



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ε.Π.  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ

**Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Περιφέρειας Ηπείρου  
2014-2020**

Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιφέρειας Ηπείρου

Με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΣΠΑ  
2014-2020  
Επένδυση στην Ανάπτυξη

**Έργο : «ΜΕΛΕΤΗ, ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΪΚΗΣ  
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ»**

**Αρ. Σύμβασης : 5006050**

**«Π1.2» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ**

**«Ψηφιακή αποτύπωση της υποθαλάσσιας μορφολογίας και  
της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά  
μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS)»**

**Ιωάννινα, 24/05/2018**

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Εισαγωγή.....	2
Συμπεράσματα.....	10
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	11

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1945 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). .....	3
Εικόνα 2: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1945. ....	4
Εικόνα 3: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1969 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). .....	4
Εικόνα 4: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1969. ....	5
Εικόνα 5: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1980 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). .....	5
Εικόνα 6: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1980. ....	6
Εικόνα 7 Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1995 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού). .....	6
Εικόνα 8: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1995. ....	7
Εικόνα 9: Συγκριτική ψηφιακή αποτύπωση της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά τα έτη 1945, 1969, 1980, 1995 και 2018, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). .....	8
Εικόνα 10: Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης του δέλτα του ποταμού Καλαμά. ....	9

## Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε ψηφιακή αποτύπωση της παλαιοακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, μέσω των γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) διαφορετικών ετών λήψης (1945, 1969, 1980, 1995) στις οποίες εμφανίζονται οι παλαιές και οι νέες εκβολές του δέλτα του ποταμού Καλαμά. Η αποτύπωση των αεροφωτογραφιών, σε περιβάλλον GIS, πραγματοποιήθηκε για τη σύνθεση των παλαιών και νέων εκβολών του δέλτα σε έναν ψηφιακό χάρτη, ο οποίος αποτέλεσε χρήσιμο εργαλείο για τη συγκριτική παρατήρηση της σημερινής ακτογραμμής με την παλαιοακτογραμμή κατά τα έτη 1945, 1969, 1980 και 1995 και οδήγησε στην εκτίμηση της ποιοτικής μεταβολής της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

## Εισαγωγή

Το δέλτα του ποταμού Καλαμά αποτελεί ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο σύστημα της παράκτιας ζώνης λόγω των χερσαίων και θαλάσσιων διεργασιών που υφίσταται κατά μήκος της ακτογραμμής του. Η μεταβολή του δέλτα έχει απασχολήσει αρκετά τους ερευνητές, κατά το παρελθόν, αφού αποτελεί περιοχή υψίστης σημασίας τόσο από κοινωνικοοικονομικής όσο και από οικολογικής άποψης, συνεπώς μία ενδεχόμενη μεταβολή της ακτογραμμής του θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή. Από έρευνες στην περιοχή του δέλτα (Maroukian et al., 1995, Καραγεωργίου, 2005), έχει εντοπιστεί μια συνεχής μεταβολή της ακτογραμμής του λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης οφειλόμενης στην κλιματική αλλαγή (IPCC, 2007). Συνεπώς, είναι απαραίτητη η διερεύνηση της μεταβολής της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές προέλασης και υποχώρησης του δέλτα και να εκτιμηθεί ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής του αλλά και οι επιπτώσεις που θα έχει η μελλοντική ευστατική άνοδος στην ευρύτερη περιοχή.

Για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων έχουν αναπτυχθεί πλέον νέα τεχνολογικά μέσα, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), τα οποία αποτελούν πλέον χρήσιμα εργαλεία για την ψηφιακή αποτύπωση διαφόρων περιοχών, δίνοντας μία σαφέστερη εικόνα της διαχρονικής μεταβολής τους. Στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε ψηφιακή αποτύπωση της παλαιοακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, μέσω των γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), χρησιμοποιώντας αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) διαφορετικών ετών λήψης (1945, 1969, 1980, 1995). Για κάθε έτος για το οποίο έχει πραγματοποιηθεί ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, εμφανίζονται οι παλαιές και οι νέες εκβολές του δέλτα του ποταμού Καλαμά. Μετά την αποτύπωση των αεροφωτογραφιών, σε περιβάλλον GIS, ακολούθησε η σύνθεση των παλαιών και νέων εκβολών του δέλτα, για κάθε έτος, σε έναν τελικό ψηφιακό χάρτη, ο οποίος αποτέλεσε χρήσιμο εργαλείο για τη συγκριτική παρατήρηση της σημερινής ακτογραμμής με την παλαιοακτογραμμή κατά τα έτη 1945, 1969, 1980 και 1995 και οδήγησε στην εκτίμηση της ποιοτικής μεταβολής της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

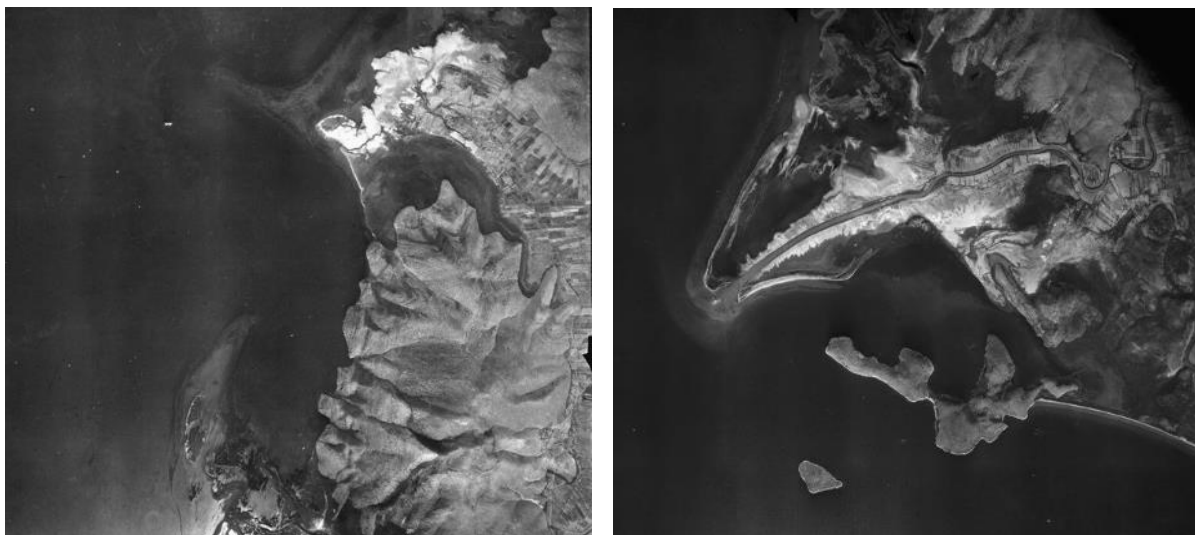
Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν οι αεροφωτογραφίες των παλαιών και νέων εκβολών του δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος λήψης 1945 (Εικ. 1), η ψηφιακή αποτύπωση των οποίων, μέσω χρήσης GIS, διαμόρφωσε τον ψηφιακό χάρτη της εικόνας 2, στον οποίο αποτυπώνεται και η σημερινή ακτογραμμή για τη σύγκριση της μεταβολής της. Ομοίως, πραγματοποιήθηκε η ψηφιακή αποτύπωση των εκβολών του ποταμού κατά τα έτη λήψης 1969, 1980 και 1995 όπως παρουσιάζονται παρακάτω.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να επισημανθεί ότι με τη χρήση των αεροφωτογραφιών αφενός η διακριτική ικανότητα που επιτυγχάνεται είναι μεγάλη, αφετέρου ενδέχεται να υπεισέρχονται σφάλματα στην ακρίβεια αναπαράστασης μίας περιοχής αφού υπάρχει απώλεια πληροφόρησης λόγω της γωνίας και του ύψους λήψης καθώς και της ευκρίνειας της εικόνας. Συνεπώς, κατά την ψηφιοποίηση της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, που βασίστηκε στις αεροφωτογραφίες των ετών 1945, 1969, 1980 και 1995, παρουσιάστηκαν αρκετές δυσκολίες στην ακριβή οριοθέτηση της ξηράς και η χάραξη των ακτογραμμών πραγματοποιήθηκε έχοντας ως κριτήριο ότι η θάλασσα απεικονίζεται με τις πιο σκούρες αποχρώσεις ενώ η ξηρά με τις πιο ανοιχτόχρωμες.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική χαρτογράφηση, η οποία περιλαμβάνει την απεικόνιση των γεωμορφών τόσο της δελταϊκής πεδιάδας όσο και της δελταϊκής ακτογραμμής. Η χαρτογράφηση πραγματοποιήθηκε μέσω ψηφιοποίησης των γεωλογικών

φύλλων της περιοχής κάνοντας χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) (λογισμικό πρόγραμμα Arcmap 10.1) που διαθέτει το Εργαστήριο.

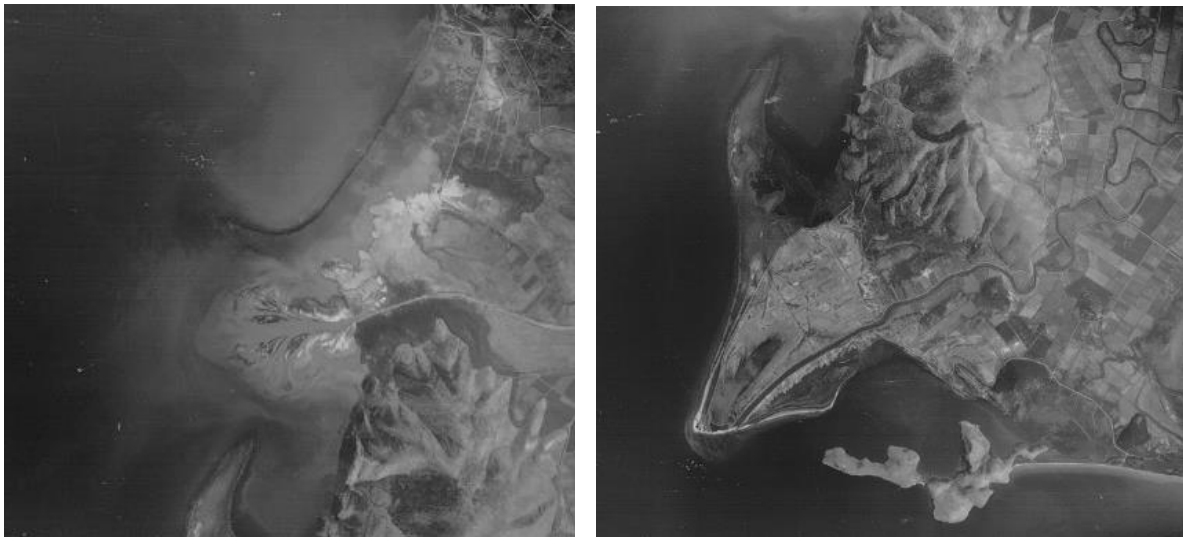
Τέλος, έγινε προσπάθεια ανάκτησης δεδομένων από βυθομετρικούς χάρτες με σκοπό την αποτύπωση της υποθαλάσσιας μορφολογίας. Ωστόσο, για την περιοχή μελέτης δεν υπήρχαν διαθέσιμοι βυθομετρικοί χάρτες (ναυτικοί χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού) γι' αυτό δεν πραγματοποιήθηκε ψηφιακή αποτύπωση υποθαλάσσιας γεωμορφολογίας.



**Εικόνα 1:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1945 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



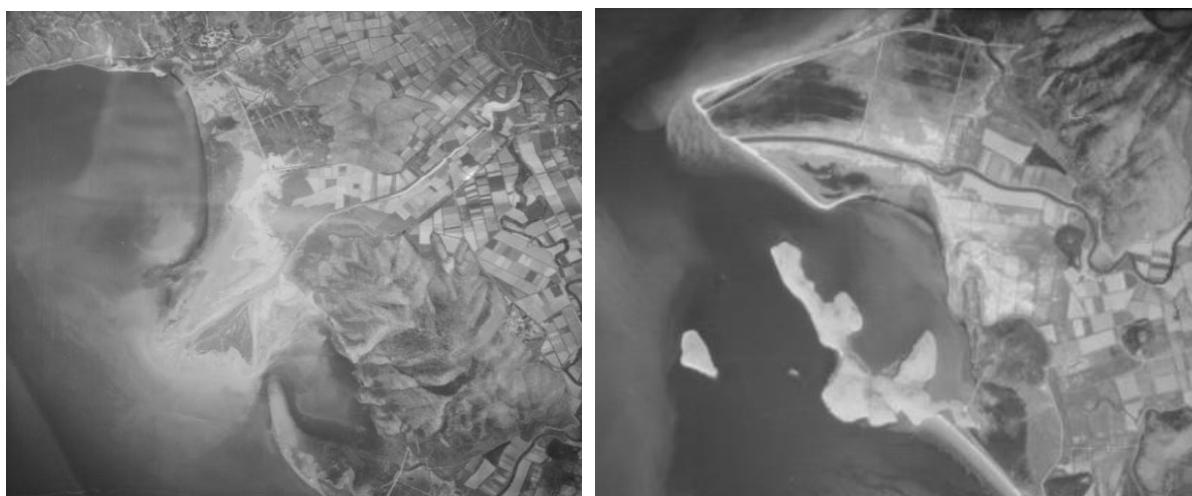
**Εικόνα 2:** Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1945.



**Εικόνα 3:** Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1969 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



Εικόνα 4: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1969.



Εικόνα 5: Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1980 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).



Εικόνα 6: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1980.



Εικόνα 7 Απεικόνιση του βόρειου (αριστερή εικόνα) και του νότιου (δεξιά εικόνα) τμήματος του δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω αεροφωτογραφιών κατά το έτος λήψης 1995 (από Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού).

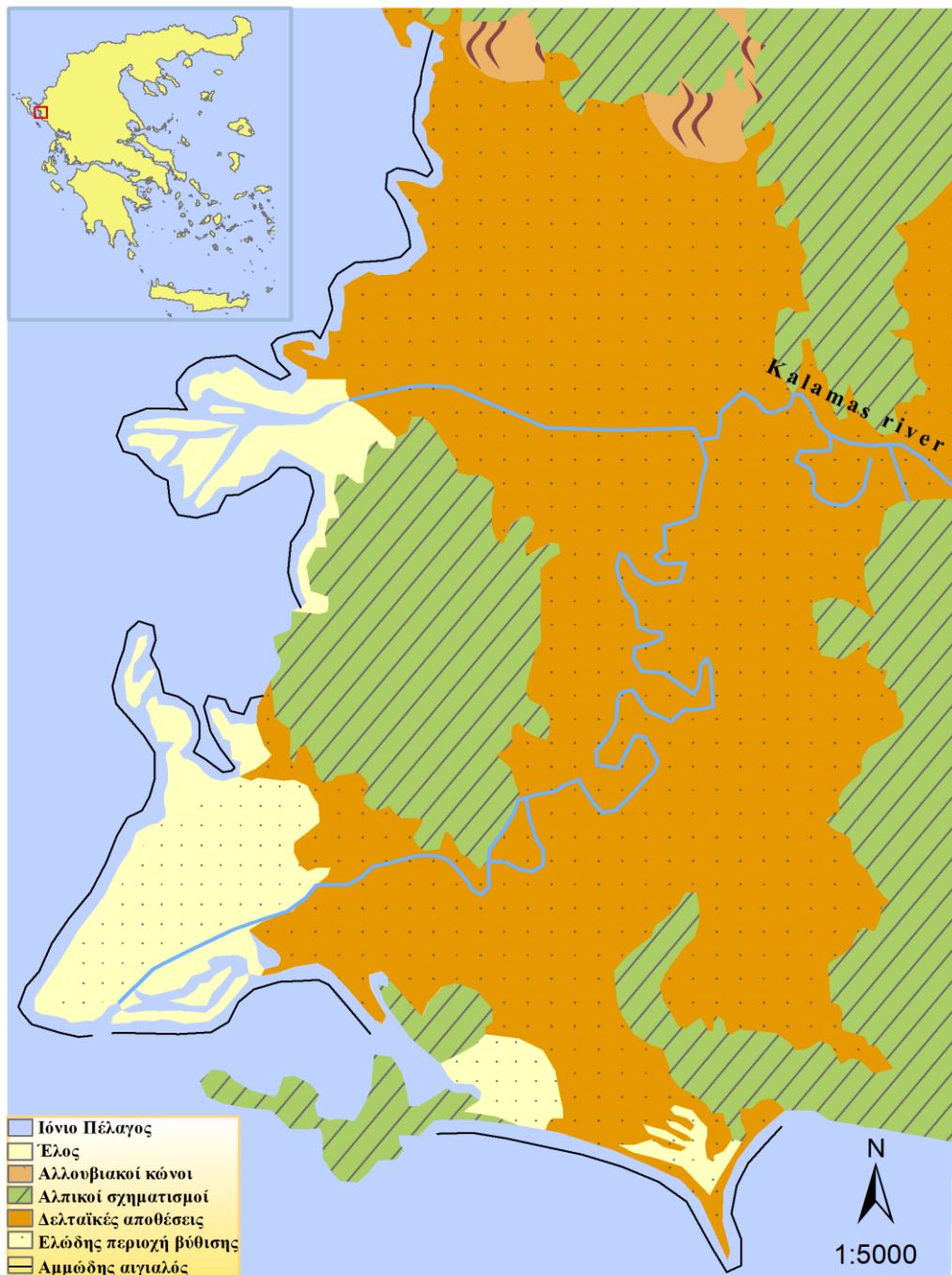




Εικόνα 8: Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω GIS, της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά το έτος 1995.



Εικόνα 9: Συγκριτική ψηφιακή αποτύπωση της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά κατά τα έτη 1945, 1969, 1980, 1995 και 2018, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS).



Εικόνα 10: Ψηφιοποιημένος γεωλογικός χάρτης του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

## Συμπεράσματα

Έπειτα από συγκριτική παρατήρηση της παλαιοακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά (Εικ. 9) γίνεται αντιληπτό ότι η παράκτια ζώνη του έχει μεταβληθεί αρκετά από το 1945 έως σήμερα και ειδικότερα στις βόρειες εκβολές του ποταμού. Παρατηρώντας την ακτογραμμή του έτους 1945 (πράσινη διακεκομμένη γραμμή) και συγκρίνοντάς την με την ακτογραμμή του έτους 1969 (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή), φαίνεται ότι οι βόρειες εκβολές δεν έχουν σχηματιστεί ακόμη, επομένως είναι ανενεργές, ενώ οι νότιες εκβολές δεν εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση. Κατά το έτος 1980 (μωβ διακεκομμένη γραμμή), στις νότιες εκβολές εμφανίζεται μικρή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής συγκριτικά με το έτος 1969 (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή), ενώ στις βόρειες εκβολές παρατηρείται προέλαση της ξηράς προς το Ιόνιο Πέλαγος αλλά σε βαθμό μικρότερο από το έτος 1969 (κόκκινη διακεκομμένη γραμμή), όπου η ξηρά έχει προελάσει αρκετά προς τη θάλασσα. Κατά το έτος 1995 (καφέ διακεκομμένη γραμμή), η ακτογραμμή στις νότιες εκβολές παραμένει σχεδόν αμετάβλητη συγκριτικά με το έτος 1980 (μωβ διακεκομμένη γραμμή), ενώ στις βόρειες εκβολές εμφανίζεται να έχει αναπτυχθεί ακόμη περισσότερο προς το Ιόνιο Πέλαγος.

Παρατηρώντας τη διαχρονική μεταβολή της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά από το 1945 έως σήμερα, συμπεραίνουμε ότι στις νότιες εκβολές εντοπίζεται μία διαδοχική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής της παράκτιας ζώνης του δέλτα με ταυτόχρονη προέλαση της θάλασσας, ενώ στις βόρειες εκβολές παρατηρείται διαδοχική προέλαση της ξηράς προς το Ιόνιο Πέλαγος, με εντονότερο το φαινόμενο κατά το έτος 1969 που δημιουργήθηκαν οι βόρειες εκβολές. Η εξέλιξη της ακτογραμμής του δέλτα υποδεικνύει ότι οι ενεργές πλέον εκβολές είναι οι βόρειες, αφού στις νότιες εκβολές, λόγω έλλειψης προσφοράς ποτάμιου ιζήματος, επικράτησαν οι θαλάσσιες διεργασίες κάτι το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή υποχώρηση της ακτογραμμής. Η σημερινή εικόνα της ακτογραμμής του δέλτα εμφανίζεται να ακολουθεί τη διαχρονική εξέλιξη αυτή, γεγονός το οποίο δημιουργεί την ανάγκη λήψης μέτρων για την άμεση αντιμετώπιση του φαινομένου οπισθοχώρησης της ακτογραμμής στις νότιες εκβολές του δέλτα και ιδίως λαμβάνοντας υπόψη την ολοένα και αυξανόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (IPCC, 2007), η οποία απειλεί άμεσα με περιορισμό ή ακόμη και με εξαφάνιση τον παράκτιο ζωτικό της χώρο.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 996.

Maroukian H., Gaki-Papanastassiou K., Pavlopoulos K., Zamani A., 1995: Comparative geomorphological observations in the Kalamas delta in western Greece and the Sperkhios delta in eastern Greece, In: Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, 34, 110 (Abstract).

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού: Αεροφωτογραφίες 1945, 1969, 1980 και 1995.

Καραγεωργίου Μ.Μ., 2005: Διαχρονική εκτίμηση των μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά, Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Αθήνα.