



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  
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη**

**Έργο : «ΜΕΛΕΤΗ, ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΪΚΗΣ  
ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ»  
Αρ. Σύμβασης : 5006050**

**«Π3.3» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ  
«Ψηφιακή αποτύπωση, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων  
Πληροφοριών, της μελλοντικής δελταϊκής ακτογραμμής του  
ποταμού Καλαμά για κάθε σενάριο πρόβλεψης  
συνοδευόμενο από τους αντίστοιχους επιστημονικούς  
απολογισμούς»**

Ιωάννινα, 31/07/2019

# Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή .....	1
1.1 Μεταβολή της πρόσφατης δελταϊκής ακτογραμμής .....	4
2. Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής, μέσω τριών σεναρίων ενδεχόμενης μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης .....	6
2.1 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,5 m.....	7
2.2 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m.....	8
2.3 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 m.....	9
3. Συζήτηση-Συμπεράσματα .....	10
Βιβλιογραφικές αναφορές .....	11

# 1. Εισαγωγή

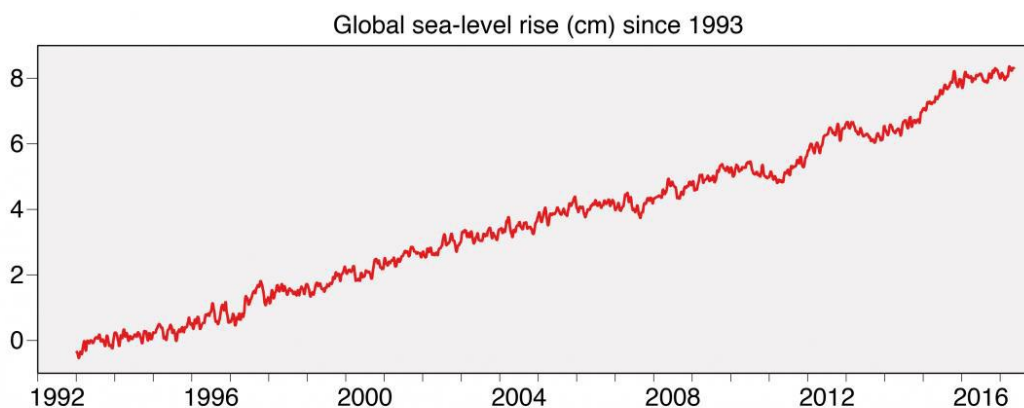
Οι ακτογραμμές μεταβάλλονται συνεχώς τόσο σε κλίμακα γεωλογικού χρόνου όσο και στο χρονικό πλαίσιο ενός εικοσιτετραώρου. Ωστόσο, ιδιαίτερη σημασία για την παράκτια ζώνη παρουσιάζουν οι μεταβολές μεγάλης χρονικής κλίμακας που οφείλονται τόσο σε ευστατικά όσο και σε ισοστατικά και τεκτονικά αίτια (Καρύμπαλης, 2004; Rovere et al., 2016). Οι παράκτιες περιοχές έχουν ιδιαίτερα αυξημένη κοινωνικοοικονομική σημασία για κάθε τόπο, εξαιτίας του αυξημένου πληθυσμού που διαβιεί σε αυτές αλλά και της πληθώρας δραστηριοτήτων που φιλοξενούν, γι' αυτό και το ζήτημα του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών τους έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους επιστήμονες, ειδικά τα τελευταία χρόνια (Blum and Roberts, 2009; Church et al., 2013; Castelle et al., 2018) με έμφαση εκεί όπου παρατηρείται, ή αναμένεται, άνοδος της θαλάσσιας στάθμης. Βασική αιτία ανόδου της θαλάσσιας στάθμης αποτελεί αφενός μεν το λιώσιμο των παγετώνων και αφετέρου, η αύξηση του όγκου του θαλασσινού νερού, λόγω διαστολής του απ' την αύξηση της θερμοκρασίας (Lambeck, 1995; Mimura, 2013).

Εκτιμάται, ότι λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά και λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης (Εικόνα 1) θα επιταχυνθεί στο βραχυπρόθεσμο μέλλον (Λέκκας, 2000; IPCC, 2013; Yi et al., 2015; Chen et al., 2017; Nerem and Fasullo, 2018) προξενώντας άμεσες κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, με περιβαλλοντικές αλλά και γεωμορφολογικές προεκτάσεις, καθώς το νερό της θάλασσας θα εισχωρήσει βαθύτερα στην ξηρά, με αποτέλεσμα τμήμα της χέρσου να αρχίσει σταδιακά να εξαφανίζεται περιορίζοντας σε μεγάλο βαθμό τον παράκτιο ζωτικό της χώρο.

Το φαινόμενο έχει απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό και την Ελλάδα (Velegrakis et al., 2005; Μονιουδι et al., 2014) δεδομένης της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνει η ακτογραμμή της, η οποία φιλοξενεί σχεδόν όλα τα μεγάλα αστικά κέντρα και το 80% των βιομηχανικών και 90% των τουριστικών εγκαταστάσεων. Οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδας είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένες στις αναπότρεπτες διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης δεδομένου του μεγάλου μήκους τους, συγκριτικά με την έκταση της χώρας. Από τις διακυμάνσεις αυτές, ενδιαφέρον στην παρούσα πρόταση παρουσιάζουν εκείνες που κατατείνουν σε προέλαση της θάλασσας, δηλαδή σε περιορισμό του ζωτικού χώρου της χέρσου.

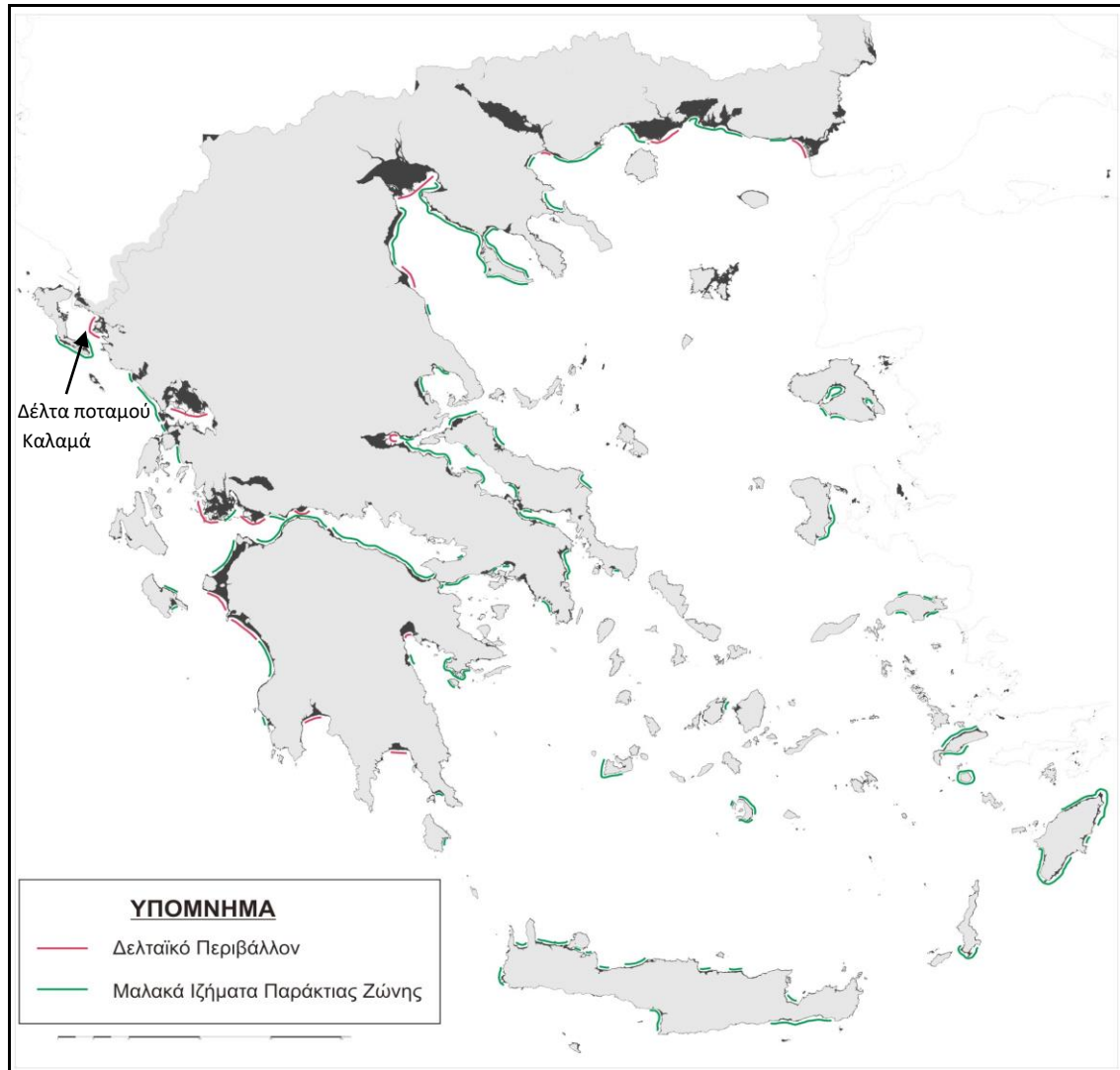
Ιδιαίτερης προσοχής χρήζουν οι παράκτιες περιοχές όπου απαντάται ρηχό ανάγλυφο και συνίστανται κυρίως από αμμώδεις σχηματισμούς, οι οποίες σε συνδυασμό με πιθανή τεκτονική καταβύθιση που δύναται να κυριαρχεί στην περιοχή, κατατάσσονται στις πλέον υψηλού κινδύνου περιοχές. Ο ελλαδικός χώρος βρίσκεται σε δυσμενή θέση, καθώς εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του αιώνα θα έχουν πλημμυρίσει περίπου τα 6.000 από τα

15.000 km της χαμηλής ακτογραμμής που έχουν ιζηματική σύσταση και ήπιες κλίσεις, ενώ αναμένεται να εξαφανιστούν χιλιάδες στρέμματα γης (Αρχόντως, 2007). Το φαινόμενο έχει αρχίσει να γίνεται ιδιαίτερα αισθητό από τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και επιτείνεται με την πάροδο του χρόνου, συνεπώς αποτελεί ένα φλέγον θέμα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης.



**Εικόνα 1: Μεταβολή της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης κατά τη χρονική περίοδο 1993-2017 (Πηγή: CMEMS Ocean Monitoring Indicator based on the C3S sea level product, <https://climate.copernicus.eu/indicators-2017-sea-level>).**

Οι δελταϊκές περιοχές ανήκουν στις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, αφού είναι παράκτιες περιοχές χαμηλού υψομέτρου αποτελούμενες κυρίως από χαλαρά μη συνεκτικά ιζήματα, όπως η περιοχή μελέτης. Παρατηρώντας τον χάρτη της Εικόνας 2, γίνεται αντιληπτό ότι η περιοχή μελέτης (δέλτα του ποταμού Καλαμά) ανήκει στις περιοχές υψηλής παράκτιας τρωτότητας σε ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, το οποίο πιθανότατα θα οδηγήσει σε αρνητικές περιβαλλοντικές και κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις, αφού η ευρύτερη περιοχή αφενός αποτελεί πόλο έλξης για την εγκατάσταση μεγάλου μέρους του πληθυσμού της Ηγουμενίτσας συγκεντρώνοντας μεγάλο τμήμα τουριστικών, γεωργικών και αλιευτικών δραστηριοτήτων και αφετέρου ανήκει στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο Natura 2000.



**Εικόνα 2:** Χάρτης απεικόνισης παράκτιων ζωνών υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (ερυθρό χρώμα) και μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα).

## 1.1 Μεταβολή της πρόσφατης δελταϊκής ακτογραμμής



Εικόνα 3: 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) (ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», 2020b).

Παρατηρώντας την πρόσφατη μεταβολή της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά, γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχει μία γενική τάση οπισθοχώρησής της στο νότιο τμήμα των εκβολών (παλαιές εκβολές) με ταυτόχρονη προέλαση της θάλασσας, ενώ μία γενική τάση προέλασης της ξηράς προς το Ιόνιο Πέλαγος παρατηρείται στο βόρειο τμήμα των εκβολών (νέες εκβολές). Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι ενεργές είναι πλέον οι βόρειες εκβολές, αφού στις νότιες, λόγω έλλειψης προσφοράς ποτάμιου ιζήματος, επικράτησαν οι θαλάσσιες διεργασίες με αποτέλεσμα τη σταδιακή υποχώρηση της ακτογραμμής. Η σημερινή εικόνα

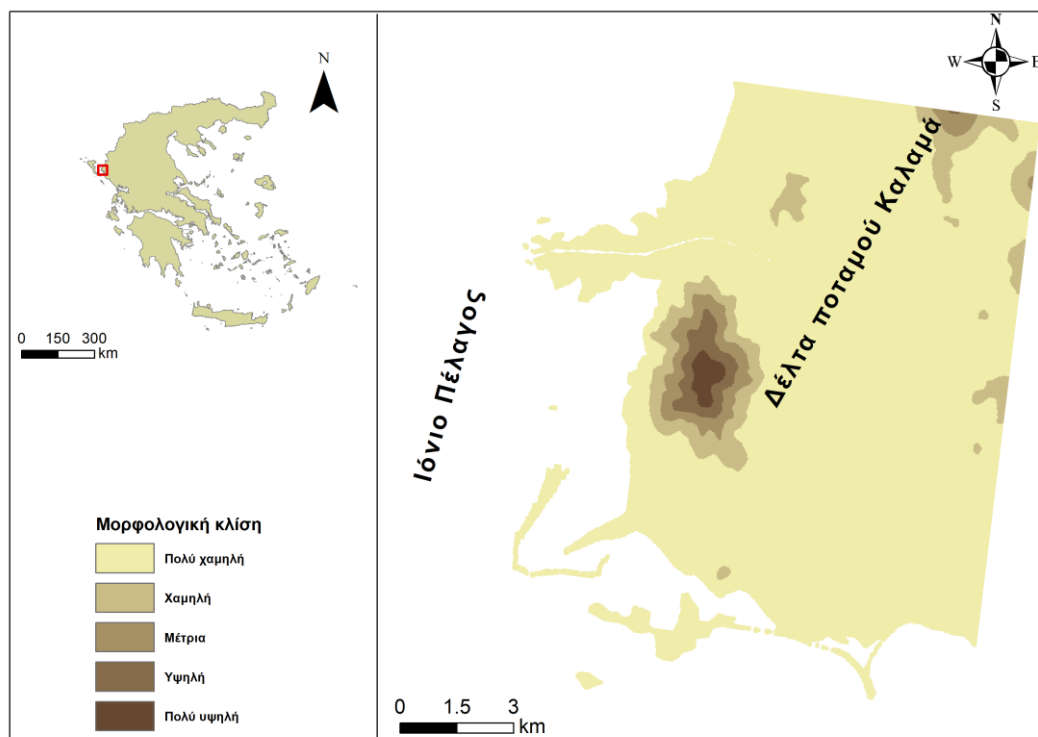
που παρουσιάζει η δελταϊκή ακτογραμμή φαίνεται να ακολουθεί αυτή τη γενική τάση, γεγονός το οποίο οδηγεί στην ανάγκη λήψης μέτρων για την αντιμετώπιση του φαινομένου της παράκτιας διάβρωσης. Λαμβάνοντας υπόψη τη γενική τάση οπισθοχώρησης του νότιου τμήματος των εκβολών, σε συνδυασμό με την ολοένα αυξανόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (IPCC, 2013), η οποία απειλεί άμεσα με περιορισμό ή ακόμη και με εξαφάνιση τον παράκτιο ζωτικό της χώρο, κρίνεται σημαντική η ανάγκη πρόβλεψης της μεταβολής της μελλοντικής ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ψηφιακή αποτύπωση, μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, της μελλοντικής δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά για τρία διαφορετικά σενάρια πρόβλεψης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην παράκτια ζώνη του δέλτα. Συγκεκριμένα, έγινε πρόβλεψη και ψηφιακή αποτύπωση της δελταϊκής ακτογραμμής για ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.5 m, κατά 1 m και κατά 2 m.

## 2. Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής, μέσω τριών σεναρίων ενδεχόμενης μελλοντικής ανόδου της θάλασσας στάθμης

Για την εκτίμηση της μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής από ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θάλασσας στάθμης θεωρήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια ανόδου, κατά 0.5 m, κατά 1 m και κατά 2 m. Για τον σκοπό αυτό, ως βασικό κριτήριο θεωρήθηκε η τοπογραφία της περιοχής μελέτης, μέσω της οποίας αναπαραστάθηκαν 3 διαφορετικές ζώνες κατάκλισης κατά μήκος της παράκτιας δελταϊκής ζώνης.

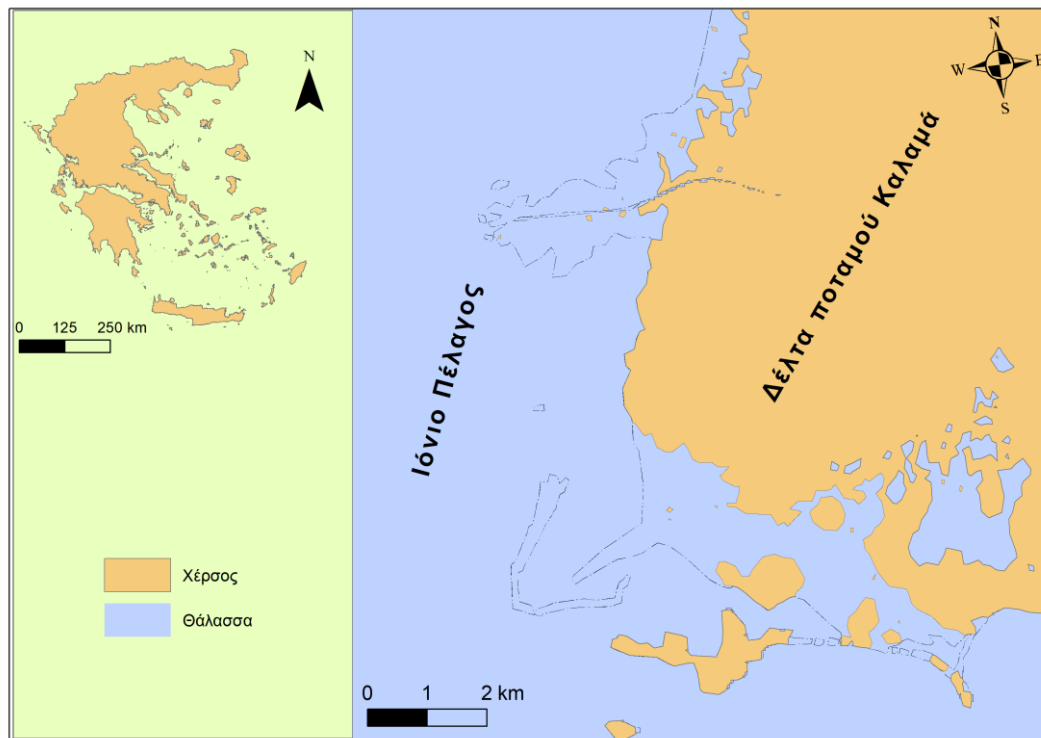
Η ψηφιακή αποτύπωση πραγματοποιήθηκε μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και συγκεκριμένα μέσω του λογισμικού Arcmap 10.5. Η μορφολογική κλίση των παράκτιων περιοχών προέκυψε από την επεξεργασία του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) με διάσταση εικονοστοιχείου 25 m (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) για την περιοχή μελέτης (<https://www.copernicus.eu>).



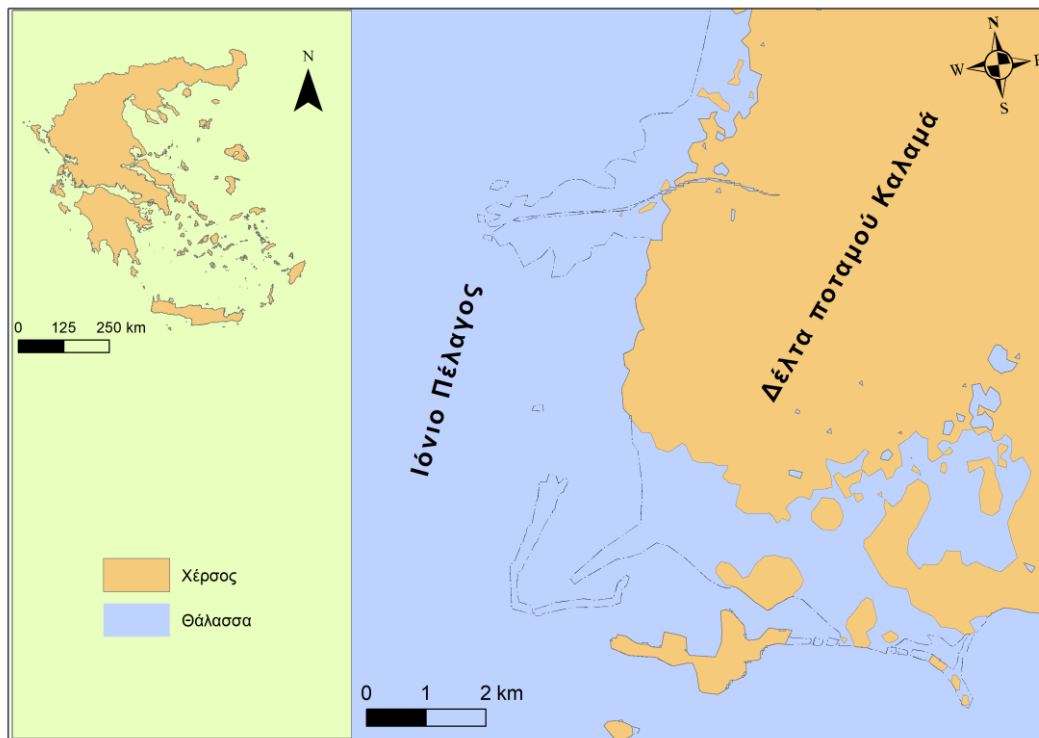
## 2.1 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,5 m



**Εικόνα 5: Ψηφιακή αποτύπωση της μελλοντικής δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά έπειτα από μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.5 m.**

Στον χάρτη της Εικόνας 5 παρουσιάζεται η ζώνη κατάκλυσης έπειτα από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.5 m. Εκτιμάται ότι αναμένεται να κατακλυσθεί συνολική έκταση 16.16 km<sup>2</sup>. Η περιοχή αυτή της παράκτιας ζώνης αποτελεί περιοχή χαμηλού αναγλύφου, το οποίο την κατατάσσει στις ζώνες με την υψηλότερη επικινδυνότητα. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής αυτής εντοπίζεται στις νότιες εκβολές του δέλτα, ενώ σημαντικό τμήμα της εντοπίζεται και στις νέες εκβολές στο βόρειο τμήμα του δέλτα.

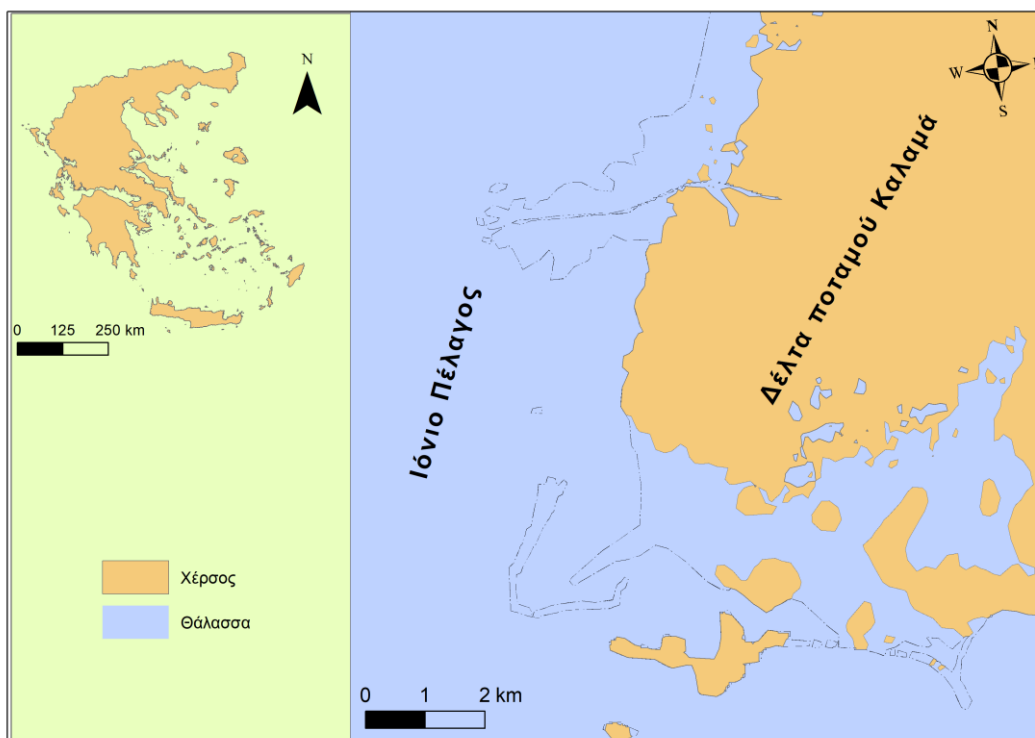
## 2.2 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m



**Εικόνα 6:** Ψηφιακή αποτύπωση της μελλοντικής δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά έπειτα από μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m.

Ο χάρτης της Εικόνας 6 παρουσιάζει την έκταση που αναμένεται να κατακλυσθεί από αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m. Η έκταση αυτή καταλαμβάνει 18.27 km<sup>2</sup> και παρουσιάζει αύξηση 2.11 km<sup>2</sup> σε σχέση με μία ενδεχόμενη άνοδο στην παράκτια ζώνη του δέλτα κατά 0.5 m.

## 2.3 Εκτίμηση μεταβολής της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά - Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 m



Εικόνα 7: Ψηφιακή αποτύπωση της μελλοντικής δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά έπειτα από μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 m.

Στο 3<sup>ο</sup> σενάριο ανόδου εμφανίζεται η ζώνη κατάλυσης έπειτα από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 m (Εικόνα 7). Η συνολική έκταση που αναμένεται να κατακλυσθεί καταλαμβάνει 22.52 km<sup>2</sup>, η οποία παρουσιάζεται αυξημένη κατά 6.09 km<sup>2</sup> συγκριτικά με το πρώτο σενάριο ανόδου και κατά 4.25 km<sup>2</sup> συγκριτικά με το δεύτερο.

### 3. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Όπως παρατηρήθηκε από τους χάρτες με τις ζώνες κατάκλυσης για τα τρία διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, γίνεται αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο τμήμα του δέλτα που αναμένεται να κατακλυσθεί από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης εντοπίζεται στο νότιο τμήμα των εκβολών, ενώ μεγάλο είναι και το τμήμα στις βόρειες εκβολές. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τη γενική τάση οπισθοχώρησης του νότιου τμήματος του δέλτα του ποταμού αλλά και την τάση συμπύκνωσης των χαλαρών ιζημάτων που απαντώνται στο γεωλογικό υπόβαθρο του δέλτα του ποταμού Καλαμά, καθιστούν πιο επιτακτική την ανάγκη λήψης μέτρων για την αντιμετώπιση του φαινομένου της παράκτιας διάβρωσης από ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Τα τρία σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης που προβλέπουν τη μεταβολή της δελταϊκής ακτογραμμής έδειξαν ότι οι ζώνες που αναμένεται να κατακλυσθούν καταλαμβάνουν έκταση 16.16 km<sup>2</sup> έπειτα από άνοδο κατά 0.5 m, 18.27 km<sup>2</sup> έπειτα από άνοδο κατά 1m και 22.52 km<sup>2</sup> έπειτα από άνοδο κατά 2 m. Δεδομένου ότι η συνολική έκταση του δέλτα του ποταμού Καλαμά είναι 78 km<sup>2</sup>, γίνεται αντιληπτό ότι οι εκτάσεις αυτές καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του, καθώς οι απώλεια γης θα είναι της τάξης των 20,71%, 23.42% και 28.87% αντίστοιχα επί της συνολικής έκτασής του.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

Blum M.D., and Roberts H.H., 2009: Drowning of the Mississippi Delta due to insufficient sediment supply and global sea-level rise. *Nature Geoscience*, 2:488–491.

Castelle B., Guillot B., Marieu V., Chaumillon E., Hanquiez V., Bujan S., and Poppeschi C., 2018: Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-km high-energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200:212–223.

Chen X., Zhang X., Church J.A., Watson C.S., King M.A., Monselesan D., Legresy B. and Harig C., 2017: The increasing rate of global mean sea-level rise during 1993-2014. *National Climate Change*, 7:492–495.

Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A., Merrifield M.A., Milne G.A., Nerem R.S., Nunn P.D., Payne A.J., Pfeffer W.T., Stammer D. and Unnikrishnan A.S., 2013: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2013: *Climate Change-2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535.

Monioudi I.N., Karditsa A., Chatzipavlis A. Alexandrakis G., Andreadis O.P., Velegrakis A.F., Poulos S.E., Ghionis G., Petrakis S., Sifnioti D., Hasiotis T., Lipakis M., Kampanis N., Karambas Th. and Marinou E., 2016: Assessment of vulnerability of the eastern Cretan beaches (Greece) to sea level rise, *Regional Environmental Change*, 16:1951.

Nerem R.S. and Fasullo J., 2018: Observations of the rate and acceleration of global Mean Sea Level Change, *American Meteorological Society*, DOI:10.1175/BAMS-D-18-0247.1.

Rovere A., Stocchi P. and Vacchi M., 2016: Eustatic and Relative Sea Level Changes, *Current Climate Change Reports*, 2:221–231.

Velegrakis A.F., Vousdoukas M., Andreadis O.P., Adamakis G., and Meligonitis R., 2008: Impacts of dams on their downstream beaches: A case study from Eresos basin, Lesvos, Greece, *Marine Georesources and Geotechnology*, 26:350–371.

Yi S., Sun W., Heki K. and Qian A., 2015: An increase in the rate of global mean sea level rise since 2010. *Geophysical Research Letters*, 42:3998–4006.

Αρχόντως Σ., 2007: Προσδιορισμός επικινδυνότητας παράκτιων περιοχών από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών. Οι επιπτώσεις μελέτης του Πόρτο Χελίου και της Ερμιόνης, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του Τμήματος Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», 2020b. «Π1.2» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ «Ψηφιακή αποτύπωση της υποθαλάσσιας μορφολογίας και της παλαιοακτογραμμής του Δέλτα του ποταμού Καλαμά μέσω των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS)»

Καρύμπαλης Ε., 2004: Σημειώσεις Παράκτιας Γεωμορφολογίας, Τμήμα Γεωγραφίας-Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Λέκκας Ε., 2000: Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, Αθήνα, Access Pre-press.

<https://www.copernicus.eu>