

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Φυσικής Γεωγραφίας

Ιζηματολογικά χαρακτηριστικά παράκτιων περιοχών και πρόσφατες μεταβολές της λίμνης Βεγορίτιδας.



Διπλωματική Εργασία

Χατζημιχάλης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων καθηγητής : Κωνσταντίνος Αλμπανάκης

Θεσσαλονίκη 2011

Στη μνήμη του θείου και νονού μου Στράτου.

Πίνακας περιεχομένων

1.1 Εισαγωγικά	1
1.2 Ιστορικά στοιχεία για τη λίμνη	1
1.3 Γεωγραφικά-Μορφολογικά στοιχεία της περιοχής	2
1.4 Γεωτεκτονική τοποθέτηση της περιοχής της λίμνης	3
1.5 Λιθοστρωματογραφία	3
1.6 Λιμνολογία.....	6
1.6.1 Είδη λιμνών.....	7
1.6.2 Λίγα λόγια για το φαινόμενο του Karst	8
1.7 Τεκτονική δομή και δημιουργία της λίμνης	9
1.8 Χλωρίδα-Πανίδα.....	11
1.9 Ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ανθρώπινη ανάπτυξη στη λίμνη Βεγορίτιδα	12
1.10 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας και ανθρωπογενείς επεμβάσεις	13
1.11 Κλιματολογικά στοιχεία	13
1.12 Υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία της Λίμνης και της ευρύτερης περιοχής.	14
1.13 Γενικά υδρολογικά στοιχεία	16
1.13.1 Υπόγεια καρστικά ύδατα που περιβάλλουν τη λίμνη Βεγορίτιδα και σχετίζονται με αυτήν.....	18
1.13.2 Υδραυλική σχέση μεταξύ της Βεγορίτιδας και των υπογείων καρστικών υδάτων.	19
1.13.3 Εκφότιση της λίμνης Βεγορίτιδας και του καρστικού υδροφορέα.....	21
1.13.4 Το ισοζύγιο της λίμνης Βεγορίτιδας	22
2.1 Μεθοδολογία της εργασίας πεδίου και περιγραφή της τοπογραφίας της περιοχής.....	23
2.2 Μεθοδολογία της εργασίας στον υπολογιστή.....	24
2.3 Μεθοδολογία εργαστηρίου	25
2.3.1 Μηχανική ανάλυση των δειγμάτων χονδρόκοκκων υλικών. Μέθοδος Κοσκίνισματος για τα δείγματα #3, #4, #5.	25
2.3.2 Μηχανική ανάλυση δείγματος με λεπτόκοκκα υλικά. Δείγμα #6. Περιγραφή μεθόδου..	26
2.3.3 Περιγραφή εργασίας πεδίου και διαδρομές που ακολουθήθηκαν	30
3.1 Αποτελέσματα εργασίας στον υπολογιστή και επεξεργασίας των δεδομένων πεδίου	41
3.2 Τα κύρια ρέματα της λίμνης και η συλλογή δειγμάτων από αυτά.....	50
3.3 Αποτελέσματα μεθοδολογίας εργαστηρίου	52
4 Συμπεράσματα – Συζήτηση	79
5 Βιβλιογραφία	80

1.1 Εισαγωγικά

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας που ανατέθηκε σε εμένα από τον αναπληρωτή καθηγητή του γεωλογικού τμήματος του Α.Π.Θ. κύριο Αλμπανάκη Κωνσταντίνο. Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή της μεταβολής της ακτογραμμής της λίμνης Βεγορίτιδας από την εποχή της τελευταίας εργασίας που εκπονήθηκε σε προπτυχιακό επίπεδο για το σκοπό αυτό, από τους Ελένη Αντωνοπούλου και Αστιγίκ Γεραμιάν το 1992, μέχρι και τα τέλη του καλοκαιριού του 2005 οπότε και έγιναν οι μετρήσεις για τον καθορισμό της εικόνας που παρουσιάζει η λίμνη μετά από διάστημα δεκατριών ετών. Η εργασία έγινε υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή του γεωλογικού τμήματος του Α.Π.Θ. κυρίου Αλμπανάκη Κωνσταντίνου τον οποίο και ευχαριστώ για τη βοήθειά του. Μεγάλη βοήθεια έλαβα επίσης από τον εκλιπόντα σήμερα καθηγητή κύριο Βαβλιάκη Ελευθέριο και τον επίσης καθηγητή του γεωλογικού τμήματος του Α.Π.Θ. κύριο Σπυρίδωνα Παυλίδη που με προμήθευσαν με υλικό και σχετικές με το αντικείμενο εργασίες που έγιναν στο παρελθόν Αλλά και από τον γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης κύριο Άλκη Στάμο.



Εικόνα 1 : Άποψη της Βεγορίτιδας κοντά στο χωριό Άρνισσα, την αυγή της πρώτης μέρας της χαρτογράφησης (Αύγουστος 2005)

1.2 Ιστορικά στοιχεία για τη λίμνη

Οι πρώτες συστηματικές καταγραφές για την στάθμη της λίμνης ξεκίνησαν το έτος 1896. Παρόλα αυτά υπάρχουν και παλαιότερες μαρτυρίες και καταγραφές από περιηγητές ή και σε κάποιες περιπτώσεις, από μελετητές και επιστήμονες. Η λίμνη, στη διάρκεια της ύπαρξής της, έχει να επιδείξει στο παρελθόν μεγάλες μεταβολές στη στάθμη της που οφείλονταν κυρίως σε κλιματολογικούς παράγοντες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα άλλοτε να έχει αξιόλογη έκταση που προσέλκυε το ενδιαφέρον και η ύπαρξή της καταγράφονταν και άλλοτε η έκτασή της να είναι τόσο μικρή που δεν κρίνονταν άξια αναφοράς. Οι πρώτες αναφορές για την περιοχή προέρχονται από Βυζαντινούς ιστορικούς και χρονικογράφους. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται από τον Σκυλίτζη ότι στο Μαρμάρι ιππαστί της Εγνατίας οδού κοντά στον

λεγόμενο Όστροβο, τη σημερινή Άρνισσα δηλαδή στα Βόρεια της λίμνης, ο εξεγερμένος στρατηγός Μανιάκης την άνοιξη του 1043 μ.Χ. κέρδισε μάχη απέναντι στα αυτοκρατορικά στρατεύματα. Αναφορές κάνουν επίσης ο Ψελλός και ο Ατταλειάτης. Να σημειωθεί εδώ ότι Όστροβος σημαίνει στα σλαβικά νησί, γεγονός που μπορεί να υπονοεί την ύπαρξη ακόμη από εκείνη την εποχή νησιού μέσα στη λίμνη. Ο Μερκάτορας σε χάρτη του το 1585 σημειώνει την ύπαρξη της λίμνης. Η ύπαρξή της βεβαιώνεται και από τον γιατρό και περιηγητή Edward Brown το 1669. Το 1801 παρόλα αυτά ο Τόζερ υποστηρίζει ότι στην περιοχή δεν υπάρχει λίμνη, που ίσως να σημαίνει ότι η έκτασή της είχε μειωθεί δραματικά. Το 1806 ο συνταγματάρχης W. Martinleake, παρομοιάζει τη λίμνη σαν μια λωρίδα νερού, που χρειάζεται κανείς μια ώρα για να τη διασχίσει. Το 1858 σχεδόν πενήντα χρόνια μετά, ο Αυστριακός Von Hoken μας πληροφορεί ότι η κορυφή του τζαμιού επάνω στο νησάκι της Άρνισσας και που σήμερα βρίσκεται μέσα στη στεριά, ήταν στην επιφάνεια του νερού. Κοντά στο χωριό Λακκιά εξάλλου ανακαλύφθηκε η βυθισμένη πόλη της Λευαίας, γεγονός που κάνει φανερό το μέγεθος των μεταβολών που παρουσίασε η λίμνη στη διάρκεια ζωής της. Υπάρχουν επίσης κάποιες ενδείξεις, αν και όχι ισχυρές, ότι κάποιο τμήμα της Εγνατίας οδού περνούσε μέσα από τη λίμνη, όσο αυτή περιοριζόταν στο βορειοανατολικό της τμήμα. Σ' αυτό συνηγορεί και η ανακάλυψη βόρεια του χωριού Πέτρες ενός δρόμου που εικάζεται ότι πρόκειται για την Εγνατία, όπως και η ανεύρεση πλάκας επί της Εγνατίας οδού που ορίζει την απόσταση από εκεί μέχρι την Βοκερία σε εκατό στάδια. Η Βοκερία ήταν μια αρχαία πόλις, η οποία βρίσκονταν στο κέντρο της σημερινής λίμνης (Χωραφάς 1957).

1.3 Γεωγραφικά-Μορφολογικά στοιχεία της περιοχής

Η λίμνη Βεγορίτιδα είναι μια από τις μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας και η βαθύτερη που βρίσκεται εντός των Ελληνικών συνόρων. Βρίσκεται στην βόρεια Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της δυτικής Μακεδονίας. Στην ευρύτερη γεωγραφική ενότητα όπου βρίσκεται η Βεγορίτις υπάρχουν και άλλες λίμνες όπως αυτή των Πετρών της Ζάζαρης και της Χειμαδίτιδας. Γενικά σε όλη την Βορειοδυτική Ελλάδα εντοπίζονται οι περισσότερες και από τις μεγαλύτερες λίμνες της χώρας μας (Παμβώτιδα, Ορεστιάδα της Καστοριάς, Πρέσπες κ.λ.π.). Διοικητικά η λίμνη παλαιότερα μοιράζονταν ανάμεσα στους νομούς Πέλλας, Φλώρινας και Κοζάνης. Σήμερα μετά την μεταρρύθμιση του Καλλικράτη τη λίμνη μοιράζονται οι περιφέρειες Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας.

Η λίμνη περιβάλλεται από μεγάλους ορεινούς όγκους που δημιουργούν ένα λεκανοπέδιο, μια κλειστή ημιορεινή λεκάνη. Ανάμεσα στους ορεινούς όγκους ξεχωρίζει το όρος Βόρας, που με τα 2524 μέτρα του είναι το τρίτο υψηλότερο βουνό στην Ελλάδα, και δεσπόζει στα βορειοδυτικά της λίμνης με τον όγκο του. Στα νοτιοανατολικά της Βεγορίτιδας και παράλληλα προς την διεύθυνσή της βρίσκεται το όρος Βέρμιο (2052 μέτρα) φυσικό όριο του λεκανοπεδίου με την Μακεδονική πεδιάδα. Στα νοτιοδυτικά συναντούμε το όρος Άσκιο ή Σινιάτσικο (2111 μέτρα). Τα βουνά αυτά ορίζουν ένα μεγαλύτερο λεκανοπέδιο το λεκανοπέδιο της Πτολεμαΐδας, τμήμα του οποίου αποτελεί και η λεκάνη της Βεγορίτιδας.

Η περιοχή του λεκανοπεδίου της Πτολεμαΐδας είναι μια επιμήκης λεκάνη, που ξεκινά από το μοναστήρι των Σκοπίων (Bitola) και μέσω της Φλώρινας, του Αμυνταίου και της Πτολεμαΐδας φθάνει ως την Κοζάνη με μήκος που αγγίζει περίπου τα 100 χιλιόμετρα από το πιο βόρειο κομμάτι της στα Σκόπια, έως και τα προ-όρη της Κοζάνης και με μέσο μήκος τα 15 χιλιόμετρα (Παυλίδης 1985). Το μέσο απόλυτο υψόμετρο του λεκανοπεδίου είναι 600 μέτρα και έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Όπως ήδη αναφέρθηκε η λίμνη Βεγορίτιδα αναπτύσσεται ανάμεσα στα όρη Βόρας και Βέρμιο. Η ανάπτυξή της είναι αυτή ενός σχεδόν ανεξάρτητου τεκτονικού βυθίσματος, περίπου καθέτου προς την διεύθυνση της μεγάλης επιμήκους λεκάνης.

Στο νότο η λεκάνη κλείνει από τις λοφοσειρές Δρέπανου-Κοζάνης που αναπτύσσονται μεταξύ των ορεινών όγκων του Βερμίου και του Άσκιου.

Στο σύνολό της η λεκάνη παρουσιάζει πολλά εξάρματα και λόφο-σειρές που την κάνουν να μην εμφανίζεται ενιαία και τη χωρίζουν σε επιμέρους υπολεκάνες. Στην περιοχή της λίμνης ξεχωρίζουν τα εξάρματα του Κλειδιού-Ξινού νερού-Αετού, το οποίο χωρίζει το βόρειο τμήμα που καθορίζεται σαν λεκάνη Φλώρινας και το νότιο τμήμα που ονομάζεται σαν λεκάνη Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας. Η σειρά αυτή των λόφων Κλειδιού-Ξινού νερού-Αετού έχει μέγιστο υψόμετρο 900 μέτρα .

Άλλο εξάρμα στην περιοχή είναι αυτό της Βεγόρας-Νεάπολης στα νότια της λίμνης που εκτείνεται μέχρι τους λόφους του χωριού Σωτήρας και διαχωρίζει τις μικρότερες υπολεκάνες των Πετρών-Αμυνταίου από εκείνη της Βεγορίτιδας-Βεγόρας.

Οι τέσσερις λίμνες Βεγορίτιδας, Πετρών, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, αναπτύσσονται σε συμμετρική διάταξη ως αποτέλεσμα του νεότερου τεκτονισμού όπως θα δούμε παρακάτω.

1.4 Γεωτεκτονική τοποθέτηση της περιοχής της λίμνης

Η περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας τοποθετείται γεωλογικά στον ευρύτερο χώρο της Πελαγονικής ζώνης, η οποία συνίσταται από παλαιοζωϊκά και προπαλαιοζωϊκά κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα που σχηματίζουν μια συμπαγή μάζα, καθώς επίσης και από το Μεσοζωϊκό κάλυμμα της ζώνης αυτής. Η Πελαγονική ζώνη εκτείνεται σαν μια επιμήκης ζώνη ΒΒΔ-ΝΝΑ διευθύνσεως που αρχίζει νότια των Σκοπίων και διασχίζοντας την Μακεδονία και τη Θεσσαλία, δηλαδή τους ορεινούς όγκους των Βόρα, Βαρνούντα, Βέρνου, Άσκιου, Πιερίων, Πηλίου, Ανατολικής Όθρης, φθάνει μέχρι τη βόρεια Εύβοια και καταλήγει στα νησιά Σκιάθο και Σκόπελο.

1.5 Λιθοστρωματογραφία

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1985), η Πελαγονική ζώνη συγκροτείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τους γνευσιωμένους γρανίτες, τα ημιμεταμορφωμένα Περμο-Τριαδικά πετρώματα, τα δυο ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού, τους οφειολίθους και τα Άνω-Κρητιδικά επικλυσιογενή ιζήματα. (Μουντράκης)

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο θεωρείται ότι αποτελείται από παράλληλες ακολουθίες ενός κοινού υποβάθρου, οι οποίες έχουν παρόμοια λιθολογική ανάπτυξη και οι οποίες κρυσταλλώθηκαν σε παρόμοιες συνθήκες κατά το Παλαιοζωϊκό ή και παλαιότερα στο Προκάμβριο. Αποτελείται από γνεύσιους, αμφιβολίτες, σχιστόλιθους, σε διάφορες μορφές και με εναλλαγές μεταξύ τους. Η μεταμόρφωσή του έγινε σε συνθήκες βαθύτερες της πρασινοσχιστολιθικής φάσης, έως τις ανώτερες της αμφιβολιτικής και έλαβε χώρα στο Παλαιοζωϊκό, πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Εμφανίσεις έχουμε κοντά στη λίμνη στο Βόρα.

Οι γνευσιωμένοι γρανίτες παρατηρούνται υπό την μορφή μεγάλων γρανιτικών όγκων. Είναι μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο, έχουν προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης και έχουν ηλικία 300 εκατομμυρίων ετών. Εντοπίζονται στα δυτικά κυρίως της ζώνης, μακριά από τη λίμνη.

Οι περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες αποτέθηκαν πάνω από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο και τους γρανίτες και έχουν πάχος μέχρι και 200 μέτρα. Απέτεθηκαν στο Πέρμιο-Τριαδικό και μεταμορφώθηκαν στη συνέχεια μαζί με ηφαιστειακά υλικά κατά την έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα του Άνω Κρητιδικού – Ιουρασικού. Αποτελούνται από φυλλίτες μετά-πελίτες μετά-αρκόζες, χλωριτικούς και σερικιτικούς σχιστόλιθους, μετά-ψαμμίτες, χαλαζιακά μετά-κροκκαλοπαγή, αλλεπάλληλες παρεμβολές φακών ερυθροπών και τεφρών ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων και λατυποπαγών

ασβεστολίθων, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μετά-ρυόλιθοι και μετά-τόφφοι. Στην περιοχή ενδιαφέροντος μας δεν υπάρχει.

Τα ανθρακικά καλύμματα του Τριαδικού – Ιουρασικού, που προέρχονται από την κύρια ιζηματογένεση της Πελαγονικής και που με τη σειρά της είναι νηριτική, ανθρακική στη διάρκεια του Τριαδικού – Ιουρασικού και τα πετρώματα της καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της ζώνης. Είναι τα πετρώματα μέσα στα οποία φιλοξενείται η λίμνη Βεγορίτιδα και για το λόγο αυτό θα σταθούμε λίγο περισσότερο σε αυτά.

Έρευνες του Μουντράκη (1983, 1984) έδειξαν ότι δυο χωριστά ανθρακικά καλύμματα αποτέθηκαν στα δυο περιθώρια της Πελαγονικής ζώνης, στο Ανατολικό και στο Δυτικό, στη διάρκεια του Τριαδικού – Ιουρασικού.

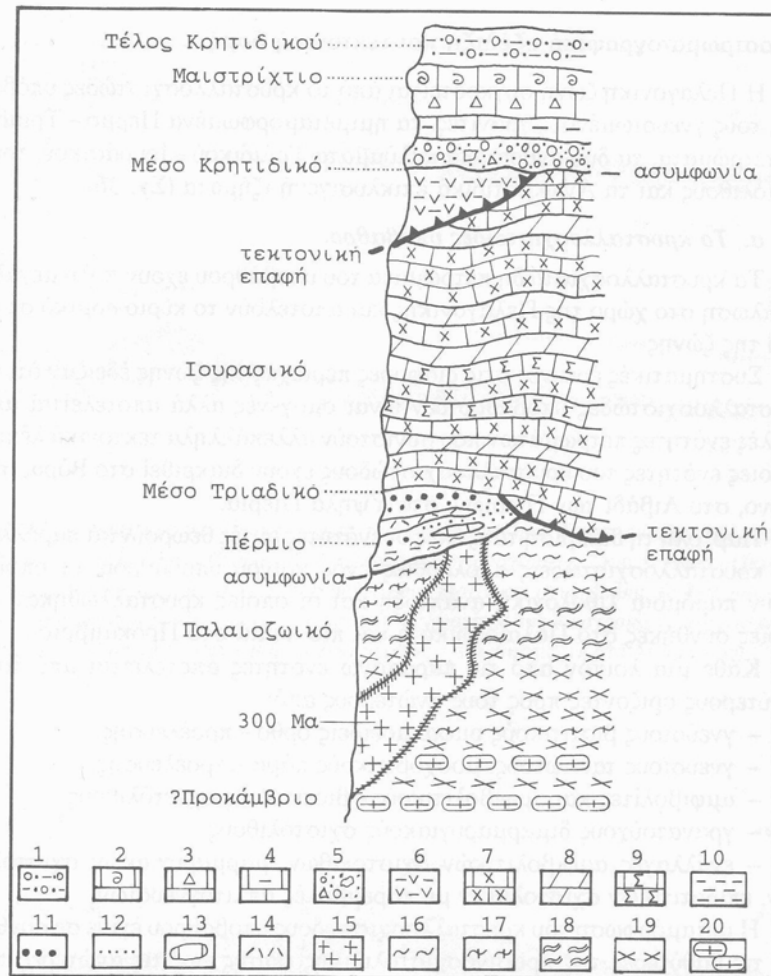
Το ανατολικό τμήμα στην περιοχή του οποίου βρίσκεται και το πεδίο ερεύνης μας, είναι παρά-αυτόχθονο που σημαίνει ότι αποτέθηκε στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής προς τη ζώνη της Αλμωπίας και στη συνέχεια επωθήθηκε προς δυσμάς πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής, στο οποίο βρίσκεται σήμερα χωρίς τη μεσολάβηση κλαστικών ιζημάτων. Συνίσταται κυρίως από ανακρυσταλλωμένου ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες και δολομίτες και χαρακτηρίζεται καθαρά νηριτικό. Το ανατολικό κάλυμμα, όπως άλλωστε και το δυτικό, εμφανίζει αισθητή μεταμόρφωση που έλαβε χώρα στην περίοδο Ανώτερου Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης, ανάλογη με τη μεταμόρφωση των Περμοτριάδικών μετακλαστικών ιζημάτων.

Οφιόλιθοι και συνοδά ιζήματα. Στην Πελαγονική γενικά παρατηρούνται οφιολιθικές μάζες, οι οποίες σύμφωνα με τον Μουντράκη, είναι τοποθετημένες στα δυο περιθώρια της ζώνης και πρόκειται για αλλόχθονους σχηματισμούς που προέρχονται από τις δυο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών του Αξιού και της Υποπελαγονικής. Μαζί με τα ιζήματα βαθιάς θάλασσας επωθήθηκαν επάνω στα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά καλύμματα στα δυο Πελαγονικά περιθώρια.

Ειδικότερα για την περιοχή της λίμνης, στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω στο Τριαδικοϊουρασικό ανθρακικό κάλυμμα οι οφιολιθικές μάζες της Άρνισσας-Βεγορίτιδας και του Βερμίου με προέλευση τη ζώνη Αξιού. Αποτελούνται από όλα τα πετρώματα της οφιολιθικής ακολουθίας, δηλαδή από σερπεντινωμένους δουνίτες, χαρτσβουργίτες και άλλα υπερβασικά, γάββρους, νορίτες και άλλα βασικά πετρώματα, pillow lavas, διαβάσεις και άλλα βασικά ηφαιστειακά και τόφφους. Τα συνοδά ιζήματα είναι ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, αργιλλικοί σχιστόλιθοι, ασβεστιτικοί πυριτιόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι και κλαστικά ιζήματα με υλικά προερχόμενα από βασικά μαγματικά πετρώματα.

Μια επιπλέον ιδιαιτερότητα, στην περιοχή της Βεγορίτιδας, είναι ότι κατά την επώθηση των οφιολίθων πάνω στα ανθρακικά σχηματίστηκαν χαρακτηριστικά τεκτονικά οφιολιθικά μίγματα (melanges). Μικρά και μεγάλα τεμάχια (μπλοκ) αποσπάστηκαν από τα υποκείμενα ανθρακικά πετρώματα και σφηνώθηκαν μέσα στη βάση (πέλμα) του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος. Αυτό προκάλεσε και την ταυτόχρονη ανάμιξη οφιολίθων-ιζημάτων βαθιάς θάλασσας που σχημάτισαν πολύχρωμα τεκτονικά μίγματα.

Νεογενή ιζήματα. Σύμφωνα με τον Παυλίδη (1985) στην περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας τα νεογενή ιζήματα είναι αποκλειστικά σχεδόν λιμναίας προέλευσης, μάργες άργιλοι, άμμοι κ.α. που περικλείουν τους λιγνίτες και συνοδεύονται από ποταμοχειμάρριες ή χερσαίες αποθέσεις (χαλαρά κροκαλοπαγή, άμμους κ.α.). Κάθονται ασύμφωνα πάνω στα κρυσταλλοσχιστώδη και ασβεστολιθικά πετρώματα του υποβάθρου και η ηλικία τους τοποθετείται γενικά στο Ανώτατο Μειόκαινο-Πλειόκαινο.



1 - 5: Επικλυσιγενή ιζήματα Μέσου - Άνω Κρητιδικού. 1: Φλύσχης Άνω Μαιστριχτίου - Κάτω Παλαιοκαίνου, 2: ασβεστόλιθος Μαιστριχτίου, 3: μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, 5: κροκαλο - λατυποπαγή της βάσης, 6: οφειόλιθοι και συνοδά πελαγικά ιζήματα, 7 - 9: πετρώματα των δύο ανθρακικών καλυμμάτων Τριαδικού - Ιουρασικού, 7: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, 8: δολομίτες, 9: σιπολίτες, 10 - 14: πετρώματα της μετακλαστικής σειράς Περμίου - Κάτω Τριαδικού, 10: μετα - πελίτες, φυλλίτες, 11: χαλαζιακά μετα - κροκαλοπαγή, 12: μετα - ψαμμίτες, μετα - αρκόζες, 13: φακοί ασβεστολίθων, 14: μετα - ρυόλιθοι, μετα - τόφφοι, 15: γενεσιωμένοι γρανίτες Άνω Λιθανθρακοφόρου, 16 - 20: πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου Παλαιοζωικής ή και προ - Κάμβριας ηλικίας, 16: σχιστόλιθοι (χλωριτικοί, μαρμαρυγακοί, αμφιβολιτικοί, επιδοιτικοί), 17: διμαρμαρυγακοί - γκρατούχοι σχιστόλιθοι, 18: αμφιβολίτες, 19: γενέσιοι, 20: οφθαλμογενέσιοι.

Σχήμα 1 : Λιθοστρωματογραφική στήλη της Πελαγονικής ζώνης, με υπόμνημα (Μουντράκης Θεσσαλονίκη 1985).

1.6 Λιμνολογία

Λίμνες ονομάζουμε τις κοιλότητες που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης και καλύπτονται από νερό χωρίς να έχουν άμεση επικοινωνία με τη θάλασσα.

Ικανή και αναγκαία συνθήκη για το χαρακτηρισμό μιας τέτοιας κοιλότητας, που καλύπτεται με νερό, ως λίμνης είναι να βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα της κάτω από τη μάζα του νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα (χωρίς δηλαδή η δημιουργία της λίμνης να είναι εποχιακή). Έτσι με την ευρύτερη έννοια του όρου σαν λίμνες μπορούν να χαρακτηρισθούν ακόμη ελώδεις εκτάσεις και τέλματα, με την προϋπόθεση όμως να γίνεται σαφής ο διαχωρισμός των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υδάτων τους και των λοιπών περιβαλλοντικών παραμέτρων τους.

Η τροφοδοσία των λιμνών σε νερό μπορεί να γίνεται είτε επιφανειακά, είτε και υπόγεια. Επιφανειακά γίνεται από ποτάμια και ρέματα που εκβάλλουν σε αυτές. Η υπόγεια τροφοδοσία γίνεται από πηγές ή από υπόγειες ροές υδροφόρων στρωμάτων προς τη λίμνη. Η επίτευξη του υδατικού ισοζυγίου σε λίμνες που δέχονται μεγάλες ποσότητες επιφανειακών υδάτων γίνεται από ποταμούς που ξεκινούν από τη λίμνη και λειτουργούν υπερχειλιστικά. Σε λίμνες που δέχονται μικρότερες παροχές η αποφόρτιση και κατ' επέκταση το υδατικό ισοζύγιο επιτυγχάνεται με την εξάτμιση ή με υπόγεια απορροή προς υδροφόρα στρώματα.

Η ελεύθερη επιφάνεια των λιμνών δεν παρουσιάζει μια μέση στάθμη. Αντίθετα υπόκειται σε μεταβολές και η διακύμανση της στάθμης τους είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων όπως οι διαστάσεις, το υδρολογικό ισοζύγιο, η χωρητικότητα της λίμνης. Επιπρόσθετα μικρές μεταβολές στο κλίμα όπως είναι περίοδοι έντονων βροχοπτώσεων ή παρατεταμένης ξηρασίας, μπορούν να μεταβάλλουν τη στάθμη των λιμνών. Για το λόγο αυτό οι λίμνες αποτελούν και δείκτες της μεταβολή του μικροκλίματος σε μια περιοχή.

Μορφολογικά υπάρχει μεγάλη ποικιλία λιμνών, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους. Υπάρχει άμεση εξάρτηση της μορφολογίας μιας λίμνης με τις διαστάσεις της λεκάνης που τη φιλοξενεί και τη γεωλογική προέλευσή της. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι λίμνες όπως αυτή του Οζερού Αιτωλοακαρνανίας που σχηματίστηκε από ποτάμιας αποθέσεις μέσα στη λεκάνη απορροής του ποταμού, είναι μικρής σχετικά έκτασης και μικρού βάθους. Αντίθετα μια λίμνη τεκτονικής προέλευσης όπως η Βεγορίτιδα είναι η βαθύτερη στην Ελλάδα.

Υπάρχουν λίμνες που ο πυθμένας τους βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας και λίμνες που η επιφάνειά τους βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Σε υγρά κλίματα η στάθμη των νερών μικρών λιμνών βρίσκεται πολύ κοντά στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής με συνέπεια ποσότητες καθαρού νερού να διηθούνται από τον υδροφόρο ορίζοντα προς τις λιμνούλες με αποτέλεσμα τα νερά τους να παραμένουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και έτσι να δημιουργούνται έλη και τέλματα καθαρού γλυκού νερού. Οι περιοχές αυτές ονομάζονται υγροβιότοποι.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι λίμνες αποτελούν προσωρινούς γεωμορφολογικούς σχηματισμούς στην επιφάνεια της γης. Τα ποτάμια που εκβάλλουν σε μια λίμνη μπορεί να προσχώσουν την επιφανειακή κοιλότητα που φιλοξενεί την υδάτινη μάζα με συνέπεια την εξαφάνιση της λίμνης. Ακόμη μια λίμνη μπορεί να εξαφανιστεί από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, λόγω κλιματικών μεταβολών ή και από συνδυασμό των δύο.

1.6.1 Είδη λιμνών

Στη συνέχεια θα αναφερθούν συνοπτικά τα είδη των λιμνών, ενώ θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στα είδη που ενδιαφέρουν την παρούσα εργασία. Δηλαδή τις λίμνες τεκτονικής και καρστικής προέλευσης.

- I. **Φραγματογενείς λίμνες :** Μια κοιλότητα της επιφάνειας της γης, ανοιχτή προς το χαμηλότερο σημείο, μπορεί να αποφραχτεί από την παρεμβολή ενός φράγματος, φυσικού ή τεχνητού, και να σχηματίσει λίμνη.
- II. **Παράκτιες λίμνες :** Σχηματίζονται με την παρεμβολή παράκτιου φράγματος μεταξύ χερσαίου και θαλάσσιου χώρου. Το παράκτιο τμήμα της ξηράς που εμφανίζει μια εγκόλπωση μπορεί να φραχθεί από παράκτια υλικά που αποτέθηκαν από τη δράση των κυμάτων ή του αέρα. Ανάλογα με το αν ο αποκλεισμός είναι πλήρης ή αν υπάρχει επικοινωνία με τη θάλασσα, σχηματίζονται παράκτιες λίμνες ή λιμνοθάλασσες αντίστοιχα.
- III. **Παγετώδεις λίμνες :** Δημιουργούνται από τη δράση παγετώνων σε κοιλάδες που προϋπάρχουν. Μετωπικές μοραίνες φράσσουν το κατώτερο τμήμα της κοιλάδας και με το λιώσιμο των πάγων κατά τη μεσοπαγετώδη περίοδο, σχηματίζονται λίμνες.
- IV. **Ηφαιστειογενείς λίμνες :** Πρόκειται για λίμνες που καταλαμβάνουν κρατήρες ηφαιστειών.
- V. **Αλμυρές λίμνες :** Είναι λίμνες χωρίς φυσική υπερχειλίση και χαρακτηριστικές των ξηρών κλιμάτων.
- VI. **Λίμνες τεκτονικής προέλευσης :** Τεκτονικά αίτια επέδρασαν για το σχηματισμό αυτού του είδους λιμνών. Το σχήμα τους είναι συνήθως επίμηκες, λόγω του ότι βρίσκονται μέσα σε τεκτονικό βύθισμα, το οποίο ορίζεται φυσικά από ρήγματα, τα οποία έχουν την ίδια παράταξη, λόγω του πεδίου των τάσεων που επικρατεί στην περιοχή. Άλλα τους χαρακτηριστικά είναι το αρκετά μεγάλο βάθος τους, και οι απότομες ακτές που την περιβάλλουν. Μπορούν να σχηματιστούν είτε από παραμόρφωση της επιφάνειας της γης, είτε από την ταπείνωση ενός τμήματος της ξηράς λόγω κανονικών ρηγμάτων. Στην 1^η περίπτωση οφείλεται ο σχηματισμός της Κασπίας, ενώ στη δεύτερη οι μεγάλες λίμνες της Κεντρικής Αφρικής, αλλά και από τον ελλαδικό χώρο οι λίμνες Κορώνειας και Αγίου Βασιλείου.
- VII. **Καρστικές λίμνες :** Οι λίμνες αυτού του είδους συναντώνται σε ασβεστολιθικές περιοχές όπου συναντούμε φαινόμενα καρστικής διάβρωσης. Οι καρστικές λίμνες οφείλονται κατά ένα μέρος στη διάρρηξη και κατά ένα άλλο μέρος στην υπόγεια διάβρωση των ασβεστολίθων από το νερό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία υπόγειων εγκοίλων. Η τροφοδοσία των λιμνών σε νερό γίνεται επιφανειακά και υπόγεια. Στις καρστικές λίμνες ανήκουν και οι μικρές λίμνες των δολινών.

1.6.2 Λίγα λόγια για το φαινόμενο του Karst

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να ανοίξουμε μια παρένθεση για να πούμε λίγα λόγια για το φαινόμενο του κάρστ μιας και η λίμνη του ενδιαφέροντος μας αλλά και η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της επηρεάζεται έντονα από αυτό το φαινόμενο.

Κάρστ & καρστική διάβρωση : Ο όρος κάρστ είναι διεθνής όρος που αναφέρεται σε περιοχές που επικρατούν κυρίως ασβεστολιθικά πετρώματα και το ανάγλυφο διαμορφώνεται από τη διάλυσή τους. Η διάλυση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων οφείλεται στον εμπλουτισμό του νερού από το CO_2 της ατμόσφαιρας και του εδάφους και την μετατροπή των ανθρακικών αλάτων σε όξινα ανθρακικά. Η μεταβολή του αναγλύφου λόγω της διάλυσης των ανθρακικών πετρωμάτων ονομάζεται καρστική διάβρωση (Σωτηριάδης 1995).

Καρστική γεωμορφολογία : Η μορφολογία που σχετίζεται με τα καρστικά φαινόμενα ονομάζεται καρστική γεωμορφολογία. Οι μορφές που προκύπτουν από την χημική διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων ονομάζονται καρστικές γεωμορφές και διακρίνονται σε :

A. Επιφανειακές καρστικές γεωμορφές :

1. Γλυφές.
2. Καρστικά φρέατα.
3. Δολίνες.
4. Ουβάλες.
5. Πόλγες.

B. Υπόγειες καρστικές γεωμορφές :

1. καταβόθρες.
2. σπήλαια.

Δολίνες : Έχουν διαστάσεις από 20 m περίπου ως μερικές εκατοντάδες μέτρα και έχουν σχήμα κυκλικό ή ελλειπτικό.

Ουβάλες : Προέρχονται από τη συνένωση πολλών γειτονικών δολινών οι οποίες σχηματίζουν κλειστές λεκάνες με ακανόνιστο περίγραμμα και έχουν έκταση μέχρι μερικά m^2 .

Πόλγες : Πρόκειται για ευδιάκριτες κλειστές κοιλότητες μέσα σε καρστικό περιβάλλον με έκταση μερικά Km^2 . Έχουν σχήμα περίπου ελλειπτικό, περιβάλλονται από παντού από βουνά και μπορεί να βρίσκονται σε υψόμετρα άνω των 1000 m και άνω, αλλά και κοντά στο επίπεδο της θάλασσας. Συνήθως κατακλύζονται από νερά και σχηματίζουν λίμνες.

Προέλευση – Τροφοδοσία : Η προέλευση των ανωτέρω μορφών και κατά συνέπεια και των λιμνών που σχηματίζονται μέσα σε αυτές, μπορεί να είναι είτε από εγκατακρήμνιση υπογείων σπηλαίων είτε από την επιφανειακή διάλυση των πετρωμάτων. Οι γεωμορφές αυτές αποστραγγίζονται από φρέατα και καταβόθρες, τα οποία όταν φράξουν μπορεί να δημιουργηθεί λίμνη. Τα υλικά που φράσσουν τις καταβόθρες και τα φρέατα προέρχονται είτε από τη διάλυση των ασβεστολίθων, είτε από φερτά υλικά μέσω του υδρογραφικού δικτύου. Η τροφοδοσία της λίμνης σε νερό μπορεί να γίνεται είτε υπόγεια, είτε μέσω του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. (Σωτηριάδης 1995).

Στην περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας σύμφωνα και με την εργασία των Αμφιλοχιάδου Ε. και Σκάρλιου Β. στα πλαίσια της πτυχιακής τους εργασίας, με θέμα «Μελέτη των καρστικών φαινομένων της Κεντρικής Μακεδονίας» (Θεσσαλονίκη 1990 Επιβλέπων καθηγητής Ε. Βαβλιάκης), εντοπίζονται καρστικές γεωμορφές στην περιοχή που περικλείεται από τα χωριά Παναγίτσα, Καρυδιά, Κερασιές και Κάτω Κορυφή στα Βόρεια της λίμνης. Συγκεκριμένα εντοπίζονται ουβάλες και δολίνες σε υψόμετρα που ξεπερνούν τα 1200 μέτρα.

Όσον αφορά δε την ίδια τη λίμνη, η μορφολογία από τις παρατηρήσεις των ακτών με βάση αεροφωτογραφίες που μελετήθηκαν στην προαναφερθείσα εργασία, στο παρελθόν ήταν ανώμαλη, παρουσίαζε μικρά ακρωτήρια κολπίσκους και splits, ενώ από το 1980 η μορφολογία τους παρουσιάζεται εξομαλυνμένη. Η εξομάλυνση των ακτών οφείλεται στη διαβρωσιγενή επίδραση : α) των βρόχινων υδάτων β) και της κυματικής δράσης των νερών της λίμνης, όπως και τη διαλυτική δράση του νερού γ) κυρίως της δραματικής πτώσης της στάθμης της λίμνης.

1.7 Τεκτονική δομή και δημιουργία της λίμνης

Στην βόρειο Πελαγονική που βρίσκεται και η περιοχή ενδιαφέροντος μας διαπιστώθηκαν, σύμφωνα με τον Μουντράκη (1983) έξι κύριες φάσεις πτυχώσεων. Η πρώτη ανάγεται στο Λιθανθρακοφόρο και κατατάσσεται στην Ερκύνια περίοδο, ενώ οι υπόλοιπες στον Αλπικό κύκλο.

Η λεκάνη Φλώρινας-Πτολεμαΐδας στην οποία περιλαμβάνεται και η λίμνη διαμορφώθηκε κατά τα τελευταία στάδια της Αλπικής ορογένεσης και τεκτονισμού με τις πρώτες φάσεις να ανάγονται στο Κρητιδικό και τις τελευταίες στις οποίες έλαβε χώρα η τελική ηπειρωτική σύγκρουση στο Τριτογενές. Οι τεκτονικές αυτές φάσεις πτυχώσεων, που διήρκεσαν μέχρι το Μέσο Μειόκαινο περίπου, είχαν σαν αποτέλεσμα την σχεδόν τελική διαμόρφωση των οροσειρών της Βόρειας Πελάγονικής (π.χ. Βόρας).

Διάφορες απόψεις έχουν διατυπωθεί για τη δημιουργία της λεκάνης που φιλοξενεί τη λίμνη. Γενικότερα αποδεκτή είναι η άποψη ότι είναι τεκτονικής προέλευσης. Τα τελευταία στάδια του Αλπικού τεκτονισμού οδήγησαν στη δημιουργία τεκτονικών ασυνεχειών και στην εν συνεχεία επαναδραστηριοποίηση τους και διεύρυνσή τους εξαιτίας του νεότερου τεκτονικού εφέλκυσμού που ακολούθησε.

Οι ερευνητές Αναστόπουλος και Κουκουζάς (1972 και 1979,1983 αντίστοιχα) αναφέρουν ότι ο σχηματισμός της ενδοορεινής αυτής τάφρου τοποθετείται στο τέλος του Τριτογενούς και πιστεύουν ότι η δημιουργία της ήταν αποτέλεσμα μεγάλων διαρρήξεων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Μετά την απόθεση νεογενών ιζημάτων ακολούθησε έντονος νέος τεκτονισμός που δημιούργησε νέα ρήγματα μέσα στα ιζήματα της λεκάνης. Ο Βετούλης (1951, 1957) τοποθετεί την αρχή της δημιουργίας τους στο τέλος του Νεογενούς και στις αρχές του Τεταρτογενούς. Ο Παπασταματίου (1952) από την άλλη ανάγει τη δημιουργία τους στις αρχές του Τεταρτογενούς. Ο Κουκουζάς (1981) έδειξε ότι από τα ρήγματα έχουν επηρεαστεί και Τεταρτογενή ιζήματα (από: Παυλίδης 1985).

Εκτός από τις απόψεις για το σχηματισμό της λεκάνης από τεκτονικά αίτια έχει διατυπωθεί και η άποψη από τους Γερμανούς γεωλόγους Timm, Groba και Krucs (1983) ότι η δημιουργία της λεκάνης που φιλοξενεί τη λίμνη ήταν ατεκτονική. Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζουν ότι κατά την χημική αποσάθρωση του Μεσοζωϊκού ασβεστολιθικού καλύμματος σχηματίστηκαν κενοί χώροι μεγάλων διαστάσεων μέσα στα ασβεστολιθικά πετρώματα (ασβεστολιθικά κάρστ). Η δράση της βαρύτητας δημιούργησε καθιζήσεις που είχαν σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό ρηγμάτων (ατεκτονικών), τάφρων και των υπόλοιπων επακόλουθων δομών, χωρίς την ουσιαστική επίδραση τυπικών τεκτονικών δυνάμεων ή γεγονότων (από: Παυλίδης 1985).

Σύμφωνα με τον Παυλίδη (1985) κύριες τεκτονικές δομές που εντοπίζονται γύρω από τη λίμνη και επέδρασαν στη διαμόρφωσή της είναι οι εξής :

1. Το μεγάλο ρήγμα της Βεγορίτιδας με διεύθυνση BBA-NNΔ, που ξεκινάει από τη βόρεια πλευρά της λίμνης και τον εγκαταλειμμένο οικισμό του Αγίου Σπυρίδωνα περνά από το χωριό του Αγίου Παντελεήμονα, φτάνει στο χωριό Βεγόρα και συνεχίζει μέσα στη λεκάνη. Το μήκος του στο τμήμα που οριοθετεί τη λίμνη είναι περίπου 12 χιλιόμετρα. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα με νεοτεκτονική δράση. Στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος στη θέση «νεροφάγωμα» είναι εμφανείς οι γραμμώσεις ολίσθησης που είναι σχεδόν κατακόρυφες. Στη βάση του βρίσκονται μεγάλες λατύπες και τεκτονικά λατυποπαγή και με την είσοδό του ρήγματος στη λίμνη αυτό καλύπτεται από μαργαϊκές αποθέσεις πηλούς και αργίλους.
2. Η σειρά κανονικών ρηγμάτων στα νότια – νοτιοανατολικά της λίμνης, με διεύθυνση BA-NA παράλληλα προς το αντίστοιχο μεγάλο ρήγμα της Βεγορίτιδας. Ξεκινούν από το χωριό Περαιά ή Κότσανα μέχρι το χωριό Μανιάκι κατά μήκος της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης Πτολεμαΐδας και συγκροτούν μια ενιαία τεκτονική γραμμή, που έχει μήκος 10 περίπου χιλιομέτρων. Τα ρήγματα αυτά έχουν πρόσφατη νεοτεκτονική δράση, που διαπιστώνεται από τις λείες κατοπτρικές επιφάνειες τους και τα πρόσφατα πλευρικά κορρήματα που τις καλύπτουν.
3. Ομάδα μικρών ρηγμάτων με ΒΔ-NA διεύθυνση. Βρίσκονται στα βόρεια και στα νότια της λίμνης διαγράφοντας μια μεγάλη τεκτονική γραμμή που ξεκινάει από τους πρόποδες του όρους Βόρα, διασχίζει τον τραδικοϊουρασικό ασβεστόλιθο με μια διεύθυνση νοτιοανατολική μέχρι τον Άγιο Σπυρίδωνα, και συνεχίζει πιθανότατα μέσα στη λίμνη. Τέλος από το χωριό Περαιά στην απέναντι πλευρά της λίμνης κατευθύνεται μέσω των Πύργων στο Βέρμιο.

Η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης. Μια ελάχιστη ηλικία για τη δημιουργία του τεκτονικού βυθίσματος μπορεί να θεωρηθεί το Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο. Ακόμη στον Ελλαδικό χώρο –Αιγαίο και Βόρεια Ελλάδα- αναπτύχθηκε εφελκυστικό πεδίο τάσεων μεταξύ Μέσου και Ανώτερου Μειοκαίνου. Έτσι η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης που φιλοξενεί τη λίμνη είχε τα παρακάτω στάδια :

1. Το εκτεταμένο πεδίο εφελκυστικών τάσεων του Μέσου–Ανώτερου Μειοκαίνου, που συνεχίστηκε και στο Πλειστόκαινο, σχηματίστηκε και διευρύνθηκε το τεκτονικό βύθισμα, που δέχτηκε στη συνέχεια τα πρώτα χερσοποτάμια ιζήματα.
2. Στο βύθισμα αναπτύχθηκε μια εκτεταμένη λίμνη, που είχε σαν συνέπεια το σχηματισμό των πρώτων λεπτόκοκκων ιζημάτων.
3. Στη διάρκεια του Πλειόκαινου, συμπληρώθηκε η λιμναία ιζηματογέννεση που τροφοδοτήθηκε κυρίως από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου και τα ανθρακικά πετρώματα του Α. Μειοκαίνου
4. Στο άνω Πλειόκαινο και ιδιαίτερα στο Κάτω Τεταρτογενές άρχισε νέος εφελκυσμός που επαναδραστηριοποίησε τα ρήγματα με κύρια διεύθυνση ΒΔ-NA. Τεμάχη βυθίστηκαν περισσότερο και άλλα βυθίστηκαν. Ιδιαίτερα ξεχωρίζει το τεκτονικό βύθισμα της λίμνης Βεγορίτιδας που αναπτύσσεται σαν ανεξάρτητο Graben μεταξύ Βόρα και Βερμίου.

5. Στη διάρκεια του Τεταρτογενούς οι λίμνες περιορίστηκαν σημαντικά. Η δράση των ρηγμάτων όπως περιγράφηκε στο 5 συνεχίστηκε μέχρι το Ανώτερο Πλειστόκαινο-Ολόκαινο. Τα φαινόμενα διάβρωσης και η έντονη καρστικοποίηση ενέτειναν τα φαινόμενα και οδήγησαν στο να πάρει η περιοχή τη σημερινή εικόνα της (Παυλίδης 1985).

Αν και από την άποψη της σεισμικής δράσης δεν υπήρχαν καταγραφές ισχυρών σεισμών στην περιοχή της λεκάνης που περιλαμβάνει τη λίμνη κατά τον τελευταίο αιώνα, όπως απίσης καταγραφές σεισμών στη διάρκεια των ιστορικών χρόνων, εντούτοις το Μάιο του 1995 η περιοχή έδωσε ένα ισχυρό επιφανειακό σεισμό μεγέθους 6.6 που είναι γνωστός στη βιβλιογραφία ως σεισμός της Κοζάνης (Παπαζάχος 2002).

1.8 Χλωρίδα-Πανίδα

Η περιοχή γύρω από τη λίμνη είναι χαρακτηριστική μιας καρστικής περιοχής όπου η βλάστηση δεν έχει αναπτυχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, παρά την αφθονία σε νερό που υπάρχει στην περιοχή. Η απουσία πυκνής βλάστησης στις περί την λίμνη περιοχές, αποτελεί ένδειξη αστάθειας στην μεταβολή της στάθμης της, που λειτουργεί αποτρεπτικά στην δημιουργία συνθηκών για ανάπτυξη ριζικού συστήματος από τα φυτά. Αν εξαιρέσουμε τα δέντρα των καλλιεργειών, τα αυτοφυή που υπάρχουν είναι κυρίως χαμηλοί θάμνοι και δέντρα που οι ντόπιοι ονομάζουν καραγάτσια. Η έτσι και αλλιώς μικρή εξάπλωση των δέντρων περιορίστηκε ακόμη περισσότερο από την υλοτόμηση στην οποία επιδίδονταν οι κάτοικοι για οικιακή χρήση (Γούλιος 2002).

Διάφορα μικρά ζώα και πτηνά ζουν ενδημούν στην περιοχή, όπως και πολλά αποδημητικά. Ενδεικτικά από τα πτηνά αναφέρουμε τον αργυροπελεκάνο, τη γερακίνα το χρυσαετό, το φιδαιτό, τον πετρίτη την κουκουβάγια, όπως και τον κύκνο, την πρασινοκέφαλη πάπια τον πελαργό. Ακόμη μικρά τρωκτικά, σκαντζόχοιροι, αλεπούδες, διάφορα φίδια όπως οχιές και δενδρογαλιές, νερόφιδα και άλλα ερπετά όπως σαύρες και σαλαμάνδρες.

Από τα ψάρια ξεχωρίζουν οι τούρνες, τα γριβάδια, τα τσιρώνια, ενώ παλαιότερα ήταν άφθονος και ο γουλιανός ένα πολύ μεγάλο ψάρι που σήμερα σπανίζει.



Εικόνα 2 : Αργυροπελεκάνοι ίπτανται πάνω από τη λίμνη.

Η λίμνη αποτελεί ένα σημαντικό καταφύγιο της άγριας ζωής παρά τη μεγάλη «φθορά» που της έχει προκαλέσει η ανθρώπινη παρουσία και δραστηριότητα, κυρίως τα τελευταία εξήντα χρόνια.

1.9 Ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ανθρώπινη ανάπτυξη στη λίμνη Βεγορίτιδα

Οι λίμνες για την ανθρωπότητα, από τα προϊστορικά χρόνια ακόμα, αποτελούσαν περιοχές όπου η ανθρώπινη δραστηριότητα ήταν έντονη. Γύρω από τη λίμνη Βεγορίτιδα έχουν αναπτυχθεί χωριά που βρίσκονται είτε σε μικρή απόσταση, είτε πάνω στην ακτή της. Τα μεγαλύτερα από αυτά είναι η Άρνισσα με 1500 περίπου κατοίκους, Ο Άγιος Παντελεήμωνας, η Περαία ή Κότσανα, το Μανιάκι, το Φαράγγι, η Βεγόρα και άλλα χωριά περισσότερο ορεινά.

Η κύρια δραστηριότητα στα περισσότερα χωριά είναι η γεωργία, που περιλαμβάνει καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων όπως μηλιών, ροδακινιών, κερασιών και σε μικρότερο βαθμό αχλαδιών, δαμασκηνιών, βερικοκιών και άλλων καρποφόρων. Επίσης καλλιεργείται και τριφύλλι για τη βόσκηση των κοπαδιών. Τα ροδάκινα ιδιαίτερα εκτός από φρέσκα διατίθενται στην αγορά και στη μορφή κονσέρβα κομπόστας που συσκευάζεται στα ντόπια κονσερβοποιεία των γεωργικών συνεταιρισμών. Σε μικρό βαθμό επίσης καλλιεργούνται δημητριακά και αραβόσιτος που ήταν πριν τη δεκαετία του 1960 η κύρια καλλιέργεια. Ο ντόπιος πληθυσμός καλλιεργεί για λογαριασμό του αλλά και για λογαριασμό εταιρίας εμφιαλώσεως και παραγωγής κρασιού, αμπέλια απ' τα οποία παράγεται κρασί και το ιδιαίτερα δημοφιλές στην περιοχή τσίπουρο.

Η κτηνοτροφία είναι επίσης από τις βασικές δραστηριότητες των κατοίκων, καθώς στα γύρω από τη λίμνη βόσκουν κοπάδια από κατσίκια, πρόβατα και αγελάδες. Από την κτηνοτροφική δραστηριότητα παράγεται γάλα, τυρί, βούτυρο και άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα. Τα ζώα επίσης παρέχουν το κρέας τους για οικιακή κατανάλωση, ενώ υπάρχει και εμπόριο κρέατος, που προμηθεύει την αγορά της Θεσσαλονίκης, αλλά σε περιορισμένη έκταση.



Εικόνα 3 : Ψάρεμα στη λίμνη από ντόπιους αλιείς.

Το ψάρεμα δεν έχει την εξάπλωση που είχε τα παλιότερα χρόνια λόγω της υποχώρησης της στάθμης της λίμνης, της μερικής μόλυνσης των υδάτων της από τα απόβλητα της Δ.Ε.Η. των ντόπιων βιοτεχνιών κονσερβοποίησης και των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία που δημιουργούν φαινόμενα ευτροφισμού, την υπεραλίευση που γίνονταν στο παρελθόν την εποχή της αναπαραγωγής του γόνου κ.α.

Στην περιοχή της λίμνης δεσπόζει το όρος Βόρας, στο οποίο βρίσκεται το χιονοδρομικό κέντρο Βόρα-Καϊμακτσαλάν και που προσελκύει τους χειμερινούς ιδιαίτερα μήνες, τουρίστες που επιδίδονται σε χειμερινά σπορ. Ο τουρισμός είναι επίσης ανεπτυγμένος και στα χωριά της λίμνης που είναι ενταγμένα στους «δρόμους του κρασιού της Μακεδονίας». Τα κρασιά του Παντελεήμονα και του Αμυνταίου που βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τη λίμνη είναι από τα πιο γνωστά.

Η κύρια ανθρωπογενής δραστηριότητα ωστόσο, που σημάδεψε τη «ζωή» της λίμνης ήταν η άντληση των υδάτων της που παροχετεύονταν στον ΥΗ/Σ Άγρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως θα δούμε και στη συνέχεια.

1.10 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβολή της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας και ανθρωπογενείς επεμβάσεις

Γύρω από τα λίμνη από την εποχή της πρώτης εγκατάστασης του ανθρώπου είναι έντονη η ανθρωπογενής δραστηριότητα. Η εκμετάλλευση ιδιαίτερα από τον άνθρωπο των υδάτων της λίμνης επέφερε μεγάλες αλλαγές στην λίμνη τα τελευταία πενήντα κυρίως χρόνια. Το έτος 1955, οπότε και διανοίχθηκε η σήραγγα της Άρνισσας, με σκοπό την παροχέτευση νερού από τη λίμνη στην τεχνητή λίμνη του Άγρα και από εκεί στον Υδροηλεκτρικό Σταθμό του Άγρα με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, απετέλεσε ορόσημο στη ζωή της λίμνης. Από τότε και για τα επόμενα χρόνια, οπότε και έπαψε η Δ.Ε.Η. να αντλεί νερό λόγω της πτώσης της στάθμης της λίμνης κάτω από το ύψος του υδατοφράκτη της σήραγγας, η μείωση του όγκου υπήρξε δραματική. Ωστόσο, παρά την διακοπή από μέρους της Δ.Ε.Η. της άντλησης νερού, η χρησιμοποίηση του από αγρότες ανεξέλεγκτα για την άρδευση καλλιεργειών, με παράνομες γεωτρήσεις και με απευθείας άντληση από τη λίμνη, ενέτειναν το φαινόμενο της πτώσης της στάθμης της Βεγορίτιδας.

Φαίνεται όμως πως ρόλο στην πτώση της στάθμης της παίζουν και άλλοι παράγοντες που μπορεί να είναι η αλλαγή του κλίματος και η καρστική-τεκτονική προέλευση της λίμνης. Η διαπιστωμένη ύπαρξη καταβοθρών που φράσσονται και ανοίγουν από αστάθμητους παράγοντες όπως σεισμικές δονήσεις ή κάλυψή τους από ιζήματα και τεμάχια ασβεστόλιθου, παίζουν και αυτές ρόλο στην μείωση της στάθμης των υδάτων. Αυτό συνάγεται και από το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια και παρά την μη ορθολογική διαχείριση των υδάτων της λίμνης, αυτή έχει αρχίσει να επανακάμπτει όπως θα δείξει και η παρούσα εργασία.

1.11 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής είναι ενδιάμεσο μεταξύ του Μεσογειακού και Μεσευρωπαϊκού κλιματικού τύπου. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι ο κύριος όγκος των βροχών πέφτει κατά τη διάρκεια του χειμώνα το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία για τη μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα, η οποία είναι 12.6°C, το δε απόλυτο θερμομετρικό εύρος είναι 68.8°C (41.0°C με -27.8°C). Ολικό παγετό σημειώνονται συχνά και ακόμα συχνότερα μερικοί παγετοί, οι τελευταίοι μάλιστα επί σειρά διαδοχικών ημερών. Αρκετά ανεμώδης περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί μόνο αυτή του Αμυνταίου (Στάμος).

1.12 Υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία της Λίμνης και της ευρύτερης περιοχής.

Η Βεγορίτιδα είναι μια από τις μεγαλύτερες λίμνες στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία. Από τις μεταβολές που διαχρονικά παρατηρήθηκαν στις υδρολογικές και άλλες παραμέτρους της λίμνης διαπιστώνεται μια δραματικά φθίνουσα πορεία της λίμνης ειδικά τα τελευταία χρόνια.

Χρονιά σταθμός για τη λίμνη είναι το 1955 όταν και κατασκευάστηκε η σήραγγα της Άρνισσας που παροχέτευε τα νερά της λίμνης στον Υδροηλεκτρικό σταθμό του Άγρα με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. ιδιαίτερα τα δυο πρώτα χρόνια η άντληση των νερών υπήρξε εξαιρετικά μεγάλη σε βαθμό ίσως υπερβολής.

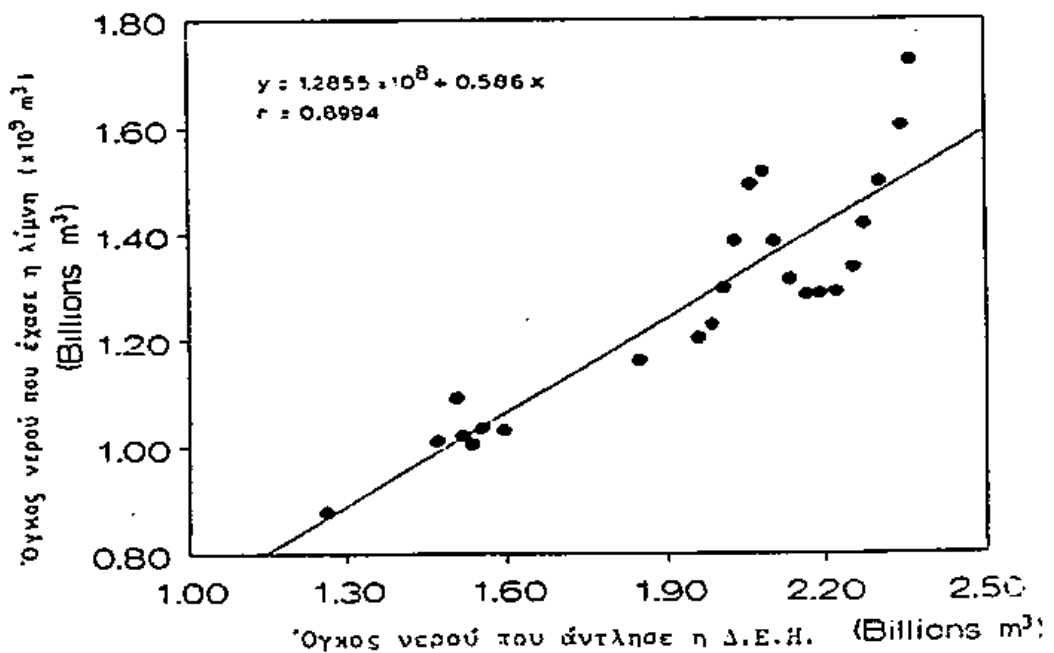
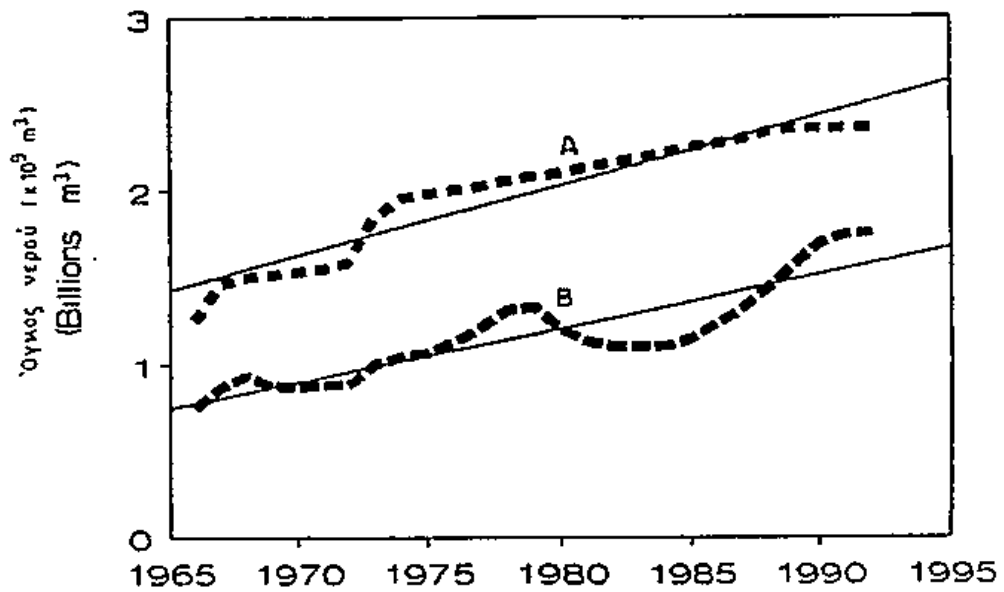
Εξάλλου όπως έδειξε και η εργασία των Βαβλιάκη et al. (Θεσσαλονίκη 1993), από τη στατιστική επεξεργασία των στοιχείων για τη στάθμη της λίμνης και για το διάστημα πριν από την μεγάλη ανθρωπογενή παρέμβαση που έκανε η Δ.Ε.Η. στη λίμνη, αυτή παρουσιάζει μια μικρή αλλά σαφή ανοδική τάση. Η διακύμανση της στάθμης από αποδίδεται στην μεταβολή των κλιματικών συνθηκών και την ενεργοποίηση ή και αδρανοποίηση των καταβολών της λίμνης.

Για την περίοδο της έντονης ανθρωπογενούς δραστηριότητας κυρίως από την πλευρά της Δ.Ε.Η. η επεξεργασία των στοιχείων έδειξε μια έντονη πτωτική τάση. Επιπλέον η συσχέτιση μεταξύ του συνολικού όγκου της υδάτινης μάζας και το αντίστοιχου όγκου ελάττωσης της λίμνης, δείχνει ότι η άντληση νερού για της ανάγκες της Δ.Ε.Η. την περίοδο 1957 – 1989 είναι κατά 90 % υπεύθυνη για την πτώση της στάθμης στο χρονικό διάστημα αυτό.

Για το διάστημα μετά το 1989 και μέχρι το 1993 που έγινε η παραπάνω εργασία, η πτώση της στάθμης οφείλεται σύμφωνα με τα συμπεράσματα, στην άρδευση των παραλίμνιων εκτάσεων που είναι έμμεσο δημιούργημα της εξελικτικής πορείας της λίμνης την περίοδο 1957-1992.

Η λίμνη Βεγορίτιδα είναι μια τεκτονική λίμνη που επικοινωνεί υδραυλικά με τα υπόγεια καρστικά ύδατα των Τριαδικο-Ιουρασικών ασβεστολίθων του Βορειοδυτικού Βερμίου και του νότιου τμήματος του Βόρα.

Σύμφωνα με τον Στάμο (Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης 2003) μεταξύ του υπήρχε μια σχέση αμφίδρομης παροχέτευσης νερών, η οποία έπαψε να υπάρχει λόγω της πτώσης της στάθμης του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα από την υπεράντληση τους με συνέπεια να εμφανίζεται πλέον σήμερα μόνον η λίμνη να διηθεί τα νερά της προς τον καρστικό υδροφόρο.



Διάγραμμα 1 Συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας της του νερού που αντλήθηκε από τη Δ.Ε.Η. και της ελάττωσης του όγκου της λίμνης για το διάστημα 1966-1989 (Βαβλιάκης et al. 1993).

1.13 Γενικά υδρολογικά στοιχεία

Η υδρολογική λεκάνη που περιλαμβάνει τη λίμνη Βεγορίτιδα φτάνει σε έκταση 1.800 km² και πρόκειται για μια κλειστή λεκάνη χωρίς επιφανειακή απορροή που περιβάλλεται από τις οροσειρές του Βερμίου Ανατολικά, του Βόρα στα βόρεια στα δυτικά από το όρος Ασκιο και στα νότια από το όρος Σκοπός του νομού Κοζάνης.

Η υδρολογική λεκάνη δεν συμπίπτει με την υδρογεωλογική λεκάνη λόγω των ασβεστολιθικών σχηματισμών που αναπτύσσονται στη λεκάνη και έτσι (Α. Στάμος Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης 2003) ο επιφανειακός υδροκρίτης δεν συμπίπτει με τον υπόγειο υδροκρίτη, διότι στα ασβεστολιθικά πετρώματα δεν έχει σημασία ο μορφολογικός υδροκρίτης αλλά ο αδιαπέρατος υποκείμενος σχηματισμός που παίζει ρόλο ρυθμιστή των υπογείων νερών των ασβεστολίθων.

Στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης περιλαμβάνονται ακόμη και οι λίμνες των Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα και Πετρών. Οι λίμνες αυτές συνδέονται με τεχνικά κανάλια μεταξύ τους από την υψηλότερη υψομετρικά λίμνη Ζάζαρη προς αυτήν της Χειμαδίτιδας από αυτήν στην λίμνη των Πετρών και τελικά από τη λίμνη των Πετρών στην Βεγορίτιδα.

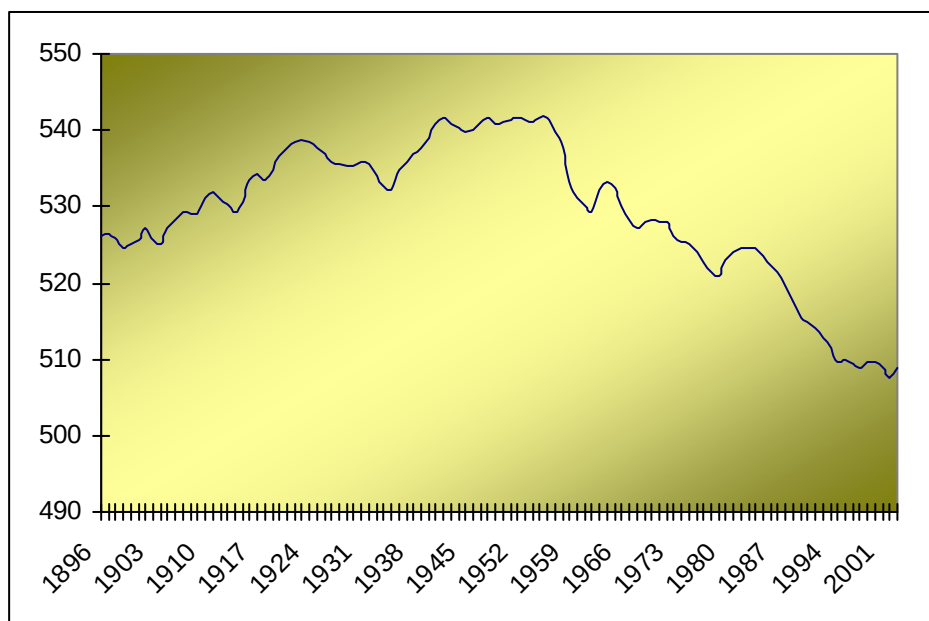
Όπως ήδη αναφέρθηκε η επιφανειακή απορροή είναι μικρή και αυτό λόγω των καρστικοποιημένων ασβεστολιθικών σχηματισμών της λίμνης που ευνοούν την κατείσδυση στους ασβεστολίθους και μόνον στα όρη Ασκιο και Βίτσι παρουσιάζεται επιφανειακή απορροή λόγω της ύπαρξης σε αυτά αδιαπέραστου υποβάθρου από κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα του Παλαιοζωικού. Το κυριότερο υδατόρεμα της περιοχής είναι το Σουλού ή Κάστρο ρέμα που ακολουθεί μια διαδρομή περίπου 25 km από νότο προς βορρά συγκεντρώνοντας όλα τα μικρά υδατορέματα του Βερμίου, του Ασκίου και του νοτίου πεδίου για να εκβάλει τελικά στη λίμνη Βεγορίτιδα στην περιοχή του χωριού Φαράγγι αφού δεχτεί πρώτα όλα τα αστικά και βιομηχανικά λύματα της περιοχής.

Από το όρος Βίτσι όλα τα υδατορέματα καταλήγουν στη λίμνη Ζάζαρη που επικοινωνεί με τις υπόλοιπες όπως ήδη αναφέρθηκε και δέχονται και αυτά τα αστικά λύματα του Αμυνταίου και του Ατμοηλεκτρικού σταθμού. Αμυνταίου.

Έτσι όλα τα επιφανειακά υδατορέματα της περιοχής καταλήγουν με τον ένα τρόπο ή με τον άλλο στη λίμνη Βεγορίτιδα με συνέπεια η οποιαδήποτε οικολογική επιβάρυνσή τους να μεταδίδεται στη λίμνη και να προκαλεί άμεσες συνέπειες σε αυτήν. Η λίμνη έχει σήμερα μόνο υπόγεια αποχέτευση ενώ μέχρι πριν από λίγα χρόνια γίνονταν και επιφανειακά και μέσω της σήραγγας της Άρνισσας προς τη λίμνη Νησίου-Βρυτών.

Η σήραγγα της Άρνισσας κατασκευάστηκε για να παροχετεύει μεγάλες ποσότητες νερών της λίμνης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προς τον υδροηλεκτρικό σταθμό του Άγρα Έδεσσας.

Τα υδρολογικά μεγέθη της λίμνης παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα στο χρόνο και η στάθμη της παρουσίασε πολλές αυξομειώσεις από το 1896 μέχρι το 2003 όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Στοιχεία : Δ.Ε.Η. Υ.Η.Σ. Άγρα).



Πίνακας 1 : Μέση ετήσια στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδας 1896-2003. Στοιχεία με παραχώρηση από : Δ.Ε.Η. -Υδροηλεκτρικός σταθμός Άγρα Έδεσσας.

Στο διάγραμμα της κύμανσης της μέσης ετήσιας στάθμης της λίμνης παρατηρούμε ότι το 1955 η στάθμη της βρισκόταν σε υψόμετρο 542 m και ο όγκος του νερού υπολογίζονταν σε $3000 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, περίπου. Το 2003 η στάθμη της λίμνης ήταν στα 511 m και ο όγκος του νερού υπολογίζονταν σε $600 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Έτσι η επιφάνεια της λίμνης μειώθηκε κατά 40% και ο όγκος της κατά 80% περίπου (Στοιχεία : Δ.Ε.Η. Υ.Η.Σ. Άγρα).

Οι μεταβολές στη στάθμη χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση θα οφείλονταν αποκλειστικά και μόνο στις υδρομετεωρολογικές παραμέτρους της περιοχής. Μετά όμως το 1955 όποτε και ξεκίνησε από τη Δ.Ε.Η. η άντληση των νερών της λίμνης, με τη διάνοιξη της σήραγγας της Άρνισσας για την λειτουργία του Υδροηλεκτρικού σταθμού του Άγρα Έδεσσας, από τη λίμνη αφαιρέθηκαν τεχνητά τεράστιες ποσότητες νερού με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα τρία πρώτα χρόνια της λειτουργίας του σταθμού 1955, 1956, 1957 η εκτίμηση από τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. είναι ότι αντλήθηκαν από τη λίμνη $800 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού, ποσό που ξεπερνά ακόμη και τον σημερινό όγκο της λίμνης (Α. Στάμος 2003). Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σε περίπου $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού ετησίως.

Η σήραγγα της Άρνισσας έχει πάψει πλέον να λειτουργεί διότι η στάθμη της λίμνης έχει πέσει κάτω από το υψόμετρο του στομίου της ενώ η Δ.Ε.Η. πλέον χρησιμοποιεί περίπου $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ μόνο για ψυκτική χρήση στον Ατμοηλεκτρικό σταθμό του Αμυνταίου που βρίσκεται Νοτιοδυτικά της λίμνης.

Η πτώση της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας που προκάλεσε η Δ.Ε.Η. από το 1955 και μετά ήταν δραματική ενώ το γεγονός αυτό προκάλεσε μια φθίνουσα και καταστροφική πορεία για τη λίμνη σε σημείο που να μην είναι δυνατή πλέον η επαναφορά της στα επίπεδα της προ του 1955 ισορροπίας. Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις λοιπόν στη λίμνη από το 1955 και έπειτα, ευθύνονται σχεδόν αποκλειστικά για τη φθίνουσα πορεία του υδατικού καθεστώτος τόσο της λίμνης όσο και των υπογείων καρστικών υδάτων που συνδέονται με αυτήν.

Σύμφωνα με το Στάμο η πτώση της στάθμης της λίμνης συμπαρέσυρε στην πτώση και τα υπόγεια νερά ενώ ένας επιπρόσθετος παράγοντας για την πτώση της στάθμης ήταν και η ολοένα αυξανόμενη τα τελευταία 20 χρόνια ανομβρία.

Σήμερα η λίμνη δέχεται μόνο επιφανειακές εισροές και κυρίως από το Σούλου ή Κάστρο ρέμα που χύνεται στη λίμνη στην περιοχή του χωριού Φαράγγι. Σύμφωνα με τον Στάμο (1994) η απορροή για το έτος 1992-1993 ήταν $32 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού και για το έτος 1993-1994 $47 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού.

Η λίμνη τα παλαιότερα χρόνια είχε και υπόγειες εισροές από τα υπόγεια καρστικά νερά των ορεινών όγκων η στάθμη των οποίων στη διάρκεια της υγρής περιόδου του έτους ήταν υψηλότερη από εκείνη της λίμνης. Στην τρέχουσα περίοδο η υπεράντληση των υπογείων υδάτων έχει οδηγήσει τη στάθμη των υπόγειων καρστικών νερών να μειωθεί και να βρίσκεται κάτω από τη στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδας.

Παρατηρείται λοιπόν ότι η λίμνη Βεγορίτιδα παρουσιάζει ιδιαίτερα τα τελευταία είκοσι χρόνια επιφανειακές εισροές, υπόγειες εκροές προς τα υπόγεια καρστικά ύδατα και υπόκειται στις απευθείας αντλήσεις για την άρδευση αγροτικών περιοχών και για ψυκτική χρήση από τον Α.Η.Σ. Αμυνταίου της Δ.Ε.Η.

Η δραματική και επικίνδυνη μείωση των αποθεμάτων του νερού της λίμνης με συνέπεια οποιαδήποτε έστω και μικρή πτώση της στάθμης της λίμνης μελλοντικά θα μπορούσε να προκαλέσει τεράστια μείωση του όγκου και της επιφάνειάς της. Ένας επιπλέον κίνδυνος προέρχεται από την ενδεχόμενη ρύπανση της λίμνης που μπορεί να έχει επιπτώσεις στο εντόπιο οικοσύστημα.

Η μέση ετήσια πτώση της στάθμης της λίμνης, όπως φαίνεται και από τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. στον πίνακα 1 του παρόντος συγγράμματος, για την περίοδο 1993-2003 ήταν περίπου 1,5 m κατά έτος και αναζητούνται από την πολιτεία και τους αρμόδιους φορείς τρόποι και μέθοδοι για τη διάσωση του φυσικού αυτού υδατοταμιευτήρα και του οικοσυστήματος που φιλοξενεί.

1.13.1 Υπόγεια καρστικά ύδατα που περιβάλλουν τη λίμνη Βεγορίτιδα και σχετίζονται με αυτήν.

Όπως ήδη έχει ειπωθεί η λίμνη Βεγορίτιδα είναι μια τεκτονική λίμνη που δημιουργήθηκε στο Τεταρτογενές από παράλληλα κλιμακωτά ρήγματα Βορειοανατολικής – Νοτιοδυτικής διεύθυνσης. Η λίμνη εδράζεται πάνω σε ανθρακικά πετρώματα που έχουν έντονα υποστεί τις επιπτώσεις του φαινομένου της καρστικοποίησης.

Βόρεια – βορειοδυτικά και Νότια - νοτιοανατολικά η λίμνη Βεγορίτιδα περιβάλλεται σε μεγάλη έκταση που φτάνει τα 340 km^2 από Τριαδικό-Ιουρασικής ηλικίας ασβεστόλιθους (180 εκατομμυρίων ετών) του Βορειοδυτικού Βερμίου στα Νότια – νοτιοανατολικά και του νοτιοανατολικού τμήματος του Βόρα στα Βόρεια – βορειοδυτικά. Τα πετρώματα αυτά είναι συμπαγή και εύκολα υπόκεινται σε καρστικοποίηση (χημική διάλυση).

Η καρστικοποίηση των ασβεστόλιθων αυτών είναι ένα σύνθετο και πολύπλοκο φαινόμενο, όπου το νερό της βροχής εμπλουτισμένο σε CO_2 που προέρχεται είτε από τον αέρα του εδάφους είτε από την αποσύνθεση του ριζικού συστήματος των φυτών, σχηματίζει

ανθρακικό οξύ H_2CO_3 το οποίο δρα στα ασβεστολιθικά πετρώματα σχηματίζοντας ευδιάλυτο διτανθρακικό ασβέστιο $(\text{HCO}_3)_2$ το οποίο απομακρύνεται από το νερό.

Οι παραπάνω χημικές διεργασίες έχουν σαν αποτέλεσμα τη διαλυτοποίηση στο εσωτερικό της μάζας των ασβεστολίθων που παρουσιάζονται έτσι με κάθε είδους έγκοιλα και κενούς χώρους από μικρούς πόρους μέχρι σπήλαια. Τέτοιου είδους σχηματισμοί διαπιστώθηκαν από τις περίπου εκατόν πενήντα (150) γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αυτούς τους ασβεστόλιθους από το Ι.Γ.Μ.Ε. (Στάμος 2003). Το Κάρστ αυτό ανήκει στην κατηγορία του ολοκάρστ με την ύπαρξη των τεσσάρων γνωστών υδροδυναμικών ζωνών. Τα έγκοιλα και οι κενοί χώροι καταλαμβάνονται από νερό και λειτουργούν σαν υπόγειοι αποθηκευτικοί χώροι για τα υπόγεια ύδατα.

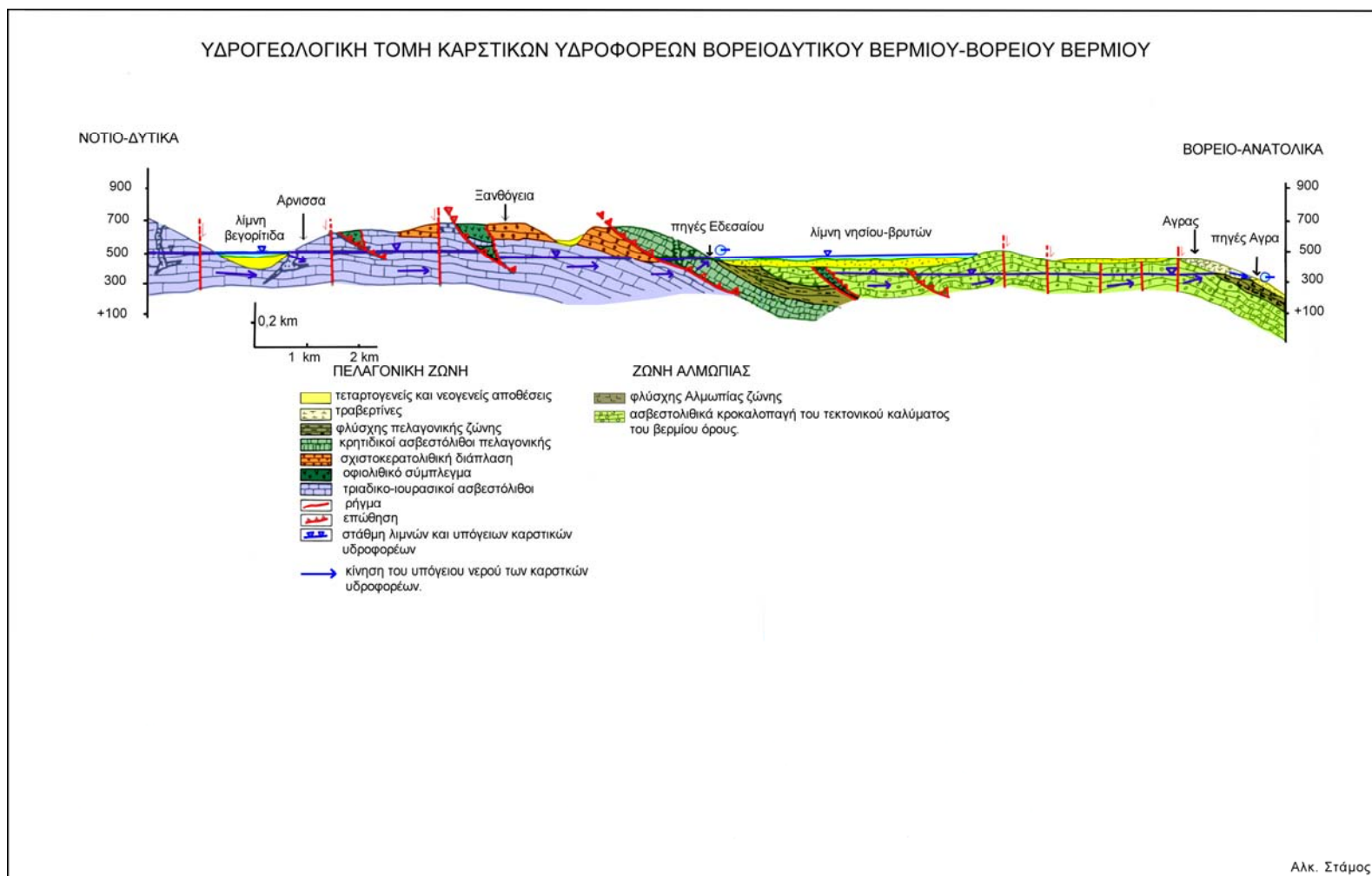
Έτσι από τους ασβεστολίθους αυτούς σχηματίζονται μιας τεράστιας έκτασης και υδροδυναμικότητας υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας που είναι και ο κυριότερος υδροφορέας της περιοχής. Τα ανανεώσιμα ετήσια αποθέματα αυτού του υδροφορέα ανέρχονται στα $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

1.13.2 Υδραυλική σχέση μεταξύ της Βεγορίτιδας και των υπογείων καρστικών υδάτων.

Πριν η ανθρώπινη παρέμβαση στη λίμνη αρχίσει να γίνεται έντονα αισθητή στο υδατικό καθεστώς της λίμνης Βεγορίτιδας και των καρστικών υπογείων υδάτων και όταν η στάθμη των υδάτων στη λίμνη βρίσκονταν πάνω από τα +525 μέτρα υψόμετρο, τα υπόγεια καρστικά νερά (η στάθμη των οποίων βρισκόταν στα +525 μέτρα υψόμετρο επίσης) και η λίμνη αποτελούσαν ενιαία υδρογεωλογική ενότητα. Τότε η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελούσε επιφανειακή εκδήλωση του καρστικού υπόγειου υδροφορέα. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω υδρογεωλογική τομή (Στάμος 2003).

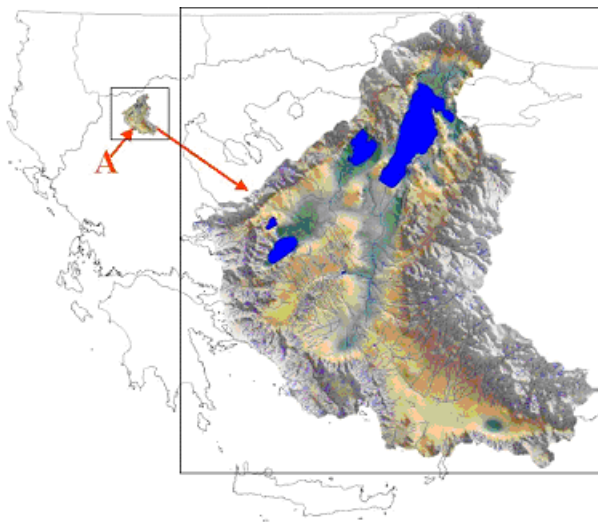


Εικόνα 4 : Ασβεστόλιθοι στο ανατολικό τμήμα της λίμνης όπου είναι φανερή η εικόνα της έντονης καρστικοποίησης.



Εικόνα 5 : Υδρογεωλογική τομή Βεγορίτιδας - Άγρος. Οι υπόγειες ροές των υδάτων και η εκφόρτιση της Βεγορίτιδας στη λίμνη Άγρος - Νησίου - Βρυτών. Δημοσίευση με την άδεια του Α. Στάμου, διευθυντή Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης (2005).

Από την υδρογεωλογική τομή, την κοινή στάθμη της λίμνης και του υδροφορέα τις παράλληλες αυξομειώσεις της στάθμης λίμνης και καρστικού υδροφορέα όπως και από την κοινή ισοτοπική τους σύσταση που διαπιστώθηκε (ισότοπο O^{18}) από μετρήσεις του Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης αποδεικνύεται η ενιαία υδρογεωλογική ενότητα στην οποία ανήκουν η λίμνη Βεγορίτιδα και τα καρστικά ύδατα που βρίσκονται μέσα στους ασβεστόλιθους του Τριαδικού – Ιουρασικού του Βορειοδυτικού Βερμίου και του όρους Βόρας (Στάμος, προσωπική επικοινωνία).



Εικόνα 6 : Το λεκανοπέδιο της Πτολεμαΐδας και η Λίμνες Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη.

Η επικοινωνία της λίμνης Βεγορίτιδας με τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα γίνεται κυρίως παρόχθια εκεί όπου τα χαλαρά ιζήματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη περατότητα χωρίς παρόλα αυτά να αποκλείεται και η επικοινωνία μέσω του πυθμένα της λίμνης όπου τα ασβεστολιθικά πετρώματα εμφανίζονται με την μορφή νησίδων ασβεστόλιθου. Όταν η στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδας βρίσκονταν πάνω από τα +525 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας, και έρχονταν σε απευθείας επαφή με τους ασβεστόλιθους και η επικοινωνία ήταν ευνοϊκότερη λόγω και του γεγονότος ότι οι ασβεστόλιθοι είναι έντονα καρστικοποιημένοι.

1.13.3 Εκφόρτιση της λίμνης Βεγορίτιδας και του καρστικού υδροφορέα

Από υδρολογικές έρευνες του Ι.Γ.Μ.Ε. και άλλων φορέων έχει γίνει γνωστό ότι η λίμνη Βεγορίτιδα με υπόγειες εκροές εκφορτίζεται στον καρστικό υδροφορέα που βρίσκεται εκατέρωθέν της. Από την άλλη μεριά με το θέμα της εκφόρτισης του καρστικού υδροφορέα ασχολήθηκε το Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης και ο υδρογεωλόγος Άλκης Στάμος που προσδιόρισε την εκφόρτιση του καρστικού υδροφορέα και συνεπώς και της Βεγορίτιδας και έδειξε ότι πραγματοποιείται δια των πηγών των ποταμών Βόδα και Εδεσσαίου στην λίμνη Νησίου – Βρυτών 1,5 χιλιόμετρο από το χωριό του χωριού Βρυτά του νομού Πέλλας (Στάμος, προσωπική επικοινωνία).

Οι πηγές του Βόδα είναι πηγές υπερχείλισης του καρστικού υπόγειου υδροφορέα των Τριαδικό – Ιουρασικών ασβεστόλιθων με τη λίμνη Βεγορίτιδα και

των κρητιδικών ασβεστολίθων (ενιαία υδρογεωλογική ενότητα) που φράσσονται από τον φλύσχη της Πελαγονικής.

Οι πηγές αναβλύζουν σε μεγάλο μέτωπο τα δε ετήσια αποθέματά τους ανέρχονται στα $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού, από αυτά που είναι διαθέσιμα προς μέτρηση ενώ εκτιμάται ότι διαφεύγουν μεγάλες ακόμα ποσότητες νερού που δεν μπορούν να μετρηθούν αφού πηγάζουν μέσα από τη λίμνη του Νησίου – Βρυτών. Οι πηγές αυτές είναι πολύ σταθερές και αναβλύζουν σε υψόμετρο +480 μέτρα υψόμετρο ενώ αυτές του καρστικού υδροφορέα αναβλύζουν σε υψόμετρο +510 μέτρα υψόμετρο.

1.13.4 Το ισοζύγιο της λίμνης Βεγορίτιδας

Οι υπόγειες εκροές της λίμνης προς τον καρστικό υδροφορέα ανέρχονταν στα $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού για το υδρολογικό έτος 1993-1994. Την περίοδο όμως 1998-2003 οι υπόγειες εκροές στη λίμνη δεν ξεπερνούσαν τα $60 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ νερού σε ετήσια βάση. Γίνεται εύκολα αντιληπτό πόσο δραματική υπήρξε τα τελευταία χρόνια η αρνητική μεταβολή στο ισοζύγιο, μια και αυτή υποχιλιοπλασιάστηκε (Σταμος).



Εικόνα 7 : Γενική άποψη της δυτικής ακτής της λίμνης, από την ανατολική της όχθη.

2.1 Μεθοδολογία της εργασίας πεδίου και περιγραφή της τοπογραφίας της περιοχής

Η τοπογραφία της διαδρομής που ακολουθήθηκε παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις που δημιουργούν γεωγραφικές ενότητες με ιδιαίτερα για κάθε μια από αυτές χαρακτηριστικά, τα οποία οφείλονται στην γεωλογία και τον τρόπο σχηματισμού της περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα στα νότια νοτιοδυτικά της λίμνης και στα βόρεια βορειοανατολικά της το ανάγλυφο είναι έντονο και χαρακτηρίζεται από την παρουσία ασβεστολίθων ενώ τόσο το νότιο νοτιοανατολικό όσο και το βόρειο βορειοδυτικό τμήμα της χαρακτηρίζεται από πεδινές εκτάσεις που κατά κανόνα αποτελούν γεωργικές γαίες που καλλιεργούνται από τον εντόπιο πληθυσμό.

Η χαρτογράφηση έγινε με G.P.S. Magellan Meridian Platinum. Από τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Αλμπανάκη Κωνσταντίνο, ως απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών μετρήσεων ορίστηκε αυτή των 80 μέτρων. Η απόσταση αυτή τηρήθηκε σε όλο σχεδόν το μήκος της διαδρομής. Η μέτρηση του υψομέτρου της στάθμης της λίμνης, έγινε με τη βοήθεια βαρομέτρου και από ένδειξη που πάρθηκε σε γνωστό τριγωνομετρικό σημείο της περιοχής η οποία συγκρίθηκε στη συνέχεια με την ένδειξη στην επιφάνεια της λίμνης. Εναλλακτικά το υψόμετρο της λίμνης μετρήθηκε και με τη βοήθεια του G.P.S. Η απόκλιση ήταν μικρή.



Εικόνα 8: Άποψη της λίμνης στο βορειοανατολικό τμήμα της.

2.2 Μεθοδολογία της εργασίας στον υπολογιστή

Τα στοιχεία που συνελλέχθηκαν από την εργασία πεδίου, δηλαδή τα στίγματα των μετρήσεων σε προβολικό σύστημα WGS 84, μετατράπηκαν αρχικά σε προβολικό σύστημα ED 50. Στη συνέχεια περάστηκαν στο πρόγραμμα MapInfo και σχηματίστηκε έτσι μια κλειστή καμπύλη που αντιπροσωπεύει την ακτογραμμή της λίμνης, τον Αύγουστο του 2005. Έπειτα αποτυπώθηκε ψηφιακά η ακτογραμμή της λίμνης, που σχηματίζεται από έξι φύλλα χάρτου της Γ.Υ.Σ. Συγκρίθηκαν, με τη βοήθεια του προγράμματος Map Info, οι περίμετροι και η έκταση των δυο καμπύλων και διαπιστώθηκε η μεταβολή στην έκταση της λίμνης από την εποχή της σύνταξης του χάρτη. Στους χάρτες που ακολουθούν εντυπώνεται η ακτογραμμή της λίμνης όπως αυτή ήταν τον Αύγουστο του 2005, αλλά και η ακτογραμμή όπως αποτυπώνεται στους χάρτες της Γ.Υ.Σ.

Στη συνέχεια συγκρίθηκαν οι μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια της παρούσης εργασίας στο ύπαιθρο με G.P.S. με δορυφορική εικόνα του Google Earth προσαρμοσμένη κατάλληλα στο σύστημα συντεταγμένων ED 50. Με τη βοήθεια και πάλι του MapInfo κατασκευαστήκαν οι καμπύλες που αναπαριστούν την εικόνα της ακτογραμμής της λίμνης στις δυο αυτές περιόδους και τα αποτελέσματα εκτέθηκαν σε παράθεση μεταξύ τους.

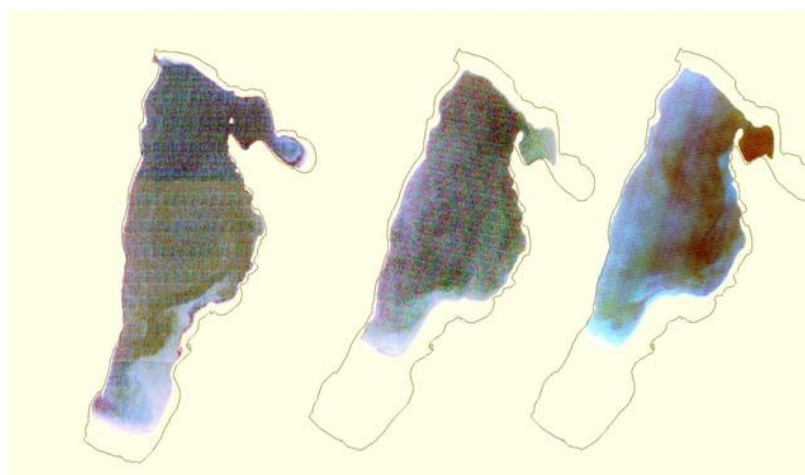


Figure 4 True Color Combinations of bands 3:2:1 for the Landsat (A: October 1986, B: November 1999) and ASTER image (C: October 2001) data sets.

Εικόνα 9 : Η εξέλιξη της Βεγορίτιδας μέσα στο χρόνο. Η λίμνη τον Οκτώβριο του 1986, τον Νοέμβριο του 1999 και τον Οκτώβριο του 2001. Δορυφορικές εικόνες Landsat and Aster Images.
πηγή : Προσωπική επικοινωνία με Στάμο, Ι.Γ.Μ.Ε. Κοζάνης

2.3 Μεθοδολογία εργαστηρίου

Τα δείγματα που συγκεντρώθηκαν στη διάρκεια της εργασίας πεδίου, επεξεργάστηκαν στο εργαστήριο. Τα τρία δείγματα που προέρχονταν από το ρέμα της Λύκας στα βόρεια της λίμνης είχαν κοκκώδη υφή και γι' αυτό σε πρώτη φάση η ανάλυση έγινε με τη μέθοδο του κοσκινίσματος. Η διαδικασία θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω. Το δείγμα που προέρχεται από το Κάστρο ρέμα, είχε αργιλώδη υφή, ενώ μετά την ξήρανσή του παρουσίαζε συμπαγή μορφή και έτσι η επεξεργασία του έγινε απ' ευθείας με τη μέθοδο του Stokes για τα λεπτόκοκκα ιζήματα. Και αυτή η διαδικασία θα αναλυθεί εκτενέστερα στη συνέχεια.

2.3.1 Μηχανική ανάλυση των δειγμάτων χονδρόκοκκων υλικών. Μέθοδος Κοσκινίσματος για τα δείγματα #3, #4, #5.

Τα τρία στον αριθμό δείγματα που συλλέχθηκαν από το ρέμα Λύκα στο βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης, αποτελούνται από χονδρόκοκκα υλικά. Αφού απομακρύνθηκαν τα ξένα σώματα και τα δείγματα ξηραθήκαν καλά και ζυγίστηκαν.

Στη συνέχεια αδειάσαμε το υλικό του κάθε δείγματος ξεχωριστά, μέσα σε ένα δίσκο διαμέτρου 2 χιλιοστομέτρων κάτω από το οποίο υπήρχε ένας δίσκος. Κοσκινίσαμε το κάθε δείγμα για δέκα λεπτά περίπου το καθένα και στη συνέχεια χωρίσαμε το υλικό που έμεινε μέσα στο κόσκινο (κροκάλες, ψηφίδες και όστρακα) από το υλικό που έμεινε μέσα στο κόσκινο (άμμος, ιλύς, άργιλος). Το κάθε δείγμα ζυγίστηκε και καθώς ξεπερνούσε το 5% του αρχικού βάρους του δείγματος, τα περάσαμε μέσα από μια σειρά από κόσκινα με σταδιακά μειούμενη διάμετρο.

Στη σειρά αυτών των κόσκινων που βρίσκονται πάνω σε μια μηχανή δόνησης με τη μορφή στεφανιών που εφαρμόζουν το ένα πάνω στο άλλο και που το ανώτερο έχει διάμετρο 1,41 χιλιοστά ενώ το κατώτερο 0,0625 χιλιοστά και αντιπροσωπεύει το κατώτερο κλάσμα της άμμου, αδειάσαμε το κάθε δείγμα στο ανώτερο κόσκινο. Το μηχανήμα τέθηκε σε λειτουργία και αφέθηκε να λειτουργήσει για περίπου 20 λεπτά της ώρας. Στη συνέχεια τα κόσκινα ανοίχθηκαν από πάνω προς τα κάτω ένα-ένα και αδειάστηκαν κάθε κόσκινο ξεχωριστά πάνω σε καθαρά χαρτιά. Κάθε κόσκινο μόλις αδειάζονταν, καθαρίζονταν προσεκτικά το πλέγμα του με ένα βουρτσάκι, πάνω από το αντίστοιχο χαρτί για να μην υπάρξουν απώλειες υλικού.

Το υλικό του κάθε κόσκινου ζυγίστηκε προσεκτικά σε ζυγαριά ακριβείας και το βάρος του σημειώθηκε στους πίνακες που ακολουθούν για κάθε δείγμα, δίπλα στο αντίστοιχο μέγεθος κόκκων. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλα τα κόσκινα και όλα τα δείγματα.

Αφού τελείωσε η διαδικασία αυτή το υπόλοιπο που έμεινε στο δίσκο κάτω από τα κόσκινα, η παιπάλη, ζυγίστηκε για κάθε ένα από τα δείγματα. Το ποσοστό επί του αρχικού δείγματος σε κανένα από αυτά δεν ξεπερνούσε το 5% του βάρους του αρχικού δείγματος και έτσι δεν ήταν απαραίτητη η περεταίρω ανάλυση των δειγμάτων για λεπτόκοκκα υλικά.

Στους συγκεντρωτικούς πίνακες που ακολουθούν σημειώνονται όλες οι μετρήσεις που αφορούν τα δείγματα και οι υπολογισμοί των ποσοστών % κατά βάρος για κάθε κλάσμα μεγέθους κόκκων και το & το % κατά βάρος αθροιστικό ποσοστό.

2.3.2 Μηχανική ανάλυση δείγματος με λεπτόκοκκα υλικά. Δείγμα #6. Περιγραφή μεθόδου.

A. Προετοιμασία των δειγμάτων για ανάλυση :

Η απομάκρυνση των οργανικών υλικών έγινε με την ακόλουθη διαδικασία : Το ζυγισμένο δείγμα τοποθετήθηκε μέσα σε ένα ποτήρι ζέσεως -με αναλογία δείγματος/νερού 1/1, 1/2- σε ξηρή κατάσταση και προσθέσαμε από-ιονισμένο νερό όπως και μικρή ποσότητα (5 έως 10 γραμμάρια) 30% H_2O_2 . Τοποθετήσαμε το ποτήρι σε μια εστία που θερμάνθηκε στους 40-60 °C . Ολόκληρο το περιεχόμενο του ποτηριού ανακατώθηκε. Λόγω της ύπαρξης οργανικών στα δείγματα το ποτήρι άρχισε να αναβράζει-αφρίζει. Μόλις ο αναβρασμός σταματούσε προσθέταμε και άλλο H_2O_2 σε μικρές ποσότητες. Η διαδικασία επαναλήφθηκε μέχρι που τα δείγματα έχασαν το ελαφρά μαύρο χρώμα τους, καθώς απομακρύνθηκαν τελείως τα οργανικά υλικά. Τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν και ξηραθήκαν. Από τη ζύγιση τους και από την απώλεια βάρους τους υπολογίστηκε η ποσότητα των οργανικών υλικών. Τα δεδομένα βρίσκονται στο συγκεντρωτικό πίνακα για κάθε δείγμα.

Η απομάκρυνση αλάτων ($CaCO_3$, γύψου κ.λ.π.) έγινε με την ακόλουθη διαδικασία : Το δείγμα τοποθετήθηκε ζυγισμένο μέσα σε ένα ποτήρι ζέσεως (500-1000 ml), και προστέθηκε από-ιονισμένο νερό με 20-30 γραμμάρια HCl, ακολούθως τοποθετήθηκε επάνω σε μια εστία θερμάνσεως με θερμοκρασία 60-80 °C όπου σιγόβρασε. Στη συνέχεια ανακατώσαμε ολόκληρο το περιεχόμενο και κατά περιόδους προσθέσαμε μικρές ποσότητες HCl μέχρι να σταματήσει ο αναβρασμός μέσα στο ποτήρι.

Στη συνέχεια κατεβάσαμε το ποτήρι από την εστία και το αφήσαμε να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου. Αφού κρύωσε το ανακατέψαμε καλά και το αδειάσαμε μέσα σε σωλήνες φυγοκέντρωσης μαζί με το νερό. Φυγοκεντρήσαμε σε 2000 στροφές ανά λεπτό για 5-10 λεπτά. Το νερό που έμεινε στο επάνω μέρος των σωλήνων φυγοκέντρωσης ήταν καθαρό-διάφανο. Τότε αδειάσαμε το δείγμα σ' ένα καθαρό δοχείο και στη συνέχεια το ξηράναμε πάλι (με άδειασμα του νερού και θέρμανση σε χαμηλή θερμοκρασία στο φούρνο). Ζυγίσαμε το ξηρό δείγμα και βρήκαμε την απώλεια σε βάρος από το αρχικό δείγμα. Η απώλεια αυτή αντιστοιχεί στην ποσότητα των αλάτων ($CaCO_3$ κ.λ.π.) που υπήρχε στο αρχικό δείγμα. Αμέσως υπολογίσαμε την % αναλογία των αλάτων κατά βάρος. Αν όμως το νερό μέσα στον σωλήνα φυγοκέντρωσης δεν είναι καθαρό τότε το απομακρύνουμε προσεκτικά, βγάζουμε το υλικό έξω χρησιμοποιώντας από-ιονισμένο νερό και φυγοκεντρούμε ξανά μέχρι να καθαρίσει.

B. Ανάλυση με τη μέθοδο του σιφωνίου (Stokes) :

Η μέθοδος του σιφωνίου επιλέχθηκε γιατί παρέχει τη δυνατότητα έμμεσου διαχωρισμού των κλασμάτων των ιζημάτων. Αυτό γίνεται γιατί δεν υπάρχει μέθοδος ου να επιτρέπει τον άμεσο διαχωρισμό των κλασμάτων των ιζημάτων που οι κόκκοι τους είναι μικρότεροι από 0,0625 χιλιοστά του μέτρου και φθάνουν μέχρι 0,00006 mm (ιλύς και άργιλος).

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη διαφορετική ταχύτητα καθίζησης των κόκκων μέσα στο νερό, με βάση το διαφορετικό τους μέγεθος. Η βασική αρχή που διέπει αυτή τη μέθοδο είναι η σταθερή ταχύτητα που αποκτούν οι μικροί κόκκοι που καθιζάνουν

μέσα στο νερό, μόλις η αντίσταση του υγρού που ασκείται επάνω στον κόκκο εξισωθεί με τη δύναμη καθίζησης που ενεργεί στον κόκκο αυτό (Ψιλοβίκος 1985).

Υπολογίστηκε η πυκνότητα του δείγματος, που εκφράζεται με την έννοια του ειδικού βάρους και η υγροσκοπικότητα με τη βοήθεια λήκυθου χωρίς

θερμόμετρο : Σε μια λήκυθο που κλείνει αεροστεγώς με καπάκι τοποθετήσαμε μια ποσότητα 10 γραμμαρίων από το δείγμα μας αφού πρώτα ζυγίσαμε την λήκυθο με το καπάκι της και την λήκυθο με την ποσότητα δείγματος που είχαμε προηγουμένως ξηράνει σε θερμοκρασία δωματίου. Η λήκυθος τοποθετήθηκε με το δείγμα, μέσα σε φούρνο σε θερμοκρασία 105-110 °C για περίπου έξι ώρες. Αφού το δείγμα έφτασε σε θερμοκρασία δωματίου, η λήκυθος με το καπάκι της ζυγίστηκε και πάλι.

Υπολογίστηκαν έτσι η υγροσκοπικότητα που εκφράζεται σαν ο λόγος του % απώλειας βάρους του δείγματος μετά την ξήρανση στο φούρνο, δια το βάρος του

$$\text{αρχικού δείγματος: } H = \frac{NS - NDS}{NS - N} \cdot 100\%$$

Στη συνέχεια μετρήθηκε το ειδικό βάρος E.B. :

- I. Ζυγίσαμε τη λήκυθο με το καπάκι της = WA
- II. Προσθέσαμε μια ποσότητα περίπου 10 γραμμαρίων υλικού από το δείγμα που έχει στεγνώσει σε θερμοκρασία δωματίου και το δείγμα μαζί με τη λήκυθο ξανά-ζυγίστηκαν = WS.
- III. Προσθέσαμε στη συνέχεια απεσταγμένο νερό και το δείγμα θερμάνθηκε σε μια εστία, αναταράσσοντας τη λήκυθο έπειτα ώστε να φύγει όλος ο αέρας που είχε παγιδευτεί μέσα στο δείγμα. Η λήκυθος ξαναγεμίστηκε ολόκληρη με απεσταγμένο νερό και το καπάκι τοποθετήθηκε χωρίς να μείνει καθόλου αέρας μέσα. Η λήκυθος ζυγίστηκε με το καπάκι, το δείγμα και το νερό αφού πρώτα σκουπίσαμε καλά τη λήκυθο = WSW
- IV. Ολόκληρο το υλικό και το νερό αδειάστηκε από τη λήκυθο και αφού την ξεπλύναμε καλά τη γεμίσαμε και πάλι με απεσταγμένο νερό και τοποθετήσαμε το καπάκι της ώστε να κλείσει αεροστεγώς. Σκουπίσαμε και πάλι τη λήκυθο και τη ζυγίσαμε = WW
- V. Υπολογίστηκε το πραγματικό βάρος του υλικού που βάλαμε μέσα στη λήκυθο με τη βοήθεια του τύπου :

$$WS = \frac{100 - H}{100} \cdot (WS - WA)$$

Ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους του υλικού που βάλαμε μέσα στη λήκυθο προς το βάρος του απεσταγμένου νερού, ίσου όγκου με τον όγκο του υλικού.

Το ειδικό βάρος του απεσταγμένου νερού σε θερμοκρασία δωματίου θεωρείται ίσο με τη μονάδα. Ο υπολογισμός του ειδικού βάρους του υλικού που έχουμε γίνεται με βάση τον τύπο :

$$E.B. = \frac{WS}{WS - (WSW - WW)}$$

Όλοι τα αριθμητικά αποτελέσματα βρίσκονται συγκεντρωτικά στον πίνακα με τίτλο : «Δείγμα #6».

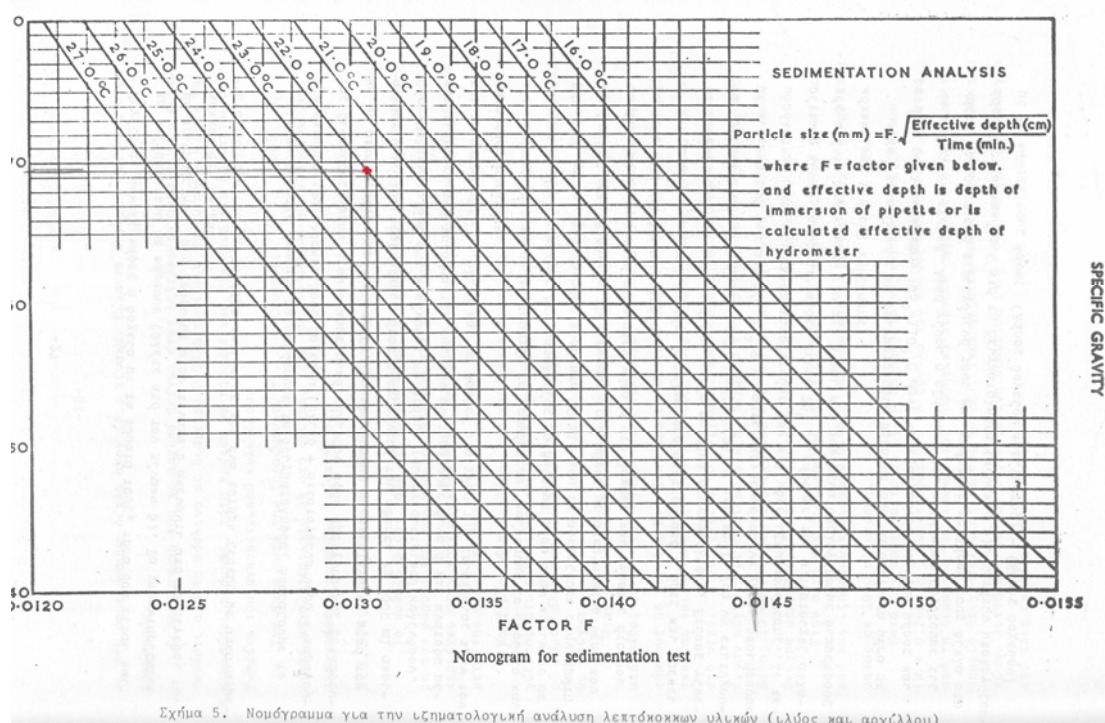
Αφού λοιπόν έγιναν όλες οι προπαρασκευαστικές διεργασίες, για τη απομάκρυνση των οργανικών και των ανόργανων προσμίξεων αλάτων, και για τη μέτρηση του ειδικού βάρους, προχωρήσαμε στη μέθοδο ανάλυσης με τη βοήθεια του σιφωνίου.

Από το ειδικό βάρος και το βάθος δειγματοληψίας (από την επιφάνεια του νερού στον κύλινδρο ανάλυσης) υπολογίστηκε ο χρόνος δειγματοληψίας για κάθε κλάσμα μεγέθους του υλικού, με βάση τον τύπο :

$$E.B. = \left(\frac{F}{d} \right)^2 \cdot h$$

Όπου t = χρόνος

F = συντελεστής που συσχετίζεται με το ειδικό βάρος του υλικού και τη θερμοκρασία του υγρού μέσου και υπολογίζεται από το νομόγραμμα που ακολουθεί, όπου και σημειώνεται με κόκκινο σημάδι :



Σχήμα 5. Νομόγραμμα για την ιζηματολογική ανάλυση λεπτόκοκκων υλικών (ελύος και αργίλλου)

Εικόνα 10 : Νομόγραμμα για την ιζηματολογική ανάλυση λεπτόκοκκων υλικών.

d = διάμετρος των κόκκων του υλικού που περνούν ταυτόχρονα από το ίδιο βάθος στον ογκομετρικό σωλήνα, σε χιλιοστά.

h = Το βάθος από την επιφάνεια του μείγματος νερού-υλικού μέσα στον κύλινδρο ιζηματογένεσης (ογκομετρικό σωλήνα) σε εκατοστά (cm).

Δημιουργείται κατά αυτόν τον τρόπο ένα χρονοδιάγραμμα δειγματοληψίας στο οποίο σημειώνονται σε μια στήλη το μέγεθος των διαμέτρων των κόκκων που θα μετρηθούν και σε άλλη στήλη ο ακριβής χρόνος που θα γίνει η δειγματοληψία για

κάθε μέγεθος από ένα ορισμένο βάθος. Το βάθος που επιλέχθηκε ήταν τα 10 εκατοστά.

Στη συνέχεια ζυγίσαμε 20 γραμμάρια από το δείγμα και το αδειάσαμε σε ένα φλασκοειδές δοχείο και προσθέσαμε 500 ml απεσταγμένο νερό. Κατόπιν προσθέσαμε τον παράγοντα διασποράς Calgon που έχει την ιδιότητα να διατηρεί τους κόκκους του υλικού σε διασπορά και να μην συσσωματώνονται μέσα στο νερό. Πρόκειται για οξαλικό νάτριο σε διάλυση με νερό σε αναλογία 1:3. Αφού προσθέσαμε 20 gr από τον παράγοντα διασποράς μέσα στο φλασκοειδές δοχείο το βάλαμε στη μηχανή δόνησης για αρκετή ώρα.

Ζυγίσαμε μικρές κάψες (δοχεία) με το πώμα τους και τις αριθμήσαμε για να υποδεχτούν τα δείγματα, ετοιμάσαμε ένα χρονόμετρο ακριβείας και ένα ποτήρι ζέσεως ενώ τέλος ετοιμάσαμε και ένα σιφώνιο που το σημαδέψαμε στα 20 ml. Έτσι τελείωσε η προετοιμασία για τη δειγματοληψία.

Έπειτα μέσα σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο 1000 ml, που προηγουμένως είχαμε καθαρίσει καλά, αδειάσαμε το περιεχόμενο του φλασκοειδούς δοχείου (υλικό + απεσταγμένο νερό + παράγοντας διασποράς). Ξεπλύνουμε το δοχείο με απεσταγμένο νερό και συμπληρώσαμε τον ογκομετρικό κύλινδρο μέχρι τα 1000 ml με απεσταγμένο νερό. Αφού κλείσαμε με την παλάμη το στόμιο του κυλίνδρου τον αναταράξαμε δυνατά και ανάποδα για να ανακατωθεί το υλικό και να βρεθεί στο χώρο της επιφάνειας.

Σ' αυτό το σημείο θέσαμε το χρονόμετρο σε λειτουργία, και με το σιφώνιο όταν πλησιάζει ο χρόνος δειγματοληψίας το βάλαμε μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο σε βάθος 10 εκατοστών κάναμε αναρρόφηση 20 ml. Κατόπιν τα αδειάσαμε στην πρώτη κάψα. Ξεπλύνουμε το σιφώνιο με απεσταγμένο νερό που το αδειάσαμε και αυτό μέσα στην κάψα. Η διαδικασία επαναλήφθηκε και ο συνολικός χρόνος που διήρκεσε ήταν 7h και 51 min. Έγινε σε θερμοκρασία δωματίου 22° C.

Μετά το τέλος της δειγματοληψίας όλα τα δείγματα μπήκαν μέσα σε φούρνο 105°-110° C, ώστε να εξατμιστεί το υγρό μέρος του δείγματος και να μείνει το στερεό. Αφού έγινε η εξάτμιση και η ξήρανση ζυγίσαμε τις κάψες με το στερεό περιεχόμενό τους και γράψαμε το βάρος τους δίπλα στο βάρος που αυτά είχαν πριν από την δειγματοληψία (βλέπε αντίστοιχο πίνακα). Κατόπιν υπολογίσαμε το καθαρό τους βάρος (Βάρος δοχείου + δείγματος)-(βάρος δοχείου) και το σημειώσαμε στον ίδιο πίνακα. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι διάφορες παράμετροι του δείγματος.

Ο παράγοντας διασποράς (Calgon) σε κάθε δείγμα υπολογίζεται ότι είναι περίπου 0,0154 gr και πρέπει να αφαιρεθεί από το καθαρό βάρος όλων των δειγμάτων ώστε να μείνει μόνο το βάρος των κόκκων σε κάθε δείγμα.

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως τα αποτελέσματα παρατίθενται στους αντίστοιχους πίνακες.

Περεταίρω ανάλυση και χαρακτηρισμός των δειγμάτων. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Gradistat όπου έγινε εισαγωγή των ποσοστών % (αθροιστικό και κλασματικό) ανά διάμετρο κόκκων και με τη βοήθεια του προγράμματος χαρακτηρίστηκαν τα δείγματα. Για τον υπολογισμό των διαφόρων παραμέτρων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τύποι: **Γραφικός μέσος όρος: $M =$**

$$\frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3},$$

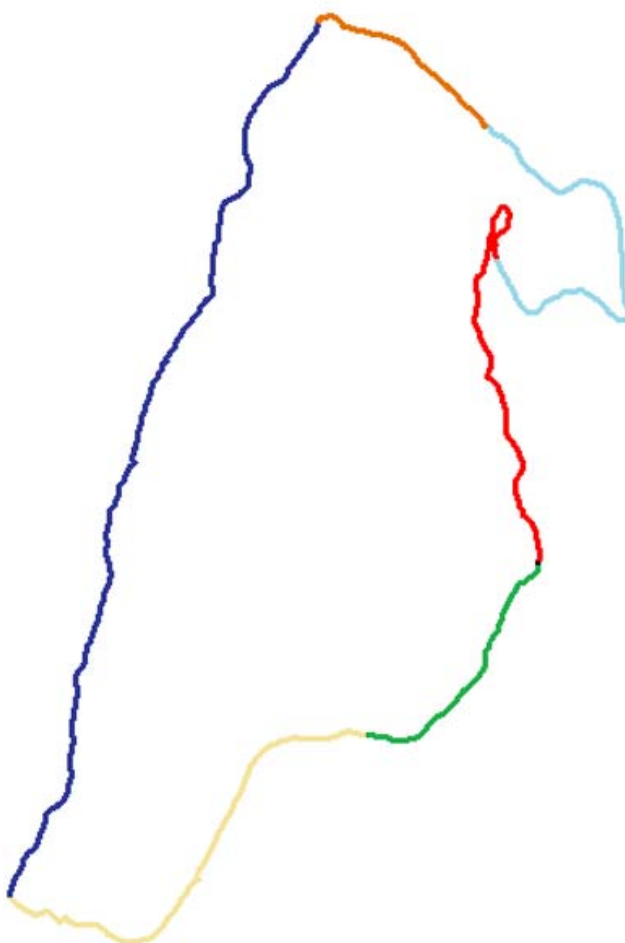
$$\text{Ταξινόμηση: } \sigma = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6},$$

$$\text{Λοξότητα: } S_k = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} * \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)},$$

Κύρτωση:
$$K_u = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

2.3.3 Περιγραφή εργασίας πεδίου και διαδρομές που ακολουθήθηκαν

Στο σκαρίφημα που ακολουθεί, σημειώνεται στον χάρτη η διαδρομή που ακολουθήθηκε κατά ημέρα στη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου. Η κάθε μέρα σημειώνεται και με ένα διαφορετικό χρώμα.



Σκαρίφημα 1 : Η διαδρομή της χαρτογράφησης. Με κόκκινο χρώμα η πρώτη μέρα, με πράσινο η δεύτερη, με γαλάζιο η τρίτη μέρα. Με πορτοκαλί η τέταρτη μέρα, με κίτρινο η Πέμπτη και με βαθύ κυανό η τελευταία ημέρα της χαρτογράφησης.

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της κάθε διαδρομής που ακολουθήθηκε κατά ημέρα.



Εικόνα 11 : Άποψη της ακτογραμμής στο πρώτο τμήμα της χαρτογράφησης.

Την πρώτη ημέρα η διαδρομή που ακολουθήθηκε ήταν από την μικρή χερσόνησο που σχηματίζει το άλλοτε νησάκι (νέο νησί) και τώρα χερσόνησος, μέχρι το χωριό Περαία ή Κότσανα στο ύψος της εκκλησίας των Αγίων Θεοδώρων. Αναλυτικά η περιοχή αυτή παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο που από καρστικοποιημένους ασβεστολίθους ανακρυσταλλωμένους κατά τον Μουντράκη ή από μάρμαρα κατά άλλους ερευνητές (Κατσικάτσος). Η πρόσβαση στην ακτογραμμή της λίμνης είναι δύσκολη αφού δεν υπάρχει μονοπάτι που να επιτρέπει συνεχή πρόσβαση σε αυτή. Το μονοπάτι που διατρέχει παράλληλα την ακτογραμμή βρίσκεται αρκετά ψηλότερα από αυτήν. Παρόλα αυτά η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών μετρήσεων στα 80 μέτρα, που τέθηκε από τον επιβλέπων καθηγητή κύριο Κ. Αλμπανάκη τηρήθηκε σε όλη τη διαδρομή αυτή. Η πρόσβαση στα σημεία μέτρησης ήταν δυνατόν να επιτευχθεί μόνο προχωρώντας σε ανώμαλο δρόμο και σε πολλές περιπτώσεις με αναρρίχηση και στην συνέχεια κατάβαση στο σημείο μέτρησης πάνω στην ακτογραμμή. Σε δυο περιπτώσεις μάλιστα η συνέχιση της πορείας επέβαλλε την είσοδο για λίγο και μέσα στη λίμνη προκειμένου να συνεχισθούν απρόσκοπτα οι μετρήσεις. Καθώς κινούμαστε προς το χωριό Περαία σχηματίζονται κολπίσκοι και μικροί όρμοι όπου ο αποσαθρωμένος ασβεστόλιθος συσσωρεύεται από τη γύρω περιοχή. Η βλάστηση είναι αραιή και περιλαμβάνει κυρίως χαμηλούς θάμνους και μερικά δέντρα που οι ντόπιοι ονομάζουν καραγάτσια. Λίγο πριν το χωριό Περαία που βρίσκεται σε κάποιο ύψος από τη λίμνη, το ανάγλυφο γίνεται πιο ομαλό και σχηματίζονται παραλίες με άμμους από λιμναία ιζήματα και από κογχύλια θρυμματισμένα. Η έκταση ανάμεσα στο χωριό και τη λίμνη καταλαμβάνεται από μια πεδινή επιφάνεια σχετικά ομαλή που διακόπτεται απότομα από το βράχο πάνω στον οποίο βρίσκεται χτισμένο το πρώτο. Το ανάγλυφο εξομαλύνεται ακόμη περισσότερο καθώς κινούμαστε νοτιότερα και πλησιάζουμε προς το χωριό Φαράγγι.



Εικόνα 12 : Σχεδόν απρόσιτοι από τη στεριά όρμοι σχηματίζονται στο ΒΑ τμήμα της λίμνης.

Τη δεύτερη μέρα τη διαδρομή απετέλεσε το κομμάτι που βρίσκεται ανάμεσα στο χωριό Περαία και τις εκβολές του ρέματος Κάστρο. Το κομμάτι αυτό όσον αφορά τη γεωλογία είναι παρόμοιο με το προηγούμενο ενώ η ακτογραμμή σχηματίζει επίσης δαντελωτούς κολπίσκους μέχρι και λίγο πριν την εκβολή του ρέματος όπου κυριαρχούν τα φερτά υλικά που μεταφέρθηκαν στο παρελθόν από το ρέμα και αποτέθηκαν στο μέρος αυτό. Παρά το γεγονός ότι το ρέμα πλέον δεν έχει μόνιμη επιφανειακή ροή, παρά μόνο εποχιακή, το έδαφος στην περιοχή της εκβολής του στη λίμνη είναι εξαιρετικά χαλαρό, σε σημείο που να μην επιτρέπει την προχώρηση πεζή. Ακόμη το παραλίμνιο τμήμα ανάμεσα στα χωριά Φαράγγι και Μανιάκι δεν επιτρέπει την πρόσβαση στην ακτή λόγω της έκτασης των καλλιεργειών και της περιφράξης των αγροτεμαχίων που φθάνει πολλές φορές μέχρι την ακτογραμμή της λίμνης. Επιπρόσθετα όλο το νότιο κομμάτι της λίμνης αποτελείται από έλη και τενάγη με πυκνή κάλυψη από καλάμια και χωρίς πρόσβαση μέσω κάποιου μονοπατιού. Κατά συνέπεια και για όλους αυτούς τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, για το τμήμα αυτό που περιλαμβάνει συνολικά την ακτογραμμή από την εκβολή του ρέματος Κάστρο μέχρι λίγο πριν το αντλιοστάσιο της Δ.Ε.Η. πλησίον του χωριού Άγιος Παντελεήμονας οι μετρήσεις έγιναν με τη βοήθεια βάρκας ενός ντόπιου αλιέα, που υπενοικιάσθη για το σκοπό αυτό.



Εικόνα 13 : στο νότιο τμήμα της λίμνης μετά το χωριό Περαία, οι παραλίμνιες εκτάσεις γίνονται πιο ομαλές



Εικόνα 14 : Το χωριό Άρνισσα από τα ΒΑ.

Την Τρίτη ημέρα η διαδρομή είχε σημείο εκκίνησης το άλλοτε νησάκι και τώρα χερσόνησο στο βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης, και σημείο τερματισμού την αποβάθρα του ναυτικού ομίλου του χωριού Άρνισσα, που βρίσκεται περίπου στο ύψος της σήραγγας που διάνοιξε η Δ.Ε.Η. με σκοπό την άντληση υδάτων από τη λίμνη για την τροφοδοσία του Υ.Η.Σ. Άγρα. Η περιοχή που «αγκαλιάζει» τον κολπίσκο χρησιμοποιείται κυρίως ως βοσκότοπος διότι αποτελείται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα και κογχύλια πάνω στην ακτογραμμή και έτσι δεν προσφέρεται για καλλιέργεια. Από το τέλος του κολπίσκου και έπειτα όλη η περιοχή καλύπτεται από καλλιέργειες κυρίως τριφυλλιού για βοσκή δίπλα στη λίμνη και οπωροφόρων δέντρων, κυρίως μηλιών και ροδακινιών όσο απομακρυνόμαστε από την ακτή. Η άνοδος της στάθμης της λίμνης τα τελευταία χρόνια, μετά τη δραματική πτώση των προηγούμενων δεκαετιών, έχει καλύψει σε πολλές περιπτώσεις κομμάτια καλλιεργήσιμων γαιών με νερό και αυτό γιατί τα κομμάτια που απεκαλήφθησαν με την πτώση της στάθμης των υδάτων είχαν μετατραπεί σε αγροτική γη από τους ντόπιους.



Εικόνα 15 : Η ακτογραμμή της λίμνης στο ΒΑ τμήμα της, κάτω από τα κοιμητήρια του χωριού Άρνισσα, κοντά στην παλιά σήραγγα της Δ.Ε.Η.



Εικόνα 16 : Αποψη του «νέου» νησιού ή «Αντά» από το ΒΔ τμήμα της λίμνης. Τη μικρή χερσόνησο που σχηματίζει το ενωμένο με την ξηρά νησάκι ονομάζεται από τους ντόπιους Μπουρούν.

Την τέταρτη μέρα οι μετρήσεις έγιναν στο τμήμα της ακτής από το ναυτικό όμιλο ως τη στροφή «Λύκα» όπου το δεύτερο μεγάλο ρέμα που υπάρχει στη λίμνη χύνεται σε αυτήν. Και εδώ η παραλίμνια έκταση έχει καλλιέργειες. πιο πυκνές από πριν, οπωροφόρων δέντρων κυρίως ενώ παράλληλα με την ακτογραμμή υπάρχουν δυο διαδοχικές σειρές από πυκνούς καλαμιώνες οι οποίοι δείχνουν κατά πάσα πιθανότητα δυο διαδοχικές φάσεις μεταβολής, με θετικό πρόσημο, της στάθμης της λίμνης. Στις βόρειες αυτές περιοχές της λίμνης σε όλο σχεδόν το μήκος της ακτογραμμής πριν τις δυο αυτές σειρές καλαμιώνων που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν υδρόβια φυτά χαρακτηριστικού κόκκινου χρώματος.



Εικόνα 17 : Στο Βόρειο τμήμα της λίμνης χωράφια με οπωροφόρα δέντρα έχουν καλυφθεί στις παρυφές τους με νερό, από την άνοδο της στάθμης της λίμνης.



Εικόνα 18 : Στο Νότιο τμήμα της λίμνης η χαρτογράφηση έγινε με βάρκα. Αποψη των δαιδαλωδών διαδρόμων που σχηματίζουν οι καλαμιώνες.

Την πέμπτη ημέρα οι μετρήσεις έγιναν με τη βοήθεια βάρκας στο νότιο-νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης όπου, όπως ήδη έχει ειπωθεί, δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση από την ξηρά. Η συλλογή των μετρήσεων έγινε με προσέγγιση στην ακτή από τη μεριά της λίμνης. Η περιοχή αυτή των μετρήσεων καλύπτεται από πυκνούς καλαμιώνες, έλη και τενάγη. Λόγω της παρουσίας των καλαμιών, οι μετρήσεις δεν έγιναν παντού με απόσταση από μέτρηση σε μέτρηση 80 μέτρων, αλλά μόνο όπου αυτό ήταν δυνατόν να γίνει. Έτσι η χαρτογράφηση της περιοχής από την ακτογραμμή μπροστά στο χωριό φαράγγι, μέχρι το αντλιοστάσιο του Η.Υ.Σ. Αμυνταίου νοτίως του χωριού Παντελεήμονας, έγινε με την καλύτερη δυνατή προσέγγιση.



Εικόνα 19 : Άποψη από το ΝΑ τμήμα της λίμνης, κατεύθυνση προς Βεγόρα. Στο βάθος διακρίνεται ο Α/ΗΣ Φλώρινας.



Εικόνα 20 : άποψη της λίμνης πλησίον του χωριού Άγιος Παντελεήμονας.



Εικόνα 21 : Το αντλιοστάσιο της Δ.Ε.Η. κοντά στο χωριό Άγιος Παντελεήμονας.



Εικόνα 22 : Η ακτογραμμή στην έξοδο προς τα βόρεια του χωριού Άγιος Παντελεήμονας. Διακρίνεται η σήραγγα της σιδηροδρομικής γραμμής.



Εικόνα 23 : Ομαλή δαντελωτή ακτή στη διαδρομή Άγιος Παντελεήμονας – Άρνισσα.



Εικόνα 24 : Η άνοδος της στάθμης τής λίμνης έχει καλύψει σε πολλά σημεία το ριζικό σύστημα δέντρων και φυτών.

Την έκτη και τελευταία ημέρα της χαρτογράφησης, η διαδρομή ήταν από το αντλιοστάσιο κοντά στο χωριό Άγιος Παντελεήμονας, μέχρι τη στροφή Λύκα στο Βορειο-βορειοδυτικό τμήμα της λίμνης. Η προσπέλαση στο πρώτο κομμάτι είναι πιο εύκολη υπό την έννοια ότι η ακτογραμμή έχει μια δαντελωτή μορφή, με τις ακτές να

σχηματίζουν ευρείας μορφής κολπίσκους και μικρά ακρωτήρια. Σε όλο αυτό το τμήμα κυριαρχούν τα ανθρακικά πετρώματα -μάρμαρα ή ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι. Περί τα μέσα της διαδρομής το ανάγλυφο γίνεται ολοένα πιο απότομο καθώς οι πρόποδες του ορεινού όγκου του Βόρα συναντούν τη λίμνη. Το μονοπάτι στενεύει και στη θέση που οι ντόπιοι ονομάζουν «νεροφάγωμα», είναι ευδιάκριτη η ύπαρξη ενός καθρέπτη ρήγματος με διεύθυνση Βόρεια-βορειοανατολική Νότια-νοτιοδυτική. Το ρήγμα στην περιοχή αυτή βυθίζεται κυριολεκτικά μέσα στη λίμνη και το βάθος της αυξάνει απότομα σε πολύ μικρή απόσταση από την ακτή, γεγονός που μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό από έναν παρατηρητή στην ακτή. Επάνω από την τοποθεσία δεσπόζει η κορυφή Πιπερίτσα (1996 μέτρα) στο βάθος και μπροστά από αυτήν καθώς πλησιάζουμε στη λίμνη τα υψώματα, Λόφος (1825 μέτρα), Δίδυμα (1307 μέτρα) Καμελίτσα (936 μέτρα). Συνεχίζοντας βορειότερα στην περιοχή γύρω από το εγκαταλειμμένο πόλισμα του Αγίου Σπυρίδωνα και τον παλαιό σιδηροδρομικό σταθμό Βεγορίτιδας, το έδαφος είναι πιο ομαλό και υπάρχουν μερικά κτήματα με οπωροφόρα κυρίως τα οποία φθάνουν μέχρι την ακτή της λίμνης. Γενικά, μιλώντας συνολικά για την διαδρομή αυτή, μπορούμε να πούμε ότι η ακτογραμμή είναι πιο ομαλή και ευθεία, γεγονός που οφείλεται στην τεκτονική της περιοχής, αφού αυτή ακολουθεί τα ρήγματα που ορίζουν την πλευρά αυτή της λίμνης.

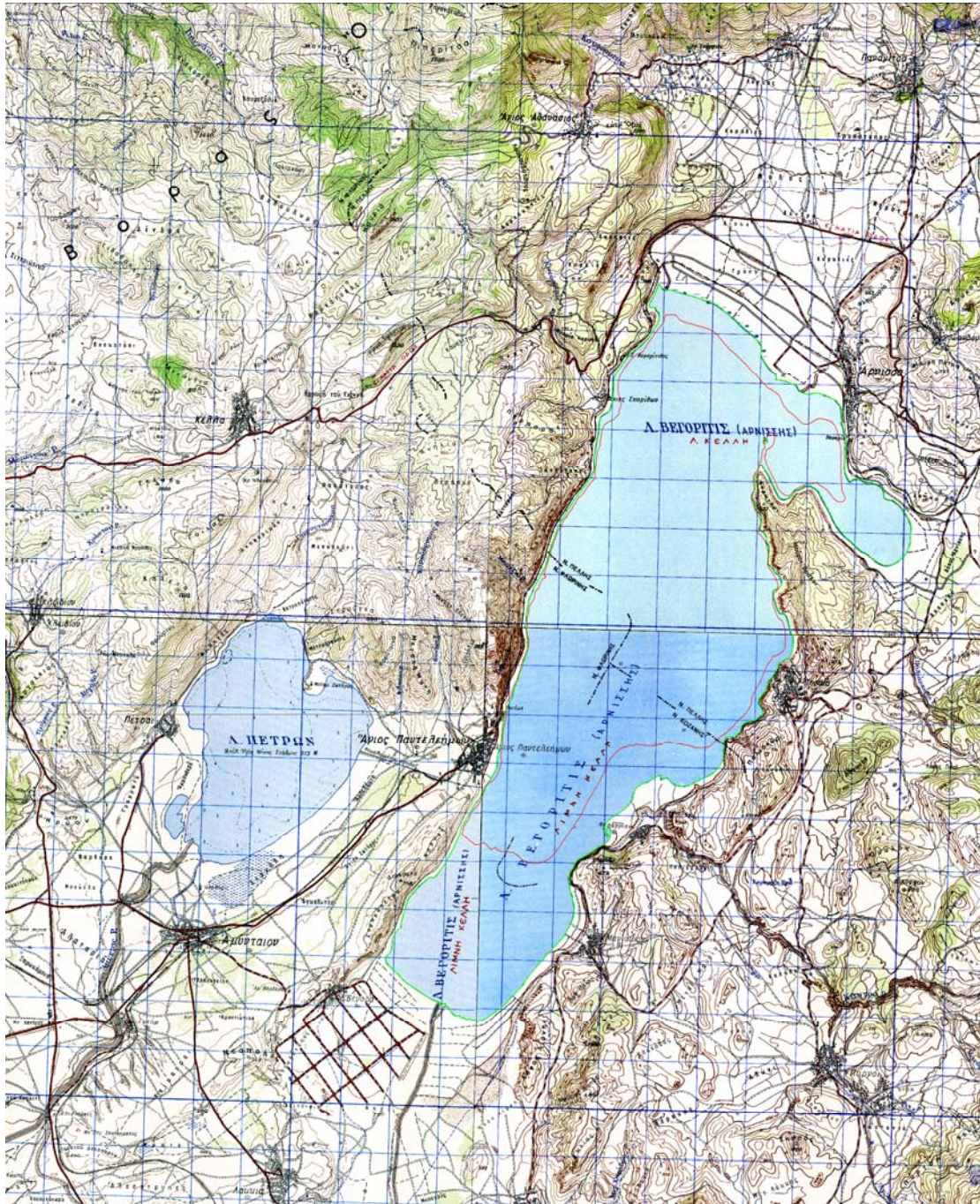


Εικόνα 25 : Η ακτογραμμή κοντά στον καθρέπτη του μεγάλου ρήγματος της Βεγορίτιδας, στη διαδρομή Άρνισσα – Άγιος Παντελεήμονας.

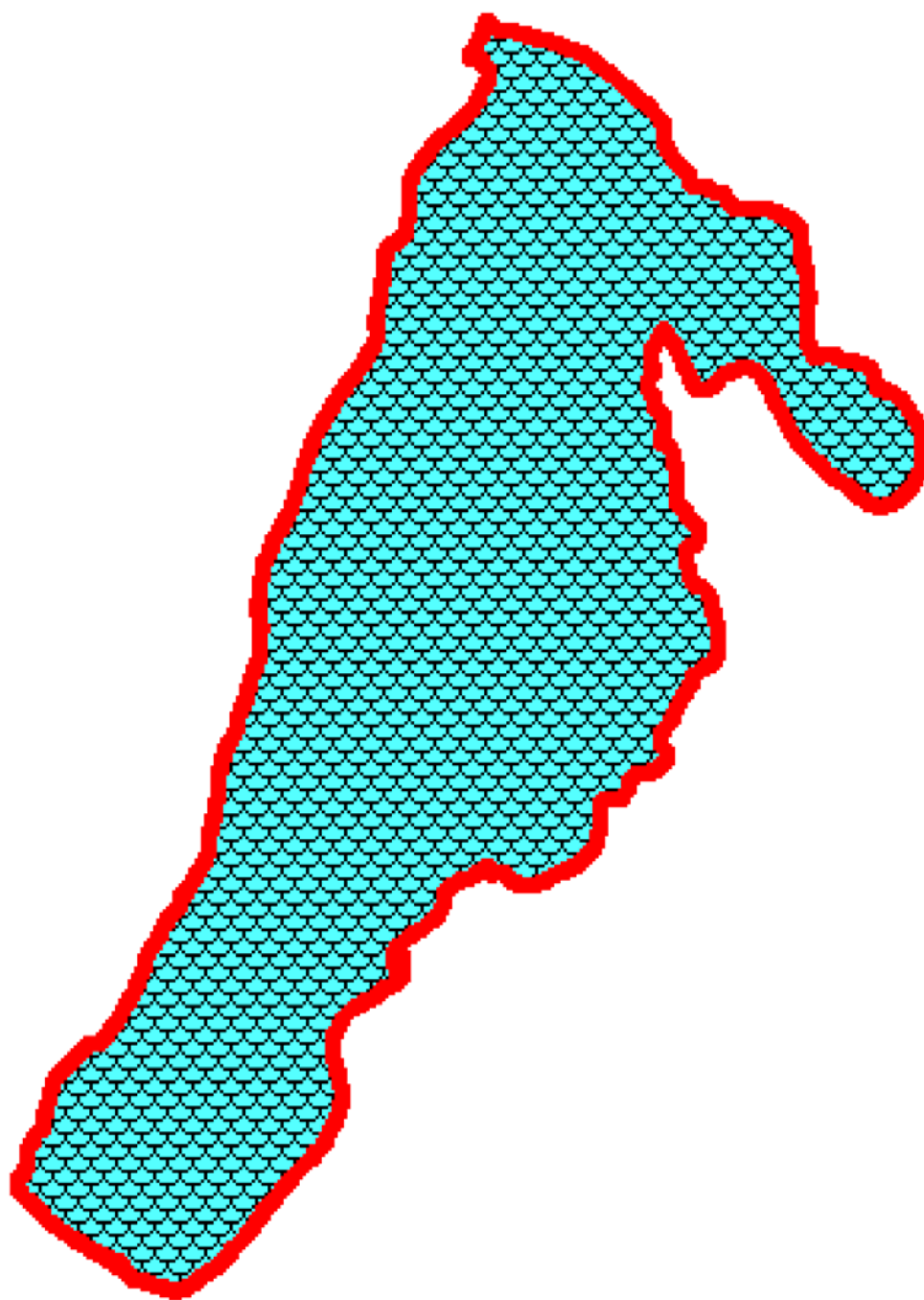


Εικόνα 26 : Αποψη της ακτογραμμής της λίμνης στη διαδρομή Άγιος Παντελεήμονας – Άρνισσα.

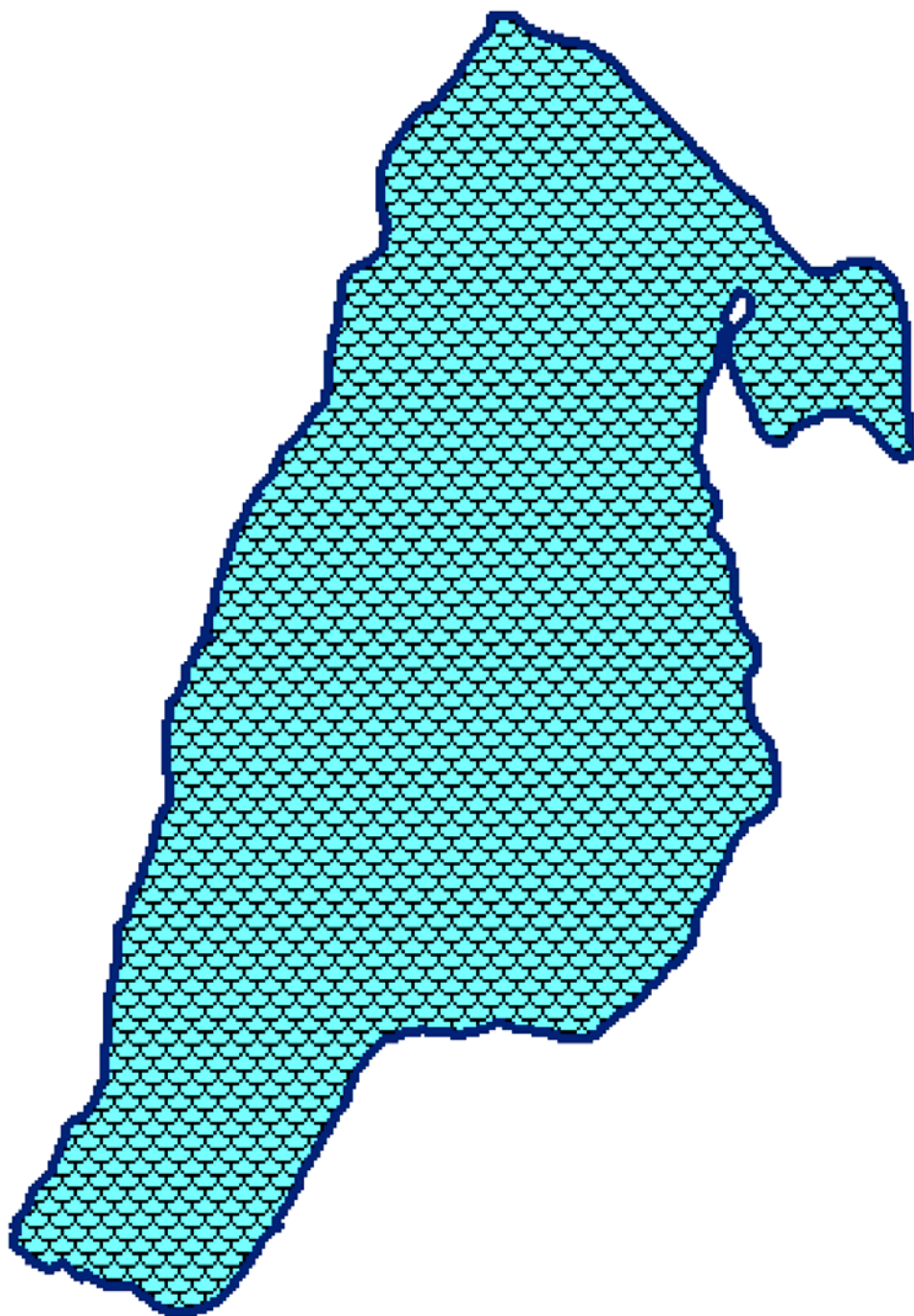
3.1 Αποτελέσματα εργασίας στον υπολογιστή και επεξεργασίας των δεδομένων πεδίου



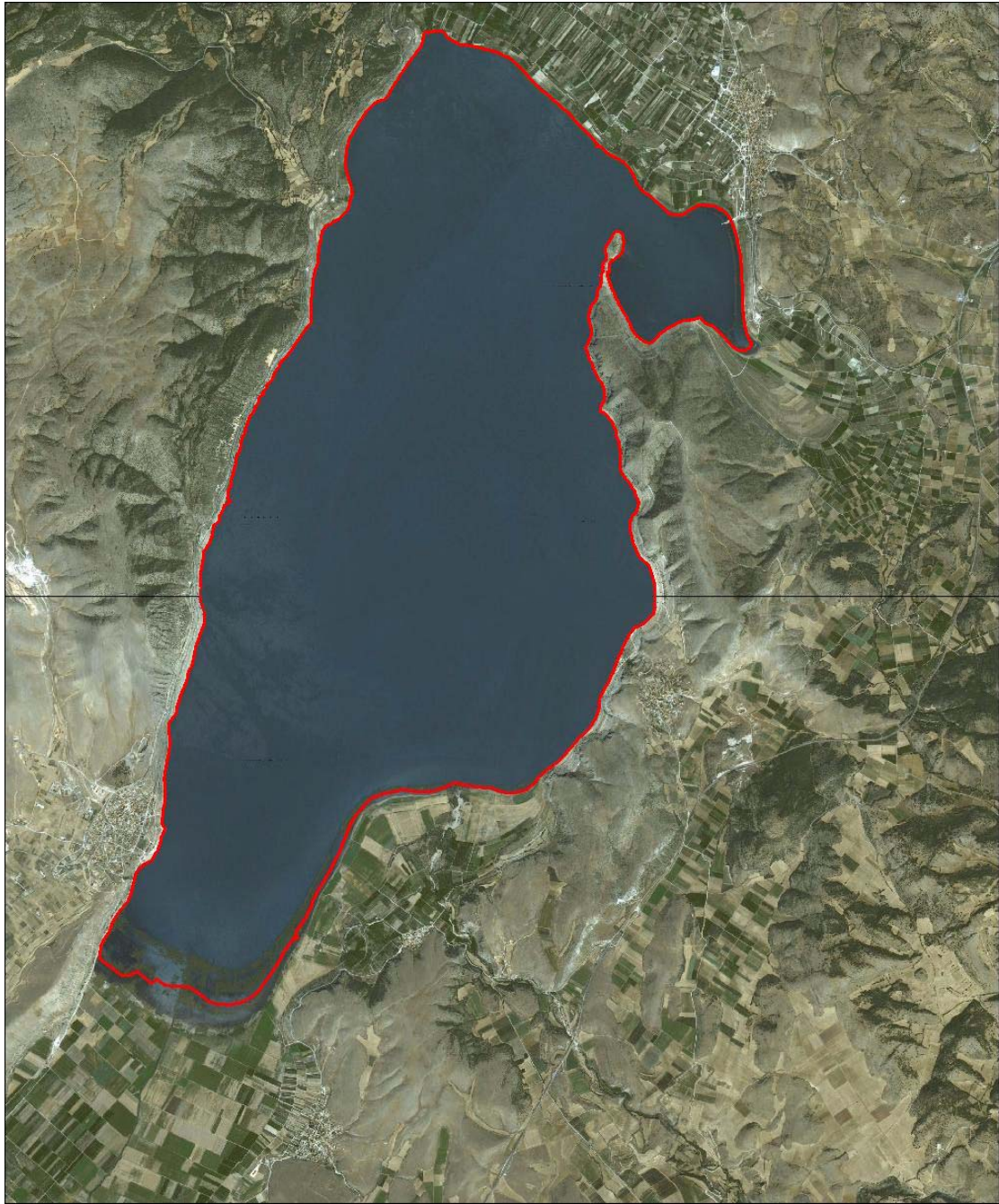
Χάρτης 1 : Σύγκριση ακτογραμμής όπως αυτή αποτυπώθηκε με τη χαρτογράφηση που έγινε με G.P.S. στα πλαίσια τής παρούσας εργασίας σε παράθεση με την ακτογραμμή της λίμνης την περίοδο της χαρτογράφησης από τη Γ.Υ.Σ. (με έντονο πράσινο) και του χάρτη της Γ.Υ.Σ.



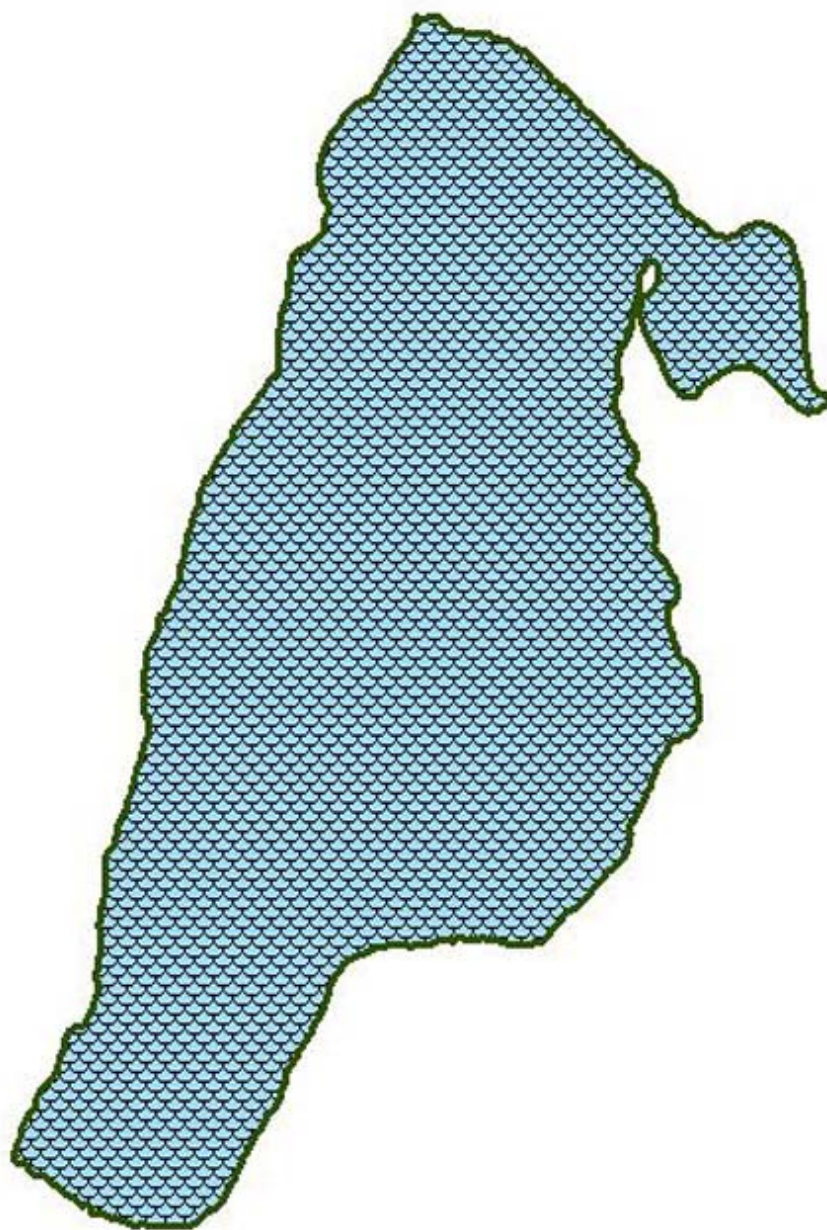
Χάρτης 2 : Η ακτογραμμή της λίμνης όπως ήταν την περίοδο της κατασκευής του χάρτη από τη Γ.Υ.Σ.



Χάρτης 3 : Η ακτογραμμή όπως αποτυπώθηκε από τη χαρτογράφηση.



Χάρτης 4 : Η ακτογραμμή της λίμνης όπως αποτυπώθηκε στη χαρτογράφηση υπαίθρου του 2005 με τη βοήθεια G.P.S. (με κόκκινο χρώμα) σε παράθεση με τη δορυφορική εικόνα του 2010 (Google Earth επεξεργασμένη και σε σύστημα συντεταγμένων ED 50).



Χάρτης 5 : Η ακτογραμμή της λίμνης από τη δορυφορική εικόνα του 2010 όπως αποτυπώθηκε με τη βοήθεια του MapInfo.

Από τη σύγκριση του χάρτη της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού και των μετρήσεων που έγιναν με G.P.S. στο ύπαιθρο, με τη βοήθεια του MapInfo διαπιστώθηκαν οι εξής μεταβολές :

1. **Στην περίμετρο της λίμνης**, μια αρνητική μεταβολή από **48,25 Km** σε **35,36 Km**, δηλαδή μια **μείωση της τάξης του 26,72 %**.
2. **Στο εμβαδό της λίμνης**, μια μεταβολή με αρνητικό πρόσημο από **58,97 Km²** σε **41,01 Km²**, δηλαδή μια **μείωση της τάξης του 30,5 %**.

Από τη σύγκριση των τιμών που προέκυψαν από τη αποτύπωση της ακτογραμμής της λίμνης στα πλαίσια της εργασίας υπαίθρου το 2005 και της ακτογραμμής της λίμνης όπως αυτή προκύπτει το 2009 από τη δορυφορική φωτογραφία του Google Earth, διαπιστώνονται οι εξής μεταβολές :

1. **Μια μεταβολή στην περίμετρο** της λίμνης που από **35,36 Km** το 2005 **αυξήθηκε σε 36,42 Km** το 2009, μια αύξηση της τάξης του **3 %**.
2. **Μια μεταβολή στο εμβαδό** της λίμνης που από **41,01 Km²** αυξήθηκε σε **42,06 Km²** μια αύξηση δηλαδή της τάξης του **2,6 %**.

Το υψόμετρο της επιφάνειας της λίμνης μετρήθηκε στο πεδίο με τη βοήθεια βαρομέτρου και ήταν 511 m τον Αύγουστο του 2005.

Η άνοδος της στάθμης της λίμνης διαπιστώνεται καλύτερα σε περιοχές που περιβάλλουν τη λίμνη, στις οποίες το υψόμετρο είναι χαμηλότερο και οι κλίσεις πιο ομαλές. Στις φωτογραφίες που ακολουθούν και είναι εστιασμένα τμήματα της μεγάλης δορυφορικής εικόνας, φαίνεται καλύτερα αυτό το γεγονός :



Εικόνα 27 : Εστιασμένο τμήμα της λίμνης στο απώτατο νότιο κομμάτι της όπου είναι φανερή η αύξηση του όγκου της. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010). Οι σειρές καλαμιών προδίδουν τα διάφορα στάδια της ανόδου της στάθμης της λίμνης.



Εικόνα 28 : Μια ευρύτερη άποψη του νότιου τμήματος της λίμνης που περιλαμβάνει και το δέλτα του Κάστρου ρέματος, όπου επίσης φαίνεται η μετατόπιση της λίμνης εις βάρος της ακτογραμμής. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).



Εικόνα 29 : Μια πιο κοντινή άποψη του δέλτα του Κάστρου ρέματος. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).



Εικόνα 30 : άποψη του βόρειου τμήματος της λίμνης όπου η μεταβολή είναι λιγότερο ορατή εξαιτίας της μεγαλύτερης κλίσης του εδάφους. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).



Εικόνα 31 : άλλη μια άποψη της βόρειας ακτογραμμής πλησίον του χωριού Άρνισσα. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).



Εικόνα 32 : Η μορφή της ακτογραμμής στην μικρή εγκόλπωση που σχηματίζει η λίμνη κοντά στο χωριό Άρνισσα, και η μικρή χερσόνησος που έχει ενωθεί με το «νέο νησί» ή Αντά. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).



Εικόνα 33 : Μια περισσότερο εστιασμένη άποψη του μικρού κολπίσκου στα βορειοανατολικά της λίμνης όπου φαίνεται και εδώ η μεταβολή της στάθμης της λίμνης. (Σύγκριση χαρτογράφησης με G.P.S. τον Αύγουστο του 2005 με την εικόνα από το Google Earth του 2010).

3.2 Τα κύρια ρέματα της λίμνης και η συλλογή δειγμάτων από αυτά

Τρία μεγάλα ρέματα χύνονται στη λίμνη : **Το πρώτο** και μεγαλύτερο, το Κάστρο ρέμα, πηγάζει στο νομό Κοζάνης και εκβάλλει στα νοτιοανατολικά της λίμνης, κοντά στα χωριά Φαράγγι και Μανιάκι. Το ρέμα αυτό σχηματίζει ριπίδιο που είναι ορατό και από αέρος. **Το δεύτερο ρέμα** ξεκινά από τις υπώρειες του όρους Βόρας και εκβάλλει στα βόρεια-βορειοδυτικά στην περιοχή που ονομάζεται Λύκα, εκεί όπου η ακτογραμμή της λίμνης κάμπτεται, ακολουθώντας το μεγάλο ρήγμα της Βεγορίτιδας. **Το τρίτο ρέμα** εκβάλλει λίγο ανατολικότερα από το προηγούμενο στο παλιό νησάκι, στο λεγόμενο τζαμί.



Εικόνα 34 : Άποψη του ρέματος που εκβάλλει στην περιοχή του τζαμιού. Ορατή είναι η κατά βάθος διάβρωση λόγω της πτώσης του βασικού επιπέδου από τη υποχώρηση της λίμνης.

Στη διάρκεια της χαρτογράφησης της λίμνης συλλέχθηκαν δείγματα από την ακτογραμμή στο δεύτερο ρέμα της Λύκας και το Κάστρο ρέμα της λίμνης, το οποίο είναι και το μοναδικό που έχει εκτεταμένες δελταϊκές αποθέσεις, αλλά και είναι ενεργό – στη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Από εδώ πάρθηκε μόνο ένα δείγμα λόγω της αδυναμίας πρόσβασης στο εκτεταμένο δέλτα του ρέματος από την ξηρά, μιας και το έδαφος ήταν τόσο υγρό που βούλιαζε σε κάθε βήμα για αρκετά εκατοστά. Στο ρέμα της Λύκας υπάρχει ένα μικρό παραλίμνιο δάσος, δέντρα του οποίου έχουν το ριζικό τους σύστημα καλυμμένο απ' το νερό της λίμνης. Από αυτό την εκβολή του ρέματος αυτού συλλέχθηκαν τρία δείγματα. Στο τρίτο ρέμα, αυτό του τζαμιού, οι αποθέσεις έχουν καλυφθεί από το νερό της λίμνης, της οποίας η στάθμη έχει ανέβει, όπως φαίνεται και στη φωτογραφία.



Εικόνα 35 : Εκβολή του ρέματος της προηγούμενης φωτογραφίας. Η εκβολή έχει καλυφθεί από το νερό της λίμνης λόγω της ανόδου της στάθμης της.

Επιπλέον και στα δυο ρέματα, που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της λίμνης, έχουν γίνει ανθρωπογενείς επεμβάσεις στα ορεινά που έχουν διαταράξει τη ροή τους. Τα δυο αυτά ρέματα πηγάζουν από τους πρόποδες του Βόρα όπου έχουν δημιουργηθεί τεχνητές λίμνες με σκοπό την αναψυχή, αλλά και την ύδρευση οικισμών, γεγονός που έχει διακόψει την παλαιότερη ημί-μόνιμη ροή τους, αφού σε βροχερές περιόδους σύμφωνα με τις μαρτυρίες των παλαιότερων είχαν νερό, έστω και ελάχιστα, ακόμη και τους θερινούς μήνες.

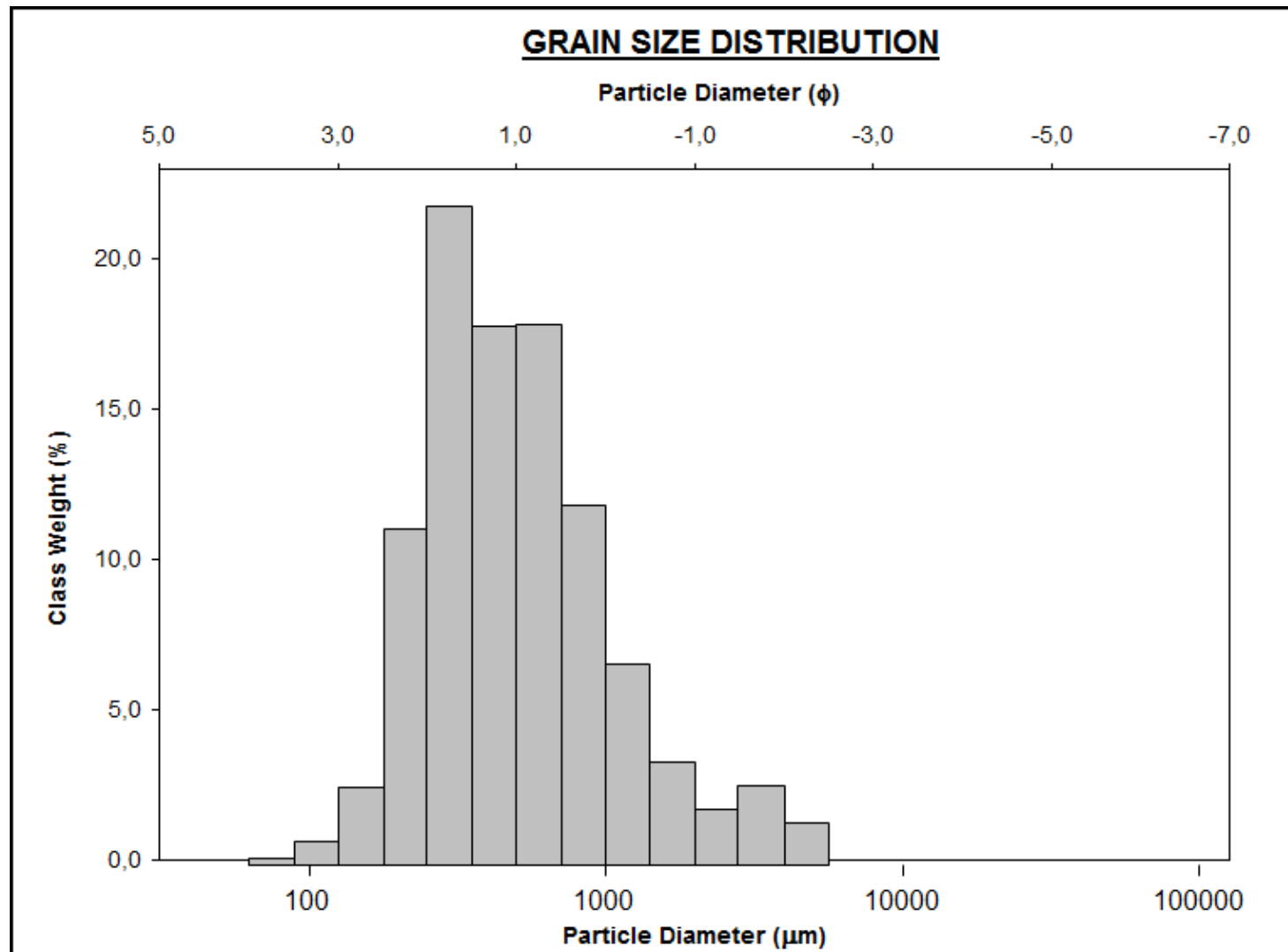
3.3 Αποτελέσματα μεθοδολογίας εργαστηρίου

ΔΕΙΓΜΑ #3

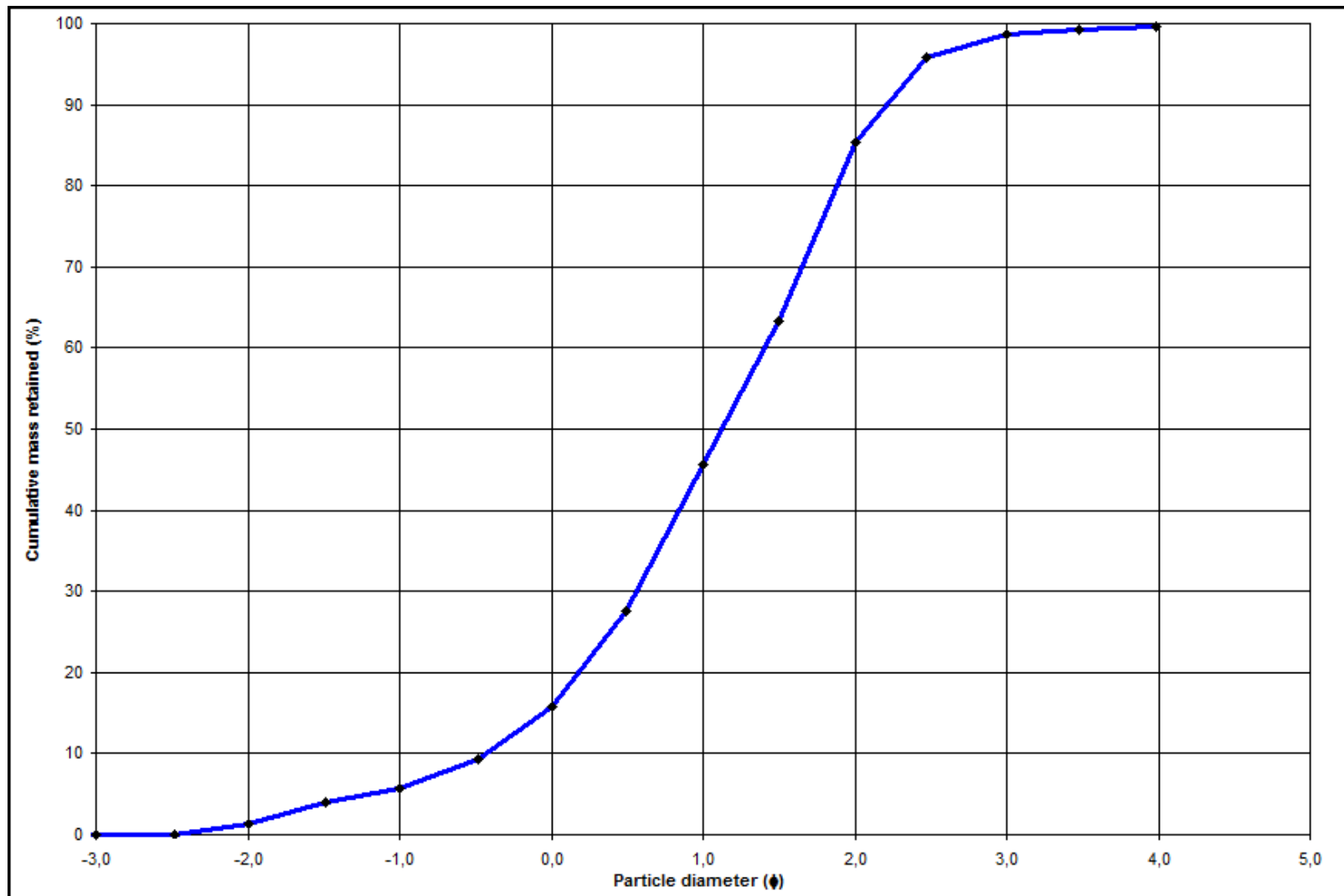
Τοποθεσία : Λίμνη Βεγορίτιδα

Συνολικό Βάρος δείγματος : 161,84

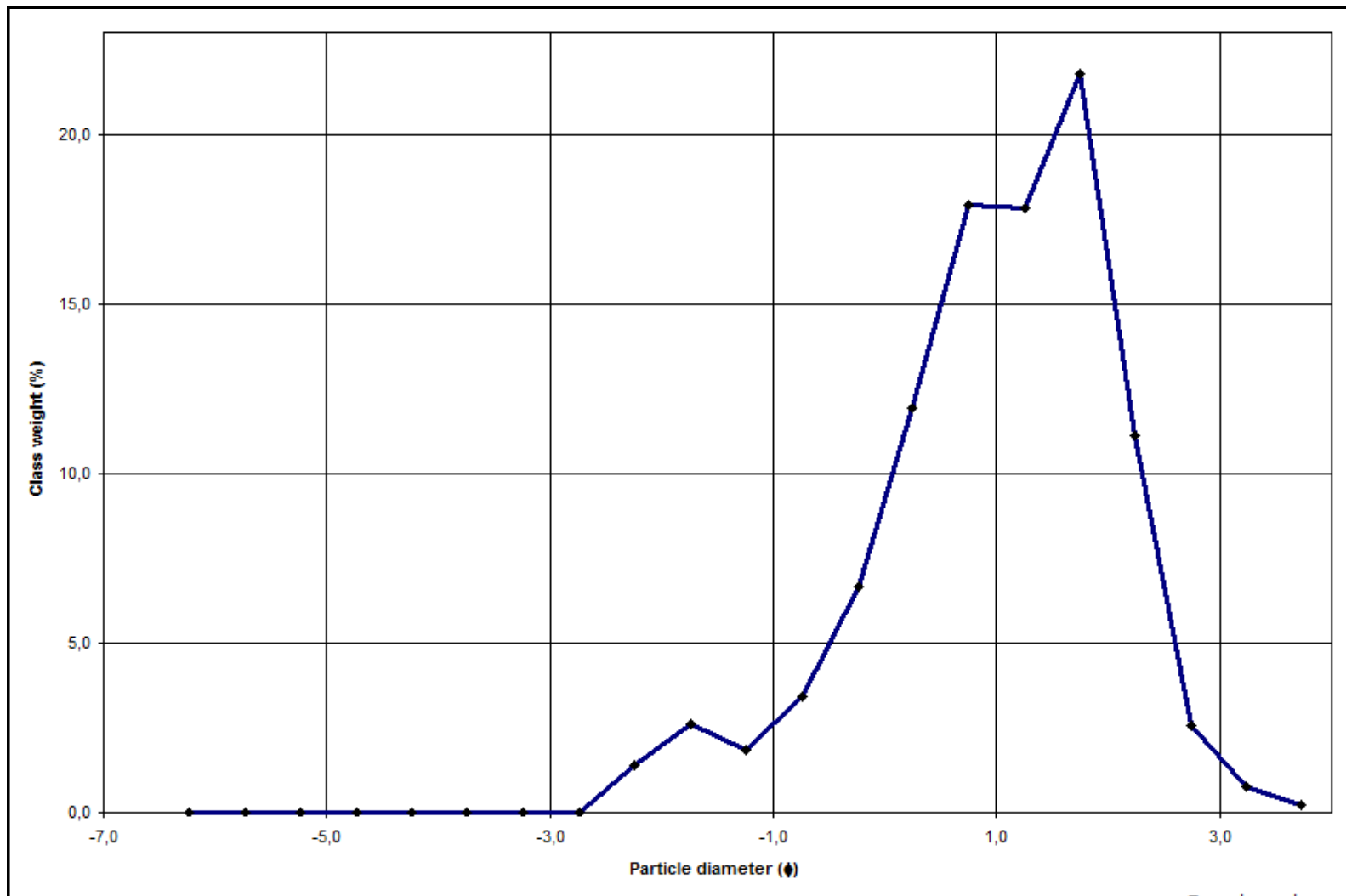
Δείγμα #3			
Μονάδες Φ	Βάρος κατά κόσκινο (gr)	ποσοστό κλασματικό %	ποσοστό αθροιστικό %
-2φ	2,18	1,34700939	1,34700939
-1,5φ	4,33	2,67548196	4,02249135
-1φ	2,87	1,7733564	5,79584775
-0,5φ	5,7	3,52199703	9,31784478
0φ	10,46	6,4631735	15,7810183
0,5φ	19,07	11,7832427	27,564261
1φ	29,34	18,1290163	45,6932773
1,5φ	28,51	17,6161641	63,3094414
2φ	35,66	22,0341078	85,3435492
2,5φ	17,08	10,5536332	95,8971824
3φ	4,36	2,69401878	98,5912012
3,5φ	1,19	0,73529412	99,3264953
4φ	0,36	0,22244192	99,5489372
<4φ	0,73	0,45106278	100



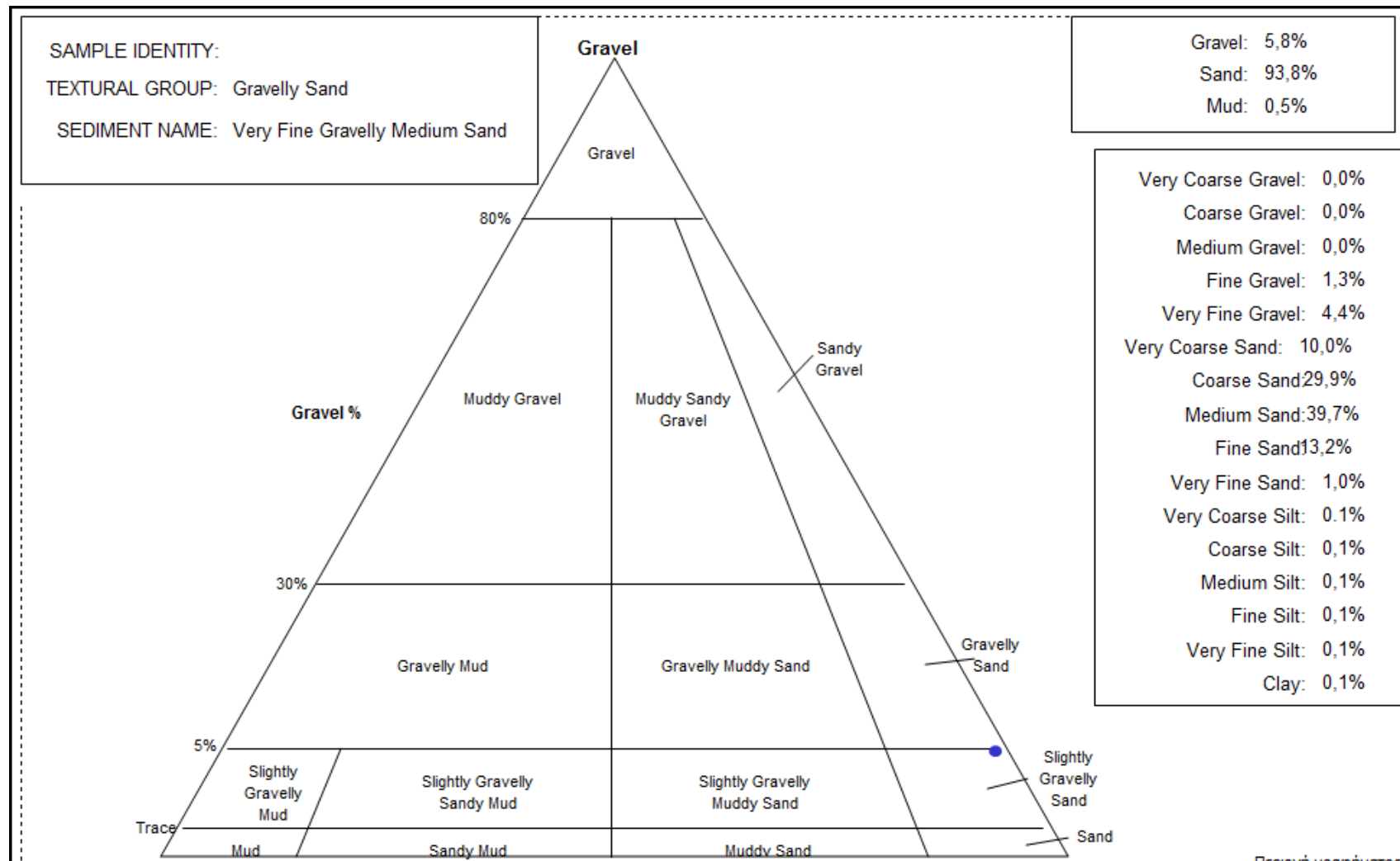
Διάγραμμα 2 : Στατιστική κατανομή των διαμέτρων των κόκκων για το δείγμα #3.



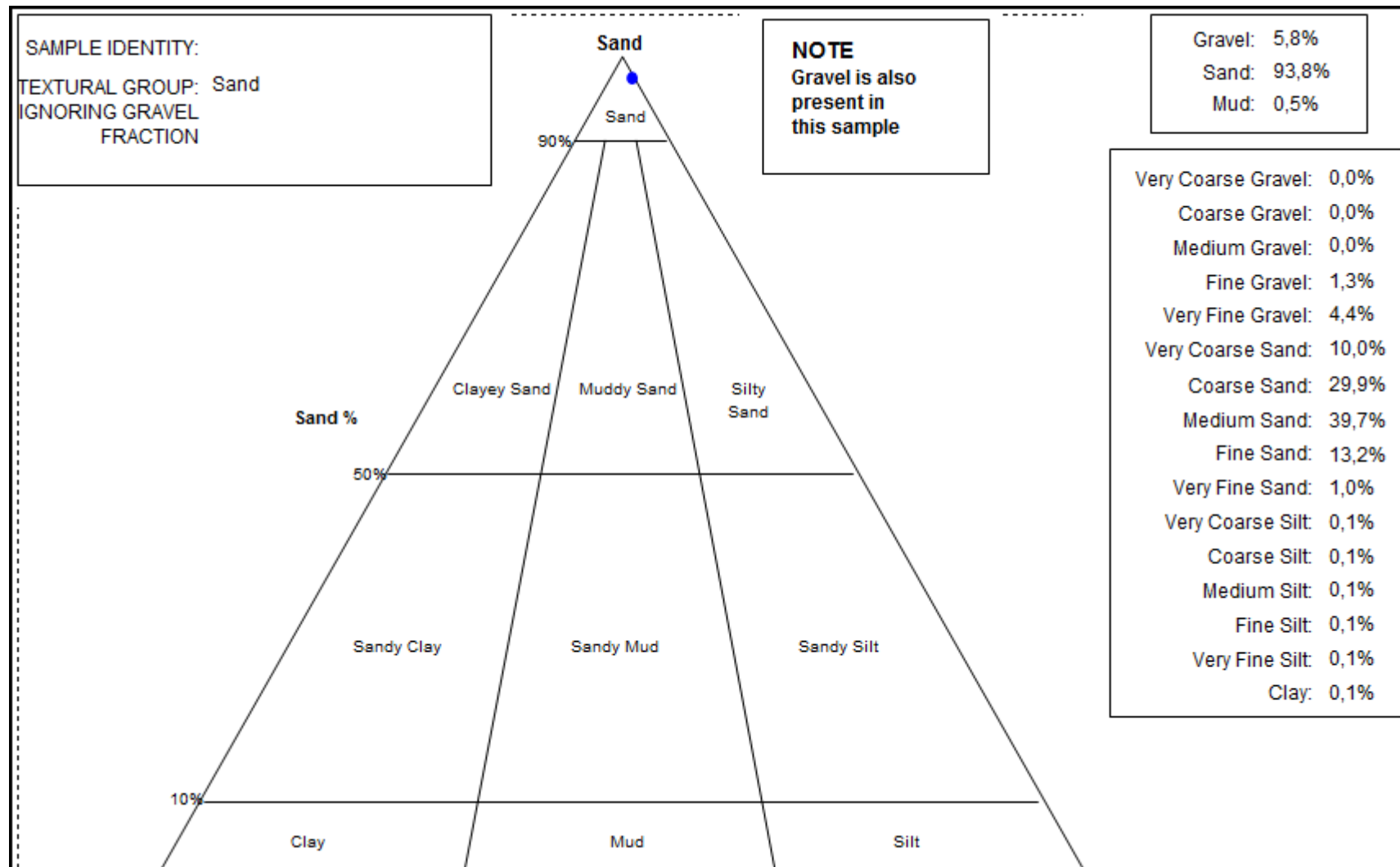
Διάγραμμα 3 : Διάγραμμα και καμπύλη με το αθροιστικό βάρος % του δείγματος #3.



Διάγραμμα 4 : Διάγραμμα και καμπύλη με το κλασματικό βάρος % του δείγματος #3.



Διάγραμμα 5 : Τριγωνικό διάγραμμα Gravel - Sand - Mud για το δείγμα #3. Το δείγμα βρίσκεται μέσα στην περιοχή Slightly Gravelly Sand (Ελαφρά ψηφοδοπαγής άμμος).



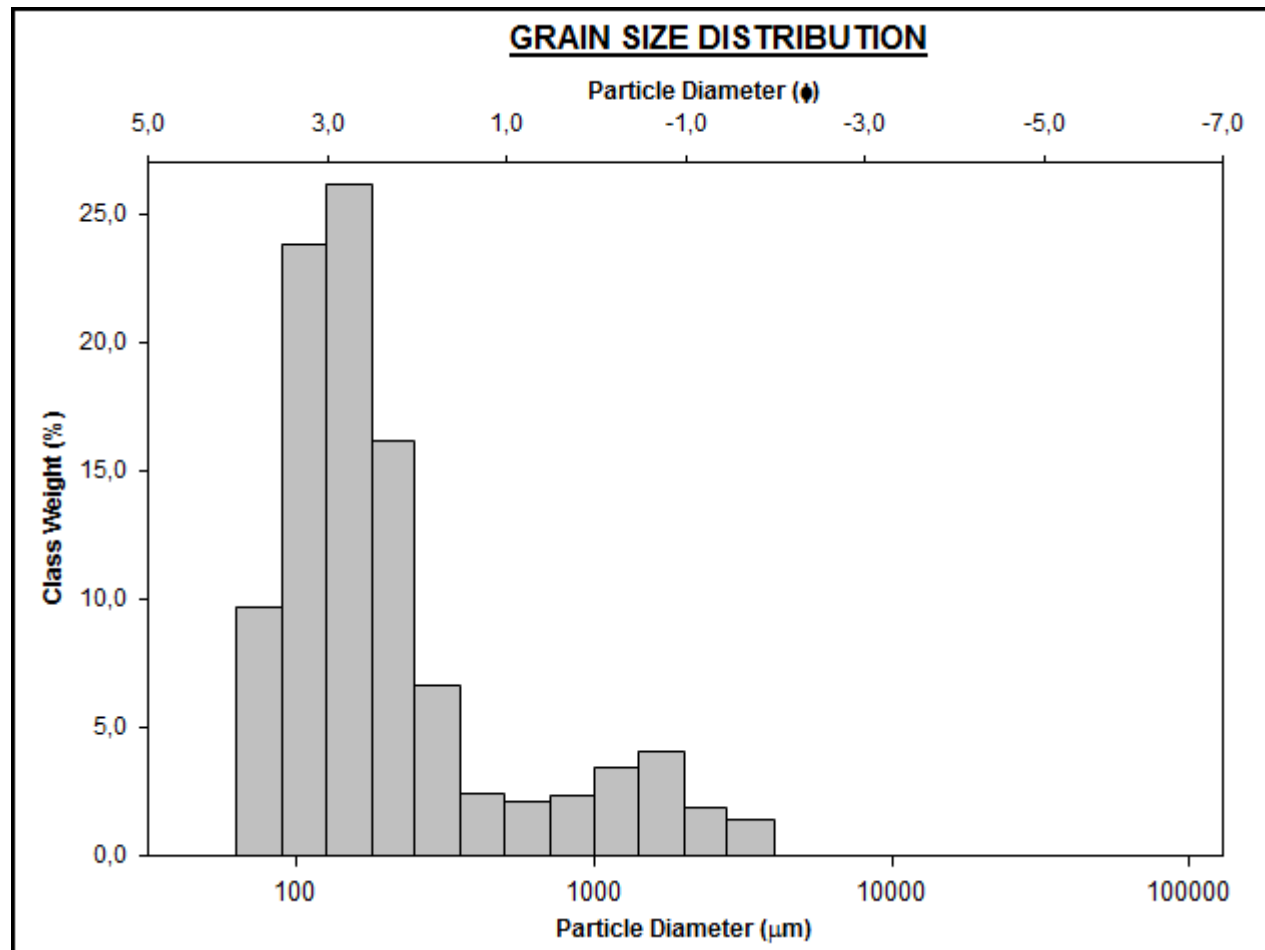
Διάγραμμα 6 : Τριγωνικό διάγραμμα Sand – Silt –Clay για το δείγμα #3. Το υλικό βρίσκεται μέσα στην περιοχή Sand (άμμος).

<u>SAMPLE STATISTICS</u>						
SAMPLE IDENTITY:			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302,5	1,747	GRAVEL: 5,8%	COARSE SAND: 29,9%		
MODE 2:	605,0	0,747	SAND: 93,8%	MEDIUM SAND: 39,7%		
MODE 3:			MUD: 0,5%	FINE SAND: 13,2%		
D ₁₀ :	216,3	-0,434		V FINE SAND: 1,0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	459,8	1,121	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
D ₉₀ :	1351,2	2,209	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6,248	-5,088	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1134,9	2,643	FINE GRAVEL: 1,3%	FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,595	4,559	V FINE GRAVEL: 4,4%	V FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	470,2	1,376	V COARSE SAND: 10,0%	CLAY: 0,1%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic μm	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	715,9	499,3	1,002	488,7	1,033	Medium Sand
SORTING (σ):	783,9	2,210	1,144	2,061	1,043	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3,153	0,032	-0,032	0,208	-0,208	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	14,12	6,221	6,221	1,088	1,088	Mesokurtic

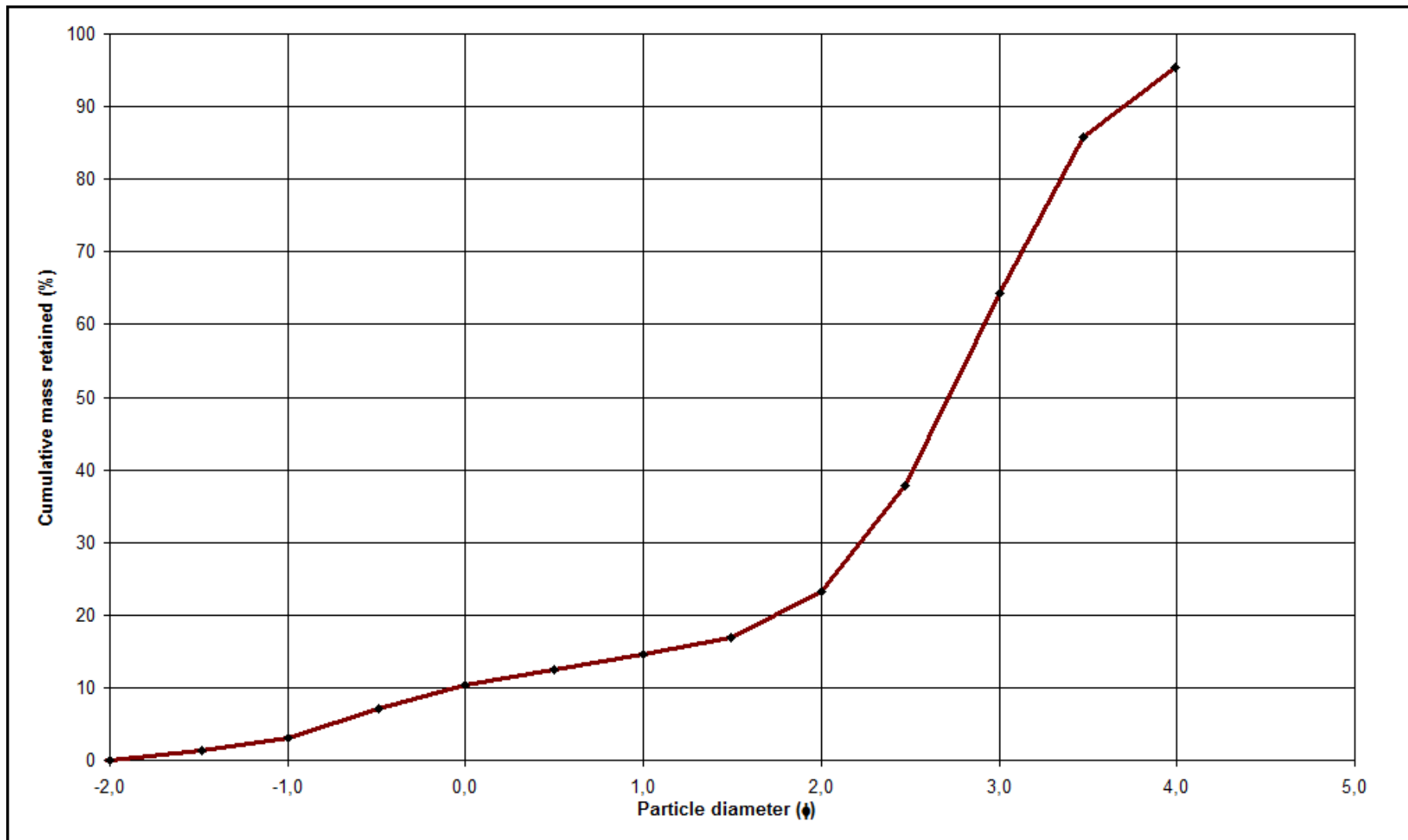
Πίνακας 2 : Στατιστικά στοιχεία του δείγματος. Υπολογισμός παραμέτρων.

ΔΕΙΓΜΑ #4**Τοποθεσία :** Λίμνη Βεγορίτιδα**Συνολικό Βάρος δείγματος :** 158,72 gr.

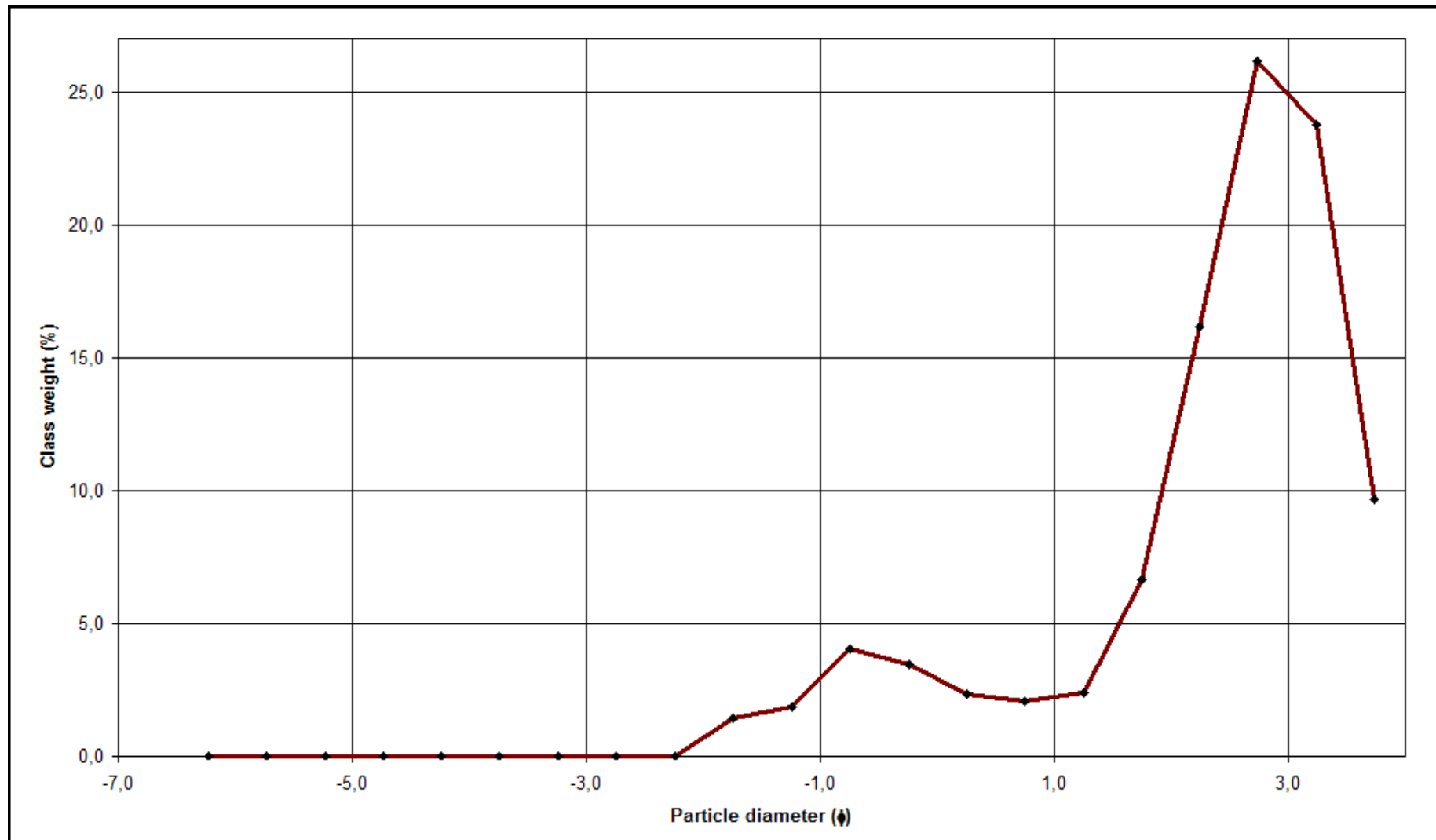
Δείγμα #4			
Μονάδες Φ	Βάρος κατά κόσκινο (gr)	ποσοστό κλασματικό %	ποσοστό αθροιστικό %
-2φ	0	0	0
-1,5φ	2,23	1,40498992	1,40498992
-1φ	2,77	1,74521169	3,15020161
-0,5φ	6,28	3,95665323	7,10685484
0φ	5,09	3,20690524	10,3137601
0,5φ	3,5	2,20514113	12,5189012
1φ	3,2	2,01612903	14,5350302
1,5φ	3,59	2,26184476	16,796875
2φ	10,22	6,4390121	23,2358871
2,5φ	23,2	14,6169355	37,8528226
3φ	41,7	26,2726815	64,125504
3,5φ	34,18	21,5347782	85,6602823
4φ	15,12	9,52620968	95,1864919
<4φ	7,43	4,6811996	99,8676915



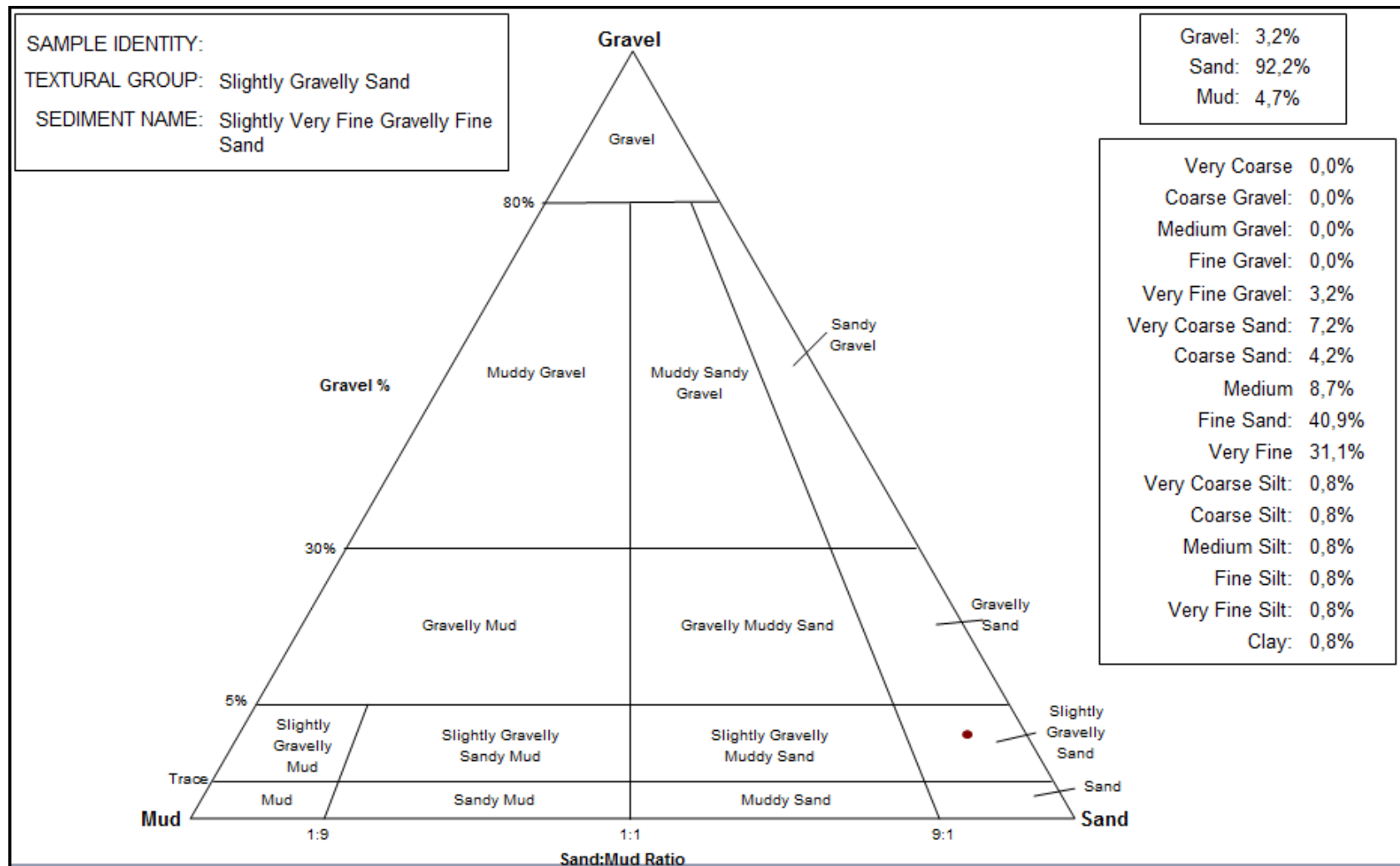
Διάγραμμα 7 : Στατιστική κατανομή των διαμέτρων των κόκκων για το δείγμα #4.



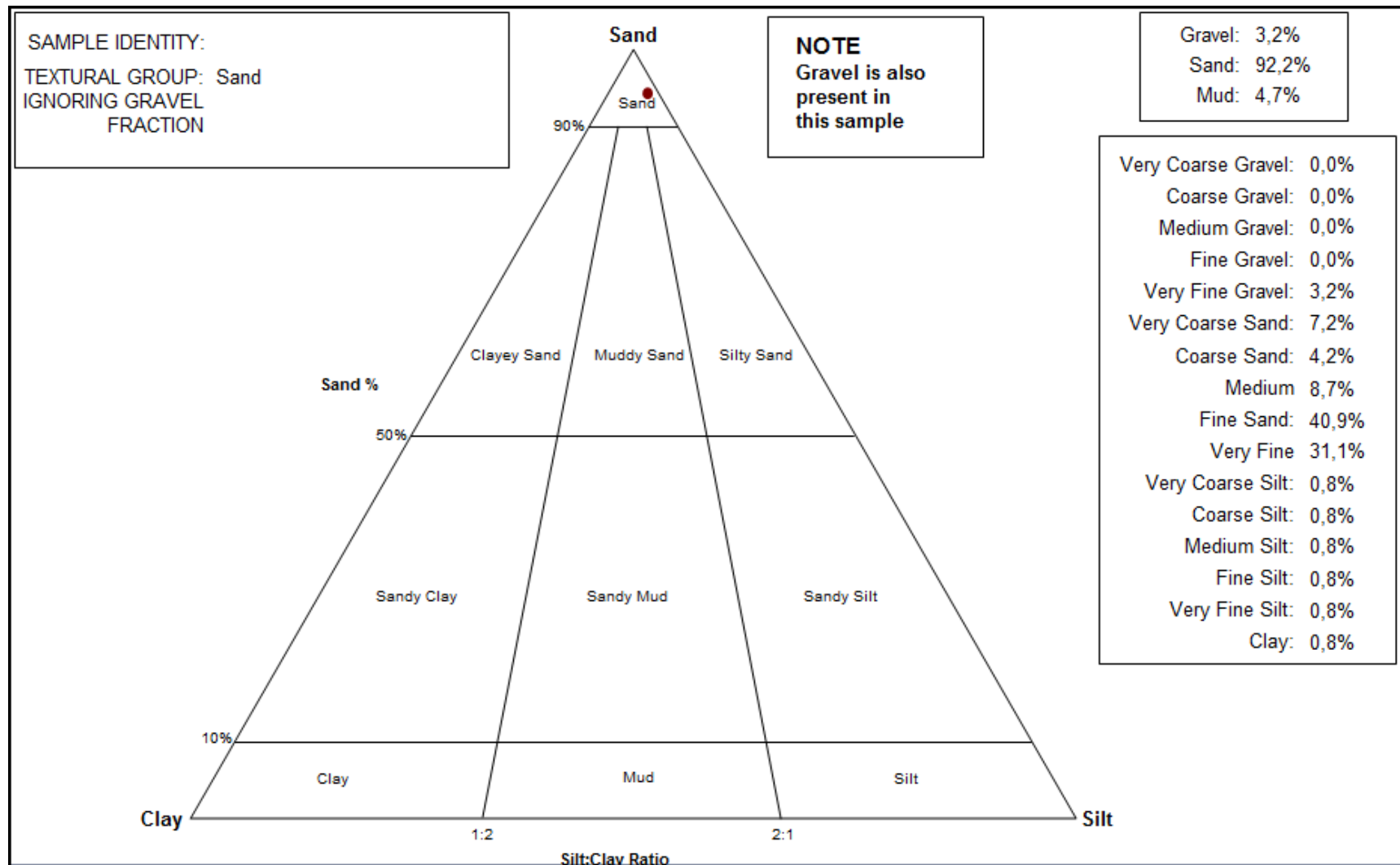
Διάγραμμα 8 : Διάγραμμα και καμπύλη με το αθροιστικό βάρος % του δείγματος #4.



Διάγραμμα 9 : Διάγραμμα και καμπύλη με το κλασματικό βάρος % του δείγματος #4.



Διάγραμμα 10 : Τριγωνικό διάγραμμα Gravel - Sand - Mud για το δείγμα #4. Το δείγμα βρίσκεται μέσα στην περιοχή Slightly Gravelly Sand (ελαφρά ψηδιοπαγής άμμος).

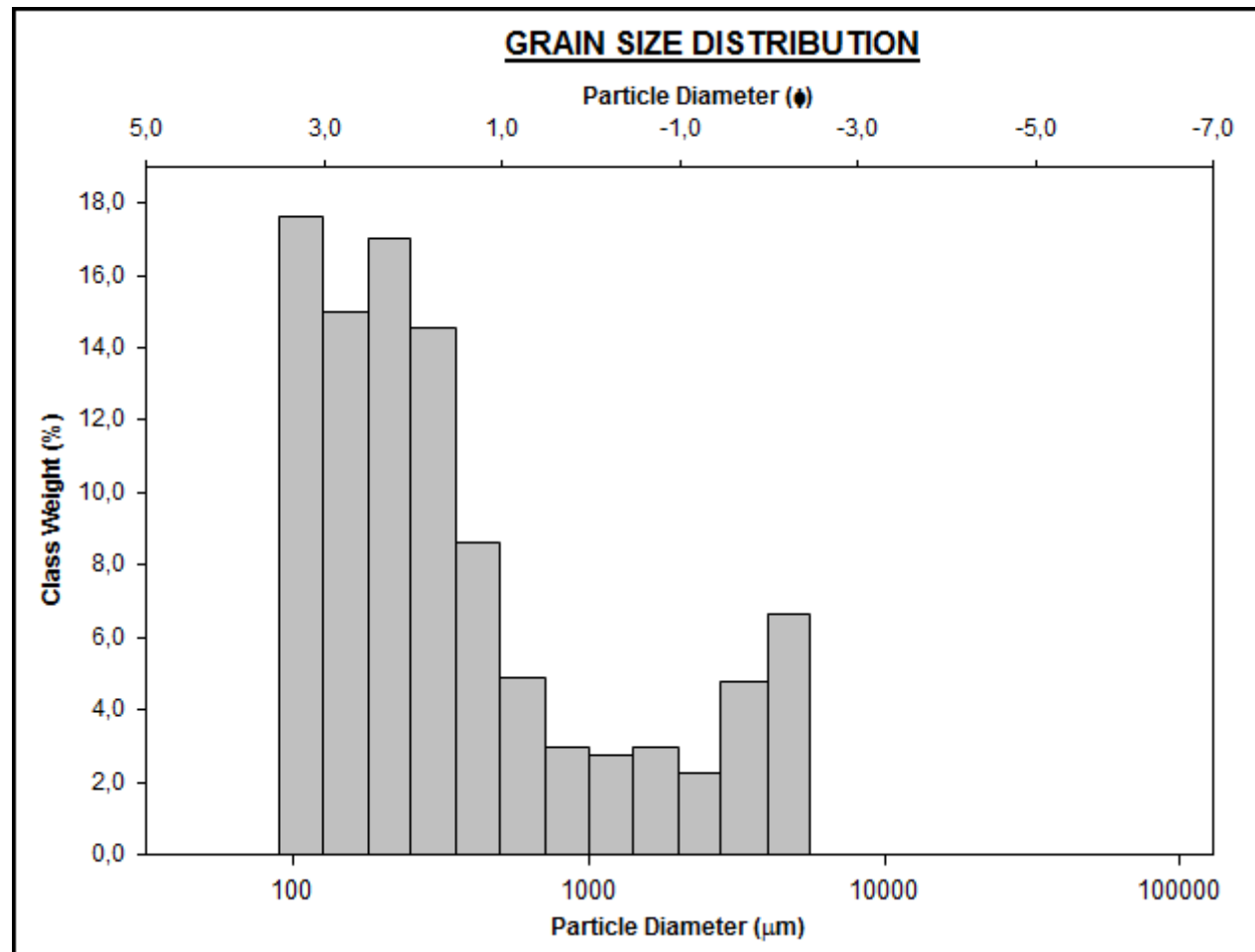


<u>SAMPLE STATISTICS</u>						
SAMPLE IDENTITY:			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	152,5	2,737	GRAVEL: 3,2%	COARSE SAND: 4,2%		
MODE 2:	1700,0	-0,743	SAND: 92,2%	MEDIUM SAND: 8,7%		
MODE 3:			MUD: 4,7%	FINE SAND: 40,9%		
D ₁₀ :	76,84	-0,049		V FINE SAND: 31,1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	152,2	2,716	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,8%		
D ₉₀ :	1034,9	3,702	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,8%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	13,47	-74,792	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,8%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	958,1	3,751	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,8%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,267	1,574	V FINE GRAVEL: 3,2%	V FINE SILT: 0,8%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	134,4	1,181	V COARSE SAND: 7,2%	CLAY: 0,8%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	359,5	175,9	2,507	178,2	2,489	Fine Sand
SORTING (σ):	586,8	3,081	1,623	2,373	1,247	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3,224	-0,006	0,006	0,395	-0,395	Very Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	13,94	4,956	4,956	1,642	1,642	Very Leptokurtic

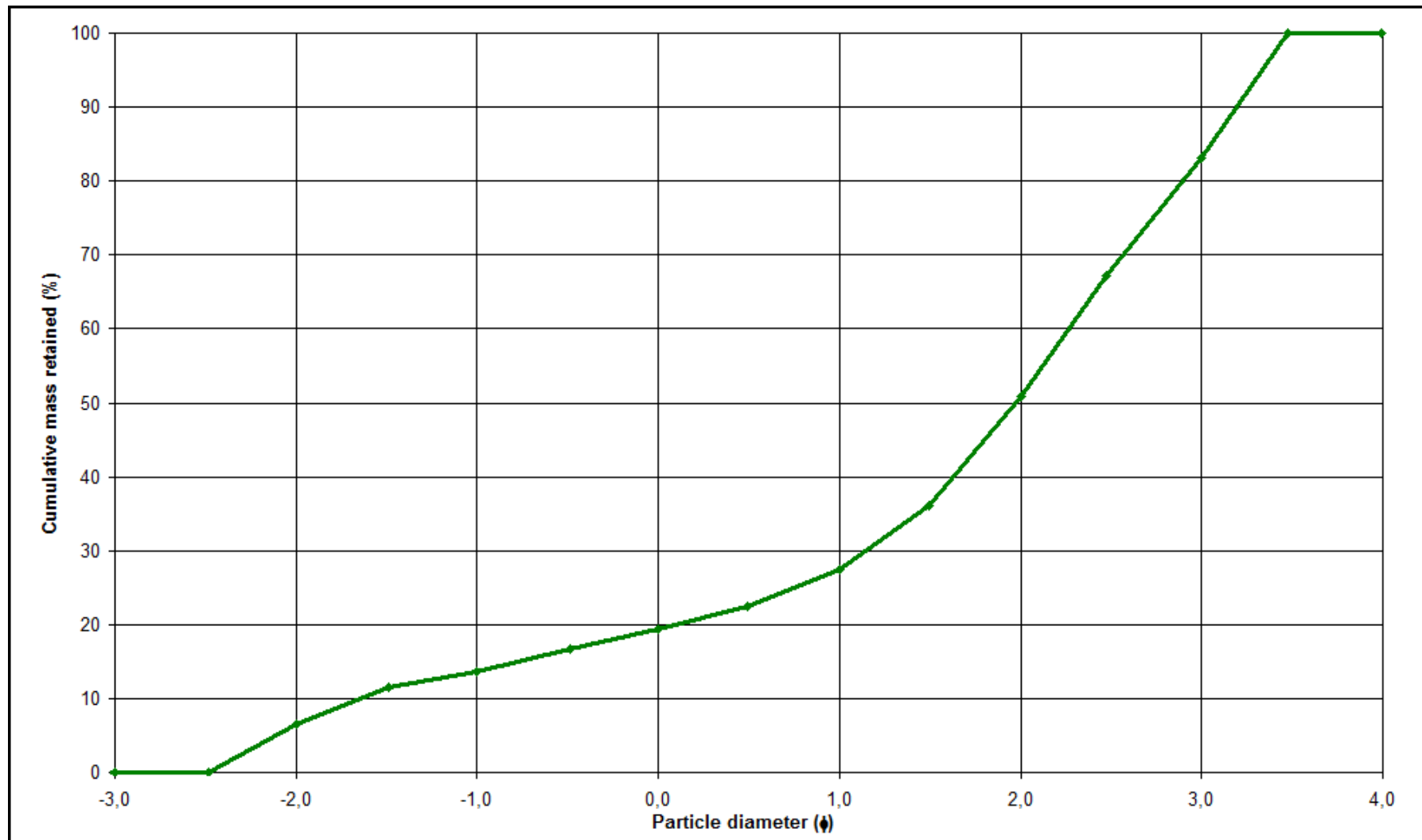
Πίνακας 3 : Στατιστικά στοιχεία του δείγματος. Υπολογισμός παραμέτρων.

ΔΕΙΓΜΑ #5**Τοποθεσία :** Λίμνη Βεγορίτιδα**Συνολικό Βάρος δείγματος :** 157,61 gr.

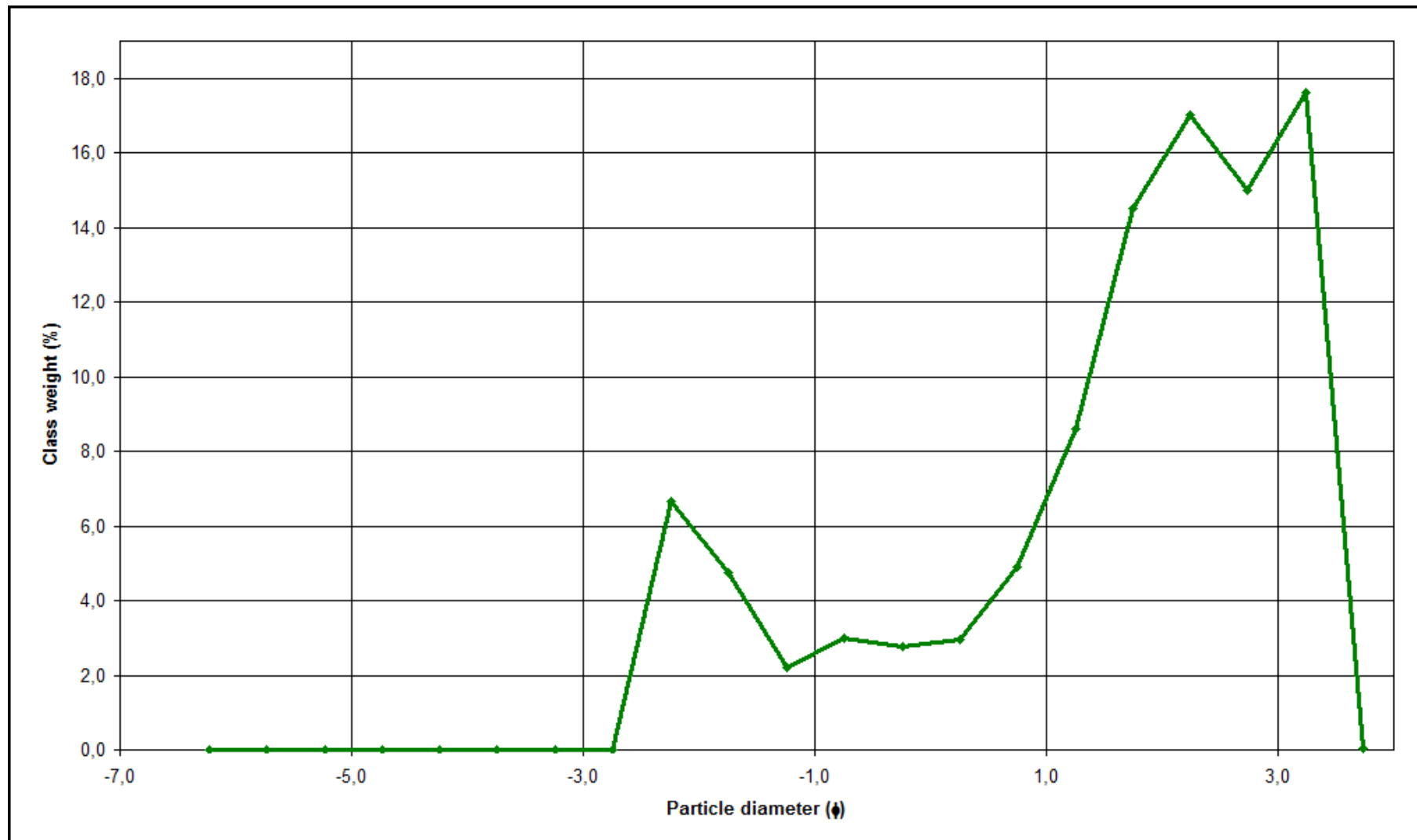
Δείγμα #5			
Μονάδες Φ	Βάρος κατά κόσκινο (gr)	ποσοστό κλασματικό %	ποσοστό αθροιστικό %
-2φ	9,93	6,30036165	6,30036165
-1,5φ	7,54	4,78396041	11,0843221
-1φ	3,32	2,10646533	13,1907874
-0,5φ	4,72	2,99473384	16,1855212
0φ	4,11	2,60770256	18,7932238
0,5φ	4,5	2,85514878	21,6483726
1φ	7,61	4,82837383	26,4767464
1,5φ	13,05	8,27993148	34,7566779
2φ	22,57	14,3201574	49,0768352
2,5φ	24,8	15,7350422	64,8118774
3φ	24,25	15,3860796	80,197957
3,5φ	25,68	16,2933824	96,4913394
4φ	0,03	0,01903433	96,5103737
<4φ	5,5	3,48962629	100



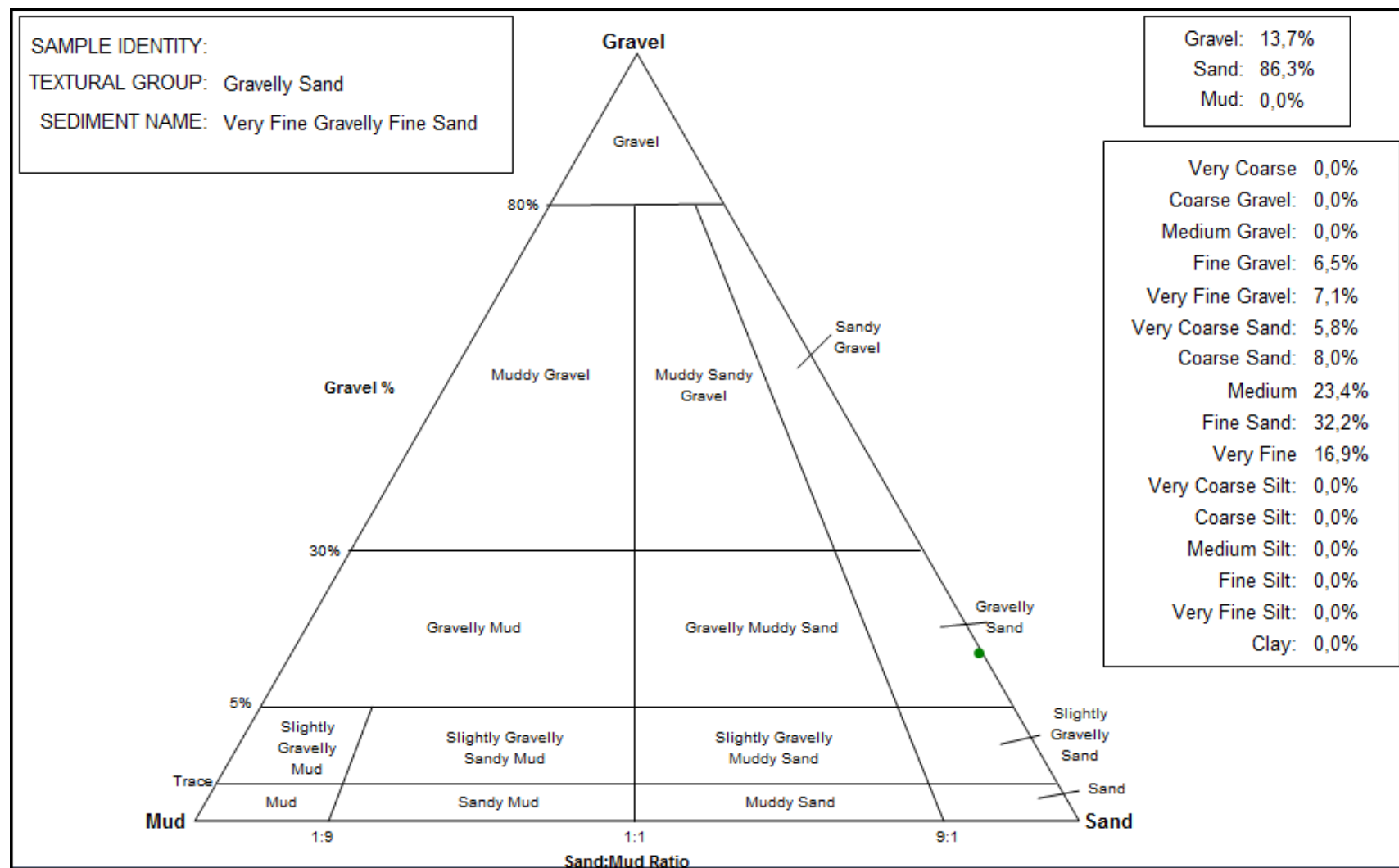
Διάγραμμα 12 : Στατιστική κατανομή των διαμέτρων των κόκκων για το δείγμα #5.



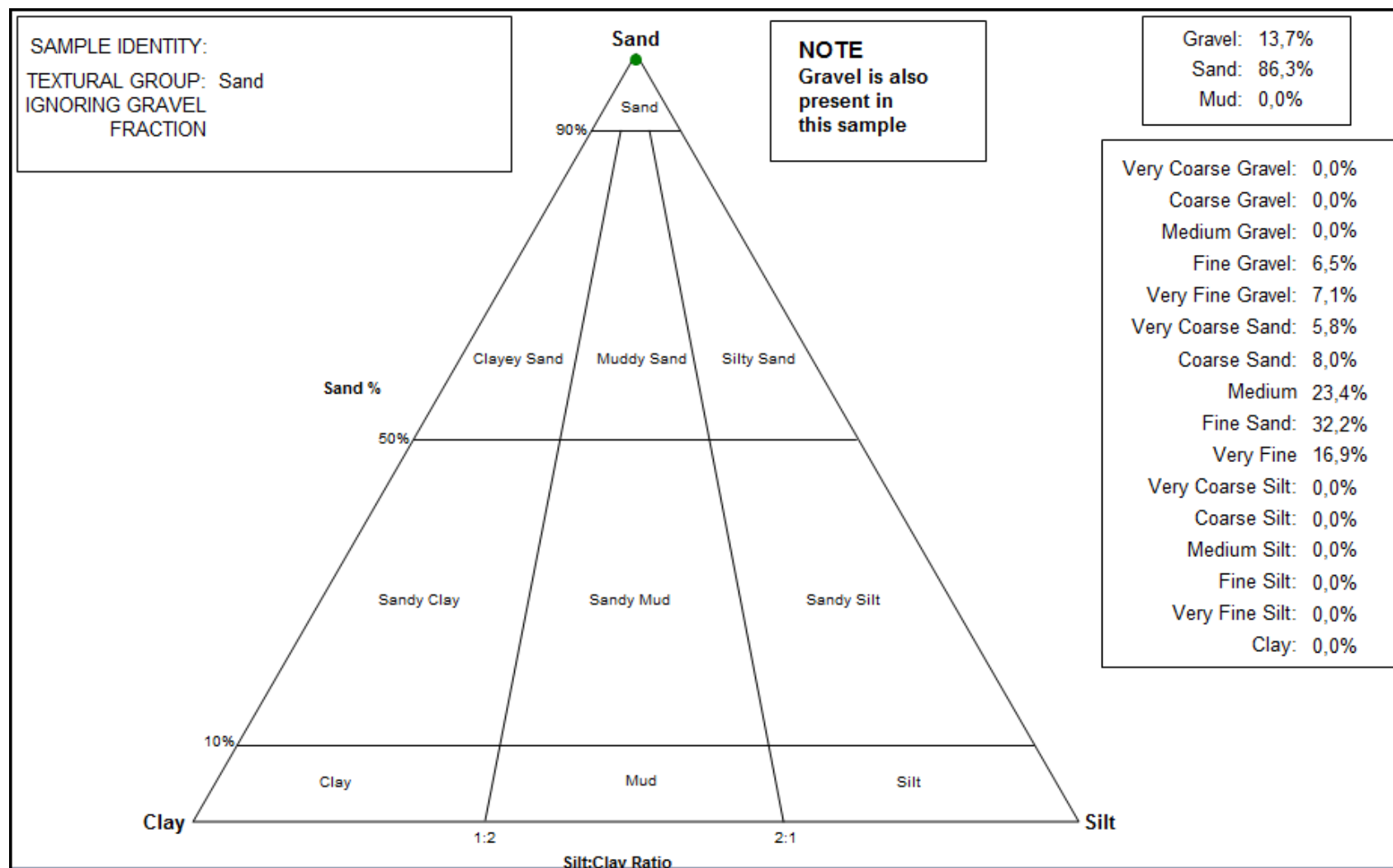
Διάγραμμα 13 : Διάγραμμα και καμπύλη με το αθροιστικό βάρος % του δείγματος #5.



Διάγραμμα 14 : Διάγραμμα και καμπύλη με το κλασματικό βάρος % του δείγματος #5.



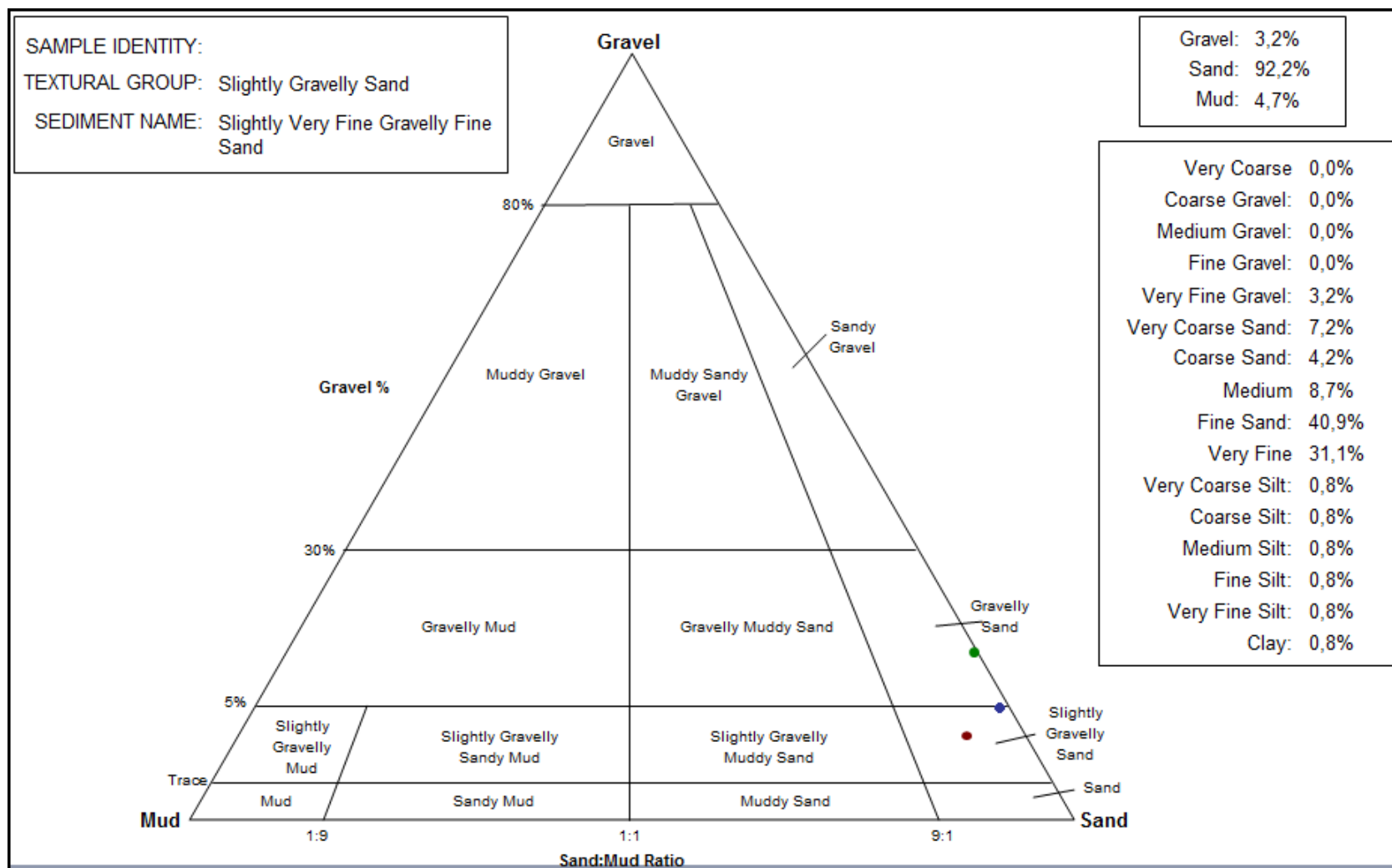
Διάγραμμα 15 : Τριγωνικό διάγραμμα Gravel - Sand - Mud για το δείγμα #5. Το δείγμα βρίσκεται στην περιοχή Gravelly Sand (ψηφιδοπαγής άμμος).



Διάγραμμα 16 : Τριγωνικό διάγραμμα Sand – Silt –Clay για το δείγμα #5. Το δείγμα βρίσκεται στην περιοχή της άμμου (Sand).

<u>SAMPLE STATISTICS</u>						
SAMPLE IDENTITY:			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	107,5	3,237	GRAVEL: 13,7%	COARSE SAND: 8,0%		
MODE 2:	215,0	2,237	SAND: 86,3%	MEDIUM SAND: 23,4%		
MODE 3:	4800,0	-2,243	MUD: 0,0%	FINE SAND: 32,2%		
D ₁₀ :	109,3	-1,640		V FINE SAND: 16,9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	255,1	1,971	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D ₉₀ :	3115,8	3,194	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	28,51	-1,948	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3006,5	4,833	FINE GRAVEL: 6,5%	FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3,942	3,625	V FINE GRAVEL: 7,1%	V FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	442,6	1,979	V COARSE SAND: 5,8%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	834,1	361,1	1,470	363,2	1,461	Medium Sand
SORTING (σ):	1310,8	3,169	1,664	3,329	1,735	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,146	1,004	-1,004	0,460	-0,460	Very Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6,290	2,873	2,873	1,128	1,128	Leptokurtic

Πίνακας 4: Στατιστικά στοιχεία του δείγματος. Υπολογισμός παραμέτρων.



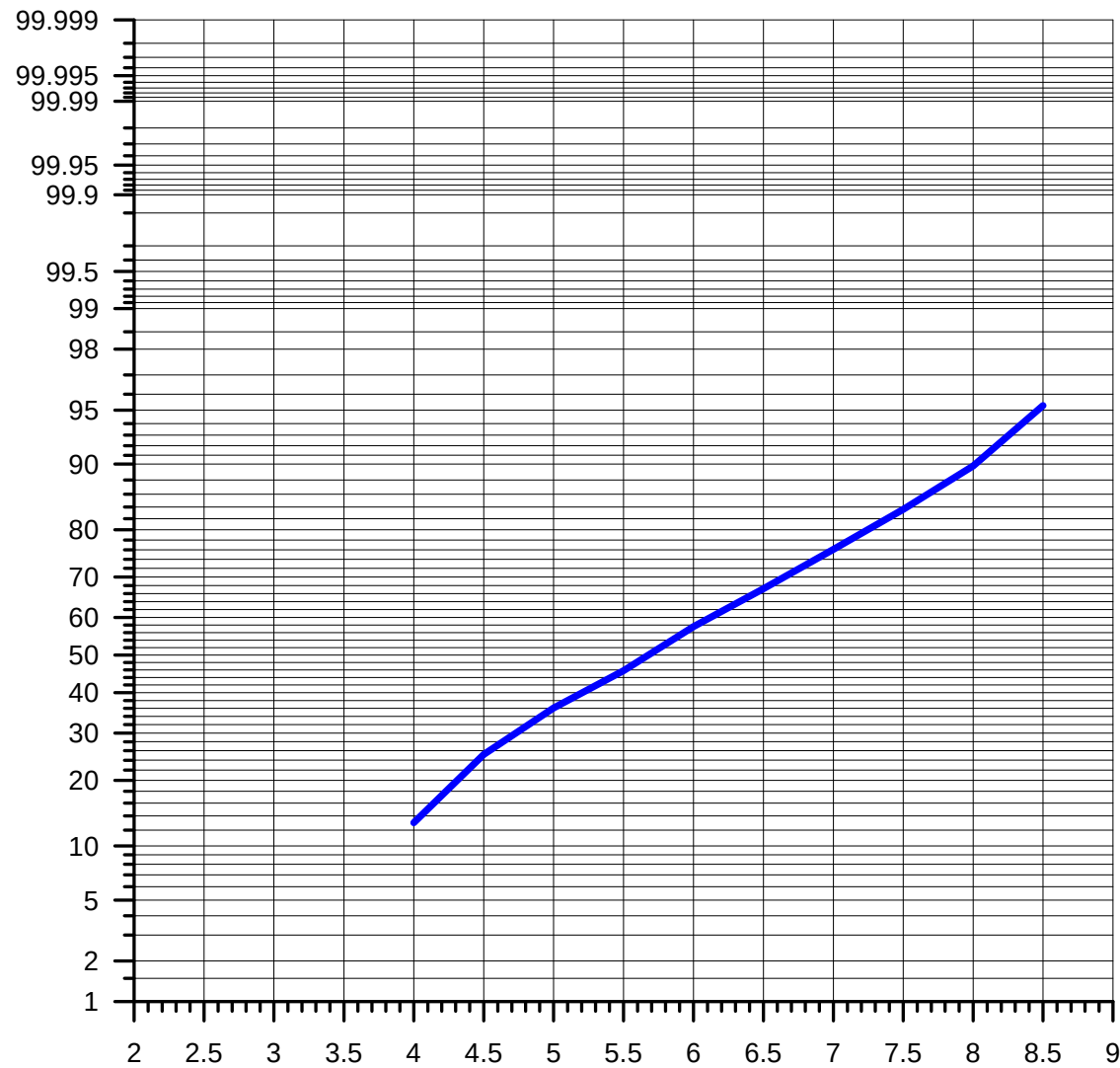
Διάγραμμα 17 : Συγκεντρωτικό τριγωνικό διάγραμμα Gravel - Sand - Mud για όλα τα δείγματα, όπου φαίνεται η εξέλιξη της απόθεσης υλικού στις θέσεις δειγματοληψίας. Με μπλέ η πρώτη θέση δειγματοληψίας στην εκβολή, με κόκκινο λίγο πιο μέσα, και με πράσινο σε απόσταση από τη λίμνη.

Μέθοδος Stokes για λεπτόκοκκο δείγμα από το δέλτα του ρέματος Κάστρο, λίμνη Βεγορίτιδα.

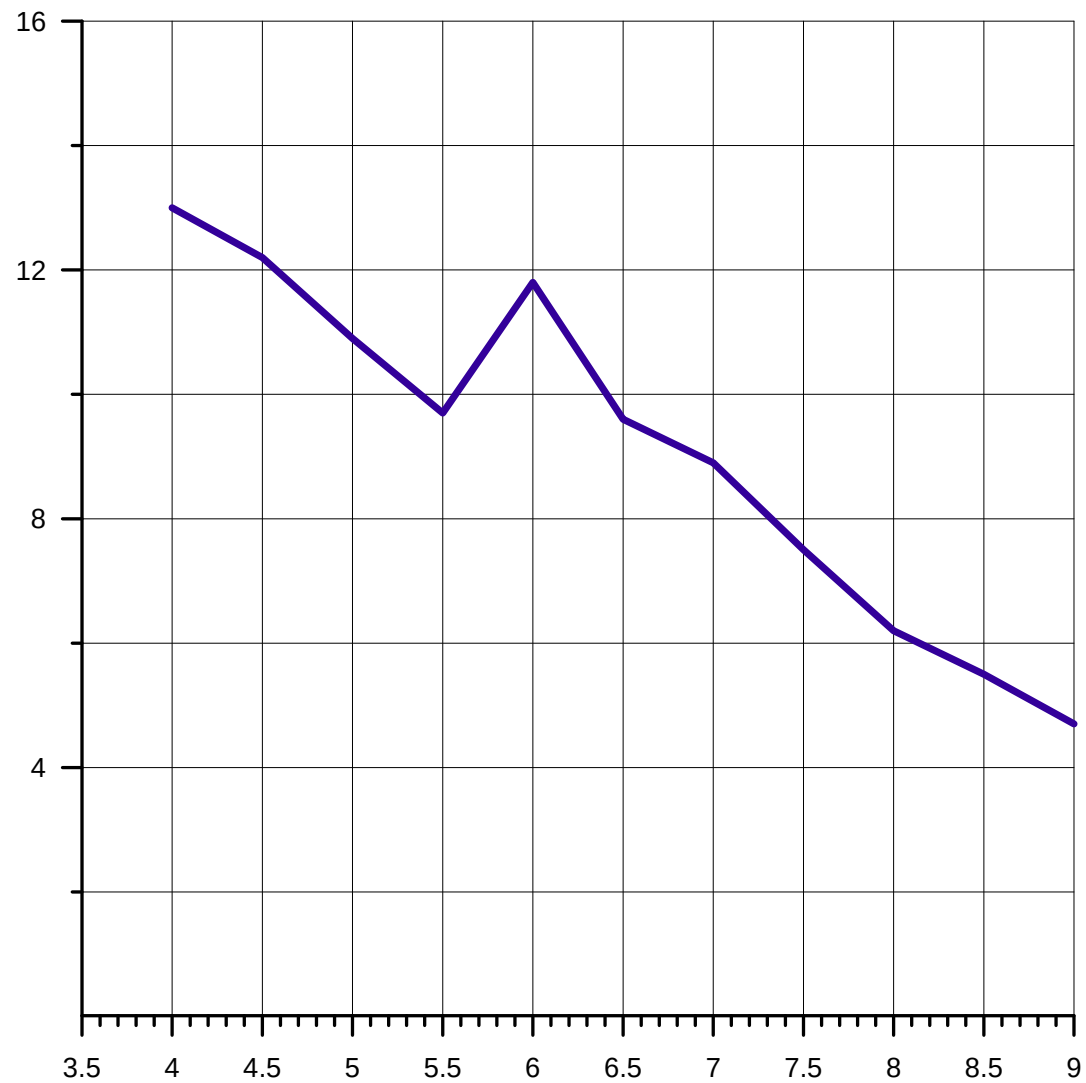
Περιοχή : Λίμνη Βεγορίτιδα				WA = 25,518 WS = 35,846 WSW = 81,47 WW = 75,12				Ειδικό Βάρος : 2,705 Θερμοκρασία : 22 °C F = 0,01305			
Δείγμα : #6 Βάρος Δείγματος : 103,73 gr. Βάρος CALGON : d = 0,1235 g/lt.											
mm	Φ	h	min	sec	Δοχείο N ⁰	Βάρος δοχείου (gr)	Βάρος δοχείου +Δείγμα (gr)	Καθαρό βάρος δείγματος (gr)		Κλασματικό Ποσοστό λεπτόκοκκων %	Αθροιστικό λεπτόκοκκων %
0,0625	4,0			26	13	35,212	35,548	0,336	0,3206	13 %	13 %
0,0442	4,5			52	15	37,468	37,783	0,315	0,2996	12,2 %	25,2 %
0,0312	5,0		1	45	21	46,392	46,675	0,283	0,2676	10,9 %	36,1 %
0,0221	5,5		3	29	25	45,625	45,879	0,254	0,2386	9,7 %	45,8 %
0,0154	6,0		7	11	34	31,244	31,551	0,307	0,2916	11,8 %	57,6 %
0,0110	6,5		14	5	24	28,327	28,580	0,253	0,2376	9,6 %	67,2 %
0,0078	7,0		27	59	16	33,076	33,311	0,235	0,2196	8,9 %	76,1 %
0,0055	7,5		56	18	20	30,646	30,845	0,199	0,1836	7,5 %	83,6 %
0,0039	8,0	1	51	58	18	46,636	46,804	0,168	0,1526	6,2 %	89,8 %
0,0027	8,5	3	53	37	17	28,295	28,845	0,150	0,1346	5,5 %	95,3 %
0,0019	9,0	7	51	45	19	30,450	30,582	0,132	0,1166	4,7 %	100 %
								2,632	2,4626		

Μέθοδος Stokes για λεπτόκοκκο δείγμα από το δέλτα του ρέματος Κάστρο, λίμνη Βεγορίτιδα.

Περιοχή : Λίμνη Βεγορίτιδα				WA = 25,518 WS = 35,846 WSW = 81,47 WW = 75,12				Ειδικό Βάρος : 2,705 Θερμοκρασία : 22 °C F = 0,01305		
Δείγμα : #6 Βάρος Δείγματος : 103,73 gr. Βάρος CALGON : d = 0,1235 g/lt.										
mm	Φ	h	min	sec	Δοχείο N ⁰	Βάρος δοχείου (gr)	Βάρος δοχείου +Δείγμα (gr)	Καθαρό βάρος δείγματος (gr)	Αθροιστικό λεπτόκοκκων %	Αθροιστικό χονδρόκοκκων %
0,0625	4,0			26	13	35,212	35,548	0,3206	13 %	87 %
0,0442	4,5			52	15	37,468	37,783	0,2996	25,2 %	74,8%
0,0312	5,0		1	45	21	46,392	46,675	0,2676	36,1 %	63,9 %
0,0221	5,5		3	29	25	45,625	45,879	0,2386	45,8 %	54,2 %
0,0154	6,0		7	11	34	31,244	31,551	0,2916	57,6 %	42,4 %
0,0110	6,5		14	5	24	28,327	28,580	0,2376	67,2 %	32,8 %
0,0078	7,0		27	59	16	33,076	33,311	0,2196	76,1 %	23,9 %
0,0055	7,5		56	18	20	30,646	30,845	0,1836	83,6 %	16,4 %
0,0039	8,0	1	51	58	18	46,636	46,804	0,1526	89,8 %	10,2 %
0,0027	8,5	3	53	37	17	28,295	28,845	0,1346	95,3 %	4,7 %
0,0019	9,0	7	51	45	19	30,450	30,582	0,1166	100 %	0 %
								2,4626		



Διάγραμμα 18 : Λογαριθμικό διάγραμμα και καμπύλη με το αθροιστικό βάρος % του δείγματος #6 (Μέθοδος Stokes για λεπτόκοκκα).



Διάγραμμα 19 : Διάγραμμα και καμπύλη με το κλασματικό βάρος % του δείγματος #6 (Μέθοδος Stokes για λεπτόκοκκα).

Με τη βοήθεια των τύπων έγιναν οι υπολογισμοί των παραμέτρων για τα δείγματα.

Γραφικός μέσος όρος: $M_1 = 1.033$, $M_2 = 2.489$, $M_3 = 1.461$, $M_{Stokes} = 5.76$

Ταξινόμηση: $\sigma_1 = 1.043$, $\sigma_2 = 1.247$, $\sigma_3 = 1.735$, $\sigma_{Stokes} = 1.588$

Λοξότητα: $S_{k1} = -0.208$, $S_{k2} = -0.395$, $S_{k3} = -0.460$, $S_{k-stokes} = 0.19$

Κύρτωση: $K_{u1} = 1.088$, $K_{u2} = 1.642$, $K_{u3} = 1.128$, $K_{u-stokes} = 0.845$

Παράμετροι	Δείγμα #3	Δείγμα #4	Δείγμα #5	Δείγμα #6
M (Γραφικός Μ.Ο.)	1.033	2.489	1.461	5.76
σ (Ταξινόμηση)	1.043	1.247	1.735	1.588
S_k (Λοξότητα)	-0.208	-0.395	-0.460	0.19
K_u (Κύρτωση)	1.088	1.642	1.128	0.845
Χαρακτηρισμός:	χαλικούχος μέση άμμος, φτωχή ταξινόμηση, μεσόκυρτη καμπύλη, έντονα προσανατολι σμένη προς τα χονδρόκοκκα (αρνητική λοξότητα)	ελαφρά χαλικούχος πολύ λεπτόκοκκη άμμος, φτωχή ταξινόμηση, πολύ λεπτόκυρτη καμπύλη, έντονα προσανατολι σμένη προς τα χονδρόκοκκα (πολύ αρνητική λοξότητα)	χαλικούχος μεσόκοκκη άμμος, , φτωχή ταξινόμηση, λεπτόκυρτη καμπύλη, πολύ έντονα προσανατολι σμένη προς τα χονδρόκοκκα (πολύ αρνητική λοξότητα)	ιλύς, κακή ταξινόμηση, πλατύκυρτη, καμπύλη έντονα προσανατολι σμένη προς τα λεπτόκοκκα (θετική λοξότητα)

Πίνακας 5: Συγκεντρωτικός πίνακας των παραμέτρων της εργαστηριακής ανάλυσης και χαρακτηρισμοί των δειγμάτων.

4 Συμπεράσματα - Συζήτηση

Συμπεράσματα από την εργασία πεδίου και τη χαρτογράφηση : Η Βεγορίτιδα είναι μια ευμετάβλητη λίμνη που τα τελευταία πενήντα χρόνια έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές. Στα χρόνια που η Δ.Ε.Η. αντλούσε ποσότητες νερού για τη λειτουργία των εργοστασίων της παραγωγής ηλεκτρισμού, η λίμνη σημείωσε δραματική μείωση της έκτασης και του όγκου των νερών της. Από το 2005 περίπου από την έρευνα πεδίου και τις αναλύσεις των δορυφορικών εικόνων που έγιναν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, συνάγεται ότι η λίμνη αργά αλλά σταθερά δείχνει να έχει μια τάση ανάκαμψης και ότι έχει μια θετική εξέλιξη τα τελευταία έξι χρόνια στα οποία και εστιάζει η παρούσα εργασία. Η ανάκαμψη αυτή της λίμνης ίσως οφείλεται στις συχνότερες βροχοπτώσεις που προκύπτουν στην περιοχή τα τελευταία χρόνια. Άλλος ένας παράγοντας είναι πιθανές καταβόθρες που υπάρχουν στον πυθμένα της καρστικής-τεκτονικής αυτής λίμνης, και που έχουν φράξει από παράγοντες που δεν είναι γνωστοί σε εμάς. Τα αίτια για τα οποία η λίμνη παρουσιάζει θετική εξέλιξη χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης. Οπωσδήποτε όμως ο σημαντικότερος λόγος για την αναζωογόνησης της λίμνης είναι η διακοπή από τη Δ.Ε.Η. των αντλήσεων που τόσο δραματικά επηρέασαν τη ζωή της λίμνης στο παρελθόν.

Συμπεράσματα από την ανάλυση των δειγμάτων στο εργαστήριο : Για την περιοχή των ρεμάτων στο βόρειο τμήμα της λίμνης, έχουμε μια λεκάνη που το υλικό της προέρχεται από πρωτογενή διάβρωση και παρουσιάζει στην ανάλυση μια κανονική κατανομή ενώ δεν υπάρχει ταξινόμηση στο ενδιάμεσο. Από την ανάλυση ταξινομούμε το είδος της στερεομεταφοράς στη λίμνη όσον αφορά την ομάδα αυτή των ρεμάτων. Από την ανάλυση λοιπόν βλέπουμε ότι έχουμε μια ταξινόμηση από ελαφρές κροκάλες μέχρι χονδρόκοκκη άμμο. Πιο αναλυτικά έχουμε ένα πληθυσμό με κροκάλες στο εσωτερικό του ρέματος ενώ όσο πλησιάζουμε στη λίμνη και ο χειμαρρος χάνει τη μεταφορική του ικανότητα τα οι κροκάλες λείπουν και έχουμε μια πιο κανονική κατανομή. Ο χειμαρρικός χαρακτήρας των ρεμάτων απ' την άλλη δεν μπορεί να συγκρατήσει καθόλου ιλύ που διαφεύγει προς τη λίμνη. Εξάλλου λόγω του ότι βρισκόμαστε κοντά στο βασικό επίπεδο όπου αναπτύσσεται η βλάστηση και η οποία συμβάλλει στη συγκράτηση χονδρόκοκκου υλικού, έχουμε κοντά στη λίμνη σχεδόν καθαρή άμμο χωρίς κροκκάλες. **Το δείγμα #6 προέρχεται από την εκβολή του Κάστρου ρέματος στη λίμνη, το οποίο έχει υποστεί χαραδρωτή διάβρωση με αποτέλεσμα να κατακρατούνται κροκάλες και άμμος ενώ στη λίμνη φθάνουν υλικά της τάξεως της ιλύος.** Το δείγμα έχει κακή ταξινόμηση καθώς στην κοίτη του ρέματος όπως ήδη αναφέρθηκε κατακρατούνται τα μεγαλύτερα κλάσματα (άμμος και κροκάλες). Με την κυματική δράση η άργιλος απομακρύνεται και υπάρχει σε ποσοστό λιγότερο από 5%. Έτσι το δείγμα έχει μια κατανομή με κακή ταξινόμηση με όλα τα κλάσματα της ιλύος.

Βλέπουμε ότι η λίμνη παρουσιάζει μια έντονη μεταβλητότητα στο χρόνο, και παρόλες τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έχουν γίνει ιδιαίτερα τα τελευταία πενήντα χρόνια, διατηρεί μια δική της δυναμική. Χρειάζεται λοιπόν συνεχής παρακολούθηση για να ελέγχουμε τις εξελίξεις που συμβαίνουν στην λίμνη Βεγορίτιδα.

5 Βιβλιογραφία

- Στάμος Α. 2003 : «Βασικά υδρογεωλογικά – υδρολογικά στοιχεία της λίμνης Βεγορίτιδας και της ευρύτερης περιοχής. Προτάσεις για τη διάσωση της λίμνης». Εργασία, Κοζάνη.
- Αμφιλχιάδου Ε. , Σκάρλιου Β. 1990 : «Μελέτη καρστικών φαινομένων της κεντρικής Μακεδονίας», Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη.
- Αντωνοπούλου Ε., Γεραμιάν Α. 1992 : «Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην εξέλιξη της λίμνης Βεγορίτιδας», Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη.
- Αστάρας Θ. , Βαβλιάκης Ε. , Ψιλοβίκος Α. , Αλμπανάκης Κ. 2002 : «Φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον – Σημειώσεις από τις παραδόσεις των διδασκόντων». Θεσσαλονίκη.
- Βαβλιάκης Ε. et al. 1993 : «Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην εξέλιξη της λίμνης Βεγορίτιδας», Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού συνεδρίου, Θεσσαλονίκη.
- Blott S., J., 2008. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Crowthorne Enterprise Centre. Berkshire RG45 6AW., U.K.
(Πρόγραμμα βασισμένο στο Microsoft Excel, για την επεξεργασία αναλύσεων εργαστηρίου για δείγματα ιζημάτων.)
- Γούλιος Π. 2004 : «Οι λίμνες Βεγορίτιδας και Πετρών της περιοχής Αμυνταίου, Ιστορική παράδοση και οικολογική προσέγγιση», Φλώρινα.
- Δημοτικό σχολείο Βρυττών Έδεσσας, Κέντρο Ενημέρωσης Υγροβιότοπου 2003: «Πουλιά στη λίμνη Άγρα-Βρυτών-Νησίου», Έκδοση Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, Δήμος Έδεσσας.
- Διονυσίου Κ. 1995 : «Ανθρωπογενείς επιδράσεις στην εξέλιξη των λιμνών Βεγορίτιδας και Κερκίνης, Διπλωματική εργασία», Θεσσαλονίκη.
- Μαύρος Ι. 1995 : «Διαχείριση του υδάτινου δυναμικού της περιοχής των λιμνών Βεγορίτιδας – Πετρών – Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης», Τεύχος πορισμάτων για λογαριασμό της Δ.Ε.Η. από Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας προς Υ/ΗΣ Άγρα.
- MapInfo Professional Version 6.5 Release Build 19 Copyright © 1985-2001 MapInfo Corporation.
- Παυλίδης Σ. 1985 : «Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας – Βεγορίτιδας – Πτολεμαΐδας (Δ.Μακεδονία)», Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης Δ. 1985 : «Γεωλογία της Ελλάδας», Θεσσαλονίκη.
- Μουντράκης Δ. 1985 : «Γεωτεκτονική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου», Θεσσαλονίκη.

- Παπαζάχος Β, Παπαζάχου Κ. 2002 : «Οι σεισμοί της Ελλάδας», ΖΗΤΗΣ, Θεσσαλονίκη.
- Σωτηριάδης Λ. 1995 (ανατύπωση) : «Μαθήματα φυσικής γεωγραφίας», Θεσσαλονίκη.
- Σούλιος Γ. 1985 : «Συμβολή στην υδρογεωλογική μελέτη των καρστικών υδροφόρων συστημάτων του Ελληνικού χώρου», Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- Χωραφάς Ν. 1957 : «Η λίμνη Βεγορίτις, υδρολογική διερεύνησις και υδροδυναμική αξιοποιήσις», Μελέτη. Αθήνα.
- Ψιλοβίκος Α. 1985 : «Στοιχεία Εφαρμοσμένης ιζηματολογίας», Α.Π.Θ. Υ.Δ.Π.Τ. Θεσσαλονίκη.
- Ψιλοβίκος Α. 1984 : «Μαθήματα ιζηματολογίας», Α.Π.Θ. Υ.Δ.Π.Τ. Θεσσαλονίκη.