

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΝΩ ΡΟΥ ΤΟΥ ΑΧΕΛΩΟΥ*

Ε. ΛΥΚΟΥΔΗ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα μέρος των αποτελεσμάτων της αδημοσίευτης διδακτορικής διατριβής με τον αντίστοιχο τίτλο, όπου ερευνάται η λεκάνη απορροής του άνω ρου του Αχελώου ποταμού (ανάντη της τεχνητής λίμνης των Κρεμαστών). Από τη γεωμορφολογική ανάλυση, η οποία δίνει στοιχεία σχετικά με το παλαιοπεριβάλλον της περιοχής και της γεωμορφολογικής της εξέλιξης, προέκυψε ότι η αποστράγγιση του υδρογραφικού δικτύου του άνω ρου του Αχελώου δεν είναι ομαλή και ότι αυτό βρίσκεται σε ασαφή δυναμική κατάσταση ισορροπίας, με μεγαλύτερη αστάθεια στο δυτικό τμήμα. Αυτό οφείλεται στην αναγέννηση του υδρογραφικού δικτύου λόγω νεοτεκτονικών κινήσεων (ανύψωση της περιοχής), με μεγαλύτερη ταχύτητα ανύψωσης του δυτικού τμήματος (όρος Γάβροβο).

ABSTRACT

The scope of this study work is to give an insight into the dynamic processes which shape the relief in the drainage basin of the upper reaches the Acheloos river, so that the geomorphological and geodynamical evolution of the region in the past can be approached, together with a possible prediction. For this reason, the relationships between the relief and the endogenic and exogenic factors are sought.

The investigated area is made up of geological formations that belong to the zones: "Ionian" (inner Ionian zone), "Gavrovo", "Pindos" and "Hyperpindos". There are also younger rocks (postalpine formations), together with some volcanic rocks.

The main stream segment of Acheloos river was formed in the Upper-Middle Miocene, after the deposition of the flysch of "Gavrovo" and the tectonism of the zone. The structures were cut to a large extent by trace-slip faults, striking ENE-WSW, during the Middle-Upper Miocene. At the same time (Lower Miocene – Plio-Quaternary), in NW-Greece, is observed a horizontal clockwise rotation (45°). Finally, the region shows an expanding movement from North to South.

Due to the above tectonic activity, the drainage basin shows a monoclinic structure with a westward displacement of the drainage pattern. The displacement increases from North to South. The displacement of the drainage pattern is also favoured by the presence of erodible rocks in the western part (flysch of "Gavrovo") and the general eastward dip of the strata.

Neotectonic activity controls the river up to date, as it is inferred from the orientation of the stream segments, which follow the tectonic structure (lithological boundaries, faults, thrusts).

The drainage pattern appears to be in an early mature stage. According to the quantitative geomorphological analysis data, the drainage pattern (mainly the west part of it) is in an unstable dynamic status. During Plio-Quaternary there were a few rejuvenating episodes, due to tectonic and climate changes. The present rejuvenated stage, which is more obvious in the southwestern part of the investigated area, is supported by morphotectonic data. Among them, the most remarkable are: a) the steep slopes (30-60 %), b) the negative deviation of "cumulative" area compared to ideal values, c) the slope flexions, which separate the new lower level from the old higher one.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αχελώος, λεκάνη απορροής, γεωμορφολογική εξέλιξη, γεωδυναμική εξέλιξη, γεωμορφολογική ανάλυση; νεοτεκτονική δράση.

KEY WORDS: Acheloos; drainage basin; geomorphological evolution; geodynamical evolution; geomorphological analysis; neotectonic activity.

* GEOMORPHIC EVOLUTION OF THE UPPER REACHES OF THE DRAINAGE BASIN OF ACHELOOS RIVER

1. Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 73, Αθήνα, e-mail: mngpel@central.ntua.gr.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία αφορά στην ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του άνω ρου του Αχελώου (ανάτη της τεχνητής λίμνης των Κρεμαστών). Ο Αχελώος είναι ο δεύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας (251 Km) και βρίσκεται στη δυτική Ελλάδα. Η βασική αιτία επιλογής του άνω τμήματος της λεκάνης απορροής είναι, επειδή οι όποιες ανθρωπογενείς επεμβάσεις δεν έχουν επιδράσει ακόμα έντονα στο τμήμα αυτό, όπως συμβαίνει στο υπόλοιπο ποτάμι.

Η έρευνα αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση των δυναμικών διεργασιών που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του αναγλύφου της περιοχής έρευνας, ώστε να γίνει γνωστή κυρίως η γεωμορφολογική αλλά και η γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής στο παρελθόν, με πιθανή πρόβλεψη της πορείας αυτής και στο μέλλον.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Η περιοχή έρευνας δομείται από σχηματισμούς των ζωνών "Ιονίου", "Γαβρόβου", "Πίνδου", "Υπερπινδικής" και από μεταλλικούς σχηματισμούς.

Το πρωτογενές υδρογραφικό δίκτυο του Αχελώου ποταμού δημιουργήθηκε κατά το Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο, μετά τον καθολικό τεκτονισμό της ζώνης "Γαβρόβου", ο οποίος έδωσε συγκλινικές και αντικλινικές δομές διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ. Τη τεκτονική αυτή δραστηριότητα ακολούθησε η επαναδραστηριοποίηση κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, τα οποία ευθύνονται για το σχηματισμό μεγάλων τάφρων στη Δ. Ελλάδα (AUBOUIN, 1959) και ήταν η αιτία της δημιουργίας της πρώτης μορφής του υδρογραφικού δικτύου του Αχελώου. Οι παραπάνω δομές τεκτονίσθηκαν έντονα κατά το Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο από ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης με διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ. Την τεκτονική αυτή δραστηριότητα ακολούθησαν πολυάριθμα κανονικά ρήγματα με ίδια διεύθυνση (I.G.R.S. & B.P. 1971). Συγχρόνως με τις πιο πάνω διεργασίες, κατά τα τελευταία 25 εκ. χρόνια, παρατηρούνται οριζόντιες δεξιόστροφες περιστροφικές κινήσεις της ΒΔ Ελλάδας, της κλίμακας των 450 ως προς έναν σταθερό πόλο, ο οποίος βρίσκεται βόρεια της "Ιόνιας" ζώνης (155οN), (HORNER & FREEMAN, 1983, KISSEL et al., 1985, KISSEL & LAJ, 1988). Η απομάκρυνση, που αντιστοιχεί σε μία αυστηρή περιστροφή των 450, μπορεί να εκτιμηθεί ότι είναι περίπου 130 Km στη νότια Ήπειρο και 240 Km στη νότια Ακαρνανία.

Από γεωλογικά και βαρυτομετρικά στοιχεία διαφαίνεται ότι, η περιοχή της ΒΔ Ελλάδας διευρύνεται με αυξητική τάση διεύθυνσης από βορρά προς νότο. Η μη εμφάνιση μεταμορφωμένων πετρωμάτων στη δυτική Ελλάδα, δείχνει ότι ο φλοιός στην περιοχή αυτή δεν έχει απολεπυνθεί, ώστε να επιτρέψει την εμφάνισή τους, όπως συμβαίνει νότια, όπου έχουμε εμφάνιση μεταμορφωμένων στην Πελοπόννησο, στα Κύθηρα και στη Κρήτη. Επιπρόσθετα, από βαρυτομετρικά στοιχεία (ΜΑΚΡΗΣ, 1977), το μεγαλύτερο πάχος (46 Km) του σιλικού φλοιού βρίσκεται κάτω από την οροσειρά της "Πίνδου" με μείωση αυτού προς το νότο.

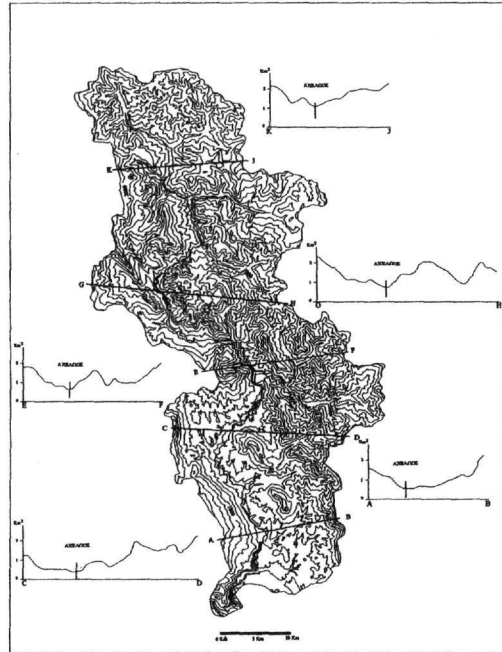
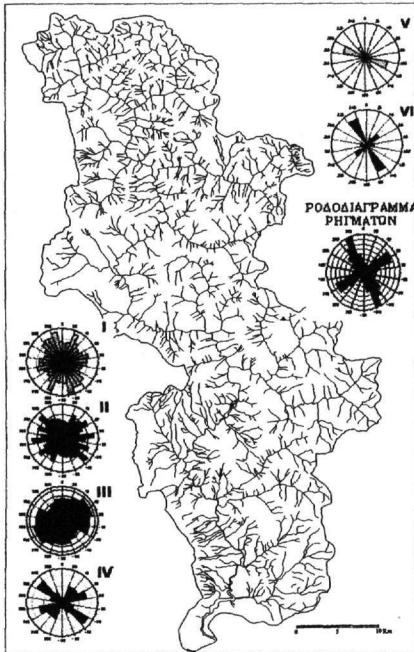
3. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ποσοτική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του άνω ρου του Αχελώου, έγινε με τη μέθοδο του HORTON (1945) η δε ταξινόμηση των κλάδων έγινε σύμφωνα με το σύστημα του STRAHLER (1952).

Το υδρογραφικό δίκτυο του άνω ρου του Αχελώου είναι ούσης τάξης και σε ολόκληρη τη λεκάνη αναπτύσσονται 1195 κλάδοι 1ης τάξης, 313 κλάδοι 2ης τάξης, 76 κλάδοι 3ης τάξης, 15 κλάδοι 4ης τάξης και 3 κλάδοι 5ης τάξης. Ο τύπος του υδρογραφικού δικτύου είναι επιμήκης, δενδριτικός αλλά και ορθογώνιος, εξαιτίας του ρηξιγενούς τεκτονισμού. Επίσης παρατηρείται μια ασυμμετρία στο υδρογραφικό δίκτυο. Για το λόγο αυτό έγινε ποσοτική ανάλυση αφενός για το ενιαίο υδρογραφικό δίκτυο και αφετέρου χωριστά για το δυτικό και ανατολικό δίκτυο, έτσι ώστε να εντοπιστούν τυχόν διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και εξέλιξης των δύο αυτών δικτύων (σχ.1,2).

Συγκρίνοντας τον πραγματικό και ιδανικό αριθμό κλάδων του δυτικού και ανατολικού υδρογραφικού δικτύου προκύπτει ότι, το υδρογραφικό δίκτυο βρίσκεται ως προς την εξέλιξη του σε πρώιμο στάδιο ωριμότητας (σχ. 3α). Αυτό διαφαίνεται από τις αρνητικές τιμές απόκλισης του αριθμού διακλάδωσης σε όλες σχεδόν τις τάξεις. Η έλλειψη κάποιου ποσοτού αριθμού κλάδων, ώστε ο συνολικός πραγματικός αριθμός των κλάδων να φθάσει τις ιδανικές τιμές, οφείλεται στην αναγέννηση του υδρογραφικού δικτύου λόγω έντονων νεοτεκτονικών κινήσεων. Επίσης το υδρογραφικό δίκτυο του ανατολικού τμήματος είναι περισσότερο αναπτυγμένο, κατά μια τάξη, από ότι το δυτικό υδρογραφικό δίκτυο. Αυτό οφείλεται αφενός στη συνεχή μετατόπιση του υδρογραφικού δικτύου προς τα δυτικά και αφετέρου στη γεωλογική δομή.

Οι λόγοι διακλάδωσης που προσδιορίστηκαν είναι $\bar{R}_b=4,68$, $R_b=4,06$ και $\bar{R}_b=4,20$ για το δυτικό, ανατολικό και ενιαίο υδρογραφικό δίκτυο αντίστοιχα (πιν. 1). Η τιμές αυτές είναι υπερδιπλάσιες από αυτήν της ιδανικής τιμής ($\bar{R}_b = 2,00$) κατά STRAHLER (1952) και ελαφρώς μεγαλύτερες από τη "θεωρητική τιμή" ($R_b = 4,00$) κατά SHREVE (1966), και LEOPOLD & LANGBEIN (1962) ενός υδρογραφικού δικτύου που



Σχήμα 1: Υδρογραφικό δίκτυο του άνω ρου του Αχελώου. Ροδοδιαγράμματα κλάδων και ρηγμάτων. Figure 1: The Acheloos upper basin network. Rose diagrams of segments and faults.

Σχήμα 2: Γεωμορφολογικές τομές στη λεκάνη απορροής του άνω ρου του Αχελώου. Figure 2: Geomorphologic profiles of the drainage basin of the upper reaches of Acheloos river.

βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Η κατά STRAHLER ιδανική τιμή ($\bar{R}_b = 2,00$) του λόγου διακλάδωσης είναι πολύ μικρή για μεγάλα υδρογραφικά δίκτυα με έντονο ανάγλυφο.

Έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα και αφορούν στο λόγο διακλάδωσης είναι του SHREVE (1966), ο οποίος εισήγαγε ένα τυχαίο "τοπολογικό μοντέλο" υδρογραφικών δικτύων από το οποίο προέκυψε ότι οι περισσότεροι συντελεστές διακλάδωσης πλησιάζουν την τιμή 4.00. Για πολλούς ερευνητές η τιμή αυτή προσεγγίζει τη "θεωρητική" τιμή του λόγου διακλάδωσης, το δε υδρογραφικό δίκτυο βρίσκεται σε μια δυναμική κατάσταση ισορροπίας. Το ίδιο προκύπτει και από έρευνες των LEOPOLD & LANGBEIN (1962). Υπάρχουν πολλά παραδείγματα μετρημένων συντελεστών διακλάδωσης από υδρογραφικά δίκτυα διαφόρων χωρών όπου οι λόγοι διακλάδωσης κυμαίνονται περίπου στο 4,00 (YANG, 1971; MORISAWA, 1962; MORGAN, 1971; GUSTAFSON, 1973; EYLES, 1968). Τέλος ο SHIMANO (1992), βρήκε ότι ο λόγος διακλάδωσης των υδρογραφικών δικτύων στα νησιά της Ιαπωνίας, περιοχή έντονων τεκτονικών κινήσεων, είναι γύρω στο 4,24. Επίσης οι λόγοι διακλάδωσης μεγάλων υδρογραφικών δικτύων (6ης τάξης) της κεντρικής Ελλάδας, όπως είναι του Σπερχειού ($\bar{R}_b = 3,75$) (ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ, 1987) και του Εύηνου, ($\bar{R}_b = 3,97$) (ΚΑΡΥΜΠΙΑΛΗΣ, 1996), προσεγγίζουν την "θεωρητική" τιμή 4,00. Σε σχέση με τις παραπάνω τιμές ο λόγος διακλάδωσης του ενιαίου υδρογραφικού δικτύου του άνω ρου του Αχελώου είναι υψηλότερος ($\bar{R}_b = 4,20$). Αυτό οφείλεται σε έντονη νεοτεκτονική δράση, η οποία δημιουργεί ασταθή δυναμική ισορροπία στο ποτάμιο σύστημα, ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα ($\bar{R}_b = 4,68$), ευνοώντας περισσότερο τις διεργασίες διάβρωσης και λιγότερο τις διεργασίες απόθεσης (νοτιοκεντρικό τμήμα).

Στην περίπτωση του "καθαρού" μήκους κλάδων βρέθηκαν θετικές τιμές απόκλισης, κυρίως στις μικρές τάξεις (1η και 2η τάξη) του δυτικού υδρογραφικού δικτύου και αρνητικές στο ανατολικό εκτός της τιμής της 4ης τάξης η οποία είναι θετική, κάνοντας έτσι εμφανή το ρόλο της γεωλογίας (σχ. 3β). Σε περιοχές όπου απαντώνται σχετικά μη περατοί σχηματισμοί (φλύσχης), η επιφανειακή απορροή ευνοείται σε βάρος της κατεισόδουσης και οι κλάδοι αυξάνουν σε μήκος. Αντίθετα σε περιοχές όπου απαντώνται περατοί και έντονα κατακλασμένοι σχηματισμοί ευνοείται η ανάπτυξη των κλάδων περισσότερο σε πλήθος και λιγότερο σε μήκος.

Η θετική τιμή απόκλισης του "καθαρού" μήκους της 4ης τάξης και η αρνητική της 5ης τάξης στο ανατολικό τμήμα δείχνει ότι, το ποτάμι είναι ώριμο να αυξήσει την τάξη του, δηλαδή από 6ης να γίνει 7ης τάξης (βορειοανατολικό τμήμα).

Η ασταθής δυναμική κατάσταση ισορροπίας του υδρογραφικού δικτύου και ιδίως στο δυτικό τμήμα (όρος Γάβροβο), διαφαίνεται και από τις αρνητικές τιμές απόκλισης των "αθροιστικών" εμβαδών των λεκανών απορροής του υδρογραφικού δικτύου (σχ. 3 δ). Οι υψηλές απόλυτες τιμές απόκλισης που παρατηρούνται, ιδίως στο δυτικό τμήμα, στην πραγματικότητα είναι μικρότερες και οφείλονται στον υψηλό λόγο εμβαδού μεταξύ 4ης και 5ης τάξης ($R_{IV,V}=11,3$) για το δυτικό τμήμα, όπου λαμβάνεται σχεδόν όλη η λεκάνη απορροής του δυτικού τμήματος για λεκάνη 5ης τάξης και στον υψηλό λόγο εμβαδού μεταξύ 5ης και 6ης τάξης ($R_{V,VI}=5,6$) για το ανατολικό τμήμα, όπου ως λεκάνη απορροής 6ης τάξης θεωρείται ολόκληρη η λεκάνη απορροής του ανατολικού τμήματος. Παρόλα αυτά οι τιμές απόκλισης των "αθροιστικών" εμβαδών των λεκανών απορροής του δυτικού και ανατολικού υδρογραφικού δικτύου, παραμένουν αρνητικές, στοιχείο που τελικά χρησιμοποιείται, όπως αρνητικές είναι και οι τιμές των "αθροιστικών" εμβαδών των λεκανών απορροής του ενιαίου υδρογραφικού δικτύου (ΛΥΚΟΥΔΗ, 2000).

Η συσχέτιση των θετικών τιμών απόκλισης του "αθροιστικού" μήκους κλάδων με τις αντίστοιχες αρνητικές του "αθροιστικού" εμβαδού των λεκανών απορροής, σε συνδυασμό με τις υψηλές κλίσεις των κλιτύων, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, δείχνει την έντονη κατά βάθος διάβρωση στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής, εξαιτίας ανυψωτικών κινήσεων στην περιοχή. Αναλυτικότερα παλαιότερες κοίτες ακολουθώντας την αναγεννητική πορεία της περιοχής εκβάθυναν τις κοιλάδες τους αυξάνοντας πολλές φορές το μήκος των κοιτών τους διατηρώντας σχεδόν τις ίδιες προβολικές επιφάνειες των λεκανών απορροής που αποστράγγιζαν, ευνοώντας έτσι την κατά βάθος διάβρωση των λεκανών απορροής (σχ. 3γ,δ).

Η πολύ καλή σχέση του αριθμού και του "καθαρού" μήκους των κλάδων μεταξύ του δυτικού και ανατολικού υδρογραφικού δικτύου, δείχνει ότι οι διεργασίες που διαμορφώνουν το ανάγλυφο, συνδέονται μεταξύ τους και κάθε αλλαγή που συντελείται στο δυτικό τμήμα επιφέρει αντίστοιχα αλλαγή και στο ανατολικό τμήμα και αντίστροφα (σχ. 4α,β). Η σχέση αυτή δεν μπορεί παρά να αποδοθεί στην ταυτόχρονη επίδραση της τεκτονικής και στα δύο τμήματα, επειδή οι παράγοντες όπως το κλίμα, η λιθολογία κ.λ.π. επηρεάζουν διαφορετικά το κάθε τμήμα (ΛΥΚΟΥΔΗ, 2000).

Η υδρογραφική πυκνότητα (D) και συχνότητα (F) του υδρογραφικού δικτύου, παρουσιάζουν μέτριες έως υψηλές τιμές (ΛΥΚΟΥΔΗ, 2000). Στο δυτικό τμήμα οι μέσες τιμές \bar{D} είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές του ανατολικού τμήματος. Το αντίστροφο συμβαίνει για τις μέσες τιμές \bar{F} (πιν. 2). Επίσης παρατηρείται ότι στο δυτικό τμήμα οι μέσες τιμές \bar{D} , δεν ακολουθούν τον γενικό κανόνα, δηλαδή με την αύξηση της τάξης να μειώνεται το μήκος των κλάδων και αντίθετα να μεγαλώνουν οι λεκάνες απορροής. Έτσι η 4η τάξη εμφανίζει μέσες τιμές \bar{D} , υψηλότερες από αυτές της 3ης τάξης. Το παραπάνω γεγονός επιβεβαιώνει ότι η περιοχή αυτή έχει επηρεασθεί από πρόσφατες ανυψωτικές κινήσεις. Σημαντικό ρόλο παίζει και η επίδραση της λιθολογίας.

Οι μέσες τιμές των κλίσεων των κλιτύων των λεκανών απορροής (S) είναι υψηλές, 30-60% με μέσο όρο περίπου 44 % (πιν. 2, σχ.5). Αν και οι κοιλάδες με μεγάλες κλίσεις αναμένονται σε κλάδους μικρής τάξης (υψηλότερα υψόμετρα), στην λεκάνη του άνω ρου του Αχελώου η αύξηση της κλίσης των κλιτύων αυξάνεται με την αύξηση της τάξης, γεγονός που αποδίδεται σε έντονη πρόσφατη ανοδική κίνηση.

Πίνακας 1: Μέσες τιμές των λόγων διακλάδωσης, του "καθαρού" και "αθροιστικού" μήκους και του αθροιστικού εμβαδού, των λεκανών απορροής του άνω ρου του Αχελώου.

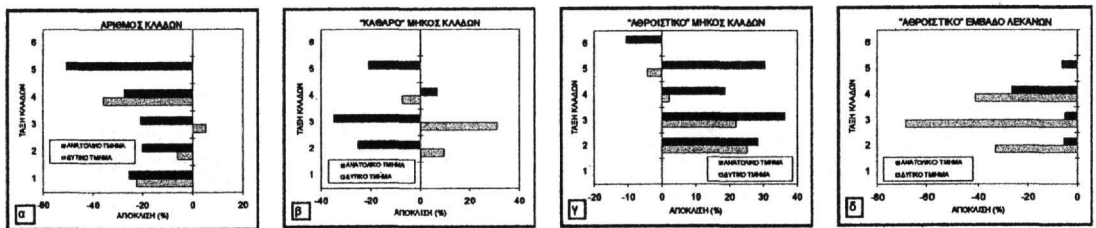
Table 1: Mean values of bifurcation ratio, individual and total stream length ratio and drainage area ratio of the drainage basin of the upper reaches of Acheloos river.

ΔΥΤΙΚΟ ΥΔΡ. ΔΙΚΤΥΟ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΥΔΡ. ΔΙΚΤΥΟ	ΕΝΙΑΙΟ ΥΔΡ. ΔΙΚΤΥΟ
$\bar{R}_b = 4,68$	$\bar{R}_b = 4,06$	$\bar{R}_b = 4,20$
$\bar{R}_{1k} = 1,39$	$\bar{R}_{1k} = 1,91$	$\bar{R}_{1k} = 2,92$
$\bar{R}_{1a} = 4,17$	$\bar{R}_{1a} = 3,92$	$\bar{R}_{1a} = 4,17$
$\bar{R}_A = 6,12$	$\bar{R}_A = 4,40$	$\bar{R}_A = 4,93$
\bar{R}_b : μέσος λόγος διακλάδωσης \bar{R}_{1k} : μέσος λόγος «καθαρού» μήκους \bar{R}_{1a} : μέσος λόγος «αθροιστικού» μήκους \bar{R}_A : μέσος λόγος «αθροιστικού» εμβαδού		

Πίνακας 2: Μέσες τιμές της υδρογραφικής πυκνότητας (D), της υδρογραφικής συχνότητας (F) και των κλίσεων των κλιτύων (S) των λεκανών απορροής.

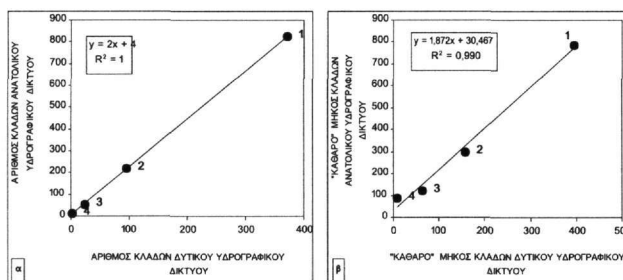
Table 2: Mean values of the drainage density (D), the drainage frequency (F) and the steep slopes (S) of the drainage basins.

	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΤΑΣΗ				
		2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
ΔΥΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	\bar{D}_β	1,85	1,50	1,82		
	\bar{F}_β	2,06	1,50	1,54		
	\bar{S}_β		43,48	44,90		
ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	\bar{D}_α	1,56	1,40	1,25	1,11	
	\bar{F}_α	2,15	1,80	1,15	0,97	
	\bar{S}_α		44,77	46,60	48,38	
ΕΝΙΑΙΟ ΥΔ. ΔΙΚΤΥΟ	\bar{D}	1,65	1,43	1,25	1,17	1,19
	\bar{F}	2,12	1,71	1,12	1,05	0,93
	\bar{S}		44,08	46,26	47,51	46,93



Σχήμα 3 α, β, γ, δ: Συγκριτικά διαγράμματα των τιμών απόκλισης του αριθμού, του "καθαρού" και "αθροιστικού" μήκους των κλάδων και του "αθροιστικού" εμβαδού των λεκανών απορροής του δυτικού και ανατολικού τμήματος της λεκάνης απορροής του άνω ρου του Αχελώου.

Figure 3 α, β, γ, δ: Comparative diagrams of the declination values of the number, of the individual and total length of stream channels and of the drainage basin areas of the Western and Eastern part of the drainage basin of the upper reaches of Acheloos river.



Σχήμα 4 α, β: Διαγράμματα συσχέτισης ζευγών μορφομετρικών παραμέτρων του δυτικού και ανατολικού τμήματος της λεκάνης απορροής του άνω ρου του Αχελώου. Οι αριθμοί στα διαγράμματα συμβολίζουν τις τάξεις.

Figure 4 α, β: Correlation diagrams of pairs of morphometric parameters of the Western and Eastern parts of the drainage basin of the upper reaches of Acheloos river. The numbers in the diagrams denote the class.

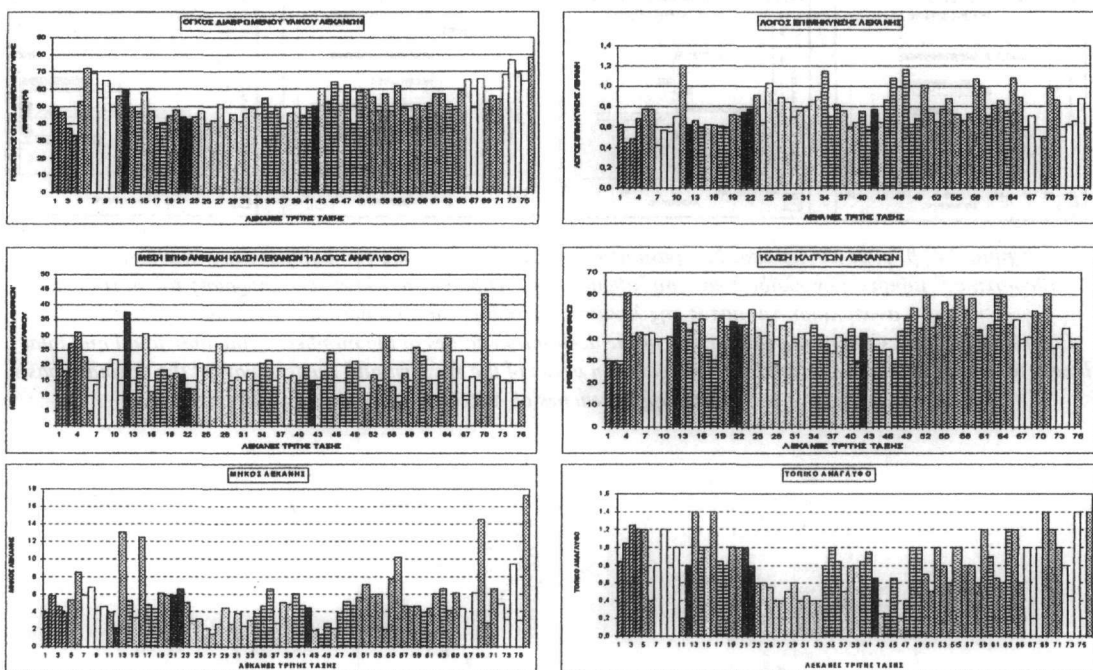
Η μορφή των περισσότερων λεκανών απορροής 3ης τάξης, λεκάνες που αναμένονται να βρίσκονται σε περισσότερο σταθεροποιημένη κατάσταση από ότι οι λεκάνες μικρότερων και μεγαλύτερων τάξεων, εμφανίζουν ενδιαμεση μορφή. Η μορφή αυτή των λεκανών απορροής τείνει προς την κυκλική πηγαίνοντας προς το βορρά και προς την επιμηκυσιμένη πηγαίνοντας προς το νότο (σχ. 5). Έτσι οι λεκάνες απορροής του νότιου τμήματος, αν και το lithολογικό τους υπόβαθρο αποτελείται από χαλαρούς σχηματισμούς και ο βαθμός απογύμνωσης

είναι υψηλός (σχ. 5), έχουν επιμηκυσμένη μορφή και δείχνουν ότι οι λεκάνες αυτές βρίσκονται σε νεότερο στάδιο εξέλιξης από αυτές του βόρειου τμήματος. Επίσης οι τιμές του μήκους (Lb) καθώς και του τοπικού αναγλύφου (HA) των λεκανών απορροής 3ης τάξης δείχνουν μια σχετική αύξηση από βορρά προς νότο. Η βαθμιαία επιμήκυνση των λεκανών απορροής και γενικά η αύξηση του μήκους τους προς νότο, με ταυτόχρονη αύξηση και του τοπικού αναγλύφου (ανύψωση περιοχής), δείχνει ότι παρότι η περιοχή ανυψώνεται ταυτόχρονα και διευρύνεται, με αυξητική τάση από βορρά προς νότο. Η διεύρυνση αυτή της περιοχής διαφαίνεται και από τις τοπογραφικές τομές (σχ. 2), όπου παρατηρείται ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου ανατολικά της κύριας κοίτης του ποταμού, με μικρότερη ανάπτυξη στο βόρειο τμήμα και μεγαλύτερη στο νότιο, αν συνυπολογισθεί και η λεκάνη απορροής του Αγραφιώτη στο νοτιοανατολικό τμήμα, ποτάμι που δεν μελετάται στην παρούσα εργασία αλλά εκβάλλει στον Αχελώο.

Η αναγεννητική πορεία της περιοχής διαφαίνεται επίσης από,

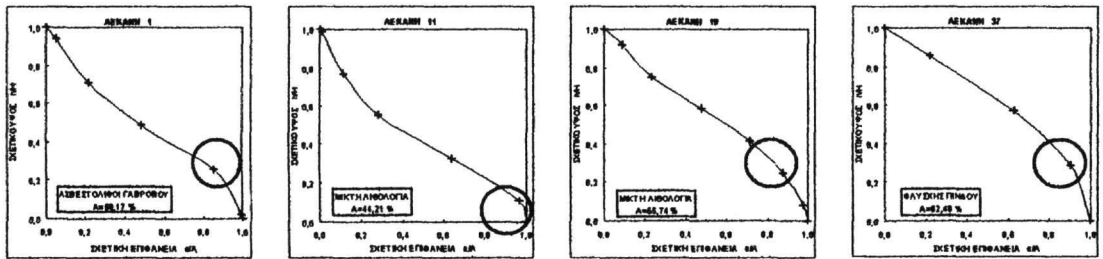
α) τις υψηλές τιμές της μέσης επιφανειακής κλίσης των λεκανών απορροής 3ης τάξης (=λόγος αναγλύφου) (Rh), αν και η διάβρωση που έλαβε χώρα κατά το παρελθόν, ιδίως κατά το Πλειόκαινο, ήταν μεγάλη (σχ.5).

β) από την μορφή των υψομετρικών καμπύλων (=υψομετρικά ολοκληρώματα) των λεκανών απορροής 3ης τάξης (ώ)(σχ. 6). Οι καμπύλες αυτές δείχνουν την κατανομή της μάζας στις λεκάνες απορροής. Τα σημεία καμπής που εμφανίζονται κοντά στο στόμιο των περισσότερων λεκανών απορροής και ιδίως του νοτιοδυτικού τμήματος, αποδίδονται σε ανυψωτικές κινήσεις.



Σχήμα 5: Ιστογράμματα μορφομετρικών παραμέτρων των λεκανών απορροής τρίτης τάξης του άνω ρου του Αχελώου, ανα λιθολογική ομάδα, 1: αν.κρητιδικοί-ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι Γαβρόβου, 2: μικτή λιθολογία, 3:φλύσχης Γαβρόβου, 4:κρητιδικοί ασβεστόλιθοι Πίνδου, 5:κρητιδικοί ασβεστόλιθοι Πίνδου-φλύσχης Πίνδου, 6:φλύσχης Πίνδου.

Figure 5: Morphometric parameter histograms of the drainage basin of the upper reaches of Acheloos river, for each lithologic group. 1: Upper Cretaceous-Eocene limestones of Gavrovo 2:Mixed lithology 3:Flysch of Gavrovo 4:Cretaceous limestones of Pindos 5:Cretaceous limestones of Pindos- Flysch of Pindos 6:Flysch of Pindos



Σχήμα 6: Παραδείγματα υψομετρικών καμπυλών λεκανών απορροής τρίτης τάξης της λεκάνης απορροής του άνω ρου του Αχελώου.

Figure 6: Examples of hypsometric curves from third class drainage basins of the upper reaches of Acheloos river.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την γεωμορφολογική ποσοτική ανάλυση διαφαίνεται ότι, η αποστράγγιση του υδρογραφικού δικτύου του άνω ρου του Αχελώου δεν είναι ομαλή και το ποτάμι βρίσκεται σε ασταθή δυναμική κατάσταση ισορροπίας, με μεγαλύτερη αστάθεια στο δυτικό τμήμα, όπως δείχνει και ο υψηλός συντελεστής διακλάδωσης ($R_b=4,68$). Αυτό οφείλεται στην αναγέννηση του υδρογραφικού δικτύου, εξαιτίας νεοτεκτονικών κινήσεων, που ανύψωσαν την περιοχή, με μεγαλύτερη ταχύτητα ανύψωσης στο νοτιοδυτικό τμήμα (όρος Γάβροβο).

Οι υψηλές τιμές της υδρογραφικής υψής D, F και των κλίσεων των κλιτύων (S) των λεκανών απορροής, καθώς και η αύξηση της κλίσης των κλιτύων με την αύξηση της τάξης, δείχνουν πρόσφατες και έντονες ανυψωτικές κινήσεις στην περιοχή, οι οποίες αποδίδουν τον χαρακτήρα νεότητας στην αναγέννηση της περιοχής. Σε αυτό συνηγορεί και η επιμηκυμένη μορφή των λεκανών απορροής 3ης τάξης καθώς και τα σημεία καμπής που παρατηρούνται στα διαγράμματα των υψομετρικών καμπυλών (=υψομετρικά ολοκληρώματα). Τέλος, η βαθμιαία επιμήκυνση των λεκανών απορροής με γενική αύξηση του μήκους των λεκανών προς νότο, παρότι αυξάνονται οι κλίσεις των κλιτύων (ανύψωση περιοχής), δείχνουν διεύρυνση της περιοχής με αυξητική τάση διεύρυνσης από βορρά προς νότο. Οι ανυψωτικές κινήσεις στην περιοχή είναι όμως ταχύτερες της διεύρυνσης, όπως διαφαίνεται, α) από το μεγάλο πάχος του σαλικού φλοιού και β) από την μη εμφάνιση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων στην περιοχή αυτή. Το καθεστώς αυτό αλλάζει προς νότο, όπου ο φλοιός απολεπτύνεται και εμφανίζονται τα μεταμορφωμένα πετρώματα.

Ο έλεγχος του υδρογραφικού δικτύου από την τεκτονική δράση είναι εμφανής μέχρι και σήμερα, όπως διαπιστώνεται από τις διευθύνσεις των κλάδων, οι οποίες ακολουθούν τις διευθύνσεις των ρηγμάτων (σχ. 1). Έτσι η κύρια κοίτη του ποταμού ακολουθεί κυρίως την διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ των κανονικών ρηγμάτων με ορισμένα τμήματά της να έχουν μετατοπισθεί παράλληλα και προς τα δυτικά, ακολουθώντας την διεύθυνση Α-Δ των ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης και των κανονικών ρηγμάτων που ακολούθησαν (σχ. 1). Επομένως, η μονοκλινή δομή της λεκάνης απορροής και η "μιανδρική" μορφή του υδρογραφικού δικτύου, οφείλεται κατά κύριο λόγο σε τεκτονικές κινήσεις, όπως α) στα ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης με διεύθυνση Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ, τα οποία μετατόπισαν προς τα δυτικά μεγάλα ρηξίτεμαχη, β) στα κανονικά ρήγματα, τα οποία ακολούθησαν τα οριζόντια ρήγματα με ίδια διεύθυνση και τα οποία διευκόλυναν την μετατόπιση τμημάτων του υδρογραφικού δικτύου προς τα δυτικά. Επιπρόσθετοι παράγοντες που βοήθησαν στην μετατόπιση αυτή τμημάτων του ποταμού είναι α) ο ευδιάβρωτος χαρακτήρας των δυτικών σχηματισμών, β) η προς ανατολάς κλίση των στρωμάτων.

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας, ανανεώθηκε αρκετές φορές κατά το Πλειοτεταρτογενές. Η μη απόθεση πλειοκαινικών αποθέσεων, στο χώρο της λεκάνης απορροής, δείχνει ότι κατά το Πλειόκαινο, οι διεργασίες διάβρωσης στην περιοχή ήταν έντονες, λόγω κλιματολογικών συνθηκών, και το υδρογραφικό δίκτυο ανανεώνεται με τη δημιουργία νέων κοιλάδων. Η διαδικασία αυτή διάρκεσε μέχρι το Μέσο Πλειστόκαινο. Κατά την περίοδο του Πλειστοκαινού στον "εξωτερικό" ελλαδικό χώρο επικρατούσε μια έντονη συμπίεστική φάση με διεύθυνση συμπίεσης ΒΑ-ΝΔ. Αποτέλεσμα της φάσης αυτής ήταν η δημιουργία αναστροφών ρηγμάτων και η δημιουργία κανονικών κλάδων με διεύθυνση αυτή των ρηγμάτων.

Στο Ανώτερο Πλειστόκαινο το κλίμα παρουσιάζει χαρακτηρισές ψύχρασης, με εναλλαγές παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων. Η σταδιακή αυτή αλλαγή του κλίματος ευθύνεται για την υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας μέχρι περίπου τις σημερινές ισοβαθείς των -90 m έως -120 m. Ταυτόχρονα παρατηρούνται έντονες τεκτονικές κινήσεις, ανοδικές (τεκτονικά κέρατα) και καθοδικές (τάφροι-λεκάνες) (PIPER & PERISSORATIS 1991). Ο συνδυασμός των τεκτονικών κινήσεων και της πτώσης της στάθμης της θάλασσας, προκάλεσε τοπικές

διαφορές στην ταχύτητα της εκβαθυντικής δράσης του κύριου κλάδου του ποταμού στις κοιλάδες του, αλλάο διαβρώνοντας αυτές και άλλου αποθέτοντας υλικό, όπως διαπιστώνεται από τις παγετώδεις αποθέσεις του Ρίσσιου-Βούρμου, στην περιοχή έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ. 1980. Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βερτίσκου (Κ. Μακεδονία). Διδακτορική επί διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 37-53.
- AUBOUIN, J. 1959. Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. These, sciences, Univ. Paris, 1958 et Ann.geol.Pays hellen., 10, 1-525, Athenes.
- EYLES, R. J. 1968. Stream net ratio in West Malaysia: Geol. Soc. Amer. Bull., 79, 701-712.
- GUSTAFSON, C. 1973. Quantitative investigation of the morphology of drainage basins using orthophotography: Munchener Geographische Abhandlungen, 157 pp.
- HORNER, F., FREEMAN, R. 1983. Palaeomagnetic evidence from pelagic limestones for clockwise rotation of the Ionian zone, western Greece, Tectonophysics, 98, 11-27.
- HORTON, R. 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology: Geol.Soc.Amer.Bull., 56, 275-370.
- I.G.R.S. & B.P. 1971. Institut de Geologie et Recherches du Sous-sol et British Petroleum Cⁱ Ltd, Athenes-Londres. The geological Results of Petroleum Exploration in Western Greece. Athens, I.G.R.S., No 10.
- ΚΑΡΥΜΠΙΔΗΣ, Ε. 1996. Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του Εύηνου ποταμού. Διατριβή επί διδακτορία. Γεωλογικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Αθηνών, σελ. 50-59.
- KISSEL, C., LAJ, C., (1988): The Tertiary geodynamical evolution of the Aegean arc: a paleomagnetic reconstruction. Tectonophysics, 146, 183-201.
- KISSEL, C., LAJ, C., & MULLER. 1985. Tertiary geodynamical evolution of northwestern Greece: paleomagnetic results. Earth and Planetary Science Letters, 72, 190-204.
- LEOPOLD, L. B., & LANGBEIN, W. B. 1962. The concept of entropy in landscape evolution; U.S.G.S. Prof. Paper 500-A, 1-20.
- ΛΥΚΟΥΔΗ, Ε. 2000. Γεωμορφολογική εξέλιξη της λεκάνης απορροής του άνω ρου του Αχελώου. Διατριβή επί διδακτορία. Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, σελ.123-215.
- LYMBERIS, N. 1987. Geodynamique du domaine egeen depuis le Miocene superieur. Διατριβή επί Διδακτορία. Mem. Sc. Terre Univ. Curie, Paris 119-158pp.
- MAKRIS, J. 1977/ in STANLEY & WEZEL 1985. Geophysics and Geodynamic Implications for the Evolution of the Hellenides /in Geological Evolution of the Mediterranean Basin, edited by Stanley J., D., & Wezel, F., C. Springer Verlag New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 231-248 pp.
- ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ, Χ. Σ. 1987. Φυσιογεωγραφικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του ποταμού Σπερχειού. Διατριβή επί διδακτορία. Γεωλογικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Αθηνών, σελ. 49-59.
- MORGAN, R, P. C. 1971. A morphometric study of some valley systems on the English chalklands: Tran. Paper, Institute of British Geographers, 54, 33-44.
- MORISAWA, M. 1962. Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau: Geol. Soc. Amer. Bull., 73, 1025-1046.
- PIPER, J.W.D., & PERISSORATIS, G. 1991. Late Quaternary sedimentation of the North Aegean continental margin, Greece. A.A.P.G. Bul., 75, 46-61.
- SHIMANO, Y. 1992. Characteristics of the Stream Network Composition of Drainage Basins in the Japanese Islands. Environ. Geol. Water Sci. 20, 1, 5-14.
- SHREVE, L. 1966. Statistical law of stream numbers: J. Geol., 74, 17-37.
- STRAHLER, A. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography: Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 1117-1142.
- STRAHLER, A. 1954. Statistical analysis in geomorphic research: J.Geol., 62, 1-25.
- YANG, C. T. 1971. Potential energy and stream morphology: W.R.R., 7, 311-322.