

Γεώργιος Γκορίτσας, Ιωάννης Παπαδόπουλος, Ιωάννης Τσόδουλος, Χριστίνα Γαλλούση,
Δημήτριος Βασίλειος Μπατζάκης, Ευθύμιος Καρύμπαλης
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
emails: giorgos_gkoritsas@hotmail.com, papasmlnros13@hotmail.com,
ioannis.tsodoulos@gmail.com, xgallousi@gmail.com, mptzakis@gmail.com,
karymbalis@hua.gr

Γεωμορφολογική Μελέτη του Συμπλέγματος Δελταϊκών Ριπιδίων των Ποταμών Πλατανιάς, Λιαπάτορας και Ποταμιά (Στερεά Ελλάδα)

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετάται η γεωμορφολογία του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων που αναπτύσσονται στις εκβολές των ποταμών Πλατανιάς, Λιαπάτορας και Ποταμιά στον Μαλιακό και Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο. Σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό και τη διαμόρφωση της μορφολογίας των δελταϊκών ριπιδίων έπαιξαν τα ήπια ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης υποδοχής των ιζημάτων (ασθενής κυματισμός, μικρά βάθη και ήπια υποθαλάσσια μορφολογία) και η τεκτονική δραστηριότητα που είναι ιδιαίτερα έντονη στην περιοχή. Τα ριπίδια αναπτύσσονται στο κατερχόμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης Καμένων Βούρλων – Μώλου ενώ τα αντίστοιχα υδρογραφικά δίκτυα των τριών ποταμών αναπτύσσονται στο ανυψούμενο τέμαχος γεγονός που ευνοεί τη διαμόρφωση ενός έντονου ανάγλυφου στις λεκάνες απορροής και την κατά βάθος διάβρωση των κοιτών, με αποτέλεσμα την αυξημένη στερεοπαροχή. Για τους σκοπούς της εργασίας σχεδιάστηκε ένας λεπτομερής γεωμορφολογικός χάρτης των δελταϊκών ριπιδίων. Η χαρτογράφηση έγινε αξιοποιώντας το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) της περιοχής (ανάλυσης 5X5 m), γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, αεροφωτογραφίες του 1996, εικόνες Google Earth και κυρίως παρατηρήσεις από έρευνα πεδίου. Αποτυπώθηκαν οι κύριες γεωμορφές τόσο των δελταϊκών πεδιάδων (σύγχρονοι κλάδοι διανομής, φυσικά αναχώματα, εγκαταλελειμμένες κοίτες, ελώδεις περιοχές κ.α.), όσο και των δελταϊκών μετώπων (αμμώδεις και χαλικώδεις αιγιαλοί, παραλιακές ράχες κ.α.). Επιπλέον, έγινε σύγκριση των ακτογραμμών του έτους 1969 με αυτή του 2016 με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών υποχώρησης και προέλασης των ριπιδίων. Αναγνωρίστηκαν τρεις ενεργοί δελταϊκοί λοβοί που τροφοδοτούνται από τις σύγχρονες κοίτες των ποταμών και τρεις εγκαταλελειμμένοι, που σήμερα υπόκεινται σε διάβρωση από τις θαλάσσιες διεργασίες και οι οποίοι σχετίζονται με ομάδες παλαιοκοιτών.

Λέξεις κλειδιά: Γεωμορφολογία, δελταϊκά ριπίδια, Στερεά Ελλάδα

Εισαγωγή

Τα ποτάμια δέλτα όπως και τα μικρότερης έκτασης δελταϊκά ριπίδια, είναι χαρακτηριστικές γεωμορφές απόθεσης που δημιουργούνται σε περιοχές ποτάμιων εκβολών, όταν ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος από το ποτάμι είναι ταχύτερος από τον ρυθμό απομάκρυνσής του από τις θαλάσσιες διεργασίες. Είναι πολύπλοκα συστήματα που υπόκεινται στη συνδυασμένη δράση τόσο ποτάμιων, όσο και παράκτιων (και θαλάσσιων) διεργασιών (Gaki-Papanastassiou, et al., 2011). Επιπλέον αποτελούν παράκτια περιβάλλοντα ιδιαίτερης

κοινωνικο-οικονομικής σπουδαιότητας καθώς απετέλεσαν πόλο έλξης για την εγκατάσταση πληθυσμών από την αρχαιότητα ενώ σήμερα συνιστούν παγκοσμίως περιοχές που συγκεντρώνουν σημαντικό μέρος της γεωργικής, τουριστικής και αλιευτικής δραστηριότητας (Καρύμπαλης, 2010). Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η περιβαλλοντική τους σπουδαιότητα καθώς φιλοξενούν υγρά τοπους μεγάλης οικολογικής σημασίας και βιοποικιλότητας.

Περίπου 6,39 % του συνολικού μήκους της ακτογραμμής της ηπειρωτικής Ελλάδας καταλαμβάνεται από δελταϊκές πεδιάδες (Gaki-Papanastassiou et al., 1997). Η εξέλιξη και η διαμόρφωση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των μεγάλων δελταϊκών συστημάτων της Ελλάδας έχει μελετηθεί αρκετά συστηματικά (Piper & Panagos, 1981; Poulos & Chronis, 1997; Maroukian & Karymbalis, 2004; Vott, et al., 2007; Ghilardi et al., 2008; Parcharidis et al., 2013; Karymbalis et al., 2016). Οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι η προέλαση σχεδόν όλων των ελληνικών ποτάμιων δέλτα έλαβε χώρα κατά την περίοδο των τελευταίων 6000 – 5500 ετών, οπότε η μέση στάθμη της θάλασσας προσέγγισε το σημερινό της επίπεδο (Lambek, 1996) ύστερα από μια ταχεία άνοδο που συντελέστηκε από το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου (περίπου 18000 έτη πριν από σήμερα). Η άνοδος αυτή είχε σαν αποτέλεσμα οι πρώην όρμοι και κόλποι να πληρώνονται σταδιακά με ίζημα εξαιτίας της συσσώρευσης ποτάμιων φερτών υλών στις ποτάμιες εκβολές (Bruckner et al., 2005; Gaki-Papanastassiou et al., 2011).

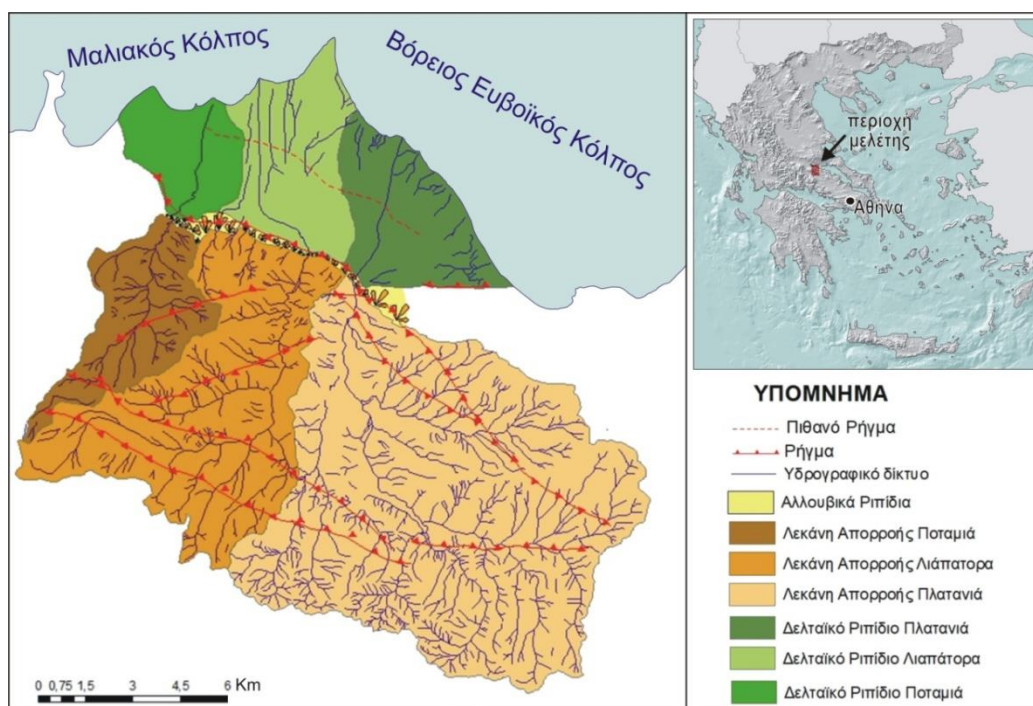
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της γεωμορφολογίας του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων που αναπτύσσονται στις εκβολές των ποταμών Πλατανιά, Λιαπάτορα και Ποταμιά στον Μαλιακό και Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο με σκοπό τη διερεύνηση των διεργασιών που οδήγησαν στο σχηματισμό και την εξέλιξη τους κατά την περίοδο του Ανώτερου Ολόκαινου.

Περιοχή μελέτης

Το σύμπλεγμα των δελταϊκών ριπιδίων των ποταμών Πλατανιά, Λιαπάτορα και Ποταμιά αναπτύσσεται κατά μήκος της ανατολικής ακτογραμμής του Μαλιακού και της δυτικής ακτογραμμής του βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου (Σχήμα 1). Διοικητικά ανήκει στον Καλλικρατικό Δήμο Μώλου - Αγίου Κωνσταντίνου του νομού Φθιώτιδας της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας. Το δελταϊκό σύμπλεγμα της περιοχής μελέτης έχει συνολική έκταση 51,5 km² ενώ η μέση κλίση της δελταϊκής πεδιάδας είναι 1,3 %. Έχει τοξοειδές σχήμα και σύμφωνα με τις ταξινομήσεις που έχουν προταθεί για τα δέλτα με κριτήριο τις διεργασίες διαμόρφωσής τους (Coleman & Wright, 1975; Galloway, 1975; Wright & Coleman, 1973) ανήκει σε εκείνα που κυριαρχεί η συνδυασμένη δράση του κυματισμού και της ποτάμιας τροφοδοσίας. Αυτό προκύπτει από την σχετικά ευθύγραμμη ακτογραμμή και την παρουσία παλαιο-λοβών. Παρόλα αυτά στη διαμόρφωση του δελταϊκού μετώπου των ριπιδίων του Λιαπάτορα και του Ποταμιά φαίνεται ότι έχει συμβάλει μερικώς και η παλίρροια παρά το σχετικά μικρό παλιρροϊκό εύρος της περιοχής κυρίως εξαιτίας της μικρής κλίσης του δελταϊκού μετώπου.

Ο σχηματισμός των δελταϊκών ριπιδίων της περιοχής μελέτης είναι το αποτέλεσμα ευνοϊκών για την ανάπτυξη δέλτα συνθηκών κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Ολόκαινου τόσο εντός των λεκανών απορροής, όσο και στη λεκάνη υποδοχής των ποτάμιων ιζημάτων (Μαλιακός και Βόρειος Ευβοϊκός κόλπος). Οι κλιματολογικές συνθήκες εντός της λεκάνης απορροής (μέσο ετήσιο ύψος βροχής που ανέρχεται σε 600 mm) σε συνδυασμό με την

παρουσία ευδιάβρωτων γεωλογικών σχηματισμών εντός των λεκανών απορροής αλλά και μεγάλων μορφολογικών κλίσεων στα ανάντη των λεκανών απορροής αποτελούν χαρακτηριστικά ευνοϊκά για τη διάβρωση και την μεγάλη στερεοαπορροή που τροφοδοτεί την περιοχή των εκβολών με μεγάλη ποσότητα ποτάμιων ιζημάτων (Katsafados et al., 2012). Σημαντική έκταση των τριών λεκανών απορροής καταλαμβάνεται από ευδιάβρωτους σχηματισμούς. Πιο αναλυτικά το 92,2% της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής του Πλατανιά περιλαμβάνει ευδιάβρωτα πετρώματα ενώ για τον Λιαπάτορα και τον Ποταμιά τα ποσοστά αυτά ανέρχονται σε 77,3% και 93% αντίστοιχα. Το σύμπλεγμα των τριών δελταϊκών ριπιδίων αναπτύσσεται στο κατερχόμενο τέμαχος της ρηξιγενούς ζώνης Καμένων Βούρλων - Μώλου ενώ τα αντίστοιχα υδρογραφικά δίκτυα των ποταμών αποστραγγίζουν την περιοχή του ανυψούμενου τεμάχους γεγονός που ευνοεί τη διαμόρφωση ενός έντονου ανάγλυφου στις λεκάνες απορροής και την κατά βάθος διάβρωση των κοιτών, με αποτέλεσμα την αυξημένη στερεοαπορροή (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Χάρτης των υδρογραφικών δικτύων και των λεκανών απορροής των ποταμών Πλατανιάς, Λιαπάτορας και Ποταμιά.

Σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό των δελταϊκών ριπιδίων έχουν και οι ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν στη λεκάνη υποδοχής των ποτάμιων ιζημάτων όπου επιτρέπουν την απόθεση των φερτών υλών και την προέλαση των ριπιδίων. Οι συνθήκες αυτές αφορούν τη σχετικά μικρή κυματική δράση, το μικρό εύρος παλίρροιας και την μικρή κλίση του υποθαλάσσιου ανάγλυφου. Σύμφωνα με τον Άτλαντα ανέμου και κύματος των Ελληνικών θαλασσών του ΕΛΚΕΘΕ (Soukissian et al., 2007) το μέσο σημαντικό ύψος κύματος κυμαίνεται από 0,2 m ανοιχτά των δυτικών ακτών των δελταϊκών ριπιδίων έως 0,1 m στις δυτικές προστατευμένες ακτές του Μαλιακού κόλπου. Η παλίρροια στην περιοχή μελέτης ανήκει στον ημιημερήσιο τύπο και το περιβάλλον του δελταϊκού μετώπου μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μικροπαλιρροιακό καθώς το μέσο εύρος παλίρροιας ανέρχεται σε 0,35m.

Μεθοδολογία

Για τη μελέτη της γεωμορφολογίας του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων πραγματοποιήθηκε λεπτομερής γεωμορφολογική χαρτογράφηση που περιλαμβάνει την αναγνώριση και αποτύπωση των γεωμορφών τόσο της δελταϊκής πεδιάδας (σύγχρονοι κλάδοι διανομής, φυσικά αναχώματα, εγκαταλελειμμένες κοίτες, ελώδεις περιοχές, κα), όσο και του δελταϊκού μετώπου (αμμώδεις και χαλικώδεις αιγιαλοί, παραλιακές ράχες, πεδία παλίρροιας κα) (Σχήμα 2). Για τη διερεύνηση της επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον των δελταϊκών ριπιδίων αποτυπώθηκαν και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (τεχνητά αναχώματα, προβλήτες, πρόβολοι, βραχίονες κ.α.). Η χαρτογράφηση έγινε σε κλίμακα 1:5000 με υπόβαθρο τα αντίστοιχα τοπογραφικά διαγράμματα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ). Σημαντικό για την αρχική αναγνώριση των γεωμορφών ήταν το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), που κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού ArcMap από τις ισούψεις καμπύλες και τα υψομετρικά σημεία των τοπογραφικών διαγραμμάτων, ενώ αξιοποιήθηκαν και οι γεωλογικοί χάρτες κλίμακας 1:50000 της περιοχής (του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών – ΙΓΜΕ). Επιπλέον έγινε ερμηνεία σειράς γεωαναφερμένων αεροφωτογραφιών (έτους λήψης 1996) καθώς και εικόνων Google Earth ενώ η τελική αποτύπωση όλων των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των ριπιδίων έγινε κατά την επιτόπια έρευνα πεδίου.

Για τη μελέτη των διαχρονικών μεταβολών της δελταϊκής ακτογραμμής έγινε σύγκριση των ακτογραμμών του 1969 και του 2016. Εντοπίστηκαν οι περιοχές υποχώρησης και προέλασης των ριπιδίων και εκτιμήθηκε ο μέσος ρυθμός μετατόπισης της δελταϊκής ακτογραμμής ανά έτος για την χρονική περίοδο παρατήρησης. Η ακτογραμμή του 1969 προέκυψε από τα τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ ενώ η πρόσφατη προέκυψε από ψηφιοποίηση στο Google Earth.

Για την εκτίμηση του ρόλου τη λιθολογίας των λεκανών απορροής στο σχηματισμό των δελταϊκών ριπιδίων, κατασκευάστηκε ο λιθολογικός χάρτης των λεκανών, ομαδοποιώντας τους γεωλογικούς σχηματισμούς με κριτήριο τη διαβρωσιμότητά τους και υπολογίστηκε το ποσοστό των ευδιάβρωτων λιθολογιών στη συνολική έκταση κάθε λεκάνης. Τα δεδομένα για τη γεωλογία των λεκανών προέκυψαν από τα φύλλα των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ (κλίμακας 1:50000).

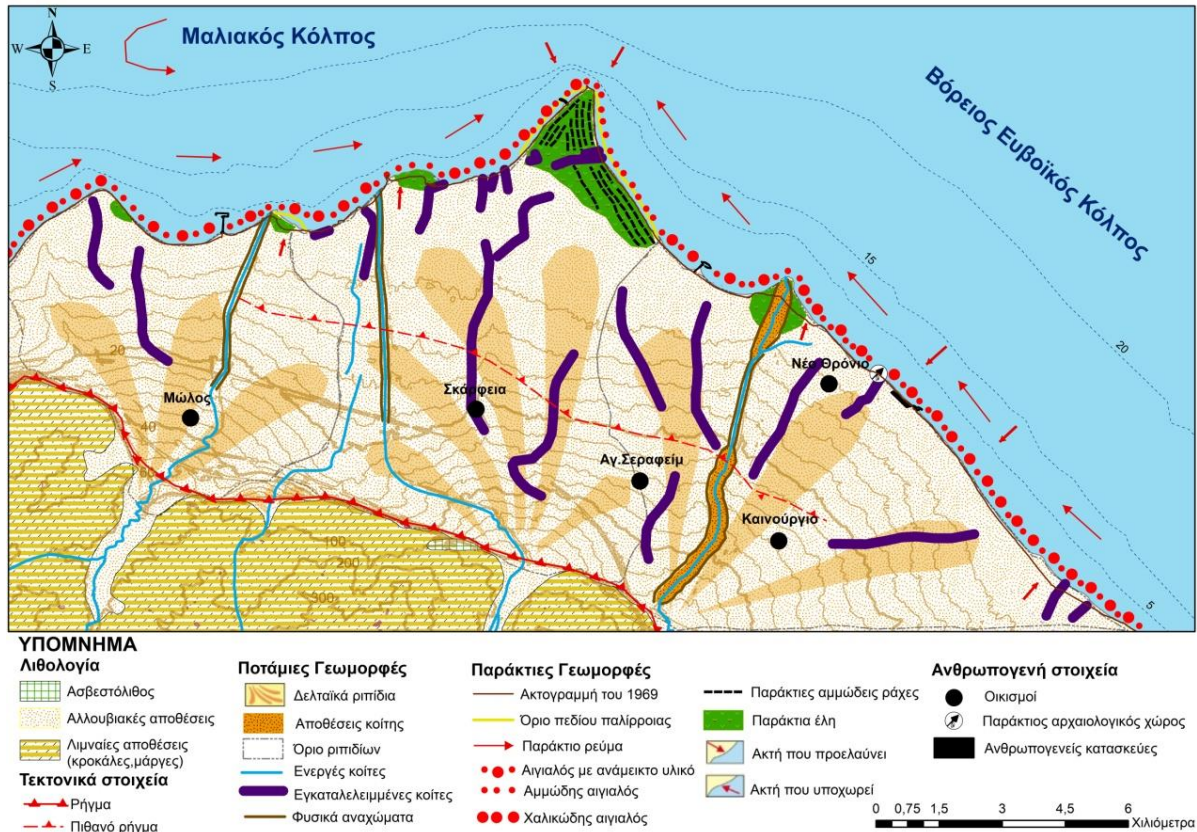
Αποτελέσματα

Το νότιο - νοτιοδυτικό όριο των δελταϊκών ριπιδίων ακολουθεί την ενεργό ρηξιγενή ζώνη Καμένων Βούρλων - Μώλου (Μαριολάκος κα, 2001) ενώ από τη δελταϊκή πεδιάδα διέρχεται πιθανό ρήγμα ΒΔ-ΝΑκης διεύθυνσης (Niemi, 1990).

Στο ανατολικό τμήμα του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων η ενεργός κοίτη του Πλατανιά έχει μεγάλο πλάτος (φθάνοντας κατά θέσεις τα 50 m), οριοθετείται από φυσικά αναχώματα και ανήκει καθαρά στον διακλαδιζόμενο τύπο (Σχήμα 3α). Οι ενεργές κοίτες των δύο άλλων ποταμών έχουν μικρότερο πλάτος με παρουσία αλλουβιακών αδρομερών υλικών κατά μήκος της διαδρομής τους (Σχήμα 3β).

Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση οδήγησε στην παρατήρηση και αποτύπωση μεγάλου αριθμού εγκαταλελειμμένων κοιτών (Σχήμα 2). Πρόκειται για παλαιές διαδρομές των κλάδων διανομής (κοιτών στα δελταϊκά ριπίδια) οι οποίες σήμερα είναι ανενεργές. Η χαρτογράφησή τους έγινε κυρίως από την παρατήρηση αεροφωτογραφιών (κυρίως

παλαιών οπότε και οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις ήταν περιορισμένες), εικόνων Google Earth και του λεπτομερούς DEM της περιοχής. Διακρίθηκαν πέντε ομάδες παλαιοκοιτών οι οποίες αντιστοιχούν σε αντίστοιχο αριθμό παλαιοεκβολών - παλαιολοβών των δελταϊκών ριπιδίων.



Σχήμα 2. Γεωμορφολογικός χάρτης του δελταϊκού συμπλέγματος των ποταμών Πλατανιάς, Λιαπάτορας και Ποταμιά.

Ο ενεργός κλάδος διανομής του Πλατανιά διατηρεί μια ελαφρώς μαιανδρική μορφή με διεύθυνση ροής N.NΔ-B.BA. Η σύγχρονη ενεργή κοίτη διαρρέει το δυτικό τμήμα του ριπιδίου πιθανά εξαιτίας της επίδρασης από το ρήγμα Καμένων Βούρλων που οριοθετεί το νότιο όριό του. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή αυτή η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος είναι εντυπωσιακή γεγονός που αποτελεί ένδειξη της νεοτεκτονικής του δράσης. Στο ριπίδιο αυτό διακρίνεται μια ομάδα παλαιοκοιτών που καταλήγει περίπου 5 km ανατολικά των ενεργών εκβολών σε έναν εγκαταλελειμμένο λοβό. Ο λοβός αυτός δεν έχει διατηρήσει το αρχικό τοξοειδές σχήμα του εξαιτίας της παράκτιας διάβρωσης καθώς το τμήμα αυτό του δελταϊκού ριπιδίου είναι εκτεθειμένο στις περισσότερο ενεργές θαλάσσιες διεργασίες (κυρίως εντονότερο κυματισμό) του νότιου Ευβοϊκού κόλπου. Η διαδρομή αυτή του ποταμού πρέπει να είναι η παλαιότερη. Μια δεύτερη παλαιοκοίτη βρίσκεται περίπου 1,5 km ανατολικά του σημερινού ποταμού καταλήγοντας στο Νέο Θρόνιο ενώ υπάρχουν και δύο παλαιοκοίτες 1,5 km και 4 km αντίστοιχα δυτικά της σημερινής ενεργού κοίτης. Στο δελταϊκό ριπίδιο του Λιαπάτορα ο ενεργός κλάδος διανομής επίσης παρουσιάζει μια αλλαγή στη διεύθυνση ροής μετά την έξοδο από την ορεινή λεκάνη (Σχήμα 2). Στρέφεται κατά περίπου 90 μοίρες ακολουθώντας διεύθυνση ροής A.NA-Δ.ΒΔ για ένα μήκος περίπου 4 Km και στη συνέχεια ρέει NA-BΔ. Και εδώ αυτή η αλλαγή στη ροή προς τα δυτικά πιθανά

οφείλεται στην τεκτονική δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης που οριοθετεί νότια τα ριπίδια. Το σύνολο των παλαιοκοιτών εδώ βρίσκεται ανατολικά της ενεργού κοίτης και καταλήγουν σε ένα σημαντικό ανεπτυγμένο παλαιολοβό περίπου 5 km βορειοανατολικά της σημερινής ενεργού εκβολής. Ο λοβός αυτός είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος διότι η απόθεση των ιζημάτων οφείλεται τόσο στο επίμηκες παράκτιο ρεύμα του Μαλιακού κόλπου, όσο και σε εκείνο του Β. Ευβοϊκού.



Σχήμα 3. α) και β) Άποψη της κοίτης των ποταμών Πλατανιά και Λιαπάτορα. γ) και δ) παραλιακές αμμώδεις ράχες στον κεντρικό λοβό του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων. ε) ενδείξεις διάβρωσης στην ανατολική ακτογραμμή του δελταϊκού ριπιδίου του Πλατανιά. στ) βυθισμένα ερείπια της ρωμαϊκής περιόδου στην περιοχή Θρόνιο.

Στο δυτικό ριπίδιο του Ποταμιά η ενεργή κοίτη έχει διεύθυνση ροής ΝΔ-ΒΑ και καταλήγει στο ανατολικό όριο του ριπιδίου. Παρατηρούνται δύο εγκαταλελειμμένες κοίτες που οδηγούν σε έναν δελταϊκό παλαιολοβό περίπου 4 km δυτικά των σημερινών εκβολών. Ο

λοβός αυτός σε αντίθεση με αυτούς που είναι εκτεθειμένοι στις θαλάσσιες διεργασίες του Ν. Ευβοϊκού διατηρεί την τοξοειδή μορφή του καθώς οι θαλάσσιες διεργασίες στο Μαλιακό κόλπο είναι ηπιότερες. Στο ριπίδιο αυτό παρατηρείται μια μετατόπιση της ενεργού κοίτης από τα δυτικά προς τα ανατολικά.

Όλες οι παλαιοκοίτες των ριπιδίων αντιστοιχούν σε παλαιές ενεργές διαδρομές που τροφοδοτούσαν με ίζημα την ακτή. Ανάλογες μελέτες σε ελληνικά δέλτα έδειξαν ότι η εγκατάλειψη των παλαιών και η δημιουργία νέων κοιτών σχετίζεται με πλημμυρικά επεισόδια οπότε η αυξημένη παροχή οδηγούσε σε υποχώρηση των φυσικών αναχωμάτων (Maroukian & Karymbalis, 2004; Karymbalis & Gaki-Papanastassiou, 2008; Parcharidis et al., 2013; Karymbalis et al., 2016). Με τον τρόπο αυτό τα ποτάμια ακολουθούσαν νέες διαδρομές προς τη θάλασσα εγκαταλείποντας τις παλαιές.

Σε όλο το μήκος της δελταϊκής ακτογραμμής αναπτύσσονται αιγιαλοί πίσω από τους οποίους κατά θέσεις διαμορφώνονται ελώδεις εκτάσεις. Οι αιγιαλοί του δυτικού τμήματος της περιοχής μελέτης αποτελούνται κυρίως από λεπτόκοκκα ιζήματα σε αντίθεση με τους αιγιαλούς στο ανατολικό τμήμα όπου το ίζημα είναι περισσότερο αδρομερές. Στην κορυφή του εγκαταλελειμμένου κεντρικού λοβού του δελταϊκού συμπλέγματος, αναγνωρίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν συνολικά οκτώ παραλιακές αμμώδεις ράχες που είναι το αποτέλεσμα της αναδιανομής και επαναπόθεσης ιζήματος από τη δράση του κυματισμού και των επιμήκων παράκτιων ρευμάτων (Σχήμα 2). Οι γεωμορφές αυτές αντιστοιχούν σε παλαιότερες θέσεις της ακτογραμμής (Otnos, 2000). Η αναγνώριση και χαρτογράφηση τους έγινε κυρίως από εικόνες Google Earth και αεροφωτογραφίες και η παρουσία τους επιβεβαιώθηκε κατά την επίσκεψη στην περιοχή. Ομαδοποιήθηκαν σε δύο ομάδες με κριτήριο τον προσανατολισμό τους. Πέντε από αυτές είναι αρκετά εκτεταμένες με μήκος έως και 3 km, αναπτύσσονται παράλληλα με την ακτογραμμή του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου και έχουν προσανατολισμό ΒΔ-ΝΑ. Απέχουν μεταξύ τους περί τα 50 m και αντιστοιχούν σε παλαιές ακτογραμμές του ριπιδίου. Χωρίζονται μεταξύ τους από βυθίσματα με λεπτομερές υλικό που συνιστούν ελώδεις περιοχές (Σχήμα 3γ). Οι τρεις από τις οκτώ παραλιακές ράχες που χαρτογραφήθηκαν έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και είναι παράλληλες με την ακτογραμμή του Μαλιακού κόλπου. Το μήκος τους είναι σημαντικά μικρότερο των ράχων της προηγούμενης ομάδας (έως 1,5 km). Είναι προφανές ότι οι δύο ομάδες ράχων διαμορφώθηκαν από διαφορετικά παράκτια ρεύματα και κυματισμό διαφορετικής διεύθυνσης προσέγγισης της ακτής. Πέραν των εγκαταλελειμμένων παραλιακών ράχων που χαρτογραφήθηκαν παρατηρήθηκε σχηματισμός μιας νέας ράχης η οποία όμως δε μπορεί ακόμη να χαρακτηριστεί σαν τέτοια καθώς διαμορφώνεται ακόμη και επηρεάζεται από τις θαλάσσιες διεργασίες (Σχήμα 3δ).

Η σύγκριση των ακτογραμμών οδήγησε στη διαπίστωση ότι κατά την χρονική περίοδο παρατήρησης (1969-2016) προέλαση έλαβε χώρα στον άμεσο χώρο των εκβολών των τριών ποταμών καθώς και στο ανατολικό τμήμα του δελταϊκού συμπλέγματος. Η προέλαση στις εκβολές των ποταμών Ποταμιά και Λιαπάτορα εκτιμήθηκε σε 1,2 m/έτος και 2,4 m/έτος αντίστοιχα ενώ ο άμεσος χώρος των εκβολών του ποταμού Πλατανιά προελαύνει με σημαντικά υψηλότερο μέσο ρυθμό που φθάνει τα 6,5 m/έτος. Όπως διαπιστώθηκε και στην επιτόπια έρευνα ο Πλατανιάς έχει μεγάλο δυναμικό τόσο σε παροχή, όσο και σε στερεοαπορροή εξαιτίας κυρίως της μεγάλης έκτασης αποστράγγισης του υδρογραφικού του δικτύου, της μεγάλης μορφολογικής κλίσης της λεκάνης απορροής και του μεγάλου ποσοστού ευδιάβρωτων γεωλογικών σχηματισμών εντός αυτής. Επίσης προέλαση φαίνεται στο ανατολικό τμήμα το ριπιδίου του Πλατανιά περίπου 8 km νοτιοανατολικά των σημερινών ενεργών εκβολών του. Η προέλαση στην περιοχή αυτή πιθανά οφείλεται στην

επεξεργασία και αναδιανομή, από τη δράση του κυματισμού και των επιμήκων παρακτίων ρευμάτων, των ιζημάτων μικρής έκτασης ριπιδίου που βρίσκεται νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης.

Σημαντικό μήκος της ακτογραμμής του ριπιδίου και κυρίως της δελταϊκής ακτογραμμής του Πλατανιά υποχωρεί από τις θαλάσσιες διεργασίες. Από τη συγκριτική παρατήρηση των ακτογραμμών υπολογίστηκε ότι για τη χρονική περίοδο των τελευταίων σαράντα επτά ετών ο μέσος ρυθμός διάβρωσης φθάνει τα 0,5 m/έτος. Ένδειξη της υποχώρησης της ακτογραμμής αποτελεί η εμφάνιση λεπτόκοκκων αποθέσεων παράκτιου έλους εξαιτίας της διάβρωσης του επιφανειακού στρώματος των υπερκείμενων πρόσφατων αμμωδών και χαλικωδών δελταϊκών αποθέσεων. Η ισχυρή διάβρωση διαπιστώθηκε στην επιτόπια έρευνα από την παρουσία κατεστραμμένων κατασκευών, κατά μήκος της ακτογραμμής του Βόρειου Ευβοϊκού, που σκοπό είχαν την προστασία της ακτογραμμής (Σχήμα 3ε). Επιπλέον η παρουσία ερειπίων ρωμαϊκής και Βυζαντινής περιόδου κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, στη θέση Θρόνιο, μαρτυρά ότι ο ευστατισμός σε συνδυασμό με την τεκτονική δραστηριότητα συνετέλεσε στη μεταβολή της στάθμης από την περίοδο εκείνη έως σήμερα (Σχήμα 3στ).

Συμπεράσματα

Για τη γεωμορφολογική μελέτη του συμπλέγματος των δελταϊκών ριπιδίων των ποταμών Πλατανιά, Λιαπάτορα και Ποταμιά στην δυτική κεντρική Ελλάδα πραγματοποιήθηκε λεπτομερής γεωμορφολογική χαρτογράφηση αξιοποιώντας τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ (κλίμακας 1:5000), αεροφωτογραφίες και εικόνες Google Earth. Το σύμπλεγμα των δελταϊκών ριπιδίων ταξινομείται στα δέλτα με κυρίαρχες διεργασίες διαμόρφωσης την ποτάμια τροφοδοσία με ίζημα και τον κυματισμό.

Ο σχηματισμός των δελταϊκών ριπιδίων οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην μεγάλη προσφορά ιζήματος στην ακτή μέσω των τριών ποταμών που αποστραγγίζουν λεκάνες απορροής που σε σημαντικά υψηλά ποσοστά καταλαμβάνονται από ευδιάβρωτους γεωλογικούς σχηματισμούς. Σημαντικό επίσης ρόλο, έπαιξε η σταθεροποίηση της θαλάσσιας στάθμης κατά το Ανώτερο Ολόκαινο και τα ήπια ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά του Βόρειου Ευβοϊκού και του Μαλιακού κόλπου που είναι οι αποδέκτες των ιζημάτων των υδρογραφικών δικτύων των τριών ποταμών.

Σημαντικές γεωμορφές της δελταϊκής πεδιάδας είναι οι εγκαταλελειμμένες κοίτες που ομαδοποιήθηκαν σε πέντε ομάδες. Η προσφορά ιζημάτων μέσω αυτών των παλαιοκοιτών οδήγησε στην ανάπτυξη των ριπιδίων. Για τα δύο ανατολικά ριπίδια (Πλατανιά και Λιαπάτορα) οι παλαιοκοίτες δείχνουν μια σταδιακή μετατόπιση της ενεργού κοίτης από τα ανατολικά προς τα δυτικά, εξαιτίας της τεκτονικής δραστηριότητας της ρηξιγενούς ζώνης Μώλου - Καμένων Βούρλων που οριοθετεί τα ριπίδια προς νότο. Οι παλαιοκοίτες αντιστοιχούν σε δελταϊκούς παλαιολοβούς οι οποίοι σήμερα διαβρώνονται από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών.

Σημαντικές γεωμορφές κατά μήκος της ακτογραμμής είναι οι παραλιακές αμμώδεις ράχες που εντοπίζονται στον κεντρικό λοβό του συμπλέγματος. Αντιστοιχούν σε παλαιές ακτογραμμές και οι καλύτερα ανεπτυγμένες έχουν διεύθυνση προσανατολισμού ΒΔ-ΝΑ. Παράκτια έλη αναπτύσσονται τόσο στους εγκαταλελειμμένους όσο και στους ενεργούς δελταϊκούς λοβούς.

Παρατηρήθηκαν διαφορές στην ακτογραμμή ανατολικά και δυτικά του κεντρικού λοβού. Η κύρια διαφορά αφορά την περισσότερο ευθύγραμμη ανατολική ακτογραμμή εξαιτίας της δράσης του εντονότερου κυματισμού στον Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο και στην περισσότερο με εγκολπώσεις μορφή της ακτογραμμής στα δυτικά εξαιτίας των ήπιων διεργασιών του Μαλιακού κόλπου. Η διαφορά αφορά και το ίζημα με το δυτικό τμήμα να χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκα παράκτια ιζήματα σε αντίθεση με το δυτικό όπου το ίζημα των αιγιαλών είναι περισσότερο αδρομερές.

Η σύγκριση των ακτογραμμών του 1969 και του 2016 αλλά και οι επιτόπιες παρατηρήσεις οδήγησαν στη διαπίστωση ότι ο άμεσο χώρος των σημερινών ενεργών εκβολών προελαύνει με μέγιστο μέσο ρυθμό που φθάνει τα 6,5 μέτρα ανά έτος. Οι εγκαταλελειμμένοι ανενεργοί δελταϊκοί λοβοί διαβρώνονται με μέσο ρυθμό υποχώρησης 0,5 m/έτος για τα τελευταία σαράντα επτά έτη.

Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη δελταϊκή πεδιάδα αφορούν την εντατικοποίηση των καλλιεργειών, ενώ στην παράκτια ζώνη έχουν κατασκευασθεί έργα με σκοπό την προστασία της δελταϊκής ακτογραμμής από τη διάβρωση αρκετά από τα οποία έχουν καταστραφεί από τις θαλάσσιες διεργασίες.

Βιβλιογραφία

- Bruckner, H., Vott, A., Schriever, A., Handl, M. (2005). Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean – case studies in their historical context. *Mediterranee*, 104, 95-106. Retrieved from <http://mediterranee.revues.org/2342>
- Coleman, J. M., Wright, L.D. (1975). Modern river deltas. Variability of processes and sand bodies. In: M. L. Brouard (ed.), *Deltas, models for exploration* (pp. 99-149). Houston, TX: Houston Geological Society.
- Gaki-Papanastassiou, K., Maroukian, H., Pavlopoulos, K., Zamani, A. (1997). The implications of the expected sea-level rise on the low-lying areas of continental Greece in the next century In: P.G., Marinou, G.C., Koukis, G.C., Tsianbaos, G.C. Stournaras, (eds), *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment*, 121-126.
- Gaki-Papanastassiou, K., Cundy, A.B., Maroukian, H. (2011). Fluvial versus tectonic controls on the late Holocene geomorphic and sedimentary evolution of a small Mediterranean fan delta system. *The Journal of Geology*, 119(2), 221–234.
- Galloway, W.E. (1975). Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: M. L. Brouard (ed.), *Deltas, models for exploration* (pp. 87-98). Houston, TX: Houston Geological Society.
- Ghilardi, M., Fouache, E., Queyrel, F., Syrides, G., Vouvalidis, K., Kunesch, S., Styllas, M., Stiros, S. (2008). Human occupation and geomorphological evolution of the Thessaliniki Plain (Greece) since mid Holocene. *Journal of Archaeological Science*, 35, 111-125.
- Karymbalis, E., Gaki-Papanastassiou, K. (2008). Geomorphological study of the river deltas of Pinios, Kalamas, Evinos and Mornos. *Proceedings of the 4th Pan-Hellenic Conference on Coastal Zones Management*, 86-94.
- Καρύμπαλης, Ε. (2010). *Παράκτια Γεωμορφολογία*, Αθήνα: εκδόσεις ΙΩΝ.
- Karymbalis, E., Gaki-Papanastassiou, K., Tsanakas, K., Ferentinou, M. (2016). Geomorphology of the Pinios River delta, Greece, *Journal of maps*, 12, 12-21.
- Katsafados, P., Kalogirou, S., Papadopoulos, A., Korres, G. (2012). Mapping long-term atmospheric variables over Greece, *Journal of Maps*, 8(2), 181–184.

- Lambeck, K. (1996). Sea-level change and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time, *Antiquity*, 70, 588-611.
- Niemi, T.M. (1990). Paleoenvironmental history of submerged ruins on the northern Euboian Gulf coastal plain, Central Greece, *Geoarchaeology: An International Journal*, 5(4), 323-347.
- Μαριολάκος, Η., Κράνης, Χ., Μαρουκιάν, Χ., Φουντούλης, Ι. (2001). Τεκτονικά ελεγχόμενη εξέλιξη υδρογραφικών δικτύων στη Λοκρίδα (Στερεά Ελλάδα). *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, XXXIV/1, 175-182.
- Maroukian, H., Karymbalis, E. (2004). Geomorphic evolution of the fan delta of the Evinos river in western Greece and human impacts in the last 150 years, *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 48(2), 201-217.
- Otvos, E.G. (2000). Beach ridges – definitions and significance. *Geomorphology*, 32, 83-108.
- Parcharidis, I., Kourkouli, P., Karymbalis, E., Foumelis, M., Karathanassi, V. (2013). Time series synthetic aperture radar interferometry for ground deformation monitoring over a small scale tectonically active deltaic environment (Mornos, Central Greece), *Journal of Coastal Research*, 29(2), 325-338.
- Piper, D. J. W., Panagos, A. G. (1981). Growth patterns of the Acheloos and Evinos deltas, Greece. *Sedimentary Geology*, 28, 111-132.
- Poulos, S., Chronis, G. T. (1997). The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline. *Bulletin de l'Institut Oceanographique*, 18, 75-96.
- Soukisian, T., Hatzinaki, M., Korres G., Papadopoulos, A., Kallos, G., Anadranistakis, E. (2007). *Wave and wind Atlas of the Hellenic Seas, Anavyssos: Hellenic Centre for Marine Research Publication*.
- Vott, A., Schriever, A., Handl, M., Brückner, H. (2007). Holocene palaeogeographies of the central Acheloos River delta (NW Greece) in the vicinity of the ancient seaport Oiniadai, *Geodinamica Acta*, 20(4), 241-256.
- Wright, L.D., Coleman, J. M. (1973). Variations in morphology of major river deltas as functions of ocean wave and river discharge regimes. *AAPG Bull.*, 57, 370-398.

Geomorphic Study of the fan delta complex of the Platania, Liapatorias and Potamia Rivers (Sterea Hellas)

Abstract

This study deals with the geomorphoic characteristics of the fan-delta complex of the Platania, Liapatorias and Potamia Rivers located in the Maliakos and North Evoikos Gulfs. The formation of the fan-deltas is the result of mild oceanographic characteristics of the receiving basins (low mean significant wave height, shallow subaqueous morphology) in addition to the intense tectonic activity of the broader area. The fan-deltas have developed at the hanging wall of the Kamena Vourla – Molos fault zone while the corresponding drainage networks drain the area of the footwall. Due to the tectonic uplift the catchments have a steep relief and intense erosional processes result in high sediment yields. For the purposes of the study a detailed geomorphological map of the fan-deltas has been constructed. In order to produce this map a high resolution DEM (5X5m) along with geological maps, aerial photos (taken in 1996) and Google Earth images have been used. Fieldwork was particularly useful for the construction of the final map. The map includes the main landforms of the fan-delta plains (such as active distributaries, natural levees,

abandoned channels, marshes etc) as well as landforms of the fan-delta front (such as sand and gravel beaches, beach ridges etc). In order to define areas of long-term erosion or progradation a comparison between the fan-delta coastlines of 1969 and 2016 has been attempted. Three main active lobes have been recognized along with other three abandoned ones which correspond to groups of palaeochannels and are now undergoing erosion due to marine processes.

Key words: Geomorphology, fan deltas, Sterea Hellas