

## ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΡΟΚΑΛΩΝ ΤΗΣ ΚΟΙΤΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΝΕΔΑ ΣΤΗΝ ΔΥΤΙΚΗ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ

Παναγιωτακοπούλου Ο., Κοντόπουλος Ν.

*Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Εργαστήριο Ιζηματολογίας*

### Περίληψη

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της Δυτικής Πελοποννήσου, στις ακτές του Κυπαρισσιακού Κόλπου. Η εργασία αυτή μελετά τη λιθολογία, τον αριθμητικό μέσο, τη στρογγυλότητα, τη σφαιρικότητα και το σχήμα των κροκαλών κατά μήκος της κοίτης του κατώτερου τμήματος του ποταμού Νέδα, σε τρεις σταθμούς δειγματοληψίας. Η λιθολογία των κροκαλών που συλλέχθηκαν είναι ασβεστολιθική, κερατολιθική και ψαμμιτική, με τις ασβεστολιθικές κροκάλες να κυριαρχούν έναντι των άλλων δύο λιθολογικών τύπων. Ο αριθμητικός μέσος που προκύπτει από τους επιμέρους αριθμητικούς μέσους των κροκαλών όλων των λιθολογιών γενικά μειώνεται με την απόσταση μεταφοράς. Συνολικά, και οι επιμέρους αριθμητικοί μέσοι για κάθε λιθολογία φαίνεται να ακολουθούν τη μείωση αυτή. Ο βαθμός στρογγυλότητας των κροκαλών προέκυψε από σύγκριση με τον οπτικό χάρτη του Krumbein (1941) και φαίνεται πως δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την απόσταση μεταφοράς, πιθανόν διότι οι κροκάλες αυτές έχουν σχεδόν ήδη αποκτήσει τις μέγιστες τιμές του βαθμού στρογγυλότητάς τους. Οι τιμές της σφαιρικότητας όλων των κροκαλών υπολογίστηκαν με βάση τον τύπο των Sneed & Folk (1958) όπου  $\psi = (c^2/ab)^{1/3}$ . Η σφαιρικότητα των κροκαλών δε μεταβάλλεται σημαντικά με την απόσταση μεταφοράς αφού οι κροκάλες φαίνεται να έχουν ήδη αποκτήσει τις μέγιστες τιμές σφαιρικότητάς τους. Μεγαλύτερες τιμές σφαιρικότητας παρουσιάζουν οι κερατολιθικές κροκάλες. Το σχήμα των κροκαλών που συλλέχθηκαν μελετήθηκε μέσω του διαγράμματος κατά Zingg (1935). Παρατηρήθηκε πως κυριαρχούν οι δυσκοειδείς κροκάλες, στη συνέχεια εμφανίζονται οι σφαιροειδείς και τέλος οι κυλινδρικές και οι πεπλατυσμένες. Για να εκτιμηθούν οι στατιστικές διαφορές των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το  $x^2$  test για τη λιθολογία, τη στρογγύλωση και το σχήμα των κόκκων, ενώ για την εκτίμηση των διαφορών του αριθμητικού μέσου και της σφαιρικότητας χρησιμοποιήθηκε το Mann-Whitney U test.

### GRAIN SIZE AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF NEDA'S RIVER GRAVELS IN WESTERN PELOPONNESUS

Panagiotakopoulou O., Kontopoulos N.

*University of Patras, Department of Geology, Laboratory of Sedimentology*

### Abstract

The study area is located in the central part of Western Peloponnesus, at the shores of Kyparissiakos Gulf. This work studies the lithology, the mean size, the roundness, the sphericity and the particle shape of gravels of Neda river bed, in three sampling stations in downstream area. The lithology of the collected gravels is limestone, chert and sandstone, with the limestone predominate over the other two lithological types. The mean size of the gravels of all lithologies is generally decreased with the distance of transport, except of chert's mean size that indicate an increment from the first sampling station to the second and a decrement from the second to the third. The roundness of all gravels results after comparison with the optical map of Krumbein (1941) and it doesn't present an important change with the transport's distance, probably because the gravels have already obtain their maximum roundness. The sphericity was calculated by the mathematical type of Sneed &

Folk (1958)  $\psi = (c2/ab)1/3$  and hasn't present an important change with the distance of transport. The gravels probably had form in advanced their maximum sphericity. The sphericity of chert is increased in comparison with the other two lithologies. The shape of the collected gravels was studied by Zingg's diagram (1935). Furthermore, it was observed that the disc-shaped gravels are dominant, follow the spherical gravels and finally the bladed and rod-like gravels. In order to estimate the samples statistical differences, we used the chi square test for lithology, roundness and particle shape and the Mann-Whitney U test for mean size and sphericity.

**Λέξεις κλειδιά:** Ποταμός Νέδα, κοκκομετρικό μέγεθος, σφαιρικότητα, στρογγύλωση.

**Key words:** Neda river, grain size, sphericity, roundness.

## 1. Εισαγωγή

Το κοκκομετρικό μέγεθος και τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά των υλικών που μεταφέρονται από τα ποτάμια συστήματα είναι σπουδαίοι παράγοντες για τη μορφολογία και την υδραυλική τους. Ειδικότερα, το κοκκομετρικό μέγεθος παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο και την απόσταση μεταφοράς καθώς και για τις διαδικασίες απόθεσης. Επιπλέον χρησιμοποιείται ως βασικός παράγοντας σε υπολογιστικές διαδικασίες μελετών ποτάμιων συστημάτων και ποταμίας μηχανικής. Τα αποτελέσματα αυτών των διαδικασιών είναι πολύ ευαίσθητα με βάση την επιλεγόμενη τιμή του κοκκομετρικού μεγέθους. Εξάλλου, η μεταβολή του κοκκομετρικού μεγέθους κατά μήκος της κοίτης του ποταμού αποτελεί αντικείμενο μελέτης στην κατεύθυνση του προσδιορισμού των διαδικασιών μηχανικής τριβής και «βαθμιαίας ταξίθεσης» (progressive sorting) καθώς και του ελέγχου της πλευρικής εισροής νέων υλικών. Επειδή το κοκκομετρικό μέγεθος συμμετέχει στη διαμόρφωση του οικολογικού χαρακτήρα του ποταμίου περιβάλλοντος, η απόληψη αδρανών υλικών διαταράσσει σημαντικά την οικολογία του ποταμίου συστήματος. Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά περιγράφουν την υδραυλική της μεταφοράς και τους μηχανισμούς τριβής (Pettijohn, 1975). Στον Ελλαδικό χώρο, η έρευνα στην ποτάμια ιζηματολογία είναι περιορισμένη και ειδικότερα όσον αφορά τους χαλικώδεις ποταμούς με διακλαδιζόμενου τύπου κοίτης (gravelly braided rivers). Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση στη μελέτη και ερμηνεία των ιστολογικών χαρακτήρων της κατώτερης ενεργής κοίτης του ποταμού Νέδα και έρχεται να συμβάλλει στην δημιουργία μιας βάσης ιζηματολογικών δεδομένων.

## 2. Περιοχή Έρευνας



Σχήμα 1. Η περιοχή έρευνας

Ο ποταμός Νέδα αποτελεί το φυσικό όριο των νομών Ηλείας και Μεσσηνίας στη νοτιοδυτική Πελοπόννησο και το συνολικό του μήκος είναι περίπου 32 km. Η υδρογεωλογική λεκάνη της Νέδας οριοθετείται βόρεια από το όρος Μίνθη, βόρειοανατολικά από το Λύκαιον όρος και νότια από το όρος Τετράζιον. Ο ποταμός πηγάζει από το Λύκαιον όρος και εκβάλλει στον Κυπαρισιακό Κόλπο. Η ενεργή κοίτη του ποταμού Νέδα έχει γενικώς διεύθυνση Α-Δ. Η περιοχή έρευνας της συγκεκριμένης μελέτης περιορίζεται στο κατώτερο τμήμα του ποταμού που έχει χαρακτηριστικά διακλαδιζόμενου τύπου κοίτης (braided channel).

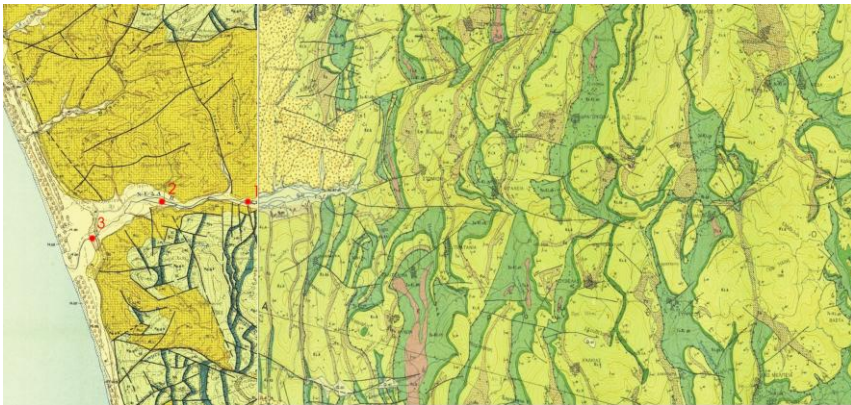
Οριοθετείται από τα χωριά Καρυές και Γιαννιτοχώρι. Στη περιοχή μελέτης παρατηρήθηκε εκτεταμένη απόληψη αδρανών υλικών και έτσι οι

σταθμοί δειγματοληψίας περιορίστηκαν σε υγιείς θέσεις (Σχήμα. 2).

### 3. Γεωλογική επισκόπηση περιοχής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην περιοχή μελέτης, ανήκουν από γεωτεκτονικής πλευράς σε δύο ζώνες, τη ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως και τη ζώνη Ωλονού-Πίνδου (Εξωτερική Πίνδος).

Ο ποταμός Νέδα πηγάζει από τους ασβεστολίθους του Ανώτερου Κρητιδικού, τους οποίους και διαρρέει στη συνέχεια. Στο ανώτερο τμήμα του ο ποταμός διαρρέει τη σχιστοκερατολιθική σειρά του Ιουρασικού και Κατώτερου Κρητιδικού, μικρές εμφανίσεις του «Πρώτου Φλύσχη», τους ασβεστολίθους του Άνω Κρητιδικού και τέλος φλύσχη Ηωκαινικής ηλικίας (Μουντράκης, 1985). Η κερατολιθική σειρά συνίσταται από κερατολίθους που εναλλάσσονται με ψαμμίτες, μάργες και ωλιθικούς ασβεστόλιθους ενώ, προς τα πάνω επικρατούν ερυθρές συμπαγείς και σκληρές μάργες. Ο «Πρώτος Φλύσχη της Πίνδου» αποτελείται στο κατώτερο μέρος του από λατυποπαγή, ερυθρούς και τεφρούς ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται, με ερυθρές μάργες και πράσινους ψαμμίτες. Προς τα πάνω επικρατούν πράσινοι ψαμμίτες που εναλλάσσονται με μάργες και λευκότεφρους ασβεστολίθους. Οι ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Κρητιδικού είναι λευκοί, ερυθροί και τεφροί.



Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης περιοχής όπου σημειώνονται οι σταθμοί δειγματοληψίας (Ι.Γ.Μ.Ε.): (Λαλεχός, 1969-1971), (Μητρόπουλος, Περισσράτης, Αγγελοπουλος, 1977-1979).

Στο κατώτερο τμήμα του ο ποταμός διαρρέει κυρίως Νεογενείς Πλειο-Πλειστοκαινικές αποθέσεις και Ολοκαινικούς αλλουβιακούς σχηματισμούς. Οι Νεογενείς σχηματισμοί επικάθονται στους σχηματισμούς της ζώνης Ωλονού-Πίνδου και αποτελούνται από συμπαγή κροκαλοπαγή που συντίθενται από ασβεστολιθικές και κερατολιθικές κροκάλες χειμαρρώδους προέλευσης ενώ, εναλλάσσονται κυρίως στο βόρειο τμήμα, με λεπτόκοκκους και χονδρόκοκκους ψαμμίτες και τεφροκίτρινες μάργες. Οι αλλουβιακοί σχηματισμοί αποτελούνται από άμμους, χαλίκια, ποτάμιες αποθέσεις και αναβαθμίδες, κροκάλες και πηλούς και έχουν πάχος λίγα μέτρα.

### 4. Δεδομένα και μεθοδολογία

#### 4.1 Εργασία υπαίθρου

Για τη μελέτη του κοκκομετρικού μεγέθους και των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των κροκαλών της κοίτης του ποταμού Νέδα, συλλέχθηκαν κόκκοι από την επιφάνεια της ενεργής κοίτης του κυρίου ρεύματος σύμφωνα με τη μέθοδο που ανέπτυξαν οι Bunte & Abt, (2001) σε τρεις σταθμούς δειγματοληψίας (Σχήμα 2). Ως σταθμός δειγματοληψίας θεωρήθηκε ένα

τμήμα του ρεύματος του οποίου το μήκος είναι 5-7 φορές, μεγαλύτερο από το εύρος της κοίτης του ή το μήκος ενός μαϊνάνδρου.

Πίνακας 1. Οι θέσεις των σταθμών δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού

Συμβολισμός Σταθμού Δειγματοληψίας	Περιοχή	Αποστάσεις μεταξύ των Σταθμών (m)	Αποστάσεις των Σταθμών από τις Εκβολές (m)
Σ1	Καρυές	0.000	6.000
Σ2	Πρασιδάκι	2.100	3.900
Σ3	Γιαννιτσοχώρι (Γέφυρα ΟΣΕ)	4.600	1.400

Συνολικά συλλέχθηκαν 2.082 κροκάλες. Σε κάθε κροκάλα μετρήθηκαν οι τρεις άξονες a, b, c, σύμφωνα με τη μέθοδο Griffiths (1967) με τη χρήση μετροταινίας, παχυμέτρου και τρισδιάστατου κροκαλομέτρου, αναλόγου αυτού που ανέπτυξαν οι Ibbeken & Denzer (1988). Ο βαθμός στρογγυλότητας των κροκαλών προέκυψε από σύγκρισή τους με τον οπτικό χάρτη του Krumbain (1941).

#### 4.2 Εργαστηριακές μέθοδοι

Για τον προσδιορισμό του σχήματος των κροκαλών χρησιμοποιήθηκε το διάγραμμα κατά Zingg (1935). Για τον προσδιορισμό της σφαιρικότητας χρησιμοποιήθηκε ο τύπος  $\psi=(c^2/ab)^{1/3}$  κατά Sneed & Folk (1958). Η εκτίμηση των στατιστικών διαφορών των δειγμάτων έγινε ως εξής: το  $\chi^2$  test χρησιμοποιήθηκε για τη λιθολογία, τη στρογγύλωση και το σχήμα των κόκκων, ενώ για την εκτίμηση των διαφορών του αριθμητικού μέσου και της σφαιρικότητας χρησιμοποιήθηκε το Mann-Whitney U test (Φερεντίνος et al., 1996).

## 5. Αποτελέσματα

### 5.1 Αποτελέσματα ανάλυσης της λιθολογίας

Η μελέτη των κροκαλών κατά μήκος της ενεργής κοίτης του ποταμού Νέδα έδειξε την ύπαρξη τριών λιθολογικών τύπων: ασβεστολιθικού, κερατολιθικού και ψαμμιτικού. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα εκατοστιαία μεγέθη που υπολογίστηκαν για κάθε λιθολογικό τύπο.

Πίνακας 2. Λιθολογική επί τοις % σύσταση των χαλίκων σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού

Σταθμός Δειγματοληψίας	Ασβεστολιθικοί Κόκκοι (%)	Κερατολιθικοί Κόκκοι (%)	Ψαμμιτικοί Κόκκοι (%)
Σ1/Κοίτη	82,5	5,1	12,4
Σ2/Κοίτη	88,8	5,9	5,3
Σ3/Κοίτη	89,3	2,8	7,9
Σ1/Φραγμοί	84,2	6,4	9,4
Σ2/Φραγμοί	82,2	8,7	9,1
Σ3/Φραγμοί	89,3	5,8	4,9

Σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας κυριαρχούν με μεγάλο ποσοστό (82,2-89,3%) οι ασβεστολιθικές κροκάλες. Οι κροκάλες ψαμμιτικής σύστασης (4,9-12,4%) φαίνεται να έχουν γενικώς αυξημένη παρουσία σε σχέση προς τις κροκάλες κερατολιθικής σύστασης (2,8-8,7%). Εξαιρέση αποτελούν οι θέσεις Σ2 και Σ3, όπου στη κοίτη στην πρώτη περίπτωση και στον φραγμό στη δεύτερη περίπτωση, οι κερατολιθικές κροκάλες είναι ελαφρώς αυξημένες σε σχέση προς τη ψαμμιτικές κροκάλες. Η μεταβολή του λιθολογικού τύπου των κροκαλών της ενεργής κοίτης του ποταμού Νέδα σύμφωνα με το  $\chi^2$  test κρίνεται στατιστικά σημαντική από τον πρώτο σταθμό δειγματοληψίας στο δεύτερο και στατιστικά ασήμαντη από το δεύτερο σταθμό στον τρίτο. Για τους ποτάμιους φραγμούς η στατιστική αξιοπιστία μεταβάλλεται αντίστροφα από τις κοίτες, δηλαδή μεταβολή του λιθολογικού τύπου είναι στατιστικά ασήμαντη από τον πρώτο σταθμό στο δεύτερο και στατιστικά σημαντική από το δεύτερο σταθμό στον τρίτο. Οι παρατηρούμενες στατιστικά σημαντικές μεταβολές στο επίπεδο της λιθολογίας στην κοίτη, οφείλονται στην αύξηση των ασβεστολιθικών κροκαλών στο δεύτερο σταθμό δειγματοληψίας (Σ2/Κοίτη), ενώ στους φραγμούς, πιθανόν να οφείλεται στη μείωση των ψαμμιτικών κροκαλών λόγω τριβής και θραύσης τους όπως αναφέρεται αμέσως παρακάτω.

Ο κερατόλιθος λόγω της μεγάλης του σκληρότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα σταθερό μέτρο για τη σύγκριση των υπαρχόντων λιθολογικών τύπων ως προς τη σχετική αντίσταση των ασβεστολίθων και των ψαμμιτών στην τριβή και τη θραύση. Ο υπολογισμός της «αναλογίας του κερατολίθου» έγινε με βάση τον τύπο  $100K/(K+X)$  (Plumley, 1948), όπου με K παριστάνεται ο αριθμός των κερατολιθικών κροκαλών και με X ο αριθμός των άλλων δύο λιθολογικών τύπων. Τα αποτελέσματα της αναλογίας αυτής δίνονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Η αναλογία κερατολίθου (κατά Plumley, 1948)

Σταθμός Δειγματοληψίας	100K/(K+A)	100K/(K+Ψ)
Σ1/Κοίτη	5,83	29,16
Σ2/Κοίτη	6,23	52,63
Σ3/Κοίτη	3,03	26,09
Σ1/Φραγμοί	7,05	40,35
Σ2/Φραγμοί	9,61	49,18
Σ3/Φραγμοί	6,10	54,05

Σύμφωνα με τον πίνακα αυτό, φαίνεται πως δεν εμφανίζεται ταυτόχρονα μια συνεχής αύξηση της «αναλογίας του κερατολίθου» στην ενεργή κοίτη και τους φραγμούς αναφορικά με τη λιθολογία του ασβεστολίθου. Συνεπώς, ο ρόλος της τριβής και της θραύσης στην μεταβολή της ποσοτικής συμμετοχής του ασβεστολίθου με την απόσταση μεταφοράς φαίνεται να είναι ασήμαντος τόσο στην ενεργή κοίτη όσο και στους φραγμούς, λόγω της χαμηλής κλίσης της ποτάμιας κοίτης που συνεπάγεται χαμηλό ρευματικό καθεστώς σε ό,τι αφορά τους ασβεστολίθους. Αναφορικά με τις ψαμμιτικές κροκάλες παρατηρείται ανώμαλη αύξηση της «αναλογίας του κερατολίθου» στο δεύτερο σταθμό δειγματοληψίας της ενεργής κοίτης και μια συνεχής αύξηση του λόγου αυτού στις θέσεις δειγματοληψίας των φραγμών. Στην πρώτη περίπτωση η ανώμαλη αύξηση του λόγου οφείλεται στη σχετική αύξηση των κερατολιθικών κροκαλών (Πιν.2), ενώ στη δεύτερη περίπτωση η βαθμιαία αύξηση του λόγου ίσως να οφείλεται στην τριβή και τη θραύση των ψαμμιτικών κροκαλών.

## 5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης του αριθμητικού μέσου των κόκκων

Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας υπολογίστηκε ο αριθμητικός μέσος των κροκαλών όλων των λιθολογικών τύπων τόσο της ενεργής κοίτης όσο και των φραγμών του ποταμού (Πιν.4). Γενικότερα όπως φαίνεται, υπάρχει μια σαφής μείωση της τιμής που εκφράζει τη μέση τιμή του αριθμητικού μέσου των κροκαλών όλων των λιθολογιών με την απόσταση μεταφοράς.

Ειδικότερα η ελάττωση αυτή παρατηρείται και για τις τιμές του αριθμητικού μέσου των ασβεστολίθων που προέρχονται από τους φραγμούς, αλλά και των ψαμμιτών. Στις κροκάλες κερατολιθικής σύστασης εμφανίζεται μια διαφοροποίηση στις τιμές του αριθμητικού μέσου αυτών που προέρχονται από τους φραγμούς, αφού ο μέσος παρουσιάζει αύξηση από τον πρώτο σταθμό δειγματοληψίας στο δεύτερο. Στις κροκάλες ασβεστολιθικής σύστασης που προέρχονται από την κοίτη επίσης παρατηρούμε μια μικρή αύξηση από τον πρώτο στο δεύτερο σταθμό δειγματοληψίας, ενώ στη συνέχεια ο μέσος μειώνεται αισθητά. Για τις τιμές των κερατολιθικών κροκαλών από την κοίτη παρατηρείται και πάλι ελάττωση σε σχέση με την απόσταση μεταφοράς.

Πίνακας 4. Οι τιμές του αριθμητικού μέσου σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας κατά μήκος του ποταμού

Σταθμός Δειγματοληψίας	Ασβεστόλιθοι	Κερατόλιθοι	Ψαμμίτες	Σύνολο
Σ1/Κοίτη	72,82	84,14	94,76	76,12
Σ2/Κοίτη	75,15	74,40	71,83	74,93
Σ3/Κοίτη	63,59	63,33	57,89	63,13
Σ1/Φραγμοί	64,57	52,00	83,62	65,57
Σ2/Φραγμοί	56,36	60,15	62,97	57,30
Σ3/Φραγμοί	38,93	43,40	36,76	39,09

Με βάση το Mann-Whitney U test, οι μεταβολές των συνολικών τιμών του αριθμητικού μέσου από σταθμό σε σταθμό χαρακτηρίζονται στατιστικά σημαντικές, με ασήμαντη στατιστικά τη μεταβολή των τιμών των κροκαλών της κοίτης από τον πρώτο σταθμό δειγματοληψίας στο δεύτερο.

Η μείωση του κοκκομετρικού μεγέθους θα πρέπει να θεωρηθεί ότι οφείλεται στην εκλεκτική ταξινόμηση εξαιτίας της μείωσης της κλίσης του ποταμού (Κοντόπουλος & Πανάγος, 1979).

### 5.3 Αποτελέσματα ανάλυσης της στρογγυλότητας των κροκαλών

Για τον προσδιορισμό του βαθμού στρογγυλότητας κάθε κροκάλας που συλλέχθηκε, χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης ο οπτικός χάρτης του Krumbein (1941). Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές του βαθμού στρογγυλότητας που προέκυψαν για κάθε λιθολογικό τύπο, αλλά και για το σύνολο των κροκαλών της ενεργής κοίτης και των φραγμών κάθε σταθμού δειγματοληψίας.

Πίνακας 5. Οι τιμές του βαθμού στρογγυλότητας όλων των λιθολογικών τύπων κατά μήκος του ποταμού ρεύματος (κατά Krumbein, 1941)

Σταθμός Δειγματοληψίας	Ασβεστολιθικές Κροκάλες	Κερατολιθικές Κροκάλες	Ψαμμιτικές Κροκάλες
Σ1/Κοίτη	0,59	0,41	0,84
Σ2/Κοίτη	0,53	0,37	0,68
Σ3/Κοίτη	0,54	0,35	0,80
Σ1/Φραγμοί	0,56	0,45	0,73
Σ2/Φραγμοί	0,52	0,36	0,73
Σ3/Φραγμοί	0,55	0,35	0,73



Η μεταβολή των τιμών του βαθμού στρογγυλότητας από τον ένα σταθμό δειγματοληψίας στον επόμενο για κάθε λιθολογικό τύπο της ενεργής κοίτης και των φραγμών κρίνεται στατιστικά ασήμαντη, σύμφωνα με το  $\chi^2$  test. Η έλλειψη συσχέτισης του βαθμού στρογγυλότητας με την απόσταση μεταφοράς πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι κροκάλες αυτές έχουν σχεδόν αποκτήσει τις μέγιστες τιμές του βαθμού στρογγυλότητάς τους, οπότε και η τιμή του δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα με την απόσταση. Στις περισσότερες περιπτώσεις η στρογγυλότητα μια κροκάλας αντικατοπτρίζει άμεσα τη διαδικασία τριβής που υφίσταται κατά τη μεταφορά της από το ποτάμιο ρεύμα.

#### 5.4 Αποτελέσματα ανάλυσης της σφαιρικότητας των κροκαλών

Οι τιμές της σφαιρικότητας υπολογίστηκαν με βάση τον τύπο  $\psi = (c^2/ab)^{1/3}$  των Sneed & Folk (1958), όπου με  $\psi$  συμβολίζεται η σφαιρικότητα και όπου  $a$ ,  $b$  &  $c$ , ο μεγάλος, ο μεσαίος και μικρός άξονας κάθε κροκάλας αντιστοίχως.

Στον πίνακα 6 παρατίθενται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της σφαιρικότητας για κάθε λιθολογικό τύπο καθώς και για το σύνολο των κροκαλών.

Πίνακας 6. Η σφαιρικότητα όλων των κροκαλών σε όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας (κατά Sneed & Folk ,1958)

Σταθμός Δειγματοληψίας	Ασβεστολιθικές Κροκάλες	Κερατολιθικές Κροκάλες	Ψαμμιτικές Κροκάλες	Σύνολο
Σ1/Κοίτη	0,65	0,72	0,63	0,65
Σ2/Κοίτη	0,65	0,68	0,63	0,65
Σ3/Κοίτη	0,66	0,72	0,59	0,65
Σ1/Φραγμοί	0,65	0,72	0,61	0,65
Σ2/Φραγμοί	0,65	0,71	0,61	0,65
Σ3/Φραγμοί	0,64	0,71	0,60	0,64

Φαίνεται πως οι συνολικές τιμές της σφαιρικότητας παραμένουν ίδιες σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας εκτός του φραγμού του τελευταίου σταθμού δειγματοληψίας, όπου υπάρχει μια πολύ μικρή μείωση της τιμής της. Η μεταβολή αυτή κρίνεται στατιστικά ασήμαντη με το Mann-Whitney U test. Πιο συγκεκριμένα, για τις τιμές της σφαιρικότητας των ασβεστολιθικών κροκαλών δεν παρατηρείται ιδιαίτερη μεταβολή ούτε κατά μήκος της ενεργής κοίτης ούτε στους φραγμούς. Το ίδιο ισχύει και για τις κροκάλες κερατολιθικής και ψαμμιτικής σύστασης που προέρχονται από τους φραγμούς των σταθμών δειγματοληψίας. Διαφοροποίηση εμφανίζεται στις τιμές της σφαιρικότητας των κερατολιθικών και ψαμμιτικών κροκαλών που προέρχονται από την ενεργή κοίτη του ποταμού. Επίσης, παρατηρούμε πως οι κερατολιθικές κροκάλες εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σφαιρικότητας σε σχέση με τους ασβεστολίθους και τους ψαμμίτες, ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια σημαντική μείωση της τιμής της σφαιρικότητας και των τριών λιθολογιών που να σχετίζεται με την απόσταση μεταφοράς.

Το σχήμα των κροκαλών μελετήθηκε με τη βοήθεια του διαγράμματος κατά Zingg, (1935). Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών παρατίθενται στον πίνακα 7, όπου και φαίνεται πως κυριαρχούν οι δισκοειδείς κροκάλες με επί τοις % ποσοστιαίες τιμές να κυμαίνονται από 39,71-46,02%, ακολουθούν οι σφαιρικές κροκάλες με τιμές από 24,20-25,37%, οι κυλινδρικές με ποσοστά που κυμαίνονται από 15,34-21,94% και τέλος οι πεπλατυσμένες με τιμές από 13,12-18,26%. Ειδικότερα, για τις κροκάλες της κοίτης παρατηρείται πως στο δεύτερο σταθμό δειγματοληψίας, ελαττώνονται οι κυλινδρικές κροκάλες και ταυτόχρονα παρουσιάζεται μια αύξηση στις δισκοειδείς. Για τις κροκάλες που προέρχονται από τους φραγμούς, στον τρίτο σταθμό δειγματοληψίας παρουσιάζεται μια μικρή

αύξηση στις πεπλατυσμένες κροκάλες συγχρόνως με τη μείωση των δισκοειδών και των κυλινδρικών. Παρόλα αυτά δεν φαίνεται το σχήμα των κροκαλών να μεταβάλλεται συστηματικά με την απόσταση μεταφοράς από σταθμό σε σταθμό δειγματοληψίας.

Πίνακας 7. Ποσοστά επί τοις % για κάθε σχήμα χαλίκων σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας (κατά Zingg1935)

Σταθμός Δειγματοληψίας	Δισκοειδείς Κροκάλες	Σφαιρικές Κροκάλες	Πεπλατυσμένες Κροκάλες	Κυλινδρικές Κροκάλες
Σ1/Κοίτη	40,15	24,81	15,33	19,71
Σ2/Κοίτη	46,02	25,37	13,27	15,34
Σ3/Κοίτη	40,00	25,58	15,35	19,07
Σ1/Φραγμοί	42,78	21,11	14,17	21,94
Σ2/Φραγμοί	45,77	24,20	13,12	16,91
Σ3/Φραγμοί	39,71	25,22	18,26	16,81

## 6. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, από τη μελέτη των μορφομετρικών χαρακτηριστικών της κοίτης του ποταμού Νέδα επισημαίνονται τα εξής:

- Οι κροκάλες του ποταμού Νέδα είναι ασβεστολιθικής, κερατολιθικής και ψαμμιτικής σύστασης. Κυριαρχούν οι ασβεστολιθικές κροκάλες (ποσοστό 82,2-89,3%). Οι κροκάλες ψαμμιτικής σύστασης (2,8-8,7%) έχουν γενικώς αυξημένη παρουσία σε σχέση με τις κερατολιθικές κροκάλες (4,9-12,4%) εκτός της θέσεων Σ2 και Σ3, όπου στην κοίτη(Σ2) και στον φραγμό(Σ3) παρατηρείται ελαφρά αύξηση των κερατολιθικών κροκαλών σε σχέση προς τις ψαμμιτικές κροκάλες.
- Το κοκκομετρικό μέγεθος των κροκαλών ελαττώνεται σημαντικά σε σχέση με την απόσταση μεταφοράς. Η αιτία αυτής της μείωσης του αριθμητικού μέσου φαίνεται να είναι η εκλεκτική ταξινόμηση του υλικού, αφού η Νέδα διαρρέει μια περιοχή που τους χειμερινούς μήνες χαρακτηρίζεται από έντονες ατμοσφαιρικές κατακρυσμνήσεις, ενώ το καλοκαίρι από περίοδο ανομβρίας. Στις κροκάλες κερατολιθικής σύστασης που προέρχονται από την κοίτη παρατηρείται ελάττωση του μέσου σε σχέση με την απόσταση μεταφοράς, αλλά εμφανίζεται μια διαφοροποίηση στις τιμές του αριθμητικού μέσου αυτών που προέρχονται από τους φραγμούς, αφού ο αριθμητικός μέσος παρουσιάζει αύξηση από τον πρώτο σταθμό δειγματοληψίας στο δεύτερο. Η μεταβολή αυτή πιθανώς να οφείλεται στις διαδικασίες απόληψης αδρανών υλικών από την κοίτη της Νέδας σε θέσεις που βρίσκονται ανάμεσα στους δύο σταθμούς δειγματοληψίας.
- Οι τιμές του βαθμού στρογγυλότητας των κροκαλών δεν παρουσιάζουν μεταβολή που να σχετίζεται με την απόσταση μεταφοράς κατά τρόπο στατιστικά σημαντικό. Η αιτία αυτού φαίνεται να είναι το ότι οι κροκάλες αυτές έχουν σχεδόν ήδη αποκτήσει τις μέγιστες τιμές του βαθμού στρογγυλότητάς τους από τις διαδικασίες διάβρωσης που υφίστανται λόγω τριβής κατά τη μεταφορά τους δεδομένου ότι οι σταθμοί δειγματοληψίας βρίσκονται στο κάτω ρουν του ποταμού.
- Δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στις τιμές της σφαιρικότητας των κροκαλών με την απόσταση μεταφοράς παρά μόνον ότι οι κερατολιθικές κροκάλες εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές σφαιρικότητας σε σχέση με τις κροκάλες των άλλων δύο λιθολογικών τύπων. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι οι κροκάλες έχουν ήδη διαμορφώσει τη μέγιστη σφαιρικότητά τους πριν από αυτούς τους σταθμούς δειγματοληψίας, οπότε και δεν αναμένεται άλλη μεταβολή στην τιμή της.



- Σχετικά με το σχήμα των κροκαλών του ποταμού, βλέπουμε πως κυριαρχούν οι δισκοειδείς κροκάλες, ακολουθούν οι σφαιροειδείς και τέλος οι κυλινδρικές και οι πεπλατυσμένες. Γενικά, δεν φαίνεται το σχήμα των κροκαλών να μεταβάλλεται συστηματικά με την απόσταση μεταφοράς.

## Βιβλιογραφία

Κοντόπουλος, Ν., Πανάγος, Α., 1979. Μορφομετρική ανάλυση κροκαλών του ποταμού Ευήνου. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, TOM XIV/1, σ. 23-50, Αθήνα.

Λαλεχός, Ν., 1969-1971. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλ. 1/50.000, φύλλο Κάτω Φιγαλεία, Εκδόσεις ΕΘ.Ι.Γ.Μ.Ε.

Μητρόπουλος, Δ., Περισοράτης, Κ., Αγγελόπουλος, Ι., 1977-1979. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλ.1/50.000, φύλλο Κυπαρισσία, Εκδόσεις ΙΓΜΕ.

Μουντράκης, Δ., 1985. *Γεωλογία της Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη.

Φερεντίνος, Γ., Γκιώνης, Γ., Ζαχαρίας, Ι., Παπαθεοδώρου, Γ., 1996. *Στατιστική και ανάλυση δεδομένων στις Γεωεπιστήμες: Περιγραφική Στατιστική, Εκτιμήσεις Παραμέτρων, Στατιστικοί Έλεγχοι (Μέρος Α')*, Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τεύχος 3, Πάτρα. pp. 65-98.

Bunte, K., Abt, S.R., 2001. *Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring*. pp. 144-166.

Griffiths, J. C., 1967. *Scientific Method in Analysis of Sedimentary*. McGraw-Hill: New York.

Ibbeken, H., Denzer, I., 1988: Clast measurement: a simple manual device and its semiautomatic electronic equivalent. *Journal of Sedimentary Petrology* 58 (4): 751-752.

Krumbein, W. C., 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 11 (2): 64-72.

Krumbein, W. C., 1941b. The effects of abrasion on the size, shape and roundness of rock fragments. *Jour. Geol.*, vol.49, 482-520.

Pettijohn, J.F., 1975. *Sedimentary rocks*, New York.

Plumley, W.J., 1948. Black Hills terrace gravels: a study in sediment transport. *Journal of Geology* 56: 526-577.

Sneed, E.D., Folk, R.L., 1958. Pebbles in the lower Colorado River, Texas - a study in particle morphogenesis. *Journal of Geology* 66: 114-150.

Zingg, T., 1935. Beiträge zur Schotteranalyse. *Min. Petrogr. Mitt. Schweiz*, 15: 39-140.