

## Γεωμορφολογική μελέτη των υδρογραφικών δικτύων της Ιεράπετρας (Νοτιοανατολική Κρήτη)

ΚΑΡΥΜΠΑΛΗΣ<sup>1</sup> Ε., ΓΑΚΗ-ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ<sup>2</sup> Κ., ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ<sup>2</sup> Χ., ΤΣΑΚΙΡΗ<sup>1</sup> Κ.

### ABSTRACT

The present study deals with the geomorphological characteristics of twenty six drainage systems of the broader area of Ierapetra city in Southeastern Crete. Some of these drainage networks are developed to the west of the normal fault of Ierapetra on the hanging wall while the others drain the eastern footwall area. The study area is characterized by the presence of at least five uplifted Quaternary marine terraces located at various elevations along the present coastline which represent former sea level highstands. The lower reaches of the drainage networks cross these uplifted marine terraces. For the purposes of this study the morphometric parameters of drainage texture (drainage frequency and drainage density) as well as the slope of the valley sides and the circularity index were estimated. Additionally, the longitudinal profiles of the main channels were constructed and knick-points were detected. At selected locations where valleys cut marine terraces detailed cross-sections were drawn. The above mentioned methodological approach lead to the conclusion that the main factors which have affected the geomorphic evolution of the studied drainage networks are the lithology of the Neogene and Quaternary formations, the tectonic uplift of the area, sea-level fluctuations during the upper Quaternary and the head-ward erosion and incision of the channels. There are distinct morphological differences between the upper and the lower parts of the valleys while intense incision characterizes the valleys of the footwall of the Ierapetra fault to the east.

**Keywords:** geomorphology, drainage networks, marine terraces, Ierapetra fault, Quaternary.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά είκοσι έξι υδρογραφικών δικτύων που αποστραγγίζουν την ευρύτερη περιοχή της Ιεράπετρας. Ορισμένα από τα δίκτυα αυτά αναπτύσσονται στο δυτικό βυθιζόμενο τέμαχος του κανονικού ΒΑ-ΝΔκης διεύθυνσης ρήγματος της Ιεράπετρας ενώ τα υπόλοιπα ρέουν στο ανατολικό ανυψούμενο τέμαχος αυτού. Στην περιοχή παρατηρούνται τουλάχιστον πέντε ανυψωμένες θαλάσσιες αναβαθμίδες του Τεταρτογενούς που αναπτύσσονται σχεδόν παράλληλα προς την σημερινή ακτογραμμή και αντιστοιχούν σε παλαιότερες στάθμες θάλασσας. Τα κατώτερα τμήματα των υδρογραφικών δικτύων έχουν αναπτυχθεί στις ανυψωμένες αυτές θαλάσσιες αναβαθμίδες διακόποντας τη μορφολογική τους συνέχεια. Για τους σκοπούς της εργασίας υπολογίστηκαν οι μορφομετρικές παράμετροι της υδρογραφικής υφής (υδρογραφική συχνότητα και υδρογραφική πυκνότητα), της κλίσης των κλιτύων και της κυκλικότητας, σχεδιάστηκαν οι επιμήκεις τομές των κεντρικών κοιτών των δικτύων και εντοπίστηκαν τα σημεία κάμψης ενώ παράλληλα σχεδιάστηκαν εγκάρσιες προς την κοίτη τοπογραφικές τομές των κοιλάδων σε επιλεγμένες θέσεις εμφάνισης των θαλάσσιων αναβαθμιδών. Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω δεδομένων έδειξε ότι στην εξέλιξη των υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων συνετέλεσαν η λιθολογία των Νεογενών και Τεταρτογενών σχηματισμών τους οποίους αποστραγγίζουν, η τεκτονική ανύψωση της περιοχής, οι μεταβολές της στάθμης θάλασσας κατά το Ανώτερο Τεταρτογενές, η οπισθοδρομύσα και η κατά βάθος διάβρωση. Χαρακτηριστική είναι η διαφοροποίηση της μορφολογίας του κατάντη τμήματος των κοιλάδων σε σχέση με το ανάντη καθώς και η ισχυρότερη κατά βάθος διάβρωση στο ανατολικό ανυψούμενο τέμαχος του ρήγματος σε σχέση με το κατερχόμενο δυτικό.

### GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF THE DRAINAGE NETWORKS OF IERAPETRA (SOUTHEASTERN CRETE)

<sup>1</sup>Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

<sup>2</sup>Τομέας Γεωγραφίας – Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Λέξεις κλειδιά: γεωμορφολογία, υδρογραφικά δίκτυα, θαλάσσιες αναβαθμίδες, ρήγμα Ιεράπετρας, Τεταρτογενές.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

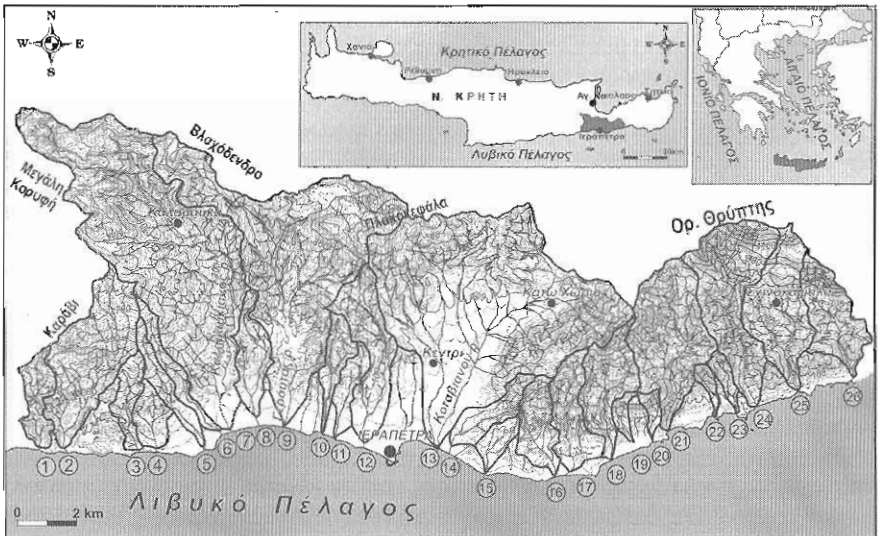
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Κρήτης στην ευρύτερη περιοχή της Ιεράπετρας (Σχ. 1). Πρόκειται για συνολικά είκοσι έξι υδρογραφικά δίκτυα που έχουν διαμορφώσει αρκετά επιμήκεις λεκάνες απορροής οι εκτάσεις των οποίων κυμαίνονται από 1,4 km<sup>2</sup> (η λεκάνη που αντιστοιχεί στον αριθμό 15 στο σχήμα 1) έως 1019 km<sup>2</sup> (η λεκάνη του ρέματος Κοταβιανού που απεικονίζεται με τον αριθμό 13 στο Σχ. 1). Ορισμένα από τα δίκτυα αυτά, κυρίως αυτά που αναπτύσσονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής έχουν παράλληλη μορφή ενώ υπάρχουν και αρκετά που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν δενδρικού τύπου. Η διεύθυνση ροής των κεντρικών τους κοιτών είναι σχεδόν Β-Ν και εκβάλλουν στις νότιες ακτές του νησιού στο Λιβυκό πέλαγος.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της πρόσφατης γεωμορφολογικής εξέλιξης των υδρογραφικών αυτών δικτύων και η διερεύνηση των παραγόντων που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωσή τους.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Τα στοιχεία για τη γεωλογία της περιοχής αντλήθηκαν από τους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50000. Όπως φαίνεται στον ομογενοποιημένο απλοποιημένο λιθολογικό χάρτη της περιοχής το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης των λεκανών απορροής καταλαμβάνεται από Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς που αποτελούνται από εναλλαγές μαργών, κροκαλοπαγών και κλαστικών σχηματισμών (Σχ. 2). Τα κροκαλοπαγή εμφανίζονται κυρίως στις λεκάνες που βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής ενώ στο ανατολικό τμήμα μεγάλη έκταση καταλαμβάνουν οι μάργες και οι κλαστικοί σχηματισμοί (Dermitzakis, 1969).

Οι σχηματισμοί του Παλαιοζωϊκού εμφανίζονται κατά θέσεις και καταλαμβάνουν κυρίως το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής. Είναι σχηματισμοί της γεωτεκτονικής ενότητας Γαβρόβου-Τριπόλεως και συγκεκριμένα δολομίτες ηλικίας Τριαδικού, ασβεστόλιθοι Κρητιδικής ηλικίας, και φλύσχης ηλικίας Ηνωμένου.



Σχήμα 1: Τοπογραφικός χάρτης των λεκανών απορροής των υδρογραφικών δικτύων της ευρύτερης περιοχής της Ιεράπετρας.



Σχήμα 2: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης των λεκανών απορροής των υδρογραφικών δικτύων της Ιεράπετρας. Ο χάρτης βασίστηκε στις χαρτογραφίες του Ι.Γ.Μ.Ε. (Παπασταματίου et al., 1955; Βιδάκης et al., 1982) και σε εργασία πεδίου.

Οι σχηματισμοί του Ολοκαιίνου περιλαμβάνουν πλευρικά κορήματα, υλικά κατολισθήσεων και αλλουβιακές ποταμοχειμάρρειες αποθέσεις. Τα πλευρικά κορήματα καλύπτουν τα πρηνή μεγάλων μορφολογικών κλίσεων ενώ λόγω της ευδιάβρωτης λιθολογίας των Νεογενών σχηματισμών αρκετά είναι τα φαινόμενα κινήσεων υλικών λόγω βαρύτητας όπως φαίνεται από υλικά κατολισθήσεων που υπάρχουν στην περιοχή. Αλλουβιακές ποταμοχειμάρρειες αποθέσεις αναπτύσσονται κατά μήκος των κεντρικών κοιτών των μεγαλύτερων υδρογραφικών δικτύων (όπως των ρεμάτων Κοταβιανού, Γέροута και Καλαμαυκιανού) καθώς και στις εκβολές ορισμένων από αυτά κυρίως εκατέρωθεν της πόλης της Ιεράπετρας.

Ανατολικά της πόλης της Ιεράπετρας βρίσκεται το ομώνυμο ρήγμα (Karotsieris et al., 2000, Gaki-Papanastassiou et al., 2009). Πρόκειται για ένα κανονικό ρήγμα ΒΑ-ΝΔκής διεύθυνσης που τέμνει το νησί. Το ανατολικό τέμαχος είναι το ανυψούμενο ενώ το δυτικό είναι εκείνο που βυθίζεται. Δεκατρία από τα υδρογραφικά δίκτυα που μελετήθηκαν βρίσκονται δυτικά του ρήγματος, αναπτύσσονται δηλαδή

στο βυθιζόμενο τέμαχος, ενώ τα υπόλοιπα ανατολικά στο ανυψούμενο τέμαχος.

Στην ευρύτερη περιοχή της Ιεράπετρας έχουν αναγνωριστεί και χαρτογραφηθεί λεπτομερώς τουλάχιστον πέντε ανυψωμένες θαλάσσιες αναβαθμίδες του Τεταρτογενούς που αναπτύσσονται σχεδόν παράλληλα προς την σημερινή ακτογραμμή και αντιστοιχούν σε παλαιότερες στάθμες θάλασσας (Σχ. 3). Οι ηλικίες που έχουν προσδιοριστεί είναι 80, 120, 200, 330 και 410 Kyr BP από την κατώτερη προς την ανώτερη και αντιστοιχούν στα Ισοτοπικά Στάδια Οξυγόνου 5a, 5e, 7a, 9a και 11c (Angelier and Gigout, 1974, Angelier, 1975 Gaki-Papanastassiou et al., 2009). Τα κατώτερα τμήματα των υπό μελέτη υδρογραφικών δικτύων έχουν αναπτυχθεί στις ανυψωμένες αυτές θαλάσσιες αναβαθμίδες διακόπτοντας τη μορφολογική τους συνέχεια.

### 3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ & ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

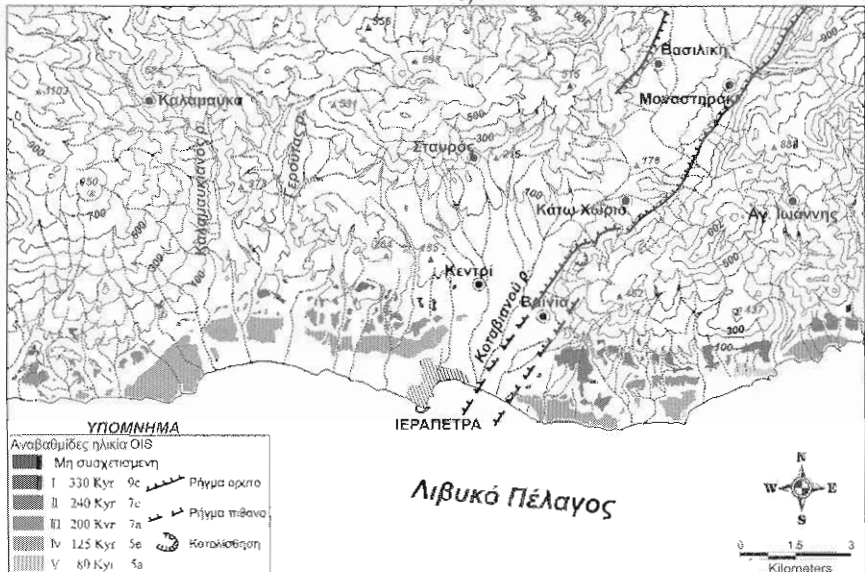
Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας τα υδρογραφικά δίκτυα αποτυπώθηκαν χρησιμοποιώντας τοπογραφικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, αριθμήθηκαν σύμφωνα με το σύστημα του

Strahler (1957), και οριοθετήθηκαν οι λεκάνες απορροής τους. Οι ίδιοι χάρτες χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των μετρούμενων και των υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων. Μετρήθηκαν το συνολικό μήκος κοιτών καθώς και το εμβαδόν, η περίμετρος και το συνολικό μήκος των ισούψων (ανά 20 m) ανά λεκάνη απορροής. Βάσει των μετρούμενων παραμέτρων εκτιμήθηκαν οι υπολογιζόμενες παράμετροι της υδρογραφικής υφής (συχνότητα και πυκνότητα), της κυκλικότητας και της κλίσης των κλιτύων. Για κάθε μια από τις υπολογιζόμενες μορφομετρικές παραμέτρους σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες γεωγραφικής κατανομής των τιμών τους. Επιπλέον σχεδιάστηκαν οι λεπτομερείς επιμήκεις τομές των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων που μελετήθηκαν ενώ σε επιλεγμένες θέσεις εμφάνισης των θαλάσσιων αναβαθμιδών σχεδιάστηκαν λεπτομερείς τοπογραφικές τομές εγκάρσια στις κοιλάδες. Για κάθε τομή εκτιμήθηκαν το βάθος και το πλάτος της κοιλάδας καθώς και ο λόγος πλάτους προς βάθος. Υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές ανά αναβαθμιδα συνολικά αλλά και οι μέσες τιμές ανά αναβαθμιδα ανατολικά και δυτικά του ρήγματος της Ιεράπετρας.

Για την οργάνωση, επεξεργασία και αξιολόγηση των δεδομένων, τους ποσοτικούς υπολογισμούς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων οργάνωθηκε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών για την περιοχή με τη χρήση των λογισμικών *MapInfo 8* και *Vertical Mapper 3*. Δημιουργήθηκε μια χωρική βάση δεδομένων με την ψηφιοποίηση των ισούψων καμπυλών, των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων, των υδροκριτών και των γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν τις λεκάνες απορροής από αναλογικούς χάρτες (τοπογραφικούς κλίμακας 1:50000 και 1:5000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, Γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ).

#### 4. ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

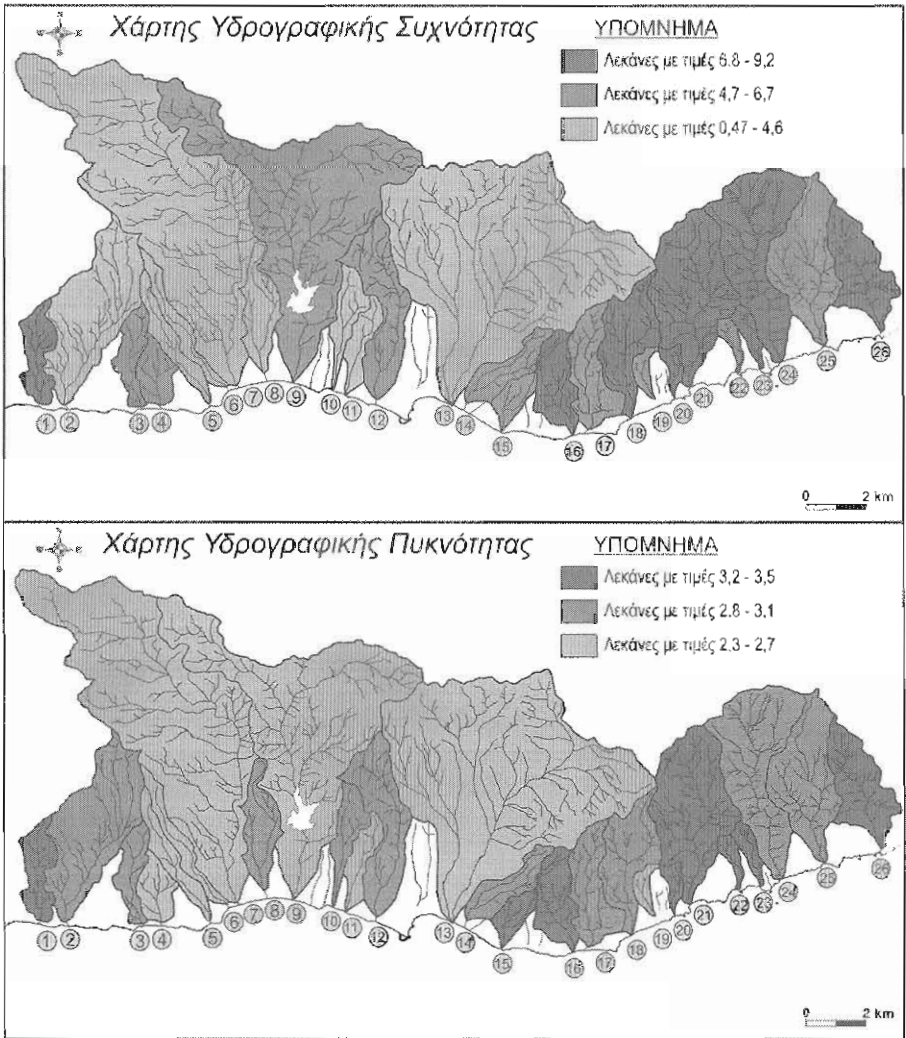
Τα αποτελέσματα των μετρούμενων και των υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων για τα είκοσι έξι υδρογραφικά δίκτυα και τις αντίστοιχες λεκάνες απορροής παρατίθενται στον Πίνακα 1. Για κάθε μία από τις υπολογιζόμενες παραμέτρους οι λεκάνες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: υψηλών, ενδιάμεσων και χαμηλών τιμών και σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες γεωγραφικής κατανομής των τιμών τους (Σχ. 4, 5).



Σχήμα 3: Ανυψωμένες θαλάσσιες αναβαθμιδές του Τεταρτογενούς στην ευρύτερη περιοχή της Ιεράπετρας. Στον χάρτη απεικονίζεται και το κανονικό ρήγμα της Ιεράπετρας (Gaki-Paranastassiou et al., 2009).

Πίνακας 1: Τιμές μετρούμενων και υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων για τα είκοσι έξι υδρογραφικά δίκτυα που μελετήθηκαν και τις αντίστοιχες λεκάνες απορροής τους. Οι αριθμοί αντιστοιχούν στην αρίθμηση των λεκανών του χάρτη του σχήματος 1.

Λεκάνη	Μετρούμενες Παράμετροι					Υπολογιζόμενες Παράμετροι			
	Αριθμός κλάδων	Μήκος κλάδων (km)	Εμβαδόν λεκάνης (km <sup>2</sup> )	Περιμετρος λεκάνης (km)	μήκος ισούψων (km)	Συχνότητα	Πυκνότητα	Κλίση	Κυκλικότητα
1	19	8,54	2,66	9,36	44,7	7,14	3,21	33,61	0,38
2	42	29,52	10,57	16,93	166,2	3,97	2,79	31,45	0,46
3	13	6,41	2,23	8,77	36,5	5,83	2,87	32,74	0,36
4	11	5,84	2,12	6,42	26,5	5,19	2,75	25,00	0,65
5	4	5,62	2,33	10,86	26,6	1,72	2,41	22,83	0,25
6	1	4,97	2,14	12,11	27,3	0,47	2,32	25,51	0,18
7	119	84,03	35,39	35,19	575,2	3,36	2,37	32,51	0,36
8	11	9,82	3,4	10,56	38,7	3,24	2,89	22,76	0,38
9	136	72,77	29,22	35,26	445,4	4,65	2,49	30,49	0,30
10	8	6,56	2,27	9,75	34,5	3,52	2,89	30,40	0,30
11	4	4,39	1,93	8,07	17,7	2,07	2,27	18,34	0,37
12	37	20,79	6,59	15,27	86,2	5,61	3,15	26,16	0,35
13	143	101,9	41,31	30,62	518,3	3,46	2,47	25,09	0,55
14	14	8,63	2,71	9	29,9	5,17	3,18	22,07	0,42
15	8	4,76	1,44	5,46	10,8	5,56	3,31	15,00	0,61
16	25	12,3	3,5	9,4	52	7,14	3,51	29,71	0,50
17	29	13,67	4,4	11,49	67,8	6,59	3,11	30,82	0,42
18	36	15,86	5,23	13,12	100,3	6,88	3,03	38,36	0,38
19	4	2,04	0,77	4,76	0,8	5,19	2,65	2,08	0,43
20	5	2,77	0,74	4,57	11,9	6,76	3,74	32,16	0,45
21	73	33,66	10,51	15,49	212,1	6,95	3,20	40,36	0,55
22	4	2,46	0,69	4,52	14,3	5,80	3,57	41,45	0,42
23	8	3,31	0,96	5,22	18,1	8,33	3,45	37,71	0,44
24	72	32,95	10,57	17,44	265,7	6,81	3,12	50,27	0,44
25	51	22,27	7,88	14,25	155,5	6,47	2,83	39,47	0,49

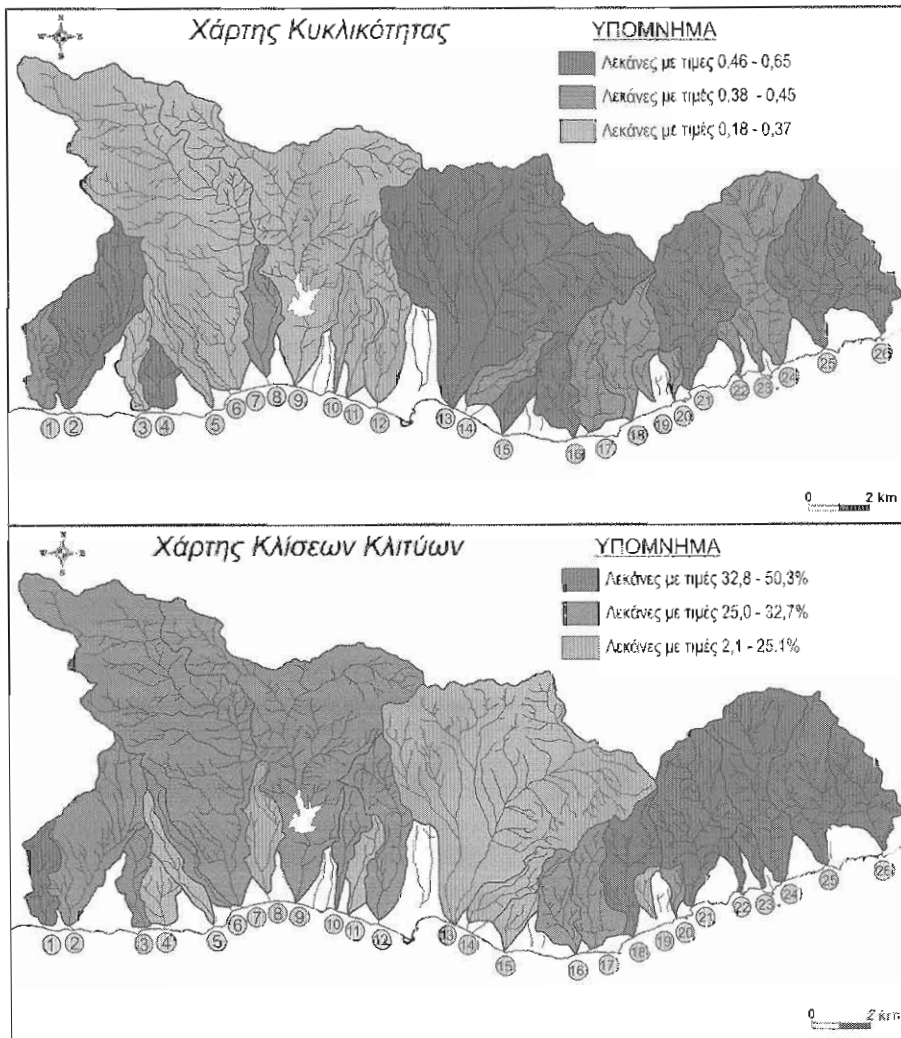


Σχήμα 4: Χάρτες υδρογραφικής συχνότητας και υδρογραφικής πυκνότητας των λεκανών των υδρογραφικών δικτύων που μελετήθηκαν.

Η υδρογραφική συχνότητα παρουσιάζει μεγάλο εύρος τιμών (από 0,47 έως 9,23) με τις μεγαλύτερες τιμές να εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, στις λεκάνες που αναπτύσσονται στο ανυψούμενο τέμαχος του ρήγματος της Ιεράπετρας (Σχ.4). Παρόμοια μορφή έχει και ο χάρτης της υδρογραφικής πυκνότητας. Οι τιμές της παραμέτρου αυτής κυμαίνονται από 2,3 έως 3,5 και οι μεγαλύτερες αντιστοιχούν στις ανατολικές λεκάνες απορροής. Σημαντικό ρόλο στην κατανομή της υδρογραφικής

υψής παίζει τόσο ο τεκτονισμός όσο και η λιθολογία. Η ανύψωση του ανατολικού τμήματος της περιοχής εξαιτίας του ρήγματος της Ιεράπετρας σε συνδυασμό με την αδιαπέρατη λιθολογία ευνοεί τη δημιουργία νέων κλάδων και την ανάπτυξη λεπτής υδρογραφικής υψής σε αντίθεση με την δυτική κατερχόμενη περιοχή όπου η υδρογραφική υψή είναι τραχεία.

Οι τιμές κυκλικότητας κυμαίνονται από 0,18 έως 0,65. Μικρές τιμές και άρα περισσότερο επιμήκεις λεκάνες αναπτύσσονται στο δυτικό



Σχήμα 5: Χάρτες κυκλικότητας και κλίσεως κλιτύων των λεκανών των υδρογραφικών δικτύων που μελετήθηκαν.

τμήμα της περιοχής (Σχ. 5). Η διαφοροποίηση αυτή στη γεωγραφική κατανομή των τιμών της παραμέτρου αυτής μπορεί να αποδοθεί στη λιθολογία καθώς δυτικά κυριαρχούν οι μάργες που ευνοούν την οπισθοδρομούσα διάβρωση και την επιμήκυνση των κλάδων των υδρογραφικών δικτύων. Τέλος οι τιμές της κλίσης των κλιτύων κυμαίνονται από 2,1% έως 50,3% και όπως φαίνεται στο χάρτη της παραμέτρου αυτής οι υψηλές τιμές είναι συγκεντρωμένες στο ανατολικό ανυψούμενο τέμαχος του ρήγματος σαν

αποτέλεσμα της κατά βάθους διάβρωσης που ακολουθεί την τεκτονική ανύψωση από τη δραστηριοποίηση του ρήγματος.

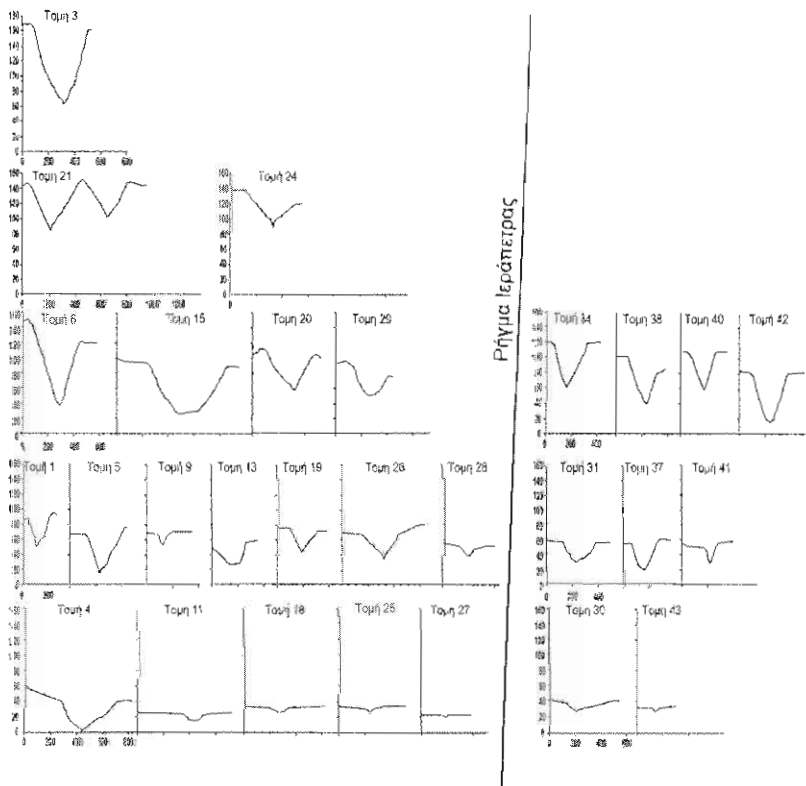
##### 5. ΕΠΙΜΗΚΕΙΣ ΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΚΟΙΤΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΣΤΙΣ ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ

Οι επιμήκεις τομές των κεντρικών κοιτών των δικτύων μέχρι το υψόμετρο των 150 μέτρων όπου είναι το ύψος της ανώτερης αναβαθμίδας σχεδιάστηκαν με μεγάλη λεπτομέρεια από το-

πογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000. Σε αρκετές από τις τομές αυτές εντοπίζονται σημεία κάμψης που υψομετρικά αντιστοιχούν στις θαλάσσιες αναβαθμίδες. Οι μορφολογικές αυτές ανωμαλίες στις κεντρικές κοίτες των δικτύων έχουν διατηρηθεί εκεί που η λιθολογία ευνοεί ενώ αρκετές επιμήκειες τομές έχουν εξομαλυνθεί λόγω του ευδιάβρωτου χαρακτήρα των Νεογενών και Τεταρογενών σχηματισμών.

Σε επιλεγμένες θέσεις όπου οι κοιλάδες τέμνουν τις αναβαθμίδες κατασκευάστηκαν τοπογραφικές τομές εγκάρσια προς την κοίτη. Κατασκευάστηκαν συνολικά 43 τέτοιες τομές και για κάθε μία μετρήθηκε το πλάτος και το βάθος της κοιλάδας και υπολογίστηκε ο λόγος πλάτους-βάθους (Σχ. 6). Στη συνέχεια έγινε υπολογισμός των μέσων τιμών ανά αναβαθμίδα για το σύνολο των τομών και ανά αναβαθμίδα για τις τομές δυτικά και ανατολικά του ρήγματος. Τα αποτε-

λέσματα των μετρήσεων και των υπολογισμών παρατίθενται στον Πίνακα 2. Παρατηρείται μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση τόσο του πλάτους όσο και του βάθους των κοιλάδων με την αύξηση της ηλικίας των αναβαθμίδων στις οποίες έχουν διανοιχθεί δείχνοντας μεγαλύτερη εκβάθυνση και διαπλάτυνση των κοιλάδων στις υψομετρικά ανώτερες και ηλικιακά παλαιότερες αναβαθμίδες. Ο λόγος πλάτους – βάθους μειώνεται στις ανώτερες αναβαθμίδες δείχνοντας ισχυρότερη κατά βάθος διάβρωση. Ανάλογες είναι οι παρατηρήσεις που αφορούν τις κοιλάδες που έχουν αναπτυχθεί τόσο στο δυτικό όσο και στο ανατολικό τέμαχος του ρήγματος. Για το ανατολικό τμήμα οι μετρήσεις αφορούν τις τρεις κατώτερες αναβαθμίδες διότι οι δύο ανώτερες δεν εμφανίζονται καθόλου ανατολικά του ρήγματος.



Σχήμα 6: Εγκάρσιες τοπογραφικές τομές που κατασκευάστηκαν σε επιλεγμένες θέσεις όπου οι θαλάσσιες αναβαθμίδες τέμνονται από κοιλάδες.



Πίνακας 2. Μέσες τιμές του βάθους και του πλάτους των κοιλάδων καθώς και του λόγου πλάτος-βάθος ανά θαλάσσια αναβαθμίδα (στην οποία έχουν διανοιχθεί) για το σύνολο της περιοχής και εκατέρωθεν (δυτικά και ανατολικά) του ρήγματος της Ιεράπετρας.

αναβαθμίδα	συνολικά			δυτικά			ανατολικά		
	Βάθος (m)	Πλάτος (m)	π/λ/βάθ	Βάθος (m)	Πλάτος (m)	π/λ/βάθος	Βάθος (m)	Πλάτος (m)	π/λ/βάθος
120 Kyr	12,1	190,8	18,2	13,3	206,5	18,7	6,9	120,3	15,9
200 Kyr	33,7	215,9	6,8	33,8	227,7	7,3	33,3	189,8	5,8
330 Kyr	59,6	291,6	5,2	77,4	413,8	5,9	49,4	221,7	4,8
410 Kyr	60	397,9	5	60	397,9				
Μη συσχ.	103,7	418,5	4	103,7	418,5				

Οι μέσοι λόγοι πλάτους - βάθους κοιλάδων για το ανατολικό ανυψούμενο τέμαχος ανέρχονται σε 15,9, 5,8 και 4,8 για τις αναβαθμίδες των 120, 200 και 33 kyr και είναι σαφώς μικρότεροι από τους αντίστοιχους λόγους του δυτικού τεμάχους (18,7, 7,3 και 5,9 αντίστοιχα). Οι μικρότεροι λόγοι αποτελούν ένδειξη ισχυρότερης κατά βάθους διάβρωσης εξαιτίας των μεγαλύτερων ρυθμών ανύψωσης και εκτιμάται ότι είναι συνέπεια της δραστηριοποίησης του ρήγματος της Ιεράπετρας.

Η ηλικία των αναβαθμίδων και το μέσο βάθος των κοιλάδων που αναπτύσσονται σε αυτές επιτρέπουν την κατά προσέγγιση εκτίμηση του μέσου ρυθμού διάβρωσης των κοιτών των δικτύων. Οι ρυθμοί αυτοί ανέρχονται σε 0,15 mm/έτος για την ανώτερη αναβαθμίδα των 410 Kyr, 0,18 mm/έτος για την αναβαθμίδα των 330 Kyr και τέλος 0,17 και 0,1 mm/έτος για τις αναβαθμίδες των 200 και 120 Kyr αντίστοιχα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τόσο οι τιμές των μορφομετρικών παραμέτρων όσο και η γεωγραφική τους κατανομή έδειξαν ότι σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και εξέλιξη των δικτύων έπαιξε η λιθολογία, οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας κατά το Ανώτερο Τεταρτογενές και η δράση του ρήγματος της Ιεράπετρας. Συγκεκριμένα λεπτή υδρογραφική υφή (υψηλές τιμές συχνότητας και πυκνό-

τητας) χαρακτηρίζει τις λεκάνες που βρίσκονται ανατολικά του ρήγματος ενώ στις λεκάνες του δυτικού κατερχόμενου τεμάχους η υδρογραφική υφή είναι πιο τραχεία. Οι κλίσεις των κλιτύων έχουν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές στις λεκάνες που αναπτύσσονται στο ανατολικό ανυψούμενο τέμαχος του ρήγματος σαν αποτέλεσμα της διάβρωσης που οφείλεται στην τεκτονική ανύψωση από τη δραστηριοποίησή του.

Οι επιμήκεις τομές των κεντρικών κοιτών των υδρογραφικών δικτύων έδειξαν ότι αρκετά σημεία κάμψης οφείλονται κυρίως σε λιθολογικές εναλλαγές. Τα κατώτερα τμήματα των επιμήκων τομών έδειξαν σημεία κάμψης που υψομετρικά αντιστοιχούν στις θαλάσσιες αναβαθμίδες τις οποίες διαρρέουν σχεδόν κάθετα. Εντούτοις σε αρκετά δίκτυα αυτά έχουν εξομαλυνθεί λόγω της ευδιάβρωτης λιθολογίας των σχηματισμών του Νεογενούς. Οι τοπογραφικές τομές που κατασκευάστηκαν εγκάρσια στις κοίτες των δικτύων, σε επιλεγμένες θέσεις εμφάνισης των θαλάσσιων αναβαθμίδων, έδειξαν μια σταδιακή αύξηση της μέσης τιμής τόσο του βάθους όσο και του πλάτους των κοιλάδων ανάλογη με την ηλικία των αναβαθμίδων. Αντίθετα οι μέσοι λόγοι πλάτους κοιλάδας/βάθος κοιλάδας παρουσιάζουν μια μείωση σε σταδιακά υψηλότερες και παλιότερες θαλάσσιες αναβαθμίδες.

Οι μέσες τιμές του βάθους των κοιλάδων που αναπτύσσονται σε κάθε θαλάσσια αναβαθμίδα επέτρεψαν την κατά προσέγγιση εκτίμηση των μέσων ρυθμών εκβάθυνσης. Οι ρυθμοί αυτοί ανέρχονται σε 0,15 mm/έτος για την ανώτερη αναβαθμίδα των 410 Kyr, 0,18 mm/έτος για την αναβαθμίδα των 330 Kyr και τέλος 0,17 και 0,1 mm/έτος για τις αναβαθμίδες των 200 και 120 Kyr αντίστοιχα. Στους ρυθμούς αυτούς θα πρέπει να προστεθεί και το αρχικό υψόμετρο της επιφάνειας των αναβαθμίδων που έχει ταπεινωθεί λόγω διάβρωσης.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξούλη Λειβαδίτη, Α., Λειβαδίτης, Γ., Μιχαλόπουλος, Ι., 1989. Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου της Κρήτης. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου: 293-310.
- Angelier, J., 1975. Sur les plates-formes marines Quaternaires et leurs deformations: les nívages méridionaux de la Crete orientale (Grece). C.R. Acad. Sc. Paris 281: 1149-1152.
- Angelier, J. Gigout, M., 1974. Sur les plates-formes marines et la neotectonique Quaternaires de la region d' Ierapetra (Crete, Grece). C.R. Acad. Sc. Paris 278: 2103-2106.
- Βιδάκης, Μ., Fortuin, A.R., Παπαζέτη, Ε., Σκούρτζη-Κορωναίου, Β., Μαυρίδης, Α. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, φύλλο Ιεράπετρα, κλίμακα 1:50000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.
- Dermitzakis, M. (1969) Geological investigation on the Neogene of the Ierapetra area, Crete Island. Ph.D. Thesis, University of Athens, Ann. Geol. Pays Hellenique 21: 342-484.
- Gaki-Papanastassiou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou, D. Maroukian, H., 2009. Quaternary marine terraces as indicators of neotectonic activity of the Ierapetra normal fault SE Crete (Greece). *Geomorphology* 104: 38-46.
- Karotsieris, Z., Lozios, S., Dermitzakis, M. 2000. The neotectonic structure of the broader area of Ierapetra region – Ag. Nikolaos (Lasiathi-Crete). *Ann. Geol. Pays Hellenique* 38: 77-115.
- Παπασταματίου, Ι., Βετούλης, Δ., Τάταρης, Α., Μπορνόβας, Ι., Χριστοδούλου, Γ., Κασικιάτσος, Γ., 1955. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, φύλλο Ιεράπετρα, κλίμακα 1:50000. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών.
- Strahler A., 1957. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 38(6): 913-920.