομοτηνής και ενώνονται τεχνητά στο ύψος των οικισμών της Παραδημής και του Μεσοχωρίου.



Σχήμα 2: Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής, (Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από Παρεμβάσεις Διαχείρισης του Καλαμιώνα της Λίμνης Ισμαρίδας, από τον Φορέα Διαχείρισης Δέλτα Νέστου – Βιστωνίδας – Ισμαρίδας, τροποποιημένο από ΚΑΡΑΔΗΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ, (2016)).



Σχήμα 3: Γεωλογία και υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, βασισμένο σε χάρτη του Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού) 1:50.000 (φύλλο Μύτικα – Κομοτηνής) και επεξεργασμένο στο Qgis. Φαίνονται τα τρία μεταλλικά στρώματα, με παλαιότερο στα νότιο-ανατολικά τις Πλειοκαινικές λιμνοχερσαίες αποθέσεις, ακολουθούν στα βόρειο-δυτικά οι Πλειστοκαινικές ποτάμιας αναβαθμίδες και στα κεντρικά (και στη περιοχή της Τούμπας) αποτελούνται από Ολοκαινικές χερσαίες αποθέσεις.

3. Μεθοδολογία

Η γεώτρηση που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, συλλέχθηκε από το πρόγραμμα «MAPFARM: Χαρτογραφώντας τους πρώιμους γεωργούς της Θράκης» με σκοπό τη ιζηματολογική ανάλυση των υλικών των πύρινων της. Όπως περιγράφεται αναλυτικά και παρακάτω οι πυρήνες αρχικά ανοίχθηκαν και σχολιάστηκαν ως μια πρώτη εκτίμηση της στρωματογραφικής στήλης και στη συνέχεια έγινε η δειγματοληψία και η προετοιμασία των δειγμάτων για τις αναλύσεις. Τέλος οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι πρώτα η ιζηματολογική ανάλυση λεπτόκοκκων και αφού τα ιζήματα περάστηκαν από υγρά κόσκινα έγινε και η ιζηματολογική ανάλυση χονδροκοκκων.

3.1. Γεωτρήσεις - Άνοιγμα πυρήνων και σχεδιασμός της στρωματογραφικής στήλης

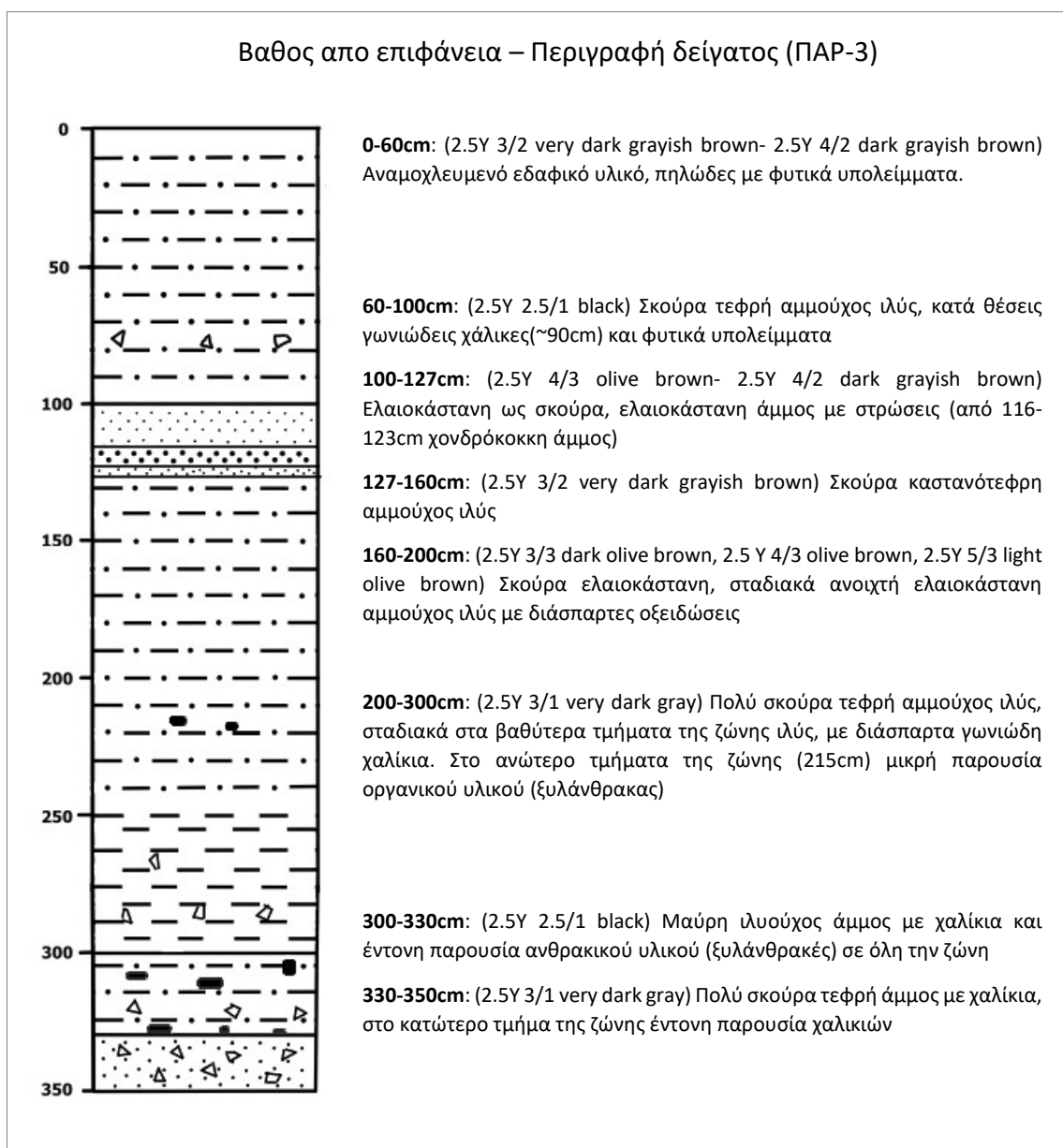
Κοπή και άνοιγμα γεωτρήσεων

Αρχικά οι γεωτρήσεις κοπήκαν με ηλεκτρικό τροχιστή αφού πρώτα σημειώθηκαν παράλληλα σημάδια με μαρκαδόρο στις δυο πλευρές της γεώτρησης για να κοπεί οριζόντια. Πρώτα κοπήκαν τα καπάκια εφόσον έχουν μεγαλύτερο πάχος και στη συνέχεια ακολουθώντας τα σημάδια τροχίστηκε κατά μήκος η γεώτρηση και από τις δύο μεριές. Κατά το τροχισμό χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρική σκούπα ώστε να τραβήξει τα τρήματα για να μην μολύνουν τη γεώτρηση με ξένα υλικά που μπορεί να επηρεάσουν την αξιοπιστία των αναλύσεων που θα πραγματοποιηθούν στην συνέχεια. Για τον αντίστοιχο λόγο η τρόχιση δεν έγινε σε απόλυτο βάθος αλλά χρησιμοποιήθηκε κοπίδι για να διαχωριστούν τελείως τα δύο μέρη. Στην συνέχεια προσεκτικά με μια σπάτουλα χωρίστηκε το υλικό, ώστε να ανοίξει η γεώτρηση σε δύο ίσα σε υλικό μέρη και να μην υπάρξουν απώλειες. Ακόμα, καθαρίζεται προσεκτικά από τυχών κορήματα ή πριονίδια που μπορεί να έπεσαν μέσα στο υλικό κατά τη κοπή. Για να έχουμε αντιπροσωπευτική εικόνα των πυρήνων και στο μέλλον, αμέσως μετά το άνοιγμα των γεωτρήσεων γίνεται η φωτογράφησή τους, όσο ακόμα διατηρούν την υγρασία τους.

Χρωματική ανάλυση και σχεδιασμός στρωματογραφική στήλης.

Η χρωματική ανάλυση πραγματοποιείται επίσης αμέσως μετά το άνοιγμα της γεώτρησης ώστε να διατηρεί υγρασία, αφού με τη ξήρανσή της θα μεταβληθεί και το χρώμα. Η χρωματική ανάλυση έγινε με βάση το χρωματικό οδηγό για εδάφη Munsell για τη ακριβή περιγραφή των χρωμάτων. Ταυτόχρονα με τη χρωματική ανάλυση

σχεδιάζονταν και η στρωματογραφική στήλη που συνθέτει τη γεώτρηση. Γίνεται ένας πρόχειρος προσδιορισμός της κοκκομετρίας εφόσον θα αναλυθεί και αργότερα με ιζηματολογικές αναλύσεις, καταγράφεται το βάθος πάνω στη στήλη και συμβολίζεται ανάλογα. Εκτός από τους ορίζοντες όπου μεταβάλλεται η κοκκομετρία, σχεδιάστηκαν επίσης και άλλα στοιχεία που παρατηρηθήκαν σε ορισμένους πυρήνες όπως χαλίκια, κεραμικά και ξυλάνθρακες - κομμάτια άνθρακα. Στη στρωματογραφική στήλη καταγράφονται και οι χρωματικές μεταβολές που υπολογίστηκαν με τη χρωματική ανάλυση για κάθε στρωματογραφικό ορίζοντα, αλλά και σε περιοχές στον ίδιο ορίζοντα όπου μπορεί να παρατηρηθεί μεταβολή του χρώματος.



Σχήμα 4: Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης ΠΑΡ-3, περιγραφή κοκκομετρίας, ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε στρώματος και της εναλλαγής των χρωμάτων



Εικόνα 3 και 4: Στη πάνω εικόνα (3) φαίνεται η κοπή του σωλήνα της γεώτρησης με ηλεκτρικό τροχιστή συνδεδεμένο σε ηλεκτρική σκούπα για να μαζεύει τα κορήματα από το τροχιστή. Στη συνέχεια η γεώτρηση κόβεται με κοπίδι (κάτω εικόνα(4)) για να ανοίξει ομοιόμορφα στις δύο μεριές.

Δειγματοληψία για χρονολογήσεις

Εφόσον έχουν παρθεί φωτογραφίες του πυρήνα και έχει ολοκληρωθεί η στρωματογραφική περιγραφή μπορεί να ξεκινήσει η δειγματοληψία. Αρχικά, και σχετικά άμεσα μετά το άνοιγμα των γεωτρήσεων να μην υποστούν αλλοίωση, πραγματοποιείται η δειγματοληψία για τη ραδιοχρονολόγηση του οργανικού υλικού, που έχει μετατραπεί σε ξυλάνθρακα με το πέρασμα του χρόνου. Τα μεγαλύτερα δείγματα που εγγυούνται αποτελέσματα χρονολόγησης, κόβονται προσεκτικά με σπάτουλα και τοποθετούνται σε σακουλάκια όπου έχει καταγραφεί πάνω το βάθος του κάθε δείγματος. Αφού στεγνώσουν από τη περιεχόμενη υγρασία τους, τα δείγματα στέλνονται σε εξειδικευμένα εργαστήρια για τη χρονολόγησή τους, με τη μέθοδο του άνθρακα 14, ^{14}C .



Εικόνα 5: Δειγματοληψία ξυλάνθρακα με σπάτουλα.

3.2. Ιζηματολογικές αναλύσεις

3.2.1. Δειγματοληψία και προετοιμασία δειγμάτων

Δειγματοληψία για ιζηματολογικές αναλύσεις

Τα δείγματα που πάρθηκαν από τους πυρήνες της γεώτρησης ήταν συνολικά 10, το καθένα 4 με 5 cm βάθους από το ένα διχοτομημένο τμήμα της γεώτρησης. Ο καθορισμός τους έγινε με βάση τη μεταβολή της κοκκομετρίας τους καθώς και ανά τακτά διαστήματα όπου η κοκκομετρία ήταν φαινομενικά όμοια. Για κάθε δείγμα καταγράφονταν το βάθος του, κόβονταν προσεκτικά στα προκαθορισμένα εκατοστά και τοποθετούνταν σε πλαστικά σακουλάκια ονομασμένα με το βάθος κάθε δείγματος. Στη συνέχεια τα δείγματα πρέπει να ξηραθούν σε ειδικό φούρνο στους 50-60 °C, για να χάσουν τη υγρασία τους και να μετρηθεί το καθαρό βάρος τους. Τα δείγματα μένουν εκεί για μερικές ημέρες και πριν ξεκινήσουν οι αναλύσεις τοποθετούνται σε αφυγραντήρα (γυάλινος που κλείνει αεροστεγώς και περιέχει silicone gel) όπου μένουν μερικές ώρες ακόμα.



Εικόνες 6: Συλλογή των δειγμάτων για τις ιζηματολογικές αναλύσεις και καταγραφή του βάθους του κάθε δείγματος.

Προετοιμασία δειγμάτων πριν τις ιζηματολογικές αναλύσεις.

Μετά την ξήρανσή τους τα δείγματα έχουν πάρει μια πιο στερεή μορφή, οπότε για να γίνουν οι κοκκομετρικές αναλύσεις είναι απαραίτητο να διασπαστούν τα συσσωματώματα και να αποτελούνται μόνο από τους κόκκους τους. Αυτό γίνεται με τη χρήση γουδιού, με προσοχή ώστε να μην διασπαστούν οι κόκκοι σε μικρότερο μέγεθος από το πραγματικό. Εφόσον ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία μετρίεται το βάρος του δείγματος. Σε ζυγαριά υψηλής ακριβείας αρχικά μετρίεται το βάρος του εργαστηριακού ποτηριού άδειο, μηδενίζεται η ζυγαριά και τοποθετείται πάνω το ποτήρι με το δείγμα. Στη συνέχεια για να καταστραφούν τα οργανικά υλικά και να μην επηρεάσουν τις κοκκομετρικές αναλύσεις προσθέτουμε perhydrol στα ποτήρια με το δείγμα. Το perhydrol (ή hydrogen peroxide – υπεροξείδιο του υδρογόνου - H_2O_2) όταν έρχεται σε επαφή με τα οργανικά υλικά του δείγματος αναπτύσσει θερμοκρασία και τα καίει. Για να συνεχίσουν οι αναλύσεις χρειάζεται να εξατμιστεί ολοκληρωτικά το perhydrol, έτσι αφήνεται για μια μέρα να δράσει, αφού η διαδικασία απαιτεί ώρα.



Εικόνα 7 και 8: Αριστερά (7) φαίνεται γυάλινος αφυγραντήρας που κλείνει αεροστεγώς με τα δείγματα μετά την ξήρανσή τους στο φούρνο. Δεξιά (8) απεικονίζεται η χρήση γουδιού για τη διάσπαση των συσσωματωμάτων αφού βγουν από τον αφυγραντήρα.



Εικόνα 9: Τα δείγματα τοποθετούνται σε ασφαλή χώρο για να μπει το perhydrol και να καταστραφούν τα οργανικά υλικά.

Μετά την εξάτμιση του perhydrol ξεκινάει η μεμονωμένη ανάλυση του κάθε δείγματος, αφού πρώτα τοποθετηθούν στον αφυγραντήρα ώστε να προστατευτούν από την υγρασία του χώρου. Αρχικά πραγματοποιήθηκε η ιζηματολογική ανάλυση των λεπτοκόκκων με την αυτοματοποιημένη συσκευή Pario, ακολούθησε ο διαχωρισμός των αμμωδών κόκκων με τη μέθοδο των υγρών κόσκινων ώστε οι κόκκοι της άμμου να περαστούν από κόσκινα για την ανάλυση των αδρόκοκκων υλικών. Οι διαδικασίες περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

3.2.2. Pario – Ιζηματολογική ανάλυση αργίλου-ιλύς

Pario – Ιζηματολογική ανάλυση λεπτόκοκκων

Η ιζηματολογική ανάλυση λεπτόκοκκων πραγματοποιήθηκε με το αυτοματοποιημένο σύστημα Pario. Το Pario είναι μια συσκευή η οποία μετράει, με βάση τη μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας, την διάμετρο των κόκκων που καθιζάνουν στο νερό για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Η κοκκομετρική ανάλυση υπολογίζει τα κλάσματα ιλύς με τη μέθοδο της καθίζηση ενώ τα κλάσματα της αργίλου αφαιρώντας τα κλάσματα της ιλύς και αυτά της άμμου, τα οποία υπολογίζονται ανεξάρτητα με τη μέθοδο των κοσκίνων.

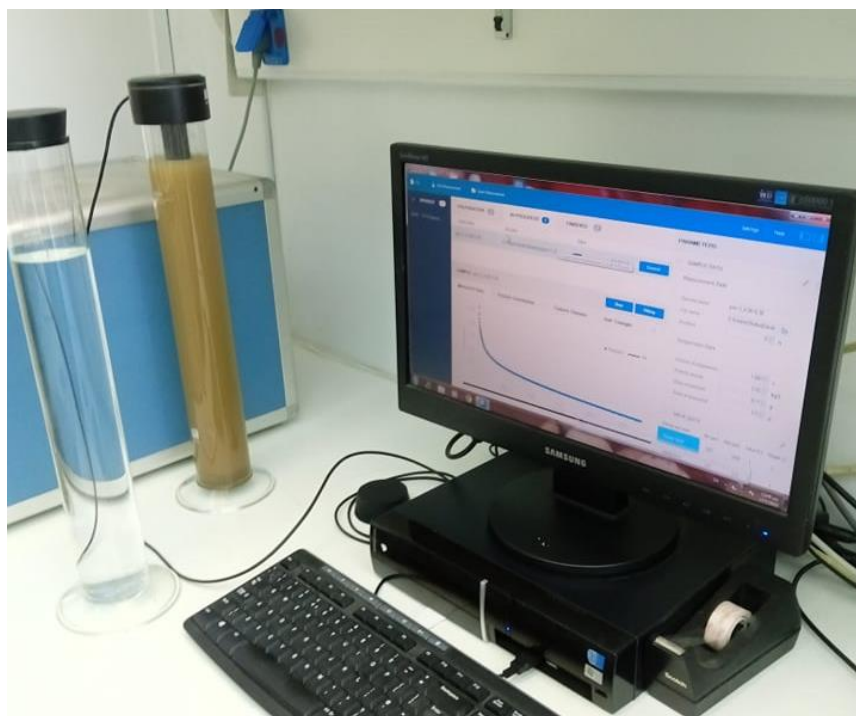


Εικόνα 10: Κύλινδροι καθίζησης και συσκευή PARIO (αριστερά)

Το συνολικό σύστημα Pario αποτελείται από μια συσκευή Pario, η οποία είναι υπεύθυνη για τις κοκκομετρικές αναλύσεις, δυο κύλινδροι καθίζησης και δύο πώματα για τους κυλίνδρους. Η καταγραφή των αποτελεσμάτων γίνεται με σύνδεση της συσκευής σε υπολογιστή όπου έχει εγκατασταθεί το πρόγραμμα PARIO Control Software, που ελέγχει και καταγράφει τη διαδικασία. Η συσκευή Pario αποτελείται από έναν αισθητήρα πίεσης και έναν θερμοκρασίας στην άκρη του άξονα, που βυθίζεται στον κύλινδρο καθίζησης, ενώ στη κορυφή είναι συνδεδεμένος με τη κεφαλή μέτρησης. Οι μετρήσεις της πίεσης και της θερμοκρασίας γίνονται ανά 10'', επεξεργάζονται στη κεφαλή μέτρησης και μέσω καλωδίου USB καταγράφονται στον υπολογιστή.

Από τα δείγματα που συλλέχθηκαν, ορισμένα των οποίων η κοκκομετρία ήταν εμφανώς αμμώδης, δεν διεξάχθηκε η ανάλυση λεπτοκόκκων με το Pario αλλά μόνο η κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο των κοσκίνων.

Πριν τη έναρξη της διαδικασίας, στο ποτήρι με το δείγμα προστίθενται 20ml Calgon (με περιεκτικότητα σε απιονισμένο νερό 16gr/L) και 20ml απιονισμένο νερό. Το Calgon είναι διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου και έχει τη ικανότητα να διαχωρίζει τα συσσωματώματα των κόκκων που έχουν δημιουργηθεί μετά την αποξήρανσή του δείγματος. Μετά από καλό ανακάτεμα το υγρό, πλέον διάλυμα, χύνεται στον ένα από τους κύλινδρους καθίζησης προσεκτικά ώστε να μη μείνουν κόκκοι στο ποτήρι και έπειτα προστίθεται νερό μέχρι να φτάσει στα 1000ml στο κύλινδρο.



Εικόνα 11: Ιζηματολογική ανάλυση των λεπτοκόκκων με το Pario. Στην εικόνα φαίνεται ο κύλινδρος και η συσκευή Pario συνδεδεμένη με τον υπολογιστή, όπου καταγράφονται οι μετρήσεις της συσκευής.

Στο πρόγραμμα Pario Control, που έχει εγκατασταθεί στον συνδεδεμένο υπολογιστή, ξεκινώντας μια καινούργια μέτρηση συμπληρώνονται τα παρακάτω στοιχεία :
Sample name (όνομα δείγματος)-πχ par-3_0,26-0,30, duration (διάρκεια)-6h, volume of suspension (όγκος εναιωρημάτων)-1L, particle density (πυκνότητα σωματιδίων) - 2,65kg/L, mass of particles (μάζα σωματιδίων -αρχικό βάρος) - πχ 35,65gr, mass of dispersant (μάζα διασκορπισμού) - 0,3gr. Εκτός από αυτά τα στοιχεία πρέπει να καταγραφούν και τα αποτελέσματα της κοκκομετρίας των κοσκίνων (άμμος) για να

πάρουμε έγκυρα αποτελέσματα στα ποσοστά αργίλου-ιλύς, τα οποία θα συμπληρωθούν με την ολοκλήρωση των εργασιών.

Αφού προστέθηκαν τα στοιχεία του δείγματος μπορεί να ξεκινήσει η ανάλυση. Έχοντας πρώτα κλείσει τον κύλινδρο με το πώμα, τον ανακινούμε καλά για ένα λεπτό και ως ότου να μην έχουν μείνει κόκκοι στο πάτο. Μόλις τελειώσει ο χρόνος, η συσκευή Pario μετακινείται, από τον αρχικό κύλινδρο όπου είναι τοποθετημένο μέσα σε νερό, σε αυτόν με το δείγμα που ανακινήσαμε. Η συσκευή άμεσα ξεκινάει τις μετρήσεις, που σημαίνει ότι από αυτό το σημείο και μέχρι το τέλος της διαδικασίας δεν πρέπει να διαταραχθεί ο κύλινδρος ή το Pario, καθώς επίσης είναι σημαντικό οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας στο εργαστήριο να διατηρούνται όσο το δυνατόν πιο σταθερές.

Υγρά κόσκινα

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία και τα αποτελέσματα φαίνονται αξιόλογα, ακολουθεί ο διαχωρισμός των κόκκων της άμμου από αυτούς της ιλύ και αργίλου με τη μέθοδο των υγρών κοσκίνων. Στη μέθοδο αυτή, το υγρό δείγμα από τον κύλινδρο που μόλις αναλύσαμε χύνεται προσεκτικά σε κόσκινο μεγέθους 4Φ (0,062 mm), στο όριο δηλαδή μεταξύ άμμου και ιλύς κατά τη κλίμακα Wentworth, έτσι ώστε να μείνει μόνο άμμος στο κόσκινο. Όταν ο κύλινδρος έχει πλήρως αδειάσει, το κόσκινο με τη άμμο ξεπλένεται ώστε να μείνει μόνο η άμμος και να απομακρυνθούν και τα τελευταία υπολείμματα ιλύς και αργίλου τα οποία μπορεί να έχουν κολλήσει στους κόκκους ή το κόσκινο. Στη συνέχεια η άμμος που έχει απομείνει χύνεται με απιονισμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως και τοποθετείται στον εργαστηριακό φούρνο μέχρι να εξατμιστεί πλήρως το νερό για να ακολουθήσει μέθοδος των κοσκίνων.



Εικόνα 12: Μετά τη ιζηματολογική ανάλυση με το Pario γίνεται πλύση του δείγματος σε κόσκινο μεγέθους 4Φ ώστε να απομακρυνθούν τα λεπτόκοκκα για να συνεχίσουν οι ιζηματολογικές αναλύσεις των αδρόκοκκων με τα κόσκινα.

3.2.3. Κόσκινα – Ιζηματολογική ανάλυση άμμου

Μέθοδος κοσκίνων – Ιζηματολογική ανάλυση αδρόκοκκων

Μόλις εξατμιστεί το νερό στο φούρνο, το δείγμα είναι έτοιμο να περαστεί από τα κόσκινα. Αρχικά μετριέται εκ νέου το βάρος του δείγματος για όσα από αυτά έχουν περαστεί πρώτα από τα υγρά κόσκινα ενώ στα υπόλοιπα χρησιμοποιείται το αρχικό τους βάρος. Η ανάλυση πραγματοποιείται με το πέρασμα του δείγματος από δύο σειρές κοσκίνων με διαφορετικά μεγέθη. Η πρώτη σειρά αποτελείται από μεγαλύτερα μεγέθη από -6,00Φ ως 0,00Φ, δηλαδή από χαλίκια έως πολύ αδρή άμμος, ενώ συνεχίζεται το κοσκίνισμα στη δεύτερη σειρά που αποτελείται από τα μεγέθη 0,50Φ ως 4,00Φ, αδρή άμμος έως πολύ ψιλή άμμος.

Τα κόσκινα αφού έχουν στοιβαχτεί το ένα πάνω στο άλλο, από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο με το δίσκο βάσης στο πάτο, τοποθετούνται σε δονητή και κοσκινίζονται για 10' λεπτά. Στη πρώτη σειρά το υλικό που θα περισσέψει στο δίσκο βάσης χύνεται στη δεύτερη σειρά κοσκίνων και επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

Με το τέλος του κοσκινίσματος, σε κάθε κόσκινο έχει περισσέψει ένα ποσό του δείγματος το οποίο ζυγίζεται σε ζυγαριά ακριβείας. Σε φύλλο κοκκομετρικής ανάλυσης καταγράφεται το βάρος των ιζημάτων κάθε κόσκινου, καθώς επίσης και το αρχικό βάρος του δείγματος, το βάρος που περισσεύει στο δίσκο βάσης (μετά τα 4Φ) και το αθροιστικό βάρος των κοσκίνων. Επίσης για την ολοκλήρωση της διαδικασίας υπολογίζεται η διαφορά αρχικού βάρους με το αθροιστικό βάρος, το σφάλμα ανάλυσης % (η επί τοις εκατό αναλογία της διαφορά αρχικού-αθροιστικού βάρους ως προς το αρχικό βάρος), η οποία πρέπει να είναι μικρότερη του 3% και δείχνει το ποσοστό του υλικού που χάθηκε κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, μεγαλύτερο από 3% σημαίνει ότι έχει γίνει κάποιο λάθος στην ανάλυση. Και τέλος υπολογίζεται το ποσοστό βάρους τελικού δίσκου % (η επί τοις εκατό αναλογία του βάρους του τελικού δίσκου βάσης ως προς το αθροιστικό βάρος), το οποίο πρέπει να είναι μικρότερο του 5% και υποδεικνύει το ποσοστό ιλύς ή αργίλου που έχει περισσέψει (πάνω από 5% σημαίνει ότι τα λεπτόκοκκα πρέπει να αναλυθούν ανεξάρτητα).

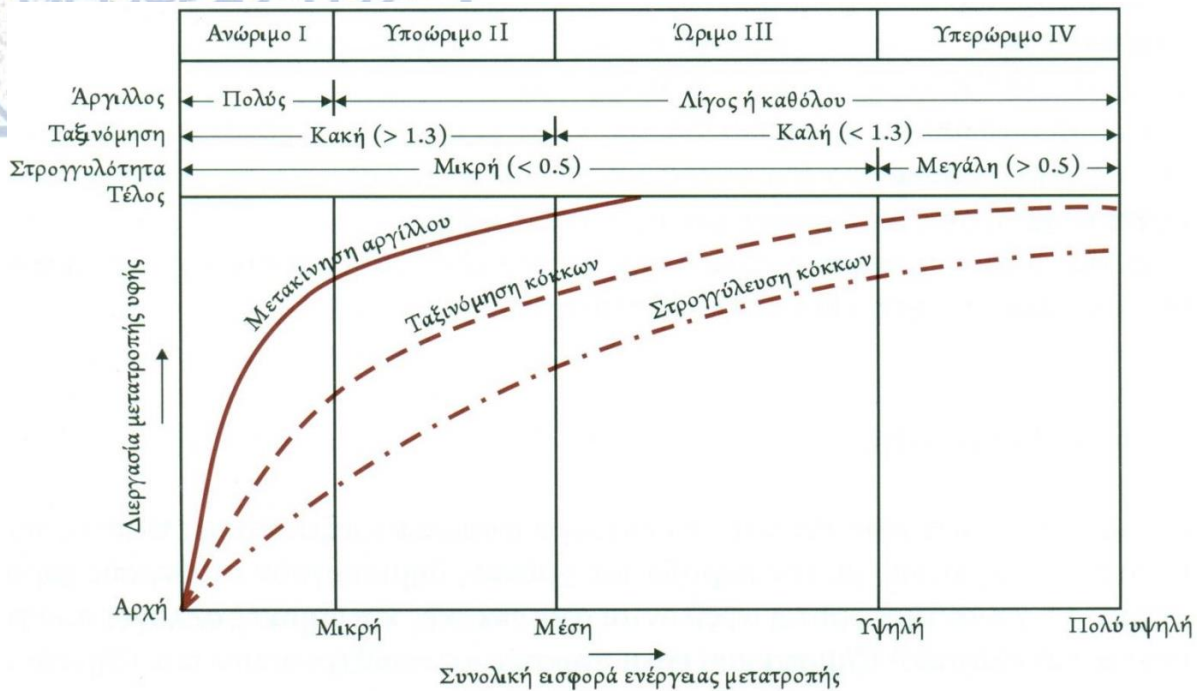
3.2.4. Υπολογισμός Παραμέτρων

Αφού ολοκληρωθούν οι αναλύσεις στο εργαστήριο, μπορεί να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της αθροιστικής καμπύλης, των ποσοστών χαλικιών, άμμου, ιλύς και αργίλου καθώς και των παραμέτρων του μεγέθους. Για να γίνουν γρήγορα και σωστά οι υπολογισμοί αυτοί χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Gradstat. Αυτό το πρόγραμμα παρέχεται σε Microsoft Excel, όπου δίνεται η δυνατότητα να υποβληθούν οι μετρήσεις από τις αναλύσεις λεπτόκοκκων και αδρόκοκκων και να εξαχθούν άμεσα τα στατιστικά στοιχεία και οι γραφικές παραστάσεις που απαιτούνται για να βγουν συμπεράσματα για τα δείγματα.

Το πρόγραμμα για να εξάγει της παραμέτρους των μεγεθών, μέσος όρος μεγέθους, τυπική απόκλιση, λοξότητα και κύρτωση, χρησιμοποιεί τη αριθμητική, τη γεωμετρική και τη λογαριθμική (πρότυπη μέθοδος κατά Folk and Ward (1957) κατανομή με τιμές μεγέθους Φ). Η μέθοδος που επιλέχθηκε για αυτή την εργασία είναι η λογαριθμική ή αλλιώς γραφική μέθοδος κατά Folk και Ward (1957), κατά την οποία υπολογίζονται οι παράμετροι από τη λογαριθμική καμπύλη αθροιστικού βάρους % – μεγέθους Φ . Στον οριζόντιο άξονα προβάλλεται το μέγεθος κόκκων σε Φ ενώ στον κατακόρυφο το αθροιστικό ποσοστό του βάρους (%). Έτσι ενώνοντας τα σημεία που αντιστοιχούν σε μέγεθος με το αθροιστικό βάρος σχηματίζεται η λογαριθμική καμπύλη αθροιστικού βάρους. Από αυτή τη καμπύλη καθορίζονται ποσοστά που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο μέγεθος Φ , τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των παραμέτρων μέσω εξισώσεων, οι οποίες φαίνονται στον Πίνακα 1.

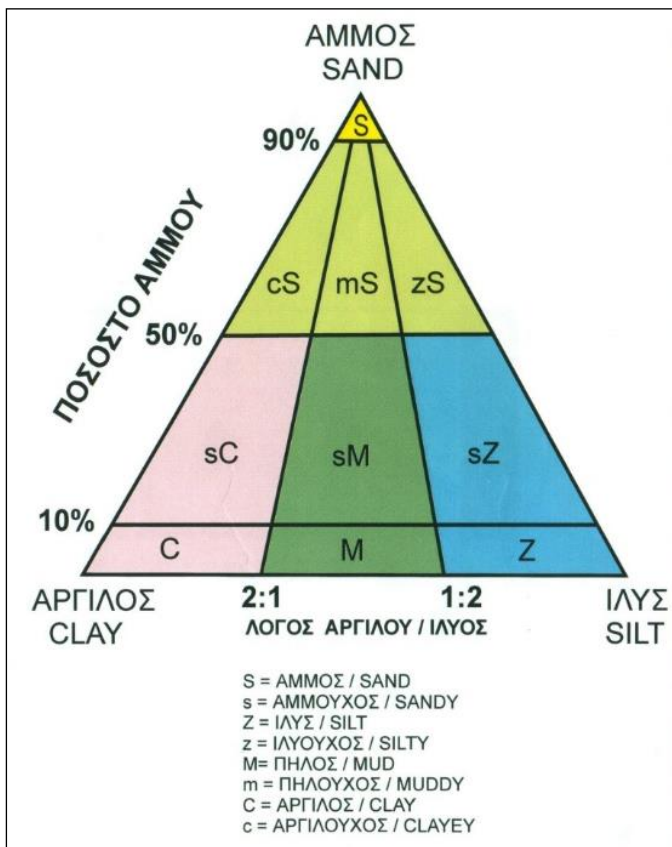
(d) Logarithmic (original) Folk and Ward (1957) graphical measures					
Mean		Standard deviation		Skewness	Kurtosis
$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$		$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$		$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$
Sorting (σ_1)		Skewness (Sk_1)		Kurtosis (K_G)	
Very well sorted	<0.35	Very fine skewed	+0.3 to +1.0	Very platykurtic	<0.67
Well sorted	0.35–0.50	Fine skewed	+0.1 to +0.3	Platykurtic	0.67–0.90
Moderately well sorted	0.50–0.70	Symmetrical	+0.1 to -0.1	Mesokurtic	0.90–1.11
Moderately sorted	0.70–1.00	Coarse skewed	-0.1 to -0.3	Leptokurtic	1.11–1.50
Poorly sorted	1.00–2.00	Very coarse skewed	-0.3 to -1.0	Very leptokurtic	1.50–3.00
Very poorly sorted	2.00–4.00			Extremely leptokurtic	>3.00
Extremely poorly sorted	>4.00				

Πίνακας 1: Τύποι των κοκκομετρικών παραμέτρων για τον υπολογισμό τους από τη γραφική μέθοδο κατά Folk & Ward 1975. Mean – M: Μέσος Όρος Μεγέθους, Standard deviation – σ : Τυπική Απόκλιση, Skewness- Sk : Λοξότητα και Kurtosis – Ku : Κύρτωση (από Gradstat).



Σχήμα 5: Στάδια ιστολογικής ωριμότητας των κλαστικών ιζημάτων κατά Folk 1951 (Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010)

Ακόμα στα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν η ιστολογική ωριμότητα του κάθε δείγματος, καθώς και τριγωνικά διαγράμματα από τα οποία προσδιορίζεται ο τελικός χαρακτηρισμός για τη κοκκομετρία του δείγματος. Η ιστολογική ωριμότητα υπολογίζεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, με βάση το ποσοστό της αργίλου - πολύς άργιλος εκφράζει ποσοστό $>5\%$ -, την



ταξινόμηση - κακή ταξινόμηση $\sigma > 1,2\Phi$ - και την στρογγυλότητα-μικρή στρογγυλότητα $< 0,5$ -. Το τριγωνικό διάγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι ένα σύστημα ταξινόμησης ιζημάτων κατά τον Folk όπου προβάλλονται τα ποσοστά άμμου - ιλύς - αργίλου επί τοις εκατό (στις κορυφές τοποθετείται το 100% ενώ στην απέναντι βάση το 0%). Το σημείο τομή των τριών ποσοστών προβάλλεται μέσα σε μία από τις ενότητες που έχουν καθοριστεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 6 και μάς δίνουν τον χαρακτηρισμό του ιζήματος.

Σχήμα 6: Τριγωνικό διάγραμμα ταξινόμησης λεπτόκοκκων ιζημάτων (άμμος-ιλύς-άργιλος) κατά Folk.

4. Αποτελέσματα

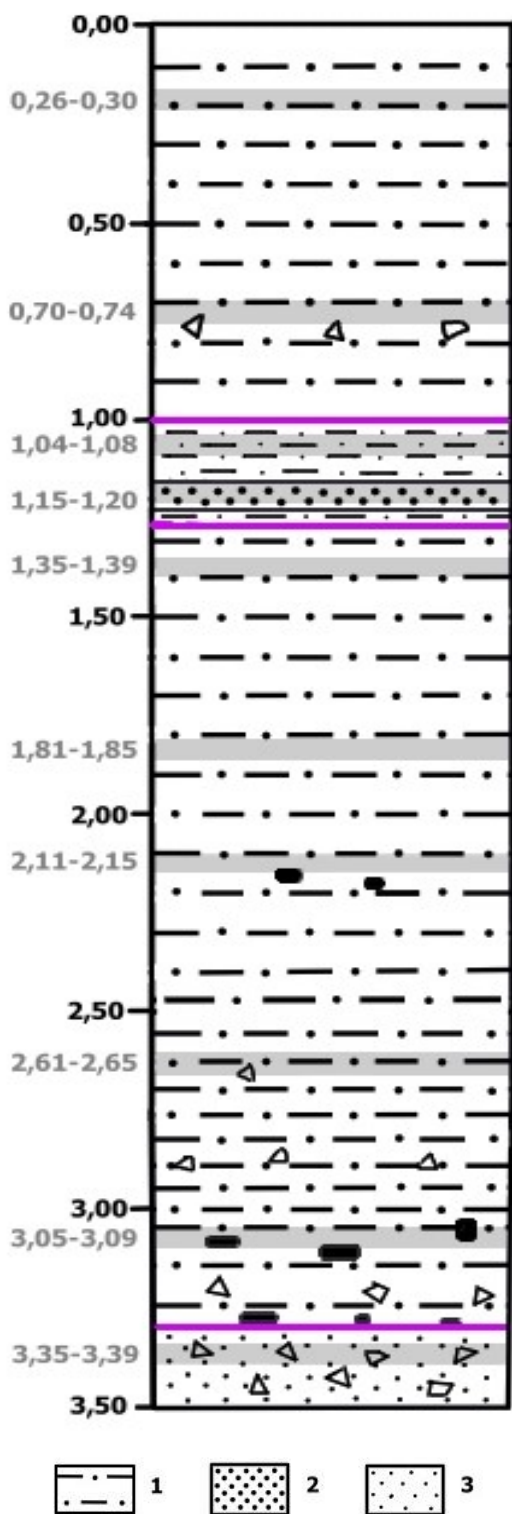
4.1 Ιζηματολογικές Αναλύσεις

Η γεώτρηση που μελετήθηκε σε αυτή την εργασία, βρίσκεται σε φυσικά ιζήματα εκτός των ορίων της αρχαιολογικής περιοχής της τούμπας. Τα ιζήματα αυτά δεν έχουν επηρεαστεί από τον προϊστορικό οικισμό και έτσι δεν υποδεικνύουν ανθρωπογενή δραστηριότητα αλλά είναι φυσικά ιζήματα στο μέσω της κοιλάδας. Συγκεκριμένα, η γεώτρηση ΠΑΡ-3 βρίσκεται σε κοντινά χωράφια στα βορειοανατολικά της τούμπας όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 (σελ. 6) .

Η στρωματογραφική στήλη χωρίστηκε σε τέσσερις ζώνες, ξεκινώντας από την επιφάνεια ως το 1,00m είναι η πρώτη ζώνη, 1,00m – 1,27m η δεύτερη ζώνη, 1,27m – 3,30m η τρίτη και 3,30m – 3,50m η τέταρτη ζώνη (Σχήμα 7). Ο διαχωρισμός των οριζόντων έγινε με βάση τις ιζηματολογικές αναλύσεις, τον τελικό χαρακτηρισμό του δείγματος με τις γραφικές παραμέτρους (Πίνακα 2) και τα ποσοστά άμμου, ιλύς, αργίλου, αλλά και τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά το άνοιγμα των γεωτρήσεων, για το χρώμα του υλικού και άλλα ιδιαίτερα χαρακτηρίστηκα που μπορεί να έχει, πχ φυτικά υπολείμματα, λατύπες ή κροκάλες κλπ. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι ορίζοντες.

Ο πρώτος και ανώτερος ορίζοντας ξεκινά από την επιφάνεια του εδάφους ως το 1m βάθος. Στο ανώτερο τμήμα του ορίζοντα, μέχρι το βάθος 0,60m, επικρατεί αναμοχλευμένο έδαφος με φυτικά υπολείμματα, απόχρωσης πολύ σκούρο καστανότεφρο (2,5Y 3/2 very dark grayish brown-2,5Y 4/2 dark grayish brown κατά Munsell) και μέχρι το 1,00m γίνεται μαύρο (2,5Y 2,5/1 black) με κατά θέσεις γωνιώδεις χάλικες και φυτικά υπολείμματα. Σύμφωνα με τις ιζηματολογικές αναλύσεις των δειγμάτων, που ανήκουν σε αυτόν τον ορίζοντα (σε βάθος 0,26-0,30m και 0,70-0,74m), χαρακτηρίζεται αμμούχος ιλύς, με σχετικά σταθερά ποσοστά ιλύς, αρχικά 69,0% και στη συνέχεια 68,3%, αύξηση στο ποσοστό της άμμου από 14,1% σε 30,0% και μείωση σε αυτό της αργίλου από 16,9% σε 1,7% (Διαγράμματα 1 και 3). Το μέσο μέγεθος κόκκων σε αυτόν τον ορίζοντα κυμαίνεται από 6,262Φ σε 4,706Φ, δηλαδή από μεσόκοκκη σε πολύ αδρόκοκκη ιλύς, ενώ η ταξινόμηση χαρακτηρίζεται σταθερά πολύ κακή, με $\sigma=2,347\Phi$ και $2,383\Phi$. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων είναι αρχικά πολύ θετικής λοξότητας $Sk=0,304$ και πλατύκυρτη $Ku=0,864$, δηλαδή έχει σημαντική περίσσεια λεπτόκοκκων στον πληθυσμό και μεγάλη διασπορά κόκκων σε σχέση με το μέσο όρο (Διάγραμμα 2), ενώ βαθύτερα γίνεται συμμετρικής λοξότητας $Sk=-0,005$ και λεπτόκυρτη $Ku=1,192$, δηλαδή ανάλογη περιεκτικότητα λεπτόκοκκων-αδρόκοκκων και μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο (Διάγραμμα 4). Το στάδιο ωριμότητας προσδιορίστηκε στα ανώτερα ανώριμο και στη συνέχεια υποώριμο, λόγω της μείωσης της αργίλου.

Στρωματογραφική στήλη γεώτρησης ΠΑΡ-3



Ζώνη 1 (0,00-1,00m): Αμμούχος Ιλύς. Επιφανειακά πιο αναμοχλευμένο έδαφος με φυτικά υπολείμματα. Χρωματισμός ιζημάτων 0,00-0,30m πολύ σκούρο καστανότεφρο, 0,30-0,60m σκούρο καστανότεφρο, 0,60-1,00m μαύρο. Δείγμα 0,26-0,30m: G=0%, S=14,1%, Z=69%, C=16,9%. Δείγμα 0,70-0,74m: G=0%, S=30%, Z=68,9%, C=1,7%

Ζώνη 2 (1,00-1,27m): Αμμούχος Ιλύς (1,00-1,15m και 1,23-1,27m) και Άμμος (1,15-1,23m). Χρωματισμός ιζημάτων 1,00-1,15m ελαιοκάστανο, 1,15-1,23m σκούρο τεφροκάστανο, 1,23-1,27m ελαιοκάστανο. Δείγμα 1,04-1,08m: G=0%, S=18,3%, Z=62,1%, C=19,6%. Δείγμα 1,15-1,20m: G=3,3%, S=94,5%, Z=1,8%, C=0,4%.

Ζώνη 3 (1,27-3,30m): Αμμούχος Ιλύς. Στα 2,15-2,20m και 3,00-3,30m εντοπίζονται ξυλάνθρακες, ενώ στα βαρύτερα τμήματα της ζώνης παρατηρούνται διάσπαρτα γωνιώδη χαλίκια. Χρωματισμός ιζημάτων 1,27-1,60m πολύ σκούρο τεφροκάστανο, 1,60-1,80m σκούρο ελαιοκάστανο, 1,80-1,90m ελαιοκάστανο, 1,90-2,00m ανοιχτό ελαιοκάστανο, 2,00-3,00m πολύ σκούρο γκρίζο, 3,00-3,30m μαύρο. Δείγμα 1,35-1,39m: G=0,2%, S=35,3%, Z=56,3%, C=8,1%. Δείγμα 1,81-1,85m: G=0%, S=22,6%, Z=73,6%, C=3,8%. Δείγμα 2,11-2,15m: G=0,4%, S=36,6%, Z=49,9%, C=13,2%. Δείγμα 2,61-2,65m: G=0%, S=33,6%, Z=65,6%, C=0,6%. Δείγμα 3,05-3,09m: G=2,3%, S=47,1%, Z=34,3%, C=16,3%

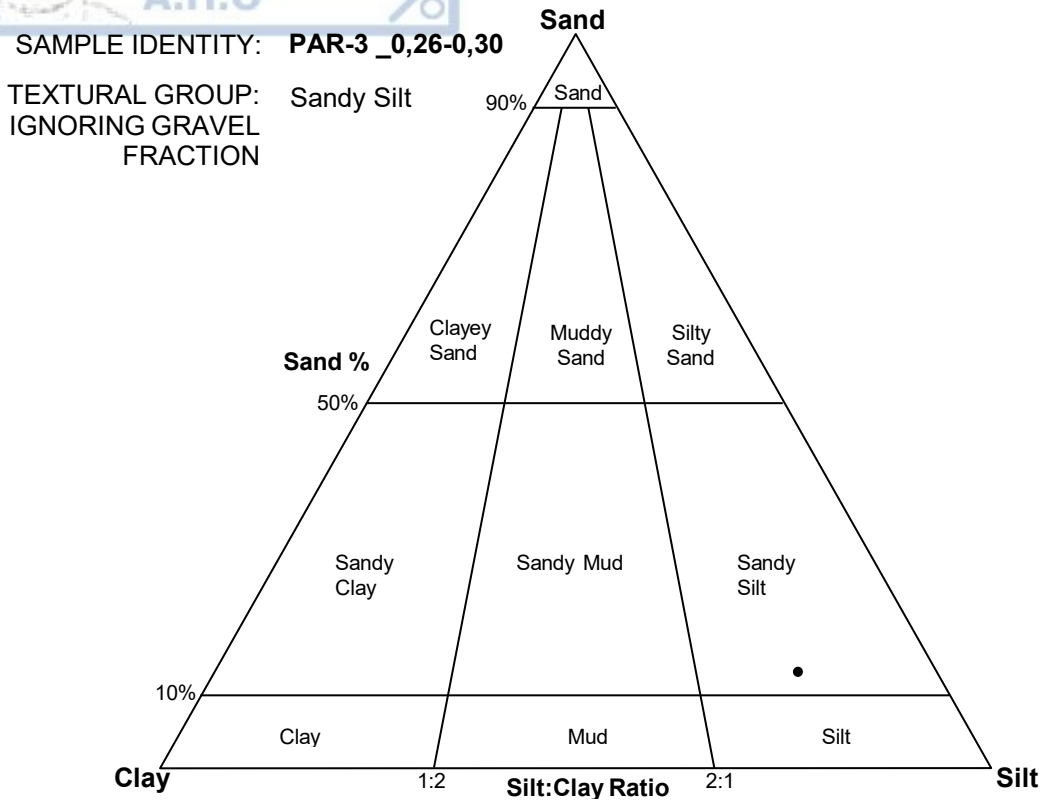
Ζώνη 4 (3,30-3,50m): Ιλυούχος Άμμος. Έντονη παρουσία χαλικιών. Χρωματισμός ιζημάτων 3,30-3,50m πολύ σκούρο γκρίζο. Δείγμα 3,35-3,39m: G=4,8%, S=87,2%, Z=6,7%, C=1,3%.

Σχήμα 7: Τελική στρωματογραφική στήλη γεώτρησης ΠΑΡ-3 και περιγραφή της κάθε ζώνης. 1: Αμμούχος Ιλύς, 2: Άμμος, 3: Ιλυούχος Άμμος, 4: Γωνιώδης χαλίκια, 5: Ξυλάνθρακες, 6: Όρια ζωνών, 7: Πάχος δείγματος. Για κάθε δείγμα δίνονται τα ποσοστά G – χαλικιών, S – άμμου, Z – ιλύς, C – αργίλου.

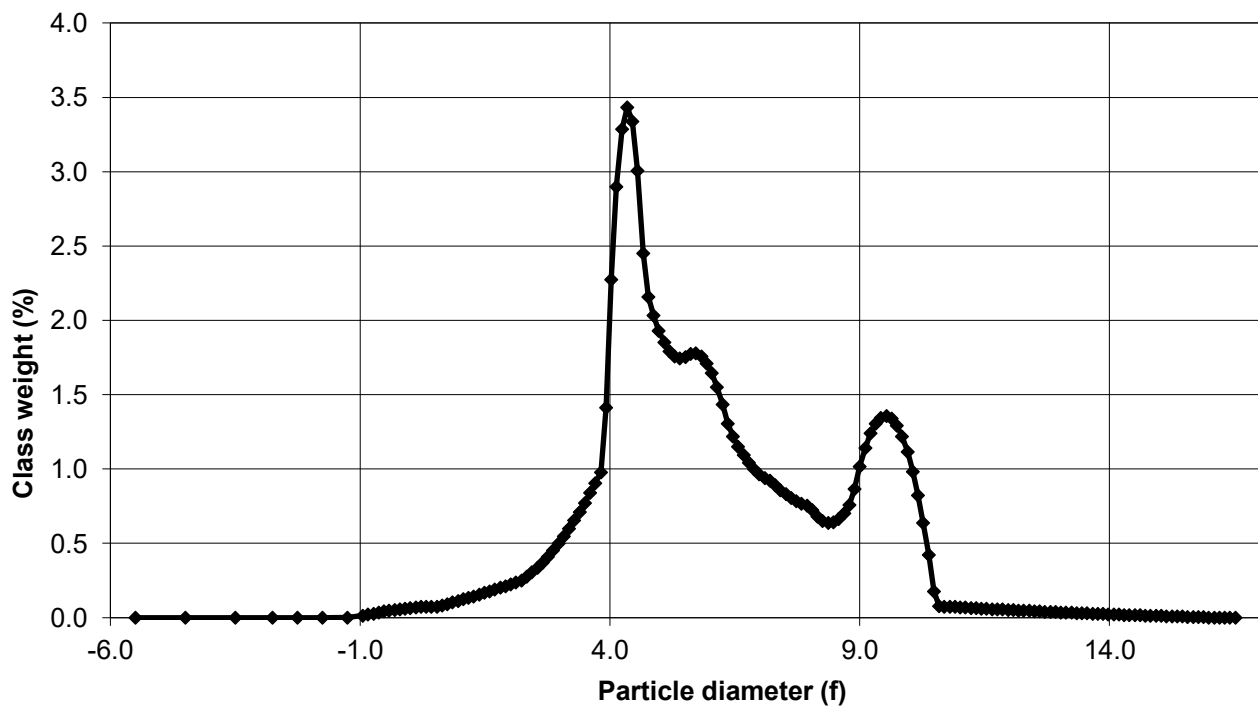
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	FOLK & WARD METHOD (Φ) (Gradistat)				ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ (Gradistat)	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ FOLK
ΔΕΙΓΜΑ	M	σ	Sk	Ku		
0,26 – 0,30	6,262	2,347	0,304	0,864	Μεσόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, πολύ θετική λοξότητα, πλατύκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
0,70 – 0,74	4,706	2,383	-0,005	1,192	Πολύ αδρόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, συμμετρική λοξότητα, λεπτόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
1,04 – 1,08	6,162	2,464	0,357	0,863	Μεσόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, πολύ θετική λοξότητα, πλατύκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
1,15 – 1,20	0,430	1,261	0,417	1,141	Αδρόκοκκη άμμος, κακή ταξινόμηση, πολύ θετική λοξότητα, λεπτόκυρτη	Άμμος
1,35 – 1,39	4,998	2,613	0,215	1,084	Πολύ αδρόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, θετική λοξότητα, μεσόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
1,81 – 1,85	5,032	1,688	0,359	1,347	Αδρόκοκκη ιλύς, κακή ταξινόμηση, πολύ θετική λοξότητα, λεπτόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
2,11 – 2,15	5,119	2,789	0,233	1,036	Αδρόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, θετική λοξότητα, μεσόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
2,61 – 2,65	4,882	1,967	0,171	1,012	Πολύ αδρόκοκκη ιλύς, κακή ταξινόμηση, θετική λοξότητα, μεσόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
3,05 – 3,09	4,881	3,670	0,328	0,953	Πολύ αδρόκοκκη ιλύς, πολύ κακή ταξινόμηση, πολύ θετική λοξότητα, μεσόκυρτη	Αμμούχος Ιλύς
3,35 – 3,39	1,563	1,821	0,178	1,160	Μεσόκοκκη άμμος, κακή ταξινόμηση, θετική λοξότητα, λεπτόκυρτη	Ιλυούχος Άμμος

Πίνακας 2: Παράμετροι των μεγεθών κάθε δείγματος (M: μέσος όρος μεγέθους, σ: τυπική απόκλιση, Sk: λοξότητα, Ku: κύρτωση) κατά Folk&Ward σε Φ υπολογισμένα από το πρόγραμμα Gradistat μαζί με το χαρακτηρισμό τους και την ονομασία του ιζήματος από το τριγωνικό διάγραμμα άμμου – ιλύς – αργίλου κατά Folk. Με πιο έντονες γραμμές χωρίζονται τα δείγματα ανά ζώνη.

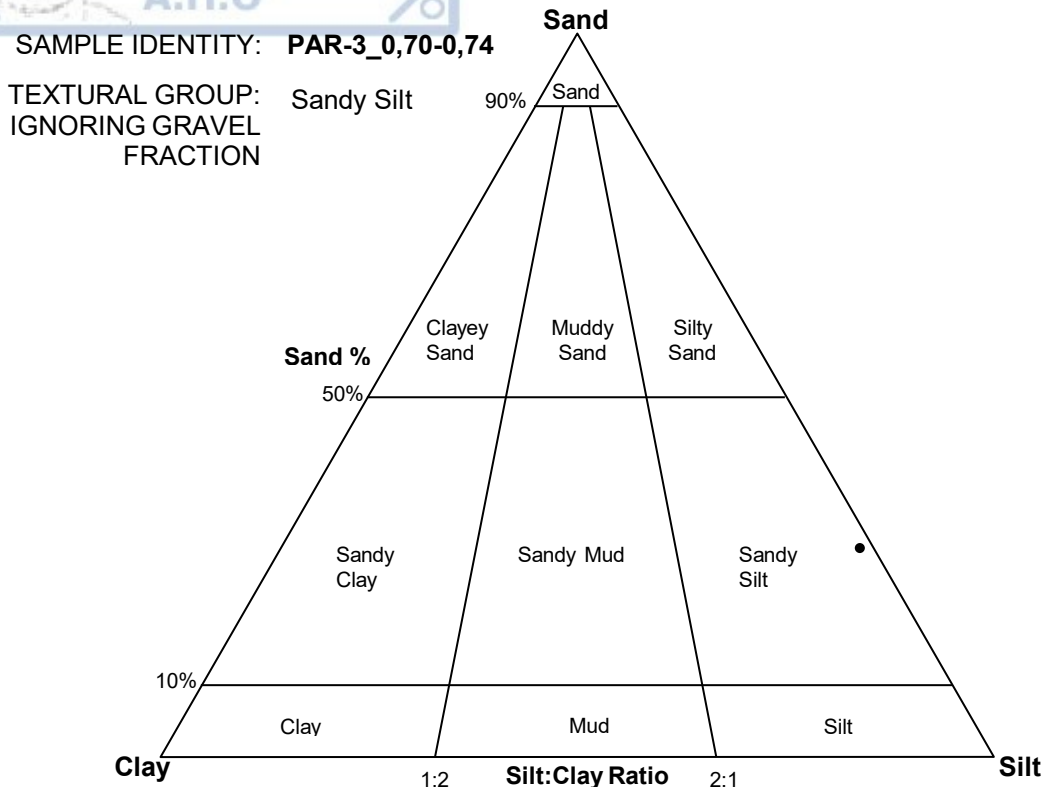
Διάγραμμα 2. Δείγμα 1 (0,26-0,30m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 14,1%, ιλύς: 6 9%, αργίλου: 16,9%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



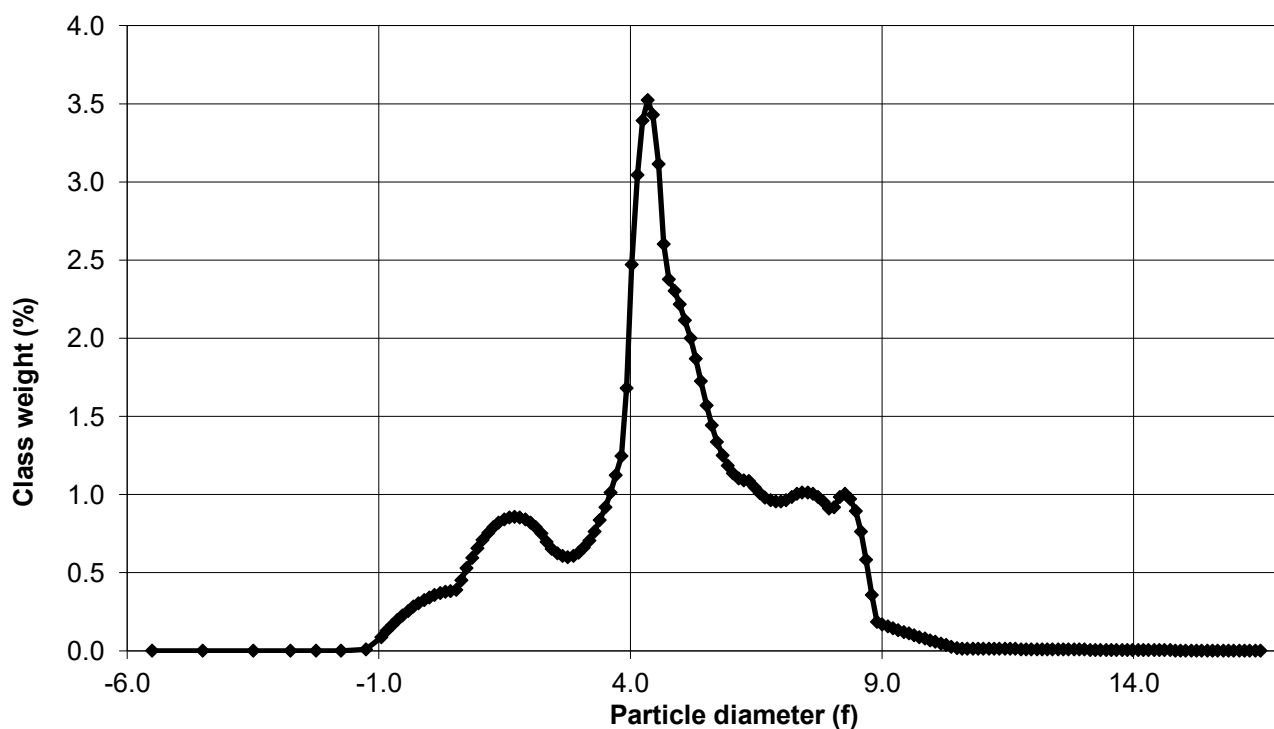
Διάγραμμα 2. Δείγμα 1 (0,26-0,30m) Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,304$ πολύ θετική και κύρτωση $Ku=0,864$ πλατύκυρτη.



Διάγραμμα 3. Δείγμα 2 (0,70-0,74m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 30,0%, ιλύς: 68,3%, αργίλου: 1,7%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



Διάγραμμα 4. Δείγμα 2 (0,70-0,74m) Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=-0,005$ συμμετρική και κύρτωση $Ku=1,192$ λεπτόκυρτη.



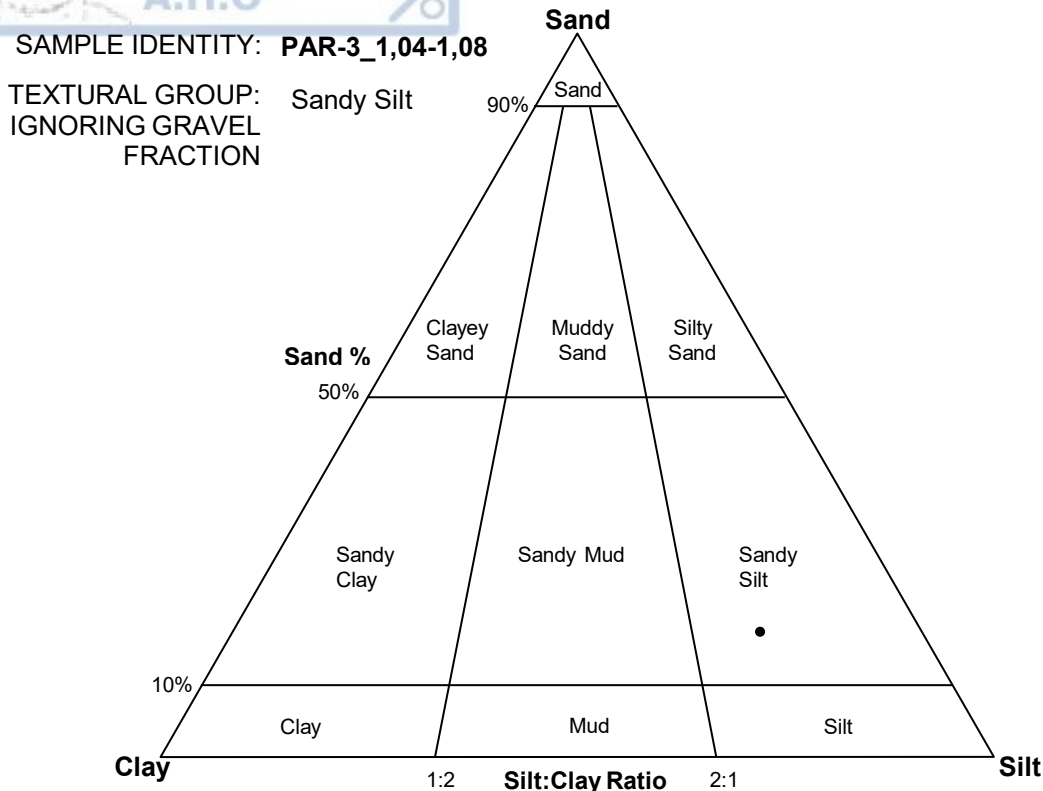
Η δεύτερη ζώνη είναι σημαντικά μικρότερη, από το 1,00m ως το 1,27m, όπου παρατηρούνται εναλλαγές στο χρώμα από ελαιοκάστανο (2,5Y 4/3 olive brown) στο βάθος 1,00-1,15m, σε σκούρο καστανότεφρο (2,5Y 4/2 dark grayish brown) στο 1,15-1,23m και ξανά ελαιοκάστανο στο 1,23-1,27m (Εικόνα 13). Αυτή η εναλλαγή χρωμάτων ταυτίζεται με την εναλλαγή της κοκκομετρίας σε αυτή τη ζώνη και πιστεύεται πως το πρώτο (1,00-1,15m) και το τρίτο στρώμα (1,23-1,27) αποτελούν το ίδιο στρώμα με απότομη παρεμβολή του ενδιαμέσου. Επομένως με βάση το δείγμα 1,04-1,09m (Διάγραμμα 5), το στρώμα αυτό (1,00-1,15m και 1,23-1,27m) χαρακτηρίζεται αμμούχος ιλύς, με ποσοστό ιλύς στο 62,1%, αργίλου 19,6% και άμμου 18,3%. Το μέσο μέγεθος κόκκων προσδιορίστηκε ως μεσόκοκκη ιλύς $M=6,162\Phi$ ενώ το δείγμα είχε γενικά πολύ κακή ταξινόμηση $\sigma=2,464$. Υπολογίστηκε η λοξότητα $Sk=0,357$ πολύ θετική, σημαντική περίσσεια λεπτόκοκκων στο πληθυσμό και η κύρτωση $Ku=0,863$ πλατύκυρτη, μεγάλη διασπορά κατανομής κόκκων. Το στάδιο ωριμότητας πολύ βρίσκεται το ίζημα σε αυτό τον ορίζοντα χαρακτηρίζεται ανώριμο λόγω του μεγάλου ποσοστού αργίλου (19,6%)

Στο ενδιαμέσο στρώμα (1,15-1,23m) αλλάζει δραστικά η κοκκομετρία από αμμούχος ιλύς σε Άμμος (Διάγραμμα 7), με το ποσοστό της άμμου να αυξάνεται στο 94,5% και της ιλύς και αργίλου να μειώνεται στο 1,8% και 0,4% αντίστοιχα, ενώ αυξάνεται και το ποσοστό χαλικιών από 0 στο 3,3%. Από τις κοκκομετρικές παραμέτρους το μέσο μέγεθος κόκκων χαρακτηρίζεται αδρόκοκκη άμμος $M=0,430$, με κακή ταξινόμηση $\sigma=1,261$. Το ίζημα βρίσκεται σε υποώριμο στάδιο ωριμότητας αφού έχει μικρό ποσοστό αργίλου και κακή ταξινόμηση. Η λοξότητα προσδιορίστηκε $Sk=0,417$ πολύ θετική, σημαντική περίσσεια λεπτόκοκκων και η κύρτωση $Ku=1,141$ λεπτόκυρτη, μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά τον μέσο όρο μεγέθους.

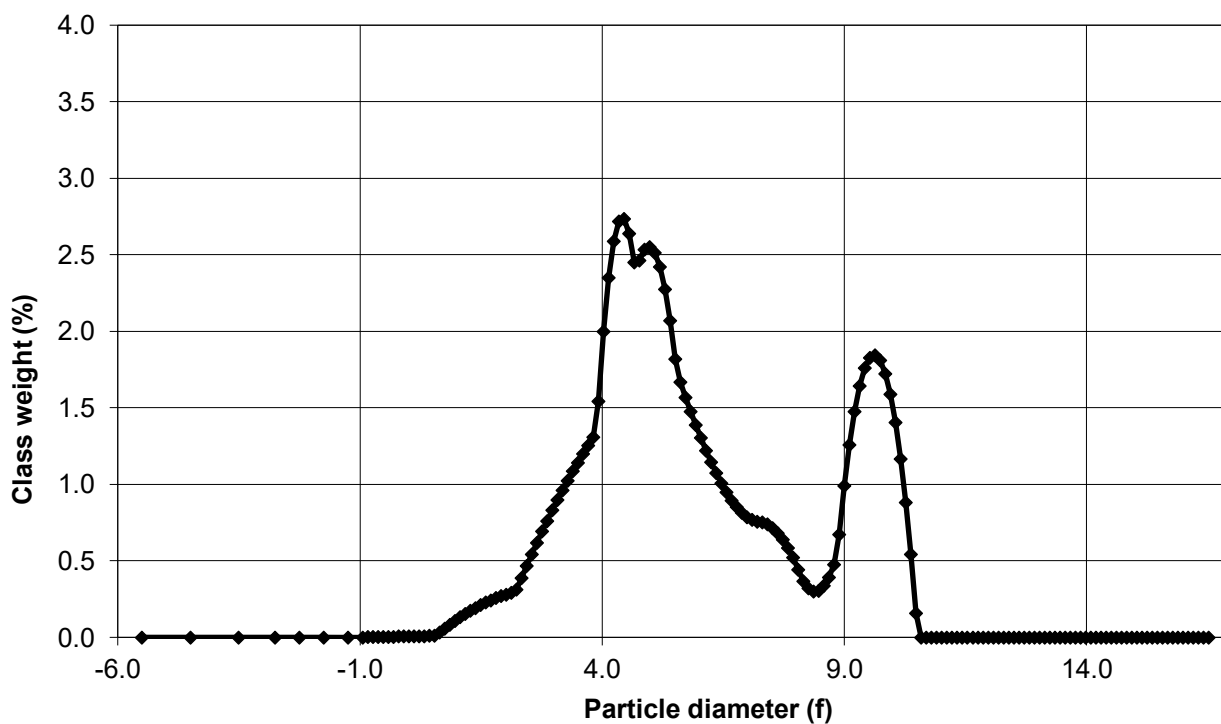


Εικόνα 13: Μέρος της γεώτρησης PAP-3 1,00m-1,50m. Στην εικόνα φαίνεται η εναλλαγή του χρώματος και της κοκκομετρίας από ελαιοκάστανη αμμούχος ιλύς σε σκούρα καστανότεφρη άμμο και ξανά σε ελαιοκάστανη αμμούχος ιλύς. Τα πρώτα εκατοστά της γεώτρησης δεν υπολογίστηκαν αφού φαίνεται ότι αποτελούν αναμοχλευμένο έδαφος που έχει πέσει από τα πλαϊνά τοιχώματα της γεώτρησης

Διάγραμμα 5. Δείγμα 3 (1,04-1,08m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 18,3%, ιλύς: 62,1%, αργίλου: 19,6%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



Διάγραμμα 6. Δείγμα 3 (1,04-1,08m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,357$ πολύ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=0,863$ πλατύκυρτη.

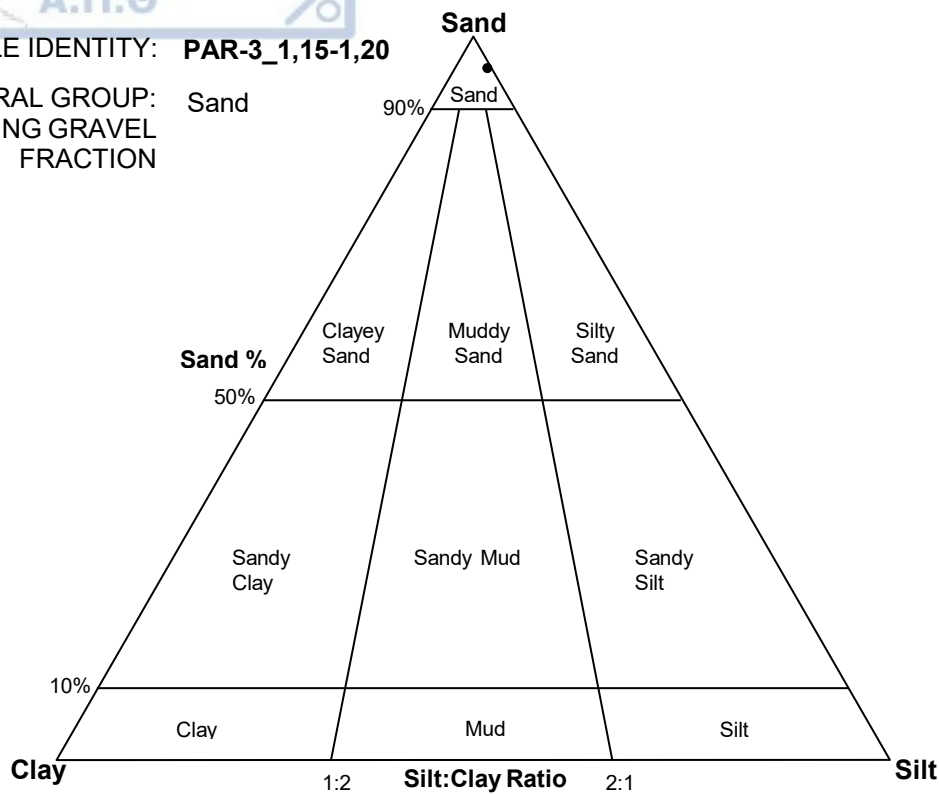


Διάγραμμα 7. Δείγμα 4 (1,15-1,20m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 94,5%, ιλύς:1,8%, αργίλου: 0,4%. Χαρακτηρισμός: Άμμος.

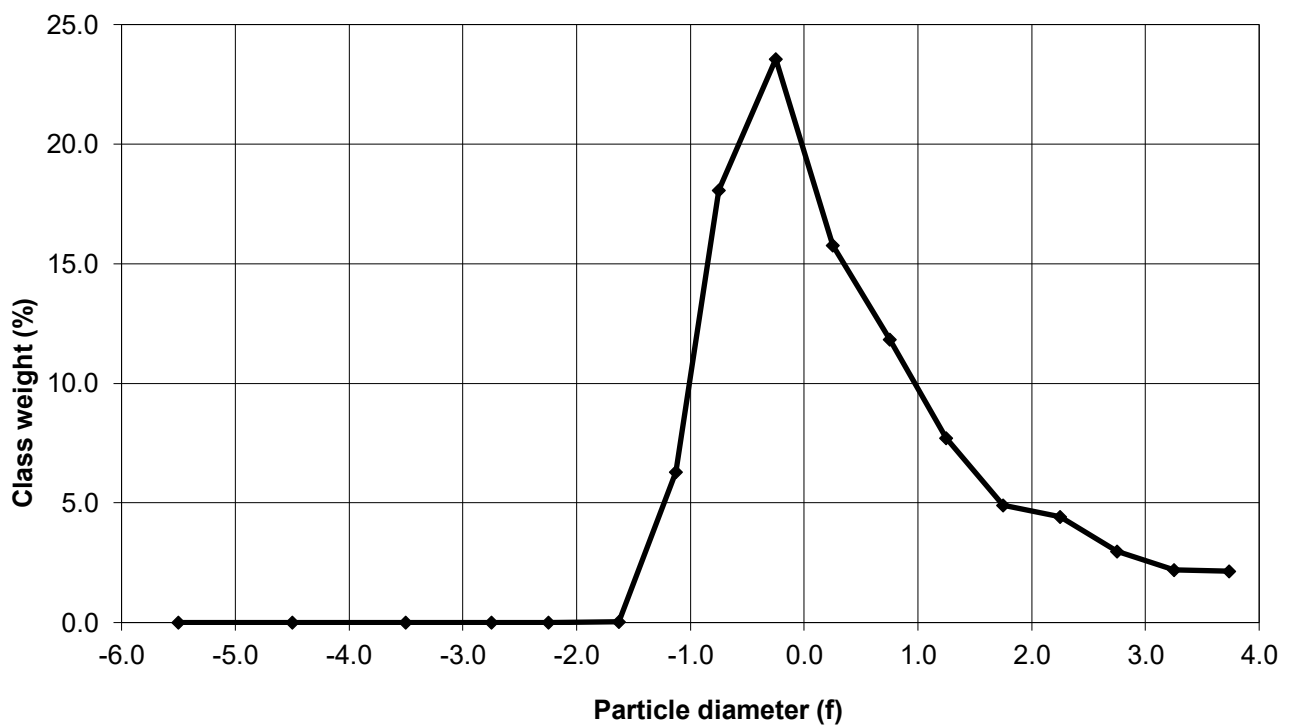
SAMPLE IDENTITY: **PAR-3_1,15-1,20**

TEXTURAL GROUP: Sand

IGNORING GRAVEL
FRACTION



Διάγραμμα 8. Δείγμα 4 (1,15-1,20m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,417$ πολύ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,141$ λεπτόκυρτη.



Η τρίτη και μεγαλύτερη ζώνη, εκτείνεται σε βάθος από το 1,27m ως τα 3,30m και σύμφωνα με τα δείγματα χαρακτηρίζεται αμμούχος ιλύς σε όλη την έκταση της ζώνης. Παρόλα αυτά, οι επί τοις εκατό αναλογίες χαλικιών-άμμου-ιλύς-αργίλου αυξομειώνονται από δείγμα σε δείγμα, δημιουργώντας μια ελαφριά διαφοροποίηση στρωμάτων μέσα στην ζώνη. Εναλλαγές παρατηρούνται και μακροσκοπικά στο χρωματισμό της ζώνης, ξεκινώντας από πολύ σκούρο τεφροκάστανο (1,27-1,60m) όπου μέχρι τα 2,00m σταδιακά ανοίγει σε σκούρο ελαιοκάστανο (1,60-1,80m), ελαιοκάστανο (1,80-1,90m) και ανοιχτό ελαιοκάστανο (1,90-2,00m) (κατά Munsell 2,5Y 3/2 very dark grayish brown, 2,5Y 3/3 dark olive brown, 2,5Y 4/3 olive brown, 2,5Y 5/3 light olive brown). Στα 2,00m παρατηρείται απότομη μεταβολή του χρώματος σε πολύ σκούρο γκρίζο (2,5Y 3/1 very dark gray) ως τα 3,00m και από τα 3,00m ως τα 3,30m μετατρέπεται σε μαύρο (2,5Y 2,5/1 black).

Το πρώτο δείγμα (1,35-1,39m) έχει τα έξης ποσοστά χαλίκια:0,2% άμμος:3,5,3%, ιλύς:56,4%, άργιλος:8,1% με μέσο όρο μεγέθους $M=4,998\Phi$ πολύ αδρόκοκκη ιλύς και πολύ κακή ταξινόμηση $\sigma=2,613$, έτσι το δείγμα χαρακτηρίζεται ιστολογικά ανώριμο. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής είναι μεσόκυρτη $Ku=1,084$, κανονική κατανομή κόκκων κοντά στο μέσο όρο, με θετική λοξότητα $Sk=0,215$, περίσσεια λεπτόκοκκων. (Διάγραμμα 9 και 10)

Στο επόμενο δείγμα (1,81-1,85m) μειώνεται η άμμος στο 22,6%, η άργιλος στο 3,8% και τα χαλίκια στο 0% ενώ αυξάνεται η ιλύς στο 73,6%, με μέσο όρο μεγέθους κόκκων $M=5,032\Phi$ αδρόκοκκη ιλύς και κακή ταξινόμηση $\sigma=1,688$ και επομένως το δείγμα είναι ιστολογικά υποώριμο. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής είναι λεπτόκυρτη $Ku=1,347$, μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο μεγέθους, και έχει πολύ θετική λοξότητα $Sk=0,359$, σημαντική περίσσεια λεπτόκοκκων. (Διάγραμμα 11 και 12)

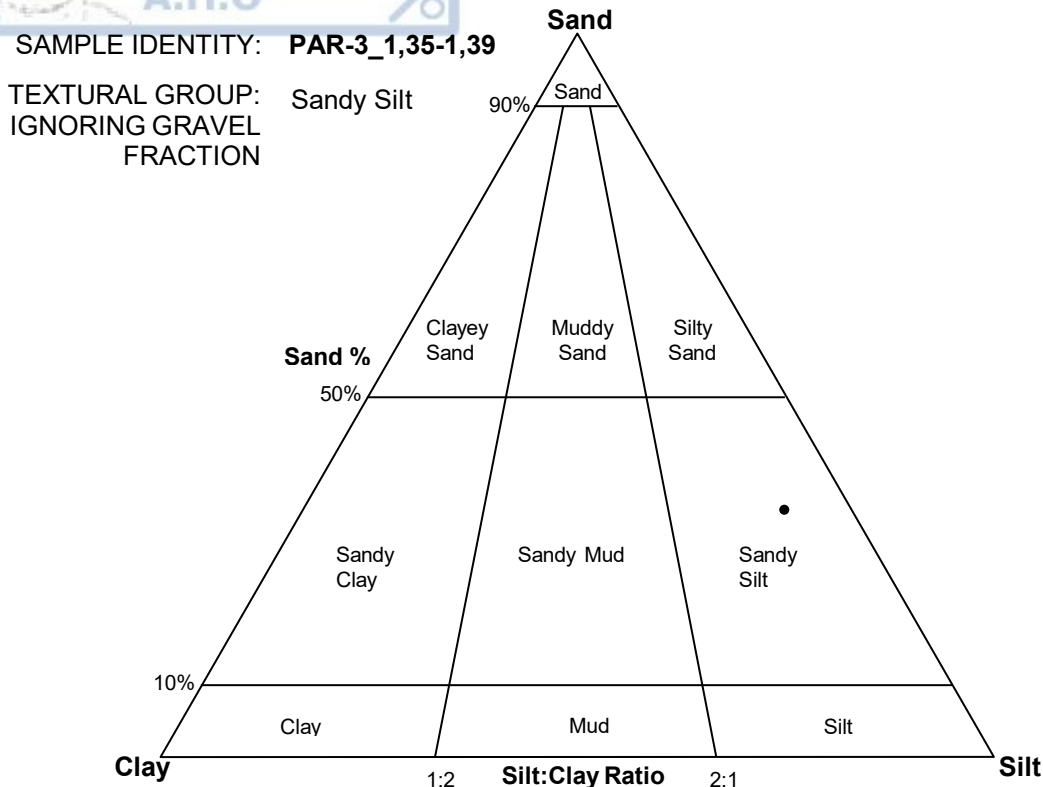
Στη συνέχεια το δείγμα (2,11-2,15m) κοκκομετρικά είναι όμοιο του πρώτου δείγματος με αύξηση των χαλικιών και της άμμου στο 0,4% και 36,6% αντίστοιχα, μείωση της ιλύς στο 49,9% και αύξηση της αργίλου στο 13,2%. Ο μέσος όρος μεγέθους είναι $M=5,119\Phi$ αδρόκοκκη ιλύς και η ταξινόμηση των μεγεθών των κόκκων του ιζήματος είναι $\sigma=2,789\Phi$ πολύ κακή ενώ ακόμα λόγω της αύξησης της αργίλου το ίζημα βρίσκεται σε ανώριμο στάδιο ιστολογικής ωριμότητας. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής είναι μεσόκυρτη $Ku=1,036$, κανονική κατανομή κόκκων κοντά στο μέσο όρο, με θετική λοξότητα $Sk=0,233$, περίσσεια λεπτόκοκκων. (Διάγραμμα 13 και 14)

Το τέταρτο δείγμα σε αυτό τον ορίζοντα βρίσκεται στο βάθος 2,61-2,65m και από τη κοκκομετρία φαίνεται μικρή μείωση της άμμου και των χαλικιών στο 33,8% και 0% αντίστοιχα, αύξηση της ιλύς 65,6% και μείωση της αργίλου 0,6%, ενώ ακόμα στα 2,50-3,00m μακροσκοπικά παρατηρούνται διάσπαρτα γωνιώδη χαλίκια. Το μέσο μέγεθος κόκκων προσδιορίστηκε ως πολύ αδρόκοκκη ιλύς $M=4,882\Phi$ με κακή ταξινόμηση $\sigma=1,967\Phi$ και

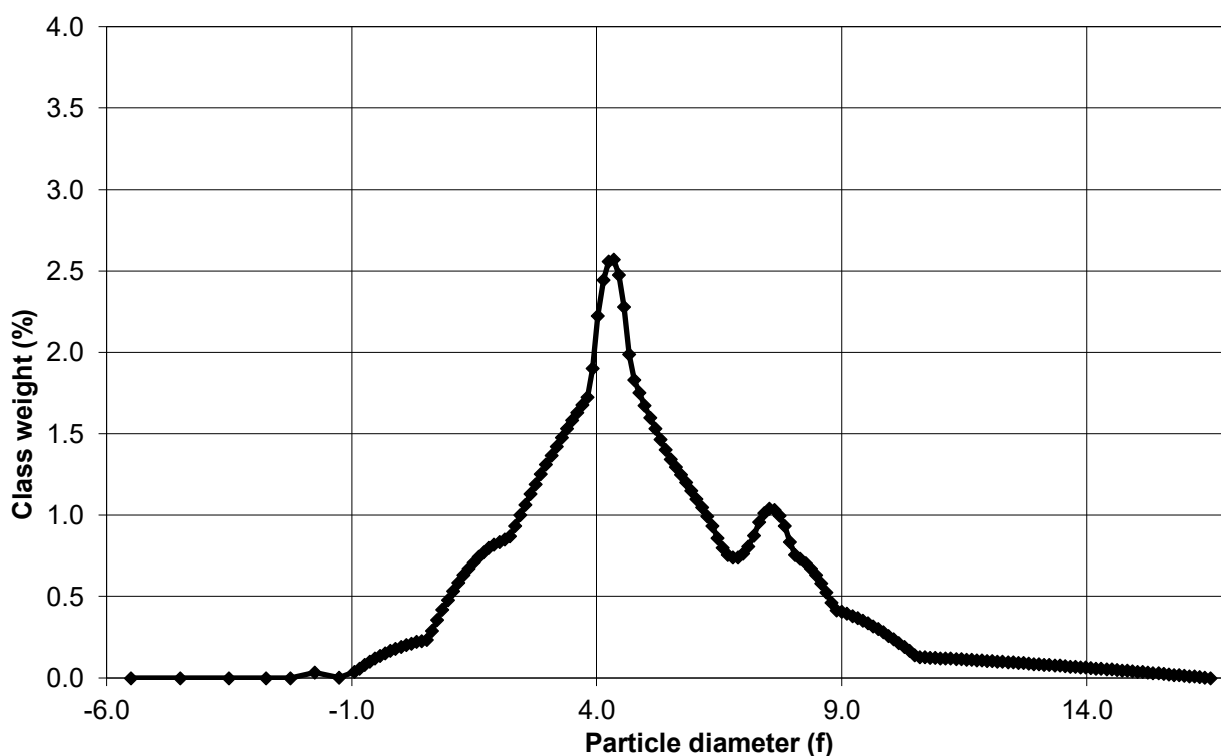
ιστολογικά χαρακτηρίστηκε υποώριμο. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής είναι μεσόκυρτη $Ku=1,012$ κανονική κατανομή κόκκων κοντά στο μέσο όρο μεγέθους, και έχει θετική λοξότητα $Sk=0,171$, περίσσεια λεπτόκοκκων. (Διάγραμμα 15 και 16)

Στο τελευταίο δείγμα του ορίζοντα στα 3,05-3,09m, επικρατεί έντονη παρουσία ξυλανθράκων ενώ κοκκομετρικά φαίνεται αύξηση του ποσοστού της άμμου στο 47,1%, μείωση της ιλύς 34,3% και αύξηση της αργίλου και των χαλικιών σε 16,3% και 2,3% αντίστοιχα. Ο μέσος όρος μεγέθους κόκκων είναι $M=4,881\Phi$ πολύ αδρόκοκκη ιλύς και η ταξινόμηση $\sigma=3,670\Phi$ πολύ κακή ταξινόμηση και έτσι χαρακτηρίζεται ιστολογικά ανώριμο. Η καμπύλη συχνότητας κατανομής είναι μεσόκυρτη $Ku=0,953$, κανονική κατανομή κόκκων κοντά στο μέσο όρο μεγέθους, και έχει πολύ θετική λοξότητα $Sk=0,328$, μεγάλη περίσσεια λεπτόκοκκων. (Διάγραμμα 17 και 18)

Διάγραμμα 9. Δείγμα 5 (1,35-1,39m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 35,3%, ιλύς: 56,4%, αργίλου: 8,1%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



Διάγραμμα 10. Δείγμα 5 (1,35-1,39m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,215$ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,084$ μεσόκυρτη.

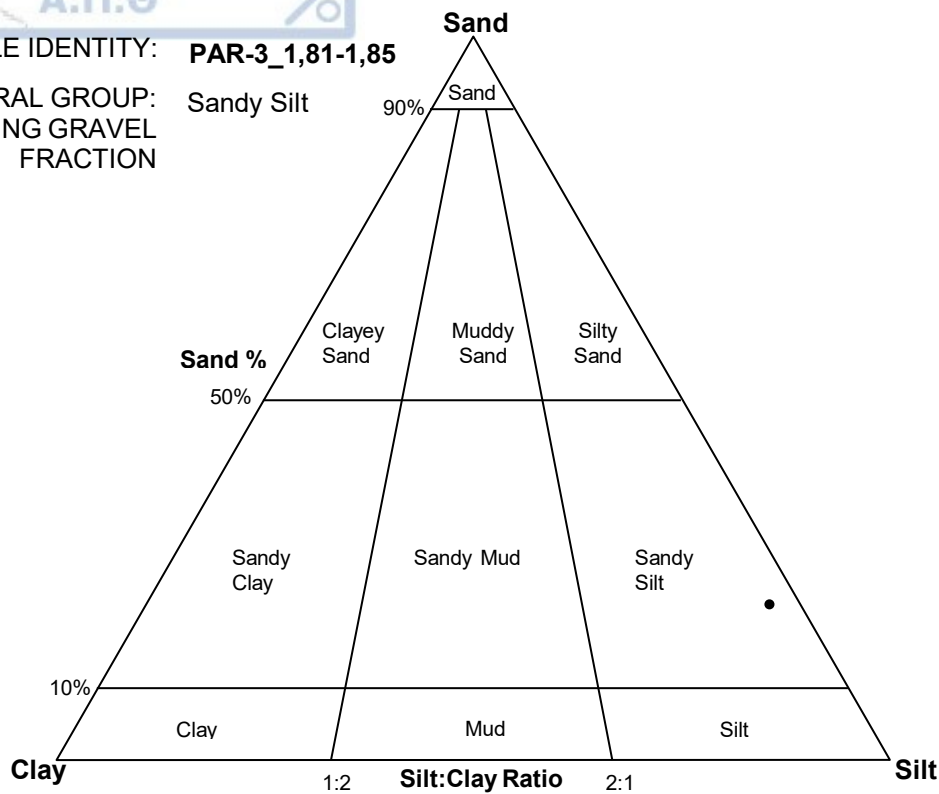


Διάγραμμα 11. Δείγμα 6 (1,81-1,85m) Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 22,6%, ιλύς: 73,6%, αργίλου: 3,8%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.

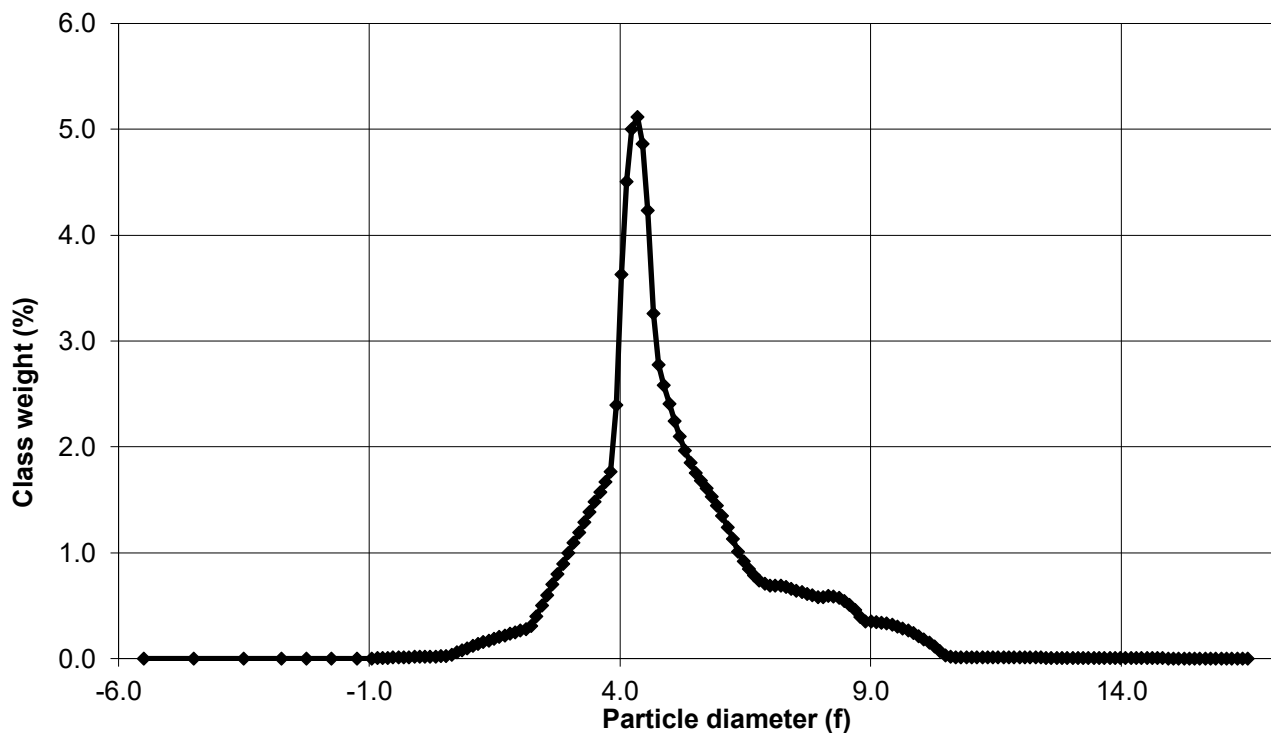
SAMPLE IDENTITY: **PAR-3_1,81-1,85**

TEXTURAL GROUP: Sandy Silt

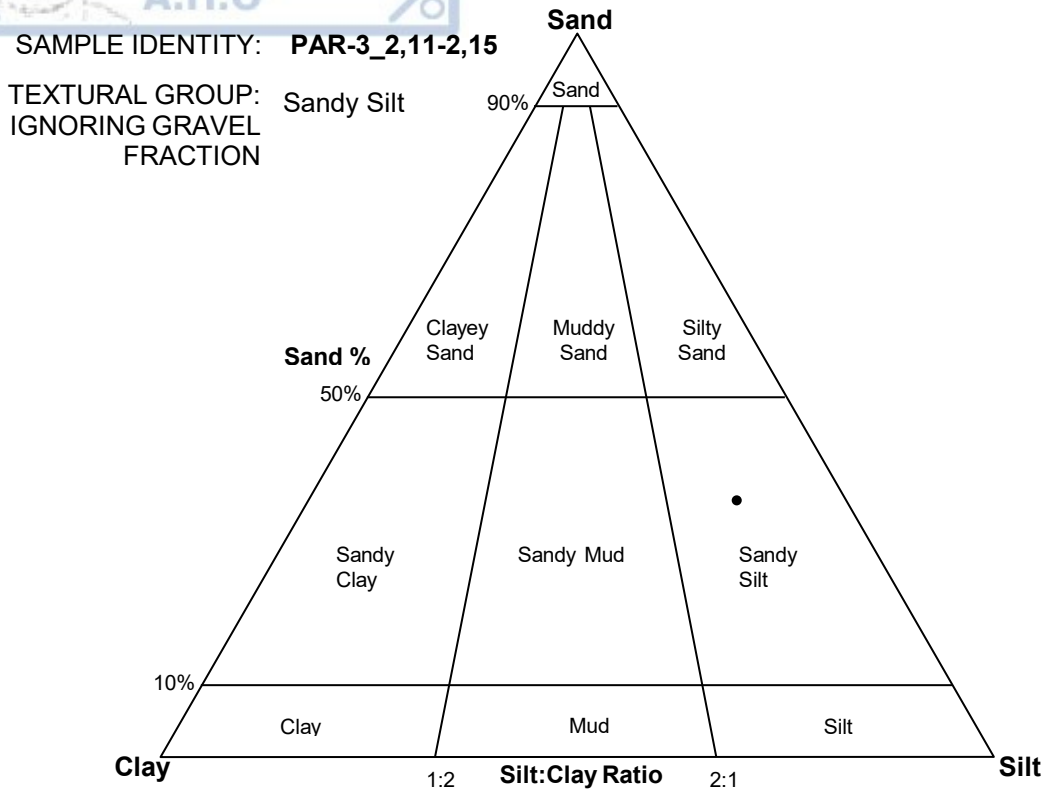
IGNORING GRAVEL
FRACTION



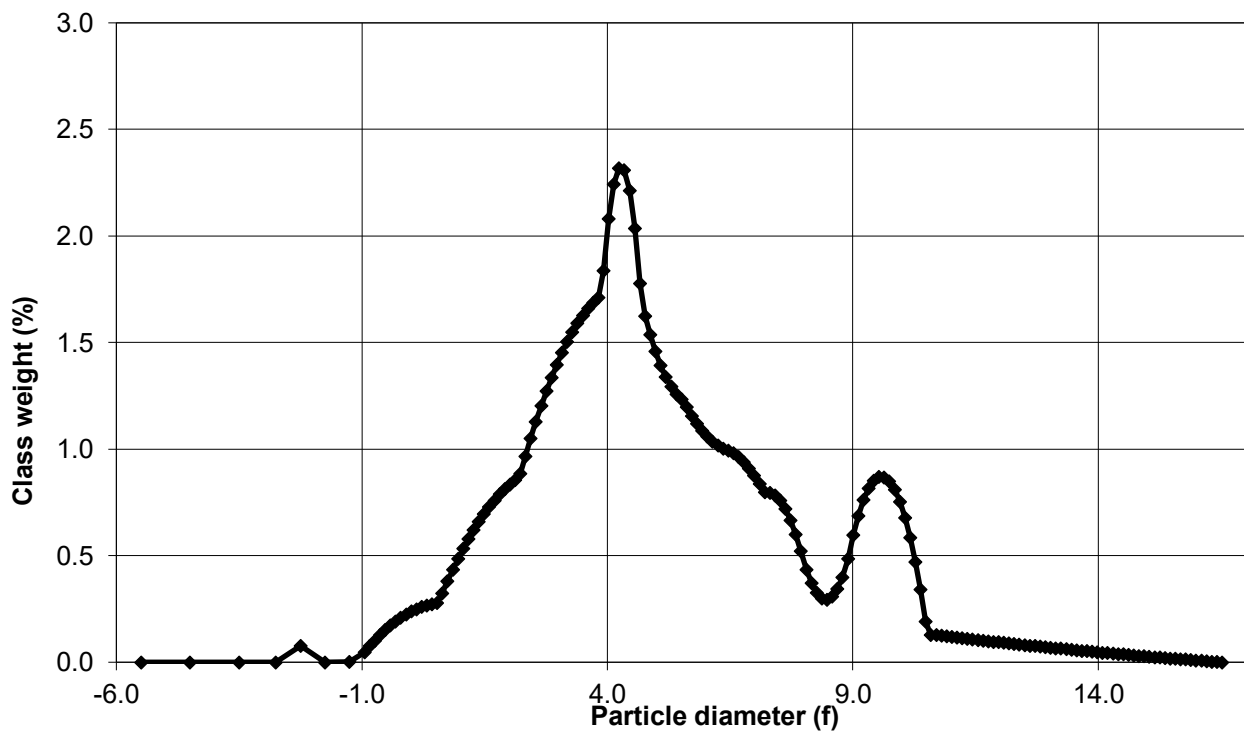
Διάγραμμα 12. Δείγμα 6 (1,81-1,85m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,359$ πολύ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,347$ λεπτόκυρτη.



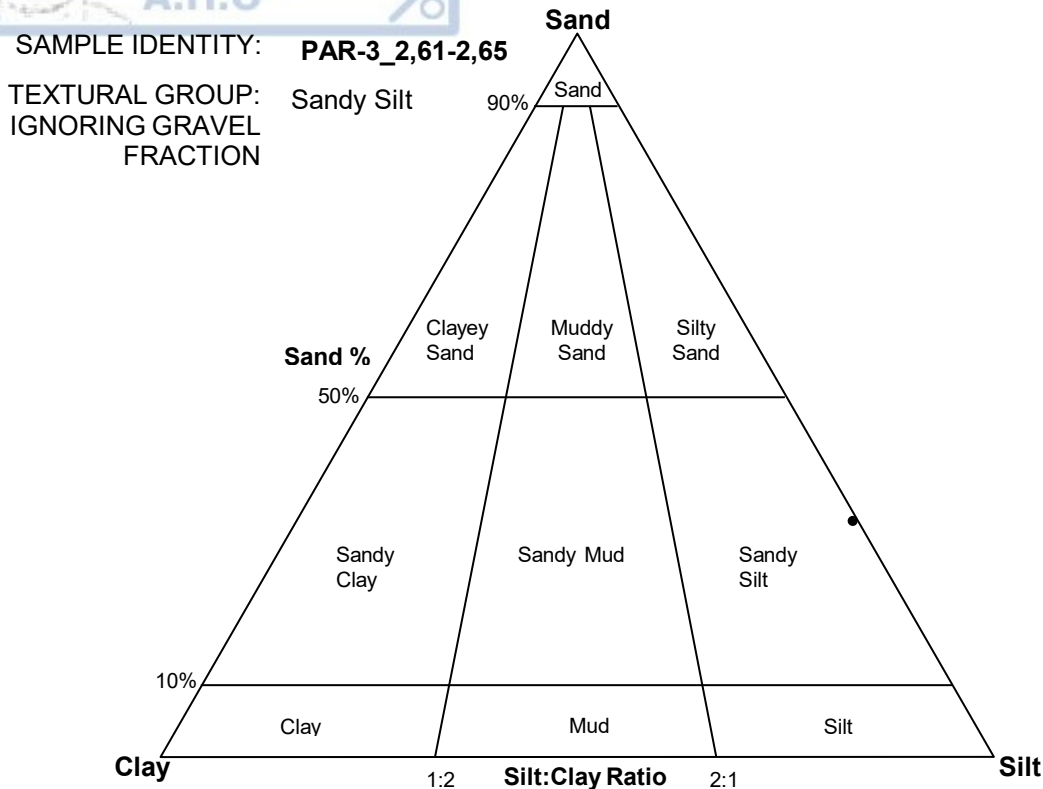
Διάγραμμα 13. Δείγμα 7 (2,11-2,15m) Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 36,6%, ιλύς: 49,9%, αργίλου: 13,2%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



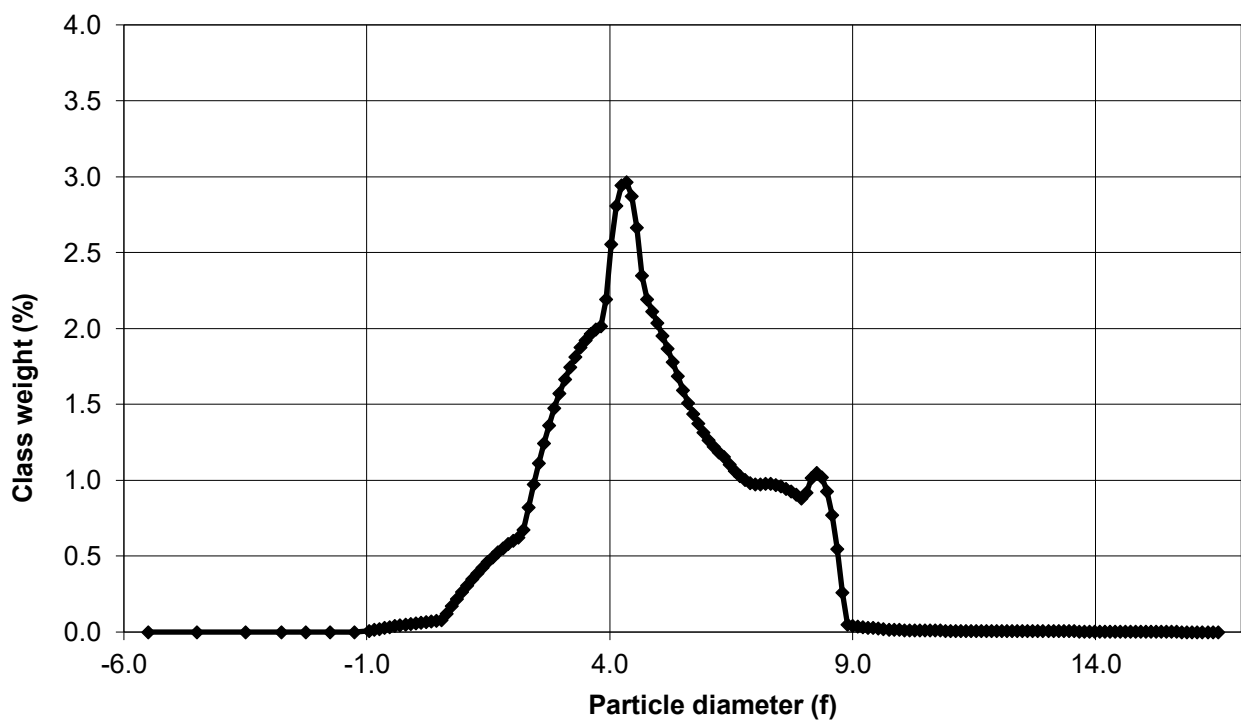
Διάγραμμα 14. Δείγμα 7 (2,11-2,15m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,233$ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,036$ μεσόκυρτη.



Διάγραμμα 15. Δείγμα 8 (2,61-2,65m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 33,8%, Ιλύς: 65,6%, Άργιλος: 0,6%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.



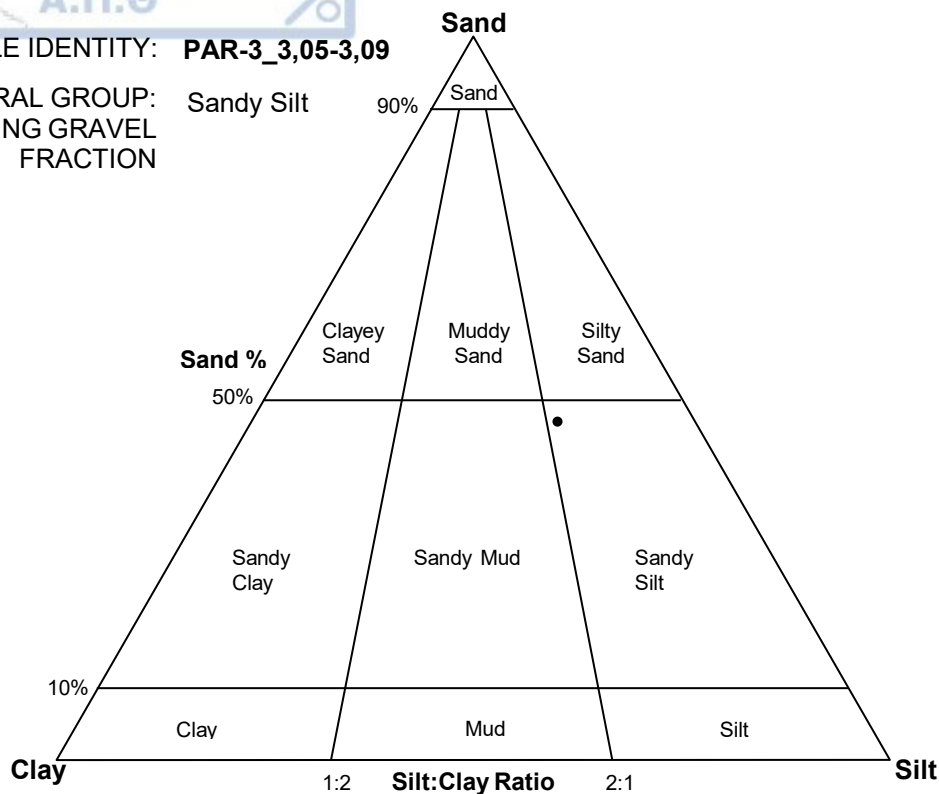
Διάγραμμα 16. Δείγμα 8 (2,61-2,65m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,171$ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,012$ μεσόκυρτη.



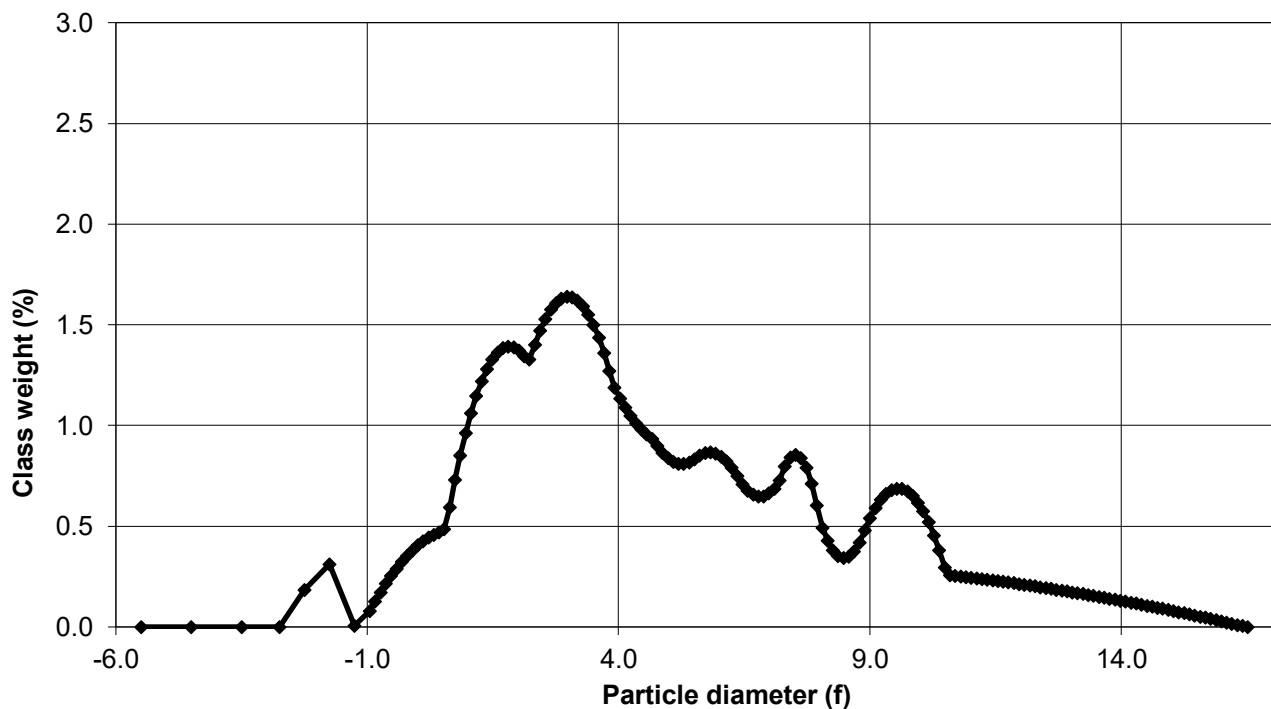
Διάγραμμα 17. Δείγμα 9 (3,05-3,09m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 47,1%, Ιλύς: 34,3%, Άργιλος: 16,3%. Χαρακτηρισμός: Αμμούχος Ιλύς.

SAMPLE IDENTITY: **PAR-3_3,05-3,09**

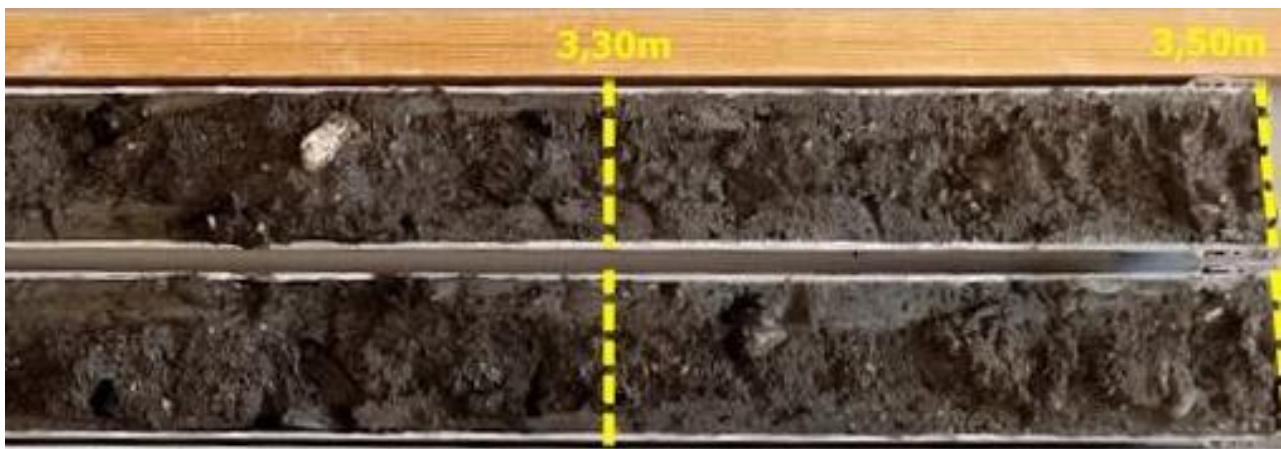
TEXTURAL GROUP: Sandy Silt
IGNORING GRAVEL FRACTION



Διάγραμμα 18. Δείγμα 9 (3,05-3,09m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,328$ πολύ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=0,953$ μεσόκυρτη.



Η τελευταία ζώνη της γεώτρησης εκτείνεται από τα 3,30m ως το τέλος της γεώτρησης στα 3,50m και σε όλη την έκτασή έχει πολύ σκούρο γκρι χρώμα (2,5Y 3/1 very dark gray) και στο κατώτερο τμήμα τη ζώνης μακροσκοπικά παρατηρείται έντονη παρουσία χαλικιών. Η ζώνη αυτή χαρακτηρίζεται ιλυούχος Άμμος και έχει της εξής αναλογίες κόκκων με βάση το δείγμα 3,35-3,39m: χαλίκια 4,8%, άμμος 87,2%, ιλύς 6,7% και άργιλος 1,3%, ενώ το μέσο μέγεθος κόκκων είναι $M=1,563\Phi$ μεσόκοκκη άμμος. Η ταξινόμηση στο δείγμα αυτό είναι κακή, οπότε μαζί με το ποσοστό της αργίλου μπορεί να χαρακτηριστεί ιστολογικά υποώριμο. Ακόμα η καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων έχει θετική λοξότητα $Sk=0,178$, περίσσεια λεπτόκοκκων, και είναι λεπτόκυρτη $\sigma=1,160$, μεγάλη συγκέντρωση κόκκων κοντά στο μέσο όρο μεγέθους. (Διάγραμμα 19 και 20)



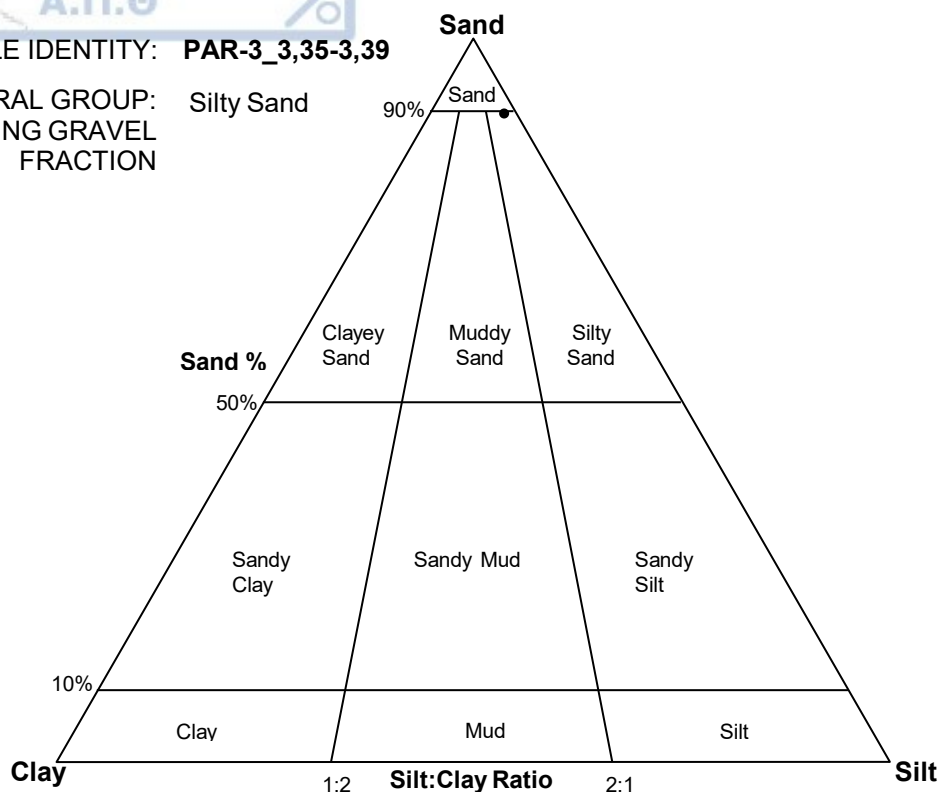
Εικόνα 14: Μέρος της γεώτρησης ΠΑΡ-3 στα 3,10-3,50, φαίνεται η Ζώνη 4 στα 3,30-3,50.

Διάγραμμα 19. Δείγμα 10 (3,35-3,39m): Τριγωνικό διάγραμμα ποσοστών άμμου: 87,2%, ιλύς: 6,7%, αργίλου: 1,3%. Χαρακτηρισμός: Ιλυούχος Άμμος.

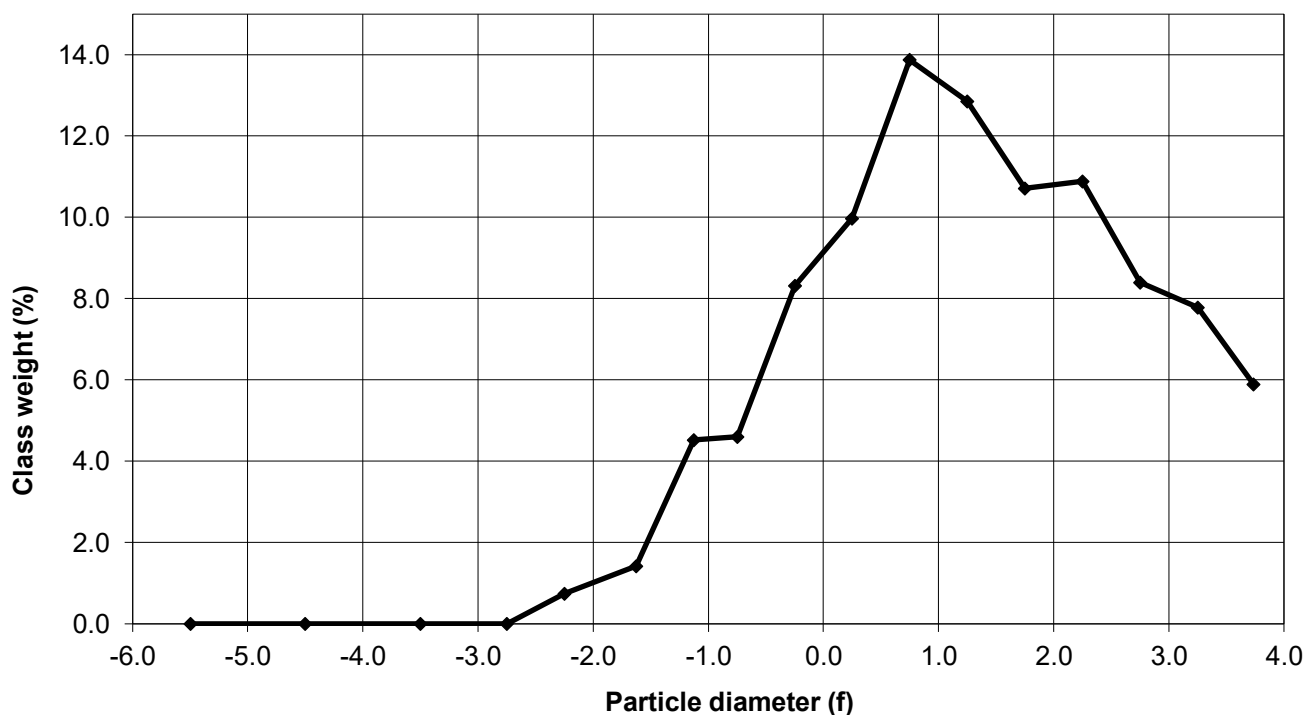
SAMPLE IDENTITY: **PAR-3_3,35-3,39**

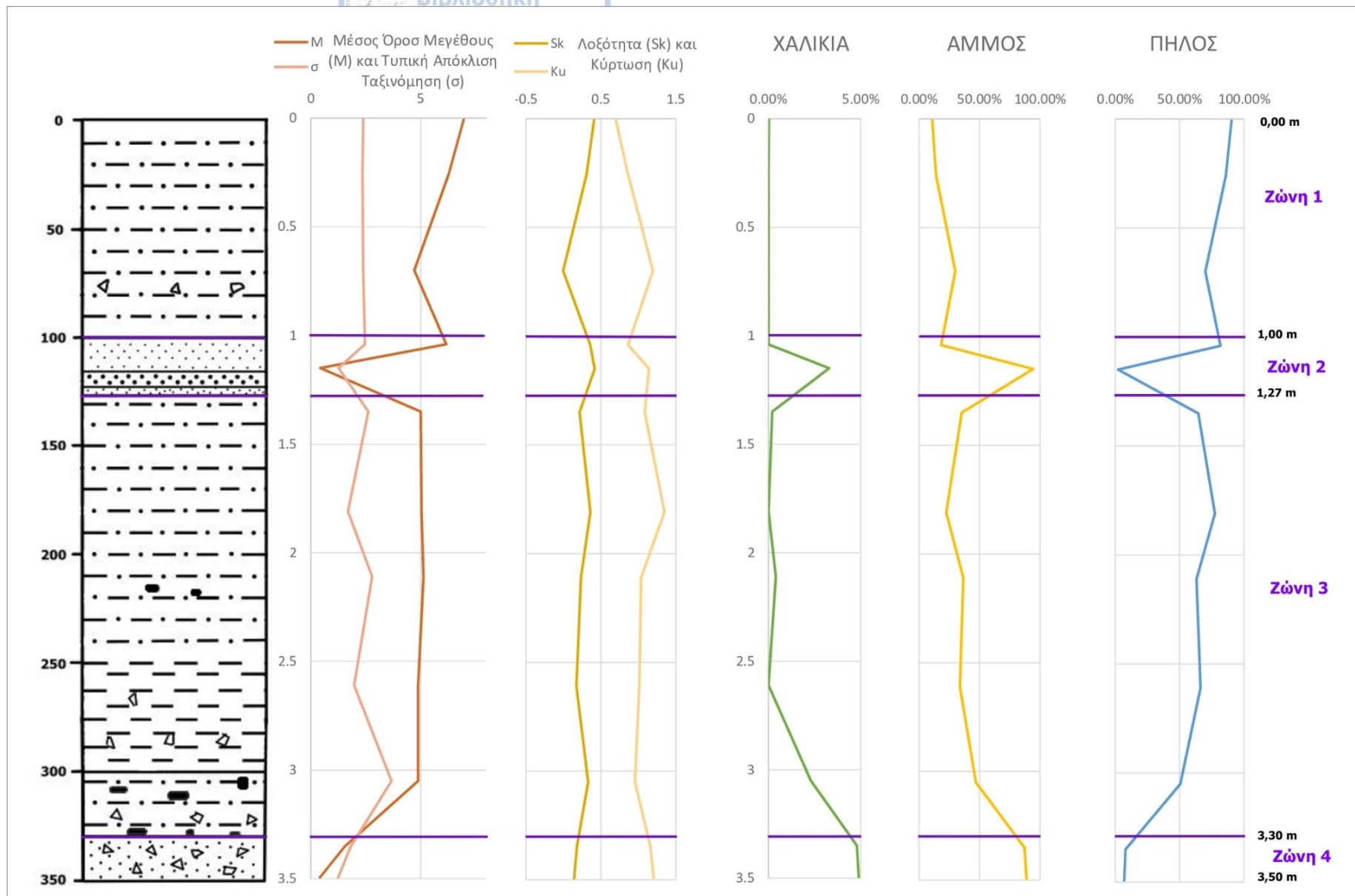
TEXTURAL GROUP: Silty Sand

IGNORING GRAVEL
FRACTION



Διάγραμμα 20. Δείγμα 10 (3,35-3,39m): Καμπύλη συχνότητας κατανομής κόκκων με λοξότητα $Sk=0,178$ θετική λοξότητα και κύρτωση $Ku=1,160$ λεπτόκυρτη.





Σχήμα 8: Σύγκριση των ζωνών της στρωματογραφίας με διαγράμματα των κοκκομετρικών παραμέτρων Μέσος Όρος Μεγέθους – Τυπική Απόκλιση και Λοξότητα – Κύρτωση, καθώς και των ποσοστών των χαλικιών, άμμου και πηλού.

Τα αποτελέσματα των ιζηματολογικών αναλύσεων υποδεικνύουν ποτάμιες διεργασίες απόθεσης στη περιοχή γύρω από τη τούμπα. Το περιβάλλον απόθεσης στην περιοχή μελέτης είναι ηπειρωτικό και συγκεκριμένα ποτάμιο περιβάλλον της λεκάνης απορροής του ποταμού Βοσπόζη.

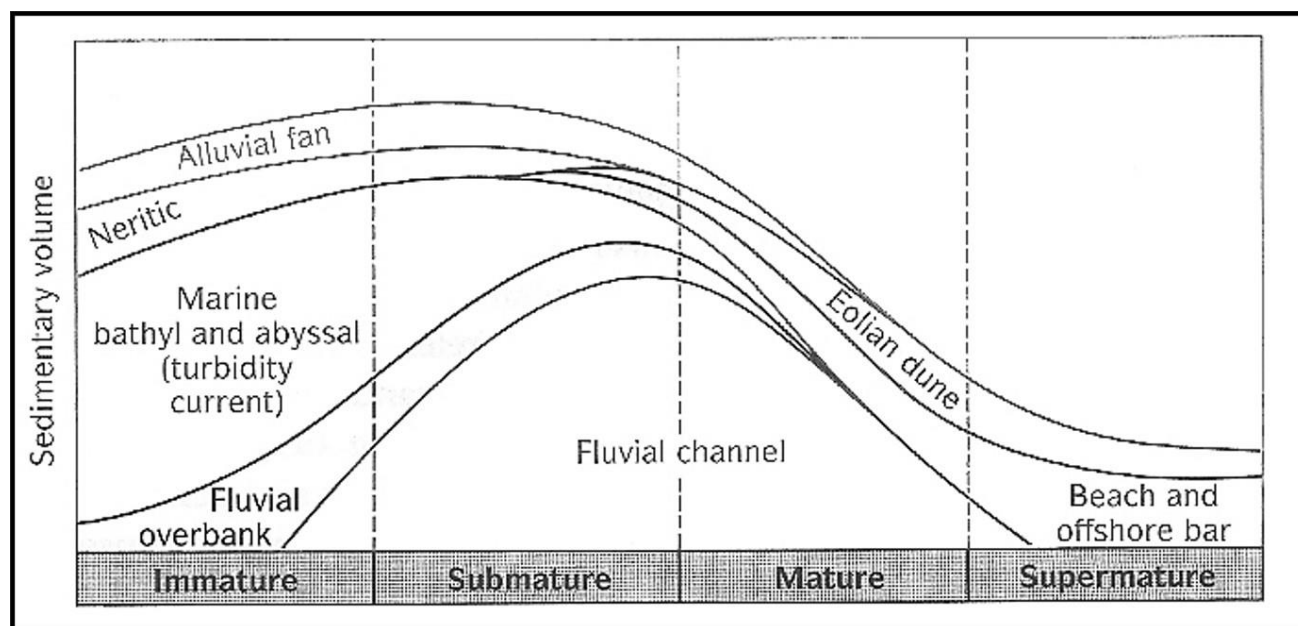
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3 και το Σχήμα 9, από την ιστολογική ωριμότητα του κάθε δείγματος είναι δυνατόν να διεξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα για το περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων. Σύμφωνα με το Folk (1951), τα ιστολογικά ανώριμα δείγματα αντιστοιχούν σε περιβάλλον απόθεσης υπερχείλιση της κοίτης, αποθέσεις πλημμυρών, ενώ τα ιστολογικά υποώριμα σε περιβάλλοντα απόθεσης στη κοίτη. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δυο αυτών συνθηκών απόθεσης έχει να κάνει με τη μεταφορική ικανότητα του ποταμού σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Η μεταφορική ικανότητα εκφράζει το μέγιστο φορτίο που μπορεί να μεταφέρει ένας ποταμός για ορισμένη παροχή. Με τη μείωση της μεταφορικής ικανότητας αυξάνεται η απόθεση. Αυτή η μείωση συνήθως συμβαδίζει με μικρότερες κλίσεις του μορφολογικού αναγλύφου και έτσι μείωση της ταχύτητας ροής του ποταμού. Το βασικό επίπεδο επηρεάζει κυρίως τη μεταφορική ικανότητα του ποταμού, καθώς η άνοδος του βασικού επιπέδου, δηλαδή η άνοδος της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας, μεταβάλλεται το προφίλ ισορροπίας με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι αποθετικές διεργασίες.

Οι αποθέσεις κοίτης (fluvial channel) σχηματίζονται σε κοίτες με αυξημένη μεταφορική ικανότητα, επομένως το υλικό που θα αποθεθεί θα είναι χονδρόκοκκο υλικό που ολισθαίνει στο πυθμένα της κοίτης, ενώ το λεπτόκοκκο θα συνεχίσει να μεταφέρεται σε αιώρηση προς τα κατάντη. Αντίστοιχα οι αποθέσεις υπερχείλισης ή πλημμυρών με μειωμένη μεταφορική ικανότητα αποτελούνται κυρίως από λεπτόκοκκη άμμο, ιλύς και άργιλο.

Από τα Πίνακα 3 που δημιουργήθηκε με βάση το Σχήμα 9, παρατηρούνται εναλλαγές των περιβαλλόντων απόθεσης από απόθεση υπερχείλισης σε απόθεση κοίτης ποταμού. Συγκεκριμένα παρατηρούνται επεισόδια υπερχείλισης της κοίτης τα οποία ακολουθούνται από φάσεις απόθεσης στη κοίτη. Οι δυο πιο αξιοσημείωτες φάσεις απόθεσης στη κοίτη είναι στη Ζώνη 2 με το δείγμα 1,15-1,20, το οποίο χαρακτηρίστηκε από το τριγωνικό διάγραμμα κατά Folk ως Άμμος και στη Ζώνη 4, δείγμα 3,35-3,39, ως ιλυούχος Άμμος. Αυτές οι δύο ζώνες λόγω των υψηλών ποσοστών τους σε χονδρόκοκκο υλικό (Ζώνη 2: 94,5% άμμος, 3,3% χαλίκια και Ζώνη 4: 87,2% άμμος, 4,8% χαλίκια) σε συνδυασμό με την ιστολογική τους ωριμότητα αποτελούν ξεκάθαρες περιπτώσεις απόθεσης σε κοίτη. Στις Ζώνες 1 και 3 η εναλλαγή μεταξύ αποθέσεων κοίτης και υπερχείλισης είναι πιο δυσδιάκριτες καθώς όλα τα δείγματα χαρακτηρίστηκαν αμμούχος Ιλύς με σημαντικότερη διαφοροποίηση στα ποσοστά

της αργίλου τα οποία δίνουν και την ιστολογική ωριμότητα. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί σε μια πιο ηπία μετάβαση μεταξύ των δύο φάσεων απόθεσης.

Εν κατακλείδι, η εναλλαγή των δύο αυτών φάσεων υποδεικνύει τη μεταβολή της ισορροπίας το ποταμού. Αυτή η μεταβολή πιθανότατα να οφείλεται στο λοφώδες ανάγλυφο της περιοχής και στη ροή του ποταμού Βοσβόζη είτε σε αλλαγές που υπέστη το βασικό πεδίο και επηρέασε τη μεταφορική ικανότητα του ποταμού.



Σχήμα 9: Ιστολογική ωριμότητα σε σχέση με τα ιζηματογενή περιβάλλοντα κατά Folk 1951 (από Kendall 2005)

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	σ - Ταξινόμηση	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΩΡΙΜΟΤΗΤΑ	Περιβάλλον
0,26 – 0,30	2,347	16,9%	Ανώριμο	Fluvial overbank
0,70 – 0,74	2,383	1,7%	Υποώριμο	Fluvial channel
1,04 – 1,08	2,464	19,6%	Ανώριμο	Fluvial overbank
1,15 – 1,20	1,261	0,4%	Υποώριμο	Fluvial channel
1,35 – 1,39	2,613	8,1%	Ανώριμο	Fluvial overbank
1,81 – 1,85	1,688	3,8%	Υποώριμο	Fluvial channel
2,11 – 2,15	2,789	13,2%	Ανώριμο	Fluvial overbank
2,61 – 2,65	1,967	0,6%	Υποώριμο	Fluvial channel
3,05 – 3,09	3,670	16,3%	Ανώριμο	Fluvial overbank
3,35 – 3,39	1,821	1,3%	Υποώριμο	Fluvial channel

Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση του κάθε δείγματος σε περιβάλλοντα ιζηματογένεσης βάση της ιστολογικής τους ωριμότητας (από τα Σχήματα 5 και 9). Με πιο έντονες γραμμές χωρίζονται τα δείγματα ανά ζώνη.



6. Βιβλιογραφία

ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ, Κ. (2011): Πρόταση δημιουργίας πρωτοκόλλου κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου (πιπέτας) με υποδεκαπλάσιο χρόνο ανάλυσης. *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ.ΧLIV*, σελ.19-28.

ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ. (2011): Φυσική Γεωγραφία, Εκδόσεις Δίσιγμα, σελ.158, Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας

ΚΑΡΑΔΗΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ, (2016): Γεωμορφολογικές και περιβαλλοντικές μεταβολές της λίμνης Ισμαρίδας. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Α.Π.Θ. σελ.174.

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ Μ., (2010): Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη τη Ελλάδα. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ, (2012): Γεωτεχνική διερεύνηση αργιλικών λεπτόκοκκων εδαφών στην περιοχή της Κομοτηνής. Διπλωματική Εργασία Α.Π.Θ.74σελ.

ΣΙΓΟΥΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Λ. (1997): Νομός Ροδόπης: Ιστορία - Αρχαιολογία - Γεωγραφία - Ανθρωπογεωγραφία - Πολιτισμός. Κομοτηνή: Εταιρία Παιδαγωγικών Επιστημών Κομοτηνής. [ISBN 960-85512-6-9](https://www.isbn.gr/960-85512-6-9).

ΤΣΙΑΟΥΣ ΕΣΡΑ ΑΛΗ, (2013): Υδατικοί πόροι της Θράκης. Διπλωματική Εργασία Α.Π.Θ. σελ.73

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α & ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (2010): Ιζηματολογία, *Εκδόσεις Τζιόλα*, σελ. 358. Α.Π.Θ. Τμήμα Γεωλογίας

BAKALAKIS, G. & SAKELLARIOU, A. (1981): Paradimi. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern

BLOTT J. S. (2008): GRADISTAT Version 6.0 A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer.

KENDALL, (2005): Lecture1, University of South Carolina

ΙΣΤΟΣ

URL1: <https://www.komotini.gr/perivalon/fysiko-perivallon>

URL2: <http://wp.me/p4otm4-82>

URL3:<https://web.archive.org/web/20120712052043/http://eox-rodopi.gr/frontend/articles.php?cid=59>

URL4: <https://www.geol.umd.edu/~jmerck/geol342/lectures/06b.html>

URL5: <https://mapfarm.he.duth.gr/>

7. Παράρτημα

Δείγμα	Βάθος (m)	Βάρος Ποτηριού (gr)	Βάρος Δείγματος (gr) μετά το Perhydrol
1	0,26-0,30	32,029	35,65
2	0,70-0,74	101,49	28,57
3	1,04-1,08	23,772	33,889
4	1,15-1,20	99,85	36,43
5	1,35-1,39	85,77	32,25
6	1,81-1,85	103,88	30,68
7	2,11-2,15	85,69	33,51
8	2,61-2,65	94,46	38,39
9	3,05-3,09	94,61	32,62
10	3,35-3,39	93,05	41,74

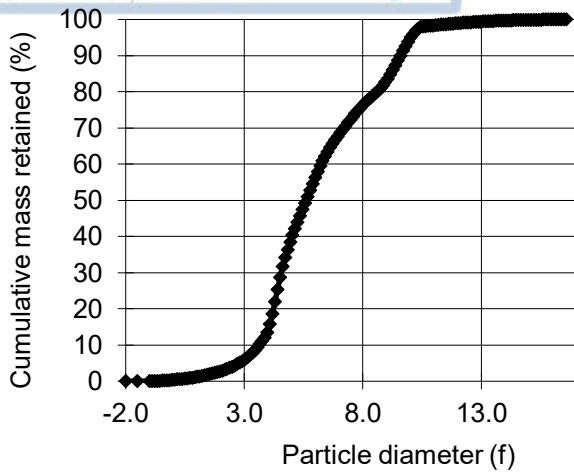
Πίνακας 4: Βάρη ποτηριών ζέσεως και καθαρό βάρος των δειγμάτων μετά τη διάλυση των οργανικών με perhydrol.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ	ΧΑΛΙΚΙΑ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ FOLK
0,26 – 0,30	0,0%	14,1%	69,0%	16,9%	Αμμώδης Ιλύς
0,70 – 0,74	0,0%	30,0%	68,3%	1,7%	Αμμώδης Ιλύς
1,04 – 1,08	0,0%	18,3%	62,1%	19,6%	Αμμώδης Ιλύς
1,15 – 1,20	3,3%	94,5%	1,8%	0,4%	Άμμος
1,35 – 1,39	0,2%	35,3%	56,4%	8,1%	Αμμώδης Ιλύς
1,81 – 1,85	0,0%	22,6%	73,6%	3,8%	Αμμώδης Ιλύς
2,11 – 2,15	0,4%	36,6%	49,9%	13,2%	Αμμώδης Ιλύς
2,61 – 2,65	0,0%	33,8%	65,6%	0,6%	Αμμώδης Ιλύς
3,05 – 3,09	2,3%	47,1%	34,3%	16,3%	Αμμώδης Ιλύς
3,35 – 3,39	4,8%	87,2%	6,7%	1,3%	Ιλυσούχος Άμμος

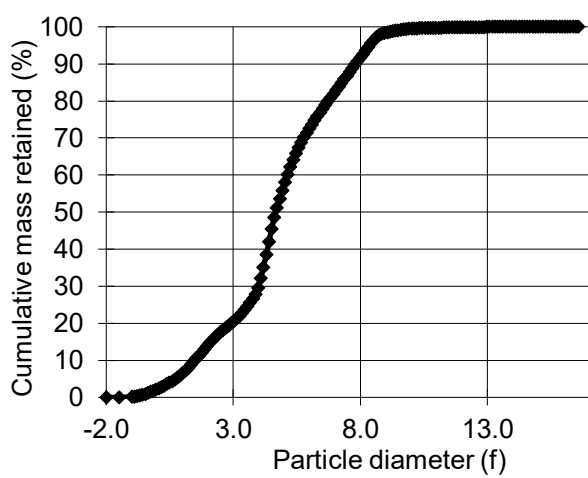
Πίνακας 5: Ποσοστά χαλικιών, άμμου, ιλύς και αργίλου και ονομασία δείγματος βάση των ποσοστών κατά Folk από τα τριγωνικά διαγράμματα

Αθροιστικές καμπύλες δειγμάτων - Αθροιστικό βάρος(%) προς Μέγεθος(Φ)

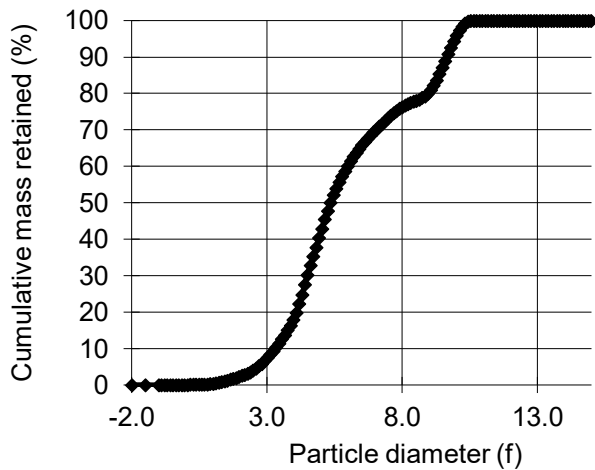
Δείγμα 1 (0,26-0,30)



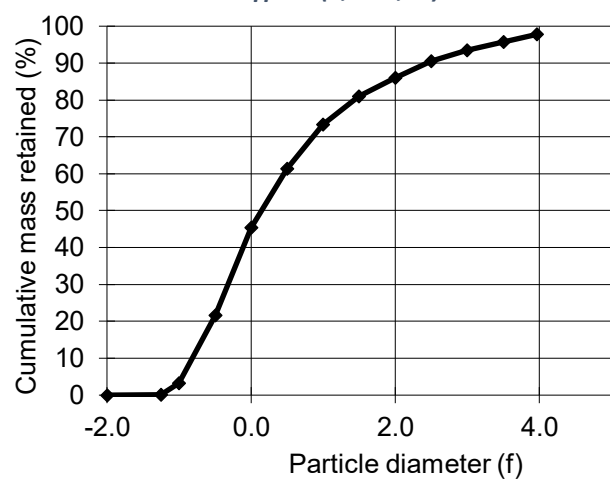
Δείγμα 2 (0,70-0,74)



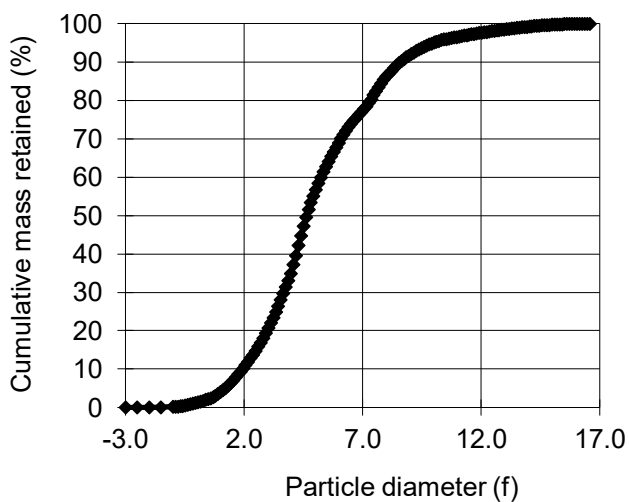
Δείγμα 3 (1,04-1,08)



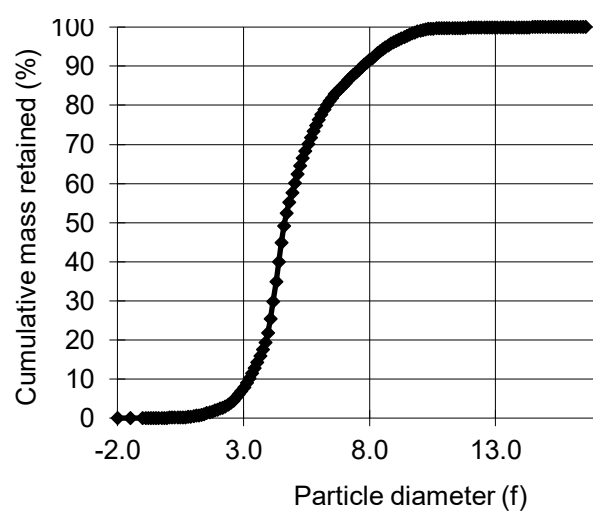
Δείγμα 4 (1,15-1,20)



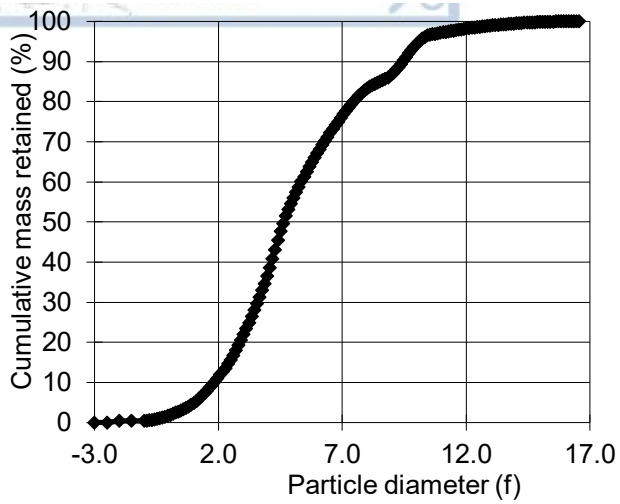
Δείγμα 5 (1,35-1,39)



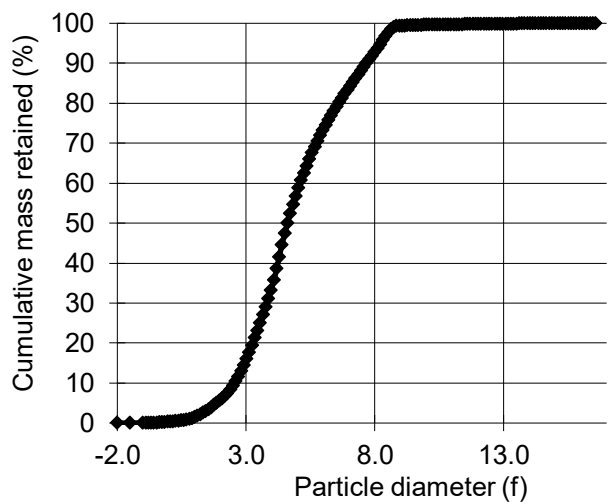
Δείγμα 6 (1,81-1,85)



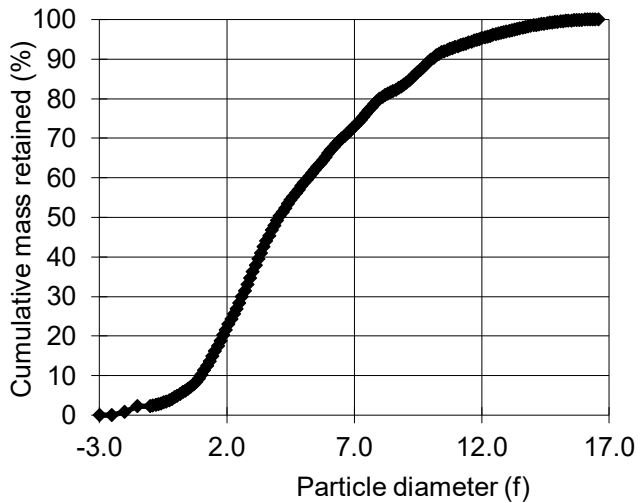
Δείγμα 7 (2,11-2,15)



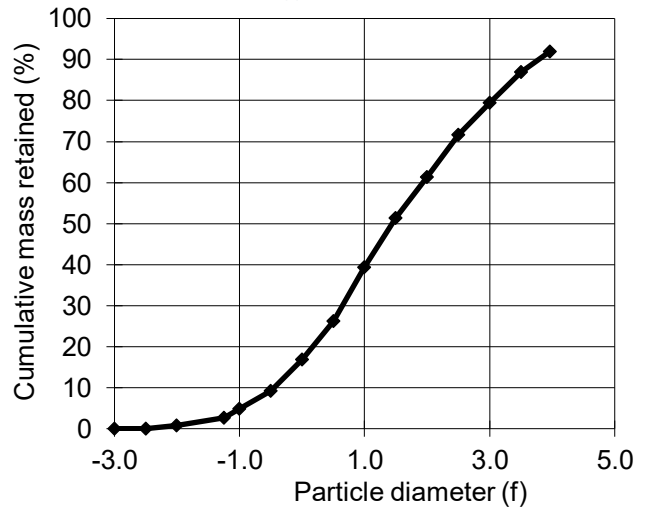
Δείγμα 8 (2,61-2,65)



Δείγμα 9 (3,05-3,09)



Δείγμα 10 (3,35-3,39)



Εικόνες της γεώτρηση ΠΑΡ-3 από την επιφάνεια ως τα 3,50m



