

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Πτυχιακή εργασία της Καραγεωργίου Μελαχροινής- Μιχαέλας

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2005

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Πτυχιακή εργασία της Καραγεωργίου Μελαχροινής- Μιχαέλας

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής: Καρύμπαλης Ευθύμιος (Επιβλέπων Καθηγητής)

Παυλόπουλος Κοσμάς

Παρχαρίδης Ισαάκ

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2005

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Διαχρονική εκτίμηση των μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά» μου ανετέθη από τον Λέκτορα του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη τον Σεπτέμβριο του 2004.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή, κ. Ε. Καρύμπαλη για την πολύτιμη συμβολή, υποστήριξη και συμπαράστασή του με τα οποία κατέστη δυνατή η εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα κ. Ι. Παρχαρίδη και τον Καθηγητή κ. Κ. Παυλόπουλο, μέλη της εξεταστικής επιτροπής για την απεριόριστη βοήθεια τους.

Εξίσου σημαντική ήταν και η βοήθεια του κ. Π. Τζούκα, πολιτικού μηχανικού Α΄ βαθμού στο Υπουργείο Δημοσίων Έργων στη συλλογή στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την διεκπεραίωση της εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Σενή Αρχόντω για την πολύτιμη βοήθεια της στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους, τους φίλους και τους δικούς μου ανθρώπους που με στήριξαν και με βοήθησαν τόσο ηθικά όσο και υλικά, ώστε να μπορέσω να αντεπεξέλθω στις απαιτήσεις για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας μελετήθηκε η διαχρονική μεταβολή της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά. Επιπλέον έγινε μια πρώτη εκτίμηση των περιοχών που αναμένεται να αντιμετωπίσουν σημαντικό πρόβλημα από την αναμενόμενη σε παγκόσμια κλίμακα μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης μέχρι το έτος 2100. Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων που προήλθαν από τη συλλογή, την επεξεργασία και την ανάλυση αναλογικών χαρτών, δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών με τη χρήση των λογισμικών ArcGIS 8.3 και ERDAS IMAGINE 8.6.

Από την παρατήρηση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων διαπιστώθηκε ότι από το 1945 και μετά υπάρχουν δύο εκβολές του ποταμού Καλαμά. Η πρώτη, και παλαιότερη είναι πλέον εγκαταλελειμμένη και βρίσκεται νότια του Μαύρου Όρους. Η ακτογραμμή στη θέση των παλαιών αυτών εκβολών παρουσιάζει διαχρονικά υποχώρηση με μέγιστο ρυθμό $0.008 \text{ Km}^2/\text{έτος}$ για το χρονικό διάστημα 1969- 1989. Η υποχώρηση αυτή οφείλεται στην εκτροπή της κοίτης του ποταμού, το 1965 με την κατασκευή ενός φράγματος στην άνω δελταϊκή πεδιάδα, που είχε σαν αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας του παλαιού δέλτα με ποτάμιο ίζημα και την επακόλουθη ενίσχυση των θαλάσσιων διεργασιών στην περιοχή. Η υποχώρηση οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στη βύθιση που προκαλείται από τη συμπίεση των δελταϊκών ιζημάτων.

Η δεύτερη εκβολή, που είναι ενεργή σήμερα, είναι αποτέλεσμα της εκτροπής του ποταμού. Η συνεχής προέλαση της ξηράς που παρατηρείται στο χώρο αυτό οφείλεται στις υψηλές βροχοπτώσεις, που επικρατούν στην περιοχή της λεκάνης απορροής που αυξάνουν την παροχή του ποταμού κατά τους χειμερινούς μήνες, έχοντας σαν επακόλουθο την αύξηση της στερεοπαροχής του ποταμού που τελικά τροφοδοτεί τις εκβολές με υλικό. Ακόμη σημαντικό ρόλο παίζει η λιθολογία της λεκάνης που καταλαμβάνεται κυρίως από ευδιάβρωτα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα.

Διακρίθηκαν οι περιοχές χαμηλού υψομέτρου που αναμένεται να πληγούν από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Εντοπίστηκαν και υπολογίστηκαν τα ποσοστά των εκτάσεων των σημαντικότερων χρήσεων γης που βρίσκονται μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0- 0.5 m, 0- 1.0 m, 0- 2.0 m και 0-4.0 m.

Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των χαμηλών δελταϊκών παράκτιων ζωνών καταλαμβάνεται από καλλιέργειες, μεγάλης οικονομικής σημασίας, και από εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά.

Συμπερασματικά, μια πιθανή μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης θα προκαλέσει σημαντική μείωση της ξηράς και ακολούθως ανεπιθύμητες κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες.

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate recent shoreline shifting of the Kalamas River delta (Western Greece). Additionally, a preliminary estimation of regions which are going to face severe problems due to the global eustatic sea-level rise until the year 2100. A spatial database derived from detailed analogue maps, satellite images and aerial photographs was constructed for the delta of Kalamas River using ArcGIS 8.3 and ERDAS IMAGINE 8.6.

Comparative observations of aerial photographs and satellite images lead to the ascertainment that after 1945 the main distributary channels were active. The old one is now abandoned and flows into the sea south of Mauro Mount. The broader area of this old river mouth is retreating since 1969 with maximum retreating rate $0.008 \text{ Km}^2/\text{year}$ for the time period between 1969 and 1989. Inland migration of the deltaic coastline is the result of artificial change of the course of the distributary channel which was attained with the construction of a dam at the upper part of the delta plain. This dam was constructed in order to control flood events at the lower part of the delta plain as well as for irrigation purposes. The construction of the dam resulted in the drastically reduction of fluvial sediment and the dominants of marine erosional processes along the coastline. In addition, a compaction of the deltaic sediments is observed causing a significant lowering the delta plain surface.

The second now active distributary channel is the result of the artificial change of the river course and flows into the sea mouth of Mauro Mount. Continuous progradation at this part of the coastline is the result of high rainfalls that characterize the drainage basin of the river especially during winter months. High rainfalls cause high discharge and high sediment load that reaches the present river mouth. Important is the role of the presence of erodible clastic sedimentary rocks at the surface of the drainage basin.

Low-lying regions which are expected to be affected by the future sea level rise were defined. Additionally, the areas of the most important land uses occupying the elevation zones of 0-0.5 m, 0- 1 m, 0- 2 m and 0- 4 m were identified and measured.

A large percentage of the low-lying deltaic coastal zones is occupied by economically important cultivation and areas with high percentage of organic materials.

It is concluded that the results of the anticipated rise in sea-level would cause significant land losses and socio- economically undesirable consequences for the local society.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Σχήματα

Σχήμα 1, Κεφάλαιο 2.2, σελ. 6, Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα.

Σχήμα 2, Κεφάλαιο 2.3, σελ. 9, Σχηματική απεικόνιση των διεργασιών που παίζουν κύριο ρόλο στη διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα.

Σχήμα 3, Κεφάλαιο 2.4, σελ. 11, Ταξινόμηση των δέλτα βάσει των τριών διεργασιών διαμόρφωσής τους: ποτάμια τροφοδοσία, κυματική ενέργεια και παλίρροιες (Galloway).

Σχήμα 4, Κεφάλαιο III, σελ. 22, Τυπικές καμπύλες φασματικής απόκρισης για διάφορα υλικά της γήινης επιφάνειας σε εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0.3 έως 12 περίπου μm (CCRS, 1998 από Μιγκίρος Γ, 2003).

Σχήμα 5, Κεφάλαιο IX, σελ. 44, Απεικόνιση των ακτογραμμών στις αεροφωτογραφίες του 1945 και του 1969 και στις δορυφορικές εικόνες των ετών 1989 και 2000.

Σχήμα 6, Κεφάλαιο IX, σελ. 46, Απεικόνιση της προέλασης των εκβολών του νέου/ τεχνητού δέλτα κατά το 1969 σε σχέση με το 1945.

Σχήμα 7, Κεφάλαιο IX, σελ. 47, Απεικόνιση της προέλασης των εκβολών του νέου/ τεχνητού δέλτα κατά το 1989 σε σχέση με το 1969.

Σχήμα 8, Κεφάλαιο IX, σελ. 48, Απεικόνιση της υποχώρησης των εκβολών του παλαιού δέλτα κατά το 1989 σε σχέση με το 1969.

Σχήμα 9, Κεφάλαιο IX, σελ. 49, Απεικόνιση της υποχώρησης των εκβολών του παλαιού δέλτα κατά το 2000 σε σχέση με το 1989.

Σχήμα 10, Κεφάλαιο 10.1, σελ. 51, Μέγιστη και ελάχιστη εκτιμώμενη μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα και της στάθμης της θάλασσας παγκοσμίως μέχρι το έτος 2100 από την IPCC (2001).

Πίνακες

Πίνακας 1, Κεφάλαιο III, σελ. 18, Σφάλμα κάθε φύλλου χάρτη ξεχωριστά.

Πίνακας 2, Κεφάλαιο III, σελ. 18, Θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν τα χωρικά και περιγραφικά χαρακτηριστικά τους και η πηγή προέλευσης τους.

Πίνακας 3, Κεφάλαιο 4.3, σελ. 26, Πληθυσμιακά στοιχεία των δήμων της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001).

Πίνακας 4, Κεφάλαιο 5.2.1, σελ. 30, Βροχομετρικοί σταθμοί στην περιοχή του δέλτα του ποταμού Καλαμά, περίοδος λειτουργίας τους και ο φορέας που τους κατασκεύασε.

Πίνακας 8, Κεφάλαιο 5.2.2, σελ. 34, Παρουσίαση των μέσων ετησίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα.

Πίνακας 9, Κεφάλαιο VI, σελ. 38, Οι απόλυτες τιμές έκτασης σε Km² και τα αντίστοιχα ποσοστά των λιθολογικών ομάδων στη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά..

Πίνακας 10, Κεφάλαιο VIII, σελ. 43, Τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, της αλλουβιακής πεδιάδας, του δέλτα του ποταμού Καλαμά καθώς και της λεκάνης υποδοχής των ποτάμιων ιζημάτων του, που είναι το Ιόνιο πέλαγος.

Πίνακας 11, Κεφάλαιο IX, σελ. 45, Παρουσίαση του ρυθμού προέλασης και υποχώρησης της ακτογραμμής του βόρειου και του νότιου δέλτα του ποταμού Καλαμά καθώς και των εκτάσεων που έχουν υποχωρήσει/προελάσει.

Πίνακας 12, Κεφάλαιο 10.2, σελ.52, Η διανομή των ακτών της ηπειρωτικής Ελλάδας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, Πηγή: Gaki- Papanastasiou et al.,1997 Μαρουκιάν κ.α., 2001

Πίνακας 13, Κεφάλαιο 11.1, σελ.59, Έκταση (km²) και ποσοστά % των χρήσεων γης για τις υψομετρικές ζώνες μεταξύ της ακτογραμμής και των 0.5 m, 1.0 m, 2.0 m και 4.0 m.

Χάρτες

Χάρτης 1, Κεφάλαιο 4.1, σελ. 24, Τμήμα του γεωφυσικού χάρτη της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 2, Κεφάλαιο 4.3, σελ. 27, Οι δήμοι που διατρέχει ο ποταμός Καλαμάς.

Χάρτης 3, Κεφάλαιο VI, σελ. 37, Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά. Ο χάρτης προέκυψε μετά από την ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά.

Χάρτης 4, Κεφάλαιο VII, σελ. 39, Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά. Οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου απεικονίζονται με μπλε γραμμές.

Χάρτης 5, Κεφάλαιο VIII, σελ. 41, Απεικόνιση του δέλτα του ποταμού Καλαμά. Οι περιοχές με καφέ αποτελούν το πετρώδες υπόβαθρο, ενώ με κίτρινο απεικονίζονται οι δελταϊκές αποθέσεις του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 6, Κεφάλαιο XI, σελ. 54, Ζώνες επικινδυνότητας της περιοχής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 7, Κεφάλαιο XI, σελ. 55, Ζώνες επικινδυνότητας της περιοχής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 8, Κεφάλαιο XI, σελ. 56, Ζώνες επικινδυνότητας της περιοχής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 9, Κεφάλαιο XI, σελ. 57, Ζώνες επικινδυνότητας της περιοχής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 10, Κεφάλαιο XI, σελ. 58, Χρήσεις γης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά.

Χάρτης 11α, Κεφάλαιο 11.1.1, σελ. 62, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0- 0.5m .

Χάρτης 11β, Κεφάλαιο 11.1.1, σελ. 63, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0- 0.5m.

Χάρτης 11γ, Κεφάλαιο 11.1.1, σελ. 64, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0- 0.5m.

Χάρτης 11δ, Κεφάλαιο 11.1.2, σελ. 66, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0.5- 1m.

Χάρτης 11ε, Κεφάλαιο 11.1.2, σελ. 67, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0.5- 1m.

Χάρτης 11στ, Κεφάλαιο 11.1.2, σελ. 68, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 0.5- 1m.

Χάρτης 11ζ, Κεφάλαιο 11.1.3, σελ. 70, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 1- 2m.

Χάρτης 11η, Κεφάλαιο 11.1.3, σελ. 71, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 1- 2m.

Χάρτης 11θ, Κεφάλαιο 11.1.3, σελ. 72, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 1- 2m.

Χάρτης 11ι, Κεφάλαιο 11.1.4, σελ. 74, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 2- 4m.

Χάρτης 11κ, Κεφάλαιο 11.1.4, σελ. 75, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 2- 4m.

Χάρτης 11κι, Κεφάλαιο 11.1.4, σελ. 76, Χρήσεις γης μεταξύ των υψομετρικών ζωνών 2- 4m.

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1, Κεφάλαιο 4.3, σελ. 26, Πληθυσμιακά στοιχεία των δήμων της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001).

Διάγραμμα 2, Κεφάλαιο 5.2.1, σελ. 31, Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1973- 2003 του σταθμού Φιλιατών.

Διάγραμμα 3, Κεφάλαιο 5.2.1, σελ. 31, Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1973- 2003 του σταθμού Ηγουμενίτσας.

Διάγραμμα 4, Κεφάλαιο 5.2.1, σελ. 32, Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης της περιόδου 1973- 2003 του σταθμού Φιλιατών.

Διάγραμμα 5, Κεφάλαιο 5.2.1, σελ. 33, Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης της περιόδου 1973- 2003 του σταθμού Ηγουμενίτσας.

Διάγραμμα 6, Κεφάλαιο 5.2.2, σελ. 34, Ετήσια κύμανση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα για το μετεωρολογικό σταθμό Σουλόπουλου για την περίοδο 1988-1997.

Διάγραμμα 7, Κεφάλαιο VI, σελ. 38, Ραβδόγραμμα που απεικονίζει την έκταση των τριών λιθολογικών ομάδων σε km^2 που καταλαμβάνουν τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά. Το διάγραμμα – πίτα απεικονίζει τα αντίστοιχα ποσοστά των λιθολογικών ομάδων στη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

Διάγραμμα 8, Κεφάλαιο 11.1.1, σελ. 61, Έκταση (Km^2) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-0.5 m.

Διάγραμμα 9, Κεφάλαιο 11.1.2, σελ. 65, Έκταση (Km^2) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0.5-1 m.

Διάγραμμα 10, Κεφάλαιο 11.1.3, σελ. 69, Έκταση (Km^2) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 1-2 m.

Διάγραμμα 11, Κεφάλαιο 11.1.4, σελ. 73, Έκταση (Km^2) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 2-4 m.

Διάγραμμα 12, Κεφάλαιο 11.1.4, σελ. 77, Συμμετοχή των χρήσεων γης στη συνολική έκταση των τεσσάρων υψομετρικών ζωνών του δέλτα του Καλαμά.

Παράρτημα I

Πίνακας 5: Μηνιαίες και Ετήσιες Βροχομετρικές παρατηρήσεις από το σταθμό Φιλιατών.

Πίνακας 6: Μηνιαίες και Ετήσιες Βροχομετρικές παρατηρήσεις από το σταθμό Ηγουμενίτσας.

Πίνακας 7: Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας Αέρα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ. 1
II. ΔΕΛΤΑ ΠΟΤΑΜΩΝ	Σελ. 5
2.1 Ορισμός των δέλτα	Σελ. 5
2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα	Σελ. 5
2.2.1 Δελταϊκή πεδιάδα (delta plain)	Σελ. 6
2.2.2 Μέτωπο δέλτα (delta front)	Σελ. 7
2.2.3 Προδέλτα (prodelta)	Σελ. 8
2.3 Διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα	Σελ. 8
2.4 Μορφοδυναμική ταξινόμηση των δέλτα	Σελ. 10
2.4.1 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμεις διεργασίες	Σελ. 11
2.4.2 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό	Σελ. 12
2.4.3 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης την παλίρροια	Σελ. 12
2.5 Ανάπτυξη των δέλτα στο Ολόκαινο	Σελ. 13
2.6 Τα δέλτα του ελλαδικού χώρου	Σελ. 14
2.7 Ανθρώπογενείς επεμβάσεις στα δέλτα	Σελ. 14
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	Σελ. 16
IV. ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 24
4.1 Γεωγραφική τοποθέτηση	Σελ. 24
4.2 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά	Σελ. 25
4.3 Διοικητικά και Πληθυσμιακά στοιχεία της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά	Σελ. 25
V. ΚΛΙΜΑ	Σελ. 28
5.1 Το κλίμα της Ελλάδας	Σελ. 28
5.2 Κλιματολογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά	Σελ. 29
5.2.1 Βροχόπτωση	Σελ. 29
5.2.2 Θερμοκρασία του αέρα	Σελ. 33
VI. ΓΕΩΛΟΓΙΑ- ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 35

VII. ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 39
VIII. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 41
IX. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 44
X. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	Σελ. 50
10.1 Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης	Σελ. 50
10.2 Επιπτώσεις της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στον Ελλαδικό χώρο	Σελ. 51
XI. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΣΤΟ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ	Σελ. 53
11.1 Εκτίμηση εκτάσεων ανά υψομετρική ζώνη για τις διάφορες χρήσεις γης.	Σελ. 59
11.1.1 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 0- 0.5 m	Σελ. 60
11.1.2 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 0.5- 1 m	Σελ. 65
11.1.3 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 1- 2 m	Σελ. 69
11.1.4 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 2- 4m	Σελ. 73
XII. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	Σελ. 79
XIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ. 83
Παράρτημα I	

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παράκτια ζώνη αποτελεί μία περιοχή με πολύ μεγάλη οικονομική και κοινωνική σημασία. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν πόλο έλξης για την εγκατάσταση μεγάλου μέρους του πληθυσμού και συγκεντρώνουν ένα σημαντικό μέρος της γεωργικής, αλιευτικής και τουριστικής δραστηριότητας αρκετών χωρών. Το γεγονός ότι αναπτύσσονται κατά μήκος της επαφής μεταξύ της θάλασσας και της ξηράς τις καθιστά δυναμικά μεταβαλλόμενες, αφού υπόκεινται στη δράση μιας σειράς διεργασιών τόσο χερσαίων όσο και θαλάσσιων. Τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία αύξηση του πληθυσμού που εγκαθίσταται στις περιοχές αυτές και την ανάπτυξη και εξέλιξη της τεχνολογίας που βοηθά την κατασκευή μιας σειράς έργων, όπως αποστραγγιστικά και εγγειοβελτιωτικά έργα και φράγματα, οι παράκτιες περιοχές δέχονται μια σειρά άμεσων και έμμεσων επεμβάσεων. Σαν αποτέλεσμα ορισμένες χερσαίες περιοχές προελαύνουν σε σχέση με πριν και άλλες υποχωρούν έναντι της θάλασσας δημιουργώντας έτσι προβλήματα στη διανομή της διαθέσιμης για τους παράκτιους πληθυσμούς γης.

Η παρουσία τόσων διαφορετικής φύσης δραστηριοτήτων ταυτόχρονα καθιστά αδύνατο τον περιβαλλοντικό έλεγχο των παράκτιων περιοχών με αποτέλεσμα αρκετά συχνά σε παράκτιες περιοχές η ρύπανση του περιβάλλοντος με την αποβολή επικίνδυνων τοξικών ουσιών αλλά και με την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού να εξαπλώνεται, καταστρέφοντας τους υγροβιότοπους που έχουν σχηματιστεί και θέτοντας σε τεράστιο κίνδυνο σπάνια είδη χλωρίδας και πανίδας.

Από τα υποπεριβάλλοντα της παράκτιας ζώνης που συνιστούν ίσως τα περισσότερα δυναμικά μεταβαλλόμενα είναι τα ποτάμια δέλτα. Η κοινωνικοοικονομική σπουδαιότητα των δέλτα είναι πολύ μεγάλη. Αποτελούσαν και εξακολουθούν να αποτελούν πόλο έλξης για την εγκατάσταση πληθυσμών τόσο στην αρχαιότητα όσο και στα νεότερα χρόνια. Σήμερα αποτελούν περιοχές που συγκεντρώνουν σημαντικό μέρος της γεωργικής, τουριστικής και αλιευτικής δραστηριότητας για αρκετές χώρες. Επιπλέον οι δελταϊκές αποθέσεις συγκεντρώνουν το συνδυασμό ευνοϊκών συνθηκών για το σχηματισμό των υγρών και αερίων υδρογονανθράκων αλλά και την αποθήκευσή τους. Τα δελταϊκά ιζήματα εμπεριέχουν οργανικές αποθέσεις όπως τύρφη και ορυκτούς άνθρακες που μπορούν να αποτελέσουν την πηγή για τη δημιουργία πετρελαίου και φυσικού αερίου. Τέλος δε

θα πρέπει να παραληφθεί η περιβαλλοντική σπουδαιότητα των ποτάμιων δέλτα, τα οποία φιλοξενούν υγρότοπους μεγάλης οικολογικής σημασίας που συγκεντρώνουν σπάνια είδη χλωρίδας και πανίδας (Καρύμπαλης, 2004).

Οι μεταβολές στη γεωμορφολογία και στις χρήσεις γης που προκαλούνται από τις φυσικές διεργασίες και εντείνονται από τις άμεσες και έμμεσες ανθρωπογενείς επεμβάσεις ώθησαν αρκετούς ερευνητές του χώρου να μελετήσουν και να καταγράψουν τις διαχρονικές μεταβολές τόσο στις παράκτιες περιοχές όσο και στις δελταϊκές πεδιάδες και στις δελταϊκές ακτογραμμές σε αρκετές περιπτώσεις με την χρήση σύγχρονων εργαλείων και λογισμικών. Το γεγονός ότι οι δελταϊκές περιοχές είναι το αποτέλεσμα μιας δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των διεργασιών που επικρατούν στην ξηρά και τη θάλασσα που τις κάνει ιδιαίτερα επιρρεπείς στην μεταβολή κάποιου από τους παράγοντες που τις διαμορφώνουν. Ιδιαίτερα οι μεταβολές κατά μήκος της ακτογραμμής των δέλτα, οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις είναι τόσο εντυπωσιακές και ταχείες που μπορεί να τις παρατηρήσει ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του, έχουν μελετηθεί για δέλτα τόσο του εξωτερικού όσο και της Ελλάδας από αρκετούς επιστήμονες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ποταμός Αχελώος ο οποίος έχει προελαύνει στην περιοχή των εκβολών περισσότερο από 1 km μεταξύ των ετών 1945 και 1990 όπου ο ρυθμός προέλασης είναι 67 m ανά έτος. Ενώ για την ίδια χρονική περίοδο οι εγκαταλελειμμένες παλαιές εκβολές του ποταμού υποχώρησαν λόγω θαλάσσιας διάβρωσης κατά 500- 700 m το οποίο αντιστοιχεί σε ένα ρυθμό υποχώρησης 40 m ανά έτος (Piper and Panagos, 1981). Ακόμη η σύγχρονη εκβολή του ποταμού Μόρνου έχει προελάσει κατά 150 m για την χρονική περίοδο 1945- 1990 με ρυθμό 3,3 m ανά έτος (Piper et al., 1990). Η έκταση της δελταϊκής πεδιάδας του ποταμού Αξιού έχει υποχωρήσει κατά 95 Km² με ρυθμό υποχώρησης 3,1Km²/έτος κατά την περίοδο 1956- 1987, ενώ για το ίδιο διάστημα οι εκβολές του ποταμού έχουν προελάσει κατά 25 Km² που αντιστοιχεί σε ρυθμό προέλασης 0,8Km²/ έτος (Poulos et al., 1996).

Ο E. Pranzini (2001) μελέτησε και κατέγραψε τις μεταβολές των δέλτα των ποταμών Arno και Ombrone που βρίσκονται στην ακτή της Τοσκάνης στην βορειοδυτική Ιταλία. Ακόμη οι E. Fouache et al. (2001) κατέγραψαν την πρόσφατη γεωμορφολογική εξέλιξη των ποταμών Seman και Vjosa (ο ελληνικός Αώος) της Αλβανίας, οι οποίοι αποστραγγίζουν διαφορετικές λεκάνες απορροής και εκβάλουν στην Αδριατική θάλασσα διαμορφώνοντας ένα κοινό δέλτα. Οι L. Jeftic et al. (1992) μελέτησαν τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις από την αλλαγή του

κλίματος (αύξηση θερμοκρασίας) και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας της Μεσογείου στο δέλτα του ποταμού Έβρου της Ισπανίας..

Ο Ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη των δέλτα. Το 44,66% του συνόλου της ακτογραμμής της Ελλάδας καταλαμβάνεται από δέλτα ποταμών, δελταϊκά και αλλουβιακά ριπίδια και παράκτιες πεδιάδες.

Οι I. Gatsis et al. (2001) κατέγραψαν τις μεταβολές της ακτογραμμής χρησιμοποιώντας διαχρονικά δορυφορικά δεδομένα για τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου και για τα δέλτα των ποταμών Αχελώου και Εύηνου στη Δυτική Ελλάδα. Ακόμη μελετήθηκε ο βαθμός επικινδυνότητας της δελταϊκής παράκτιας ζώνης από τη μελλοντική άνοδο της θάλασσας στάθμης από τους Χαλκιά Χ. και Καρύμπαλη Ε. (2003). Τέλος, οι H. Maroukian and E. Karymbalis (2004) μελέτησαν τις γεωμορφολογικές μεταβολές του δέλτα του Εύηνου ποταμού στη Δυτική Ελλάδα και τις ανθρώπινες επεμβάσεις τα τελευταία 150 χρόνια με έμφαση στην προέλαση και υποχώρηση τμήματος της ακτογραμμής.

Πέραν των ιδιαίτερων μορφολογικών χαρακτηριστικών καθώς και της κοινωνικοοικονομικής τους σημασίας τα δέλτα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις μεταβολές της θάλασσας στάθμης. Κύριος λόγος είναι ότι φιλοξενούν εκτεταμένες περιοχές με πολύ χαμηλό υψόμετρο και χρήσεις γης ιδιαίτερης οικονομικής αξίας.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των διαχρονικών μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά στην Βορειοδυτική Ελλάδα με την χρήση δορυφορικών εικόνων και σειρών αεροφωτογραφιών διαφορετικών ετών λήψης καθώς και χρήση παλαιών χαρτών. Στόχος είναι ο εντοπισμός περιοχών προέλασης και υποχώρησης του δέλτα, ο προσδιορισμός των αντίστοιχων ρυθμών και η σύνθεσή τους με τη δράση των φυσικών διεργασιών αλλά και των άμεσων και έμμεσων ανθρωπογενών επεμβάσεων. Επιπλέον εκτιμώνται οι επιπτώσεις που θα έχει η μελλοντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας στον ευρύτερο χώρο της δελταϊκής πεδιάδας αλλά και στην ακτογραμμή.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο μέρος της εργασίας δίνονται γενικά στοιχεία για τη δημιουργία των δέλτα των ποταμών καθώς και των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών. Αυτή η αναφορά που είναι σύνθεση βιβλιογραφικών δεδομένων κρίθηκε αναγκαία, αφού η βασική γεωμορφή αναφοράς της εργασίας αυτής είναι ένα ποτάμιο δέλτα και συγκεκριμένα αυτό του Καλαμά. Στη συνέχεια περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην εργασία και ακολούθως δίνονται τα γενικά

φυσικο- γεωγραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά με ιδιαίτερη έμφαση στη μορφολογία του δέλτα και τις παράκτιες διεργασίες. Στο τελευταίο μέρος, παρουσιάζονται οι διαχρονικές μεταβολές της ακτογραμμής καθώς και οι επιπτώσεις της αναμενόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην δελταϊκή πεδιάδα του Καλαμά και στις χρήσεις γης που ήδη υφίστανται.

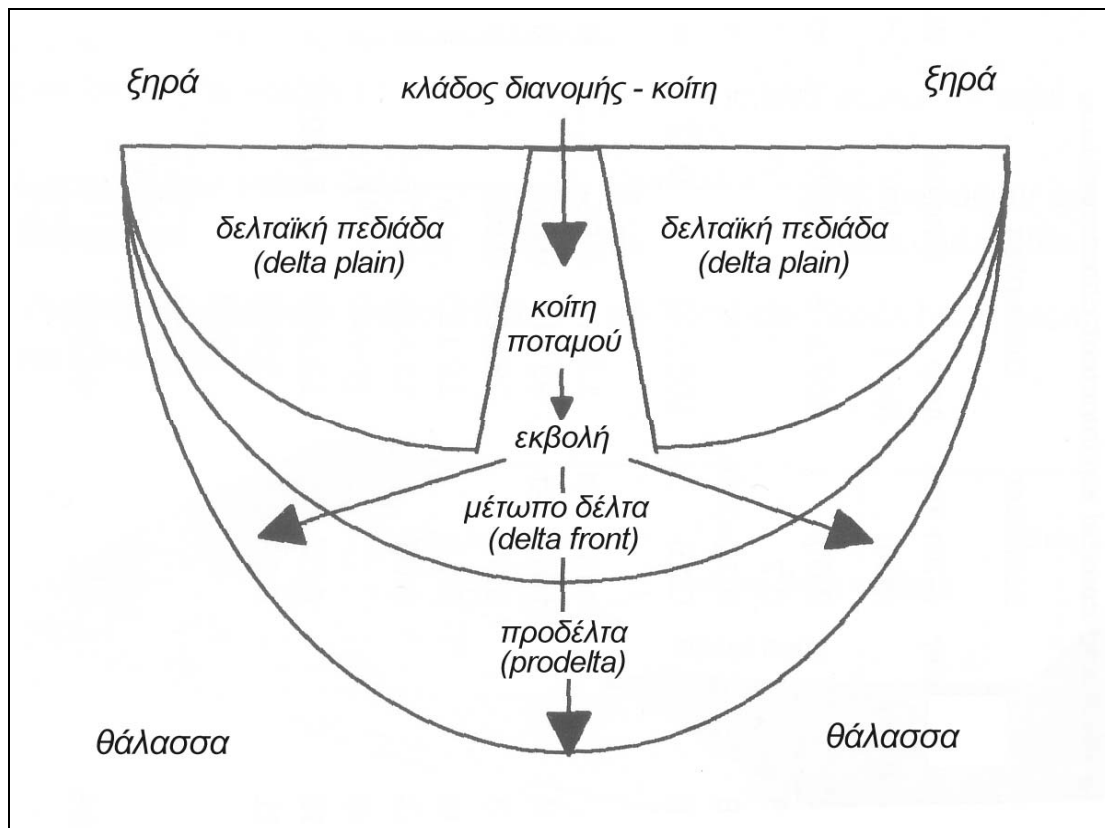
II. ΔΕΛΤΑ

2.1 Ορισμός των δέλτα

Γενικά, ο όρος δέλτα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ηρόδοτο γύρω στο 450 π.Χ. για να περιγράψει τις αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού Νείλου στο στόμιο της εκβολής του. Σήμερα με τον όρο αυτό περιγράφονται οι χαρακτηριστικές μορφές απόθεσης που δημιουργούνται σε περιοχές ποτάμιων εκβολών που σχηματίζονται στο μεταβατικό περιβάλλον λιμνών και θαλασσών. Η δημιουργία του δέλτα εξαρτάται από την κατάσταση της δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των παραγόντων που δρουν στον ηπειρωτικό χώρο δηλαδή στις λεκάνες απορροής των ποταμών και των παραγόντων που δρουν στον παράκτιο χώρο των εκβολών. Για να δημιουργηθεί ένα δέλτα πρέπει ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος από το ποτάμι να είναι ταχύτερος από το ρυθμό απομάκρυνσής του από τις θαλάσσιες διεργασίες. Αποτέλεσμα αυτού είναι να προελαύνει η ξηρά έναντι της θάλασσα (Ψιλοβίκος και Χαχαμίδου, 1987).

2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα

Τα δέλτα περιλαμβάνουν ένα επιφανειακό τμήμα και ένα υποθαλάσσιο. Η έκταση των δύο τμημάτων είναι άνιση και διαφορετική για κάθε δέλτα και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες με κυριότερο τις θαλάσσιες διεργασίες (κύματα, παλίρροιες, θαλάσσια ρεύματα). Τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα είναι η δελταϊκή πεδιάδα, το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα. Το τμήμα που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας αποτελεί τη δελταϊκή πεδιάδα, η οποία με άλλα λόγια είναι η προς τη θάλασσα συνέχεια της αλλουβιακής κοιλάδας του ποταμού. Το μέτωπο του δέλτα περιλαμβάνει την εκβολή, την ακτογραμμή και ένα μικρό τμήμα του υποθαλάσσιου δέλτα. Το τμήμα που βρίσκεται υποθαλάσσια ονομάζεται προδέλτα (Καρύμπαλης, 2004). Στο Σχήμα 1 απεικονίζονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός δέλτα.



Σχήμα 4: Μορφολογικά χαρακτηριστικά των δέλτα.

2.2.1 Δελταϊκή πεδιάδα (delta plain)

Η δελταϊκή πεδιάδα είναι ένα εκτεταμένο χαμηλό περιβάλλον που διαρρέεται από μία ή περισσότερες κοίτες που διακλαδίζονται μεταξύ τους και ονομάζονται κλάδοι διανομής (distributary channels). Όταν η κλίση του δέλτα είναι πολύ μικρή τότε αυτές οι κοίτες αποκτούν μαιανδρική μορφή. Οι κοίτες οριοθετούνται από φυσικά αναχώματα (natural levees). Σε περιόδους που έχουμε υψηλές παροχές του ποταμού και συνεπώς έχουμε πλημμυρικά επεισόδια τα φυσικά αναχώματα υποχωρούν και η δελταϊκή πεδιάδα καλύπτεται με νερό πλούσιο σε λεπτομερή υλικά που αποτίθενται δημιουργώντας έτσι τις υπερόχθιες αποθέσεις (over- bank deposits) που κάνουν τα δέλτα εύφορες περιοχές για την ανάπτυξη καλλιεργειών. Η δελταϊκή πεδιάδα συχνά εμφανίζει έναν μεγάλο αριθμό υπο-περιβαλλόντων όπως είναι τα αλμυρά εδάφη, τα περιοδικά ή μόνιμα έλη γλυκού, υφάλμυρου ή αλμυρού νερού και τα πεδία παλίρροιας (tidal flats). Με την υποχώρηση των φυσικών αναχωμάτων παρατηρείται συχνά η αλλαγή της ροής του ποταμού με τη δημιουργία νέων κοιτών

και την παράλληλη εγκατάλειψη των παλαιών. Στην δελταϊκή πεδιάδα παρατηρούνται πολλές εγκαταλελειμμένες κοίτες (abandoned channels) οι οποίες αποτελούν τα παλαιά ίχνη ροής του ποταμού. Η δελταϊκή πεδιάδα διακρίνεται σε άνω ή εσωτερική δελταϊκή πεδιάδα και σε κάτω ή εξωτερική δελταϊκή πεδιάδα. Η άνω (ή εσωτερική) αποτελεί το εγκαταλελειμμένο ή ανενεργό τμήμα του δέλτα το οποίο κυριαρχείται από τις ποτάμιες διεργασίες. Το κάτω (ή εξωτερικό) τμήμα κυριαρχείται από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών (κυματισμός, παράκτια ρεύματα, κ.α.) και αποτελεί μια δυναμικά μεταβαλλόμενη περιοχή. Θα πρέπει να επισημάνουμε πως δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη σημαντικής υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των δύο αυτών τμημάτων.

2.2.2 Μέτωπο δέλτα (delta front)

Το μέτωπο του δέλτα περιλαμβάνει την εκβολή του ποταμού, τη δελταϊκή ακτογραμμή και την περιοχή που εκτείνεται από την ακτή προς τη θάλασσα. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της ζώνης αυτής διαμορφώνονται κυρίως από τις θαλάσσιες διεργασίες. Ανάλογα τις διεργασίες που επηρεάζουν το μέτωπο τα δέλτα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

α. Τα δέλτα με κυριαρχία των ποτάμιων διεργασιών. Βασικά χαρακτηριστικά αυτών είναι: η ύπαρξη αμμωδών φραγμάτων στην εκβολή τα οποία είναι προσανατολισμένα κάθετα στη ροή του ποταμού και η ύπαρξη φυσικών αναχωμάτων που εκτείνονται κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, δημιουργώντας μια υποθαλάσσια κοίτη.

β. Τα δέλτα που διαμορφώνονται από τις παλίρροιες χαρακτηρίζονται από την παρουσία μικρών κόλπων που διαχωρίζονται μεταξύ τους από αμμώδη φράγματα που είναι ευθυγραμμισμένα παράλληλα με τη διεύθυνση ροής της παλίρροιας.

γ. Τα δέλτα που επηρεάζονται από τον κυματισμό χαρακτηρίζονται από αιγιαλούς, spits και επιμήκη αμμώδη φράγματα εκεί που ο κυματισμός μεταφέρει και αποθέτει ίζημα στην ακτή. Χαρακτηριστικές γεωμορφές στο μέτωπο του δέλτα αυτού του τύπου είναι οι παραλιακές αμμώδεις ράχες που είναι επιμήκεις αιολικές αποθέσεις άμμου και οι παράκτιες αμμώδεις θίνες.

2.2.3 Προδέλτα (prodelta)

Είναι το υποθαλάσσιο τμήμα του δέλτα που αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα που αποτίθενται από το εν αιωρήσει υλικό του ποταμού που εισέρχεται στη θάλασσα. Το προδέλτα βρίσκεται κάτω από τη βάση των κυμάτων και συνεπώς δεν επηρεάζεται άμεσα από τον κυματισμό ενώ η επίδραση της παλίρροιας είναι αμελητέα. Στο προδέλτα του ποταμού εμφανίζονται εναλλαγές στρωμάτων με διαφορετική κοκκομετρία, οι οποίες οφείλονται σε διαφορετικά ενεργειακά καθεστώτα του ποταμού. Προφανώς κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού υπάρχει χαμηλή ενέργεια και μικρή παροχή, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο.

2.3 Διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα

Ο σχηματισμός των δέλτα είναι αποτέλεσμα συνδυασμού πολλών παραγόντων. Αφενός είναι η προσφορά ιζήματος από το ποτάμι που έχει να κάνει με τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο της λεκάνης απορροής, όπως είναι οι κλιματικές συνθήκες, το είδος και την πυκνότητα της βλάστησης, τις ανθρώπινες ενέργειες (κατασκευή φραγμάτων), τη λιθολογική σύσταση αλλά και την τεκτονική καταπόνηση των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην περιοχή, αφετέρου είναι η ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών στη θαλάσσια λεκάνη υποδοχής των ιζημάτων, όπως είναι η χαμηλή κυματική ενέργεια, το μικρό σχετικά βάθος, το μικρό εύρος παλίρροιας, τα ευνοϊκά παράκτια ρεύματα αλλά και τη γεωμετρία του κλειστού κόλπου (Σχήμα 2). Τα δέλτα αποτελούν φυσικά συστήματα που μεταβάλλονται δυναμικά και ανταποκρίνονται άμεσα ή έμμεσα σε κάθε μεταβολή που εμφανίζεται τόσο εντός των λεκανών απορροής όσο και τις διακυμάνσεις των παράκτιων διεργασιών (Καρύμπαλης, 2004).

Κάθε χρόνο μεταφέρονται και καταλήγουν στη θάλασσα τεράστιες ποσότητες ιζήματος μέσω της ποτάμιας τροφοδοσίας. Το είδος του ιζήματος δηλαδή το μέγεθος, η ορυκτολογία αλλά και η ποσότητά του εξαρτάται από την έκταση της λεκάνης απορροής, την τραχύτητα του ανάγλυφού της, τη λιθολογία και την τεκτονική της κατάσταση, τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, το είδος του εδάφους αλλά και τη βλάστηση που βρίσκεται εντός της λεκάνης απορροής και τέλος την ένταση των ανθρώπινων διεργασιών στη λεκάνη.

Έχει παρατηρηθεί πως ποταμοί που αποστραγγίζουν μεγάλης έκτασης λεκάνες απορροής με μικρές κλίσεις στο ανάγλυφο τους παρουσιάζουν υψηλή και σταθερή παροχή τροφοδοτώντας έτσι τις ακτές με μεγάλη ποσότητα λεπτόκοκκου ιζήματος, αφού τα χονδρόκοκκα υλικά μπλοκάρονται και παραμένουν στο εσωτερικό της λεκάνης.

Σε τεκτονικά ενεργές περιοχές παρατηρούνται ποτάμια με χαρακτηριστικά ανάλογα των χειμάρρων, δηλαδή αποστραγγίζουν μικρής έκτασης λεκάνες με έντονο ανάγλυφο. Το υλικό που καταλήγει στη θάλασσα είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό του χονδρόκοκκο.

Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή είναι υπεύθυνες για την ένταση και το είδος της αποσάθρωσης των πετρωμάτων της λεκάνης. Σε περιοχές με ημίξηρο κλίμα το υλικό που καταλήγει από τον ποταμό στην ακτή είναι συνήθως αμμώδες, ενώ όταν το κλίμα είναι υγρό τροπικό τότε το υλικό είναι λεπτομερές δηλαδή ιλύς και άργιλος.



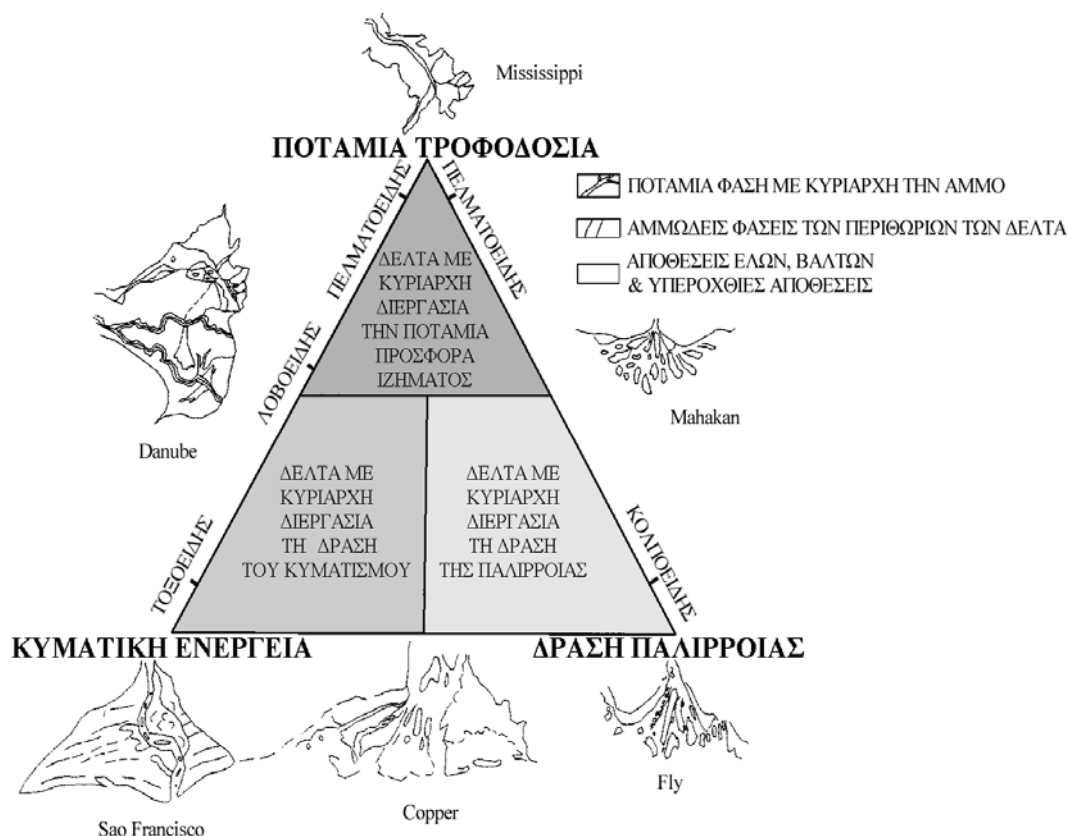
Σχήμα 5: Σχηματική απεικόνιση των διεργασιών που παίζουν κύριο ρόλο στη διαμόρφωση των ποτάμιων δέλτα.

2.4 Μορφοδυναμική ταξινόμηση των δέλτα

Η τελική μορφή των δέλτα είναι αποτέλεσμα της δράσης του ποταμού, δηλαδή της τροφοδοσίας με ίζημα, των κυμάτων- ρευμάτων της ακτής και των παλιρροιών. Κατά καιρούς έχουν γίνει πολλές ταξινομήσεις των δέλτα ανάλογα με το σχήμα, τη μορφολογία του πυθμένα στη λεκάνη απόθεσης, τη μορφή της ακτογραμμής, κ.α. Ο Wright (1977) ταξινόμησε τα δέλτα των ποταμών με βάση τις δυναμικές διεργασίες στον χώρο απόθεσης και προέκυψαν 6 κατηγορίες: α) ημισεληνοειδή, β) ακτινωτή, γ) πέλματος πτηνού, δ) πολυλοβοειδή και ε) τοξοειδή. Ο Galloway το 1975 ταξινόμησε τα δέλτα με κριτήριο το ποια διεργασία είναι κυρίαρχη και υπεύθυνη για την τελική τους διαμόρφωση, σε: α) πελματοειδή (ημισεληνοειδή), β) λοβοειδή, γ) τοξοειδή (επιμήκη) και ε) κολποειδή.

- ✖ Τύπος πέλματος πτηνού. Οι προωθημένες κοίτες του μοιάζουν με δάχτυλα πτηνού με σαφή διαχωρισμό μεταξύ τους. Τα υλικά είναι ανάμεικτα και η ποτάμια τροφοδοσία πολύ σημαντική.
- ✖ Λοβοειδής τύπος. Έχει τη μορφή λοβού με συμπαγή κεφαλή και δαντελωτό μέτωπο. Οι διακλαδώσεις των καναλιών είναι πολλές, αρχίζουν από την κεφαλή και καταλήγουν στο μέτωπο όπου αυξάνουν πλευρικά και σχηματίζουν λιμνοθάλασσες, φράγματα και κόλπους. Το υλικό είναι ανάμεικτο με επικράτηση του λεπτόκοκκου ενώ η ποτάμια τροφοδοσία και η κυματική δράση έχουν ίση επιρροή στη μορφολογική ανάπτυξη του δέλτα.
- ✖ Τοξοειδής τύπος. Έχει τη μορφή τόξου με συμπαγή κεφαλή και μέτωπο που κλείνεται από εγκάρσια φράγματα. Οι διακλαδώσεις των καναλιών αρχίζουν από την κεφαλή αλλά δε ξεπερνούν το μέτωπο στο οποίο η κυματική δράση κυριαρχεί (wave dominated). Αν τα κύματα προσπίπτουν κάθετα στο δελταϊκό μέτωπο προκύπτει ο κύριος τοξοειδής τύπος (Νέστος), ενώ αν προσπίπτουν πλάγια προκύπτει ο πλάγιος τοξοειδής τύπος (Αλφειός).
- ✖ Ακτινωτός ή Ριπιδοειδής τύπος. Έχει τη μορφή βεντάλιας με ακτινωτή ανάπτυξη καναλιών, χονδροκλαστικό υλικό και απόλυτη εξάρτηση από την ποτάμια τροφοδοσία (river dominated) (Ψιλοβίκος και Χαχαμίδου, 1987).

Στο Σχήμα 3, κάθε μία από τις κορυφές του τριγώνου αντιπροσωπεύει δέλτα ποταμών με συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά που έχουν διαμορφωθεί με κυρίαρχη διεργασία την ποτάμια τροφοδοσία, την κυματική ενέργεια και τη δράση της παλίρροιας.



Σχήμα 6: Ταξινόμηση των δέλτα βάσει των τριών διεργασιών διαμόρφωσής τους: ποτάμια τροφοδοσία, κυματική ενέργεια και παλίρροιες (Galloway)

2.4.1 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τις ποτάμιες διεργασίες

Το κύριο χαρακτηριστικό των ποταμών που σχηματίζουν αυτού του τύπου δέλτα είναι η μεγάλη στερεοπαροχή, δηλαδή η μεγάλη ποσότητα μεταφερόμενου ιζήματος. Τα μεταφερόμενα αυτά υλικά σχηματίζουν φυσικά αναχώματα που οριοθετούν τις κοίτες, τα οποία εκτείνονται μέχρι τη θάλασσα δημιουργώντας μια μορφολογία που θυμίζει πέλμα πτηνού. Για το λόγο αυτό έχει καθιερωθεί η ονομασία δέλτα πέλματος πτηνού (birds foot delta) για τα δέλτα αυτού του τύπου. Αντιπροσωπευτικό δέλτα αυτού του τύπου είναι αυτό του ποταμού Μισισσιπή στις νοτιοανατολικές ΗΠΑ.

2.4.2 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης τον κυματισμό

Στα δέλτα αυτής της κατηγορίας το ίζημα μεταφέρεται από το ποτάμι και καταλήγει στην ακτή όπου αναδιανέμεται από τη δράση του κυματισμού. Βασικό χαρακτηριστικό των δέλτα αυτής της κατηγορίας είναι η ομαλή σχεδόν ευθεία ακτογραμμή. Όταν τα κύματα θραύονται παράλληλα προς την ακτογραμμή τότε το δέλτα αναπτύσσεται συμμετρικά εκατέρωθεν των εκβολών. Όταν, όμως, τα κύματα προσεγγίζουν την ακτογραμμή υπό γωνία, τότε το δέλτα εμφανίζει μια μορφολογία έντονα ασύμμετρη, αφού τα επιμήκη παράκτια ρεύματα που δημιουργούνται από τη δράση του κυματισμού μεταφέρουν το ποτάμιο ίζημα πλευρικά των εκβολών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ομαλής ακτογραμμής είναι το δέλτα του ποταμού Sao Francisco στη Βραζιλία, ενώ το δέλτα του ποταμού Volta στη Δυτική Αφρική αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ασύμμετρα ανεπτυγμένου δέλτα.

2.4.3 Δέλτα με κυρίαρχο παράγοντα διαμόρφωσης την παλίρροια

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει δέλτα ποταμών όπου το ποτάμιο ίζημα που καταλήγει στην ακτή αναδιανέμεται από τη δράση της παλίρροιας. Στα δέλτα αυτής της κατηγορίας διαμορφώνονται κοίτες (tidal channels) μέσω των οποίων μεταφέρεται το νερό κατά την πλημμυρίδα και την αμπώτιδα. Η δημιουργία αυτών των κοιτών έχει σαν αποτέλεσμα τη διακοπή της συνέχειας της ακτογραμμής η οποία αποτελείται από κολπίσκους και αμμώδη φράγματα κάθετα στην ακτή. Στην κατηγορία αυτή ανήκει το δέλτα του ποταμού Γάγγη και Βραχμαπούτρα στην Ινδία και στο Μπαγκλαντές.

Ο αριθμός των δέλτα που επηρεάζονται αμιγώς από μία μόνο διεργασία είναι ελάχιστα και στο τριγωνικό διάγραμμα που παρουσιάζεται παραπάνω αυτά τα δέλτα τοποθετούνται στις κορυφές του τριγώνου. Τα περισσότερα δέλτα επηρεάζονται από συνδυασμό διεργασιών και χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό του Νίγηρα που βρίσκεται στις δυτικές ακτές της Αφρικής και επηρεάζεται ταυτόχρονα και από τις τρεις διεργασίες που περιγράψαμε παραπάνω. Συγκεκριμένα παρουσιάζει μια εσωτερική ζώνη όπου κυριαρχεί η ποτάμια τροφοδοσία, μία εξωτερική ζώνη όπου κυριαρχεί ο κυματισμός και μια μεταβατική περιοχή με κυρίαρχη διεργασία είναι οι παλίρροιες.

2.5 Ανάπτυξη των δέλτα στο Ολόκαινο

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου του Τεταρτογενούς, που χρονολογείται 18000 έτη πριν από σήμερα, η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ήταν περίπου 120 m χαμηλότερη από τη σημερινή και οι τότε ακτογραμμές σε όλες τις ηπείρους βρίσκονταν κοντά στο άκρο της ηπειρωτικής υφαλοκρηπίδας. Με το τέλος αυτής της περιόδου ξεκινά η περίοδος του Ολόκαινου, όπου η θαλάσσια στάθμη κατά την περίοδο αυτή ανυψώθηκε με πολύ μεγάλο ρυθμό. Συγκεκριμένα, ξεκίνησε έως περίπου 6000 έτη πριν από σήμερα όπου παρατηρήθηκε και η μεγαλύτερη ανύψωση της στάθμης με πολύ μεγάλους ρυθμούς και κατόπιν η άνοδος συνεχίστηκε με πιο αργούς ρυθμούς. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, ορισμένα από τα δέλτα που ήταν ενεργά κατά την περίοδο του Τεταρτογενούς να σχηματιστούν στο άκρο του ηπειρωτικού περιθωρίου και να κατακλυσθούν από την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά την περίοδο του Ολόκαινου. Εκτός, όμως, από αυτά τα δέλτα υπήρχαν και άλλοι δελταϊκοί σχηματισμοί των οποίων ο ρυθμός προσφοράς ιζήματος ήταν μεγαλύτερος από το ρυθμό ανόδου της θαλάσσιας στάθμης έχοντας σαν αποτέλεσμα την ανύψωση της επιφάνειάς τους και την προέλαση τους. Αυτά τα δέλτα κατάφεραν να διατηρηθούν και ονομάστηκαν δέλτα του άκρου των ηπειρωτικών περιθωρίων (shelf margin deltas ή shelf edge deltas) και συνήθως αναπτύσσονται στα βαθιά νερά. Τα δέλτα που δεν είχαν μεγαλύτερο ρυθμό προσφοράς ιζήματος από αυτόν της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης μετατοπίστηκαν προς τη ξηρά και είναι γνωστά ως δέλτα αβαθών νερών (shoal water deltas ή inner shelf deltas) διότι βρίσκονται σε νερά μικρού βάθους.

Σε πολλά σύγχρονα δέλτα οι κάθετες ακολουθίες των ιζημάτων των δελταϊκών αποθέσεων αντανακλούν τη σταδιακή μετακίνηση των περιβαλλόντων του δέλτα προς τη ξηρά. Μια τυπική ολοκαινική ακολουθία δελταϊκών ιζημάτων συνήθως εμφανίζει ένα στρώμα από ποτάμια ιζήματα, όπως αποθέσεις πλημμυρικής πεδιάδας (floodplain deposits) που από πάνω καλύπτονται από αποθέσεις κοίτης των κλάδων διανομής και αποθέσεις των περιοχών μεταξύ των κοιτών που ονομάζονται υπερόχθιες αποθέσεις και προς τα πάνω περνούν σε ιζήματα αποθέσεων που οφείλονται στη δράση της παλίρροιας και τελικά σε παράκτιες αποθέσεις που μπορεί να περιλαμβάνουν άμμους παράκτιων θινών. Αυτή η ακολουθία ιζημάτων αντανακλά την προς τα πάνω και προς την ξηρά μετανάστευση των διαφόρων περιβαλλόντων του δέλτα.

2.6 Τα δέλτα του ελλαδικού χώρου

Τα ποτάμια της Ελλάδας εμφανίζουν σημαντικά υψηλές στερεοπαροχές, τα οποία έχουν μικρό μήκος και αποστραγγίζουν ορεινές περιοχές με έντονο ανάγλυφο. Οι μεγάλες τιμές στερεοπαροχής σε πολλά από τα ελληνικά ποτάμια αποδίδεται στην ικανότητα που έχουν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ιζήματος εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων του ανάγλυφου και της μεγάλης κλίσης των κοιτών, στις υψηλές τιμές της ετήσιας βροχόπτωσης ιδιαίτερα σε μεγάλα υψόμετρα και κυρίως στη δυτική Ελλάδα και σε ορισμένες περιπτώσεις στην ευδιάβρωτη λιθολογία των σχηματισμών που καλύπτουν τις λεκάνες απορροής. Έχει παρατηρηθεί ακόμη ότι πολλά ποτάμια έχουν καλά ανεπτυγμένα δέλτα παρόλο που η έκταση των λεκανών απορροής τους είναι μικρή.

Οι ρυθμοί συγκέντρωσης ιζήματος ή προσαύξεσης κατά τη διάρκεια των τελευταίων 6000- 7000 ετών για τα ελληνικά ποτάμια δέλτα είναι ανάλογοι με αυτούς που έχουν υπολογισθεί για το δέλτα του ποταμού Νείλου που είναι ο μεγαλύτερος δελταϊκός σχηματισμός της ανατολικής Μεσογείου. Οι πιο ευδιάκριτες μεταβολές στις ακτογραμμές των δέλτα κατά τους δύο τελευταίους αιώνες εστιάζονται στην προέλαση της περιοχής των ενεργών εκβολών ή την υποχώρηση των εγκαταλελειμμένων.

Πηγή: Καρύμπαλης, 2004.

2.7 Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στα δέλτα

Τις τελευταίες δεκαετίες ο άνθρωπος γίνεται σημαντικός παράγοντας εξέλιξης των δέλτα των ποταμών επεμβαίνοντας σε αυτά είτε άμεσα είτε έμμεσα. Η επέμβαση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αλλοίωση ή την ανατροπή των ισορροπιών του φυσικού περιβάλλοντος. Στις έμμεσες επεμβάσεις ανήκουν η κατασκευή φραγμάτων και τεχνητών λιμνών στις κοίτες των ποταμών με σκοπό την άρδευση και την ύδρευση των γύρω καλλιεργειών και οικισμών διακόπτοντας την ελεύθερη ροή του ποταμού και τη μεταφορά του νερού και των υλικών του στο δέλτα του ποταμού. Επιπλέον οι αποψιλώσεις της φυτικής κάλυψης για την κατασκευή έργων προστασίας από τη διάβρωση στις λεκάνες απορροής αλλά και για τη δημιουργία βιομηχανικών περιοχών αλλά και οικισμών κοντά στις κοίτες των ποταμών για την δέσμευση και την εκμετάλλευση του νερού. Μία ακόμη έμμεση επέμβαση του ανθρώπου είναι η απόδοση νέων καλλιεργήσιμων εκτάσεων εις βάρος της έκτασης των λεκανών

απορροής των ποταμών με σκοπό τη γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη δέσμευση και αξιοποίηση του νερού των ποταμών.

Οι επιπτώσεις από την κατασκευή και τη λειτουργία φραγμάτων στο άνω ρου των ποταμών είναι αξιοσημείωτες σε πολλά μεγάλα δέλτα παγκοσμίως. Μεγάλες πόλεις που είναι χτισμένες πάνω στην δελταϊκή ακτογραμμή απειλούνται από την παράκτια διάβρωση και την κατάκλιση τους από τη θάλασσα. Αυτό συμβαίνει διότι η ύπαρξη και η λειτουργία του φράγματος έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της παροχής του ποταμού και της προσφοράς ιζήματος σε αντίθεση με τις θαλάσσιες διεργασίες που τώρα φαίνονται πιο έντονα από πριν και υπερνικούν την παροχή του ποταμού. Αυτονόητο είναι το γεγονός πως η διάβρωση και η υποχώρηση της δελταϊκής ακτογραμμής έχει σοβαρές φυσικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στις πληγέντες περιοχές. Οι επιπτώσεις αυτές πρόκειται να ενταθούν με τη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

Οι άμεσες ανθρώπινες επεμβάσεις στην περιοχή της δελταϊκής πεδιάδας και της παράκτιας ζώνης όπως είναι η ευθυγράμμιση και ο περιορισμός της κοίτης, η κατασκευή εγγειοβελτιωτικών έργων, οι εκτεταμένες αμμοληψίες από την κοίτη, η ανεξέλεγκτη βόσκηση, οι αποξηράνσεις περιοχών κ.α..

Γίνεται φανερό ότι τα δελταϊκά συστήματα είναι πολύ ευαίσθητα στις ανθρώπινες επεμβάσεις και ότι ακόμη και ενέργειες που γίνονται αρκετά μακριά από την ακτή και αφορούν τις λεκάνες απορροής στο εσωτερικό της ξηράς επηρεάζουν το φυσικό περιβάλλον και τους ανθρώπους που ζουν δελταϊκές παράκτιες περιοχές.

Μια επιπλέον απειλή για τις περιοχές των εκβολών αποτελεί η αναμενόμενη μελλοντική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης κατά περίπου 50 cm μέχρι το έτος 2100 εξαιτίας της αντίστοιχης αύξησης της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο κατά 2°C (IPCC, 2001). Έχει εκτιμηθεί ότι το ποσοστό των δελταϊκών εκτάσεων που θα κατακλυσθεί από τη θάλασσα αντιστοιχεί στο 13.16% της συνολικής τους έκτασης (Καρύμπαλης, 2004).

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μια ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας η οποία έχει συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση γεωγραφικών προβλημάτων. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για την επίλυση αυτών των προβλημάτων αφού είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τη συλλογή, τη διαχείριση, την επεξεργασία, την ανάλυση, τη μοντελοποίηση και την απεικόνιση γεωγραφικών και μη, δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο και μεταβάλλονται στον χρόνο (Χαλκιάς Χ., 2003).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας κρίθηκε απαραίτητη η χρήση των συστημάτων αυτών για την επεξεργασία, τη μοντελοποίηση και την απεικόνιση των πληροφοριών που θεωρήθηκαν χρήσιμες για τη γεωμορφολογική μελέτη του δέλτα του ποταμού Καλαμά και τις επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή αυτή. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 8.3. Για να μπορέσει να εφαρμοστεί το λογισμικό αυτό απαραίτητη ήταν η χρήση υποβάθρων που αποτέλεσαν αναλογικοί χάρτες διαφόρων ειδών και κλιμάκων. Για τη λεπτομερή απεικόνιση της τοπογραφίας του δέλτα χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 11 τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 χρονολογίας 1981 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) των περιοχών Φιλιάται και Σαγιάδα. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε το φύλλο χάρτη γενικής χρήσης Σαγιάδα κλίμακας 1:50000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού έτους έκδοσης 1970.

Για τη μελέτη των γεωλογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής χρησιμοποιήθηκε ο Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:500000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) έτους 1983 καθώς και ο Γεωτεχνικός Χάρτης της Ελλάδας 1:500000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) έκδοσης 1993.

Επιπλέον για την απεικόνιση των χρήσεων γης στο δέλτα του ποταμού χρησιμοποιήθηκε το φύλλο χάρτη Δελβινάκιον κλίμακας 1:100000 έτους 1995 από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος (Ο.Κ.Χ.Ε.) του ΥΠΕΧΩΔΕ. Όλοι οι αναλογικοί χάρτες αρχικά σαρώθηκαν και μετατράπηκαν σε αρχεία εικόνων ώστε να απαιτούν μικρότερο αποθηκευτικό χώρο. Στη συνέχεια, για κάθε ένα από τα φύλλα έγινε επιλογή τεσσάρων σημείων των οποίων καταγράφηκαν

οι συντεταγμένες προκειμένου να πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά τους. Πριν τη γεωαναφορά οι συντεταγμένες των σημείων που επιλέχθηκαν μετατράπηκαν από Hatt σε ΕΓΣΑ'87. Αυτό έγινε ώστε όλα τα δεδομένα να βρίσκονται στο ίδιο προβολικό σύστημα. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην χώρα μας είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ'87). Κατά την μετατροπή αυτή των συντεταγμένων παρουσιάστηκε ένα σφάλμα της τάξεως των ± 0.10 m. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για τη μετατροπή αυτή είναι το COORD_GR.

Γενικά, κατά τη γεωαναφορά ενός χάρτη εμφανίζεται ένα σφάλμα. Αυτό οφείλεται στην τοποθέτηση του σταυρονήμου πάνω στο σωστό σημείο του χάρτη, δηλαδή στο κατά πόσο το σταυρόνημο και συνεπώς το σημείο που δημιουργείται πάνω στο χάρτη έχει ακριβώς τις ίδιες συντεταγμένες με αυτές του σημείου που βρίσκεται στον πραγματικό χάρτη. Γίνεται λοιπόν σαφές πως το τετραγωνικό σφάλμα (Total RMS Error) που δημιουργείται να διαφέρει από χρήστη σε χρήστη. Επιπλέον η μέση τιμή του τετραγωνικού σφάλματος πρέπει να αντιστοιχεί στο $\frac{1}{4}$ της κλίμακας του χάρτη (Χαλκιάς Χ., 2003). Αυτό σημαίνει πως για τους χάρτες με κλίμακα 1:5000 το σφάλμα πρέπει να είναι μικρότερο από 1 και στον χάρτη με κλίμακα 1:50000 πρέπει να είναι μικρότερο από 15. Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα σφάλματα για κάθε φύλλο χάρτη ξεχωριστά.

Φύλλο χάρτη	Κλίμακα	Σφάλμα (m)
Σαγιάδα_4190_1	1: 5000	0,92
Σαγιάδα_4190_2	1: 5000	0,05
Σαγιάδα_4190_3	1: 5000	0,13
Σαγιάδα_4190_4	1: 5000	0,86
Σαγιάδα_4190_5	1: 5000	0,57
Σαγιάδα_4190_6	1: 5000	0,88
Σαγιάδα_4190_7	1: 5000	0,58
Σαγιάδα_4190_8	1: 5000	0,33
Φιλιάται_4199_1	1: 5000	0,73
Φιλιάται_4199_3	1: 5000	0,49
Φιλιάται_4199_5	1: 5000	0,89
Φιλιάται_4199_7	1: 5000	0,67

Σαγιάδα	1: 50000	10,53
Δελβινάκιον	1:100000	29,56

Πίνακας 1: Σφάλμα κάθε φύλλου χάρτη ξεχωριστά.

Στη συνέχεια, τα γεωγραφικά δεδομένα της περιοχής μελέτης οργανώθηκαν σε θεματικά επίπεδα διανυσματικής μορφής των οποίων τα περιγραφικά χαρακτηριστικά και η πηγή δεδομένων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.

Θεματικό επίπεδο	Μορφή	Περιγραφικά χαρακτηριστικά	Πηγή δεδομένων
Ακτογραμμή	Γραμμή	Κωδικός	1:5.000 ΓΥΣ
Ισοϋψείς	Γραμμή	Υψόμετρο	1:5.000 ΓΥΣ
Ισοβαθείς	Γραμμή	Υψόμετρο	1:50.000 ΓΥΣ
Υδρογραφικό δίκτυο	Γραμμή	Κωδικός	1:5.000 ΓΥΣ
Υψομετρία	Σημείο	Υψόμετρο	1:5.000 ΓΥΣ
Χρήσεις γης	Πολύγωνο	Κωδικός, Χρήση, Ζώνη	1:100.000 ΟΚΧΕ
Νησιά	Πολύγωνο	Κωδικός, Όνομα, Χρήση, Ζώνη	1:5.000 ΓΥΣ
Λίμνη	Πολύγωνο	Κωδικός, Ζώνη	1:5.000 ΓΥΣ
Δήμοι	Πολύγωνο	Κωδικός, Όνομα	internet ¹
Σύνορα	Γραμμή	Κωδικός	Internet ¹

Πίνακας 2: Θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν τα χωρικά και περιγραφικά χαρακτηριστικά τους και η πηγή προέλευσης τους.

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης πραγματοποιήθηκε με τη σημειακή μέθοδο αξιοποιώντας τις αντίστοιχες λειτουργίες και εντολές με σκοπό τον περιορισμό των σφαλμάτων. Στη συνέχεια, εισήχθησαν οι τιμές του κάθε επίπεδο στον πίνακα των περιγραφικών χαρακτηριστικών (Attribute Table).

Για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου χάρτη (DEM) που θα απεικονίζει τις κλίσεις της περιοχής και γενικά τη μορφολογία του ανάγλυφου της

¹ www.nthesprotias.com

πραγματοποιήθηκε η εντολή 3D Analyst και σαν υψομετρική βάση χρησιμοποιήθηκαν τα θεματικά επίπεδα των ισοϋψών και τα υψομετρικά σημεία.

Για τον υπολογισμό των εμβαδών των χρήσεων γης που καταλαμβάνουν τις τέσσερις υψομετρικές ζώνες που ορίστηκαν σύμφωνα με τα σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης αρχικά πραγματοποιήθηκε η αποκοπή (CLIP) μεταξύ του επικαλυπτόμενου επιπέδου και του επιτιθέμενου που είναι το επίπεδο των χρήσεων γης και το επίπεδο των ισοϋψών αντίστοιχα. Από την εντολή αυτή προκύπτει ένα καινούριο επίπεδο που περιέχει μόνον τα πολύγωνα και τα χαρακτηριστικά που βρίσκονται εντός των ορίων του επιτιθέμενου επιπέδου. Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό των εμβαδών (εκτάσεις με συγκεκριμένη χρήση γης) πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή αυτοματοποιημένου υπολογισμού των εμβαδών με την αξιοποίηση των αναλυτικών λειτουργιών του λογισμικού (παραμετροποίηση με χρήση κώδικα VBA) για κάθε περίπτωση ξεχωριστά (Κουτσόπουλος Κ. και Ανδρουλακάκης Ν., 2003). Οι τιμές που προέκυψαν επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα Excel και απεικονίσθηκαν με τη μορφή χαρτών, πινάκων και διαγραμμάτων.

Θα πρέπει να αναφερθεί πως η κλίμακα απεικόνισης της τοπογραφίας της περιοχής διαφέρει από αυτήν των χρήσεων γης, διότι τα διαθέσιμα δεδομένα των χρήσεων γης παρέχονταν σε κλίμακα 1:100.000 σε αντίθεση με το πρώτο που είναι σε κλίμακα 1:5.000 με αποτέλεσμα η ακρίβεια των υπολογισμών να είναι περιορισμένη.

Για το σχολιασμό των κλιματικών συνθηκών στην ευρύτερη λεκάνη απορροής του ποταμού αλλά και στο δέλτα χρησιμοποιήθηκαν πρωτογενή βροχομετρικά δεδομένα από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς που έχουν εγκατασταθεί στην περιοχή από το Υπουργείο Δημοσίων Έργων και από το ερευνητικό έργο του κ. Ξανθόπουλου κ.α., 1984 τα οποία επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα Excel και αποτυπώθηκαν σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι γεωεπιστήμονες έχουν οδηγηθεί στην εύρεση και ανάπτυξη έμμεσων τρόπων παρατήρησης, καταγραφής και αξιολόγησης στοιχείων από απόσταση (τηλε- μέθοδοι) με σκοπό τη μελέτη των διαφορετικών φυσικών ιδιοτήτων των συνθηκών του περιβάλλοντος, τη δυνατότητα σύγκρισης σε διαφορετικούς χρόνους, εποχιακούς ή και ετήσιους αλλά και την κάλυψη μεγάλων περιοχών. Η μελέτη και ανάλυση εικόνων της επιφάνειας της Γης από απόσταση, με αεροπλάνα ή δορυφόρους, σε φωτογραφική ή ψηφιακή μορφή, αποτελεί σήμερα στις γεωεπιστήμες μία από τις πλέον χρήσιμες μεθόδους, με μεγάλη προσέγγιση και πολυδιάσταση πληροφόρηση (Μιγκίρος κ.α., 2003).

Η χρησιμοποίηση των μεθόδων αυτών κρίνεται ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μελέτη των δελταϊκών περιβαλλόντων που αποτελούν ιδιαίτερα ευαίσθητα συστήματα στις φυσικές διεργασίες. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι διαχρονικές μεταβολές τις ακτογραμμές του δέλτα του ποταμού Καλαμά κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν δύο σειρές αεροφωτογραφιών από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ) ετών λήψεως 1945 κλίμακας 1: 42000 και 1969 κλίμακας 1: 40000 αντίστοιχα, δύο δορυφορικές εικόνες Landsat5 και Landsat7 των 1989 και 2000 αντίστοιχα.

Η επιλογή των ετών λήψεως έγινε με κριτήριο την κατά το δυνατόν καλύτερη κάλυψη της χρονικής περιόδου 1945- 2000, ώστε να διερευνηθούν και να απεικονισθούν με σαφήνεια οι μεταβολές αυτές.

Θα πρέπει να αναφερθεί πως με την χρήση των αεροφωτογραφιών επιτυγχάνεται, εκτός των άλλων, μεγάλη χωρική διακριτική ικανότητα και ένα ευρύ στιγμιαίο πεδίο λήψης. Συγχρόνως όμως, παρατηρείται μεγάλη απώλεια πληροφόρησης, η οποία εξαρτάται από το ύψος και τη γωνία της λήψης της αεροφωτογραφίας. Επιπλέον παρουσιάζεται απώλεια πληροφορίας κατά τη μετατροπή της αεροφωτογραφίας σε ψηφιακή μορφή.

Οι δορυφορικές εικόνες όπως και αεροφωτογραφίες αποτελούν τις πιο σύγχρονες πηγές πληροφόρησης και παρουσιάζουν μεγάλη χωρική, φασματική, ραδιομετρική και χρονική διακριτική ικανότητα. Παρόλα αυτά και αυτές παρουσιάζουν παραμορφώσεις οι οποίες οι δεν διορθωθούν θα μεγιστοποιηθούν σε επόμενα επίπεδα με αποτέλεσμα τη μείωση της πληροφόρησης από την εικόνα που τελικά θα δημιουργηθεί. Τα σημαντικότερα λάθη που παρουσιάζονται οφείλονται τόσο σε ατμοσφαιρικές επιδράσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης

του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος όσο και σε γεωμετρικές παραμορφώσεις που αφορούν τον ίδιο τον δορυφόρο και τον τρόπο λήψης της εικόνας.

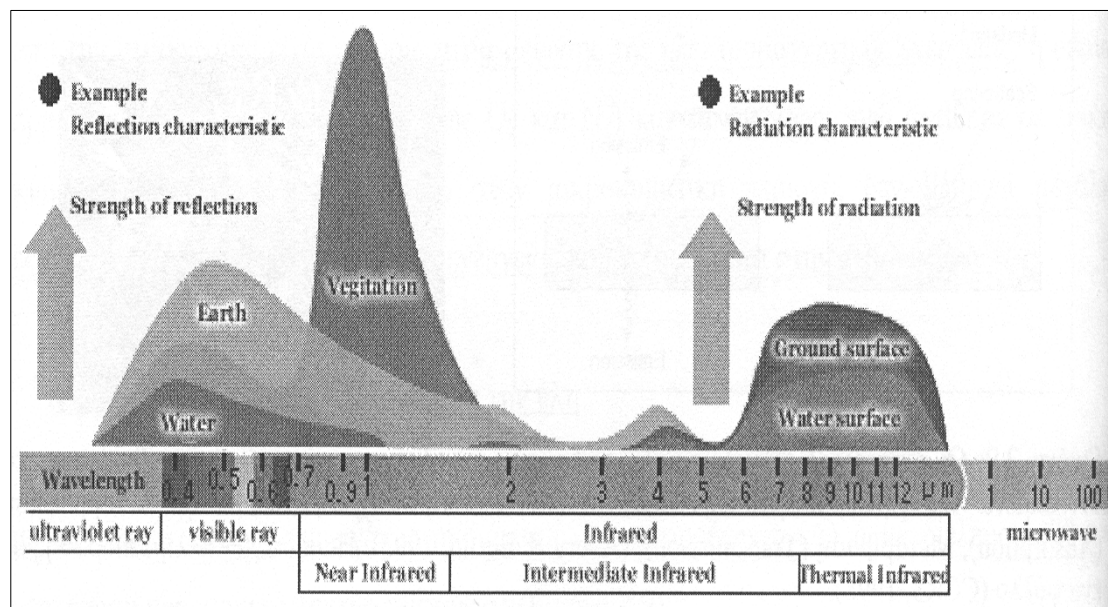
Η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εξαρτάται από την ανάκλαση, το στόχο, την κλίση και τον προσανατολισμό της επιφάνειας σε σχέση με το ηλιακό αζιμούθιο, την ατμοσφαιρική επίδραση (σύννεφα, κ.α.), τη γωνία λήψης του δέκτη και τη γωνία του ηλιακού ύψους. Αντίστοιχα οι γεωμετρικές παραμορφώσεις οφείλονται σε παραμέτρους που αφορούν το σύστημα του δορυφόρου όπως είναι η κίνηση του συστήματος του σαρωτή, η κίνηση και σταθερότητα, η ταχύτητα και το ύψος της εξέδρας, το ανάγλυφο της γήινης επιφάνειας, που παρουσιάζει μέγιστη παραμόρφωση στα άκρα της εικόνας, και η καμπυλότητα και η περιστροφή της Γης (Μιγκίρος κ.α., 2003).

Για την ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων αλλά και για το μετασχηματισμό του συστήματος συντεταγμένων των εικόνων σε ένα συγκεκριμένο σύστημα χαρτογραφικής προβολής κρίθηκε απαραίτητη η εφαρμογή της γεωμετρικής διόρθωσης τόσο των αεροφωτογραφιών όσο και των δορυφορικών εικόνων σε ένα κοινό προβολικό σύστημα με το λογισμικό ERDAS IMAGINE 8.6. Στα πλαίσια της εργασίας αυτής το τετραγωνικό σφάλμα που παρουσιάζεται κατά τη γεωμετρική διόρθωση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων δεν ξεπέρασε το 1. Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί πως η διαδικασία της γεωμετρικής διόρθωσης που κρίθηκε κατάλληλη για το σκοπό της εργασίας είναι η διόρθωση με την εγγραφή εικόνας σε άλλη εικόνα (image to image). Σαν βάση και γεωμετρικά διορθωμένη εικόνα χρησιμοποιήθηκε η δορυφορική εικόνα του 2000 τόσο για τη διόρθωση της δορυφορικής εικόνας του 1989 όσο και για τη γεωμετρική διόρθωση των αεροφωτογραφιών (Μιγκίρος κ.α., 2003). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη γεωμετρική διόρθωση τόσο των δορυφορικών εικόνων όσο και των αεροφωτογραφιών θεωρήθηκε αρκετά αξιόπιστη δεδομένου ότι η περιοχή μελέτης αποτελεί μια πεδινή δελταϊκή έκταση.

Μετά τη γεωμετρική διόρθωση και την αναδόμηση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων επεξεργάστηκαν με το λογισμικό ArcGIS 8.3, ώστε να απεικονισθούν οι ακτογραμμές του δέλτα του ποταμού Καλαμά στις αντίστοιχες χρονολογίες λήψης.

Λόγω της μορφολογίας της περιοχής του Καλαμά για να είναι ευδιάκριτη για να ψηφιοποιηθεί η ακτογραμμή στις δορυφορικές εικόνες θεωρήθηκε αναγκαίο να

χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά η φασματική ζώνη 7 που έχει σαν χαρακτηριστικό τη μεγαλύτερη αντίθεση μεταξύ της θάλασσας και της ξηράς. Αυτό συμβαίνει διότι στην ηλεκτρομαγνητική αυτή ζώνη (υπέρυθρο) το νερό απορροφά σχεδόν όλη την ακτινοβολία δηλαδή έχει σχεδόν μηδενικό albedo αποδίδοντας την φασματική του απόκριση στην δορυφορική εικόνα με μαύρο χρώμα. Αντίθετα η φασματική απόκριση της ξηράς στο υπέρυθρο είναι μεγαλύτερη και απεικονίζεται με άσπρο και με ανοιχτές αποχρώσεις του γκρι (Σχήμα 4).



Σχήμα 4: Τυπικές καμπύλες φασματικής απόκρισης για διάφορα υλικά της γήινης επιφάνειας σε εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 0.3 έως 12 περίπου μm (CCRS, 1998 από Μιγκίρος Γ., 2003)

Κατά την ψηφιοποίηση της ακτογραμμής από τις αεροφωτογραφίες παρουσιάστηκαν αρκετές δυσκολίες οι οποίες οφείλονται στα συστήματα λήψης των αεροφωτογραφιών, (κάμερες) που καταγράφουν τόσο το ορατό όσο και το υπέρυθρο τμήμα του φάσματος με αποτέλεσμα να ανακλάται το πρώτο και να αποδίδεται στην αεροφωτογραφία με αποχρώσεις του γκρι (Μιγκίρος κ.α., 2003). Αυτό είχε σαν συνέπεια, σε πολλά τμήματα των αεροφωτογραφιών η χάραξη της ακτογραμμής να γίνεται με δυσκολία και με υποκειμενικό τρόπο έχοντας σαν κριτήριο ότι η θάλασσα απεικονίζεται από το μαύρο και τις σκούρες αποχρώσεις του γκρι ενώ το άσπρο και οι ανοιχτές αποχρώσεις του γκρι αντιστοιχούν στη ξηρά. Επιπλέον κατά τη χάραξη των ακτογραμμών και κυρίως για την οριοθέτηση των λιμνοθαλασσών και των αμμωδών φραγμάτων ελήφθησαν υπόψη τα τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1: 5000.

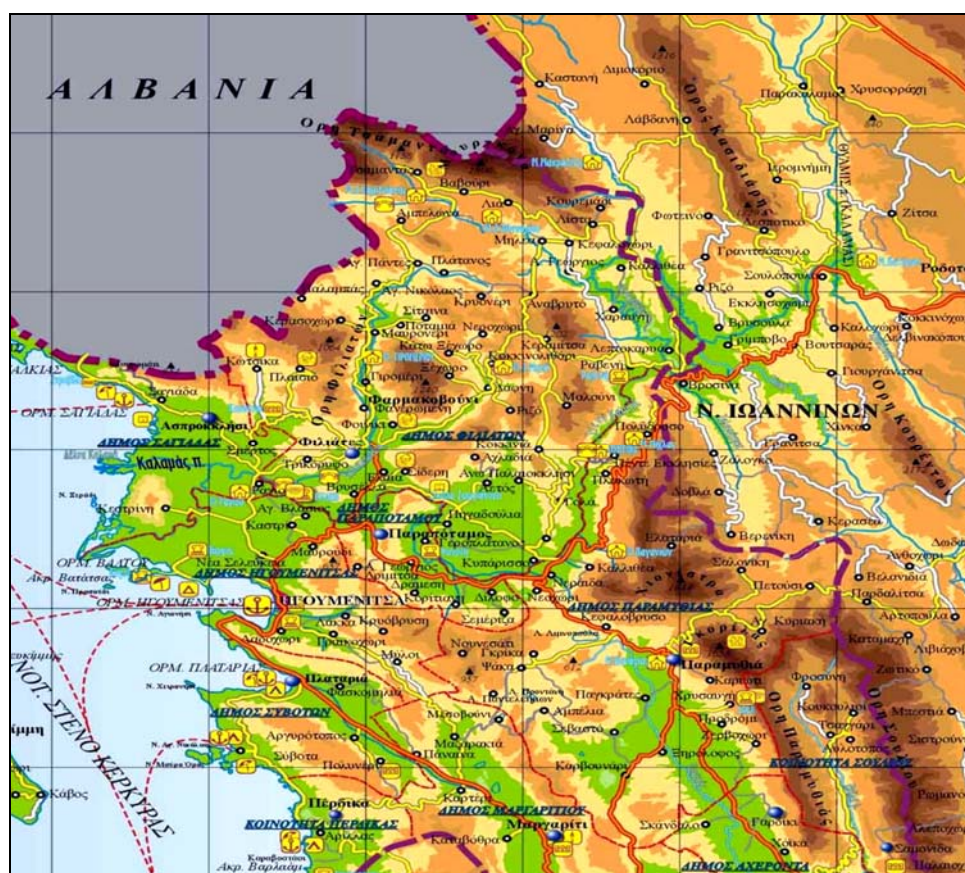
Συγκρίνοντας τις δορυφορικές εικόνες με τις αεροφωτογραφίες παρατηρείται ότι οι πρώτες, όπως ήδη αναφέρθηκε, έχουν μεγάλη χωρική, φασματική, ραδιομετρική αλλά και χρονική διακριτική ικανότητα και κατ' επέκταση καλύτερη ανάλυση δίνοντας τους το πλεονέκτημα να επιδέχονται τροποποιήσεις για την βελτιστοποίηση της απόδοσης τους. Το πλεονέκτημα αυτό τις καθιστά απαραίτητες για τη μελέτη περιπτώσεων σαν αυτής της εργασίας. Αντίθετα η ανάλυση των αεροφωτογραφιών δεν είναι το ίδιο καλή με εκείνη των δορυφορικών εικόνων γεγονός που κυρίως οφείλεται στα συστήματα λήψης (κάμερες) τα οποία είναι σχετικά παλαιάς τεχνολογία και δεν περιορίζονται σε ένα τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να επεξεργαστούν ώστε να βελτιωθεί ανάλυση τους.

IV. ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

4.1 Γεωγραφική τοποθέτηση

Ο ποταμός Καλαμάς ή Θύαμις είναι ένας από τους σημαντικότερους, από άποψη υδατικού δυναμικού, ποταμούς της Ελλάδας. Το όνομα του (Θύαμις) υπάρχει από την περίοδο που στην περιοχή της Σαγιάδας, που βρίσκεται στο βόρειο άκρο του δέλτα του ποταμού, εγκαταστάθηκαν οι Αλβανοτσαμήςδες ή Θυάμιδες που ήταν οι άνθρωποι που κατοικούσαν στις καλαμιές.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της Ελλάδας. Συγκεκριμένα ο ποταμός πηγάζει από το όρος Νεμέρτσικα, το οποίο βρίσκεται βορειοανατολικά του όρους Κασιδιάρη (Χάρτης 1) στα σύνορα της Ελλάδας με την Αλβανία και αποτελεί τμήμα της οροσειράς της Πίνδου. Ο ποταμός ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ηπείρου και διασχίζει κατά σειρά τους νομούς Ιωαννίνων και Θεσπρωτίας για να εκβάλει τελικά στο Ιόνιο πέλαγος.



Χάρτης 7: Τμήμα του γεωφυσικού χάρτη της λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά.

4.2 Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά

Ο ποταμός Καλαμάς έχει συνολικό μήκος κεντρικής κοίτης 113 χιλιόμετρα, η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 1826 τ. χλμ. και αποτελείται από 883 κλάδους. Η μέση υπερετήσια παροχή του κοντά στην εκβολή του είναι $57 \text{ m}^3/\text{sec}$. Οι υψηλές παροχές του ποταμού συνιστούν ένα αρκετά σημαντικό εκμεταλλεύσιμο υδατικό δυναμικό. Η μέση ετήσια βροχόπτωση της λεκάνης είναι ίση με 1359.3 mm. Αυτή η τιμή δείχνει ότι η λεκάνη του Καλαμά είναι από τους πλουσιότερες σε βροχοπτώσεις περιοχές της Ελλάδας. Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής είναι αυτό που έχει το όρος Δούσκος το οποίο αποτελεί το βορειότερο σημείο του υδροκρίτη και φτάνει τα 2198 μέτρα (Ξανθόπουλος κ.α., 1984).

Ο Καλαμάς ρέει ακολουθώντας αρχική κατεύθυνση από βορρά προς νότο για μήκος περίπου 25 χλμ. μέχρι την πεδιάδα Σουλόπουλου και μετά στρέφεται ακολουθώντας κατεύθυνση από ανατολικά προς τα δυτικά για μήκος 70 χλμ. περίπου εκβάλλοντας τελικά στο Ιόνιο Πέλαγος όπου έχει διαμορφώσει ένα εκτεταμένο δέλτα.

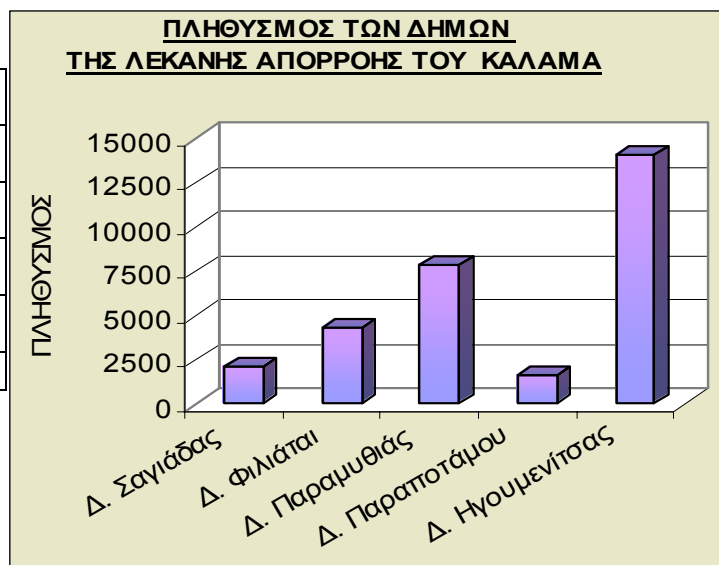
4.3 Διοικητικά και Πληθυσμιακά στοιχεία της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά

Τα γενικά γεωμορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του Καλαμά και κυρίως των παραποτάμιων περιοχών του είναι ευνοϊκά για την ανάπτυξη οικισμών. Έτσι ο ποταμός Καλαμάς έχει συγκεντρώσει στις όχθες του πολλές κωμοπόλεις και αρκετά χωριά. Οι ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες στο δέλτα του ποταμού τόσο για την ανάπτυξη καλλιεργειών όσο και για την κτηνοτροφία και αλιεία υπήρξαν πόλος έλξης για την εγκατάσταση μεγάλων δήμων (Δήμος Σαγιάδας, Δήμος Φιλιατών, Δήμος Παραμυθιάς, Δήμος Παραποτάμου και Δήμος Ηγουμενίτσας), οι οποίοι εκμεταλλεύονται το νερό του ποταμού τόσο για ύδρευση όσο και άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών αλλά και την εκτροφή ψαριών. Ο Χάρτης 2 απεικονίζει τα διοικητικά όρια των δήμων που βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής και στο δέλτα του ποταμού Καλαμά.

Ο δήμος Σαγιάδας βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της δελταϊκής πεδιάδας και αριθμεί 2098 κατοίκους (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001). Φυσικά και διοικητικά του όρια είναι στα νότια η κεντρική κοίτη του ποταμού, στα ανατολικά το όριο των δελταϊκών

αποθέσεων και στα δυτικά η θάλασσα. Ανατολικά της Σαγιάδας βρίσκεται ο δήμος Φιλιατών ο οποίος έχει πληθυσμό 4373 (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001) που καταλαμβάνει το βορειότερο τμήμα της λεκάνης απορροής του Καλαμά. Νοτιότερα του δήμου των Φιλιατών βρίσκεται ο δήμος Παραμυθιάς με 7862 κατοίκους(Ε.Σ.Υ.Ε., 2001). Ο δήμος αυτός αποτελεί το νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά και έχει στα βόρεια σαν φυσικό και διοικητικό του όριο την κεντρική κοίτη του ποταμού. Δυτικά του δήμου της Παραμυθιάς και νότια της κεντρικής κοίτης του ποταμού εντοπίζεται ο δήμος Παραποτάμου με πληθυσμό 1662 κατοίκους(Ε.Σ.Υ.Ε., 2001) και τέλος δυτικά του δήμου Παραποτάμου βρίσκεται ο δήμος Ηγουμενίτσας με πληθυσμό 14047 (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001) του οποίου το βόρειο φυσικό και διοικητικό όριο είναι η κεντρική κοίτη του ποταμού βορειοδυτικά ενώ δυτικά βρέχεται από τη θάλασσα του Ιονίου. Τμήμα του νότιου παλαιού δέλτα του ποταμού ανήκει στο δήμο αυτό. Η Ηγουμενίτσα συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος και τις πιο σημαντικές κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής κυρίως λόγω του λιμανιού της.

Δήμοι	Πληθυσμός
Σαγιάδας	2.098
Φιλιάται	4.373
Παραμυθιάς	7.862
Παραποτάμου	1.662
Ηγουμενίτσας	14.047



Πίνακας 3- Διάγραμμα 1: Πληθυσμιακά στοιχεία των δήμων της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001).



Χάρτης 2: Οι δήμοι που διατρέχει ο ποταμός Καλαμάς.

V. ΚΛΙΜΑ

5.1 Το κλίμα της Ελλάδας

Οι κυριότεροι παράγοντες διαμόρφωσης του κλίματος μιας περιοχής είναι η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται, η κυκλοφορία των αέριων μαζών, η μορφολογία του ανάγλυφου σε συνδυασμό με τη διανομή ξηράς και θάλασσας, οι εποχιακοί και τοπικοί άνεμοι που πνέουν, η απόσταση από τις θαλάσσιες μάζες και τέλος η διαφοροποίηση του υψομέτρου και της βλάστησης. Σύμφωνα με όλες τις κλιματικές ταξινομήσεις από πλευράς μακροκλίματος η Ελλάδα ανήκει στο Μεσογειακό τύπο. Κύριο χαρακτηριστικό του κλιματικού αυτού τύπου είναι ήπιοι και βροχεροί χειμώνες, τα σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και η μεγάλη διάρκεια ηλιοφάνειας όλο σχεδόν τον χρόνο (Παυλόπουλος Κ. και Καρύμπαλης Ε., 2002). Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο περιόδους: μια ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου και μια δεύτερη, που είναι θερμή και άνομβρη και διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο. Εάν εξετάσει κανείς τον ελλαδικό χώρο σε επίπεδο μικροκλίματος όμως παρατηρούνται ποικίλοι κλιματικοί τύποι, οι οποίοι οφείλονται κυρίως στο έντονο ανάγλυφο της χώρας. Αξιοθαύμαστο είναι το γεγονός πως περιοχές που απέχουν πολύ μικρή απόσταση μπορεί να εμφανίζουν σημαντικές κλιματικές διαφορές. Ο ελλαδικός χώρος αποτελείται από εκατοντάδες ορεινούς όγκους με μεγάλα υψόμετρα οι οποίοι είτε βρίσκονται κατά μήκος του κεντρικού ηπειρωτικού άξονα της χώρας δημιουργώντας οροσειρές είτε είναι διάσπαρτοι. Οι διαφορετικοί κλιματικοί τύποι οφείλονται επίσης στις εναλλαγές της ξηράς με τη θάλασσα. Ακόμη ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επιδρά στη διαμόρφωση και τη διαφοροποίηση του κλίματος μεταξύ περιοχών της χώρας μας είναι η παρουσία εποχιακών και τοπικών ανέμων, όπως είναι τα μελτέμια, ο σιρόκος, ο βαρδάρης, κ.α.

5.2 Κλιματολογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά

Οι γεωμορφολογικές διεργασίες σε μία περιοχή είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις κλιματολογικές συνθήκες. Η θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αποτελούν δύο από τους σημαντικότερους παράγοντες καθορισμού του είδους (χημική, μηχανική) και της ταχύτητας αποσάθρωσης των πετρωμάτων. Η ένταση, η συχνότητα και η διεύθυνση πρόσπτωσης του κυματισμού στις παράκτιες περιοχές που σε σημαντικό ποσοστό καθορίζεται από το ανεμολογικό καθεστώς καθώς και η κατανομή της κυματικής ενέργειας κατά μήκος της ακτογραμμής (Pethic J., 1984).

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα και χαρακτηρίζεται από την παρουσία άφθονων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Στην περίπτωση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση του τοπικού κλίματος παίζει η ύπαρξη της οροσειράς της Πίνδου όπου αποτελεί φυσικό εμπόδιο στην κίνηση των επικρατούντων επιφανειακών δυτικών ανέμων. Οι πλούσιες σε υδρατμούς αυτές αέριες μάζες συναντούν στην πορεία τους τον ορεινό όγκο της Πίνδου και ανερχόμενες ψύχονται και μετατρέπονται σε υδροσταγονίδια που με τη σειρά τους πέφτουν με τη μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

5.2.1 Βροχόπτωση

Για την σκιαγράφηση του κλιματικού καθεστώτος στην περιοχή του δέλτα του ποταμού χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία 2 βροχομετρικών σταθμών, των Φιλιατών και της Ηγουμενίτσας (Χάρτης 1), οι οποίοι έχουν εγκατασταθεί από το Υπουργείο Δημόσιων Έργων (ΥΠ.Δ.Ε.) και έχουν βροχομετρικά δεδομένα για τα 30 τελευταία χρόνια δηλαδή για την χρονική περίοδο 1973-2003.

Σταθμοί	Γεωγραφικό		Υψόμετρο (m)	Περίοδος λειτουργίας	Φορέας
	Μήκος	Πλάτος			
Φιλιατών	20° 18΄	39° 36΄	218	1973- 2003	ΥΠ.Δ.Ε.
Ηγουμενίτσας ²	20° 16΄	39° 30΄	15	1951- 2003	ΥΠ.Δ.Ε.

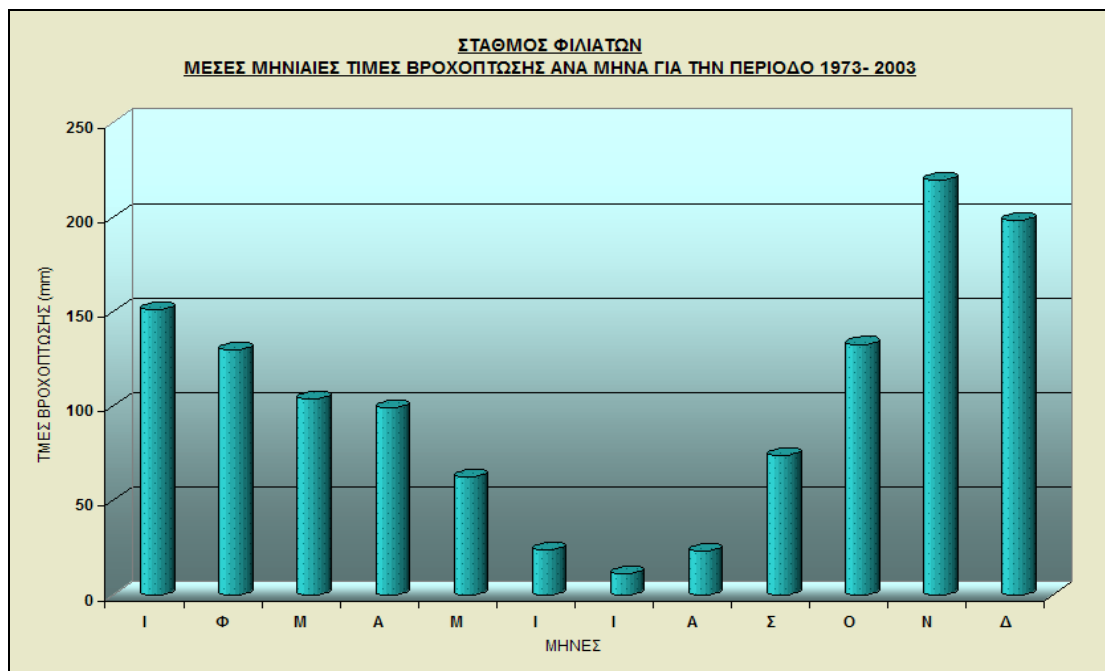
***Πίνακας 4:** Βροχομετρικοί σταθμοί στην περιοχή του δέλτα του ποταμού Καλαμά, περίοδος λειτουργίας τους και ο φορέας που τους κατασκεύασε.*

Για κάθε έναν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Πίνακα 4 συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν τα πρωτογενή δεδομένα και υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές καθώς και η μέση ετήσια τιμή για την χρονική περίοδο 1973-2003 (Πίνακες 5, 6, Παράρτημα Ι). Βάσει των πρωτογενών στοιχείων που παρουσιάζονται στους προηγούμενους πίνακες σχεδιάστηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα της ετήσιας κύμανσης της βροχόπτωσης για την τελευταία τριακονταετία.

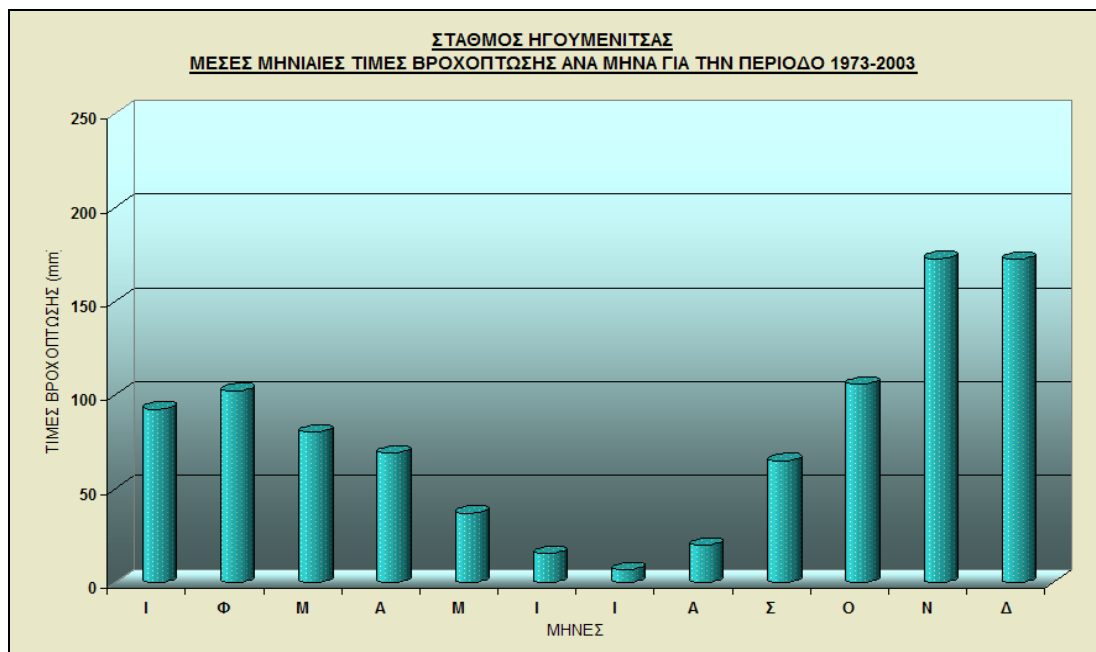
Για το σταθμό Φιλιάται η βροχόπτωση παρουσιάζει απλή κύμανση με το μέγιστο να εμφανίζεται το μήνα Νοέμβριο (219.29 mm) και το ελάχιστο το μήνα Ιούνιο (11.02 mm). Κάτι παρόμοιο ισχύει και για το σταθμό Ηγουμενίτσας στον οποίο παρατηρείται μέγιστο το μήνα Νοέμβριο (172.7 mm) και ελάχιστο το μήνα Ιούνιο (6.9 mm). Οι μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης για τους δύο σταθμούς για τη χρονική περίοδο λειτουργίας τους είναι 1216.61 mm των Φιλιατών και 938.85 mm της Ηγουμενίτσας.

Από τα Διαγράμματα 2 και 3, παρατηρείται πως οι ελάχιστες τιμές και στους δύο σταθμούς εντοπίζονται τους θερινούς μήνες ενώ οι μέγιστες τιμές κατά το τέλος του φθινοπώρου. Επιπλέον η μεταβολή από τον υγρότερο στον ξηρότερο μήνα με την αντίστοιχη μείωση του μέσου μηνιαίου ύψους βροχής είναι ομαλή σε σχέση με την απότομη αύξηση που παρατηρείται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες.

² Βρίσκεται έξω από τη λεκάνη απορροής του Καλαμά.

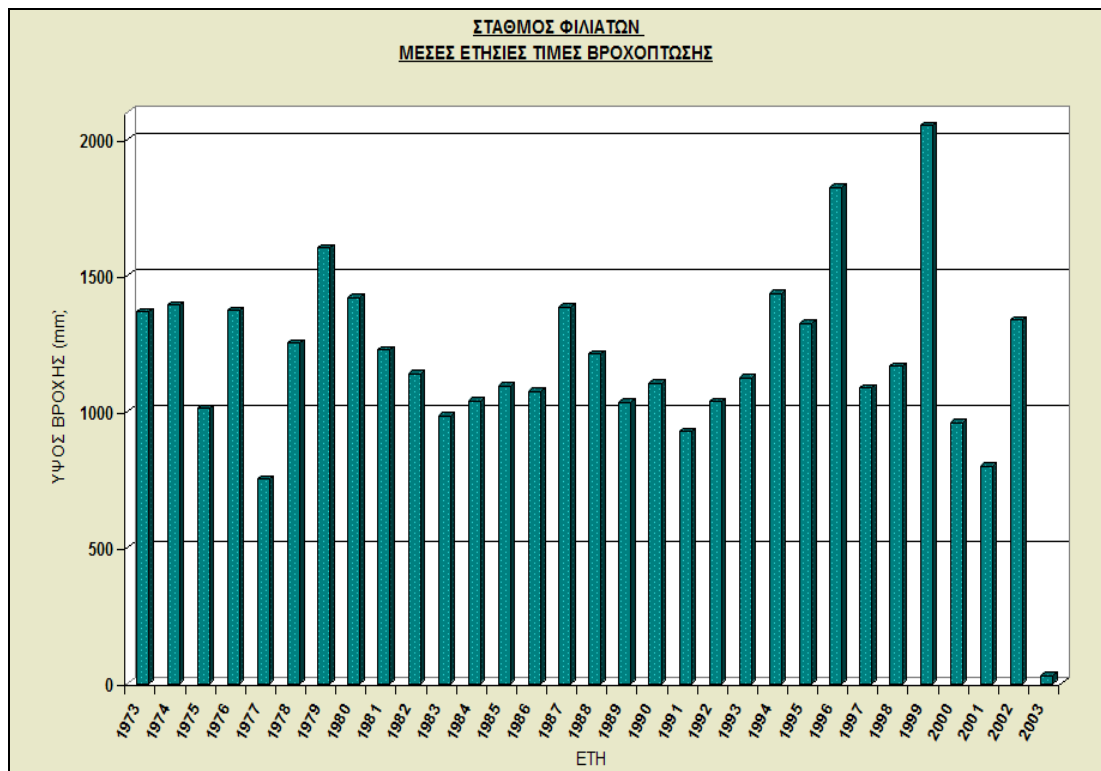


Διάγραμμα 2: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1973- 2003 του σταθμού Φιλιατών.

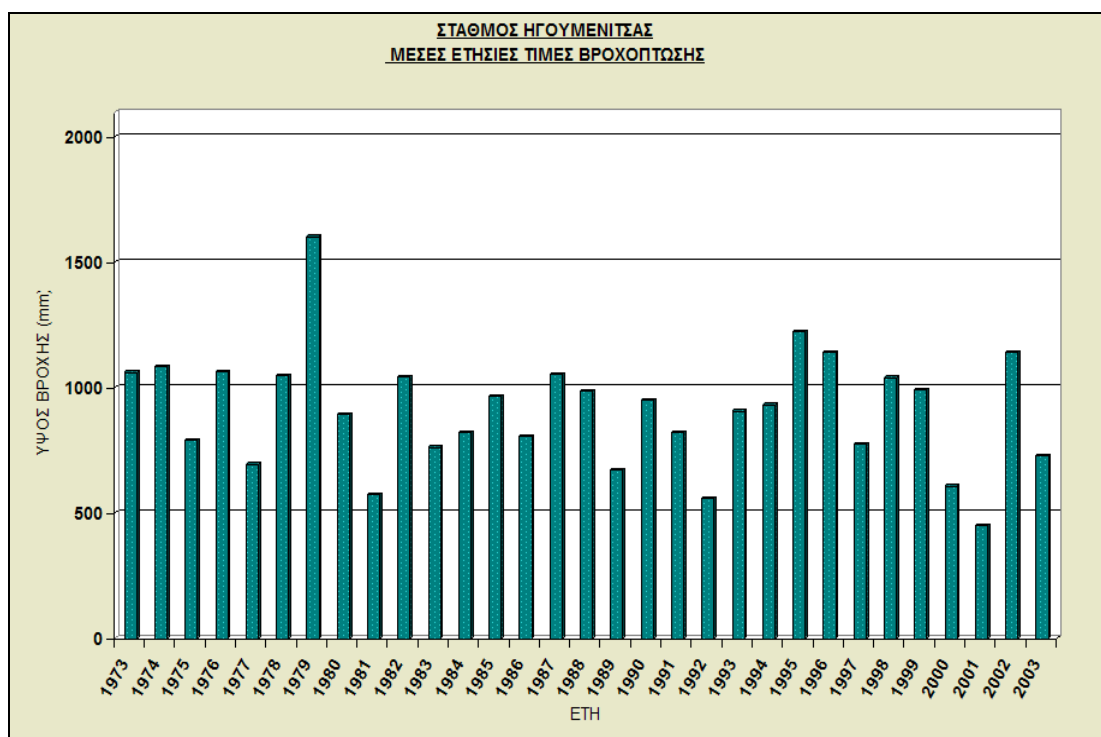


Διάγραμμα 3: Μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης για την περίοδο 1973- 2003 του σταθμού Ηγουμενίτσας.

Τέλος, από τα Διαγράμματα 4 και 5 παρατηρείται πως για τη χρονική περίοδο 1973-2003 ο σταθμός των Φιλιατών το 1999 παρουσίασε το μέγιστο ετήσιο ύψος βροχής (2048 mm) και το ελάχιστο το 2003 (29.74 mm), ενώ ο σταθμός της Ηγουμενίτσας μέγιστη τιμή του μέσου ετήσιου ύψους βροχή εμφάνισε το 1979 (1601.3 mm) και ελάχιστη το 2001 (448.9 mm). Τα διαγράμματα των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης για τη σειρά ετών 1973- 2003 δείχνουν μια γενική τάση αυξομειώσης των τιμών της βροχόπτωσης κατά την τριαντακονταετία. Συγκεκριμένα παρατηρείται πως ο σταθμός της Ηγουμενίτσας παρουσιάζει μια σχετικά σταθερή πορεία κατά τη διάρκεια 1973-2003, ενώ αντίθετα στο σταθμό των Φιλιατών εμφανίζεται μια απότομη αύξηση των τιμών βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων όπου το 2003 μειώνεται ραγδαία. Είναι προφανές πως μια τέτοια απότομη μείωση θα έχει τεράστιες φυσικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στη διαμόρφωση της δελταϊκής πεδιάδας και στους πληθυσμούς που είναι εγκατεστημένοι στην περιοχή αυτή αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4: Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης της περιόδου 1973- 2003 του σταθμού Φιλιατών.



Διάγραμμα 5: Μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης της περιόδου 1973- 2003 του σταθμού Ηγουμενίτσας.

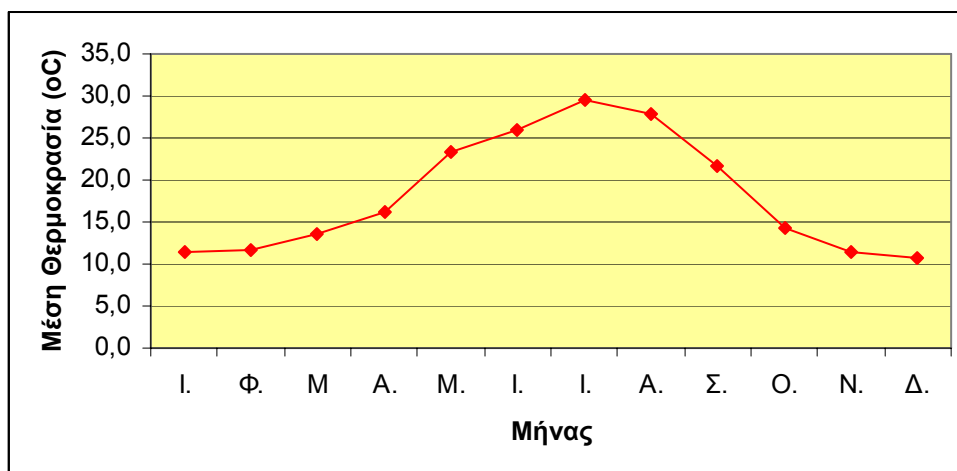
Συνοψίζοντας τα παραπάνω και παρατηρώντας την ετήσια πορεία της βροχόπτωσης της περιοχής μελέτης συμπεραίνουμε ότι η λεκάνη απορροής του δέλτα του ποταμού Καλαμά ανήκει στο Μεσογειακό ή υποτροπικό βροχομετρικό σύστημα με το μέγιστο των βροχοπτώσεων εμφανίζεται το χειμώνα και το ελάχιστο το καλοκαίρι. Ο χειμώνας αποτελεί την υγρότερη εποχή του έτους για την περιοχή και το καλοκαίρι την ξηρότερη, ενώ κατά το φθινόπωρο εμφανίζεται μεγαλύτερο ύψος βροχής σε σχέση με την άνοιξη. Ο σταθμός των Φιλιατών παρουσιάζει την υψηλότερη και την χαμηλότερη αντίστοιχα μέση ετήσια τιμή βροχόπτωσης.

5.2.2 Θερμοκρασία του αέρα

Για το σταθμό Σουλόπουλου που βρίσκεται σε υψόμετρο 169 m συλλέχθηκαν δεδομένα για τη χρονική περίοδο 1988- 1997 (Πίνακας 7, Παράρτημα Ι). Υπολογίστηκε η ετήσια κύμανση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα (Διάγραμμα 6). Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές θερμοκρασίας του αέρα.

Έτος	Μέσες Θερμοκρασίες (°C)
1988	19.64
1989	19.33
1990	19.00
1991	15.71
1992	18.67
1993	9.00
1994	17.64
1995	18.39
1996	16.50
1997	20.39

***Πίνακας 8:** Παρουσίαση των μέσων ετησίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα.*



***Διάγραμμα 6:** Ετήσια κύμανση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα για το μετεωρολογικό σταθμό Σουλόπουλου για την περίοδο 1988-1997.*

Από το Διάγραμμα 5 παρατηρείται πως η ετήσια κύμανση της θερμοκρασίας είναι απλή με μέγιστο κατά τη θερινή περίοδο και συγκεκριμένα τον Ιούλιο με 29.6 °C και ελάχιστο το Δεκέμβριο με 10.8 °C. Η μέση ετήσια τιμή για τη χρονική περίοδο 1988-1997 φθάνει τους 17.4 °C. Οι θερμοκρασίες αυτές θεωρούνται ενδεικτικές των συνθηκών που επικρατούν στη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά.

VI. ΓΕΩΛΟΓΙΑ- ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Η λιθολογία, η ανθεκτικότητα των σχηματισμών που δομούν μια περιοχή στη διάβρωση και η τεκτονική της περιοχής αποτελούν πολύ σημαντικούς παράγοντες στη δημιουργία, την ανάπτυξη και την εξέλιξη των δελταϊκών σχηματισμών. Για αυτό το λόγο στα πλαίσια της εργασίας αυτής κρίνεται σκόπιμη η αναφορά στα γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά καταλαμβάνεται από Αλπικούς και Μεταλπικούς σχηματισμούς. Οι Αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στην Ιόνιο γεωτεκτονική ενότητα. Συγκεκριμένα συναντώνται οι ακόλουθοι **Αλπικοί γεωλογικοί σχηματισμοί** που είναι από τους αρχαιότερους προς τους νεότερους:

- Εμφανίσεις γύψου Τριαδικής ηλικίας. Η έκτασή τους είναι περιορισμένη και εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα της λεκάνης απορροής, ανατολικά του δέλτα.
- Λατυποπαγή. Αποτελούν υπολείμματα από τη διάλυση της Τριαδικής ηλικίας γύψου, η ηλικία τους είναι σαφώς μεταγενέστερη της γύψου και εκτιμάται ότι πιθανά να ανήκουν στο Κάτω Τριαδικό. Εντοπίζονται στο δυτικό καθώς και στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.
- Ασβεστόλιθοι με “cardita”, ηλικίας Μέσου – Ανώτερου Τριαδικού.
- Ασβεστόλιθοι της φάσης του Παντοκράτορα, ηλικίας Αν. Κρητιδικού – Λιάσιου.
- Ammonitico Rosso, ασβεστόλιθοι με filaments ή πυριτικοί σχιστόλιθοι με ποσειδώνιες ηλικίας Τοάρσιου – Δογγέριου. Η εξάπλωσή τους στην περιοχή της λεκάνης είναι περιορισμένη.
- Πλακώδεις ασβεστόλιθοι με πυριτιόλιθους της φάσεως Βιγλών.
- Ασβεστόλιθοι που μπορούν να χαρακτηριστούν σαν βιομικρορουδίτες, ηλικίας Ανώτερου Σενώνιου.
- Ασβεστόλιθοι βιομικρορουδίτες και μικρορουδίτες, ηλικίας Παλαιοκαίνου – Αν. Ηωκαίνου.
- Φλύσχης ο οποίος αποτελεί το νεότερο ηλικιακά Αλπικό σχηματισμό. Καταλαμβάνει σημαντική έκταση του δυτικού τμήματος της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά.

Οι **Μεταλπικοί σχηματισμοί** περιλαμβάνουν τους μολασσικούς σχηματισμούς της Μεσοελληνικής αύλακας που στην περιοχή της δυτικής Ελλάδας, όπου ανήκει και η περιοχή που μελετάμε, περιλαμβάνουν κυανές μάργες και οργανογενείς ψαμμούχους ασβεστόλιθους. Η επιφανειακή τους εμφάνιση διευθύνεται ΒΔ – ΝΑ στο κεντρο-δυτικό τμήμα της λεκάνης.

Επιπλέον ένα τμήμα της λεκάνης καταλαμβάνεται από χαλαρούς Ολοκαινικούς σχηματισμούς. Αυτοί περιλαμβάνουν χαλαρές ποταμοχειμάρριες αποθέσεις που αναπτύσσονται κατά μήκος των κοιτών τόσο του Καλαμά όσο και των μεγαλύτερων παραποτάμων του και είναι αποτέλεσμα της απόθεσης λεπτομερών αλλά και περισσότερο χονδρόκοκκων χαλαρών υλικών.

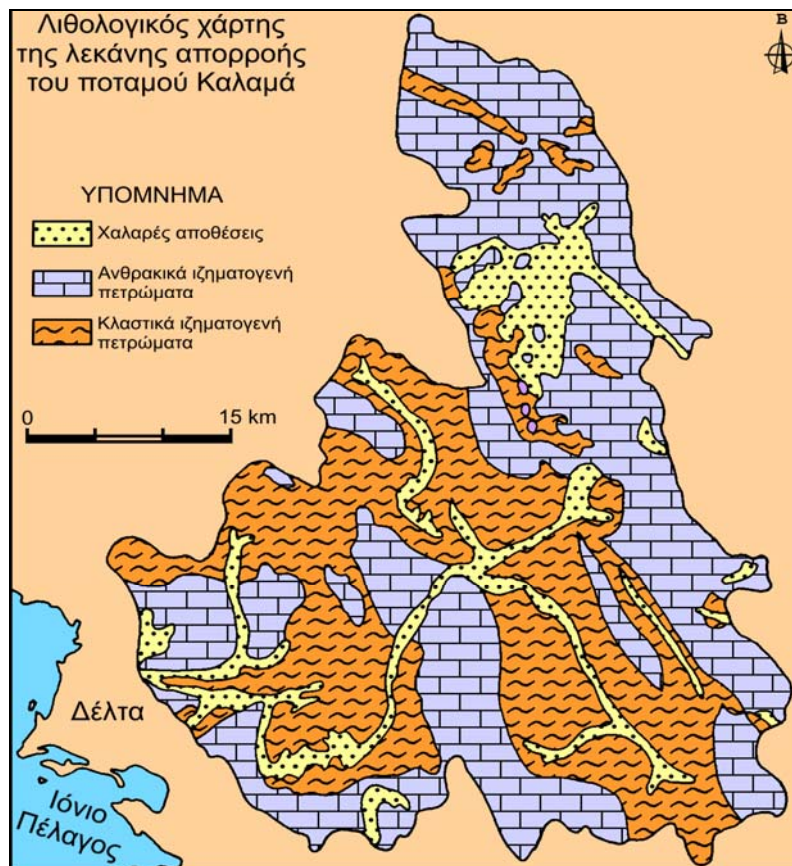
Επιπλέον στις απότομες πλαγιές των ορεινών όγκων εμφανίζονται χαλαροί Ολοκαινικοί κώνοι κορημάτων. Πρόκειται για αποσαθρώματα που προκύπτουν από τη δράση των εξωγενών διεργασιών στα ανώτερα τμήματα των ορεινών όγκων που έχουν ολισθήσει κατά μήκος των έντονων μορφολογικών κλίσεων καλύπτοντάς τις.

Η υπό μελέτη περιοχή έχει υποστεί την επίδραση των Αλπικών τεκτονικών δυνάμεων οι οποίες πτύχωσαν και διέρρηξαν τα ιζήματα της περιοχής. Όλα τα ιζήματα της περιοχής εκτός των Τεταρτογενών παρουσιάζονται πτυχωμένα με γενική κλίση βορειοανατολική. Οι κύριες ρηξιγενείς γραμμές που συναντώνται της περιοχής έχουν διεύθυνση ανατολή- δύση και βορειοδυτικά- νοτιοανατολικά.

Στην περιοχή μελέτης δεν αναφέρονται σημαντικές καταστροφές από σεισμική δραστηριότητα. Στην « Γεωλογική Έκθεση- Εγγειοβελτιωτικά Έργα εις τας εκβολάς του ποταμού Καλαμά» (1958) του Δρ. Καραγεωργίου Ε. αναφέρεται πως στην περιοχή της Ηπείρου δε συναντώνται μεγάλα σεισμικά κέντρα αλλά μικρά τοπικά, τα οποία συνετέλεσαν στην εκδήλωση καταστρεπτικών σεισμών, και εντοπίζονται στην παράκτια ζώνη του Ιονίου πελάγους.

Μια από τις σπουδαιότερες παραμέτρους που προσδιορίζουν τη στερεοπαροχή των ποταμών είναι, πέρα βέβαια από τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά και κυρίως το ύψος και το είδος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, τα λιθολογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών που καλύπτουν επιφανειακά τη λεκάνη απορροής. Είναι προφανές ότι ευδιάβρωτες λιθολογίες σε συνδυασμό με αυξημένες βροχοπτώσεις ευνοούν την αυξημένη στερεοπαροχή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεταφορά σημαντικής ποσότητας ιζημάτων στην περιοχή των εκβολών και την απόθεσή τους υπό την προϋπόθεση ότι οι θαλάσσιες συνθήκες είναι ιδανικές. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η ομαδοποίηση των παραπάνω

γεωλογικών σχηματισμών σε τρεις λιθολογικές ομάδες με κριτήριο τα λιθολογικά τους χαρακτηριστικά και την συμπεριφορά τους στο επιφανειακό νερό. Συγκεκριμένα οι γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίθηκαν σε χαλαρές αποθέσεις που περιλαμβάνουν τα ποταμοχειμάρρια υλικά που αναπτύσσονται κατά μήκος των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου, σε ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα που περιλαμβάνουν τους ασβεστόλιθους και σε κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα που περιλαμβάνουν κυρίως τους σχηματισμούς του φλύσχη και της μόλασσας. Τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα θεωρούνται περατά έως ημιπερατά, το ίδιο και οι χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις ενώ τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα θεωρούνται σαν αδιαπέρατα και ευδιάβρωτα. Στην ομαδοποίηση αυτή βοήθησε η αντίστοιχη κατηγοριοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που έχει πραγματοποιηθεί για όλο τον ελλαδικό χώρο στον Γεωτεχνικό Χάρτη της Ελλάδας που έχει εκπονηθεί από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.). Η γεωγραφική κατανομή των τριών αυτών λιθολογικών ομάδων για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά φαίνεται στο Χάρτη 3.

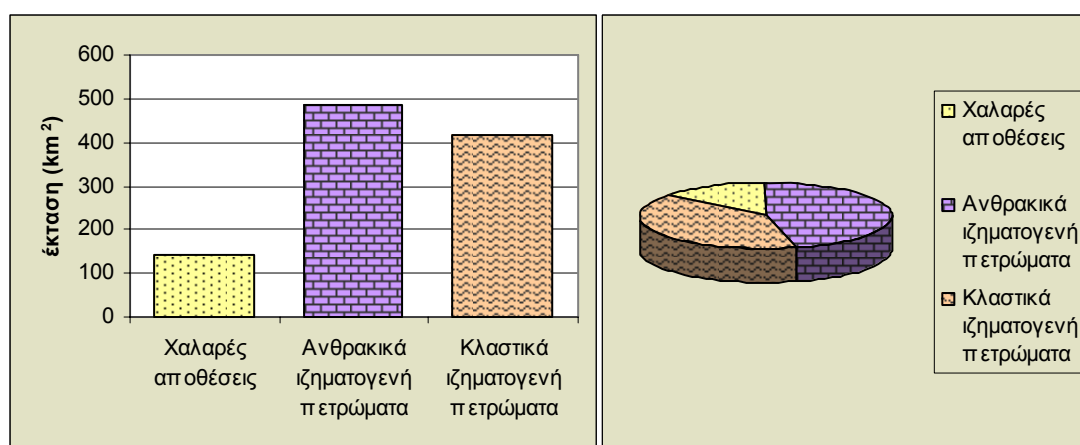


Χάρτης 3: Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά. Ο χάρτης προέκυψε μετά από την ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών ανάλογα με την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά.

Εκτιμήθηκαν τόσο οι απόλυτες τιμές της έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε λιθολογική ομάδα όσο και τα αντίστοιχα ποσοστά (%) στο σύνολο της έκτασής της. Τα ποσοστά και οι απόλυτες τιμές απεικονίζονται στον Πίνακα 9 και το Διάγραμμα 7.

	Χαλαρές αποθέσεις		Ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα		Κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Καλαμάς	142.6	13.6	486.5	46.5	417.3	39.9

Πίνακας 9: Οι απόλυτες τιμές έκτασης σε Km² και τα αντίστοιχα ποσοστά των λιθολογικών ομάδων στη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά..



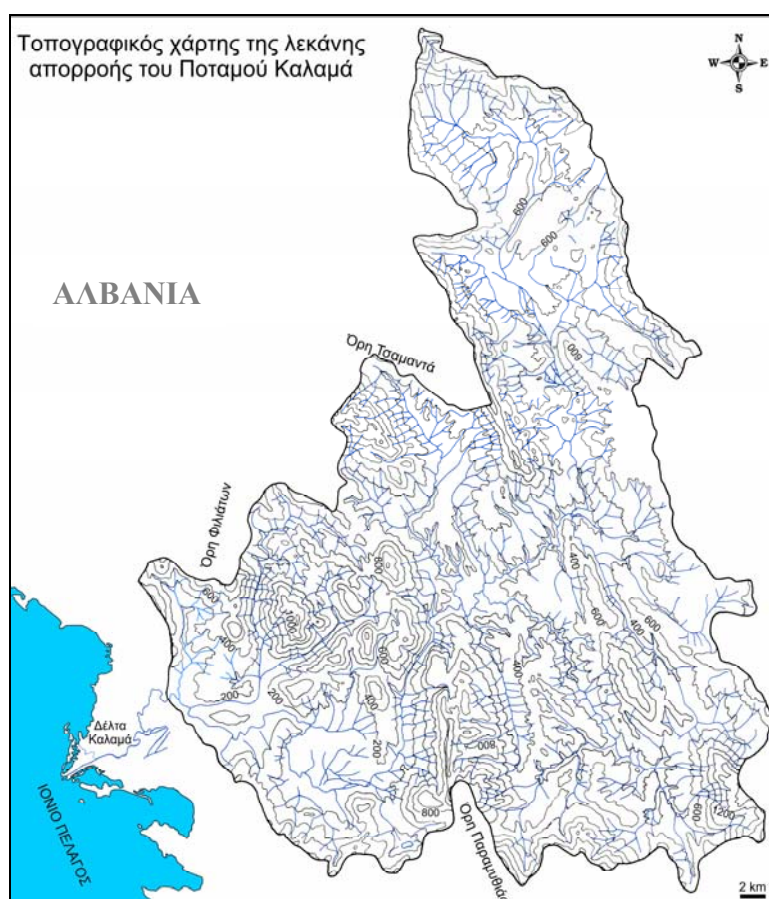
Διάγραμμα 7: Ραβδόγραμμα που απεικονίζει την έκταση των τριών λιθολογικών ομάδων σε km² που καταλαμβάνουν τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά. Το διάγραμμα – πίτα απεικονίζει τα αντίστοιχα ποσοστά των λιθολογικών ομάδων στη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει πως η λιθολογική ομάδα που κυριαρχεί κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα (46.5%) τα οποία όπως προαναφέρθηκε χαρακτηρίζονται ως περατά- ημιπερατά. Ακολουθούν τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα (39.9%) που βρίσκονται στο κεντροδυτικό τμήμα της λεκάνης και οι χαλαρές αποθέσεις (13.6%) που εντοπίζονται κατά μήκος των κεντρικών κοιτών του υδρογραφικού δικτύου.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του εκτεταμένου δέλτα στις εκβολές του ποταμού φαίνεται πως διαδραματίζει το υψηλό ποσοστό των ευδιάβρωτων λιθολογιών που καλύπτει τη λεκάνη απορροής του Καλαμά.

VII. ΤΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

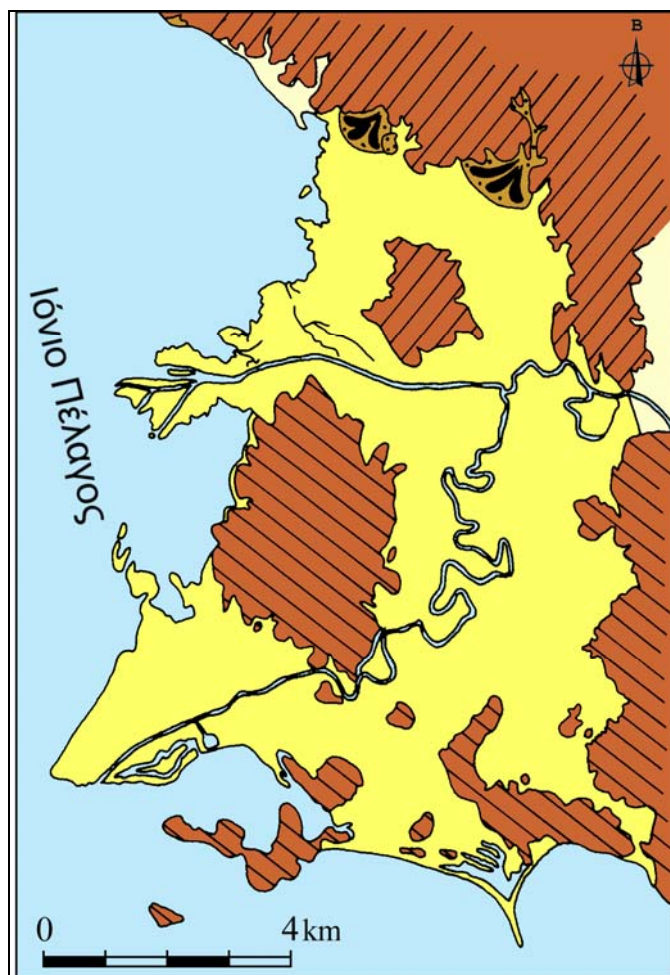
Οι σημαντικότεροι παραπόταμοι του Καλαμά είναι (κατά σειρά από ανάντη προς κατόντη): Γόρμος, Μέζερος, Βελτισστικός, Σμολίτσας, Κούτσης, Τύρια, Μπανιά, Λαγκαβίτσα και Καλπακιώτικος. Εντός της λεκάνης απορροής υπάρχει και η μικρής έκτασης λίμνη Τζαραβίνας. Πριν από τη δεκαετία του 1960, όποτε κατασκευάστηκαν τα αποστραγγιστικά έργα στην περιοχή των Ιωαννίνων η λίμνη Παμβώτις ήταν σε ελεύθερη επικοινωνία με το έλος της Λαψίστας, το οποίο με τη σειρά του επικοινωνούσε με το ποταμό Καλαμά μέσω των καταβολών Ροδοτοπίου και Μπερή (Ξανθόπουλος κ.α., 1984). Τα έργα αυτά τελικά επέφεραν σοβαρές αλλοιώσεις στο οικοσύστημα της λίμνης με αποτέλεσμα σήμερα να έχει αποκοπεί από ένα μεγάλο μέρος των πηγών της και από τον ποταμό Καλαμά (Ξανθόπουλος κ.α., 1984).



Χάρτης 4: Τοπογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του ποταμού Καλαμά. Οι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου απεικονίζονται με μπλε γραμμές.

Το υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Καλαμά μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει αρκετά τον ορθογώνιο τύπο. Κύριο χαρακτηριστικό είναι οι επιμήκεις κεντρικοί κλάδοι με διεύθυνση ροής βορειοδυτικά– νοτιοανατολικά καθώς και κλάδοι με διεύθυνση ροής κάθετη στην προηγούμενη δηλαδή βορειοανατολικά– νοτιοδυτικά. Οι κεντρικοί κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου είναι αποδέκτες μεγάλου αριθμού κλάδων μικρότερων τάξεων και μικρού μήκους που συμβάλουν σχεδόν σε ορθή γωνία με τις κεντρικές επιμήκεις κοίτες. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου έχει επηρεαστεί σημαντικά από τη γεωλογική και τεκτονική δομή της περιοχής. Οι κεντρικοί κλάδοι ακολουθούν τις επαφές των λιθολογικών σχηματισμών, τεκτονικές ασυνέχειες ή τους άξονες των μεγα-πτυχώσεων. Από τη συγκριτική παρατήρηση του Χάρτη 3 και του Χάρτη 4 διαπιστώνεται ότι οι περιοχές της λεκάνης απορροής που καταλαμβάνονται από κλαστικούς σχηματισμούς χαρακτηρίζεται από ένα υδρογραφικό δίκτυο λεπτής υφής όπου οι τιμές υδρογραφικής συχνότητας και πυκνότητας είναι σχετικά υψηλές ενώ αντίθετα στις περιοχές όπου εμφανίζονται ανθρακικά πετρώματα το υδρογραφικό δίκτυο είναι αραιότερο.

VIII. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ



Χάρτης 5: Το δέλτα του ποταμού Καλαμά. Με καφέ απεικονίζεται το πετρώδες υπόβαθρο, ενώ το κίτρινο αντιστοιχεί στις δελταϊκές αποθέσεις του ποταμού Καλαμά.

Στις εκβολές του ποταμού Καλαμά έχει διαμορφωθεί από τη συσσώρευση των ποτάμιων ιζημάτων ένα εκτεταμένο δέλτα εμβαδού 78 Km² περίπου. Από τον Πίνακα 10 αλλά και την ανάλυση των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής γίνεται φανερό ότι στη διαμόρφωση του δέλτα σημαντικό ρόλο έπαιξαν τόσο το μεγάλο ύψος βροχής που σημειώνεται στην περιοχή φθάνοντας τα 1359.3 mm, αφού η περιοχή που μελετάται βρίσκεται στη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα όσο και το μεγάλο ποσοστό (39.9%) ευδιάβρωτων κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων που καταλαμβάνουν την επιφάνεια της περιοχής. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το 46.5% των ανθρακικών

ιζηματογενών πετρωμάτων καταλαμβάνει τη λεκάνη απορροής του ποταμού Καλαμά, ενώ το 39.9% των κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων βρίσκεται στο κάτω τμήμα της λεκάνης απορροής πλησίον του δέλτα. Επιπλέον σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν οι σχετικά υψηλές παροχές του ποταμού $1692 \text{ m}^3/\text{sec}$ κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

Για την ανάπτυξη του δέλτα καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισαν και τα χαρακτηριστικά της λεκάνης υποδοχής των ιζημάτων, το Ιόνιο Πέλαγος. Το μικρό εύρος παλίρροιας (7 cm) που εμφανίζεται στην περιοχή αυτή είναι ένδειξη ότι οι κύριοι παράγοντες διαμόρφωσης της ακτογραμμής είναι η ποτάμια τροφοδοσία σε συνδυασμό με τον κυματισμό.

Σημαντικό ρόλο για τη συσσώρευση των ιζημάτων στις εκβολές πρέπει να έπαιξε η κυματική σκιά που δημιουργείται από την περίθλαση του κυματισμού στην Κέρκυρα που βρίσκεται δυτικά του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

Η παρατήρηση των αεροφωτογραφιών και των δορυφορικών εικόνων (Σχήματα 5, 6, 7, 8, 9) οδηγεί στη διαπίστωση ότι κατά καιρούς υπήρξαν διαφορετικές ενεργές κοίτες με διαφορετικές εκβολές. Η πρόσχωση μέσω των ιζημάτων των κοιτών αυτών διαμόρφωσε τη δελταϊκή πεδιάδα ενώνοντας τα πετρώδη πρώην νησιά με την ξηρά. Τα πρώην αυτά νησιά τώρα αποτελούν ορεινές εξάρσεις που διακόπτουν την πεδινή συνέχεια του δέλτα. Η μεγαλύτερη από τις εξάρσεις αυτές που χωρίζει το δέλτα σε βόρειο και νότιο τμήμα είναι το Μαύρον Όρος.

Από το βαθμό που οι κοίτες αυτές είναι ευδιάκριτες μπορεί κανείς να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι χρονολογικά η παλαιότερη εγκαταλελειμμένη πλέον κοίτη είναι αυτή που καταλήγει στο νότιο δέλτα βόρεια από την Ηγουμενίτσα. Η αμέσως μεταγενέστερη ήταν αυτή που φαίνεται ενεργή στις αεροφωτογραφίες του 1945 και έχει προσχώσει την περιοχή νότια του Μαύρου Όρους, δημιουργώντας ένα δέλτα που ορίζεται από το τρίγωνο Ηγουμενίτσα- Ράγιο- Σαγιάδα.

Η κοίτη αυτή εγκαταλείφθηκε οριστικά τη δεκαετία του 1960 όποτε και κατασκευάστηκε ένα φράγμα δυτικά του χωριού Ράγιον με σκοπό τον έλεγχο των πλημμύρων και τη διαχείριση των νερών του ποταμού για άρδευση, ύδρευση, κ.α.

Μετά την εκτροπή η νέα κοίτη ακολουθεί διεύθυνση ανατολική-δυτική και εκβάλει βόρεια του βουνού της Σκουπίτσας (Μαύρον Όρος) και νότια του λόφου της Μαστιλίτσας (Μασκελινίτσας) που βρίσκεται στο Δήμο Σαγιάδας προσχώνοντας και επεκτείνοντας τη δελταϊκή πεδιάδα.

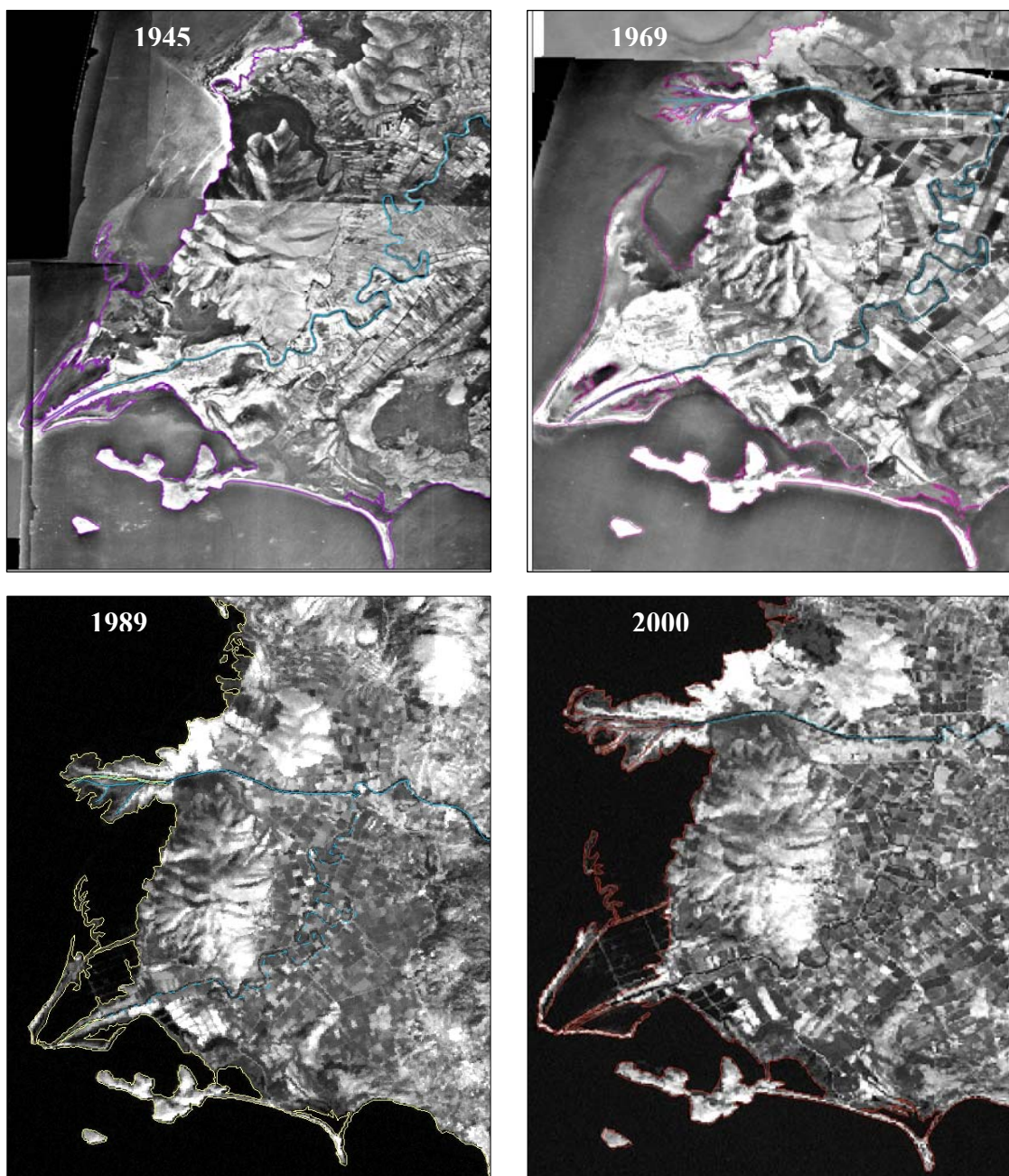
Στον Πίνακα 10 συνοψίζονται τα κύρια μορφολογικά, υδρολογικά και φυσικο-γεωγραφικά χαρακτηριστικά που αφορούν τόσο τη λεκάνη απορροής όσο και της αλλουβιακή πεδιάδα αλλά και το δέλτα του ποταμού Καλαμά.

Λεκάνη απορροής	
Κλίμα	Εύκρατο – Μεσογειακού τύπου
Βροχόπτωση (mm)	1359.3 mm
Εμβαδόν (km ²)	1826 Km ²
Λιθολογία	Χαλαρές αποθέσεις (13.6%)- Κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα (39.9%)- Ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα(46.5%)
Αλλουβιακή πεδιάδα	
Μήκος κεντρικής κοίτης (km)	113
Δελταϊκή πεδιάδα	
Κλίμα	Εύκρατο – Μεσογειακού τύπου
Tectonic setting	Shelf
Εμβαδόν (km ²)	78
Λόγος μήκους ακτογραμμής/ πλάτος του δέλτα	2.95
Μέγιστη παροχή (m ³ /sec)	1692
Ελάχιστη παροχή (m ³ /sec)	2.8
Τύπος δέλτα	Λοβοειδές (cusped)
Sinuosity index	1.75
Λεκάνη υποδοχής των ποτάμιων ιζημάτων	
Γεωμετρία λεκάνης	Στενή τάφρος ανοικτή στα δύο άκρα (τύπος I κατά J.M. Coleman, 1982)
Αριθμός εκβολών	2 (εκ' των οποίων η 1 τεχνητή)
Εύρος παλίρροιας (cm)	7
Απόσταση των ισοβαθών (10m, 20m και 50 m) από τις εκβολές σε km	0.4, 0.5 και 1.5

Πίνακας 10: Τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής, της αλλουβιακής πεδιάδας, του δέλτα του ποταμού Καλαμά καθώς και της λεκάνης υποδοχής των ποτάμιων ιζημάτων του, που είναι το Ιόνιο πέλαγος.

ΙΧ. ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Η μεθοδολογία με την χρήση των δορυφορικών εικόνων και των αεροφωτογραφιών που εφαρμόστηκε για την εκτίμηση των διαχρονικών μεταβολών της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά οδήγησε στις απεικονίσεις του σχήματος 5. Στο Σχήμα φαίνονται οι ακτογραμμές του δέλτα σε διάφορες χρονολογίες όπως προέκυψαν μετά τη ψηφιοποίηση τους που ακολούθησε τη γεωμετρική διόρθωση των εικόνων και αεροφωτογραφιών.



Σχήμα 5: Απεικόνιση των ακτογραμμών στις αεροφωτογραφίες του 1945 και του 1969 και στις δορυφορικές εικόνες των ετών 1989 και 2000.

Η συγκριτική παρατήρηση των ακτογραμμών οδηγεί στη διαπίστωση ότι η παράκτια περιοχή του δέλτα έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές από το 1945 έως το 2000. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται η έκταση και ο ρυθμός προέλασης/ υποχώρησης της ακτογραμμής για το βόρειο και το νότιο δέλτα του ποταμού Καλαμά για την περίοδο 1945- 2000.

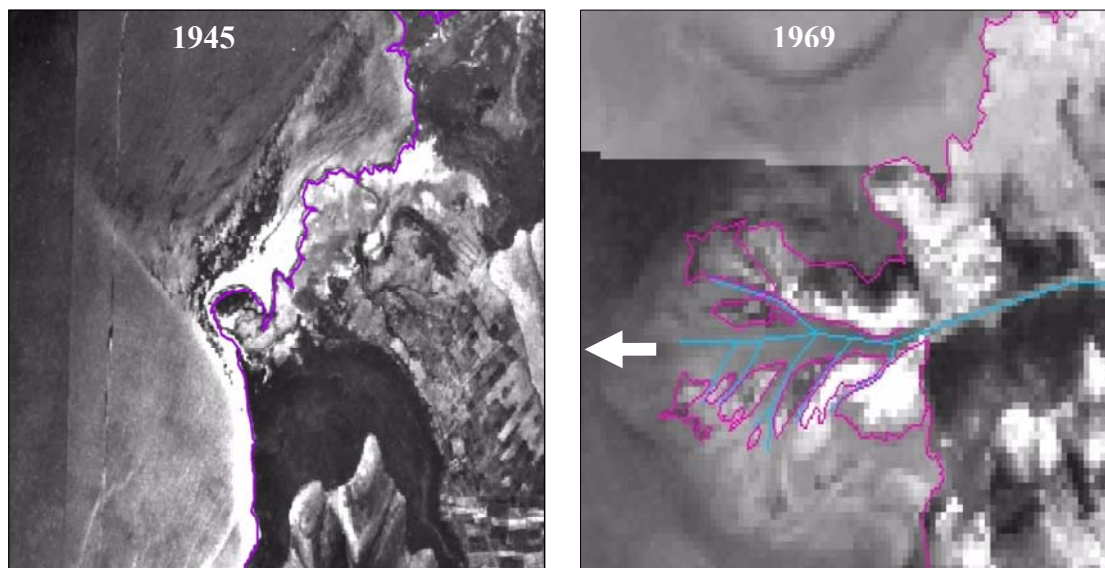
Χρονική Περίοδος	Βόρειο Δέλτα		Νότιο Δέλτα	
	Προέλαση (Km ²)	Ρυθμός (Km ² / έτος)	Υποχώρηση (Km ²)	Ρυθμός (Km ² / έτος)
1945- 1969	1.081	0.077 (1965- 1969)	0.029	0.002
1969- 1989	1.694	0.08	0.156	0.008
1989- 2000	0.223	0.020	0.024	0.002

Πίνακας 11: Παρουσίαση του ρυθμού προέλασης και υποχώρησης της ακτογραμμής του βόρειου και του νότιου δέλτα του ποταμού Καλαμά καθώς και των εκτάσεων που έχουν υποχωρήσει/ προελάσει.

Στις αεροφωτογραφίες του 1945 φαίνεται ενεργή μόνο η εκβολή νότια του Μαύρου Όρους (Σχήμα 5).

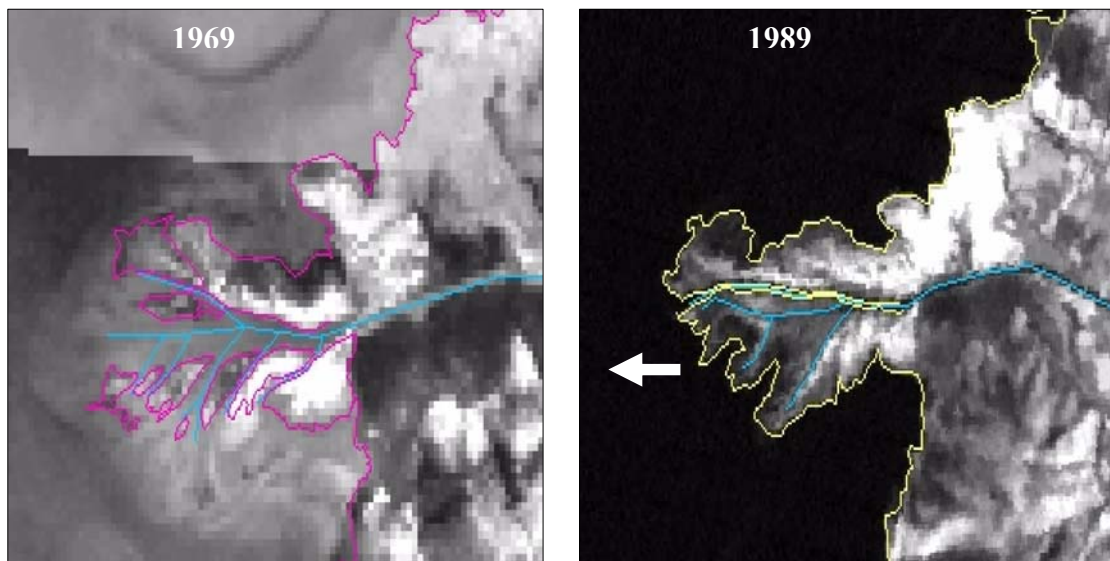
Στις αεροφωτογραφίες του 1969 διακρίνεται καθαρά η εγκαταλελειμμένη μαιανδρική κοίτη του 1945 ενώ η ενεργή κοίτη στη δελταϊκή πεδιάδα είναι πλέον αυτή που διευθύνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά και εκβάλει βόρεια του Μαύρου Όρους. (Σχήμα 5). Η αλλαγή αυτή στην πορεία του ποταμού είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης επέμβασης στη δελταϊκή πεδιάδα με σκοπό την αποφυγή των πλημμύρων στην περιοχή κατά τη περίοδο του χειμώνα, όπου παρατηρούνται μεγάλες τιμές βροχόπτωσης, και τη βελτίωση των αρδευτικών συνθηκών των καλλιεργειών. Η εκτροπή της κοίτης πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή φράγματος το 1965 δυτικά του χωριού Ράγιον το οποίο διέκοψε την προς τον νότο πορεία του ποταμού δημιουργώντας την νέα κοίτη. Στις αεροφωτογραφίες του 1969 φαίνεται ότι παρά το μικρό χρονικό διάστημα λειτουργίας της νέας κοίτης η περιοχή των εκβολών έχει ήδη προελάσει (Σχήμα 6). Εκτιμάται ότι η προέλαση αυτή από τη

συσσώρευση των ιζημάτων του ποταμού στο χώρο των νέων εκβολών ανέρχεται σε 1.081 Km^2 που αντιστοιχεί σε ρυθμό $0.077 \text{ Km}^2/\text{έτος}$ εάν ληφθεί υπόψη ότι η έκταση αυτή προέκυψε από το 1965 όποτε άρχισε η προσφορά υλικών από τη νέα κοίτη έως το 1969 που είναι η χρονιά λήψης των αεροφωτογραφιών.



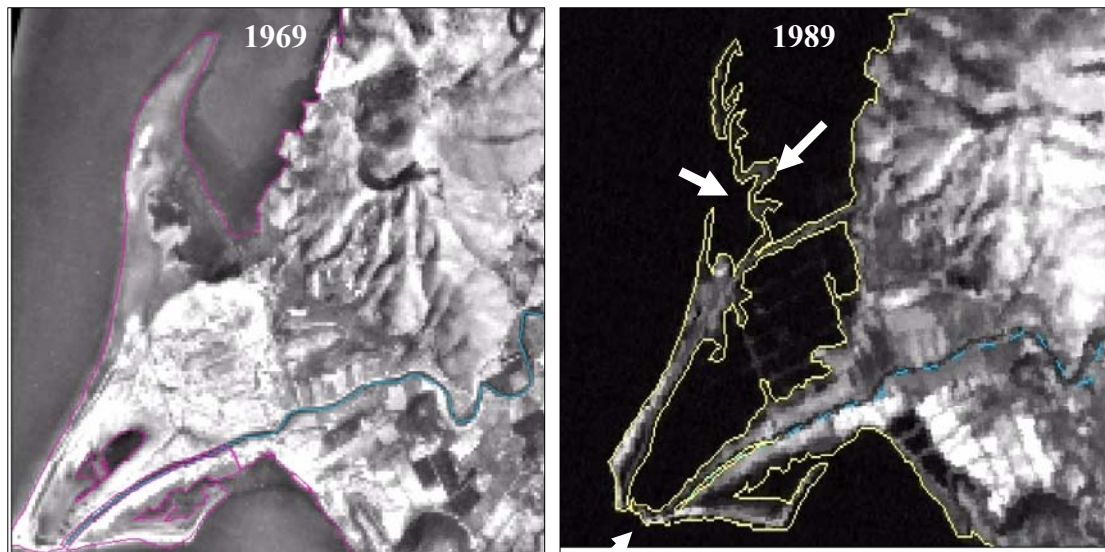
Σχήμα 6: Απεικόνιση της προέλασης των εκβολών του νέου/ τεχνητού δέλτα κατά το 1969 σε σχέση με το 1945.

Από την παρατήρηση της δορυφορικής εικόνας του 1989 προκύπτουν οι ακόλουθες διαπιστώσεις: η κύρια ενεργή κοίτη του ποταμού στη δελταϊκή πεδιάδα εξακολουθεί να είναι εκείνη που προέκυψε μετά την τεχνητή εκτροπή. Η προέλαση και δημιουργία νέων εκτάσεων στο χώρο των νέων εκβολών έχει αυξηθεί σημαντικά (Σχήμα 7). Η νέα έκταση που προέκυψε κατά την εικοσαετία μεταξύ των ετών 1969 και 1989 ανέρχεται σε 1.694 Km^2 . Συνεπώς ο ρυθμός προέλασης για την περίοδο αυτή είναι $0.08 \text{ Km}^2/\text{έτος}$ και αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ρυθμό για την περίοδο των παρατηρήσεων.



Σχήμα 7: Απεικόνιση της προέλασης των εκβολών του νέου/ τεχνητού δέλτα κατά το 1989 σε σχέση με το 1969.

Ταυτόχρονα από τη συγκριτική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών του 1969 και της δορυφορικής εικόνας γίνεται αντιληπτή η αλλαγή της μορφολογίας στο χώρο των παλαιών εκβολών του ποταμού. Στο χώρο εκατέρωθεν της παλαιάς κοίτης φαίνονται αποστραγγιστικά και αρδευτικά έργα και δρόμοι που σταδιακά βυθίζονται και στη θέση τους αρχίζει να δημιουργείται μια λιμνοθάλασσα. Η διαχρονική αύξηση της έκτασης που καταλαμβάνει η λιμνοθάλασσα αυτή οφείλεται κυρίως στη βύθιση της ευρύτερης περιοχής των παλαιών εκβολών που είναι αποτέλεσμα της συμπίεσης των δελταϊκών αποθέσεων. Οι συνέπειες της συμπίεσης αυτής έγιναν ιδιαίτερα εμφανείς μετά την αλλαγή της κοίτης και τη διακοπή της τροφοδοσίας του νότιου δέλτα με ποτάμιο ίζημα από το 1965. Η διακοπή προσφοράς ιζήματος είχε σαν αποτέλεσμα την επικράτηση των θαλάσσιων διεργασιών και την υποχώρηση της ακτογραμμής στο σημείο αυτό κατά 0.156 Km^2 μεταξύ των ετών 1969 και 1989 (Σχήμα 8). Για την υποχώρηση αυτή εκτιμάται ένας ρυθμός περίπου $0.008 \text{ Km}^2/\text{έτος}$.

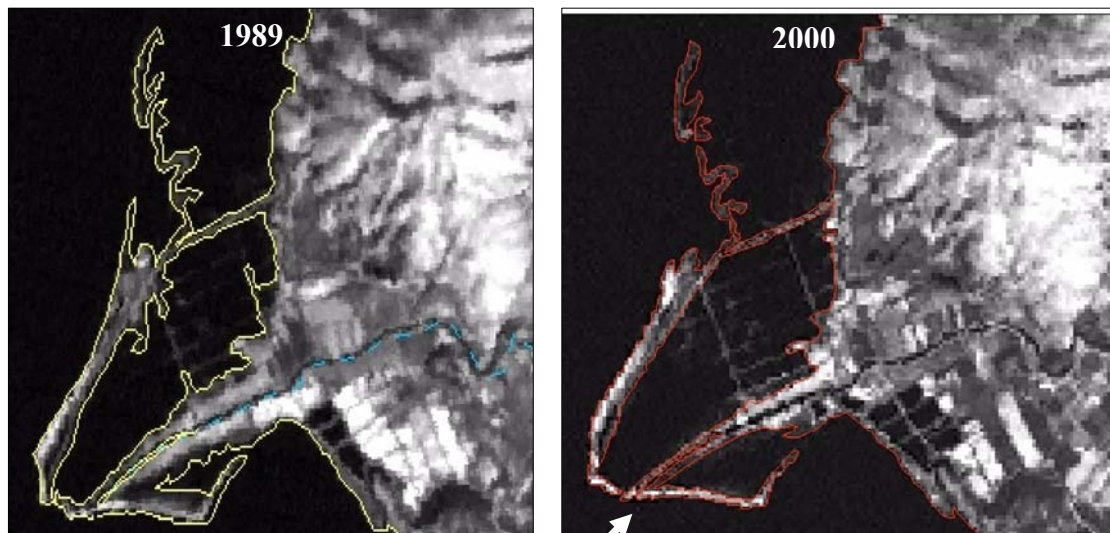


Σχήμα 8: Απεικόνιση της υποχώρησης των εκβολών του παλαιού δέλτα κατά το 1989 σε σχέση με το 1969.

Επιπλέον κατά τη σύγκριση των αεροφωτογραφιών του 1969 και της δορυφορικής εικόνας του 1989 παρατηρείται μεγάλη υποχώρηση στην αμμολωρίδα που βρίσκεται βόρεια του παλαιού δέλτα, η οποία οφείλεται στην διακοπή της τροφοδοσίας με ποτάμιο ίζημα και στη συνεπακόλουθη αύξηση της έντασης των θαλάσσιων διεργασιών στη περιοχή αυτή.

Ακόμη στο παλαιό δέλτα παρατηρείται σημαντική μεταβολή στις παλαιές αποθέσεις του ποταμού παραπλεύρως της κεντρικής κοίτης όπου τώρα λόγω των θαλάσσιων διεργασιών υποχωρούν επεκτείνοντας τις λιμνοθάλασσες, που έχουν δημιουργηθεί, προς το εσωτερικό του παλαιού δέλτα.

Η σύγκριση των ακτογραμμών του 1989 και του 2000 δείχνει ότι δεν παρατηρούνται μεγάλης έκτασης μεταβολές. Ενεργή κοίτη παραμένει αυτή μετά το 1965. Η προέλαση του δέλτα δε θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική και ανέρχεται σε 0.223 Km^2 που αντιστοιχεί σε ένα ρυθμό $0.020 \text{ Km}^2/\text{έτος}$. Η βύθιση των εγγειοβελτιωτικών έργων στο νότιο δέλτα στο χώρο των παλαιών εκβολών εξακολουθεί να υφίσταται και η λιμνοθάλασσα, που είχε ήδη δημιουργηθεί από τη δεκαετία του 1940, φαίνεται να έχει αυξηθεί σημαντικά σε έκταση. Η ακτογραμμή του παλαιού δέλτα έχει υποχωρήσει περισσότερο (Σχήμα 9). Υπολογίστηκε ότι η υποχώρηση έφθασε τα 0.024 Km^2 για την περίοδο αυτή και ο αντίστοιχος ρυθμός είναι $0.002 \text{ Km}^2/\text{έτος}$.



Σχήμα 9: Απεικόνιση της υποχώρησης των εκβολών του παλαιού δέλτα κατά το 2000 σε σχέση με το 1989.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις αποτελούν μια ένδειξη για τις περιοχές που πιθανόν να αντιμετωπίσουν τα σημαντικότερα προβλήματα από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Είναι προφανές ότι οι παράκτιες περιοχές του δέλτα που εμφανίζουν μια σταδιακή προελαύνουσα ακτογραμμή αναμένεται να αντιμετωπίσουν μικρότερο πρόβλημα αφού η προσφορά ιζήματος δημιουργεί νέα γη που αντισταθμίζει την άνοδο του επιπέδου της θάλασσας. Η πιθανή εξέλιξη σε τέτοιες περιοχές, όπως είναι η νέα εκβολή του Καλαμά στο βόρειο δέλτα, είναι να διατηρηθεί μια σταθερή ακτογραμμή στο μέλλον. Αντίθετα περιοχές του δέλτα όπου ήδη παρατηρείται διάβρωση και υποχώρηση τόσο από τη δράση της θάλασσας όσο και από τη σταδιακή συμπίεση των ιζημάτων είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα αντιμετωπίσουν σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Σαν τέτοια μπορεί να χαρακτηριστεί η περιοχή του νότιου δέλτα του Καλαμά.

Συνεπώς η διαχρονική παρατήρηση των μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα οδήγησε στη διαπίστωση ότι το νότιο- παλαιό- εγκαταλελειμμένο δέλτα είναι περισσότερο τρωτό σε μια πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης σε αντίθεση με το νέο βόρειο δέλτα που εμφανίζει μια σταδιακή προέλαση και επαύξηση.

X. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

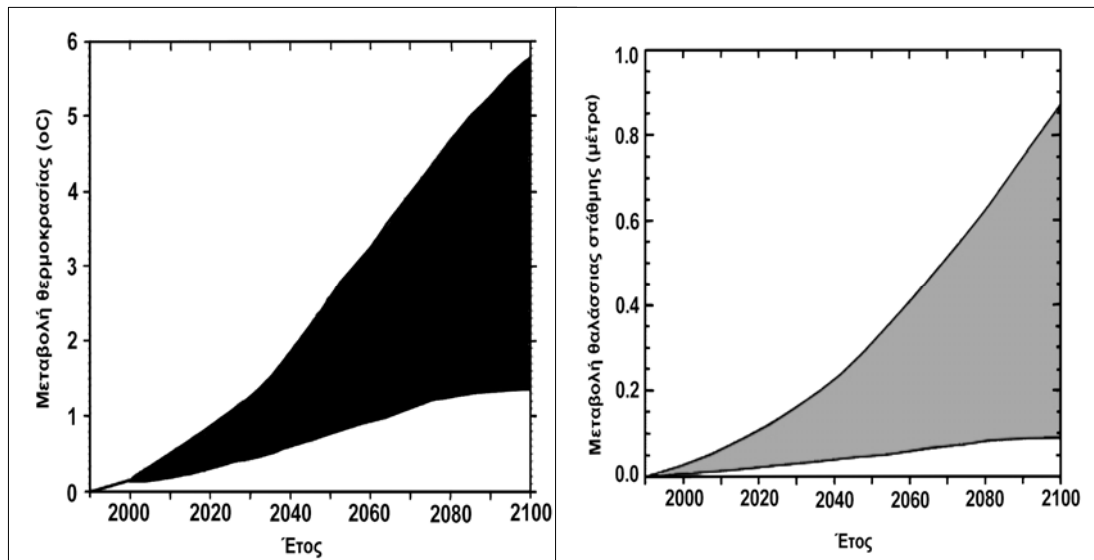
10.1 Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης

Μία από τις φυσικές καταστροφές που αναμένεται να επηρεάσει σε παγκόσμια κλίμακα τη γη και κυρίως τα παράκτια περιβάλλοντα και τα δελταϊκά συστήματα είναι η μελλοντική άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Οι λόγοι εμφάνισης αυτού φαινομένου δεν είναι τελείως ξεκάθαροι (Meler F. and Wahr M., 2002).

Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες σχεδίασης μιας ευστατικής καμπύλης μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης για την περίοδο του Ολόκαινου. Διάφοροι ερευνητές προσπάθησαν να απομονώσουν τους τεκτονικούς παράγοντες προκειμένου να αποδοθεί μια καμπύλη οφειλόμενη αποκλειστικά στις ευστατικές μεταβολές (Fairbridge R.W., 1961, Shepard F.P., 1963, Morner N.A., 1971, κ.α.). Ο Morner (1971) βασίστηκε σε δεδομένα από τη Ν. Σουηδία και κατέληξε στη σχεδίαση μιας ευστατικής καμπύλης για το Ολόκαινο που αποτελεί και την πλέον αποδεκτή παγκοσμίως.

Αυτοί που κυριαρχούν μέχρι σήμερα είναι το λιώσιμο των πάγων των παγετώνων και των ηπειρωτικών περιοχών (ευστατικός παράγοντας) και η δράση των τοπικών κλιματικών συνθηκών που έχουν σαν επακόλουθο την αύξηση της μάζας του νερού των ωκεανών και η αύξηση της μάζας του νερού από τη διαστολή του. Και οι δύο παραπάνω παράγοντες οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε παγκόσμιο επίπεδο από τη συνεχή εκπομπή CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα του πλανήτη, γνωστό ως το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Meler F. and Wahr M., 2002).

Έχει υπολογιστεί, βάσει παγκόσμιων κλιματικών δεδομένων της U. S. Environmental Protection Agency (EPA) και την χρήση μαθηματικών μοντέλων (IPCC, 2001), ότι μέχρι το έτος 2050 η θερμοκρασία του αέρα θα αυξηθεί κατά 1° C και η θαλάσσια στάθμη θα είναι κατά 15 εκατοστά υψηλότερη, ενώ έως το έτος 2100 η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 2° C σε σχέση με τη σημερινή και η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά περίπου 34 cm. Ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης θα είναι 4,2 χιλ./ έτος μέχρι το 2100 (IPCC, 2001). Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται η μέγιστη και η ελάχιστη εκτιμώμενη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα και της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμια κλίμακα μέχρι το έτος 2100 από την IPCC (2001).



Σχήμα 10: Μέγιστη και ελάχιστη εκτιμώμενη μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα και της στάθμης της θάλασσας παγκοσμίως μέχρι το έτος 2100 από την IPCC (2001).

Οι επιπτώσεις της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης θα είναι καταστροφικές τόσο για το φυσικό περιβάλλον όσο και για τις κατασκευές του ανθρώπου στην παράκτια ζώνη και στις δελταϊκές πεδιάδες. Τα αρνητικά αποτελέσματα εντείνονται ιδιαίτερα για τα δέλτα, διότι οι δελταϊκές αποθέσεις με την πάροδο του χρόνου υφίστανται συμπύκνωση με αποτέλεσμα την τοπογραφική ταπείνωση της δελταϊκής πεδιάδας. Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει επηρεάσει τη φυσική εξέλιξη του παράκτιου και του ποτάμιου περιβάλλοντος εκτρέποντας την κοίτη των ποταμών, κατασκευάζοντας φράγματα για άρδευση, ύδρευση και παραγωγή ενέργειας και κατασκευάζοντας προβλήτες, αποβάθρες, επιχωματώσεις, λιμάνια, αυτοκινητόδρομους, κ.α. στις παράκτιες περιοχές. Έτσι, με τη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας ενισχύονται οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την αξιοποίηση των ακτών και των δελταϊκών περιοχών των ποταμών.

10.2 Επιπτώσεις της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στον Ελλαδικό χώρο

Η ηπειρωτική Ελλάδα παρουσιάζει ήπιο ανάγλυφο με χαμηλές παράκτιες περιοχές με μορφή δέλτα ποταμών, λιμνοθαλασσών, παράκτιων αλλουβιακών πεδιάδων και μικρών αιγιαλών, περιοχές που αποτελούν πόλο έλξης του πληθυσμού και τη δημιουργία οικισμών και οικονομικών δραστηριοτήτων, όπως είναι ο τουρισμός, η βιομηχανία, η γεωργία, η κτηνοτροφία, κ.α. τόσο στις ορεινές περιοχές όσο και στις ακτές της. Έχει υπολογιστεί πως το 13,16% που αντιστοιχεί σε 306,63

χλμ.² της επιφανειακής έκτασης των δελταϊκών πεδιάδων θα χαθεί από την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης (Μαρουκιάν Χ. κ.α., 2001).

Οι ακτές της ηπειρωτικής Ελλάδας εμφανίζουν μία περίπλοκη διαμόρφωση και μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 5 κατηγορίες. Αυτές είναι: α) δελταϊκές πεδιάδες, β) λιμνοθάλασσες, γ) παράκτιες πεδιάδες, δ) αιγιαλοί και ε) απόκρημνες ακτές. Στον πίνακα 12 παρουσιάζεται η διανομή των ακτών της ηπειρωτικής Ελλάδας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.

Διοικητικά Γεωγραφικά Διαμερίσματα	Παράκτια μήκη (χλμ.)					
	Δελταϊκές πεδιάδες	Λιμνοθάλασσες	Παράκτιες πεδιάδες	Pocket beaches ³	Απόκρημνες ακτές	Σύνολο
Ήπειρος	74,7	27,2	60,2	8,3	137,9	308,3
%	24,23	8,82	19,53	2,69	44,73	100
Στερεά Ελλάδα	68,0	65,6	474,5	61,1	713,3	1.382,5
%	4,92	4,75	34,32	4,42	51,59	100
Πελοπόννησος	16,7	22,1	627,6	49,3	739,3	1.455
%	1,15	1,52	43,13	3,39	50,81	100
Θεσσαλία	16,8	0,3	81,1	25,8	214,9	338,9
%	4,96	0,09	23,93	7,61	63,41	100
Μακεδονία	74,7	28,5	431,6	18	368,9	921,7
%	8,11	3,09	46,83	1,95	40,02	100
Θράκη	41,0	26,6	72,5	0,4	19,1	159,6
%	25,69	16,67	45,43	0,25	11,96	100
Σύνολο	291,9	170,3	1.747,5	162,9	2.193,4	4.566
%	6,39	3,73	38,27	3,57	48,04	100

Πίνακας 12: Η διανομή των ακτών της ηπειρωτικής Ελλάδας ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, Πηγή: Gaki- Papanastasiou et al.,1997 Μαρουκιάν κ.α., 2001.

Από τον παραπάνω πίνακα 12 παρατηρούμε πως οι περιοχές όπου κυριαρχούν οι δελταϊκές πεδιάδες είναι η Ήπειρος με 24,23% με αυτές του ποταμού Καλαμά και των ποταμών Λούρο και Άραχθο και η Θράκη με 25,69% με τη δελταϊκή πεδιάδα του Έβρου.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι χαμηλές παράκτιες περιοχές και συνεπώς και οι δελταϊκές είναι οι πρώτες που θα υποστούν τις αρνητικές συνέπειες από τη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας θεωρήθηκε σκόπιμο για τη περιοχή μελέτης να εκτιμηθούν οι περιοχές που αναμένεται να πληγούν από μια τέτοια άνοδο.

³ Περιορισμένες παραλίες στο μυχό των κόλπων που οριοθετούνται από απόκρημνες ακτές

XI. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΣΤΟ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι έμμεσες ανθρώπινες επεμβάσεις και κυρίως οι επεμβάσεις από μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης θεωρήθηκαν διάφορα σενάρια ανόδου. Σαν βασικό κριτήριο καθορισμού της επικινδυνότητας κάθε υποπεριβάλλοντος του δέλτα θεωρήθηκε η τοπογραφία. Συγκεκριμένα περιοχές που βρίσκονται στην υψομετρική ζώνη μεταξύ της ακτογραμμής και του υψομέτρου των 0.5 m θεωρούνται υψηλής επικινδυνότητας, εκτάσεις που βρίσκονται μεταξύ 0.5 και 1.0 m θεωρήθηκαν σχετικά μεγάλης επικινδυνότητας, περιοχές που καταλαμβάνουν το υψόμετρο μεταξύ 1.0 και 2.0 m αποτελούν περιοχές ενδιάμεσης επικινδυνότητας και τέλος οι δελταϊκές εκτάσεις με απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 2.0 και 4.0 m θεωρούνται σαν μικρής επικινδυνότητας (Χάρτες 6, 7, 8, 9). Ένα επιπλέον κριτήριο αποτέλεσαν οι χρήσεις γης που χαρακτηρίζουν την κάθε υποπεριοχή. Είναι προφανές ότι οι κατοικημένες περιοχές θεωρείται ότι αποτελούν περιοχές ιδιαίτερα επιρρεπείς σε επεμβάσεις.

Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζουν οι γεωμορφές που αναπτύσσονται κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του δέλτα και η πιθανή «απόκριση» και εξέλιξή τους σε μια πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Οι χρήσεις γης που ελήφθησαν από τον χάρτη καλύψεων γης του προγράμματος Corine 1: 100000 (Δελβινάκιον) διακρίθηκαν και ομαδοποιήθηκαν σε 10 κατηγορίες που περιλαμβάνουν διακεκομμένη αστική δόμηση, μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, μόνιμα αρδευόμενη γη, σύνθετα συστήματα καλλιέργειών, φυσικούς βοσκότοπους, σκληροφυλλική βλάστηση, αιγιαλούς και παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις, εκτάσεις με αραιή βλάστηση, εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά και παράκτια έλη (Χάρτης 10).

Με σκοπό την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων από μια μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας υπολογίστηκε η έκταση κάθε μιας από τις παραπάνω υψομετρικές ζώνες καθώς και η έκταση των χρήσεων γης και το ποσοστό τους ανά υψομετρική ζώνη. Συντάχθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα ενώ επιπλέον κατασκευάστηκαν χάρτες με τις χρήσεις γης ανά υψομετρική ζώνη.

11.1 Εκτίμηση εκτάσεων ανά υψομετρική ζώνη για τις διάφορες χρήσεις γης

Το δέλτα του Καλαμά αποτελεί μία ιδιαίτερα χαμηλή παράκτια περιοχή για αυτό κρίθηκε απαραίτητο να υπολογιστούν τόσο η έκταση των χρήσεων γης για κάθε υψομετρική ζώνη μεταξύ 0- 0.5 m, 0.5- 1 m, 1- 2 m, 2- 4 m όσο και τα αντίστοιχα ποσοστά τους. Οι εκτάσεις αυτές ενδέχεται να επηρεαστούν από την πιθανή δράση κάθε σεναρίου της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται μια ποσοτικά αλλά κυρίως ποιοτική προσέγγιση των αρνητικών επιπτώσεων για κάθε σενάριο σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Στον Πίνακα 13 περιέχονται οι απόλυτες τιμές των εκτάσεων ανά χρήση γης για τις περιοχές του δέλτα που έχουν απόλυτο υψόμετρο μεγαλύτερο από τη στάθμη της θάλασσας καθώς και τα ποσοστά (%) της συμμετοχής κάθε χρήσης γης στη συνολική υψομετρική ζώνη. Οι αντίστοιχες εκτάσεις αναπαριστώνται γραφικά στα αντίστοιχα Διαγράμματα 8, 9, 10, 11.

Χρήσεις γης	0 – 0.5		0.5 – 1.0		1.0 – 2.0		2.0 – 4.0	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	0.005	0.07	0.005	0.13	0,004	0,04	0	0
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	0.198	2.60	0.132	3.69	1,209	12,46	0.087	0.71
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0.036	0.47	0,425	11,87	4,391	45,28	8.700	71.63
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	0.039	0.51	0,034	0,94	0,695	7,16	1.296	10.67
Φυσικοί βοσκότοποι	2.054	26.94	0,474	13,23	0,591	6,10	1.170	9.63
Σκληροφυλλική βλάστηση	0.137	1.80	0,059	1,65	0,036	0,38	0.248	2.04
Αιγιαλοί-παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις	2.185	28.66	1,033	28,84	0,477	4,92	0	0
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0	0	0,425	11,87	0,000	0,00	0.047	0.39
Εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά	0.921	12.08	0,908	25,35	2,293	23,65	0.597	4.92
Παράκτια έλη	1.471	19.30	0,087	2,43	0,000	0,00	0	0
Λιμνοθάλασσες	0.577	7.57	0,000	0,00	0	0,00	0	0
Σύνολο	7.623	100	3.582	100	9,696	100	12.145	100

Πίνακας 13: Έκταση (km²) και ποσοστά % των χρήσεων γης για τις υψομετρικές ζώνες μεταξύ της ακτογραμμής και των 0.5 m, 1.0 m, 2.0 m και 4.0 m.

11.1.1 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 0- 0.5 m

Συγκεκριμένα πρόκειται για μία χαμηλή περιοχή της παράκτιας ζώνης του δέλτα που σύμφωνα ακόμη και με τα πιο αισιόδοξα σενάρια αναμένεται να υποστεί σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις. Αναπτύσσεται κυρίως στον χώρο των παλαιών εκβολών νότια του Μαύρου όρους καθώς και στις νέες εκβολές που προέκυψαν μετά την τεχνητή εκτροπή του ποταμού δυτικά. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο 0- 0.5 m η έκταση της περιοχής αυτής είναι σημαντική και ανέρχεται σε 7.623 km². Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της έκτασης, όπως αναμενόταν, καταλαμβάνεται από αιγιαλούς και παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις. Η άμεση απώλεια των περιβαλλόντων αυτών μπορεί αρχικά να δίνει την εντύπωση ότι δεν είναι τόσο σημαντική. Έχει όμως αποδειχθεί ότι οι δυναμικά μεταβαλλόμενες παράκτιες γεωμορφές όπως είναι οι αιγιαλοί, οι παράκτιες αμμώδεις θίνες κ.α. δεν εξαφανίζονται αλλά προσαρμόζουν τα χαρακτηριστικά τους στις νέες συνθήκες στις οποίες καλούνται να υπάρξουν. Κάτι τέτοιο αναμένεται να συμβεί με την σταδιακή επίκλυση της θάλασσας έναντι της ξηράς, που είναι μια διαδικασία που δίνει χρόνο σε τέτοια παράκτια περιβάλλοντα να τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά τους (κοκκομετρία των ιζημάτων τους, μορφολογικές κλίσεις, πλάτος κ.α.). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι εκτάσεις αυτές δεν πρόκειται να εξαφανισθούν αλλά θα διατηρηθούν μεταναστεύοντας προς το εσωτερικό της ξηράς. Μια τέτοια όμως εξέλιξη θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην κατανομή των χρήσεων γης που παρατηρούνται σε υψηλότερες υψομετρικά ζώνες.

Πέραν των αιγιαλών και των παράκτιων αμμωδών αποθέσεων που αντιστοιχούν στο 28.66% της συνολικής χαμηλής ζώνης μεταξύ της ακτογραμμής και της ισοϋψούς των 0.5 m, σημαντικό ποσοστό (26.94%) καταλαμβάνουν οι φυσικοί βοσκοτόποι που θεωρούνται σαν η μεταβατική ζώνη μεταξύ των παράκτιων άμμων και των καλλιεργειών. Πρόκειται για περιοχές που δεν μπορούν να καλλιεργηθούν συστηματικά κυρίως λόγω της έλλειψης κατάλληλης αποστράγγισης και άρδευσης με αποτέλεσμα η χρήση τους να περιορίζεται στη βόσκηση. Εντούτοις αυτή τους η χρήση θεωρείται εξίσου σημαντική για τον πρωτογενή τομέα της ευρύτερης περιοχής του νομού Θεσπρωτίας.

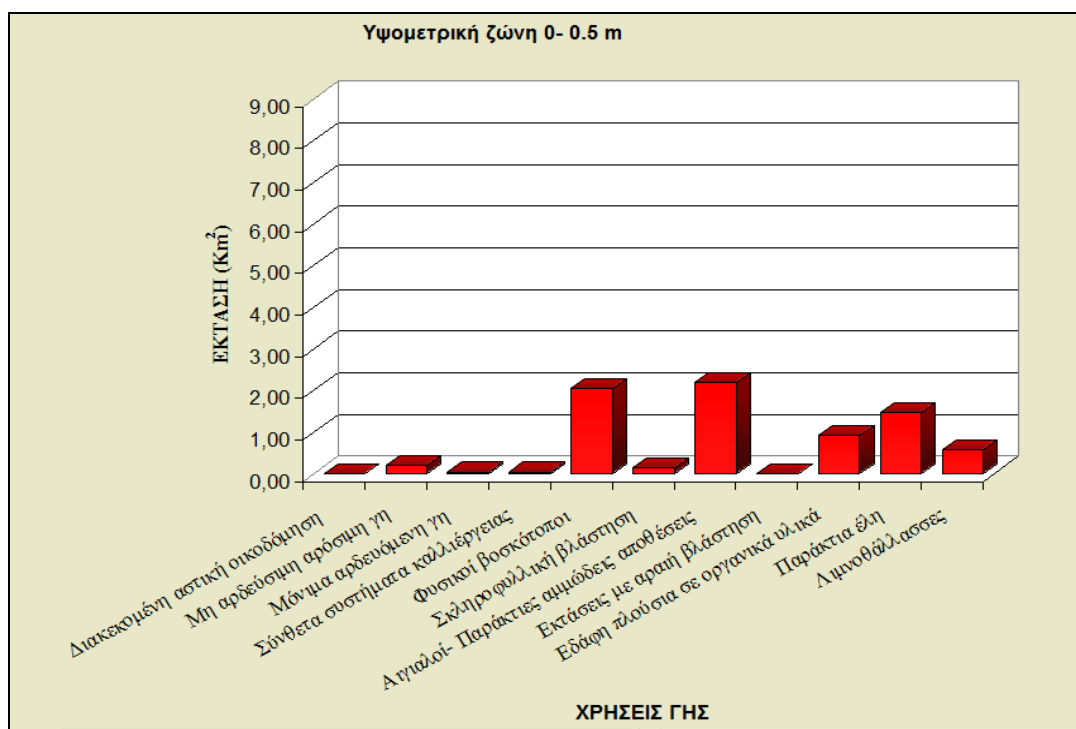
Αξιοσημείωτη είναι η εμφάνιση των παρακτίων ελών στη χαμηλή αυτή περιοχή με έκταση 1.471 km² που αντιστοιχεί στο 19.30% είναι περιοχές που καλύπτονται από νερό είτε καθ όλη τη διάρκεια του έτους είτε περιοδικά κατά την υγρή περίοδο. Εντοπίζονται κυρίως στον άμεσο χώρο των σημερινών εκβολών του ποταμού. Και στην περίπτωση των παράκτιων ελών η απόκριση στην άνοδο της

στάθμης της θάλασσας είναι η μετανάστευση προς το εσωτερικό. Εντούτοις όμως σε αρκετές περιπτώσεις εκτιμάται ότι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μετανάστευση τέτοιων περιβαλλόντων είναι αρκετά μεγάλο. Εκτός αυτού η μετανάστευσή τους εμποδίζεται από τις χρήσεις που ήδη υπάρχουν στην εσωτερική ζώνη με κυριότερες τις καλλιέργειες εντατικές ή μη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι έκταση 0.921 km² αποτελούν εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά και είναι η τέταρτη σε ποσοστό κάλυψη χρήσης γης για τη χαμηλή μεγάλης επικινδυνότητας ζώνη.

Επιπλέον εκτιμήθηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό μόνιμης αρδευόμενης γης (0.47% στη συνολική έκταση της ζώνης) νοτιοανατολικά του Μαύρου Όρους όπου παρατηρείται μια τοπογραφική ταπείνωση της δελταϊκής πεδιάδας.

Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση μιας πολύ μικρής έκτασης, που αντιστοιχεί μόλις στο 0.07% της χαμηλής ζώνης, που φιλοξενεί δομημένη περιοχή. Προφανώς οι περιοχές αυτές είναι εκείνες που απαιτείται να προστατευθούν με κυριότερο μέτρο τη σταδιακή τους μετεγκατάσταση σε περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου.

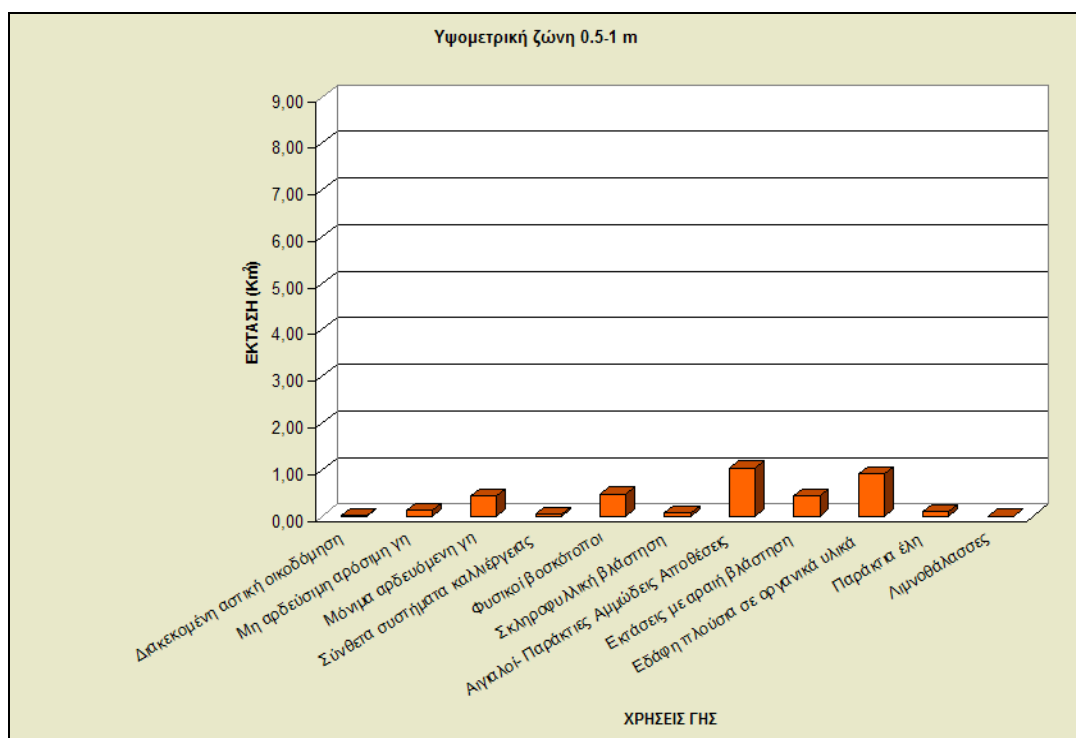


Διάγραμμα 8: Έκταση (Km²) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-0.5 m

Στους Χάρτες 11α, 11β, 11γ παρουσιάζονται οι χρήσεις γης που καταλαμβάνουν την περιοχή ανάμεσα των ισοϋψών 0 και 0.5 m.

11.1.2 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 0.5- 1 m

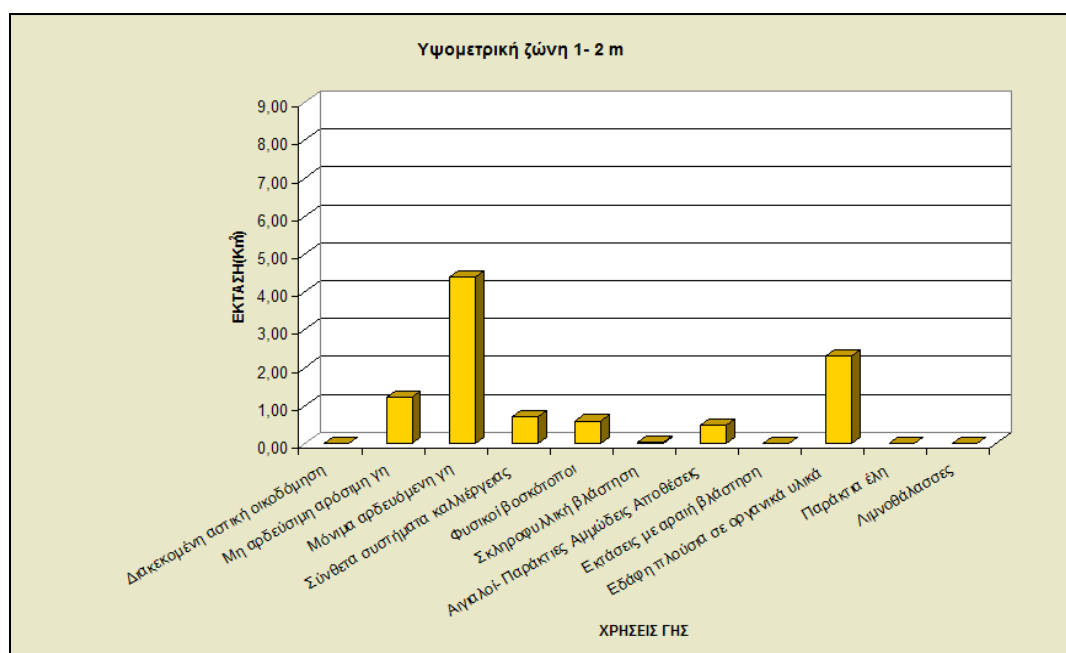
Η δεύτερη υψομετρική ζώνη που εκτείνεται από την ισοϋψή των 0.5 m έως εκείνη του 1 m και που αναμένεται να καλυφθεί άμεσα μέχρι το 2100 σύμφωνα με το πιο απαισιόδοξο σενάριο μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, χαρακτηρίζεται ως περιοχή μεγάλης επικινδυνότητας. Η έκτασή της είναι σαφώς περιορισμένη σε σχέση με την προηγούμενη ζώνη και εκτείνεται σε 3.582 km². Και οι δύο όμως ζώνες μαζί αποτελούν μια σημαντική έκταση 11.205 km². Οι εκτεταμένες περιοχές χαμηλού υψόμετρου σε δελταϊκά περιβάλλοντα δικαιολογούνται επιπλέον από τη συμπίεση που υφίστανται οι δελταϊκές αποθέσεις με την πάροδο του χρόνου. Στην υψομετρική αυτή ζώνη του δέλτα εξακολουθεί το μεγαλύτερο ποσοστό που ανέρχεται σε 28.84% να είναι παράκτιες αποθέσεις άμμου. Σημαντική έκταση καταλαμβάνεται από εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά ενώ τα φυσικά βοσκοτόπια παρότι μειώνονται σε σχέση με την προηγούμενη χαμηλή ζώνη εξακολουθούν να αποτελούν μια σημαντική περιοχή του νότιου παλαιού δέλτα του Καλαμά. Αρκετά περιορισμένα είναι τα παράκτια έλη διότι όπως είναι φυσικό η ανάπτυξη και διατήρησή τους ευνοείται σε πολύ χαμηλά υψόμετρα. Αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι από τη ζώνη αυτή αρχίζει να γίνεται σημαντική η παρουσία βλάστησης και καλλιεργήσιμων εκτάσεων (Χάρτες 11δ, 11ε, 11στ).



Διάγραμμα 9: Έκταση (Km²) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0.5-1 m

11.1.3 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 1- 2 m

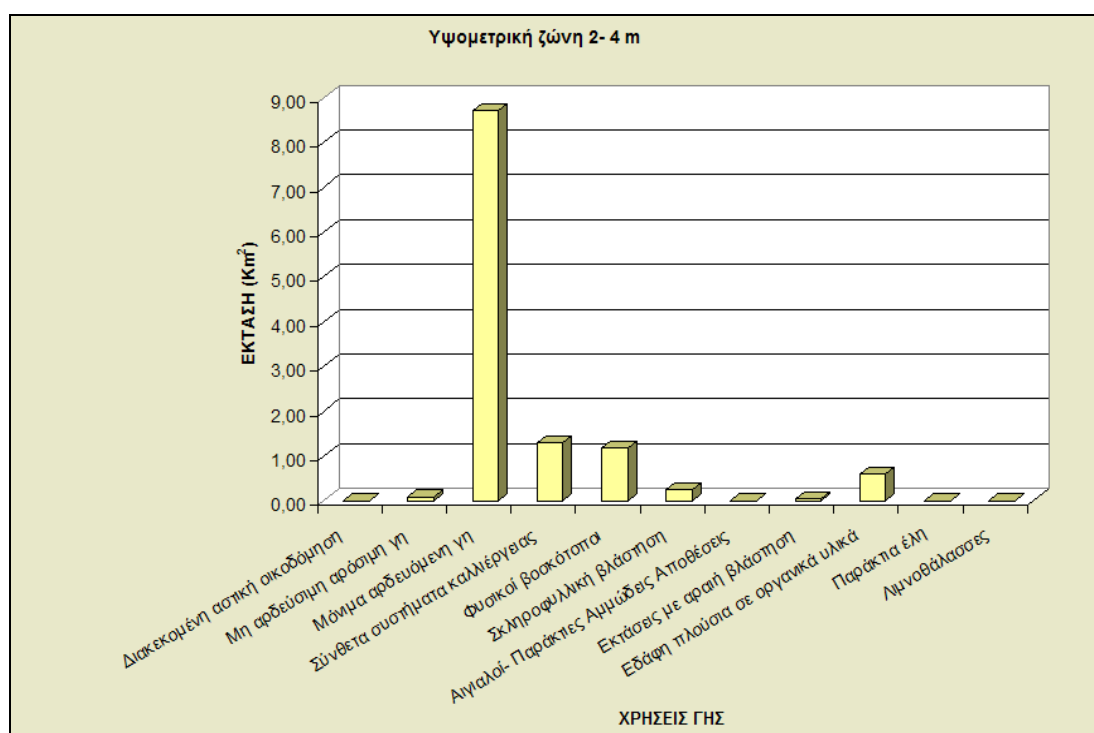
Η τρίτη υψομετρική ζώνη εκτείνεται από το 1m έως τα 2m. Οι επιπτώσεις από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας για τη ζώνη αυτή (τρίτο σενάριο ανόδου θαλάσσιας στάθμης) μπορεί να μην είναι άμεσες. Το ίδιο ισχύει και για την επόμενη ανώτερη υψηλότερη ζώνη. Η κατανομή όμως των χρήσεων γης σε αυτές θεωρείται σημαντική για την εκτίμηση των κοινωνικοοικονομικών συνεπειών (Χάρτες 11ζ, 11η, 11θ). Οι περιοχές αυτές θα υποστούν έμμεσες επιπτώσεις με κυριότερη την ανακατανομή των χρήσεων γης. Όλες οι γεωμορφές και τα παράκτια περιβάλλοντα που αναπτύσσονται κατά μήκος της ακτογραμμής όπως ήδη αναφέρθηκε θα μετατοπιστούν σταδιακά προς τις εσωτερικές αυτές ζώνες. Η πιο σημαντική παρατήρηση σε ότι αφορά τις χρήσεις γης για τη ζώνη αυτή είναι ότι έκταση 4.391 km² από το σύνολο των 9.696 km² (ποσοστό που αγγίζει το 45.25%) φιλοξενεί μόνιμα αρδευόμενες καλλιέργειες. Καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα του νότιου παλαιού δέλτα ενώ σημαντική αρχίζει να γίνεται και η εμφάνιση σύνθετων συστημάτων καλλιεργειών και μη αρδεύσιμης αρόσιμης γης. Συνεπώς η ζώνη αυτή αρχίζει να φιλοξενεί καλλιέργειες και η οικονομική της σημασία είναι θεμελιώδης.



Διάγραμμα 10: Έκταση (Km²) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 1-2 m

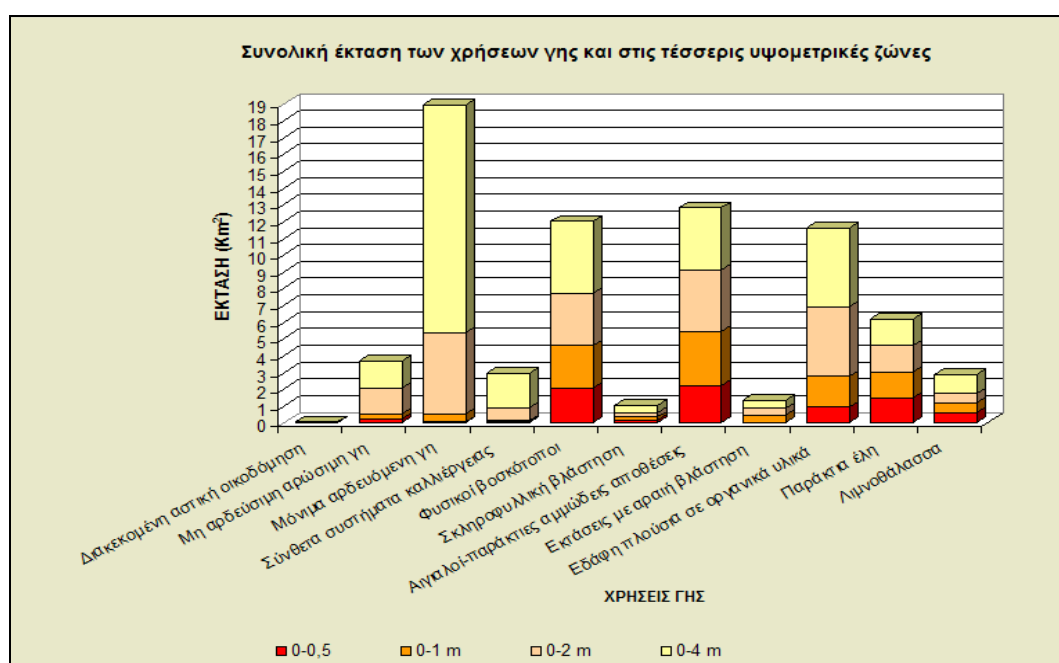
11.1.4 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 2- 4 m

Η τέταρτη και τελευταία υψομετρική ζώνη για την οποία εκτιμήθηκε η κατανομή των χρήσεων γης έχει έκταση 12.145 km² και όπως φαίνεται τόσο στον Πίνακα 12 όσο και στο Διάγραμμα 11 υπερτερούν και πάλι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αφού το 71.63 % είναι μόνιμα αρδευόμενη γη και το 10.67 % φιλοξενεί σύνθετα συστήματα καλλιεργειών (Χάρτες 11ι, 11κ, 11κι).



Διάγραμμα 11: Έκταση (Km²) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 2-4 m

Συμπερασματικά παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κατάκλυσης σε όλα τα σενάρια παρουσιάζουν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις (41.01%). Στη συνέχεια ακολουθούν τα εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά (14.28%), οι φυσικοί βοσκότοποι (12.98%), οι αιγιαλοί και οι παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις (11.18%), τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (6.24%), η μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη (4.92%), τα παράκτια έλη (4.71%), οι λιμνοθάλασσες (3.49%), η σκληροφυλλική βλάστηση (1.45%), οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση (1.43%) και τέλος με πολύ μικρό ποσοστό (0.04%) η διακεκομμένη αστική οικοδόμηση. Ενδεικτικό της κατανομής και της συμμετοχής των χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη είναι το Διάγραμμα 12.



Διάγραμμα 12: Συμμετοχή των χρήσεων γης στη συνολική έκταση των τεσσάρων υψομετρικών ζωνών του δέλτα του Κалаμά.

Μια επιπλέον αρνητική συνέπεια για τις σχετικά ανώτερες υψομετρικά αυτές περιοχές των δύο τελευταίων ζωνών είναι αυτή που πιθανά προκύψει από την υφαλμύριση των υδροφόρων οριζόντων. Η σταδιακή άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα επιτρέψει στο θαλασσινό νερό την είσοδο στους υδροφόρους ορίζοντες που φιλοξενούνται στις δελταϊκές αποθέσεις με αποτέλεσμα την αύξηση των χλωριόντων γεγονός που θα καταστήσει αδύνατη τη χρησιμοποίηση των υπόγειων νερών για άρδευση. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα θα είναι εντονότερο για το νότιο τμήμα του δέλτα, αφού η διακοπή της προσφοράς υλικών από το ποτάμι από τη

δεκαετία του 1960 οπότε και εξετράπει δυτικά, έχει ήδη προκαλέσει σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα με σημαντικότερο τη βύθιση των ήδη κατασκευασμένων αποστραγγιστικών και αρδευτικών έργων που είχαν σχεδιασθεί για τη βελτίωση των συνθηκών καλλιέργειας της ευρύτερης περιοχής των παλαιών εκβολών.

ΧΙΙ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία τόσο των δορυφορικών εικόνων και αεροφωτογραφιών όσο και των αναλογικών χαρτών, που συλλέχθηκαν, μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

Η μορφολογία του σημερινού ανάγλυφου του δέλτα του ποταμού Καλαμά οφείλεται κυρίως στις υψηλές τιμές βροχόπτωσης (1359.3 mm), που επικρατούν στην περιοχή αυτή καθώς και στα ευδιάβρωτα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα που καταλαμβάνουν σε μεγάλο ποσοστό (39.9%) τη δελταϊκή πεδιάδα. Επιπλέον οι μεγάλες παροχές του ποταμού (1692 m³/sec) και κυρίως τους χειμερινούς μήνες αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη διαμόρφωση του δέλτα.

Το μικρό εύρος παλίρροιας που επικρατεί στην περιοχή του Ιόνιου Πέλαγος οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι κύριοι παράγοντες δημιουργίας του δέλτα του Καλαμά είναι η ποτάμια τροφοδοσία σε συνδυασμό με τον κυματισμό.

Τέλος, θεωρείται πως η νήσος Κέρκυρα που βρίσκεται δυτικά του δέλτα του ποταμού Καλαμά, δημιουργώντας κυματική σκιά, αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για τη δημιουργία και τη σημερινή διαμόρφωση της περιοχής.

Παρατηρώντας τις δορυφορικές εικόνες και τις αεροφωτογραφίες διακρίνονται δύο εκβολές, η νότια που είναι η παλαιότερη και πλέον εγκαταλελειμμένη και η βόρεια που είναι τεχνητή και λειτουργεί μέχρι και σήμερα.

Η δημιουργία της νέας κοίτης και ακολούθως και των νέων εκβολών βόρεια του Μαύρου Όρους πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή ενός φράγματος δυτικά του χωριού Ράγιον το 1965. Σκοπός αυτού του έργου ήταν η εκτροπή της παλαιάς κοίτης για την αποφυγή των πλημμύρων κατά τους χειμερινούς μήνες και τη διαχείριση των υδάτων του ποταμού για την άρδευση των καλλιεργειών που αναπτύσσονται στη δελταϊκή πεδιάδα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη διακοπή της τροφοδοσίας των παλαιών εκβολών με ποτάμιο ίζημα και την εγκατάλειψη της κοίτης, γεγονός το οποίο με τη σειρά του οδήγησε στην επικράτηση των θαλάσσιων διεργασιών στην περιοχή και τελικά στην υποχώρηση της δελταϊκής πεδιάδας με ένα ρυθμό περίπου 0.002 Km²/έτος.

Επιπλέον σημαντικός παράγοντας στην ενίσχυση των θαλάσσιων διεργασιών στο παλαιό δέλτα, στην υποχώρηση της ακτογραμμής και την αύξηση της έκτασης της λιμνοθάλασσας στις παλαιές εκβολές αποτέλεσε η βύθιση της δελταϊκής πεδιάδας λόγω της συμπίεσης των ιζημάτων.

Η εκτροπή του ποταμού Καλαμά οδήγησε στη δημιουργία των νέων εκβολών του δέλτα του, όπως ήδη έχει αναφερθεί, και στη συνεχή προσφορά υλικών στην περιοχή αυτή προκαλώντας την προέλαση της ξηράς με μέγιστο ρυθμό $0.085 \text{ Km}^2/\text{έτος}$ στο διάστημα 1969- 1989.

Συμπερασματικά, από τη διαχρονική παρατήρηση των μεταβολών της ακτογραμμής του δέλτα διαπιστώθηκε ότι το νότιο- παλαιό- εγκαταλελειμμένο δέλτα είναι περισσότερο τρωτό σε μια πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης σε αντίθεση με το νέο βόρειο δέλτα που εμφανίζει μια σταδιακή προέλαση και επαύξηση.

Σε ότι αφορά την εκτίμηση των περιοχών που πρόκειται να πληγούν από μια μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης μπορούν να ειπωθούν τα εξής: Ελήφθησαν τέσσερα σενάρια. Οι περιοχές που βρίσκονται στην υψομετρική ζώνη μεταξύ της ακτογραμμής και του υψόμετρου των 0.5 m θεωρούνται υψηλής επικινδυνότητας, οι εκτάσεις που βρίσκονται μεταξύ 0.5 και 1.0 m και θεωρήθηκαν σχετικά μεγάλης επικινδυνότητας, οι περιοχές που καταλαμβάνουν το υψόμετρο μεταξύ 1.0 και 2.0 m αποτελούν περιοχές ενδιάμεσης επικινδυνότητας και τέλος οι δελταϊκές εκτάσεις με απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 2.0 και 4.0 m θεωρούνται σαν μικρής επικινδυνότητας.

Εκτιμήθηκε πως η πρώτη υψομετρική ζώνη 0- 0.5 m που η έκταση της ανέρχεται σε 7.623 km^2 καταλαμβάνεται κυρίως από αιγιαλούς- παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις σε ποσοστό 28.66%. Τα περιβάλλοντα αυτά έχουν την ιδιότητα να προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Κάτι τέτοιο αναμένεται να συμβεί με την σταδιακή επίκλυση της θάλασσας έναντι της ξηράς, που είναι μια διαδικασία που δίνει χρόνο σε τέτοια παράκτια περιβάλλοντα να τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά τους (κοκκομετρία των ιζημάτων τους, μορφολογικές κλίσεις, πλάτος κ.α.). Αυτό σημαίνει ότι οι εκτάσεις αυτές θα διατηρηθούν μεταναστεύοντας προς το εσωτερικό της ξηράς. Μια τέτοια όμως εξέλιξη θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην κατανομή των χρήσεων γης που παρατηρούνται σε υψηλότερες υψομετρικά ζώνες.

Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση μιας πολύ μικρής έκτασης, που αντιστοιχεί μόλις στο 0.07% της χαμηλής ζώνης, που φιλοξενεί δομημένη περιοχή. Προφανώς οι περιοχές αυτές είναι εκείνες που απαιτείται να προστατευθούν με κυριότερο μέτρο τη σταδιακή τους μετεγκατάσταση σε περιοχές μεγαλύτερου υψόμετρου.

Η δεύτερη υψομετρική ζώνη 0.0- 1 m εκτείνεται σε 3.582 km^2 και θεωρείται και αυτή περιοχή υψηλής επικινδυνότητας αφού σύμφωνα με τα πιο απαισιόδοξα σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης αναμένεται μέχρι το 2100 να έχει καλυφθεί.

Και η ζώνη αυτή καταλαμβάνεται κυρίως από αιγιαλούς και παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις (28.84%). Αξιοσημείωτο είναι πως από τη ζώνη αυτή αρχίζει να γίνεται σημαντική η εμφάνιση βλάστησης και καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

Η τρίτη υψομετρική ζώνη 1- 2 m δεν θα επηρεαστεί άμεσα από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης όπως και η επόμενη ανώτερη υψηλότερη ζώνη. Οι περιοχές αυτές θα υποστούν έμμεσες επιπτώσεις με κυριότερη την ανακατανομή των χρήσεων γης, αφού όλες οι γεωμορφές και τα παράκτια περιβάλλοντα που αναπτύσσονται κατά μήκος της ακτογραμμής θα μετατοπιστούν σταδιακά προς τις ανώτερες ζώνες με αποτέλεσμα να κατακλύσουν μεγάλο ποσοστό άλλων χρήσεων γης.

Θα πρέπει να αναφερθεί πως η ζώνη αυτή φιλοξενεί μόνιμα αρδευόμενες καλλιέργειες (45.28% στη συνολική έκταση της ζώνης), οι οποίες καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα του νότιου παλαιού δέλτα. Παράλληλα σημαντική αρχίζει να γίνεται και η εμφάνιση σύνθετων συστημάτων καλλιεργειών και μη αρδεύσιμης αρόσιμης γης. Συνεπώς η ζώνη αυτή φιλοξενεί σημαντικές καλλιέργειες και η οικονομική της σημασία είναι θεμελιώδης.

Η τέταρτη και τελευταία ζώνη έχει έκταση 12.145 km² και όπως και πριν και εδώ υπερτερούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αφού το 71.63 % είναι μόνιμα αρδευόμενη γη και το 10.67 % φιλοξενεί σύνθετα συστήματα καλλιεργειών.

Παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κατάκλυσης σε όλα τα σενάρια παρουσιάζουν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις (47.25%). Στη συνέχεια ακολουθούν τα εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά (14.28%), οι φυσικοί βοσκότοποι (12.98%), οι αιγιαλοί και οι παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις (11.18%), τα σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (6.24%), η μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη (4.92%), τα παράκτια έλη (4.71%), οι λιμνοθάλασσες (3.49%), η σκληροφυλλική βλάστηση (1.45%), οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση (1.43%) και τέλος με πολύ μικρό ποσοστό (0.04%) η διακεκομμένη αστική οικοδόμηση.

Μια επιπλέον αρνητική συνέπεια για τις σχετικά ανώτερες υψομετρικά αυτές περιοχές των δύο τελευταίων ζωνών είναι αυτή που πιθανά προκύψει από την υφαλμύριση των υδροφόρων οριζόντων. Η σταδιακή άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα επιτρέψει στο θαλασσινό νερό την είσοδο στους υδροφόρους ορίζοντες που φιλοξενούνται στις δελταϊκές αποθέσεις με αποτέλεσμα την αύξηση των χλωριόντων γεγονός που θα καταστήσει αδύνατη τη χρησιμοποίηση των υπόγειων νερών για άρδευση. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα θα είναι εντονότερο για το

νότιο τμήμα του δέλτα, αφού η διακοπή της προσφοράς υλικών από το ποτάμι από τη δεκαετία του 1960 οπότε και εξετράπει δυτικά, έχει ήδη προκαλέσει σημαντικά αρνητικά αποτελέσματα με σημαντικότερο τη βύθιση των ήδη κατασκευασμένων αποστραγγιστικών και αρδευτικών έργων που είχαν σχεδιασθεί για τη βελτίωση των συνθηκών καλλιέργειας της ευρύτερης περιοχής των παλαιών εκβολών.

XIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία:

- Coleman, J.M., (1982), *Deltas: Processes of deposition and models for exploration*. International Human Resources Development Corporation, Houston. (124 p.)
- Fairbridge, R.W. (1961), *Eustatic changes in sea-level. Physics and Chemistry of the earth* 4, 99- 185.
- Fouache, E, Gjovalin, G, Skender, M, Nikolli, P. (2001), *Recent geomorphological evolution of the deltas of the rivers Seman and Vjosa, Albania*, 26: 793- 802.
- Gaki-Papanastassiou, K., Maroukian, H., Pavlopoulos, K. and Zamani, A., (1997), *The implications of the expected sea level rise on the low lying areas of continental Greece in the next century*. Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment: 121-126.
- Gatsis, I, Parcharidis, Is, Serelis, K. (2001), *Monitoring of coastline changes using multitemporal satellite data: The case of Messologi lagoon system and Acheloos- Evinos deltas (W. Greece)*, Proceedings of the 9th International Congress, Athens, Bull. Geol. Soc. Greece, 34(5): 2039-2046. (in English).
- Georgas, D. (2000), *Implications of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR) for Greece*. Proceeding of SURVAS Expert Workshop on European Vulnerability and Adaptation to impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR), Hamburg: 32-33.
- IPCC (2001): *Climate Change, Synthesis Report*. - Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.), Geneva, 184 pp (Stand-alone edition).
- Jeftic, L, Milliman J. D, Sestini G. (1992), *Climate Change and the Mediterranean- Environmental and Societal Impacts of the Climatic Change and Sea- Level Rise in the Mediterranean Region*, New York.
- Karymbalis, E, Tegou M. & O. Tsalkitzi (2001), *Study of delta formation factors at Central Greece*. Proceedings of the 9th International Congress, Athens, Bull. Geol. Soc. Greece, 34(1): 381-388. (in Greek).

- Karymbalis, E. & Chalkias, C. (2003), *A GIS- RS approach n vulnerability assessment of deltaic coastal zone due to the impact of the sea level rise*, Proceedings International Symposium on Geographical Information Systems and Remote Sensing: Environmental Applications, Volos.
- Marinos, P. G, Koukis G. C, Tsiambaos G. C, Stournaras G. C. (1997), *Engineering Geology and the Environment*, Proceedings International Symposium of Engineering Geology and the Environment, Athens, pp 121-126.
- Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K, Pavlopoulos K. & Zamani, A. (1995), *Comparative geomorphological observations in the Kalamas delta in Western Greece and the Sperchios delta in eastern Greece*. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 34: 110 (Abstract).
- Maroukian, H. and Karymbalis, E., (2004), *Geomorphic evolution of the fan delta of the Evinos river in Western Greece and Human impacts in the last 150 years*. Z. Geomorphology N.F., 48, 2, 201217.
- Meler, M. K. & Wahr, J. M. (2002), *Sea level is rising: Do we know why?* , 99/10:6524- 6526, Boulder.
- Pethic, J. (1984), *An introduction to coastal geomorphology*. ED. E. Arnold, London. pp 260.
- Piper, D.J.W. & A.G. Panagos, (1981), *Growth patterns of the Acheloos and Evinos deltas, Greece*. - Sedimentary Geology, 28: 111-132.
- Piper, D.J.W., Kontopoulos, N. Anagnostou, C., Chronis, G. & A.G. Panagos, (1990), *Modern deltas in the western Gulf of Corinth, Greece*, Geo-Marine Letters, 10/1: 5-12.
- PouLos, S.E., Collins, M. & G. Evans, (1996), *Water-sediment fluxes of Greek rivers, southeastern Alpine Europe: annual yields, seasonal variability, delta formation and human impact*, Z. Geomorphol., N.F. 40/2: 243-261.
- Poulos, S.E. & G.T. Chronis (1997), *The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline*, Bulletin de l' Institut Océanographique, N° special, 18: 75-96. Monaco.
- Pranzini, E. (2001), *Updrift river mouth migration on cusped deltas: two examples from the coast of Tuscany (Italy)*, Italy, pp. 125- 132.

- Shepard, F. P. (1963), *Submarine Geology* (3rd edition) Harper & Row, New York.
- Tyller Miller, G, JR. (1999), *Βιώνοντας στο Περιβάλλον I: Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών*, Αθήνα: Ιων σελ. 63-71.

Ελληνική βιβλιογραφία:

- Καραγεωργίου, Ε. (1958), *Γεωλογική Έκθεση: Εγγειοβελτιωτικά Έργα Εις Τας Εκβολάς Του Ποταμού Καλαμά, Ινστιτούτον Γεωλογίας και Ερευνών Υπεδάφους*.
- Καρύμπαλης, Ε. (2002), *Σημειώσεις και Εργαστηριακές Ασκήσεις Κλιματολογίας*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.
- Καρύμπαλης, Ε. (2004), *Σημειώσεις Παράκτιας Γεωμορφολογίας*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.
- Κουτσόπουλος, Κ.(2002), *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση του Χώρου*, Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Κουτσόπουλος, Κ. & Ανδρουλακάκης, Ν. (2003), *Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS*, Αθήνα: Παπασωτηρίου
- Μαρουκιάν, Χ, Παυλόπουλος Κ., Γάκη – Παπαναστασίου, Κ & Ζαμάνη Α. (2001), *Οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στις χαμηλές παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας κατά τον επόμενο αιώνα*. Περιοδικό Γεωγραφίες 1, 73-82.
- Μιγκίρος, Γ. (2003) (επιμ.) *Τηλεπισκόπηση: Εφαρμογές στις γεωεπιστήμες*, Αθήνα
- Νικολέσκου, Κ. (1937), *Περί Της Γεωλογικής Κατασκευής Της Άνω Κοιλιάδος Του Καλαμά*, Μεσημβρινή Ήπειρος, Θεσσαλονίκη, 1- 40.
- Παυλόπουλος, Κ, Καρύμπαλης, Ε. (2002), *Φυσική Γεωγραφία*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.

- Παυλόπουλος, Κ. (2004), *Σημειώσεις του μαθήματος της Εφαρμοσμένης Γεωμορφολογίας*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.
- Χαλκιάς, Χ. (2003), *Σημειώσεις Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών II*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας Χαροκόπειου Πανεπιστημίου.
- Ψιλοβίκου, Α. & Χαχαμίδου, Ε. (1987), *Συμβολή στην έρευνα των Ολοκαινικών Ελληνικών Δέλτα*, Θεσσαλονίκη σελ. 462.

Πηγές από το διαδίκτυο:

www.emy.gr

www.itia.ntua.gr : Katsiri, A, Andreadakis, A, Koytsoyiannis, D, Assimilative capacity of the Kalamas river and the lake Pamvotis, Athens.

www.itia.ntua.gr : Ξανθόπουλος, Θεμ. (επιμ.), (1984), Ερευνητικό Έργο: Διερεύνηση ποιότητας και Αφομοιωτικής ικανότητας των νερών ποταμού Καλαμά και λίμνης Παμβώτιδας (Ιωαννίνων), Αθήνα.

www.economics.gr

www.sagiada.gr/Neo_Delta.htm

www.nthesprotias.com/munic.php

www.anthesprotias.gr/kpk.htm

Περιοδικά:

Τουριστικός Οδηγός, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσπρωτίας.

XI. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΣΤΟ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ

Προκειμένου να εκτιμηθούν οι έμμεσες ανθρώπινες επεμβάσεις και κυρίως οι επεμβάσεις από μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης θεωρήθηκαν διάφορα σενάρια ανόδου. Σαν βασικό κριτήριο καθορισμού της επικινδυνότητας κάθε υποπεριβάλλοντος του δέλτα θεωρήθηκε η τοπογραφία. Συγκεκριμένα περιοχές που βρίσκονται στην υψομετρική ζώνη μεταξύ της ακτογραμμής και του υψομέτρου των 0.5 m θεωρούνται υψηλής επικινδυνότητας, εκτάσεις που βρίσκονται μεταξύ 0.5 και 1.0 m θεωρήθηκαν σχετικά μεγάλης επικινδυνότητας, περιοχές που καταλαμβάνουν το υψόμετρο μεταξύ 1.0 και 2.0 m αποτελούν περιοχές ενδιάμεσης επικινδυνότητας και τέλος οι δελταϊκές εκτάσεις με απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 2.0 και 4.0 m θεωρούνται σαν μικρής επικινδυνότητας (Χάρτες 6, 7, 8, 9). Ένα επιπλέον κριτήριο αποτέλεσαν οι χρήσεις γης που χαρακτηρίζουν την κάθε υποπεριοχή. Είναι προφανές ότι οι κατοικημένες περιοχές θεωρείται ότι αποτελούν περιοχές ιδιαίτερα επιρρεπείς σε επεμβάσεις.

Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζουν οι γεωμορφές που αναπτύσσονται κατά μήκος της παράκτιας ζώνης του δέλτα και η πιθανή «απόκριση» και εξέλιξή τους σε μια πιθανή άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Οι χρήσεις γης που ελήφθησαν από τον χάρτη καλύψεων γης του προγράμματος Corine 1: 100000 (Δελβινάκιον) διακρίθηκαν και ομαδοποιήθηκαν σε 10 κατηγορίες που περιλαμβάνουν διακεκομμένη αστική δόμηση, μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, μόνιμα αρδευόμενη γη, σύνθετα συστήματα καλλιέργειών, φυσικούς βοσκότοπους, σκληροφυλλική βλάστηση, αιγιαλούς και παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις, εκτάσεις με αραιή βλάστηση, εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά και παράκτια έλη (Χάρτης 10).

Με σκοπό την εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων από μια μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας υπολογίστηκε η έκταση κάθε μιας από τις παραπάνω υψομετρικές ζώνες καθώς και η έκταση των χρήσεων γης και το ποσοστό τους ανά υψομετρική ζώνη. Συντάχθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες και διαγράμματα ενώ επιπλέον κατασκευάστηκαν χάρτες με τις χρήσεις γης ανά υψομετρική ζώνη.

11.1 Εκτίμηση εκτάσεων ανά υψομετρική ζώνη για τις διάφορες χρήσεις γης

Το δέλτα του Καλαμά αποτελεί μία ιδιαίτερα χαμηλή παράκτια περιοχή για αυτό κρίθηκε απαραίτητο να υπολογιστούν τόσο η έκταση των χρήσεων γης για κάθε υψομετρική ζώνη μεταξύ 0- 0.5 m, 0.5- 1 m, 1- 2 m, 2- 4 m όσο και τα αντίστοιχα ποσοστά τους. Οι εκτάσεις αυτές ενδέχεται να επηρεαστούν από την πιθανή δράση κάθε σεναρίου της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται μια ποσοτικά αλλά κυρίως ποιοτική προσέγγιση των αρνητικών επιπτώσεων για κάθε σενάριο σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Στον Πίνακα 13 περιέχονται οι απόλυτες τιμές των εκτάσεων ανά χρήση γης για τις περιοχές του δέλτα που έχουν απόλυτο υψόμετρο μεγαλύτερο από τη στάθμη της θάλασσας καθώς και τα ποσοστά (%) της συμμετοχής κάθε χρήσης γης στη συνολική υψομετρική ζώνη. Οι αντίστοιχες εκτάσεις αναπαριστώνται γραφικά στα αντίστοιχα Διαγράμματα 8, 9, 10, 11.

Χρήσεις γης	0 – 0.5		0.5 – 1.0		1.0 – 2.0		2.0 – 4.0	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση	0.005	0.07	0.005	0.13	0,004	0,04	0	0
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη	0.198	2.60	0.132	3.69	1,209	12,46	0.087	0.71
Μόνιμα αρδευόμενη γη	0.036	0.47	0,425	11,87	4,391	45,28	8.700	71.63
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας	0.039	0.51	0,034	0,94	0,695	7,16	1.296	10.67
Φυσικοί βοσκότοποι	2.054	26.94	0,474	13,23	0,591	6,10	1.170	9.63
Σκληροφυλλική βλάστηση	0.137	1.80	0,059	1,65	0,036	0,38	0.248	2.04
Αιγιαλοί-παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις	2.185	28.66	1,033	28,84	0,477	4,92	0	0
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0	0	0,425	11,87	0,000	0,00	0.047	0.39
Εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά	0.921	12.08	0,908	25,35	2,293	23,65	0.597	4.92
Παράκτια έλη	1.471	19.30	0,087	2,43	0,000	0,00	0	0
Λιμνοθάλασσες	0.577	7.57	0,000	0,00	0	0,00	0	0
Σύνολο	7.623	100	3.582	100	9,696	100	12.145	100

Πίνακας 13: Έκταση (km²) και ποσοστά % των χρήσεων γης για τις υψομετρικές ζώνες μεταξύ της ακτογραμμής και των 0.5 m, 1.0 m, 2.0 m και 4.0 m.

11.1.1 Εκτίμηση εκτάσεων στην υψομετρική ζώνη 0- 0.5 m

Συγκεκριμένα πρόκειται για μία χαμηλή περιοχή της παράκτιας ζώνης του δέλτα που σύμφωνα ακόμη και με τα πιο αισιόδοξα σενάρια αναμένεται να υποστεί σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις. Αναπτύσσεται κυρίως στον χώρο των παλαιών εκβολών νότια του Μαύρου όρους καθώς και στις νέες εκβολές που προέκυψαν μετά την τεχνητή εκτροπή του ποταμού δυτικά. Σύμφωνα με το πρώτο σενάριο 0- 0.5 m η έκταση της περιοχής αυτής είναι σημαντική και ανέρχεται σε 7.623 km^2 . Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της έκτασης, όπως αναμενόταν, καταλαμβάνεται από αιγιαλούς και παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις. Η άμεση απώλεια των περιβαλλόντων αυτών μπορεί αρχικά να δίνει την εντύπωση ότι δεν είναι τόσο σημαντική. Έχει όμως αποδειχθεί ότι οι δυναμικά μεταβαλλόμενες παράκτιες γεωμορφές όπως είναι οι αιγιαλοί, οι παράκτιες αμμώδεις θίνες κ.α. δεν εξαφανίζονται αλλά προσαρμόζουν τα χαρακτηριστικά τους στις νέες συνθήκες στις οποίες καλούνται να υπάρξουν. Κάτι τέτοιο αναμένεται να συμβεί με την σταδιακή επίκλυση της θάλασσας έναντι της ξηράς, που είναι μια διαδικασία που δίνει χρόνο σε τέτοια παράκτια περιβάλλοντα να τροποποιήσουν τα χαρακτηριστικά τους (κοκκομετρία των ιζημάτων τους, μορφολογικές κλίσεις, πλάτος κ.α.). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι εκτάσεις αυτές δεν πρόκειται να εξαφανισθούν αλλά θα διατηρηθούν μεταναστεύοντας προς το εσωτερικό της ξηράς. Μια τέτοια όμως εξέλιξη θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην κατανομή των χρήσεων γης που παρατηρούνται σε υψηλότερες υψομετρικά ζώνες.

Πέραν των αιγιαλών και των παράκτιων αμμωδών αποθέσεων που αντιστοιχούν στο 28.66% της συνολικής χαμηλής ζώνης μεταξύ της ακτογραμμής και της ισοϋψούς των 0.5 m, σημαντικό ποσοστό (26.94%) καταλαμβάνουν οι φυσικοί βοσκοτόποι που θεωρούνται σαν η μεταβατική ζώνη μεταξύ των παράκτιων άμμων και των καλλιεργειών. Πρόκειται για περιοχές που δεν μπορούν να καλλιεργηθούν συστηματικά κυρίως λόγω της έλλειψης κατάλληλης αποστράγγισης και άρδευσης με αποτέλεσμα η χρήση τους να περιορίζεται στη βόσκηση. Εντούτοις αυτή τους η χρήση θεωρείται εξίσου σημαντική για τον πρωτογενή τομέα της ευρύτερης περιοχής του νομού Θεσπρωτίας.

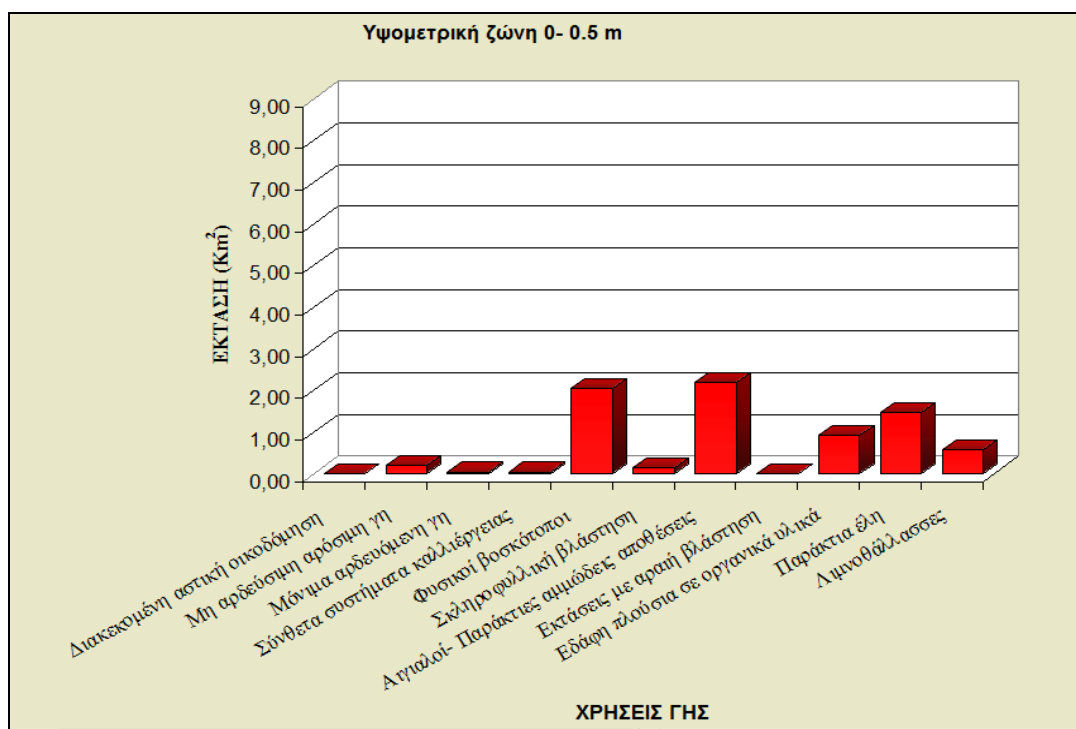
Αξιοσημείωτη είναι η εμφάνιση των παρακτίων ελών στη χαμηλή αυτή περιοχή με έκταση 1.471 km^2 που αντιστοιχεί στο 19.30% είναι περιοχές που καλύπτονται από νερό είτε καθ όλη τη διάρκεια του έτους είτε περιοδικά κατά την υγρή περίοδο. Εντοπίζονται κυρίως στον άμεσο χώρο των σημερινών εκβολών του ποταμού. Και στην περίπτωση των παράκτιων ελών η απόκριση στην άνοδο της

στάθμης της θάλασσας είναι η μετανάστευση προς το εσωτερικό. Εντούτοις όμως σε αρκετές περιπτώσεις εκτιμάται ότι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μετανάστευση τέτοιων περιβαλλόντων είναι αρκετά μεγάλο. Εκτός αυτού η μετανάστευσή τους εμποδίζεται από τις χρήσεις που ήδη υπάρχουν στην εσωτερική ζώνη με κυριότερες τις καλλιέργειες εντατικές ή μη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι έκταση 0.921 km² αποτελούν εδάφη πλούσια σε οργανικά υλικά και είναι η τέταρτη σε ποσοστό κάλυψη χρήσης γης για τη χαμηλή μεγάλης επικινδυνότητας ζώνη.

Επιπλέον εκτιμήθηκε ένα πολύ μικρό ποσοστό μόνιμης αρδευόμενης γης (0.47% στη συνολική έκταση της ζώνης) νοτιοανατολικά του Μαύρου Όρους όπου παρατηρείται μια τοπογραφική ταπείνωση της δελταϊκής πεδιάδας.

Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση μιας πολύ μικρής έκτασης, που αντιστοιχεί μόλις στο 0.07% της χαμηλής ζώνης, που φιλοξενεί δομημένη περιοχή. Προφανώς οι περιοχές αυτές είναι εκείνες που απαιτείται να προστατευθούν με κυριότερο μέτρο τη σταδιακή τους μετεγκατάσταση σε περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου.



Διάγραμμα 8: Έκταση (Km²) των χρήσεων γης για την υψομετρική ζώνη 0-0.5 m

Στους Χάρτες 11α, 11β, 11γ παρουσιάζονται οι χρήσεις γης που καταλαμβάνουν την περιοχή ανάμεσα των ισοϋψών 0 και 0.5 m.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Πίνακας 5: Μηνιαίες και Ετήσιες Βροχομετρικές παρατηρήσεις από το σταθμό Φιλιατών

Σταθμός Φιλιατών													
	<i>I</i>	<i>Φ</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>A</i>	<i>Σ</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>Δ</i>	Έτος
1973	241,4	240,2	161,3	104,1	10,8	12,3	17,2	18,2	79,5	81,1	89,3	308,5	1.363,90
1974	81,4	201,8	98,2	175	83,2	0	0	40,8	166,2	288,2	179,3	75,3	1.389,40
1975	96,6	111,5	113,2	55,6	42,4	16,5	34,5	6,0	7,2	223,8	181,3	121,6	1.010,20
1976	89,1	81,3	99,0	60,0	65,9	71,8	51,5	34,3	79,6	227,2	331,2	177,8	1.368,70
1977	107,6	95,7	43,1	31,7	24,2	4,8	0	19,3	115,2	70,7	210,1	27,5	749,90
1978	232,9	162,7	123,5	224,5	32,2	47,4	0	0	57	63,9	76,6	229,4	1.250,10
1979	218,9	245,2	103,0	259,7	59,4	45,2	17,6	22,3	10,0	127,8	348,2	142,3	1.599,60
1980	127,3	89,0	197,4	50,8	150,5	12,8	0	13,8	8,3	239,0	296,3	230,9	1.416,10
1981	136,3	187,3	72,1	28,8	87,5	21	0	36,5	70,8	155,6	94,3	335,1	1.225,30
1982	36,7	60,2	133,3	88,5	41,4	19,0	6,7	5,6	26,5	244,6	164,8	309,7	1.137,00
1983	41,5	119,2	52,1	23,9	34,3	67,4	22,9	7,0	64,3	70,2	244,4	236	983,20
1984	208,7	234,9	136,8	83,4	0	0	0	79,4	85,7	47,8	115,7	46,4	1.038,80
1985	199,9	39,2	223,8	63,7	32,5	0	0	21,3	22,8	57,2	364,9	67,4	1.092,70
1986	254,2	257,5	118,4	51,3	61,3	70,2	7,5	0	31,4	47,8	58,1	113,8	1.071,50
1987	241,5	122	207,8	25,7	101,0	36,6	0	0	7,5	198,0	300,6	141,6	1.382,30
1988	114,6	212,7	84,0	111,5	0	17,6	0	14,8	86,8	169,0	301,3	96,9	1.209,20
1989	0	44	54,4	93,3	143,5	51,8	16,4	0	61,5	112,5	285,7	168,6	1.031,70
1990	29,7	73,2	15,3	119,0	32,7	6,2	0	25,3	44,6	147,1	250,9	357,8	1.101,80
1991	36,1	213,5	73,3	104,6	67,6	6,0	42,1	0	56,2	73,9	176	76,8	926,10
1992	14,8	13,6	92,5	120,9	347	21,5	13,6	0	19,3	112,2	103,2	175,6	1.034,20
1993	48,3	44,6	120,8	71,4	142,7	12,4	0	0	89,4	38,5	348,6	205,5	1.122,20
1994	222,7	131,3	14,6	94,2	69,6	8,3	28,0	98,6	39	128,9	317,2	278,7	1.431,10
1995	277,4	94,6	150,2	59,3	23,2	0	5,2	103,1	100,4	0	191,2	318,5	1.323,10
1996	68,2	296,4	199,4	153,3	46,7	19,6	11,8	30,3	158,9	130,9	267,8	439	1.822,30
1997	20,8	27,6	43,2	211,0	0	33,2	3,2	3,0	0	264,0	236,3	242,9	1.085,20
1998	111,8	-	34,1	36,5	45,7	15,6	0	15,7	288	154,6	303,3	160	1.165,30
1999	839,	215	140	140,4	12,9	1,3	0	6,8	52,7	167,7	176,7	295,5	2.048,00
2000	42	127,2	87,3	14,4	0	31,4	11,5	0	44	151,5	344,6	102,5	956,40
2001	158	49,7	42,7	144,1	38,4	13,6	0	21,5	71,4	11,3	97,5	150,5	798,70
2002	84,6	23,9	53,7	117,7	61,9	31,5	39,7	35,8	274,1	174,1	123,4	314,2	1.334,60
2003	146	71,4	28,3	45,9	20,7	12,6	1,2	30,8	-	-	-	-	29,74
Σύνολο	150,93	129,55	103,89	98,81	62,64	23,59	11,02	23,01	73,94	132,64	219,29	198,21	

Πίνακας 6: Μηνιαίες και Ετήσιες Βροχομετρικές παρατηρήσεις από το σταθμό Ηγουμενίτσας

Σταθμός Ηγουμενίτσας													
	<i>I</i>	<i>Φ</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>I</i>	<i>A</i>	<i>Σ</i>	<i>Ο</i>	<i>N</i>	<i>Δ</i>	<i>Έτος</i>
1973	152,4	176,5	120,0	82,0	13,0	23,5	4,0	-	67,6	64,2	115,2	242,4	1.060,80
1974	35,5	179,5	88,2	98,8	47,0	0	0	30,0	163,2	275,8	121,4	42,7	1.082,10
1975	65,6	76,5	84,2	6,0	36,5	0	14,0	2,5	38,7	171,9	172,4	122,5	790,80
1976	63,4	71,2	102,1	68,8	84	36,5	10,5	21,3	44,7	168,3	264,5	128,1	1.063,40
1977	89,8	84,6	22,5	22,5	11,5	2,2	0	49,8	109,1	84,0	164,9	54,5	695,40
1978	194,3	132,0	78,2	155,8	10,0	1,5	-	4	46,0	49,8	135,4	241,9	1.048,90
1979	167,2	431,5	62,9	176,4	37,0	7,2	26,7	11,3	13,5	157,8	320,7	189,1	1.601,30
1980	123,1	71,3	150,5	43,6	102,0	-	0	10,5	33,0	-	230,2	127,7	891,90
1981	-	-	56,3	13,2	72,1	0	0	17,0	11,6	137,6	65,1	199,9	572,80
1982	23,5	61,8	189,3	48,2	26,0	0	0	32,5	-	202,5	209,3	250,4	1.043,50
1983	21,3	108,4	33,1	9,1	7,9	97,6	0	6,2	48,5	77,9	175,8	175,0	760,80
1984	211,4	180,5	126,1	68,7	0	0,5	0	-	70,0	43,0	74,7	45,0	819,90
1985	183,5	16,7	168,8	48,2	48,1	4,3	0	20,7	39,7	54,4	316,8	65,1	966,30
1986	128,3	214,6	100,5	30,8	29,7	24,4	4,0	3,5	48,8	30,0	51,5	139,6	805,70
1987	191,9	100,3	158,0	15,0	79,2	18,0	1,8	0	20,4	140,9	266,9	58,8	1.051,20
1988	82,7	170,0	33,6	72,3	0	8,4	0,2	35,1	31,8	264,1	199,3	87,3	984,80
1989	0	19,7	22,8	122	50,4	14,3	10,2	6,7	24,1	101,5	165,4	133,3	670,40
1990	2,9	55,9	3,3	134,1	14,6	14,7	0	4,7	23,5	142,5	255,9	297,1	949,20
1991	32	165,1	71,7	72,2	47,7	3,0	36,0	0	48,7	90,0	172,5	83,1	822,00
1992	14,0	7,0	67,5	127,5	22,1	10,5	1,0	7,5	13,0	35,0	66,0	185,3	556,40
1993	15,0	29,5	106,0	53,0	127,0	24,5	0	3,5	44,5	40,4	290,0	172,0	905,40
1994	169,5	106,0	10,5	59,0	8,3	46,5	0	27,5	61,0	223,4	22,8	196,3	930,80
1995	195,2	51,4	125,0	45,5	8,1	4,5	20,6	199,4	118,9	14,0	192,0	247,6	1.222,20
1996	33,8	147,0	111,8	58,8	20,1	1,0	5,5	64,5	115,5	81,5	173,5	328,5	1.141,50
1997	62,5	20	45,0	114,0	2,5	27,5	8,0	7,0	0	121,0	158,0	207,5	773,00
1998	94	85,5	34	23	8,9	25	0	12	228	67	268,5	194	1.039,90
1999	104,5	114	93	122,5	24,5	-	0	-	22	117	108	285	990,50
2000	52	59	44	11	59	11	14	0	23	15,8	212	107	607,80
2001	34,1	20	54	14,8	27	22	5	0	60	13	62	137	448,90
2002	87	29	45	112	65	10	45	20	223	134	92	278	1.140,00
2003	142	82	0	43	22	22	-	0	155	57	57	148	728,00
Σύνολο	92,4	102,2	80,3	69,1	37,0	15,4	6,9	19,9	64,9	105,8	172,7	172,3	

Πίνακας 7: Μηνιαίες και Ετήσιες Τιμές Θερμοκρασίας Αέρα

1988	19,0	11,0	15,0		17,0	29	35,0	27,0	27,0	15,0	10,0	11,0
1989	13,0	9,0	18,0	20,0	23,0	24	34,0	32,0	22,0	10,0	10,0	17,0
1990	13,0	16,0	17,0	17,0	17,0		32,0	31,0	26,0	22,0	10,0	8,0
1991			19,0	12,0		17	20,0		21,0	14,0	7,0	
1992	8,0		13,0	22,0	25,0	25	28,0		17,0		17,0	13
1993	11,0	7,0	10,0					24,0	20,0		9,0	
1994	9,0	12,0			30,0	29		31,5	27,0	21,0	16,0	8,0
1995	11,0	18,0	8,0	14,0	25,0		32,0	26,0	21,0	10,5	11,0	
1996	10,0	9,0	13,0	16,0	24,5		27,0	28,0	15,0		6,0	
1997	9,0		9,0	13,0	25,0	32	29,0	24,0	20,0	7,5	18,0	7,5
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	11,4	11,7	13,6	16,3	23,3	26,0	29,6	27,9	21,6	14,3	11,4	10,8